

En utvärdering av de skogliga vattenplanerings- verktygen NPK+ och Blå målklassning med avseende på vattenkvalitet och vattenkemi

*Evaluation of the forest water-planning tools BIS+ and Blue targets
regarding water quality and water chemistry*



Ragna Lestander



Examensarbeten

2014:8

Fakulteten för skogsvetenskap
Institutionen för skogens ekologi och skötsel

En utvärdering av de skogliga vattenplanerings- verktygen NPK+ och Blå målklassning med avseende på vattenkvalitet och vattenkemi

*Evaluation of the forest water-planning tools BIS+ and Blue targets
regarding water quality and water chemistry*

Ragna Lestander

Nyckelord / Keywords:

Skogsbruk, skogsvattendrag, vattenplanering, naturvärde, påverkan, känslighet, EU:s vattendirektiv, ytvattenstatus, försurning, övergödning.

Forestry, boreal streams, water planning, biodiversity, impact, sensitivity, EU Water Framework Directive, surface status, acidification, eutrophication.

ISSN 1654-1898

Umeå 2014

Sveriges Lantbruksuniversitet / *Swedish University of Agricultural Sciences*

Fakulteten för skogsvetenskap / *Faculty of Forest Sciences*

Jägmästarprogrammet / *Master of Science in Forestry*

Examensarbete i biologi / *Master degree thesis in Forest Biology*

EX0769, 30 hp, avancerad nivå A2E/ *advanced level A2E*

Handledare / *Supervisor*: Anneli Ågren

SLU, Inst för skogens ekologi och skötsel / *SLU, Dept of Forest Ecology and Management*

Biträdande handledare / *Assistant supervisor*: Stefan Löfgren

SLU, Inst för vatten och miljö / *SLU, Dept of Aquatic Sciences and Assessment*

Extern handledare / *External supervisor*: Lennart Henrikson, Natur och Människa AB

Examinator / *Examiner*: Hjalmar Laudon

SLU, Inst för skogens ekologi och skötsel / *SLU, Dept of Forest Ecology and Management*

I denna rapport redovisas ett examensarbete utfört vid Institutionen för skogens ekologi och skötsel, Skogsvetenskapliga fakulteten, SLU. Arbetet har handledts och granskats av handledaren, och godkänts av examinator. För rapportens slutliga innehåll är dock författaren ensam ansvarig.

This report presents an MSc/BSc thesis at the Department of Forest Ecology and Management, Faculty of Forest Sciences, SLU. The work has been supervised and reviewed by the supervisor, and been approved by the examiner. However, the author is the sole responsible for the content.

FÖRORD

Vatten är en livsviktig resurs som vi gemensamt måste hjälpas åt för att bevara. Inte bara för vår egen överlevnad utan också för att bevara akvatiska ekosystem och en rik biologisk mångfald. Skogsbruket kan i vissa fall ha en negativ effekt på vattenekosystem men om rätt hänsyn till vatten tas vid olika åtgärder kan de negativa effekterna minimeras. Efter implementeringen av EU:s vattendirektiv (2000/60/EG) har ökade krav ställts för att bevara våra vattenresurser. För skogsbrukets del har det inneburit ett ökat arbete för att motverka körskador och förbättra hänsynen runt vattenmiljöer. Som hjälpmedel kan de enkla planeringsverktygen NPK+ och Blå målklassning vara till stor nytta för att skogsägare ska kunna prioritera vattenhänsynen till skyddsvärda vattenmiljöer.

Denna rapport syftar till att utvärdera NPK+ och Blå målklassning för att säkra verktygens kvalitet och tillförlitlighet. Rapporten utgör slutrapport för ett forskningsprojekt som finansierats av Skogssällskapet och är samtidigt framtagen som ett examensarbete inom Jägmästarprogrammet.

Jag vill rikta ett stort tack till Skogssällskapet för finansiering av projektet. Tack också till min handledare Anneli Ågren som gav mig chansen att sammanställa rapporten, för värdefull guidning genom arbetsprocessen och många goda råd längs vägen. Jag vill även tacka Stefan Löfgren och Lennart Henrikson, som varit involverade i projektet, för användning av data, goda råd och kommentarer som förbättrat slutresultatet. Andra som varit hjälpsamma under färdigställandet av rapporten, som hjälpt till med datainsamling, statistiska analyser och datastrul är Jens Fölster, personal vid länsstyrelserna i Dalarnas, Jönköpings, Hallands, Västra Götalands och Kronobergs län samt IT-enheten på SLU i Umeå. Tack också till Åsa, Torbjörn och Erik för stöd, korrekturläsning och kommentarer.

Ragna Lestander

Umeå 2013

SAMMANFATTNING

Intresset för vattenfrågor har ökat efter införandet av EU:s ramdirektiv för vatten (vattendirektivet, 2000/60/EG) och inneburit att vattenvård och hänsynstagande till vatten inom skogsbruket fått större fokus. Målet med vattendirektivet är att alla vatten inom EU (Europeiska Unionen) ska erhålla en god kemisk och ekologisk status innan år 2015 samt att ingen försämring får ske. Skogsbruket kan i vissa fall ha negativa effekter på vattenmiljöer. NPK+ och Blå målklassning är två skogliga vattenplaneringsverktyg som har utvecklats för att öka vattenhänsynen i skogen. Verktøygen utgörs av ett inventeringsprotokoll som bedömer vattenmiljöns naturvärde (N), påverkan (P), känslighet för skogsbruk (K) samt plusvärden (+). Med stöd av NPK+-protokollet utförs sedan en subjektiv indelning av Blå målklasser. Blå målklasser hjälper skogsägare att optimera hänsynen till vatten och visar också vilka åtgärder som bör göras för att utveckla eller bibehålla ekologiska värden i vattendraget.

Huvudsyftet med denna studie var att (1) utvärdera verktygens förmåga att fånga in vattenkvalitet med avseende på vattenkemi och (2) undersöka hur väl verktygen bidrar till vattendirektivets mål. För ändamålet inventerades 173 skogskällvattendrag, belägna i Dalarna och sydvästra Sverige, med hjälp av verktygen NPK+ och Blå målklassning. Bedömningen av vattenkvalitet med NPK+-protokollet och Blå målklasser jämfördes med kemisk analys av vattenprover och vattenkemisk status av försurning och övergödning enligt EUs vattendirektiv genom parvisa korrelationer och multivariat statistik.

Resultatet pekade på att vattenkemin i de två regionerna skiljde sig åt, med mindre mänskligt orsakad försurning, lägre nivåer av TOC, totalkväve, totalfosfor, absorbans, turbiditet och slamhalt samt högre pH i Dalarna, vilket också fångades upp av många parametrar i NPK+-protokollet. Variationen inom respektive region var dock liten, vilket gjorde att skillnader i vattenkemiskt tillstånd var svårare att avgöra med hjälp av protokollet i fält, men enstaka samband existerade också på regional nivå. Vid den subjektiva konverteringen från NPK+-protokollet till Blå målklasser var många samband med vattenkemiskt tillstånd svåra att upprätthålla. Status med avseende på försurning och övergödning visade starkare samband med avrinningsområdets karaktär och kunde inte förklaras utifrån verktygen. Förmågan att bedöma försurning och övergödning med NPK+-protokollet kan förbättras genom mer tillförlitliga underlag. Verktøygen bidrar till vattendirektivets mål genom att motverka övergödning och genom vidareutveckling kan verktygen anpassas till regional nivå och på så sätt bidra än mer till att uppnå vattendirektivets mål. Som helhet bedöms verktygen ha stor potential för att förbättra vattenhänsynen i skogsbruket.

Nyckelord: skogsbruk, skogsvattendrag, vattenplanering, naturvärde, påverkan, känslighet, EU:s vattendirektiv, ytvattenstatus, försurning, övergödning.

ABSTRACT

The interest in water related issues has increased after the introduction of the Water Framework Directive (WFD, 2000/60/EC) and more attention has been given to water management in forestry. The objective of the WFD is that all waters within the EU (European Union) should achieve a good chemical and ecological status before 2015 and also that no degradation of water quality should occur within the timeframe. Forestry can sometimes have adverse effects on aquatic environments. BIS+ and Blue targets are two water planning tools that have been developed to facilitate water consideration in forestry. BIS+ consist of a simple checklist that assesses a stream section's biodiversity (B), human impact (I), sensitivity for forestry (S) and added values (+). With support from the BIS+ checklist a subjective classification of Blue targets is performed. The Blue targets should help forest owners to optimize environmental considerations to forest streams and also show the actions needed to develop or maintain ecological values in the stream.

The main purpose of this study was to (1) evaluate the tools' ability to assess water quality regarding water chemistry and (2) examine how well the tools contribute to WFD objectives. For the purpose 173 headwater streams, located in Dalarna and southwestern Sweden, were assessed using the tools BIS+ and Blue targets. The assessment of water quality and water chemistry with the checklist were compared with chemical analyzes of water samples and surface status of acidification and eutrophication according to the WFD using pairwise correlations and multivariate statistics.

The results indicate that the water chemistry in the two regions differ, with less anthropogenic acidification, lower levels of TOC , total nitrogen, total phosphorus, absorbance, turbidity and suspended solids and higher pH in Dalarna. This is also shown in the assessment of many characters in the BIS+-checklist. However, the variation within each region is small and the differences in water chemistry between streams are more difficult to determine with the help of the BIS+-checklist, although some correlations are to be found. The subjective classification from the BIS+-checklist to blue targets suggests that the correlations between water chemistry and characters in the BIS+-checklist are difficult to retain. Status regarding acidification and eutrophication showed stronger correlation with catchment characteristics and could not be explained by the tools. The ability to assess acidification and eutrophication with the BIS+-checklist can be improved by more reliable data. The tools contribute to WFD objectives by preventing eutrophication and with further development, the tools can be adapted to the regional level, and at the same time contribute even more to the WFD objectives. In total, BIS+ and Blue targets have a great potential to improve the consideration of waters in forest management.

Keywords: forestry, boreal streams, water planning, biodiversity, impact, sensitivity, EU Water Framework Directive, surface status, acidification, eutrophication.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1. INLEDNING	6
1.1 Vatten – en livsnödvändig resurs	6
1.2 EU:s vattendirektiv	6
1.3 Vatten och skogsbruk.....	6
1.4 NPK+ och Blå målklassning	7
1.5 Syfte och frågeställningar	9
2. MATERIAL OCH METODER	10
2.1 Inventeringslokaler	10
2.2 Fältinventering	11
2.3 Komplettering av data.....	12
2.4 Avgränsning	13
2.5 Statistiska beräkningar och analyser	15
3. RESULTAT	21
3.1 Fördelning av Blå målklass och regionala skillnader	21
3.2 Samband mellan NPK+, Blå målklass och vattenkemiskt tillstånd.....	23
3.3 Landskapsvariablers inverkan på NPK+, Blå målklass och vattenkemiskt tillstånd ..	24
3.4 Fördelning av ytvattenstatus	27
3.5 Samband mellan NPK+, Blå målklass och ytvattenstatus	28
3.6 Förklaringsmodeller ytvattenstatus	30
4. DISKUSSION	33
4.1 Fördelning av Blå målklasser och regionala skillnader	33
4.2 Verktygens förmåga att bedöma vattenkemiskt tillstånd.....	34
4.3 Vad förklarar vattenkemiskt tillstånd?.....	36
4.4 Verktygens förmåga att bedöma ytvattenstatus	38
4.5 Vad förklarar ytvattenstatus?	40
4.6 Hur väl bidrar verktygen till vattendirektivets mål?	42
4.7 Vidareutveckling av verktygen	44
5. SLUTSATSER	46
6. REFERENSER.....	48
7. APPENDIX	55

1. INLEDNING

1.1 Vatten – en livsnödvändig resurs

Vatten är en livsnödvändig resurs för allt liv på vår planet. Merparten av jordens yta är täckt av vatten men endast 1 % av den totala vattenvolymen utgörs av sötvatten (Giller & Malmqvist, 1998). Med en växande befolkning, förbättrade levnadsvillkor (Dodds, 2002) och klimatförändringar (Bates, et al., 2008) kommer världens sötvattenresurser att ställas inför ytterligare utmaningar och det är därför viktigt att de förvaltas gemensamt och utnyttjas på ett hållbart sätt. Vattenfrågorna och tillgången till rent vatten har lyfts upp både globalt genom FN:s delmål i millenniemål 7 (United Nations, 2013) och regionalt i Sverige genom de nationella miljö kvalitetsmålen (Naturvårdsverket, 2013a).

1.2 EU:s vattendirektiv

År 2004 implementerades EU:s ramdirektiv för vatten (vattendirektivet; 2000/60/EG) i svensk lagstiftning med syftet att förbättra och bevara vattenmiljön i Europa. Målet är att alla vatten inom EU ska erhålla en god ekologisk och kemisk status innan år 2015 samt att ingen försämring får ske (Hägerhäll Aniansson, et al., 2005). Om detta inte är möjligt kan tidsfristen utsträckas till 2021 eller 2027. Alla större sjöar och vattendrag (Ring, et al., 2008a) har i och med införandet av direktivet klassificerats in i någon av de fem klasserna hög, god, måttlig, otillfredsställande eller dålig status utifrån ett antal kvalitetsfaktorer. Sjöar, vattendrag och kustvatten i Sverige bedöms enligt föreskrifterna om klassificering av ytvatten (HVMFS 2013:19), vilket inkluderar både ekologisk och kemisk status. Många ytvatten i Sverige anses inte kunna leva upp till målet om god status inom tidsrymden, vilket innebär att åtgärdsprogram behöver upprättas för vatten i klasserna måttlig eller sämre status. De största utmaningarna för att nå god ekologisk och kemisk status har bedömts vara försurning, övergödning, miljögifter och fysiska förändringar i vattenmiljön som orsakats av exempelvis dikning, vandringshinder och markanvändning (Skogsstyrelsen, 2010).

1.3 Vatten och skogsbruk

Sveriges yta består till 55 % av produktiv skogsmark som dräneras av vattendrag med en längd över 290 000 km (Ring, et al., 2008a). Detta gör att en stor del av våra ytvatten kan påverkas av åtgärder som utförs i samband med skogsbruk. Historiskt sett har timmerflottningen genom rätning och rensning minskat variationen i vattendragen till nackdel för många vattenlevande organismer. Vissa flottsleder återställs numera genom restaureringsprojekt (Naturvårdsverket, 2007a). Idag orsakar åtgärder som markberedning, dikning, transport av tunga maskiner och anläggning av skogsbilvägar erosion, körskador, slamtransport (Ahtiainen, 1992; Ahtiainen & Huttunen, 1999) och vandringshinder (Ring, et al., 2008a), vilket medför negativa konsekvenser för bl.a. bottenlevande organismer och lekande fisk (Rivinoja & Larsson, 2001). Skogsavverkning ger upphov till ökad avrinning (Rosén, 1984; Sørensen, et al., 2009), mer utlakning av kväve, fosfor, baskatjoner (Ahtiainen, 1992; Rosén, et al., 1996; Ahtiainen & Huttunen, 1999; Piirainen, et al., 2007; Löfgren, et

al., 2009a) samt högre koncentrationer av löst organiskt kol (DOC) (Henriksen & Kirkhusmo, 2000; Piirainen, et al., 2007; Laudon, et al., 2009) i tillrinnande vatten. Högre tillskott av kväve och fosfor bidrar till övergödning i vattenekosystemen som tillsammans med en ökad ljusstillgång kan öka produktionen av alger (Holopainen & Huttunen, 1992; Nyberg & Eriksson, 2001). Bortförsl av virke innehållande baskatjoner (såsom kalcium, magnesium, kalium och natrium) och högre DOC-halter bidrar till försurning (Ring, et al., 2008a). Vid tillförsel av höga halter DOC kan livsförutsättningarna förändras helt för försurningskänsliga arter som lever i vattenmiljöer med sämre buffringsförmåga (Laudon & Buffam, 2008). Dessutom komplexbinder kvicksilver till DOC, vilket leder till ökad mobilitet och transport av denna tungmetall från mark till vatten (Kolka, et al., 1999). Bioackumulering av kvicksilver i näringskedjan sker när kvicksilver omvandlats till metylkvicksilver. Enligt beräkningar av Bishop et al. (2009) kan 9-23 % av det metylkvicksilver som ackumuleras i svensk fisk härledas till skogsavverkningar. Omvandlingen till och koncentrationen av metylkvicksilver är högst i mark och vatten runtom vattendrag (Skyllberg, et al., 2003), varför kantzonen kan vara känslig för skogsbruk.

Genom att undvika markskador och lämna en trädbevuxen skyddszon i anslutning till vattenmiljöer vid utförandet av skogsbruksåtgärder kan slamtransport, erosion och näringsläckage motverkas (Lindegren, 2006). Med anledning av vattendirektivet ställs nya krav på skogsbruket gällande hänsyn till vattenmiljöer. Skogsstyrelsens föreskrifter och allmänna råd (SKSF 2012:5) reviderades år 2012 med ändringar i Skogsvårdslagen. I ändringarna förtydligas inkluderingen av mark och vatten i naturvårdens intressen (30 § SvL). Vidare definieras skyddszoner och därtill har vattenkvaliteten samt hänsyn till vatten lyfts fram ytterligare för att uppnå vattendirektivets mål om god vattenkvalitet (Skogsstyrelsen, 2011). Ett skogsbruk med en god vattenvård är således en viktig komponent för att sötvattenresurserna och värdefulla vattenmiljöer ska kunna bevaras (Bleckert, et al., 2010) och av stor vikt för vattendirektivets mål (Andersson, et al., 2013).

1.4 NPK+ och Blå målklassning

För att förbättra vattenhänsynen i skogen utarbetades en bedömningsmodell som inkluderar de två skogliga vattenplaneringsverktygen NPK+ och Blå målklassning (BMK) (Bleckert, et al., u.å.). Modellen är framtagen genom ett samarbete mellan WWF och skogsnäringen inom ramarna för projektet *Levande skogsvatten*. Ambitionen med verktygen är att fungera som hjälpmedel för skogsägare och öka hänsynen till vattenmiljöer redan vid planeringsprocessen av skogliga åtgärder. Ambitionsnivån för olika vattenmiljöer uttrycks lokalt, vilket förbättrar vattenhänsynen där den behövs som mest (Bleckert, et al., u.å.).

Bedömningsmodellen utgår från verktyget NPK+ som bedömer vattnets egenskaper i form av naturvärde (N), avsaknad av mänsklig påverkan (P), känslighet för skogsbruk (K) och plusvärde (+) med hjälp av ett enkelt inventeringsprotokoll (Appendix 1) (Bleckert, et al., u.å.). Vid bedömning inventeras lämpligen den sträcka av vattendraget som ligger inom gränserna för den avdelning vilken påverkas av planerade skogsbruksåtgärder. Sträckan poängsätts sedan utifrån i första hand observerbara förekomster av olika strukturer och

egenskaper som anges i NPK+-protokollet. Egenskaper i form av naturvärden (N) anger vattnets förutsättningar för ett fungerande ekosystem och förmåga att hysa en biologisk mångfald. En heterogen struktur i vattenmiljön utgör tillsammans med kantzonens tillstånd och utformning grunden för bedömning av naturvärdet. Avsaknaden av mänsklig påverkan (P) bedöms med avseende på förekomst av vandringshinder, rensning av block och igenslamning av botten samt genom granskning av kantzonen och vattenkvalitén. Vattnets känslighet för skogsbruk (K) utvärderas med avseende på den omkringliggande markens erosionskänslighet, lutning och fuktighet. Plusvärden (+) kan exempelvis utgöras av kultur- och fornlämningar, intressanta arter eller rekreationsområden som antingen kan förstärka värdet av NPK eller skapa en intressekonflikt. Exempel på det senare är när ett kulturminne också utgör ett vandringshinder. Alla delar summeras var för sig, där varje enskild bedömning av N, P, K och + kan anta ett värde om 0-12 poäng (Bleckert, et al., u.å.).

Klassificeringsverktyget Blå målklassning uttrycker markägarens ambitionsnivå gällande hänsyn till vattenmiljön samt vilka åtgärder som bör göras för att utveckla eller bibehålla värden i vattendraget. Målklassningen liknar den klassindelningen som genomförs av skogsmark i gröna skogsbruksplaner och sker med stöd från bedömningen i NPK+-protokollet. De fyra olika målklasserna är VG (generell hänsyn tas till vattenmiljön), VF (vattenmiljön kräver förstärkt hänsyn), VO (vattenmiljön lämnas orörd) och VS (vattenmiljön kräver särskilda åtgärder), vilka alla uttrycker olika ambitionsnivåer för vattenhänsynen. Låga naturvärden och känslighet för skogsbruk innebär normalt att generell hänsyn kan tas medan högre naturvärden och känslighet för skogsbruk indikerar att vattendraget utvecklas bäst genom att lämnas orört (Figur 1).



Figur 1. Exempel på en skyddsvärd vattenmiljö som utvecklas bäst genom att lämnas orörd (VO).

En hög mänsklig påverkan motiverar särskilda åtgärder för att förbättra vattenmiljön och förstärkt hänsyn kan vara lämpligt när vattendragets kantzona översvämmas eller utgörs av känsliga markförhållanden. Tanken är att målklasserna sedan kan integreras i skogsbruksplanen och fungera som ett operativt underlag för att skogsägaren ska kunna förbättra vattenhänsynen (Bleckert, et al., u.å.).

De skogliga vattenplaneringsverktygen NPK+ och Blå målklassning är viktiga ur den aspekten att de möjliggör bättre hänsynstagande till vatten i skogen. En övergripande fråga är dock hur väl de bidrar till vattendirektivets mål? Idag används verktygen i skogsbrukets planeringsverksamhet (Södra skogsägarna, 2012), varför det är intressant att en utvärdering och validering sker för att säkra dess kvalitet och tillförlitlighet. Tidigare studier har utvärderat verktygen med avseende på vattenkvalitet och biologiska index, vilket visade att NPK+ och Blå målklassning korrelerar positivt med antalet fiskarter (Nordin, 2012; Ingemarsson, 2012). Hittills har dock inga studier genomförts där verktygens förmåga att fånga in vattenkvalitet och vattenkemi undersökts.

1.5 Syfte och frågeställningar

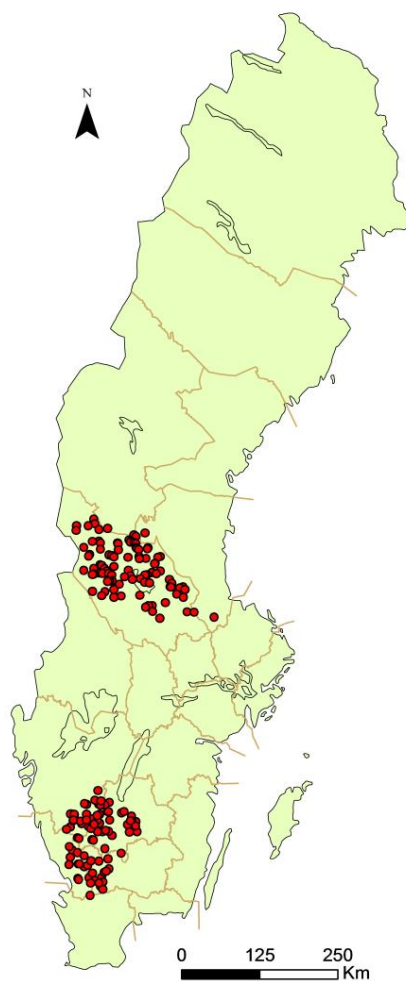
Syftet med denna studie var att utvärdera de skogliga vattenplaneringsverktygen NPK+ och Blå målklassning med hjälp av vattenkemiska analyser från prover i 173 slumpmässigt utvalda källvattendrag belägna i region Dalarna och Västsverige genom att:

1. undersöka fördelning och indelning av Blå målklasser samt analysera om det föreligger regionala skillnader mellan Dalarna och Västsverige vad gäller klassificeringen av vattendrag med NPK+ och Blå målklassning.
2. jämföra och testa samband mellan bedömningar i inventeringsprotokollet NPK+, Blå målklasser och uppmätt vattenkemi, både enskilt inom de olika regionerna och på kombinerade data (dvs. data från båda regionerna). Vissa av parametrarna i NPK+-protokollet bedömer, direkt eller indirekt, vattenkvalitet med avseende på vattenkemi och frågorna här har varit:
 - Hur väl kan dessa parametrar och indelningen av Blå målklasser bedöma det vattenkemiska tillståndet i fält?
 - Finns det något samband mellan parametrar som bedömer vattenkvalitet i NPK+-protokollet, Blå målklasser och vattendirektivets statusklassificering angående försurning, övergödning och en sammanvägning av de två i en total status?
3. analysera landskapsvariablers inverkan på bedömningen av NPK+, indelning av Blå målklasser och vattenkemiskt tillstånd för att kunna ge förslag om vidareutveckling av verktygen. I analysen undersöktes också möjligheten att förklara ytvattenstatus utifrån klassificeringen av NPK+ och Blå målklassning respektive landskapsvariabler samt att utvärdera verktygens förmåga att bidra till vattendirektivets mål.

2. MATERIAL OCH METODER

2.1 Inventeringslokaler

Underlag för denna studie utgjordes av data från ett tidigare forskningsprojekt (Löfgren, et al., 2011) med 179 källvattendrag (<3 m i bredd) belägna inom två regioner; Dalarna och Västsverige (Figur 2). Källvattendragen har slumpmässigt valts ut med hjälp av det virtuella vattendragsnätet "VIVAN" (Nisell, et al., 2007). Kriterierna för de utvalda vattendragen baserades på en längd >2500 m (för att säkerställa ett permanent vattenflöde), en distans till närmsta bilväg <500 m samt att inga tätortsområden och maximalt 5 % jordbruksmark förekom i avrinningsområdet. Utvalda källvattendrag som påverkats av kalkning ingick inte datasetet (Löfgren, et al., 2011).



Figur 2. Översiktsskarta över de källvattendrag som inventerades under sommaren 2013 belägna i de två regionerna Dalarna och Västsverige. © Lantmäteriet, i2012/901

Vattenkemisk provtagning genomfördes i vattendragen under vår, sommar, tidig höst och sen höst under perioden 2009-2011. Vattenkemin analyserades i ett SWEDAC-ackrediterat laboratorium enligt miljöövervakningens standardmetoder. Analyserna genomfördes med

avseende på pH, turbiditet, slamhalt, totalfosfor (P-tot), totalkväve (N-tot), absorptions, totalt organiskt kol (TOC), baskatjoner, tungmetaller samt övrig baskemi (se Appendix 2 för samband mellan kemivariabler). Utöver vattenkemi har även landskapsvariabler såsom vegetationstyp, andel hyggen, virkesvolym, medeltillväxt, nederbörd, avrinning och deposition av luftföroreningar inom respektive avrinningsområde analyserats (Appendix 3). Landskapsvariablerna klassades med information från satellitdata, riksskogstaxeringens provtytor, METRIA miljöanalys och höjddata från SLU. Avrinningsområdena varierade mellan 24-620 ha i storlek. För mer information om vattenkemisk provtagning, analysering och klassning av landskapsvariabler hänvisas till Löfgren et al. (2011).

Utvalda källvattendrag ansågs utgöra lämpliga inventeringsobjekt för denna studie då datasetet innehöll information om både vattenkemi och landskapsvariabler inom respektive avrinningsområde samt att de är belägna inom skogs- och myrmark med minimal påverkan från andra näringar än skogsbruket.

2.2 Fältinventering

Alla 179 källvattendragen från datasetet inkluderades för inventering, varav 95 ligger i Dalarna och resterande 84 i Västsverige. Inventeringssträckan bestämdes till 150 m, vilken valdes utifrån medelstorleken på ett svensk hygge år 2011 (4,4 ha) (Skogsstyrelsen, 2012) och den sträcka som ett vattendrag i genomsnitt skulle passera genom detta hygge.

Inventeringssträckan utgick från koordinater upptagna med GPS (*Global Positioning System*) där vattenprovtagningen förekom. Från koordinaterna inventerades konsekvent en sträcka om 150 m uppströms provpunkten då endast förhållanden uppströms provpunkten bedömdes ha inverkan på vattenkemin. Inventeringen skedde under tidsperioden 17/6-7/8 2013 och utfördes med hjälp av kartunderlag (Lantmäteriets översiktskarta och vägkarta) framtagna i ArcMap 10.1 med provpunkternas koordinater samt en GPS för att hitta koordinaterna i fält.

Källvattendragen inventerades enligt fältprotokollet NPK+ (Appendix 1), dvs. bedömning av dess naturvärde (N), påverkan (P) och känslighet (K) samt plusvärde (+), där förekomst eller ej förekomst av olika parametrar poängsattes. Med stöd av poängsummorna för delarna N, P, K respektive + klassificerades den inventerade sträckan in i en av de fyra Blå målklasserna: vattenmiljö med generell hänsyn (VG), vattenmiljö med förstärkt hänsyn (VF), vattenmiljö som lämnas orörd (VO) eller med särskilda åtgärder (VS) (Bleckert, et al., 2010).

Målklasserna innefattar olika råd och skyddsvärde vilka beskrivs i Tabell 1. Den maximala kantzon (angränsande mark till vattendraget) som inventerades sträckte sig ca 30 m åt vardera sidan och 150 m längs vattendraget. Således inventerades totalt 0,1-4,5 % av avrinningsområdet, beroende på dess storlek, uppströms provtagningspunkten.

Att inventeringen skedde två år efter den vattenkemiska provtagningen ansågs vara av liten betydelse då skogstillståndet under en tvåårsperiod inom ett avrinningsområde är relativt konstant. För att ändå undvika felbedömningar som kan vara missvisande vid jämförelsen av bedömningen av NPK+ och BMK med källvattendragets vattenkemi exkluderades sex av de 179 undersökta vattendragen inför analysen pga. att nyliga åtgärder (dikesrensningar,

anläggande av motorväg etc.) bedömdes ha påverkat skogstillståndet i kantzonen efter det att vattenkemisk provtagning genomförts.

Tabell 1. Indelning av Blå målklasser med tillhörande råd (Bleckert, et al., 2010).

Råd	Vattenmiljö med generell vattenhänsyn (VG)	Vattenmiljö med förstärkt vattenhänsyn (VF)	Vattenmiljö som lämnas orörd (VO)	Vattenmiljö med särskilda åtgärder (VS)
Hänsyn	Enligt skogsvårdslagen och miljöcertifieringar	Förstärkt ambition för kantzonen, mängd död ved och hänsyn vid körning	Mycket höga ambitioner för känsliga vattenmiljöer eller miljöer som kan få eller har höga värden	Höga ambitioner vad gäller restaurering, återskapande eller nyskapande
Kantzonzon*	5-15 m	15-30 m	>30 m. Utvecklas bäst av orördhet	Ej specificerat
Drivning*	Ej närmare vattnet än 10 m	Kör inte i kantzonen (<10 m)	Ingen körning i kantzonen	Ej specificerat
Överfart*	Överfarter på icke känsliga partier	Minimera överfarter, får endast ske med broar.	Inga överfarter	Ej specificerat
Död ved	Skapa/lämna död ved i vattnet.	Skapa/lämna minst 8 bitar per 100 m.	Lämna orört	Ej specificerat
Övrigt			Avgränsa området kring vattenmiljön och klassa som NO i skogsbruksplanen	Ex. lägg igen anslutande diken, skapa lekbottnar för fisk, lägg tillbaka stenar, skapa fria vandringsvägar

* Indikerar ett ökat skyddsvärde av vattendraget med lägst skyddsvärde i målklass VG och högst i målklass VO.

2.3 Komplettering av data

Förekomst av värdearter (rödlistade arter samt god förekomst eller föryngring av stormusslor och laxfiskar), omfattande försurning, omfattande övergödning, kalkningspåverkan och intressanta arter är svåra att säkerställa i fält och dessa data bör helst vara kända innan inventeringen. Information om rödlistade arter och intressanta arter erhöles med hjälp av artportalskopplingen som är ett ArcGIS tillägg direkt uppkopplat mot Artportalen (Länsstyrelsen, 2013). I Artportalen finns geografiska data för olika observationer om arters förekomst. Sökningen utfördes genom att i ArcGIS 10.1 skapa en buffertzon på 150 m runt vattenprovtagningarna och inkludera observationer (<10 år) av rödlistade arter (kategorierna nationellt utdöd och kunskapsbrist medtogs ej) och intressanta arter (bäver - *Castor fiber*, utter - *Lutra lutra* och safsa - *Osmunda regalis*) inom angivet område. Även andra observationer i Artportalen vilka var utanför buffertzonen uppströms och nedströms provpunkten noterades och bedömdes separat om de skulle räknas in eller ej beroende på artens rörelseförmåga. Hade exempelvis utter observerats både nedströms och uppströms provpunkten eller i närheten av buffertzonen kunde denna ingå i bedömningen. Uppgifter om förekomst av antropogen försurning eller övergödning samt kalkningspåverkan grundades på information från VISS (VattenInformationSystem Sverige) webb-GIS baserade vattenkarta (Länsstyrelsen i Kalmar, 2013) och kontakter med Länsstyrelsen i Dalarnas, Jönköpings, Hallands, Västra Götalands och Kronobergs län. I VISS databas ingår endast information om Sveriges större sjöar, vattendrag, kustvatten och grundvatten och därmed saknas upplysningar

om tillståndet i mindre vattendrag. En bedömning om mänsklig försurning eller övergödning kunde ändå göras genom att geografiskt bedöma vilka områden som innehöll mänskligt försurade eller övergödda vattenförekomster. Förekomst av övergödning klassificerades även i fält genom uppskattning av mängden grönslick (*Cladophora glomerata*), bladvass (*Phragmites australis*) och annan växtlighet i vattendraget. VISS databas är också kopplad till SLUs elfiskeregister, varför förekomst av laxfiskar under de senaste 10 åren kunde bedömas (Länsstyrelsen i Kalmar, 2013). Data rörande förekomst av stormusslor (<10 år) erhöles från Musselportalen (SLU ArtDatabanken, 2013).

2.4 Avgränsning

I fältprotokollet NPK+ och Blå målklassning förekommer flera parametrar som är direkt eller indirekt kopplade till vattenkemiska variabler. Analysen begränsades och utgick ifrån förväntade samband mellan parameter i NPK+-protokollet eller Blå målklass och vattenkemiskt tillstånd eller vattendirektivets ytvattenstatus med avseende på försurning, övergödning och total status. De förväntade sambanden finns beskrivna i Tabell 2.

Tabell 2. Statistiska samband som förväntades mellan parameter i NPK+-protokollet/Blå målklass och uppmätt vattenkemisk variabel eller mellan parameter i NPK+-protokollet/Blå målklass och ytvattenstatus med avseende på försurning, övergödning och total status.

Parameter i fältprotokollet	Vattenkemisk variabel och ytvattenstatus
Ingen igenslamning av botten	Låg slamhalt (mg/l) i vattnet
Klart vatten	Låg turbiditet (FNU), absorbans F 420/5, TOC (mg/l)
Ingen omfattande försurning	Högt pH samt hög försurningsstatus
Ingen omfattande övergödning	Låg halt P-tot (µg/l), N-tot (mg/l) samt hög övergödningssstatus
Inga punktkällor	Låg halt P-tot (µg/l), N-tot (mg/l) samt hög övergödningssstatus
Påverkan – vattenkvalitet	Låg slamhalt (mg/l), turbiditet (FNU), absorbans F 420/5, TOC (mg/l), P-tot (µg/l), N-tot (mg/l), högt pH samt hög försurningsstatus, övergödningssstatus och total status
Påverkan	Låg slamhalt (mg/l), turbiditet (FNU), absorbans F 420/5, TOC (mg/l), P-tot (µg/l), N-tot (mg/l), högt pH samt hög försurningsstatus, övergödningssstatus och total status
NPK+	Låg slamhalt (mg/l), turbiditet (FNU), absorbans F 420/5, TOC (mg/l), P-tot (µg/l), N-tot (mg/l), högt pH samt hög försurningsstatus, övergödningssstatus och total status
Blå målklass	Låg slamhalt (mg/l), turbiditet (FNU), absorbans F 420/5, TOC (mg/l), P-tot (µg/l), N-tot (mg/l), högt pH samt hög försurningsstatus, övergödningssstatus och total status

2.4.1 Vattenkemiskt tillstånd

Vattenkemiskt tillstånd anger endast om uppmätt kemivariabel antagit ett högt eller lågt medelvärde. Nedan följer information hämtad från boken *Mäta vatten - Undersökningar av sött och salt vatten* (Bydén, et al., 2003) om de variabler som valts ut för att analysera vattenkemiskt tillstånd.

Slamhalt/Suspenderat material är ett mått på mängden material som suspenderat i vattnet och som hålls kvar på ett glasfiberfilter med porstorleken 1,2 µm efter filtrering. Måttet utgörs av både organiska och oorganiska partiklar. Partiklarna (>1,2 µm) sedimenterar snabbt i stillastående vatten och kan därför utgöra ett mått på igenslamning.

Vattnets grumlighet och färg kan mätas genom *turbiditet* och *absorbans* (Bydén, et al., 2003). Turbiditet är ett mått på en FNU-skala som anger ljusspridning orsakad av mängden oorganiska och organiska partiklar i vattnet. Ett mått under 1,0 FNU antyder att vattnet är obetydligt eller svagt grumlat. Vattenfärgen, som bl.a. är beroende av mängden humusämnen samt järn- och manganföreningar i vattnet, mäts genom att bestämma absorbansen med hjälp av ett optiskt instrument vid en bestämd våglängd. Absorbans F 420/5 beskriver vattenfärgen mätt på filtrerat prov vid 420 nm i en 5 cm kyvett. Mängden humus utgör en viktig näringskälla i vatten och har ofta en naturligt försurande effekt. Vid alltför höga mängder kan primärproduktionen gynnas genom tillförsel av fosfor bunden till humus.

TOC (totalt organiskt kol) är ett mått på mängden organiskt material, både i löst och partikulär form (Bydén, et al., 2003). En del av TOC utgörs av humusämnen (Nyberg & Eriksson, 2001) och det finns därför en nära koppling mellan TOC och absorbans. Halten TOC baseras på mängden koldioxid som bildas genom oxidation av organiskt kol (Bydén, et al., 2003). Filtreras vattnet genom 0,45 µg filter innan analysen erhålls istället DOC (löst organiskt kol). I mindre vattendrag är halten TOC nästan identisk med halten DOC (Thurman, 1985).

pH anger minuslogaritmen för koncentrationen vätejoner i vattnet och dess surhet. På kalkrik berggrund kan pH i sjöar och vattendrag överstiga 8 medan ett normalt pH i skogssjöar är ca 6. Ett pH-värde under 6 innebär en stressfaktor för många vattenlevande organismer som kan komma till skada ju lägre pH blir. Komplexbundna giftiga metaller, som exempelvis aluminium, kan lösas ut om pH blir för lågt (Bydén, et al., 2003).

P-tot (total-fosfor) inkluderar både löst och partikulärt bunden oorganisk och organisk fosfor samt polyfosfater. Utan mänsklig påverkan och med låg deposition från utsläpp förekommer normalt koncentrationer om 5-25 µg/l P-tot.

N-tot utgör både oorganiskt och organiskt kväve antingen i löst form eller bundet till partiklar och biomassa. Måttet kan användas för att indikera övergödning där ett värde över 625 µg/l anses utgöra höga koncentrationer av totalkväve.

Medelvärden av provtagningarna (vår, sommar, höst och sen höst) beräknades för nämnda kemivariabler och för varje vattendrag för att undersöka statistiska samband mellan NPK+-bedömningen i fält och uppmätt vattenkemiskt tillstånd.

2.4.2 Vattendirektivets ytvattenstatus

För att bedöma statusklass för ett vatten finns ett stort antal kvalitetsfaktorer (biologiska, fysikalisk-kemiska och hydromorfologiska) som ska bedömmas och vägas samman. I denna studie baserades ytvattenstatus endast på de fysikalisk-kemiska kvalitetsfaktorerna för *försurning* och *näringsämnen*. Källvattendragen klassificerades in i statusklasser om hög, god,

måttlig, otillfredsställande respektive dålig status avseende försurning och näringsämnen enligt de gällande föreskrifterna om klassificering och miljö kvalitetsnormer avseende ytvatten (HVMFS 2013:19). Statusklasserna för försurning och övergödning avser endast mänsklig förorsakad försurning och övergödning och bortser från det som är naturligt förorsakat. Status för kvalitetsfaktorn näringsämnen benämns fortsättningsvis som övergödningstatus.

Försurningsstatus klassificeras genom att beräkna avvikelsen mellan nuvarande pH och ett referenstillstånd. Avvikelsen mäter den förändring som har åstadkommit genom deposition av svavel- och kväveföreningar förorsakad av människan samt skogsbrukets inverkan på försurning genom bortförsl av baskatjoner. Klassificering skedde med hjälp av *MAGIC_{biblioteket}* (Model of Acidification of Groundwater In Catchments), där det källvattendrag som skulle bedömas matchades mot ett likvärdigt vattendrag. *MAGIC_{biblioteket}* innehåller modellberäkningar över försurningspåverkan i sjöar och vattendrag i hela landet och antar att liknande objekt inom samma geografiska område haft en likartad historisk tidsutveckling och därmed har en jämförbar försurningspåverkan (IVL Svenska Miljöinstitutet, 2013). Bedömningar av försurningspåverkan baserades i denna studie på minsta uppmätta pH (åren 2009-2011) per undersökt vattendrag då detta anses mest kritiskt¹. De övriga parametrar som behövdes för jämförelse i *MAGIC_{biblioteket}* (SO_4^{2-} , Cl^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , TOC) utgjordes av de värden som uppmättes vid samma provtagning som minsta pH noterades. För sjöarea angavs värdet 0 km² och för typ av ytvattenförekomst angavs VDR (vattendrag). Källvattendragen norr om *limes norrlandicus* bör klassificeras med modellen *Boreal Dilution Model* (BDM) då det föreligger en risk för naturlig försurning under vårfloden. Dock saknades data för denna modellering och källvattendragen i region Dalarna har istället klassificerats med *MAGIC_{biblioteket}* för att bestämma statusklass för försurning.

Övergödningstatus grundas på mängden P-tot. Medelvärdet för P-tot (från vår, sommar, höst och sen höst) användes vid jämförelse med ett uträknat referensvärde för att utreda mänsklig påverkan och statusklass. Övriga parametrar som behövdes för uträkningen av övergödningstatus utgjordes av medelvärden för absorbans F 420/5, höjd över havet samt koncentrationer av baskatjoner (kalcium och magnesium) och kloridjoner.

En *total status* för varje källvattendrag beräknades också enligt principen ”sämst bestämmer” för att kunna påvisa korrelationerna mellan bedömningen i NPK+-protokollet, Blå målklass och total status. Den av de två kvalitetsfaktorerna för försurning och övergödning som visade lägst statusklass vid sammanvägningen representerade källvattendragets totala status.

2.5 Statistiska beräkningar och analyser

2.5.1 Regionala skillnader

Skillnader mellan bedömningen av NPK+ och Blå målklassning i Dalarna respektive Västsverige testades med ett signifikanstest, där totalsumman för ”NPK+”, delsumman för

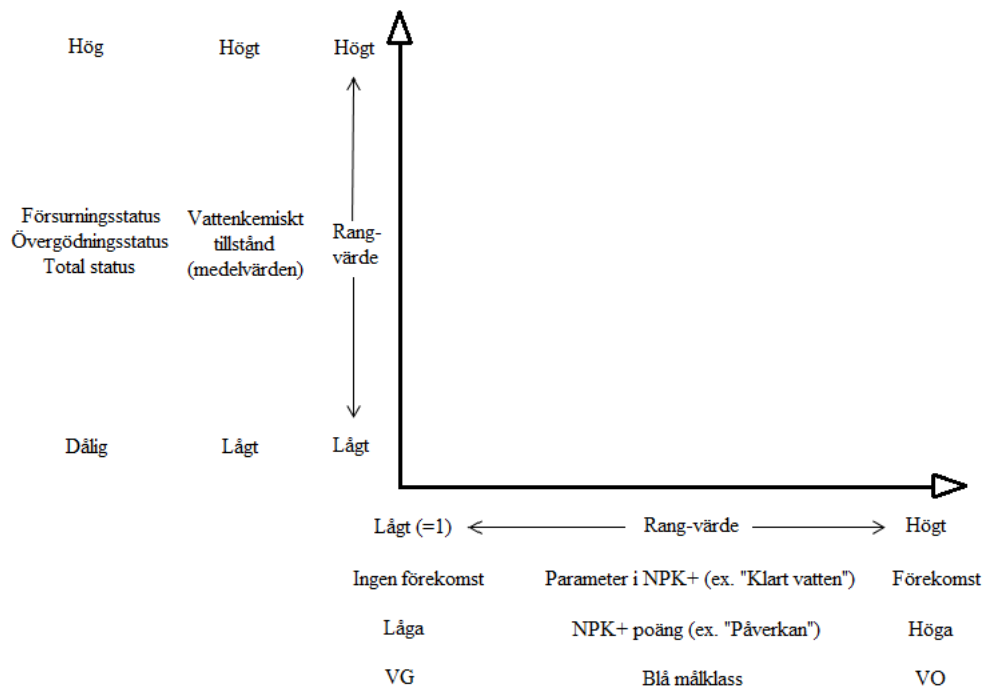
¹ Personlig kommunikation med Stefan Löfgren (2013-10-05).

”Naturvärde”, ”Påverkan” samt ”Känslighet” testades mot varandra. Då NPK+-data inte var normalfördelat valdes det icke-parametriska *Mann-Whitney testet* (Dytham, 2003) med nollhypotesen att det inte förekom någon skillnad mellan de två populationsmedianerna. Signifikansnivån sattes till $p < 0.05$ och beräkningarna utfördes med hjälp av *Minitab 16*.

2.5.2 Parvisa korrelationer

Parvisa korrelationer testades mellan verktygen och vattenkemiskt tillstånd och mellan verktygen och ytvattenstatus med avseende på försurning, övergödning och total status med den icke-parametriska metoden *Spearman's rangkorrelation* (Siegel & Castellan, 1988). Denna metod är användbar när data består av diskreta variabler, inte är normalfördelat eller när data går att rangordna. Spearman's korrelationskoefficient (r_s) visar styrkan och riktningen av sambandet mellan två rangordnade variabler och antar ett värde mellan 1 och -1. Ju närmare noll r_s är, desto svagare är sambandet mellan variablerna medan -1 och 1 anger ett maximalt negativt respektive positivt samband mellan variablerna (Siegel & Castellan, 1988).

De förklarande variablerna (fältprotokollet NPK+ och Blå målklassning; matrisen **X**) och de kemiska responsvariablerna (vattenkemiska medelvärden eller ytvattenstatus; matrisen **Y**) rangordnades i Excel efter storleksordning enligt Figur 3. Rangordningen av Blå målklasser utgick från skyddsvärdet på kantzonen (Tabell 1). Målklassen VS specificerar inget skyddsvärde och källvattendrag indelade i målklassen VS ingick därför inte i korrelationerna mellan Blå målklasser och vattenkemiskt tillstånd eller ytvattenstatus. Inför korrelationerna tilldelades målklass med lägre skyddsvärde (VG) en rang av lågt värde, högre skyddsklass (VO) en rang av högre värde och intermediär skyddsklass (VF) mitemellan (Figur 3).



Figur 3. Anger rangordningen för de variabler som statistiskt testades enligt Spearman's rangkorrelation.

Vid tillfällen då variablerna för **X** och **Y** innehöll många observationer med samma värde (*ties*) utdelades ett rangmedelvärde till dessa observationer. En korrektionsfaktor uträknades (formel 5) och korrigerad för ties genomfördes för både **X** och **Y** variabeln (formel 6) innan Spearman's rangkorrelationskoefficient (r_s) beräknades enligt formel 7. Analyserna för Spearman's rangkorrelation utfördes med *Minitab 16*.

Formel 5:
$$T_x = \sum_{i=0}^g (t_i^3 - t_i) \quad T_y = \sum_{i=0}^g (t_i^3 - t_i)$$

Där T_x är korrektionsfaktorn för X, T_y korrektionsfaktorn för Y, g antalet grupper av ties och t_i är antalet ties i en given grupp.

Formel 6:
$$\sum x^2 = \frac{N^3 - N - T_x}{12} \quad \sum y^2 = \frac{N^3 - N - T_y}{12}$$

Där N är antalet observationer, x är x-variabeln korrigerad för ties, y är y-variabeln korrigerad för ties.

Formel 7:
$$r_s = \frac{\sum x^2 + \sum y^2 - \sum d^2}{2\sqrt{\sum x^2 * \sum y^2}}$$

Där d är differensen i rangordning för varje observationspar och r_s anger korrelationskoefficienten.

När stickprovsantalet är stort som i detta fall ($N=80$ för Västsverige och $N=93$ för Dalarna) och antalet frihetsgrader ($df=N-2$) är > 28 kan signifikansen för det uträknade värdet på r_s under nollhypotesen, dvs. att inget samband existerade mellan variablerna beskrivna i Tabell 2, testas (Siegel & Castellan, 1988). r_s omvandlades till ett t -värde (formel 8) och jämfördes med det kritiska t -värdet på signifikansnivån $p<0.05$ med $df=78$ för Västsverige, $df=91$ för Dalarna och $df=171$ för båda regionerna. Ett tvåsidigt test valdes eftersom alternativhypotesen är tvåsidig, dvs. innebär ett samband som är antingen positivt eller negativt. Nollhypotesen förkastades om t -värdet var mer extremt än det kritiska t -värdet varpå alternativhypotesen, dvs. att det förekom ett samband mellan variablerna i Tabell 2, antogs.

Formel 8:
$$t = r_s \sqrt{\frac{N-2}{1-r_s^2}}$$

Där t anger t -värdet som jämförs med kritiskt värde.

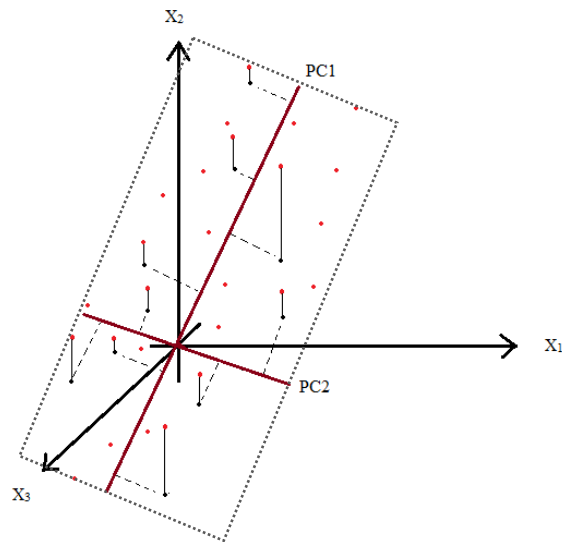
2.5.3 Multivariat statistik – PCA och PLS

Parvisa korrelationer kan i vissa fall vara en ineffektiv metod eftersom informationen i multivariat data ofta ligger dold (Eriksson, et al., 2006) och flera variabler samverkar till en respons. För att utreda sambandet mellan fler variabler och få en mer fullödig bild över resultatet användes multivariat dataanalys genom tekniken *principalkomponentanalys* (eng: principal component analysis; PCA) och *regression med partiella minstakvadrater* (eng: partial least squares projections to latent structures; PLS). Information om PCA och PLS har hämtats från Eriksson *et al.* (2006) om inte annat anges.

Vid modellering med PCA testades variabler i fältprotokollet NPK+, de Blå målklasserna VG, VF och VO (Blå målklass), vattenkemiska variabler (slamhalt, TOC, turbiditet, absorbans (F 420/5), P-tot, N-tot, pH) samt landskapsvariabler (höjd (över havet), latitud, longitud, nederbörd, vegetationsperiodens längd, medeltemperatur, avrinning, skogsmark, våtmark, jordbruksmark, medeltillväxt i avrinningsområdet, biomassa i avrinningsområdet, % hyggen i avrinningsområdet, deposition av SO_x, NO_x och NH_x, moränmark etc.) för att utreda eventuella samband.

PCA är en relativt enkel metod som kan användas för att överblicka mönster i stora datamängder, analysera hur observationer och variabler förhåller sig till varandra samt undersöka grupperingar och avvikelser. Metoden bygger på att minska dimensionerna hos data men ändå behålla så mycket av informationen som möjligt. Varje observation i en matris **X** med *N* observationer (rader) och *K* variabler (kolumner) projiceras som en punktsvärm i en multivariat rymd. Antalet dimensioner, i den multivariata rymden, är beroende av antalet variabler där varje variabel ger upphov till en ny axel (vinkelrät mot övriga axlar) som observationerna förhåller sig till. Genom att finna nya linjära latentaxlar, principalkomponenter (PC), som ersätter de ursprungliga axlarna och som beskriver större delen av den variationen som uppträder i punktsvärmen minimeras antalet dimensioner (Jolliffe, 2002). Antalet principalkomponenter som beräknas kan maximalt vara så många som det finns variabler men oftast räcker det med 2-3 stycken för att få en fullständig bild av data (Naturvårdsverket, 2013b). Observationernas nya förhållanden till principalkomponenterna demonstreras i en score plot.

I Figur 4 illustreras en punktsvärm i en tredimensionell rymd (tre olika variabler) samt en score plot för den första (PC1) och den andra (PC2) uträknade principalkomponenten. De två principalkomponenterna ersätter de tre axlarna (variablerna) som observationerna förhåller sig till, minskar antalet dimensioner från tre till två och beskriver så mycket av observationernas nya lägen som möjligt.



Figur 4. Ett exempel på hur punktsvärmen av observationer (röda prickar) definierad med tre dimensioner, en för varje variabel (x_1 , x_2 och x_3), ersätts med nya principalkomponenter. PC1 och PC2 visar principalkomponenterna för den största respektive näst största variationen i punktsvärmen samt observationernas nya läge (svarta prickar) i förhållande till komponenterna. Det streckade fönstret utgör en score plot (ett modellplan) som visar observationernas nya läge i förhållande till PC1 och PC2.

En plot med värden för loadings är ett diagram som visar sambandet mellan de olika variablerna och deras riktning (positiv eller negativ korrelation) och omfattning (liten eller stor korrelation) vilka varje ursprungsvariabel bidrar med till observationernas nya lägen. Diagrammen i score plot och loading plot kompletterar varandra och information mellan dem kan överlagras i en biplot med både loading och score-värden. Variabler och observationer i nära anslutning till varandra är positivt korrelerade medan negativt korrelerade variabler och observationer är belägna på diagonalt eller motsatt sida av diagrammet.

En rad analyser med PLS genomfördes med målet att förklara ytvattenstatus dels utifrån parametrar i fältprotokollet NPK+ och Blå målklassning och dels utifrån vattenkemiska variabler och landskapsvariabler. PLS är en utvidgning av PCA och tar fram det linjära sambandet mellan två block (matriser) av variabler (\mathbf{X} med dimensionen $N \times K$ och \mathbf{Y} med dimensionen $N \times M$). På liknande sätt som med PCA projiceras observationerna, N , för \mathbf{X} med K variabler och \mathbf{Y} med M variabler i varsin multivariat rymd med maximalt lika många axlar som variabler. Skillnaden mot PCA är att varje observation här representeras av två punkter, en i \mathbf{X} -rymden och en i \mathbf{Y} -rymden. PLS används därefter för att undersöka ifall det föreligger något samband mellan punkternas positionering i \mathbf{X} -rymden och positioneringen i \mathbf{Y} -rymden för att kunna prediktera y -variabler utifrån x -variabler. Komponenternas riktning regleras av kraven om att approximera punktsvärmarna i \mathbf{X} och \mathbf{Y} samt att maximera kovariansen mellan observationernas nya lägen i \mathbf{X} och i \mathbf{Y} .

2.5.4 SIMCA-P

För analysen av PCA och PLS användes programvaran *SIMCA-P+ 12.0.1*. Förklaringar och beskrivningar för användning av programvaran vid PCA- och PLS-modellering finns beskrivet i manualen *User's guide to SIMCA-P, SIMCA-P+* (Umetrics AB, 2005). En PCA- eller PLS-modell beskrivs med ett antal parametrar:

A = antalet komponenter.

N = antalet observationer.

R^2X = fraktionen av variationen i \mathbf{X} som beskrivs per komponent.

R^2Y = fraktionen av variationen i \mathbf{Y} som beskrivs per komponent.

$R^2X(cum)$ = den kumulativa fraktionen av variationen i \mathbf{X} som beskrivs av komponenterna.

$R^2Y(cum)$ = den kumulativa fraktionen av variationen i \mathbf{Y} som beskrivs av komponenterna.

Q^2 = förklaringsgraden av variationen i \mathbf{X} för PCA och \mathbf{Y} för PLS per komponent.

$Q^2(cum)$ = den kumulativa förklaringsgraden av variationen i \mathbf{X} för PCA och \mathbf{Y} för PLS för alla komponenter.

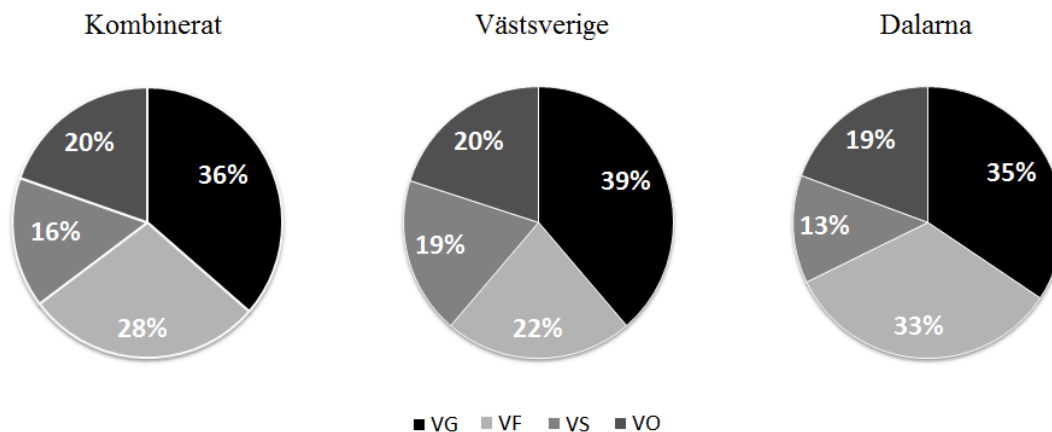
För att alla variabler ska ha samma inverkan på modellen och för att förbättra tolkningsbarheten så förbehandlades data automatiskt av programmet genom *autoskalning* och *centrering* innan analys. Programmet räknar sedan ut det antal komponenter som är signifikanta, vilka baseras på korsvalidering och görs automatiskt vid användandet av *autofit*. Avvikelser i data kan identifieras med *Hotelling's T²* range plot som anger observationernas avstånd från origo i modellplanet. Observationer som överstiger gränsen 0,95 är misstänkt avvikande medan de som överstiger den kritiska gränsen 0,99 är kraftigt avvikande. En sådan observation kan ha stor inverkan på modellen och bör undersökas närmare för eventuell exkludering.

I en PLS modell rangordnas x-variablerna betydelse för att förklara \mathbf{Y} i en *VIP-plot* (variable importance in the projection). Variabler med ett värde över 1,0 utgör de viktigaste variablerna för att förklara \mathbf{Y} . Från modelleringen erhålls värdet $Q^2(cum)$, vilket är ett mått på modellens prediktiva förmåga. Ju närmare värdet är 1,0 desto bättre är modellen på att prediktera \mathbf{Y} . Vid modellering för att förklara ytvattenstatus ökades förklaringsgraden genom att avlägsna variabler som saknade samband med \mathbf{Y} ($p < 0.05$). Vidare exkluderades variabler i VIP plot som inte ansågs vara av vikt för modellen. Efter åtskilliga analyser med och utan transformerade variabler skedde modelleringen utan att variablerna transformerades. Inga observationer exkluderas. När högsta möjliga $Q^2(cum)$ -värde uppnåtts med så få beskrivande komponenter som tänkbart avslutades modelleringen.

3. RESULTAT

3.1 Fördelning av Blå målklass och regionala skillnader

Totalt ingick 173 källvattendrag i analyserna, varav 80 återfanns i region Västsverige och 93 i Dalarna. Resultaten visade en relativt jämn fördelning av målklasser inom respektive region och med kombinerade data från båda regionerna (Figur 5). Flest källvattendrag tilldelades målklassen med generell hänsyn (VG; 35-39 %), följt förstärkt hänsyn (VF; 22-33 %), miljö som lämnas orörd (VO; 19-20 %) och med särskilda åtgärder (VS; 13-19 %). Jämförelser mellan de två regionerna pekade på liknande fördelning av målklasserna VO och VG. Störst skillnad noterades i kategorierna VF och VS, där tilldelningen av målklassen VF var övervägande större i Dalarna (33 % mot 22 % i Västsverige) medan tilldelningen av målklassen VS var något större i Västsverige (19 % mot 13 % i Dalarna).



Figur 5. Frekvensfördelning av de olika Blå målklasserna (VG, VF, VS och VO) inom respektive region och i ett kombinerat dataset.

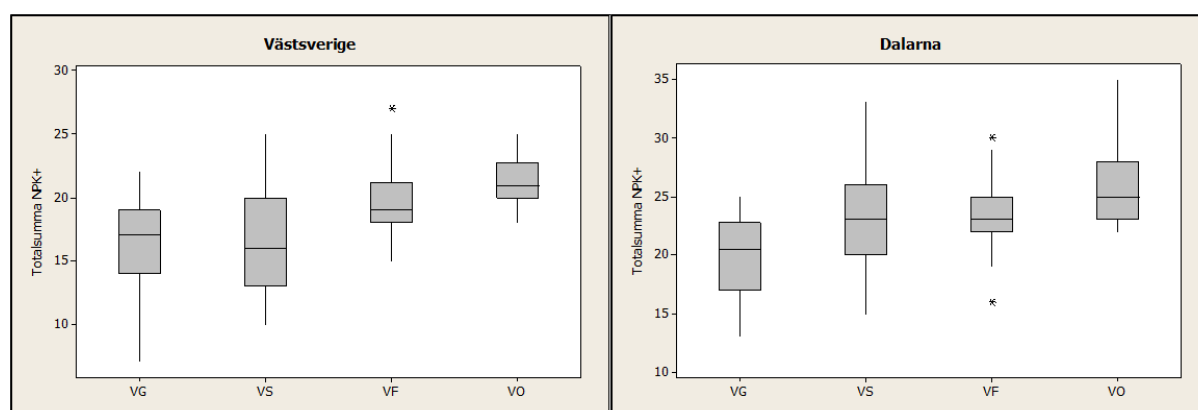
Totalsumman NPK+ som tillgivits källvattendragen vid bedömningen visade på en normalfördelning som sträckte sig mellan 7 och 35 poäng. Många av vattendragen hade samma totalsumma. Som mest noterades 19 vattendrag med samma totalsumma (20 NPK+ poäng), fördelade över alla målklasser (fem i målklassen VG, fyra i målklassen VS, fem i målklassen VF och fem i målklassen VO). Resultaten visar att vattendrag med samma totalsumma har indelats i olika målklasser och att det är inbördes poängsättning som avgör klasstillhörighet. Spridningsintervallet av totalsumman NPK+ för varje given målklass gav antydning om en förskjutning mellan de olika klasserna (Tabell 3). Målklassen VG uppvisar ett poängintervall inom en något lägre skala (7-25 p) än målklassen VF (15-30 p) och VO (18-35 p). Däremot noterades målklassen VS ha en stor variation längs poängskalan (10-33 p).

Liknande mönster observerades även vid regionsvis indelning. Målklasserna överlappade varandra poängmässigt men målklassen VG motiverades av en lägre totalsumma och median än målklassen VF och VO (Tabell 3).

Tabell 3. Källvattendrag indelade i de fyra olika Blå målklasserna VG, VS, VF och VO samt spridningen av totalsumman för samtliga parametrar i NPK+-protokollet inom respektive målklass. Spridningen anger minsta till största värde, median och medelvärde per region och i ett kombinerat dataset.

	Totalsumma NPK+	Blå målklass			
		VG	VS	VF	VO
Västsverige	Min-Max	7-22	10-25	15-27	18-25
	Median	17	16	19	21
	Medel	16	17	20	21
Dalarna	Min-Max	13-25	15-33	16-30	22-35
	Median	20,5	23	23	25
	Medel	20	23	23	26
Kombinerat	Min-Max	7-25	10-33	15-30	18-35
	Median	18	20	22	23
	Medel	18	20	22	24

I både region Västsverige och Dalarna noterades signifikanta skillnader beträffande totalsummor av NPK+ mellan målklasserna VG och VF medan skillnader mellan VS och VO endast noterades i Västsverige (Mann Whitney test, $p < 0,0001$; Figur 6). Målklasserna VG och VO uppvisade signifikant skillnader i respektive region samt i ett kombinerat dataset (Mann Whitney test, $p < 0,05$). Inom respektive region och med kombinerade data motiverades en tilldelning av Blå målklass med högre skyddsvärde (exv. målklass VO) av högre ”Känslighet” för skogsbruk, större avsaknad av ”Påverkan” och en högre totalsumma av NPK+ (Student’s t-test, $p < 0,05$, data visas inte). Höga ”Naturvärden” var således av mindre betydelse för vattendragets skyddsvärde vid skogsbruk och vid indelningen av Blå målklasser.



Figur 6. Låddiagrammen visar högsta respektive lägsta NPK+-poäng (lodräta linjers utsträckning), avvikande värden (*) samt median (horisontell linje i mitten av lådan) för varje given Blå målklass inom respektive region. Inom de gråmarkerade lådorna återfinns 50 % av NPK+-värdena. Statistiska skillnader (Mann Whitney test, $p < 0,05$) gällande Blå målklass och totalsumma för NPK+ observerades i region Västsverige där de parvisa målklasserna VG och VF, VS och VO samt VG och VO var åtskilda. I Dalarna var klasserna VG, VF och VO signifikant skilda från varandra.

3.2 Samband mellan NPK+, Blå målklass och vattenkemiskt tillstånd

3.2.1 Kombinerade data

Med data från båda regionerna sammanslagna i en gemensam databas (kombinerade data) observerades flertalet signifikanta samband (Student's t-test, $p < 0.05$) mellan de testade parametrarna i NPK+-protokollet och vattenkemiskt tillstånd (Appendix 4). Förekomst av "Ingen igenslamning" visade på lägre slamhalt ($r_s = -0,16$), förekomst av "Klart vatten" på lägre turbiditet ($r_s = -0,28$), TOC ($r_s = -0,46$) och absorbans ($r_s = -0,48$) och förekomst av "Ingen omfattande försurning" visade samband med högre pH ($r_s = 0,36$) (Appendix 4). När data från båda regionerna användes visade sig dessa parametrar i NPK+-protokollet kunna fånga upp skillnader i vattenkvalitet enligt de samband som förväntades (Tabell 2). Vidare kunde också höga del- och totalsummor av "Påverkan - vattenkvalitet", "Påverkan" och "NPK+" bedöma vattenkemiskt tillstånd då dessa uppvisade samband med lägre slamhalt, turbiditet, TOC, absorbans, P-tot och N-tot samt högre pH (Student's t-test, $p < 0.05$, Appendix 4). I det kombinerade datasetet visade även Blå målklass signifikanta samband med slamhalt ($r_s = -0,26$) och turbiditet ($r_s = -0,22$). De vattendrag som tilldelades högre skyddsvärde (VO) hade lägre slamhalt och turbiditet men i övrigt noterades inga fler statistiskt säkerställda samband mellan Blå målklass och vattenkemiskt tillstånd.

Parametrarna "Ingen omfattande övergödning" och "Inga punktkällor" visade inga signifikanta samband med halter av P-tot eller N-tot på kombinerade data och kan därför inte visa om totalfosfor- eller totalkvävehalten i det undersökta vattendraget är hög eller låg (Appendix 4). Totalt bedömdes endast 7 källvattendrag (4 st i Västsverige och 3 st i Dalarna) vara påverkade av punktkällor enligt NPK+-protokollet, i form av jordbruk och betesmark. Tillsammans med kriteriet att avrinningsområdena innehöll < 5 % jordbruksmark kommer parametern "Inga punktkällor" inte diskuteras närmare.

Utöver undersökta korrelationer noterades andra intressanta samband mellan parametrar i NPK+-protokollet och uppmätt vattenkemi när data från båda regionerna kombinerades (Appendix 4). Totalsumman för "Naturvärde" visade signifikanta negativa samband med slamhalt, turbiditet, TOC, absorbans, P-tot och N-tot samt signifikant positivt samband med pH (Student's t-test, $p < 0.05$). Ett vatten med höga naturvärden i form av exv. blockighet, död ved, forsande vatten och en beskuggande kantzon var mindre grumligt och färgat samt innehöll mindre totalhalter av näringsämnen än ett vatten med låga naturvärden. Vidare visades ett signifikant positivt samband mellan parametern "Erosionsbenägna jordarter" och P-tot och N-tot samt mellan "Blöt kantzon" och P-tot, N-tot och absorbans (Appendix 4). Källvattendrag omgivna av erosionsbenägna jordarter och en blöt kantzon visade således en högre absorbans och högre koncentrationer av P-tot och N-tot. Totalsumman för "Känslighet" visade inga samband med uppmätt vattenkemi.

3.2.2 Västsverige och Dalarna

Vid parvisa korrelationer inom respektive region förekom enstaka signifikanta samband (Student's t-test, $p < 0.05$) mellan bedömningar i NPK+-protokollet och vattenkemi (Appendix

4). I region Västsvrige visade parametern ”Klart vatten” samt en hög totalsumma för ”Påverkan”, ”Naturvärden” och NPK+ tydliga samband med vattenkemi (Appendix 4). Ett klarare vatten uppmätte lägre värden för absorbans och TOC, liksom vattendrag med ett högt ”Naturvärde”, avsaknad av ”Påverkan” och en hög totalsumma för NPK+. De tre sistnämnda visade också samband med lägre koncentrationer av näringsämnen. Parametrarna ”Ingen igenslamning”, ”Ingen omfattande försurning”, ”Ingen omfattande övergödning” eller Blå målklass påvisade däremot inga samband med vattenkemiskt tillstånd i regionen.

I Dalarna visade parametern ”Klart vatten” signifikanta samband med lägre absorbans ($r_s=-0,32$) och halter av TOC ($r_s=-0,30$) men inte med turbiditet. Inga samband påvisades mellan ”Ingen igenslamning” och slamhalt eller mellan ”Ingen omfattande försurning” och pH. Däremot existerade ett positivt signifikant samband mellan ”Ingen omfattande övergödning” och P-tot (Appendix 4). De källvattendrag i Dalarna som klassificerades i gruppen ”Ingen omfattande övergödning” uppvisade signifikant högre totalfosforhalt ($r_s=0,21$). Vidare visade Blå målklass i Dalarna samband med vattenkemiskt tillstånd. Ett källvattendrag som ansågs mer skyddsvärt (VO) uppvisade lägre slamhalter ($r_s=-0,36$) och turbiditet ($r_s=-0,25$; Appendix 4). I övrigt noterades erosionsbenägen mark runt vattendraget samvariera med högre halter av TOC, P-tot och N-tot i vattnet medan en hög totalsumma för ”Naturvärde” och NPK+ visade samband med lägre uppmätt slamhalt och turbiditet samt högre pH (Appendix 4).

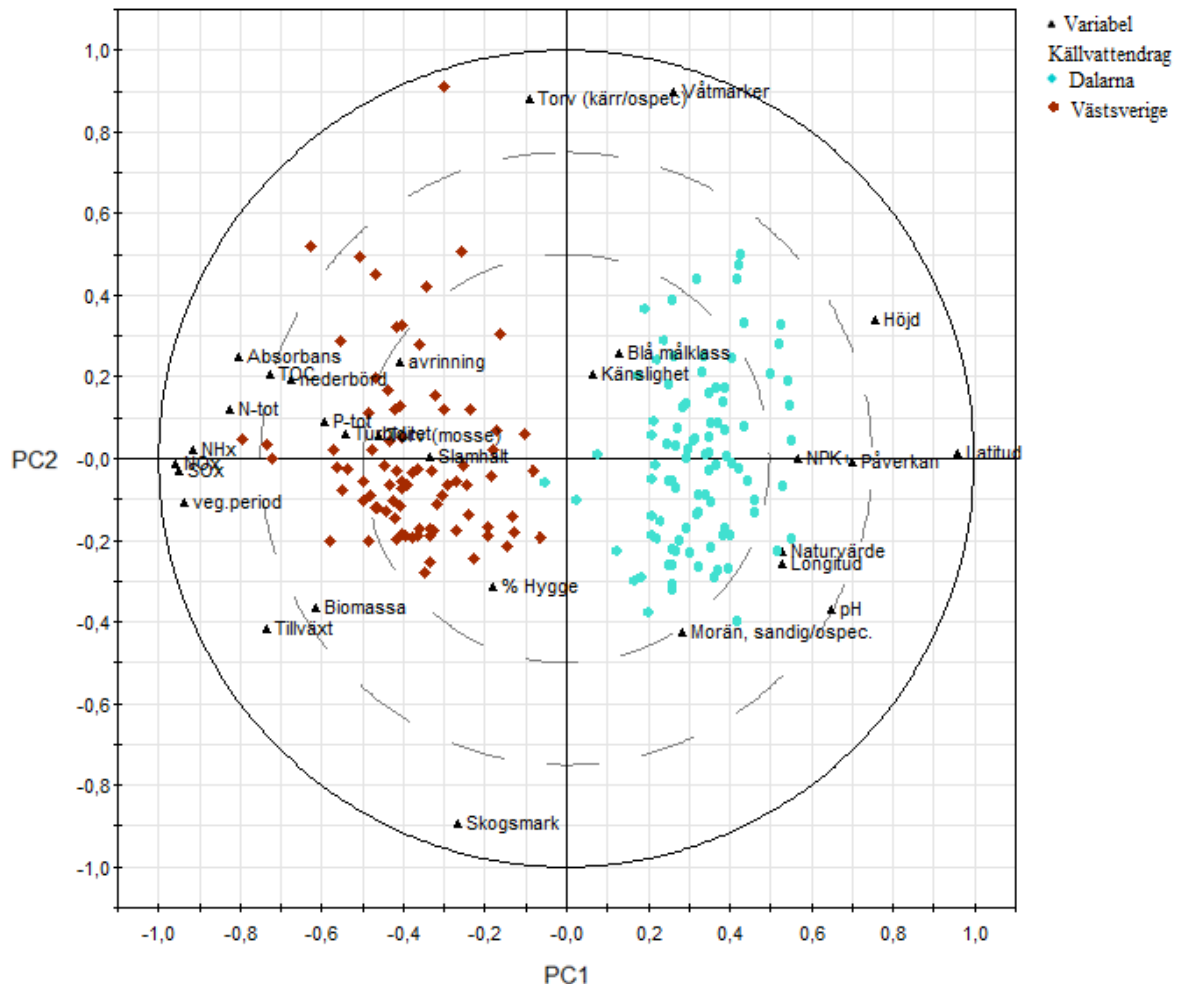
3.3 Landskapsvariablers inverkan på NPK+, Blå målklass och vattenkemiskt tillstånd

3.3.1 Kombinerade data

PCA-modellen med data från båda regionerna (Figur 7) indikerade samband mellan förekomst av naturvärden (”Naturvärde”), avsaknad av påverkan (”Påverkan”), känslighet för skogsbruk (”Känslighet”), Blå målklasser, landskapsvariabler och vattenkemiskt tillstånd ($R^2X(cum)=0,69$, $Q^2(cum)=0,56$). De variablerna som placerades längst ut på principalkomponenterna och hade störst inverkan på observationernas (källvattendragens) placeringar var latitud och deposition av kväve- och sulfatföreningar (SO_x , och NO_x ; PC1) samt andel skogsmark och andel våtmark i avrinningsområdet (PC2).

Den första principalkomponenten (PC1) delade tydligt upp källvattendragen i de två regionerna längs en nord-sydlig gradient och förklarade 35,6 % av variationen i data (Figur 7). Mer nordliga vattendrag karaktäriserades av högre poäng för ”Naturvärden” och avsaknad av ”Påverkan”, liksom högre totalsumma för ”NPK+”. Dessa tre parametrar var också signifikant åtskilda mellan de två regionerna (Mann Whitney test, $p=0,05$) med högre totalsummor i Dalarna. Gällande ”Känslighet” för skogsbruk noterades ingen signifikant skillnad mellan de båda regionerna (Mann Whitney test, $p<0,368$), vilket visades i Figur 7 genom en mer central position av parametern längs PC1. Källvattendragen i region Västsvrige var tydligt placerade till vänster i modellen och samvarierade positivt med högre halter av TOC, absorbans, N-tot, P-tot, slam och turbiditet, liksom med högre depositionen av

sulfat- (SO_x) och kväveföreningar (NO_x och NH_x). Källvattendragen i Dalarna, som istället placerades till höger i diagrammet, visade positiva samband med högre pH (se även Appendix 3).



Figur 7. PCA loading plot med score plot överlagrad i en s.k. biplot. Modellen visar hur de inventerade källvattendragen i Dalarna (blå cirklar) och Västssverige (röda diamanter) delas upp med avseende på de två axlarna PC1 och PC2 samt hur variabelerna för Naturvärde, Påverkan, Känslighet, totalsumman för NPK+ och Blå målklass samvarierar med landskapsvariabler och uppmätt vattenkemi. Störst inverkan på axlarna har de variabler som är placerade längst från centrum. Intilliggande observationer och variabler samvarierar medan observationer och variabler på motsatt sida diagrammet har en negativ korrelation. (R^2X (cum)= 0,69, Q^2 (cum)= 0,56). Cirkeln demonstrerar Hotelling's T^2 där observationer inom cirkeln ligger inom 95 % konfidensintervall. Inga observationer var avvikande.

PC2 delade upp källvattendragen efter de dominerande vegetationstyperna i avrinningsområdena, skogsmark och våtmark, vilket förklarade ytterligare 14,4 % av variationen. Högre "Naturvärden" visade ett svagt positivt samband med andelen skogsmark medan "Känslighet" för skogsbruk och Blå målklass var positivt korrelerat med andelen våtmark och torv i avrinningsområdet (Figur 7). Kantzonens känslighet för skogsbruk och skyddsvärdet av vattendraget vid målklassning ökade således med högre andel torv- eller våtmark i avrinningsområdet. En hög andel torv- eller våtmark visade också positiva samband

med högre höjd över havet, mer färgat vatten (absorbans och TOC) och en ökad avrinning men var inte beroende av latitud då skillnaderna i andel våtmark var liten mellan regionerna (Figur 7; se även Appendix 3).

I övrigt visade PCA-modellen (Figur 7) att de kemiska variablerna TOC, absorbans, slamhalt, P-tot, N-tot och turbiditet grupperades nära varandra och hade ett positivt samband sinsemellan men att alla var negativt korrelerade med pH som placerades på motsatt sida i modellen (se även Appendix 2). Klimatgradienten (PC1) hade störst inverkan på vattenkemin i källvattendragen men influerades även av dominerande vegetationstyp inom avrinningsområdet (PC2). Utöver de två första principalkomponenterna beskrev en tredje komponent (PC3) variation i öst-västlig riktning (longitud) och en fjärde komponent (PC4) variation i en altitudsgradient. Förklaringsgraden för dessa två komponenter var låg och utvärderas därför inte närmare.

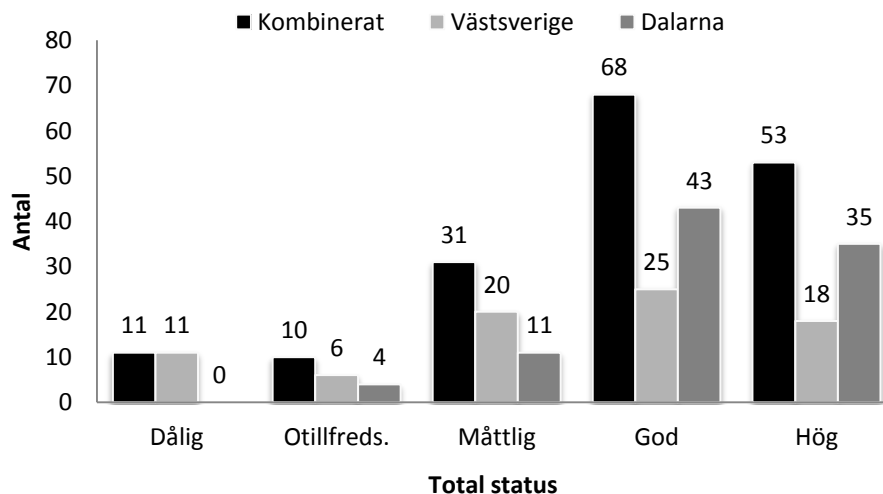
3.3.2 Västsverige och Dalarna

PCA-modellerna inom respektive region visade något sämre förklaringsgrad än modellen med data från båda regionerna och sambanden var inte lika tydliga. I PCA-modellen med data från region Västsverige ($R^2X (cum) = 0,79$, $Q^2 (cum) = 0,46$) förklarade den första principalkomponenten (PC1) 18,7 % av variationen i huvudsak längs en sydvästlig-nordöstlig gradient (Appendix 5). Den andra komponenten (PC2) förklarade 17,7 % av variationen och skiljde mellan avrinningsområden med hög medeltillväxt från vattendrag med höga koncentrationer av TOC, N-tot samt höga absorbans-värden. Den andra komponenten hade mer inverkan på spridningen av totalsummorna av ”Naturvärde”, ”Påverkan” och NPK+ än den första (Appendix 5). Dessa totalsummor var högre när medeltillväxten i avrinningsområdet var hög och var också positivt korrelerade med biomassan i avrinningsområdet och andelen skogsmark och berg. Medeltillväxten avser i detta fall tillväxten i hela avrinningsområdet och inkluderar även våtmark, vilket innebär att avrinningsområden med mer skogsmark och mindre andel våtmark har en högre medeltillväxt. Båda principalkomponenterna (PC1 och PC2) hade liten inverkan på kantzonen känslighet för skogsbruk och val av Blå målklass, då båda parametrarna (”Känslighet” och ”Blå målklass”) placerades centralt i modellen (Appendix 5).

PCA-modellen med källvattendragen i region Dalarna ($R^2X (cum) = 0,70$, $Q^2 (cum) = 0,42$) visade att den första komponenten (PC1) förklarade den största variationen (26 %) längs en altituds-gradient från fjällkedjan i nordväst till sydöst (Appendix 5). Närmare fjällkedjan karaktäriserades vattendragen av mindre påverkan av människan (”Påverkan”), högre totalsumma ”NPK+” och högre skyddsvärde vid målklassning (Blå målklass). Den andra komponenten (PC2) skiljde mellan vattendrag med höga halter TOC och absorbans från de med högt pH och förklarade 16 % av variationen. PC2 inverkade på ”Känslighet” för skogsbruk som samvarierade med högre absorbans och TOC-halt samt på förekomst av högt ”Naturvärde” som samvarierade med högre uppmätt pH (Appendix 5).

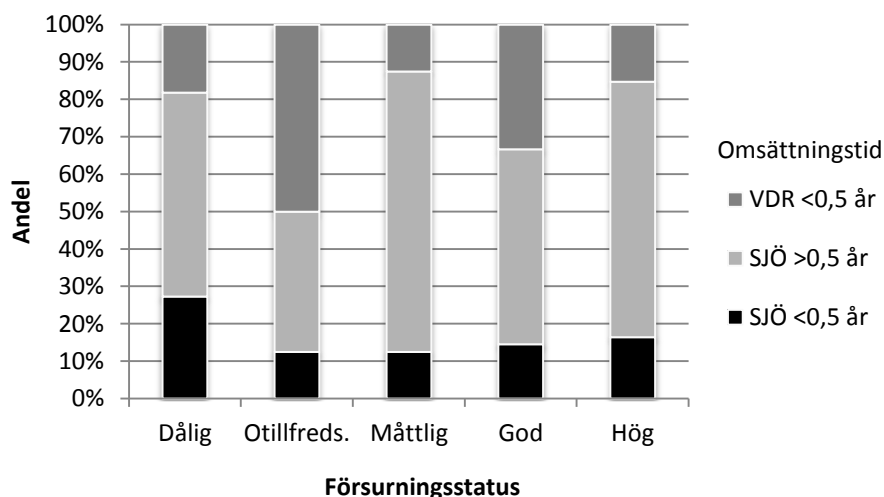
3.4 Fördelning av ytvattenstatus

Den totala statusklassificeringen, baserad på vattenprovtagningarna, resulterade i att 30 % av källvattendragen inte uppnådde målet om god ytvattenstatus, dvs. de två högsta statusklasserna, med avseende på försurning och övergödning (Figur 8). Av dessa var 37 vattendrag belägna i Västsverige respektive 15 i Dalarna. Alla källvattendrag i den sämsta statusklassen tillhörde region Västsverige (11 st) medan majoriteten av källvattendragen klarade målet om god ytvattenstatus i båda regionerna. Total status var signifikant högre i region Dalarna än i region Västsverige (Mann-Whitney Test, $p < 0,001$).



Figur 8. Fördelningen inom de fem klasserna dålig, otillfredsställande, måttlig, god och hög ytvattenstatus visas för antalet källvattendrag inom respektive region och för kombinerade data. Total status uträknades efter sammanvägning av försurningsstatus och övergödningstatus enligt principen "sämst styr" och bedömningen av försurnings- och övergödningstatus är i sin tur baserade på beräkningar från vattenprovtagningar.

Matchningen av liknande vattendrag i MAGIC_{biblioteket} för att utvärdera försurningsstatus visade att en övervägande andel av källvattendragen jämförts mot sjöar (Figur 9). Vissa av sjöarna uppvisade omsättningstider på över 0,5 år och det geografiska området för sjöarna sträckte sig mellan Skåne län och Jämtlands län. Inga källvattendrag jämfördes mot vattendrag med en omsättningstid över 0,5 år. Två av källvattendragen kunde inte matchas mot någon sjö eller vattendrag i MAGIC_{biblioteket} och för dessa vattendrag representerades total status endast av övergödningstatus.



Figur 9. Andelen källvattendrag inom respektive försurningsstatusklass som jämförts med sjöar (SJÖ) och vattendrag (VDR) i MAGIC_{biblioteket} med en omsättningstid över eller under 0,5 år. Inga källvattendrag jämfördes mot vattendrag med en omsättningstid över 0,5 år.

3.5 Samband mellan NPK+, Blå målklass och ytvattenstatus

3.5.1 Kombinerade data

Med kombinerade data visades ett positivt signifikant samband mellan förekomst av ”Ingen omfattande försurning” och försurningsstatus ($r_s=0,17$, $p<0.05$) respektive total status ($r_s=0,20$, $p<0.05$; Appendix 6). Ett vattendrag som inte bedömts som försurat enligt NPK+-protokollet hade således högre försurningsstatus samt högre total status. Det senare sambandet kan förklaras av att försurningsstatus hade en större inverkan på total status än övergödningsstatus vid sammanvägningen.

Enligt bedömningen utifrån NPK+-protokollet, med stöd av VISS vattenkarta och information från länsstyrelser, bedömdes 45 vattendrag i region Västsverige och 3 vattendrag i Dalarna som försurade. Enligt vattendirektivets försurningsstatus som klassades utifrån vattenprovtagningarna och MAGIC_{biblioteket}, ansågs 28 vattendrag i region Västsverige och sju vattendrag i Dalarna inte klara målet om god försurningsstatus. När de två bedömningarna (NPK+-protokollet och vattendirektivets försurningsstatus) jämfördes hade 19 vattendrag bedömts på ett likartat sätt, varav alla förekom i Västsverige (exempelvis Figur 10). Jämförelsen visar att den information som finns tillgänglig för skogsägare att bedöma försurning med hjälp av NPK+-protokollet kan särskilja försurning i vattendrag lokaliserade inom områden med väldigt olika försurningspåverkan.

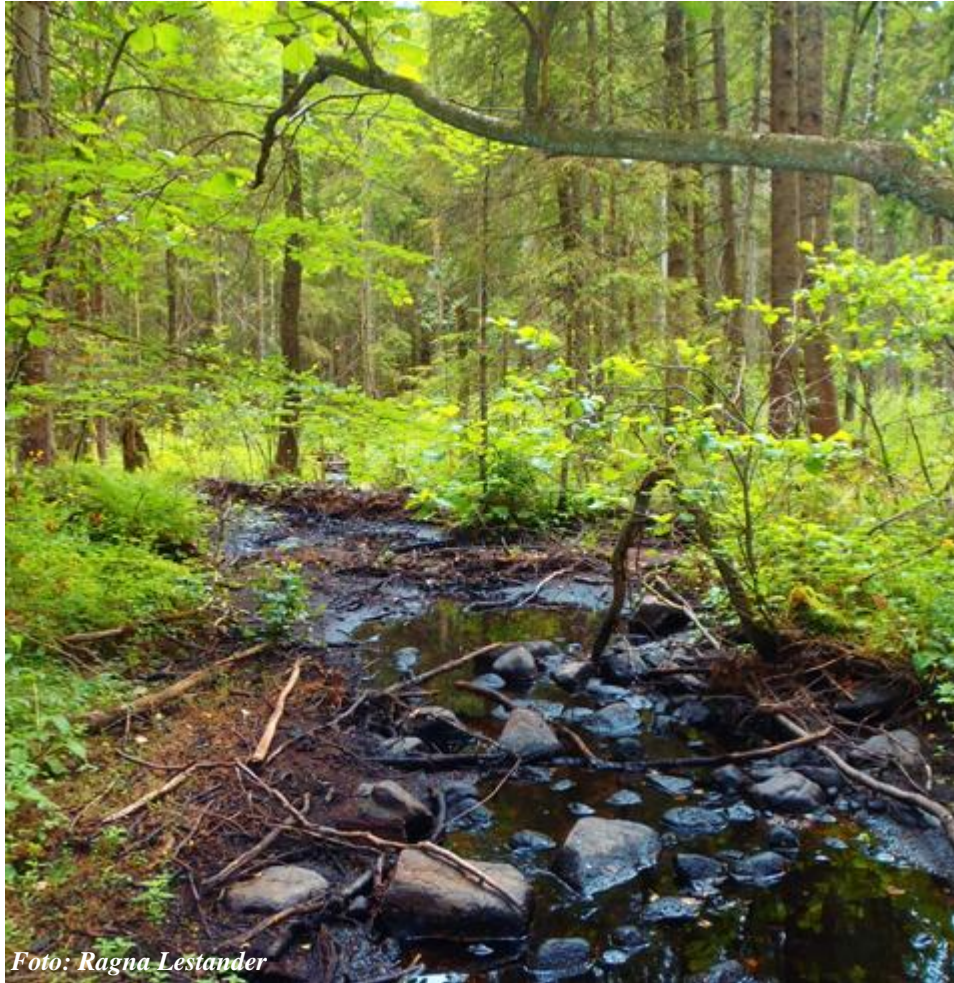


Foto: Ragna Lestander

Figur 10. Skyddsvärd vattenmiljö med höga naturvärden och känslig mark för skogsbruk. Inget skogsbruk bör därför utföras i närheten av vattenmiljön. Bäckens bedömdes vara mänskligt försurad enligt både NPK+-protokollet och vattendirektivets försurningsstatus. För att förbättra förutsättningen för vattenlevande organismer skulle kalkning kunna utföras som särskild åtgärd (VS).

Vad gäller övergödning påträffades inga samband mellan ”Ingen omfattande övergödning” och övergödningens status (Appendix 6). Enligt bedömningen av övergödning i NPK+-protokollet, med utgångspunkt från VISS vattenkarta och uppskattning av övergödning i fält, var 22 respektive 20 vattendrag övergödda i region Västsvetrike och Dalarna. Enligt vattendirektivets statusklassificering ansågs 13 vattendrag i region Västsvetrike och 8 vattendrag i region Dalarna inte klara målet om god övergödningens status. Vid jämförelse bedömningarna emellan var det endast två vattendrag i region Västsvetrike som bedömts på ett likartat sätt. Detta visar att bedömning av övergödning med NPK+-protokollet inte kan säkerställa övergödningens status när data från båda regionerna användes.

Emellertid konstaterades att totalsumman för ”NPK+” och av ”Naturvärde” samvarierade med högre statusklasser gällande övergödning ($r_s=0,15$ respektive $r_s=0,19$, $p<0.05$; Appendix 6). Ett vattendrag som bedömts innehålla högre naturvärden eller en hög NPK+-poäng var mindre påverkade av mänsklig övergödning. Blå målklass visade inga samband med statusklasser avseende försurning och övergödning (Appendix 6).

I övrigt noterades parametrarna ”Blöt kantzon” och ”Känslighet” uppvisa negativa signifikanta samband med total status ($r_s=-0,17$ respektive $r_s=-0,16$, $p<0.05$, Appendix 6). Således var källvattendrag som omgavs av en fuktig kantzon och bedömdes vara känsliga för skogsbruk, mer påverkade av mänskligt orsakad försurning och övergödning.

3.5.2 Västsverige och Dalarna

Få signifikanta samband kunde urskiljas mellan NPK+-protokollet och Blå målklassning och vattendirektivets ytvattenstatus med avseende på försurning, övergödning och total status inom respektive region (Appendix 6). I region Västsverige saknades signifikanta samband mellan ”Ingen omfattande försurning” och försurningsstatus och mellan ”Ingen omfattande övergödning” och övergödningensstatus. Inga samband kunde heller noteras mellan Blå målklass och försurnings- respektive övergödningensstatus eller total status. Däremot förekom ett negativt samband mellan ”Klart vatten” och försurningsstatus samt mellan ”Klart vatten” och total status ($r_s=-0,25$ respektive $r_s=-0,29$, $p<0.05$, Appendix 6). Detta negativa samband innebär att ett klarare vatten är mer försurat och har sämre total status än färgat eller grumlat vatten i region Västsverige.

I region Dalarna noterades inga förväntade samband (se Tabell 2) vare sig mellan förekomst av ”Ingen omfattande försurning” och försurningsstatus eller mellan förekomst av ”Ingen omfattande övergödning” och övergödningensstatus. Blå målklass och totalsumman för ”Känslighet” noterades samvariera på ett negativt sett med total statusklass ($r_s=-0,23$ respektive $r_s=-0,23$, $p<0.05$, Appendix 6). Således hade vattendrag som tillgavs en målklass med högre skyddsvärde eller omgavs av känsliga kantzoner en lägre total status, dvs. var mer påverkade av mänsklig försurning och övergödning.

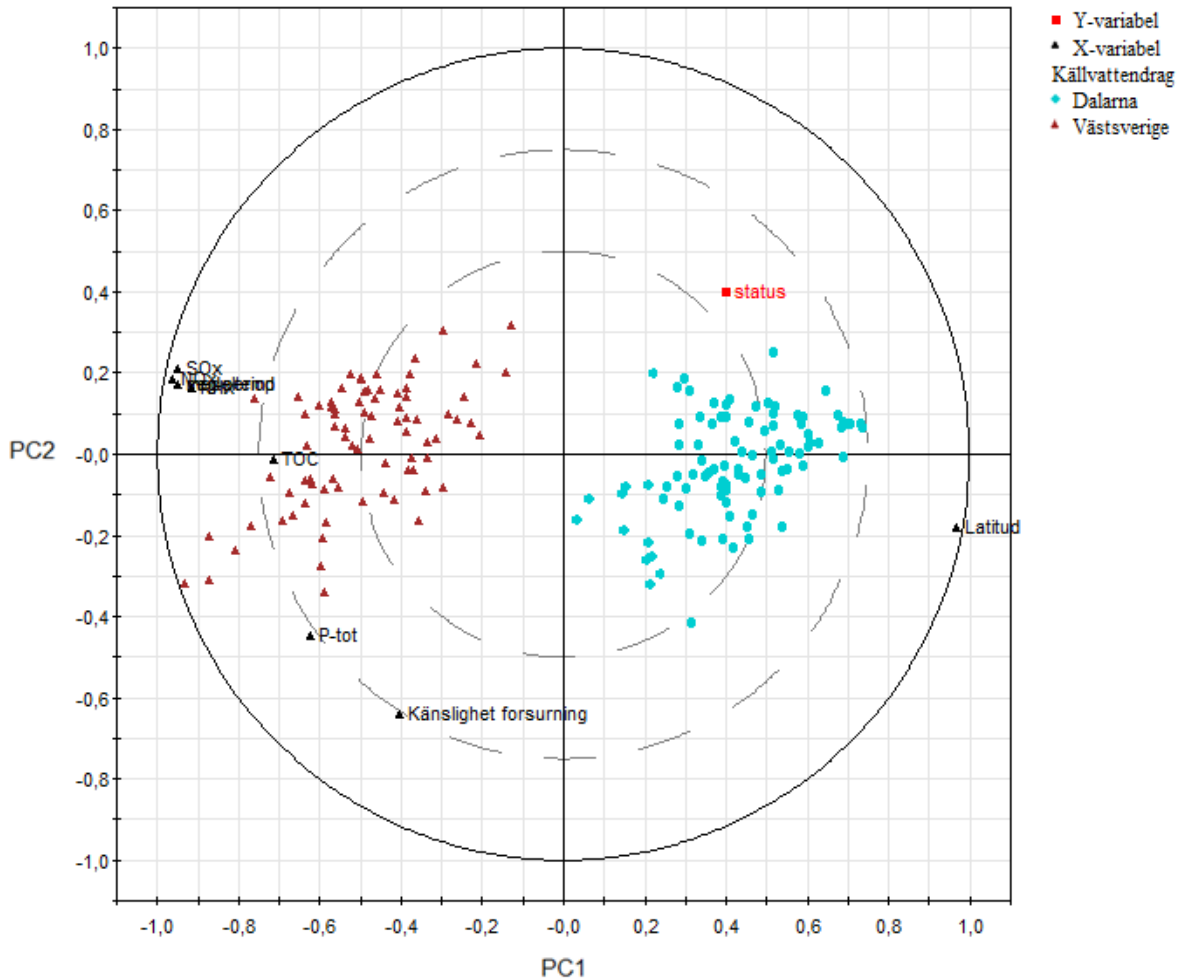
3.6 Förklaringsmodeller ytvattenstatus

PLS-modellerna som användes för att prediktera ytvattenstatus (**Y**) utifrån NPK+-protokollet och Blå målklassning (**X**) var osäkra vid analys av både regionsvisa och kombinerade data med förklaringsgrad $Q^2(cum)<0,14$ (Tabell 4). Slutsatser från dessa modeller bör därför användas med stor försiktighet. Vid modellering av hela datasetet för att prediktera total status ($R^2X(cum)=0,40$, $R^2Y(cum)=0,10$, $Q^2(cum)=0,06$) var de viktigaste variablerna i VIP-plot förekomst av ”Ström- eller forssträcka”, ”Ingen omfattande försurning”, ”Blöt kantzon” samt hög totalsumma för ”Känslighet” för skogsbruk. De två sistnämnda variablerna samverkade negativt med total status.

Tabell 4. PLS-modeller på regionala och kombinerade data som förklarar ytvattenstatus (Y) med avseende på försurning, övergödning samt total status från verktygen NPK+ och Blå målklassning (X) eller landskapsvariabler och vattenkemi (X). Modellen beskriver antal komponenter (A), antal observationer (N), kumulativ fraktion av X som beskrivs av komponenterna (R^2X (cum)), kumulativ fraktion av Y som beskrivs av komponenterna (R^2Y (cum)) samt kumulativ förmåga att prediktera Y med modellen (Q^2 (cum)).

Status (Y)	X-variabler och modell	A	N	R^2X (cum)	R^2Y (cum)	Q^2 (cum)
	<i>NPK+ och Blå målklassning</i>					
Försurning	Västsverige	1	80	0,29	0,15	0,11
	Dalarna	1	93	0,34	0,09	0,04
	Kombinerat	2	173	0,53	0,15	0,10
Övergödning	Västsverige	1	80	0,24	0,24	0,17
	Dalarna	1	93	0,25	0,12	0,09
	Kombinerat	1	173	0,42	0,02	0,02
Total Status	Västsverige	1	80	0,30	0,19	0,14
	Dalarna	1	93	0,35	0,07	0,03
	Kombinerat	1	173	0,40	0,10	0,06
	<i>Landskapsvariabler och kemi</i>					
Försurning	Västsverige	1	80	0,24	0,34	0,27
	Dalarna	1	93	0,22	0,19	0,14
	Kombinerat	2	173	0,73	0,34	0,31
Övergödning	Västsverige	3	80	0,95	0,74	0,71
	Dalarna	4	93	0,91	0,81	0,76
	Kombinerat	4	173	0,90	0,76	0,74
Total Status	Västsverige	1	80	0,18	0,31	0,22
	Dalarna	2	93	0,74	0,31	0,22
	Kombinerat	3	173	0,89	0,39	0,31

Med landskapsvariabler och vattenkemiska variabler kunde ytvattenstatus (Y) predikteras bättre i samtliga fall. Störst skillnad noterades vid förklaring av övergödningstatus där alla modeller hade en förklaringsgrad på Q^2 (cum) $>0,70$ (Tabell 6). Den viktigaste variabeln för att förklara övergödningstatus var mängden P-tot både inom respektive region och med kombinerade data. För att förklara försurningstatus på kombinerade data utgjordes viktiga variabler i modellen av vegetationsperiodens längd, markens känslighet för försurning, TOC, absorbans och pH. En kombination av dessa variabler beskrev sedan total status (R^2X (cum)=0,89, R^2Y (cum)=0,39, Q^2 (cum)=0,31) där den största spridningen i data förklarades av en nord-sydlig gradient följt av mängd P-tot och försurningskänslighet (Figur 11). Modellen indikerar att vattendrag med en sämre total status antingen var belägna längre söderut med högre deposition av sulfat och kväve, uppmätte högre halt P-tot eller innehöll en stor andel försurningskänslig mark i avrinningsområdet.



Figur 11. PLS loading plot med score plot överlagrad i en biplot. Figuren visar hur total status (Status, röd kvadrat) relaterar till uppmätta kemiska variabler och landskapsvariabler. Axlarna skiljer vattendragen i Dalarna (blå cirklar) och Västsverige (bruna trekanter) från varandra. Störst inverkan på axlarna har de variabler som ligger längst från centrum. Intelligande observationer och variabler samvarierar medan observationer och variabler på motsatt sida diagrammet har en negativ korrelation. Nordliga källvattendrag med en låg halt P-tot och med en låg känslighet för försurning hade högre total status. R^2X (cum)=0,89, R^2Y (cum)=0,39, Q^2 (cum)=0,31. Cirkeln demonstrerar Hotelling's T^2 där observationer inom cirkeln ligger inom 95 % konfidensintervall.

4. DISKUSSION

Intresset för vattenfrågor har ökat efter införandet av vattendirektivet och inneburit att hänsynstagande till vatten inom skogsbruket fått större fokus. Syftet med studien var att utvärdera vattenplaneringsverktygen NPK+ och Blå målklassning med avseende på vattenkvalitet och vattenkemi. För ändamålet inventerades och analyserades 173 källvattendrag i Dalarna och Västsverige. NPK+ och Blå målklassning är framtagna med syftet att öka förutsättningarna för biologisk mångfald i vattenmiljöer genom att primärt bedöma synliga strukturer och samband med vattenkemi är därför inte att förvänta. Resultaten pekar på att vattenkemiskt tillstånd och ytvattenstatus ändå kan fångas upp av NPK+-protokollet när data från båda regionerna användes och i vissa fall inom respektive region. Vid den subjektiva konverteringen till Blå målklass är sambanden med vattenkvalitet dock svåra att upprätthålla. Vidare är mänskligt orsakad försurning och övergödning svåra att fastställa i mindre skogs bäckar med hjälp av den information som idag finns tillgänglig för skogsägare. Det föreligger också svårigheter i att prediktera ytvattenstatus i källvattendrag utifrån verktygen, som i högre grad påverkas av avrinningsområdets karaktär.

4.1 Fördelning av Blå målklasser och regionala skillnader

Fördelningen av Blå målklasser i undersökta vattendrag (Figur 5) liknade den som konstaterats i tidigare studier där vattendrag i Blekinge och Västerbotten inventerats med hjälp av NPK+ och Blå målklassning (Ingemarsson, 2012; Nordin, 2012). Flest vattendrag återfanns inom målklasserna med generell hänsyn (VG) och förstärkt hänsyn (VF) samt en mindre andel inom klassen som bör lämnas orörd (VO) (Figur 5). Indelningen kan liknas vid en preliminär bedömning gällande påverkansgrad av svenska vattendrag som gjorts, där ca 70 % bedömts som kulturvatten (tydligt påverkade av människan), 25 % som naturvatten (obetydligt påverkade) och endast ca 5 % som urvatten (opåverkade av människan) (Bergman, et al., 2006). Att det föreligger skillnader i andel vattendrag med ambition om särskilda åtgärder (VS) är logiskt med tanke på varierande historik och mänsklig påverkan regioner emellan. I Västsverige har marken under längre tid varit brukad och regionen är också mer tätbefolkad än Dalarna, vilket med största sannolikhet är orsaken bakom en större andel vattendrag inom målkategorin VS i Västsverige. Regionala skillnader mellan totalsumman för ”Påverkan” noterades också vid bedömningen med NPK+-protokollet, där Västsverige bedömdes vara mer mänskligt påverkat.

Konverteringen till Blå målklass från NPK+-protokollet baseras på bedömningen av vattenmiljöns naturvärden, (avsaknad av) påverkan, känslighet och plusvärden. Denna studie visade att totalsumman för de olika delbedömningarna (NPK+) är svår att rakt översättas till en målklass. Istället är det inbördes poängsättning mellan dem och intryck som avgör den subjektiva klassificeringen. Emellertid existerade ett positivt signifikant samband mellan totalsumman för ”NPK+” och Blå målklass (endast VG, VF och VO), vilket betyder att högre naturvärden, (avsaknad av) påverkan, känslighet och plusvärden ligger till grund för en målklass med högre skyddsvärde. Liknande samband observerades också i studier av Thorstensson (2012) och Ingemarsson (2012) men testades aldrig statistiskt. Den subjektiva

indelningen i målklasser kan skilja sig mellan inventerare och klassindelningen utgör därför ett stort osäkerhetsmoment. Kalibrering inventerare emellan anses nödvändig för att minimera olikheter i bedömningen, något som också påpekades av Ingemarsson (2012). I denna studie har alla vattendrag bedömts av samma inventerare, vilket är en stor fördel vad gäller klassindelning och analys.

4.2 Verktygens förmåga att bedöma vattenkemiskt tillstånd

Verktögen NPK+ och Blå målklassning utgår, i första hand, utifrån synliga strukturer och egenskaper i och runt vattendraget. I sin enkelhet står de i kontrast mot mer avancerade naturvärdesbedömningar av sjöar och vattendrag (ex. System Aqua och vattendirektivet). Det är därför positivt att NPK+ och Blå målklassning kan fånga in vattenkemiska skillnader genom att endast inventera en kort sträcka av källvattendragen (Appendix 4 och 6). Med data från båda regionerna var det många samband som kunde påvisas mellan testad parameter i NPK+-protokollet och vattenkemiskt tillstånd medan endast enstaka samband kunde visas inom respektive region. Resultaten för de olika parametrarnas förmåga att bedöma vattenkemiskt tillstånd sammanfattas i Tabell 5.

Tabell 5. Tabellen visar om undersökt parameter i NPK+-protokollet eller Blå målklass är relevant för att bedöma vattenkemiskt tillstånd inom respektive region och med kombinerade data. Delvis innebär i detta fall att enstaka samband mellan parametern och vattenkemiskt tillstånd existerade.

Parameter	Västsvrige	Dalarna	Kombinerade data
Ingen igenslamning	Nej	Nej	Ja
Klart vatten	Ja	Ja	Ja
Ingen omfattande förurning	Nej	Nej	Ja
Ingen omfattande övergödning	Nej	Nej	Nej
Påverkan - vattenkvalitet	Nej	Nej	Ja
Påverkan	Delvis	Delvis	Ja
NPK+	Delvis	Delvis	Ja
Blå målklass	Nej	Delvis	Delvis
Erosionsbenägna jordarter	Nej	Delvis	Delvis
Blöt kantzon	Nej	Nej	Delvis
Känslighet	Nej	Nej	Nej
Naturvärde	Delvis	Delvis	Ja

Av de testade parametrarna visade ”Klart vatten” samt totalsummorna för ”Påverkan” och ”NPK+” flest samband med halter av uppmätta kemiska variabler inom respektive region och med kombinerade data. Dessa parametrar kunde påvisa många av de samband som förväntades (Tabell 2) mellan parametern i NPK+-protokollet och vattenkemiskt tillstånd och anses därmed relevanta för att bedöma vattenkemiskt tillstånd. Utöver de testade parametrarna skulle också parametern ”Erosionsbenägna jordarter” och totalsumman för ”Naturvärde” kunna vara av intresse för att bedöma vattenkvalitet (Appendix 4).

Parametern ”Ingen igenslamning” visade i denna studie endast på skillnader i det kombinerade datasetet (Appendix 4). Mest sannolikt baseras sambandet på att fler vattendrag bedömdes vara igenslammade i region Västsverige samt att högre slamhalt uppmättes i regionen (Appendix 3). Igenslamning av botten är en viktig parameter eftersom finpartikulärt material sätter igen hålrum i bottenstratum och försämrar levnadsförhållanden för vattenlevande organismer, exempelvis är laxfiskar beroende av grusiga botten som inte påverkas av igenslamning för sin lek och reproduktion (Österling, u.å.). Det är däremot svårt att bedöma den mängd finpartikulärt material som ansamlats på grus och sandbotten. En ökning av mängden suspenderat material har påvisats som ett resultat av olika skogsbruksåtgärder, med en tydlig topp under de första två åren (Ahtiainen & Huttunen, 1999; Löfgren, et al., 2009a). I en svensk studie som bl.a. undersökte den vattenkemiska effekten av dikesrensning noterades slamhalten öka avsevärt direkt efter åtgärd men sjönk sedan snabbt ner till normala nivåer igen. I vissa fall klarnade vattnet redan efter två månader, trots att slamlagret på botten låg kvar under längre tid (Hansen, et al., 2013). I en annan studie har högflöden visat sig kunna resultera i högre nivåer av uppmätt slamhalt (Hopmans & Leon, 2007). Det finns därför en risk att tiden emellan och olika förhållanden under vattenprovtagning (2009-2011) och bedömningen i fält (2013) kan ha påverkat utfallet mellan ”Ingen igenslamning” och slamhalt. Andra orsaker som kan ha påverkat bedömningen är åtgärder som utförts mellan vattenprovtagningen och fältbedömning och som orsakat slamtransport uppströms (Figur 12). Vidare har mängden suspenderat material visat sig svårsmätbar med stor risk för underskattning, varför visuella intryck som indikator istället föreslagits (Hansen, et al., 2013).

De vattendrag som bedömdes vara försurade visade inget samband med pH inom respektive region. Parametern ”Ingen omfattande försurning” utgår från mänskligt förorsakad försurning och inkluderar inte vatten som försurats av naturliga orsaker. Då låga pH kan förekomma naturligt finns alltså inget direkt samband mellan låga pH och mänskligt försurade vattendrag. Naturlig försurning kan exempelvis förekomma i samband med vårfloder (Laudon, et al., 2000).

Parametern ”Ingen omfattande övergödning” kunde inte påvisa högre halter av kväve eller fosfor. Dock är den tillväxt som förväntas vid ökad tillförsel av fosfor också beroende av andra faktorer, såsom exempelvis ljusstillgång (Hill, et al., 2009), temperatur, strömhastighet och betetryck från djur (Ring, et al., 2008a) vilket gör att bedömningen blir mer komplicerad. Som ett resultat visade källvattendrag i gruppen ”Ingen omfattande övergödning” på högre totalfosforhalt än de som bedömts som övergödda i Dalarna (Appendix 4). Detta anses vara ett slumpartat samband med anledning av de komplicerade förhållanden som råder för att bedöma övergödning utifrån okulär besiktning. Exempelvis kan beskuggning ha hindrat produktionen av alger och annan vegetation vid bedömningen, trots att fosforhalterna var höga.

Blå målklass visade få samband med vattenkemiskt tillstånd både inom respektive region och med kombinerade data. Detta var förväntat med tanke på att indelningen sker subjektivt och endast utgår från enkelt mätbara strukturer och egenskaper bedömda enligt NPK+-protokollet.



Figur 12. Exempel på en botten som bedömdes som igenslammad i fält och som orsakats av en avverkning och körskada över vattendraget längre uppströms. Uppmätt slamhalt visade inga tecken på förhöjda halter (medelvärde 0,6 mg/l.). Avverkningen kan ha påverkat slamhalten mellan vattenprovtagning och bedömning i fält. Detta vattendrag hade krävt förstärkt hänsyn (VF) vid utförandet av skogsbruksåtgärder.

Trots att endast enstaka samband kunde påvisas mellan NPK+-protokollet och vattenkemi inom respektive region i denna studie har tidigare studier visat på skillnader inom enskilda regioner. I Blekinge påvisades positiva korrelationer mellan Blå målklass och antal fiskarter, vilket kan användas som ett index för vattenkvalitet (Ingemarsson, 2012). Samma samband hittades i Västerbotten vid en inventering av 55 vattendrag, liksom ett positivt samband mellan totalsumman av NPK+ och antalet fiskarter (Nordin, 2012).

4.3 Vad förklarar vattenkemiskt tillstånd?

Det är väl känt att vattenkvaliteten och vattenkemin är ett resultat av hela avrinningsområdets karaktär (Hynes, 1975) och att vattnets kemiska egenskaper varierar med geologi, klimat och markanvändning (Dillon & Molot, 1997; Cooke & Prepas, 1998; Mattsson, et al., 2003; Laudon, et al., 2004; Löfgren, et al., opublicerat manuskript). Alla vattenkemiska variabler utom pH uppmätte högre värden i Västsverige (Appendix 3) vilket verifieras av den nord-sydliga gradienten i PCA-modellen (PC1 i Figur 7). De regionala skillnaderna i vattenkemi bekräftas även av Löfgren et al. (opublicerat manuskript) och de förklarades främst av skillnader i klimat (temperatur och nederbörd) och kvävedeposition. Liknande faktorer (temperatursumma, nederbörd och avrinning) förklarade den största vattenkemiska

variationen av TOC, P-tot och N-tot i en finsk studie där vattenkemin i 21 opåverkade källvattendrag analyserades (Mattsson, et al., 2003). Högre koncentrationer TOC, P-tot och N-tot präglade vattenkemin i södra Finland och beskrevs återspegla effekterna av högre tillförsel organiskt material och nedbrytning (Mattsson, et al., 2003). Den stora variationen i vattenkemi mellan regionerna fångades också in av många parametrar i NPK+-protokollet med högre totalsumma för "Naturvärden", "Påverkan" och "NPK+" i region Dalarna vilket föranledde många av sambanden som noterades med kombinerade data (Figur 7; Appendix 4).

Den andra gradienten i Figur 7 indikerade främst vattenkemiska olikheter mellan andel skogsmark och våtmark inom avrinningsområdet. Andel skogs- och våtmark fångades in av totalsumman för "Naturvärde" och totalsumman för "Känslighet" i NPK+-protokollet. En högre andel våtmark i avrinningsområdet ökar exporten av TOC och DOC till ytvatten i jämförelse med den från hög andel skogsmark (Dillon & Molot, 1997; Laudon, et al., 2004; Temnerud & Bishop, 2005). DOC är viktig för näringskedjan i skogsvattendrag men kan i stora mängder innebära en förödande förändring i pH för försurningskänsliga organismer (Laudon & Buffam, 2008). DOC kan också öka transporten av organiskt bundna näringsämnen (Dillon & Molot, 1997) och kvicksilver (Kolka, et al., 1999) till ytvattnet och påverkar dessutom lösligheten av oorganiskt aluminium (Cory, et al., 2006), vilka alla kan påverka vattenlevande organismer negativt. Områden med mycket myrmark kan därför vara känsliga för hydrologiska förändringar orsakade av exempelvis skogsavverkning, som främjar exporten av DOC från mark till vatten och andra organiskt bundna ämnen.

Resultaten från denna studie pekar på att vatten omgivna av marker med erosionsbenägna jordarter och blöta kantzoner innehåller högre absorbans och högre halt TOC samt även högre halter av P-tot och N-tot (Appendix 4). Det föreligger en ökad risk att fosfor och kväve transporteras ut i vattnet när marken runt vattendraget är blöt och erosionskänslig. I parametern "Erosionsbenägna jordarter" ingår både finkorniga jordarter och torvmark (Bleckert, et al., 2010), varför P-tot kan vara både organiskt eller partikulärt bunden. Emellertid konstaterades näringsämnena i denna studie vara mestadels organiskt bundna då P-tot och N-tot uppvisade en stark koppling till TOC och absorbans (Appendix 2). Andra studier i Skandinavien har också noterat att näringsämnena i vattendrag till störst del varit organiskt bundna (Mattsson, et al., 2003; Kortelainen et al., 2006). Kortelainen et al. (2006) fann ett positivt samband mellan flacka skogsavrinningsområden, andel torvmark, mäktigare kolförråd i marken och grad av vattenmättnad i marken. Dessutom var flackare avrinningsområden positivt korrelerat till koncentration och export av P-tot, N-tot, organiskt bundet kväve och TOC i vattnet (Kortelainen et al., 2006).

Enligt detta resonemang skulle topografin och kolförrådet i avrinningsområdet kunna ligga till grund för de skillnader som noterades mellan andelen skogsmark och våtmark i avrinningsområdet. Det skulle också förklara de samband som noterades mellan totalsumman av "Naturvärde" och vattenkemi samt mellan "Erosionsbenägna jordarter", "Blöt kantzon" och vattenkemi. Känsligheten för skogsbruk ökar med vattenmättnad och andelen fina fraktioner eller torv i marken runt vattendraget vilket föranleds av en lägre lutning i avrinningsområdet. Ett högre kolförråd i avrinningsområdet skulle vid hydrologiska

förändringar kunna öka transporten av TOC till vattendraget och också organiskt bundna näringsämnen.

Vissa av de naturvärden som anges i NPK+-protokollet (blockighet, ström- eller forssträcka, naturligt vattenfall) kan härledas till morän- och skogsmark (Figur 7) med brantare lutning och därmed mindre kolförråd i avrinningsområdet. Detta skulle kunna förklara sambandet mellan en hög totalsumma för "Naturvärde" och lägre koncentrationer av TOC och näringsämnen i vattnet, vilket är mest tydligt i region Västsverige (Appendix 4). Extra hänsyn bör därför tas till blöta kantzoner och erosionsbenägna jordarter för att inte påverka tillförseln av organiskt bunden kväve och fosfor vid utförandet av skogsbruksåtgärder. Detta överensstämmer också med de rekommendationer som idag finns gällande skogsbruk där åtgärder såsom avverkning, markberedning och körning med tunga maskiner bör undvikas eller begränsas i nära anslutning till ytvatten och blöta områden (Henrikson, 2007; Ring, et al., 2008b; Bishop, et al., 2009).

Inom respektive region är variationen i vattenkemi och avrinningsområdenas karaktär förmodligen för liten i många fall för att kunna ge utslag vid den parvisa korrelationen vilket troligtvis är anledningen till att färre samband påträffades mellan verktygen och vattenkemiskt tillstånd än med kombinerade data. PCA-modellerna från de båda regionerna (Appendix 5) visar inte heller lika tydliga skillnader i klimatgradienter och vegetationstyper som modellen med kombinerade data gör (Figur 7).

4.4 Verktygens förmåga att bedöma ytvattenstatus

Få samband noterades mellan testade parametrar i NPK+-protokollet och ytvattenstatus både inom respektive region och med kombinerade data (Appendix 6). Resultaten från verktygens förmåga att bedöma ytvattenstatus sammanfattas i Tabell 6.

Tabell 6. Tabellen visar om undersökta parameter i NPK+-protokollet eller Blå målklass är relevant för att bedöma ytvattenstatus inom respektive region och med kombinerade data. Delvis innebär i detta fall att enstaka samband mellan parametern och ytvattenstatus existerade.

Parameter	Västsverige	Dalarna	Kombinerade data
Ingen omfattande försurning	Nej	Nej	Ja
Ingen omfattande övergödning	Nej	Nej	Nej
Påverkan - vattenkvalitet	Delvis	Nej	Nej
Påverkan	Nej	Nej	Nej
NPK+	Delvis	Nej	Delvis
Blå målklass	Nej	Delvis	Nej
Klart vatten	Delvis	Delvis	Nej
Blöt kantzon	Nej	Nej	Delvis
Känslighet	Nej	Delvis	Delvis
Naturvärde	Delvis	Nej	Delvis

Parametern ”Ingen omfattande försurning” fångade in försurningsstatus när data från båda regionerna användes. Antropogen försurning är också större i den sydvästra regionen pga. högre deposition av luftföroreningar (Naturvårdsverket, 2007b) vilket kan förklara sambandet. På regional skala däremot är det svårt att särskilja antropogent och naturligt försurade källvattendrag. Det föreligger också en stor osäkerhetsfaktor vid klassificering av försurningsstatus med MAGIC_{biblioteket} när källvattendrag i många fall matchades mot sjöar belägna på andra geografiska platser och med omsättningstider över 0,5 år (Figur 9). Därtill har det tidigare nämnts att MAGIC_{biblioteket} kan behöva kompletteras med modelleringar av underrepresenterade vattentyper och regioner (Naturvårdsverket, 2007b), vilket även bekräftas av denna studie.

Inget samband kunde påvisas mellan ”Ingen omfattande övergödning” och övergödningensstatus varken på regional nivå eller över hela datasetet (Appendix 6). Resultaten pekar på att övergödning är svårt att fastställa med hjälp av NPK+-protokollet. Haglund et al. (2010) utvärderade de biologiska kvalitetsfaktorerna (växtplankton, högre vattenväxter, bottenfauna och fisk) för att se hur väl dessa fungerade vid klassificering av sjöar i Dalälvens avrinningsområde. Det framkom att ett klart samband existerade mellan algers totala biomassa och fosforhalten i sjöar, varför algproduktion skulle kunna indikera övergödning. Däremot ansågs högre vattenväxter inte kunna ge en sanningsenlig bild av övergödningensstatus. Exempelvis tilldelades en måttlig övergödningensstatus utifrån bedömning med högre vattenväxter till både en klarvattensjö som uppmätte låga halter P-tot och de två sjöar som ansågs vara mest övergödda. Vidare nämndes att för exv. bladvass som förekommer likväl i näringsrika som i näringsfattiga sjöar är mängden och inte förekomsten av arten avgörande för att indikera näringshalt (Haglund, et al., 2010). Bedömningen av övergödning kan därmed ha överskattats vid fältinventeringen med NPK+-protokollet, trots att protokollet efterfrågar stora mängder vegetation vid bedömningen. En annan orsak till uteblivna samband kan vara primärproduktionen orsakats av naturligt förekommande fosforhalter. Eftersom vattendirektivets övergödningensstatus endast tar hänsyn till mänskligt orsakad övergödning kan uppskattningen i fält och övergödningensstatus bedömt övergödningen annorlunda (Figur 13).

Jämförelsen mellan bedömningen med NPK+-protokollet och försurnings- och övergödningensstatus (Appendix 6) belyser svårigheten för en skogsägare att klassificera försurning och övergödning inom de undersökta regionerna på ett tillförlitligt sätt utan vattenkemisk provtagning eller tillgång till bra underlag. De uteblivna sambanden indikerar att metoder för att bättre kunna klassificera försurning och övergödning i mindre vattendrag behövs men kan också tyda på osäkerheter vid bedömningen med NPK+-protokollet.

Vattendirektivets mål om god status är särskilt svårt att bedöma för mindre skogsvattendrag. Anledningarna är sämre tillgång på data och felklassificeringar pga. osäkerheter kring uträknat värde för respektive faktor som fastställer statusklass (Löfgren, et al., 2009b). Vattendirektivet rekommenderar därför att data från många år används och att precisionen för värdet på kvalitetsfaktorn som fastställer slutlig statusklass testas statistiskt (Naturvårdsverket, 2007c). I denna studie fanns fyra vattenprovtagningar från olika säsonger att tillgå, vilka visade på stora säsongsvariationer (Löfgren, et al., opublicerat manuskript).

Detta kan ha påverkat resultaten inom respektive region men anses vara av mindre betydelse när data från båda regionerna användes då stickprovet var stort. Ingen statistisk analys genomfördes för att undersöka precisionen och vattendrag kan, i de fall värdet legat nära gränsen mellan två statusklasser, ha ”felklassats”. Expertbedömningar anses vara nödvändiga i många fall för att säkerställa rätt status (Löfgren, et al., 2009b) men är inget som har utförts i denna studie.



Figur 13. Källvattendraget bedömdes som övergött i fält pga. förekomsten av bladvass men ingen mänsklig övergödning kunde ses vid vattendirektivets statusklassificering. Medelvärde av uppmätt fosforhalt från vattenprovtagningarna var $9,5 \mu\text{g}$ medan uträknat referensvärde uppmätte $12,0 \mu\text{g}$.

4.5 Vad förklarar ytvattenstatus?

Modellerna för att prediktera ytvattenstatus i källvattendragen visar att statusklassen förklaras mer av olika bakgrunder i klimat och luftföroreningar regionerna emellan än av de parametrar som bedömdes i NPK+-protokollet (Tabell 4). Resultatet är inte oväntat med tanke på att endast 1-4,5 % av avrinningsområdet inventerades vid fältinventeringen och att NPK+-protokollet och Blå målklasser inte tar hänsyn till deposition, klimat och annan avrinningsområdesdata.

De variabler som inverkar mest på övergödningstillståndet i PLS modellerna var inte helt överraskande halten P-tot, både inom respektive region och med kombinerade data, och latitud (Figur 11). En högre mängd P-tot resulterade i sämre övergödningstillståndet och halten P-tot var också högre i Västsverige jämfört med i Dalarna (Appendix 3). I en studie av Löfgren et al. (2012) modellerades P-tot förluster från skog, myr och fjäll på samma dataset som användes i denna studie. Modellerna visade att mängden P-tot relaterade till skogstillståndet i avrinningsområdet och förklarades av tillväxten och andelen våtmark i avrinningsområdet. Sambandet mellan P-tot och tillväxt menades bero på de stora klimat-gradienterna som fanns mellan regionerna, men noterades också när data enbart från region Dalarna analyserades. Andelen hyggen visade sig också i vissa av modellerna ha en positiv inverkan på mängden uppmätt fosfor, vilket har påvisats i praktiken i flertalet studier (Ahtiainen, 1992; Ahtiainen & Huttunen, 1999; Löfgren, et al., 2009a). Vidare var tillståndet i hela avrinningsområdet av större vikt än buffertzonen för att förklara fosformängden i vattnet (Löfgren, et al., 2012).

Tillväxten av bottenlevande mikroalger har visat sig öka med högre koncentrationer av fosfor (Hill, et al., 2009). Däremot kan algutväxten lindras vid höga fosforhalter om ljusstillgången minskar. En besvärande kantzon längs vattendrag har rekommenderats som åtgärd för att begränsa algproduktionen vid höga koncentrationer av fosfor (Hill, et al., 2009). Detta innebär att i avrinningsområden med hög andel våtmark och/eller andel hyggen, vilka pekar på höga uppmätta koncentrationer av P-tot i vattnet, är besvärande kantzoner av större betydelse. Extra hänsyn bör tas främst i region Västsverige där uppmätta halter av fosfor är högre än i Dalarna (Figur 14) och också till de kantzoner som bedömdes vara blöta eller erosionsbenägna enligt NPK+-protokollet (Appendix 3 och 4).

Variablerna som inverkar mest på försurningsstatus var markens känslighet för försurning (Figur 11). Marker som anses mindre försurningskänsliga har antingen ett högt pH och mer basjoner eller ett lågt pH och högre halter DOC (vilken ofta kan likställas med TOC i mindre vattendrag). Båda dessa marker har bättre buffringkapacitet mot försurning och påverkas därför inte i lika hög grad vid tillförsel av vätejoner (H^+) medan marker med ett intermediärt pH och med låg buffringkapacitet är mer försurningskänsliga (Ågren, et al., 2010). Tidigare forskning har analyserat försurningskänsligheten i fyra olika regioner i Sverige: Västerbotten, Bergslagen, Småländska höglandet samt Västkusten. Resultatet pekade på att mängden TOC i vattnet har olika egenskaper i olika områden. På Västkusten och i Bergslagen fungerar TOC som en bas och buffrar mot försurning medan TOC har en försurande effekt i Västerbotten och på Småländska höglandet (Ågren & Löfgren, 2012). Mängden TOC kan beroende på område därför ha en buffrande förmåga mot försurning. I region Västsverige noterades ett negativt samband mellan ”Klart vatten” och försurningsstatus. Anledningen kan bero på att ett klart vatten med en lägre mängd TOC således har sämre buffringkapacitet och därmed en lägre status i Västsverige. Sambandet kan även bero på att försurning påverkar utfällningen av humusämnen och göra vattnet klarare när det blir för surt (Yan, et al., 1996).



Foto: Ragna Lestander

Figur 14. Ett källvattendrag i region Västsverige som med NPK+-protokollet bedömts som övergött och som enligt vattendirektivets klassificering tilldelades en måttlig statusklass med avseende på mänsklig övergödning. Medelvärdet från vattenprovtagningarna uppmätte en fosforhalt på 28,5 μg och referensvärdet uppmätte 14,0 μg . I detta fall skulle en beskuggande kantzon kunna ha lindrat tillväxten.

4.6 Hur väl bidrar verktygen till vattendirektivets mål?

Vattendirektivets mål är att alla vatten inom EU ska erhålla en god kemisk och ekologisk status samt att ingen försämring får ske. I de undersökta källvattendragen försämrades den totala statusen med avseende på försurning och övergödning med ökade koncentrationer av P-tot i vattnet och högre andel försurningskänslig mark i avrinningsområdet (Figur 11). Total status var också sämre i region Västsverige, mest sannolikt beroende på högre deposition av sulfat- och kväveföreningar. Skogsbrukets skulle kunna bidra till vattendirektivets mål och motverka en försämring genom att öka hänsynen på marker som kan tillföra fosfor till vattendraget samt på försurningskänsliga marker där ett uttag av virke långsiktigt påverkar markens buffringsförmåga mot försurning.

Verktygen NPK+ och Blå målklassning visade samband mellan kantzoner som var blöta och erosionsbenägna och högre halter P-tot i vattnet (Appendix 4). På de ställen där kantzonen är känslig för skogsbruk skulle en ökad hänsyn vid utförandet av skogsbruksåtgärder kunna förhindra tillförsel av fosfor. Blöta kantzoner som bedömdes vara känsligare för skogsbruk visade också på sämre total status, främst i Dalarna och med kombinerade data (Appendix 6).

Detta är ytterligare ett argument varför extra hänsyn bör tas till känsliga kantzoner så att ytvattenstatusen inte försämras ytterligare. Dessutom skulle en ökad hänsyn i många fall innebära att en trädbevuxen kantzon lämnades på dessa ställen och begränsa ljusstillgången så att en eventuell alg tillväxt lindras.

Gällande mänsklig försurning saknar verktygen fortfarande förmåga att kunna identifiera försurningskänsliga marker och kan därför i mindre utsträckning motverka en försurningseffekt vid skogsbruk. Antropogen försurning skulle eventuellt kunna härledas av parametern ”Klart vatten” efter vidareutveckling av verktygen. Ett mer färgat vatten skulle då kunna indikera att vattendraget kan neutralisera tillförsel av vätejoner i vissa regioner medan det i andra regioner tyder på att vattnet är försurat. Modeller och verktyg håller på att utvecklas för att försurningskänsliga marker ska kunna identifieras på ett enkelt sätt (Ågren & Löfgren, 2012) där TOC spelar en viktig roll. Dock behövs mer forskning för att klargöra den funktion TOC har vid tillförsel av vätejoner i olika regioner innan slutsatser kan dras.

Verktygen NPK+ och Blå målklassning skulle förutom att motverka en försämring av ytvattenstatus också kunna bidra till vattendirektivets mål genom att skydda områden med liten mänsklig påverkan gällande övergödning och försurning. Totalsumman för ”Naturvärde” påvisade högre övergödningensstatus i region Västsverige men också med kombinerade data (Appendix 6) och skulle därför kunna användas för att påvisa miljöer med höga naturvärden som är mindre påverkade av övergödning.

Valet av Blå målklass observerades i denna studie vara mer styrt utifrån känsligheten runt vattendraget jämfört med dess naturvärden (stycke 3.1) och visar därmed på verktygets anpassning till skogsbruk där känsligheten är det viktigaste kriteriet. Marker som är känsliga för skogsbruket kan försämra vattenkvaliteten genom uttransport av slam, humus, näringsämnen samt tungmetaller och kräver därmed extra hänsyn. Även om vattenmiljön anses otjänlig för vattenlevande organismer kan hänsyn krävas för att inte försämra levnadsförhållanden i välbevarade vattenmiljöer längre nedströms. Suspenderat material utgör partiklar som kan transporteras nedströms ett vattendrag och innebära allvarliga konsekvenser för exempelvis bottenfauna (Hansen, et al., 2013) om inte hänsyn tas. Vattendrag med höga naturvärden är å andra sidan av stor vikt för att bevara den biologiska mångfalden och kan kräva extra hänsyn i form av beskuggning, tillförsel av död ved och substrat för att fungera ekologiskt. Frågan är vilka vattenmiljöer vi ska skydda? Ska vi satsa på att motverka försämringar av vattenkvaliteten där vi riskerar att förvärra situationen ytterligare eller ska vi skydda värdefulla vattenmiljöer som redan har en bra vattenkvalitet?

Vad som utgör ett skyddsvärt vatten är inte enhetligt definierat (Ring, et al., 2008a) och innebär att olika personer har skilda uppfattningar om uttrycket. Enligt Skogsvårdslagens allmänna råd (30 § SvL) bör skyddszoner runt vattendrag och blöta marker utformas med hänsyn till vattenkvalitet och växt- och djurliv. Detta sker utifrån mark- och vattenförhållanden runt vattenmiljön samt avseende arters känslighet och innefattar hänsyn i sådan utsträckning att beskuggning, näringsupptag och stabilisering av mark bibehålls (SKSFS 2012:5). För att rätt vattendrag ska skyddas och öka effektiviteten i naturvården bör tydligare riktlinjer ligga till grund för bedömningen med NPK+ och Blå målklassning.

Verktygen skulle därför med fördel kunna förenas med målbilder likt de som beskrivs av Andersson et al. (2013). Målbilderna redogör för hur god miljöhänsyn tas till bl.a. hänsynskrävande biotoper, våtmarker och vattendrag vid utförandet av skogsbruksåtgärder och avser spegla den hänsynsnivå som förväntas i skogsbruket (Andersson, et al., 2013).

4.7 Vidareutveckling av verktygen

Att mäta vattenkvalitet är en komplex process då det inte finns någon enkel definition för vad kriteriet god vattenkvalitet egentligen består av. Inventeringar är också tids- och kostnadskrävande då många faktorer såsom antropogent nedfall, markanvändning och landskapsvariabler inverkar på resultatet. De två verktygen NPK+ och Blå målklassning är i jämförelse med andra inventeringsmetoder (ex. System Aqua och vattendirektivets klassificeringssystem) kostnadseffektivt, enkelt att använda och lätt att utföra. NPK+-protokollet åtföljs av en informativ och pedagogisk beskrivning om hur resultaten ska tolkas, vilket gör att en lekman kan utföra bedömningen.

I nuläget finns utrymme för tolkningar vid bedömningen av förekomst av olika parametrar i NPK+-protokollet, vilket bör åtgärdas så att bedömningarna blir mer objektiva. Detta kan göras med hjälp av bilder och illustrationer samt tydligare definitioner på exempelvis vad som bedöms vara övergött eller igenslammat i fält. Ett förslag är att färdigställa ett medföljande kompendium med bilder över de olika parametrarna i fält för att inventerare lättare ska kunna kalibrera sig mot bilderna och varandra.

När inventeraren subjektivt tilldelar vattendraget en Blå målklass med stöd från NPK+-protokollet kan inventerarens förhållning till vattenvård påverka bedömningen. För att reducera skillnader mellan bedömningar behövs en bättre objektiv kalibreringsmetod även här. Tydligare riktlinjer skulle kunna ligga till grund för den subjektiva indelningen av målklass då det föreligger ett samband mellan totalsumman för NPK+ och Blå målklass. Med tanke på den spridning i NPK+ poäng som målklassen VS visade är förslaget att särskilda åtgärder kan fungera som ett tillägg till de existerande målklasserna: VG, VF och VO. De Blå målklasserna kan också förenas med olika målbilder för varje målklass. Målbilderna kan visa exempel på vattenmiljöer inom de olika klasserna och hur god miljöhänsyn till dessa ska tas.

Skillnader i vattenkemi kan fastställas med hjälp av verktygen när variationen i vattenkemi är tillräckligt stor, som den är när data från båda regionerna slogs ihop i ett gemensamt dataset. Ska vattenkemiska parametrar med säkerhet kunna fastställa vattenkvaliteten inom respektive region krävs bättre underlag än bedömningar genom okulär besiktning och annan information som idag finns tillgänglig. Att ställa krav på enskilda skogsägare, utan ekonomiska förutsättningar, om vattenkemiska analyser för att säkerställa vattenkvaliteten är orimligt. En lättillgänglig gemensam databas krävs för att skogsägare ska ta sig tid att komplettera sin bedömning och fastställa försurning, övergödning samt förekomst av intressanta arter, rödlistade arter, stormusslor, laxfiskar och eventuellt annan kemi. En gemensam webbportal som skulle kunna fungera som ett viktigt underlag och öka tillgången till data för skogsägare är Analysportalen. Analysportalen, som fortfarande är under uppbyggnad, kommer möjliggöra sökningar av information om biologiska data från en mängd olika databaser.

Observationer från Artportalen, radio- och GPS-märkta djur, uppgifter om provfiske och elfiske, samt mark- vatten- och miljödata är exempel på data som kommer vara sökbara (Wremp & Gärdenfors, 2013).

Vad gäller bedömning av vattenkemiskt tillstånd och ytvattenstatus har verktygen potential att vidareutvecklas. Om syftet med verktygen är att bedöma vattenkemiskt tillstånd bör större vikt läggas vid parametrarna ”Klart vatten” och ”Erosionsbenägna jordarter” samt totalsumman för ”Naturvärde”, ”Påverkan” och ”NPK+” vid den slutliga bedömningen. Samtidigt ger tillståndet endast en fingervisning om höga eller låga värden och ingen information om tillståndet är naturligt eller mänskligt förorsakat.

I parametern ”Klart vatten” ingår i dagsläget både grumlighet och vattenfärg, vilka har två olika effekter på ekologin. Grumling av vattnet kan orsaka direkt skada på vattenlevande organismer samt indikera på högre partikelbunden fosfor- och kvävehalt. Det kan också medföra att bottnar slammar igen. Vattenfärgen indikerar på hur mycket TOC och humusämnen vattnet innehåller. TOC kan beroende på område motverka eller bidra till försurning och kan komma att utgöra en viktig parameter för att indikera på buffringsförmåga mot försurning i vissa regioner. TOC är också en bärare av tungmetaller såsom aluminium och kvicksilver och kan därmed vara skadlig i allt för hög mängd. En uppdelning av ”Klart vatten” i ”Ej färgat vatten” och ”Ej grumligt vatten” föreslås därför, där förekomst markeras när vattnet inte är starkt färgat eller grumlat. Vidare föreslås en uppdelning av ”Erosionsbenägna jordarter” i ”Erosionsbenägna jordarter” och ”Torvmark”, med syftet att bättre påvisa halter av TOC, oorganiskt och organiskt bunden fosfor och kväve samt övergödningsstatus.

Fler studier behövs för att befästa verktygens kvaliteter inom andra regioner och över större dataset. Framtida studier bör fokusera mer på sambandet mellan kantzoner som bedöms vara blöta och känsliga för skogsbruk och försurnings- och övergödningsstatus samt på inverkan från TOC på försurning i olika regioner. Andra parametrar i NPK+-protokollet kan också vara av intresse för att undersöka samband med vattenkvalitet (exempelvis mynnande diken, markskador och funktionell kantzon) och kan inkluderas i fortsatta studier. Skogsbrukets effekter på vattenkvalitet var svåra att påvisa i denna studie. En annan aspekt vore därför att inventera sträckor före och efter utförda skogsbruksåtgärder för att se om inventeringen kan fånga in förväntade lokala effekter på vattenkemin efter utförda åtgärder. För att påvisa skogsbrukets effekter rekommenderas också att mer lättutlakade ämnen som nitrat och kalium inkluderas i analysen. Inför kommande studier rekommenderas också kalibrering före användandet av verktygen, fler vattenprovtagningar för bättre säkerhet samt att bedömning med verktygen och vattenprovtagning sker samtidigt eller med så litet mellanrum som möjligt för att resultatet inte ska påverkas av andra faktorer.

5. SLUTSATSER

Vattenvård inom skogsbruket kommer få allt större fokus i takt med klimatförändringar och det ökade trycket på våra vattenresurser, varför välfungerande verktyg som bidrar till att bibehålla god kvalitet i våra vattenmiljöer är av stor vikt. NPK+ och Blå målklassning är framtagna för att öka förutsättningarna för biologisk mångfald i vattenmiljöer genom att primärt bedöma synliga strukturer. Med detta som utgångspunkt är det därför positivt att verktygen kan fånga upp vissa skillnader i vattenkemi, utan att vattenkemiska analyser utförs. Sammanfattningsvis kan följande slutsatser dras om NPK+ och Blå målklassning från denna studie:

- Kalibrering inventerare emellan och mer styrning utifrån NPK+-protokollet behövs för att indelningen av målklasser ska bli mer objektiv. Ett vattendrag med högre naturvärden, mindre påverkan från människa och som bedöms vara känsligare för skogsbruk bör tilldelas ett högre skyddsvärde i form av målklass med förstärkt hänsyn (VF) eller bör lämnas orört (VO).
- De skogliga vattenplaneringsverktygen NPK+ och Blå målklassning uppfyller syftet att bedöma vattenkvalitet med avseende på vattenkemi när variationerna mellan vattendragen är stora. Däremot behövs bättre underlag för att skogsägare på ett tillförlitligt sätt ska kunna bedöma vattenkvalitet inom region Dalarna och Västsverige, där vattenkemin är mer likartad.
- Parametern ”Klart vatten” visade lägre halter näringsämnen samt lägre andel partiklar och humusämnen i vattnet och bedöms som relevant för att påvisa vattenkvalitet både inom respektive region och med kombinerade data. I parametern ingår både grumlighet och vattenfärg vilka har olika effekter på ekologin och bör därför separeras.
- Totalsummorna för ”Naturvärde”, ”Påverkan” och NPK+ påvisade liksom ”Klart vatten” lägre halter näringsämnen samt lägre andel partiklar och humusämnen i vattnet och skulle därför kunna användas för att indikera vattenkemiska förhållanden.
- Igenslamning, försurning och övergödning är svårbedömda parametrar med NPK+-protokollet. Dessutom var många samband med vattenkemiskt tillstånd svåra att upprätthålla vid den subjektiva konverteringen från NPK+-protokollet till Blå målklasser.
- Erosionsbenägna jordarter och blöta kantzoner visade på högre mängder organiskt bundna näringsämnen i vattnet och bedöms vara extra känsliga för skogsbruk.
- Förmåga att bedöma försurning och övergödning med NPK+-protokollet kan förbättras med mer tillförlitliga underlag, men anses svårare i mindre vattendrag som normalt saknar miljöövervakning. Status med avseende på försurning och övergödning

visade starkare samband med avrinningsområdets karaktär och kunde inte förklaras utifrån verktygen. Starkast inverkan på status hade andel försurningskänslig mark inom avrinningsområdet samt uppmätt koncentration P-tot i vattnet.

- NPK+ och Blå målklassning kan bidra till vattendirektivets mål genom att extra hänsyn tas vid blöta kantzoner och erosionskänsliga jordarter för att inte öka tillförseln av P-tot och försämra övergödningsstatus samt genom att skydda miljöer med höga naturvärden. För att motverka skogsbrukets försurande effekt på försurningskänsliga marker behöver verktygen vidareutvecklas. Parametern ”Klart vatten” skulle möjligtvis kunna härleda försurningsstatus inom olika regioner i framtiden.
- Fler jämförande studier behövs för att utvärdera verktygen med avseende på vattenkvalitet och vattenkemi inom andra regioner och för att befästa verktygens tillförlitlighet och resultatet i denna studie.

Med hjälp av pågående forskning och utveckling av nya regionala modeller och verktyg finns utrymme för vidareutveckling av NPK+ och Blå målklassning. Fortfarande saknas mycket kunskap om hur skogsbruket påverkar våra mark-och vattenresurser i ett längre perspektiv och mer forskning behövs för att ta fram effektiva lösningar (Laudon, et al., 2011). Som helhet har NPK+ och Blå målklassning en stor potential att bli ett viktigt instrument i arbetet att förbättra vattenhänsynen i skogsbruket.

6. REFERENSER

Publicerat material

Ahtiainen, M. (1992) The effects of forest clear-cutting and scarification on the water quality of small brooks. *Hydrobiologia*, 243/244, 465-473.

Ahtiainen, M. & Huttunen, P. (1999) Long-term effects of forestry managements on water quality and loading in brooks. *Boreal Environmental Research*, 4, 101–114.

Andersson, E., Andersson, M., Birkne, Y., Claesson, S., Forsberg, O. & Lundh, G. (2013) *Målbilder för god miljöhänsyn: en delleverans från Dialog om miljöhänsyn*. [Elektronisk]. Rapport 5. Jönköping: Skogsstyrelsen. Tillgänglig: http://www.skogsstyrelsen.se/Global/myndigheten/Projekt/Dialog_om_milj%C3%B6h%C3%A4nsyn/Publikt/1856.pdf [2014-01-14].

Bates, B. C., Kundzewicz, Z. W., Wu, S. & Palutikof, J. P. (2008) *Climate Change and Water. Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Elektronisk]. Geneva: IPCC Secretariat. Tillgänglig: <http://www.ipcc.ch/pdf/technical-papers/climate-change-water-en.pdf> [2013-06-10].

Bergman, P., Bleckert, S., Degerman, E. & Henrikson, L. (2006) *UNK – Urvatten, Naturvatten och Kulturvatten* [Elektronisk]. Solna: Världsnaturfonden WWF. Tillgänglig: <http://www.wwf.se/source.php?id=1120490> [2014-01-14].

Bishop, K., Allan, C., Bringmark, L., Garcia, E., Hellsten, S., Högbom, L., Johansson, K., Lomander, A., Meili, M., Munthe, J., Nilsson, M., Porvari, P., Skyllberg, U., Sorensen, R., Zetterberg, T. & Akerblom, S. (2009) The Effects of Forestry on Hg Bioaccumulation in Nemoral/Boreal Waters and Recommendations for Good Silvicultural Practice. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 38(7), 373-380.

Bleckert, S., Degerman, E. & Henrikson, L. (u.å) *NPK+ och Blå målklassning - enkla verktyg för skoglig vattenplanering* [Elektronisk]. Solna: Världsnaturfonden WWF. Tillgänglig: <http://www.wwf.se/source.php/1408811/Blå%20målklasser%20NPK+.pdf> [2013-05-06].

Bleckert, S., Degerman, E. & Henrikson, L. (2010) *Skogens vatten: om vattenhänsyn i skogsbruket*. Växjö: Södra skogsägarna.

Bydén, S., Larsson, A.-M. & Olsson, M. (2003) *Mäta vatten: undersökningar av sött och salt vatten*. 3. uppl. Göteborg: Institutionen för miljövetenskap och kulturvård, Göteborgs universitet.

Cooke, S. E. & Prepas, E. E. (1998) Stream phosphorus and nitrogen export from agricultural and forested watersheds on the Boreal Plain. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 55, 2292-2299.

- Cory, N., Buffam, I., Laudon, H., Köhler, S. & Bishop, K. (2006) Landscape Control of Stream Water Aluminum in a Boreal Catchment during Spring Flood. *Environ. Sci. Technol.*, 40, 3494-3500.
- Dillon, P. & Molot, L. (1997) Effect of landscape form on export of dissolved organic carbon, iron, and phosphorus from forested stream catchments. *Water Resources Research*, 33(11), 2591-2600.
- Dodds, W. K. (2002) Why Study Continental Aquatic Systems? I: Dodds, W. K. (red.) *Freshwater Ecology: Concepts and Environmental Applications*. San Diego: Academic Press, ss. 1-11.
- Dytham, C. (2003) *Choosing and Using Statistics: a Biologist's Guide*. 2. uppl. Malden: Blackwell Publishing.
- Eriksson, L., Johansson, E., Kettaneh-Wold, N., Trygg, J., Wikström, C. & Wold, S. (2006) *Multi- and Megavariate Data Analysis. Part 1, Basic principles and applications*. 2.uppl. Umeå: Umetrics Academy.
- Giller, P. S. & Malmqvist, B. (1998) *The Biology of Streams and Rivers*. Oxford: Oxford University Press.
- Haglund, A.-L., Carlsson, T., Larson, D., Lundvall, D. & Olofsson, H. (2010) *Utvärdering av biologiska bedömningsgrunder för sjöar: erfarenheter från Dalarna*. Rapport 2010:16, Falun: Länsstyrelsen Dalarna.
- Hansen, K., Kronnäs, V., Zetterberg, T., Setterberg, M., Moldan, F., Pettersson, P. & Munthe, J. (2013) *DiVa: Dikesrensningens effekter på vattenföring, vattenkemi och bottenfauna i skogsekosystem*. Stockholm: IVL Svenska Miljöinstitutet AB.
- Henriksen, A. & Kirkhusmo, L. A. (2000) Effects of clear-cutting of forests on the chemistry of a shallow groundwater aquifer in southern Norway. *Hydrology and Earth System Sciences*, 4(2), 323-331.
- Henrikson, L. (2007) *Skogsbruk vid vatten*. Jönköping: Skogsstyrelsen.
- Hill, W. R., Fanta, S. E. & Roberts, B. J. (2009) Quantifying phosphorus and light effects in stream algae. *Limnol. Oceanogr.*, 54(1), 368-380.
- Holopainen, A.-L. & Huttunen, P. (1992) Effects of forest clear-cutting and soil disturbance on the biology of small forest brooks. *Hydrobiologia*, 243/244, 457-464.
- Hopmans, P. & Leon, J. B. (2007) Long-term changes in water quality and solute exports in headwater streams of intensively managed radiata pine and natural eucalypt forest catchments in south-eastern Australia. *Forest Ecology and Management*, 253, 244-261.
- Hynes, H. B. N. (1975) The stream and its valley. *Verh. Int. Verein. Limnol.*, 19, 1-15.

Hägerhäll Aniansson, B., Vidarve, M. & Magnusson, C. (2005) *En bok om svensk vattenförvaltning* [Elektronisk]. Stockholm: Naturvårdsverket. Tillgänglig: <http://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer/620-5489-9.pdf> [2013-06-11].

Ingemarsson, T. (2012) *Naturvärdesbedömning och klassificering enligt blå målklasser av vattendrag - en utvärdering av metod och lämplighet för skogsbruksplaner*. Examensarbete 30 hp. Sveriges Lantbruksuniversitet. Institutionen för sydsvensk skogsvetenskap.

IVL Svenska Miljöinstitutet (2013) *MAGIC-biblioteket* [Elektronisk]. Tillgänglig: <http://www.ivl.se/tjanster/datavardskap/magicbiblioteket.4.7df4c4e812d2da6a416800075405.html> [2013-10-30].

Jolliffe, I. T. (2002) *Principal Component Analysis*. 2. uppl. New York : Springer.

Kolka, R., Grigal, D., Verry, E. & Nater, E. (1999) Mercury and Organic Carbon Relationships in Streams Draining Forested Upland/Peatland Watersheds. *Journal of Environmental Quality*, 28(3), 766-775.

Kortelainen, P., Mattsson, T., Finér, L., Ahtiainen, M., Saukkonen, S. & Sallantausta, T. (2006) Controls on the export of C, N, P and Fe from undisturbed boreal catchments, Finland. *Aquat. Sci.*, 68, 453-468.

Laudon, H., Köhler, S. & Buffam, I. (2004) Seasonal TOC export from seven boreal catchments in northern Sweden. *Aquat. Sci.*, 66, 223-230.

Laudon, H. & Buffam, I. (2008) Impact of changing DOC concentrations on the potential distribution of acid sensitive biota in a boreal stream network. *Hydrological and Earth System Sciences*, 12, 425-435.

Laudon, H., Hedtjärn, J., Schelker, J., Bishop, K., Sørensen, R. & Ågren, A. (2009) Response of Dissolved Organic carbon following Forest Harvesting in a Boreal Forest. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 38(7), 381-386.

Laudon, H., Sponseller, R. A., Lucas, R. W., Futter, M. N., Egnell, G., Bishop, K., Ågren, A., Ring, E. & Högberg, P. (2011) Consequences of More Intensive Forestry for the Sustainable Management of Forest Soils and Waters. *Forests*, 2, 243-260.

Lindegren, C. (2006) *Kantzonsens ekologiska roll i skogliga vattendrag: en litteraturöversikt*. Jönköping: Skogsstyrelsen.

Länsstyrelsen (2013) *Artportalskopplingen* [Elektronisk]. Tillgänglig: <http://projektwebbar.lansstyrelsen.se/artkoll/Sv/artportalskopplingen/Pages/default.aspx> [2013-10-29]

Länsstyrelsen i Kalmar (2013) *Vattenkartan* [Elektronisk]. Tillgänglig: <http://www.viss.lansstyrelsen.se/MapPage.aspx> [2013-10-29].

Löfgren, S., Ring, E., von Brömssen, C., Sørensen, R. & Högbom, L. (2009a) Short-term Effects of Clear-cutting on the Water Chemistry of Two Boreal Streams in Northern Sweden: A Paired Catchment Study. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 38(7), 347-356.

Löfgren, S., Kahlert, M., Johansson, M. & Bergengren, J. (2009b) Classification of Two Swedish Forest Streams in Accordance with the European Union Water Framework Directive. *Royal Swedish Academy of Sciences*, 38(7), 394-400.

Löfgren, S., Nisell, J., Yu, J. & Ranneby, B. (2011) *Förbättrade skattningar av N- och P-förlusterna från skog, myr och fjäll inför PLC6*. Rapportserie SMED: 52. Norrköping: Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut.

Löfgren, S., Fröberg, M., Nisell, J., Yu, J. & Ranneby, B. (2012) *N- och P-halterna i skog, myr och fjäll hösten 2011 i Dalälven, Viskan, Ätran, Nissan och Lagan*. Rapportserie SMED: 109. Norrköping: Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut.

Mattsson, T., Finér, L., Kortelainen, P. & Sallantausta, T. (2003) Brookwater quality and background leaching from unmanaged forested catchments in Finland. *Water, Air, and Soil Pollution*, 147, 275–297.

Naturvårdsverket (2007a) *Återställning av älvar som använts för flottning: En vägledning för restaurering* [Elektronisk]. Stockholm: Naturvårdsverket. Tillgänglig: <http://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer/620-5649-2.pdf> [2013-06-10].

Naturvårdsverket (2007b) *Bara naturlig försurning: underlagsrapport till fördjupad utvärdering av miljömålsarbetet* [Elektronisk]. Stockholm: Naturvårdsverket. Tillgänglig: <http://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer/620-5766-4.pdf> [2014-01-15].

Naturvårdsverket (2007c) *Status, potential och kvalitetskrav för sjöar, vattendrag, kustvatten och vatten i övergångszon: en handbok om hur kvalitetskrav i ytvattenförekomster kan bestämmas och följas upp* [Elektronisk]. Stockholm: Naturvårdsverket. Tillgänglig: <http://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer/620-0147-6.pdf> [2013-10-29].

Naturvårdsverket (2013a) *Sveriges miljömål* [Elektronisk]. Tillgänglig: <http://www.miljomal.nu/sv/Miljomalen/> [2013-05-06].

Naturvårdsverket (2013b) *Principalkomponentanalys - PCA* [Elektronisk]. Tillgänglig: <http://www.miljostatistik.se/PCA.html> [2013-11-12].

Nisell, J., Lindsjö, A. & Temnerud, J. (2007) *Rikstäckande virtuellt vattendrags nätverk för flödesbaserad modellering VIVAN*. SLU rapport: 17. Uppsala: SLU, Institutionen för miljöanalys.

Nordin, P.-O. (2012) *NPK+ och blå målklassning - indikatorer på vattenkvalitet?* Examensarbete 30 hp. Sveriges Lantbruksuniversitet. Institutionen för skogens ekologi och skötsel.

- Nyberg, P. & Eriksson, T. (2001) Skyddsridåer längs vattendrag (SILVA). *Fiskeriverket informerar*, 6, 3-69.
- Piirainen, S., Finé, L., Mannerkoski, H. & Starr, M. (2007) Carbon, nitrogen and phosphorus leaching after site preparation at a boreal forest clear-cut area. *Forest Ecology and Management*, 243(1), 10–18.
- Ring, E., Löfgren, S., Sandin, L., Högbom, L. & Goedkoop, W. (2008a) *Skogsbruk och vatten. En kunskapsöversikt*. Gävle: Skogforsk.
- Ring, E., Löfgren, S., Sandin, L., Högbom, L. & Goedkoop, W. (2008b) *Skogsbruk med hänsyn till vatten: en handledning från Skogforsk*. Uppsala: Skogforsk.
- Rivinoja, P. & Larsson, S. (2001) *Effekter av grumling och sedimentation på fauna i strömmande vatten - En litteratursammanställning*. Rapport 31. Umeå: Vattenbruksinstitutionen.
- Rosén, K. (1984) Effect of clear-felling on run-off in two small watersheds in Central Sweden. *Forest Ecology and Management*, 9(4), 267-281.
- Rosén, K., Aronson, J.-A. & Eriksson, H. M. (1996) Effects of clear-cutting on streamwater quality in forest catchments in central Sweden. *Forest Ecology and Management*, 83(3), 237–244.
- Siegel, S. & Castellan, N. (1988) *Nonparametric statistics for the behavioral sciences*. 2. uppl. New York: McGraw-Hill.
- Skogsstyrelsen (2010) *Vattenförvaltningen i skogen*. [Elektronisk]. Jönköping: Skogsstyrelsen. Tillgänglig: http://www.lansstyrelsen.se/jonkoping/SiteCollectionDocuments/sv/djur-och-natur/skyddad-natur/projekt-och-aktiviteter/kurser-och-seminarier/genomforda-kurser/Slutrapport_RU_vattendirektivet_20100331.pdf [2013-09-21].
- Skogsstyrelsen (2011) *Information om ändringar i föreskrifter och allmänna råd till 30 § SvL* [Elektronisk]. Tillgänglig: <http://www.skogsstyrelsen.se/Global/myndigheten/Projekt/%C2%A730%20Oversyn/Information%20om%20f%C3%B6r%C3%A4ndringar%2030%20%C2%A7%20SvL%20111125.pdf> [2013-11-21].
- Skogsstyrelsen (2012) *Skogsstatistisk årsbok 2012*. Jönköping: Skogsstyrelsen.
- SLU ArtDatabanken (2013) *Musselportalen* [Elektronisk]. Tillgänglig: <http://www.musselportalen.se/> [2013-10-29].
- Skyllberg, U., Qian, J., Frech, W., Xia, K. & Bleam, W. F. (2003) Distribution of mercury, methyl mercury and organic sulphur species in soil, soil solution and stream of a boreal forest catchment. *Biogeochemistry*, 64, 53-76.

Södra skogsägarna (2012) *Södra, skogen och vattenfrågorna* [Elektronisk]. Tillgänglig: <http://skog.sodra.com/sv/Vara-medlem/Skogspolitik---frihet-under-ansvar/Skogens-vatten/> [2013-12-06].

Sørensen, R., Ring, E., Meili, M., Högbom, L., Seibert, J., Grabs, T., Laudon, H. & Bishop, K. (2009) Forest Harvest increase Runoff Most during Low Flows in Two Boreal Streams. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 38(7), 357-363.

Temnerud, J. & Bishop, K. (2005) Spatial Variation of Streamwater Chemistry in Two Swedish Boreal Catchments: Implications for Environmental Assessment. *Environ. Sci. Technol.*, 39, 1463-1469.

Thurman, E. M. (1985) *Organic Geochemistry of Natural Waters*. Dordrecht: Martinus Nijhoff/Dr. W. Junk Publishers.

Umetrics AB (2005) *User's guide to SIMCA-P, SIMCA-P+. Version 11.0*. Umeå: Umetrics AB.

United Nations (2013) *Millennium Development Goals Report* [Elektronisk]. Tillgänglig: <http://www.un.org/millenniumgoals/pdf/report-2013/mdg-report-2013-english.pdf> [2013-05-10]

Wrempe, A.M. & Gärdenfors, U. (2013) Svenska LifeWatch – här används Artportalens rapporter till naturvård och forskning. *Fauna och Flora*, 108(2): 34–37.

Yan, N. D., Keller, W., Scully, N. M., Lean, D. R. S. & Dillon, P. J. (1996) Increased UV-B penetration in a lake owing to drought-induced acidification. *Nature*, 381(9), 141-143.

Ågren, A., Buffam, I., Bishop, K. & Laudon, H. (2010) Sensitivity of pH in a boreal stream network to a potential decrease in base cations caused by forest harvest. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 67(7), 1116-1125.

Ågren, A. & Löfgren, S. (2012) pH sensitivity of Swedish forest streams related to catchment characteristics and geographical location – Implications for forest bioenergy harvest and ash return. *Forest Ecology and Management*, 276, 10–23.

Österling, M. (u.å.) *Grumlingens och sedimentationens källor och ekologiska effekter i vattendrag*. [Elektronisk]. Solna: Världsnaturfonden WWF. Tillgänglig: <http://www.wwf.se/source.php/1545980/Igenslamningens%20ekologiska%20effekter%20i%20vattendrag.pdf> [2014-02-01]

Opublicerat material

Löfgren, S., Fröberg, M., Yu, J., Nisell, J. & Ranneby, B. *Water chemistry in 179 randomly selected Swedish headwater streams related to forest production, clear-felling and climate*. Manuskript insänt för publicering.

Lagar och föreskrifter

Havs- och vattenmyndighetens föreskrifter om klassificering och miljö kvalitetsnormer avseende ytvatten. Havs- och vattenmyndighetens författningssamling. (2013) Göteborg. (HVMFS 2013:19).

Skogsstyrelsens föreskrifter och allmänna råd (2012) Jönköping. (SKSFS 2012:5).

7. APPENDIX

Appendix 1. Fältprotokoll: N PK+ - Bedömning av Naturvärde, Påverkan och Känslighet samt Plusvärde i vattendrag. Blå målklassning anges med stöd av bedömningen i NPK+-protokollet.

Datum:	Inventerare:	
Vattendragets namn		
Avrinningsområde (SMHI)	nr	namn
Inventerad sträcka (m)		
Koordinater nedre	X	Y
Koordinater övre	X	Y
Medelbredd (uppskattad i < 1 m, <3 m, <6 m, > 6 m)	Dominerande bottensubstrat:	

Markera med x vid förekomst.

N 1. NATURVÄRDEN - Vattendraget

Stor variation i vattendraget		Huvudsakligen slingrande eller meandrande lopp, stor variation i djup och bredd samt förekomst av sand/grus och sten/block
Död ved i vatten		Mer än 7 bitar per 100 m - minst 1 m långa och 10 cm Ø
Ström- eller forssträcka		Längre än 10 ggr medelbredden
Blockrik sträcka		Block >0,5 m Ø, sträckan längre än 10 ggr medelbredden.
Poäng; 0 - 4		<i>Ett x ger poängen 1 etc.</i>

N 2. NATURVÄRDEN – Speciella biotoper och arter

Naturligt vattenfall		90° fall, > 1 m fallhöjd, utgör ofta naturligt vandringshinder
Kvillområde		Vattendraget uppdelat i minst 3 fåror, > 10 m långa, med vatten hela året
Sjöinlopp eller sjöutlopp		Ej reglerat, sänkt eller omgrävt
Värdearter		Rödlistade arter (ska normalt vara känt innan inventeringen) eller god förekomst eller föryngring av stormusslor och laxfiskar
Poäng; 0 - 4		<i>Ett x ger poängen 1 etc.</i>

N 3. NATURVÄRDEN – Kantzon

Kantzon finns på >75%		Kantzon med avseende på beskuggning
Naturlig trädslagsblandning		Relativt ståndorten
Äldre kantzon		I normal slutavverkningsålder, producerar död ved m.m.
Översvämningszon eller permanent utströmningsområde eller källa		Återkommande översvämmad strandzon; avläses på bar mark, vegetation, stenar och träd. Ett stort eller flera tydliga objekt längs sträckan.
Poäng; 0 - 4		<i>Ett x ger poängen 1 etc.</i>
SUMMA NATURVÄRDE		<i>Ex. 123, 444, 243 etc.</i>

P 1. PÅVERKAN – Vattendraget

Ej rensat och/eller rätat		<u>Ej rensat</u> : Vattendrag med naturlig förekomst av block, sten och grus. <u>Ej rätat</u> : Vattendrag naturligt slingrande – ej rätade, ej sänkta
Ingen igenslamning		Normal mängd finpartikulärt material samlat <u>på</u> grus- och sandbottnar
Ingen reglering och/eller inget vattenuttag		<u>Ingen reglering</u> : ingen förekomst av ett eller flera dämmen, oftast med regleringsanordning. <u>Inget vattenuttag</u> : inga slangar, pumpar etc. i och längs med vattendraget.

Inga vandringshinder		Inga dammar, vägtrummor eller andra artificiella hinder för fisk och bottenfauna.
Poäng; 0 - 4		<i>Ett x ger poängen 1 etc.</i>

P 2. PÅVERKAN – Kantzon

Funktionell kantzon		Ekologiskt funktionell kantzon. Inga omfattande skador på kantzonen. Högst 25 % av sträckan får vara påverkad.
Inga mynnande diken		Inga diken som mynnar direkt i vattendraget, utan översilning eller slamgrop
Inga markskador		Inga gamla eller nya markskador (körskador, markberedning) i eller längs med vattendraget som kan ha påverkat bäcken

Inga vägar		Ingen enskild eller allmän väg korsande eller inom 10 m från vattendraget
Poäng; 0 - 4		<i>Ett x ger poängen 1 etc.</i>

P 3. PÅVERKAN – Vattenkvalitet

Klart vatten		Normalt grumlat och/eller färgat vatten
Ingen omfattande förorening		Ska normalt vara känt innan inventeringen
Ingen omfattande övergödning		Inga stora mängder vegetation, t.ex. grönslick och/eller bladvass i vattendraget
Inga punktkällor		Ingen dränering från jordbruk, inga rör från avlopp eller dagvatten som mynnar i vattendraget
Poäng; 0 - 4		<i>Ett x ger poängen 1 etc.</i>
SUMMA PÅVERKAN		<i>Ex. 123, 444, 243 etc.</i>

K. KÄNSLIGHET

För känslighet 1 x i varje aktuell ruta

Erosionsbenägna jordarter		Grovsand och finare eller moig morän och finare jordarter i närområdet
Stor lutning		Mer än 5 m lutning på 30 m ned mot vattendraget
Blöt-fuktig kantzon		Risk för att körskador kan uppstå längs med och i vattendraget
Ytligt grundvatten i närområde		Översilad mark och/eller ytligt grundvatten i angränsande bestånd
SUMMA KÄNSLIGHET		<i>Ett x ger 3 poäng, 2 x ger 6 p, etc.</i>

+ PLUSVÄRDE

För plusvärde 1 x i varje aktuell ruta

Kultur- och/eller fornlämning		Rester av eller intakta kvarnar, stenfundament, flottledsanordningar, stenbroar m.m.
Naturskyddat område Rekreatiomsområde		Naturresevat, ekopark etc. Populärt rekreatiomsområde t.ex. stigar, rastplatser, skyltar eller anordningar för sportfiske eller välbesökt fiskevatten
Restaureringsåtgärder		Kalkning, öppnade vandringsvägar etc.
Intressanta arter		Arter som t.ex. bäver, vissa fiskarter, vissa fågelarter, vissa växter
SUMMA PLUSVÄRDE		<i>Ett x ger 3 poäng, 2 x ger 6 p, etc.</i>

Punktobjekt (vattenanknutna): x: y: Typ: Åtgärd:

Allmän beskrivning och kommentarer

Ge en övergripande bild av vattendraget samt notera andra förutsättningar som kan påverka N, P, K eller +.

Slutbedömning

	Naturvärde			Påverkan			Känslighet	Plusvärde	NPK+	Blå målklass (VG, VF, VS, VO)
	N1	N2	N3	P1	P2	P3				
RESULTAT										
SUMMA										

Åtgärder enligt målklass

Ge förslag på åtgärder som behövs för att förbättra N, P, K eller +.

Appendix 2. Spearman's rangkorrelationskoefficient (R_s) visas för signifikanta samband (t -test, $p < 0.05$) mellan medelvärden av vattenkemiska variabler. Samband visas för regionsvisa och kombinerade data.

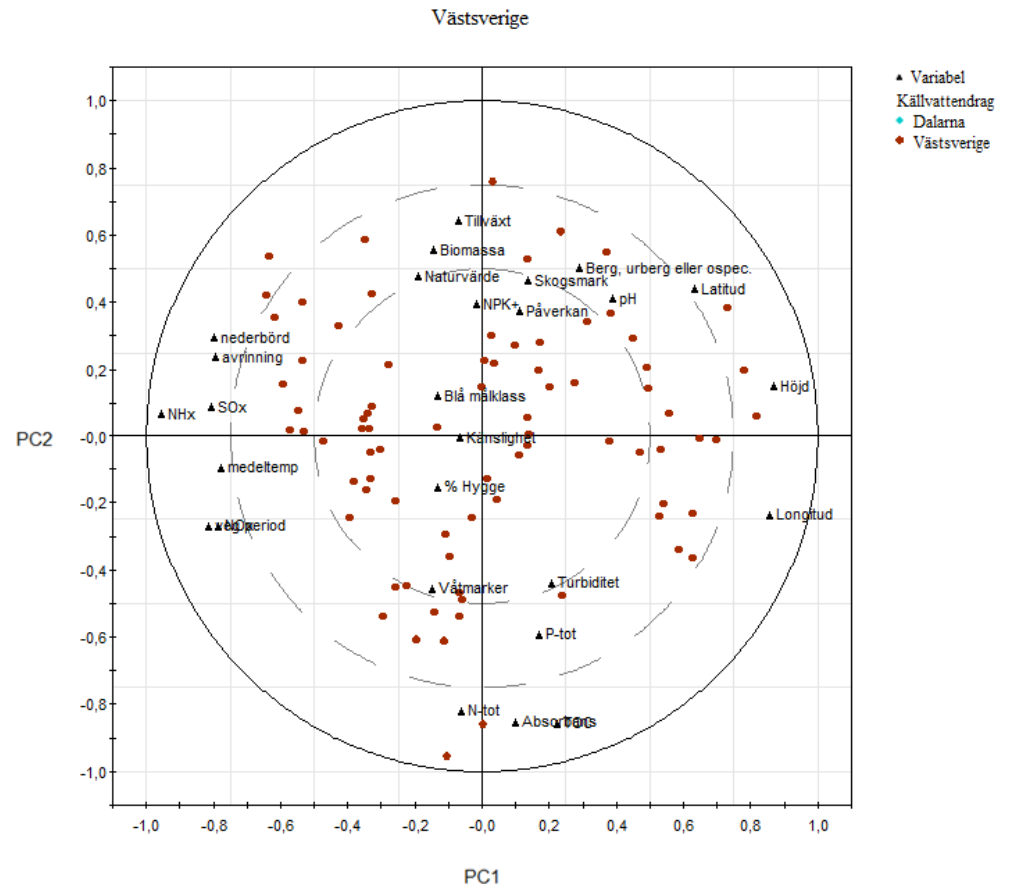
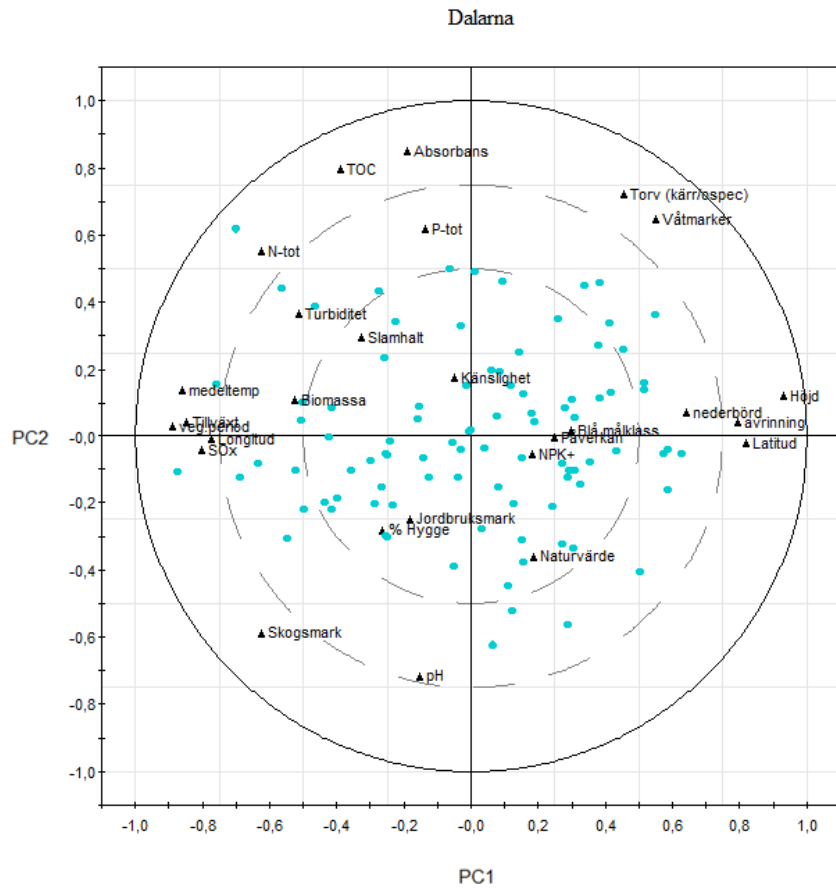
Variabel		Slamhalt	Turbiditet	TOC	Abs.	pH	P-tot	N-tot
<i>Västsverige</i>								
(N=80)								
Slamhalt (mg L ⁻¹)	R_s	-						
Turbiditet (FNU)	R_s	0,66	-					
TOC (mg L ⁻¹)	R_s	0,23	0,51	-				
Abs. (F 420/5)	R_s	0,28	0,55	0,95	-			
pH	R_s	0,43		-0,32	-0,28	-		
P-tot (µg L ⁻¹)	R_s	0,54	0,69	0,69	0,66		-	
N-tot (µg L ⁻¹)	R_s	0,34	0,65	0,82	0,83		0,75	-
<i>Dalarna</i> (N=93)								
Slamhalt (mg L ⁻¹)	R_s	-						
Turbiditet (FNU)	R_s	0,78	-					
TOC (mg L ⁻¹)	R_s	0,20	0,30	-				
Abs. (F 420/5)	R_s		0,21	0,92	-			
pH	R_s			-0,60	-0,74	-		
P-tot (µg L ⁻¹)	R_s			0,72	0,68	-0,43	-	
N-tot (µg L ⁻¹)	R_s	0,29	0,41	0,88	0,73	-0,32	0,62	-
<i>Kombinerade</i> (N=173)								
Slamhalt (mg L ⁻¹)	R_s	-						
Turbiditet (FNU)	R_s	0,74	-					
TOC (mg L ⁻¹)	R_s	0,29	0,57	-				
Abs. (F 420/5)	R_s	0,27	0,56	0,95	-			
pH	R_s		-0,22	-0,68	-0,74	-		
P-tot (µg L ⁻¹)	R_s	0,37	0,55	0,77	0,75	-0,47	-	
N-tot (µg L ⁻¹)	R_s	0,39	0,68	0,89	0,85	-0,56	0,75	-

Appendix 3. Medelvärden över landskapsvariabler och uppmätt vattenkemi i de två regionerna Västsverige och Dalarna samt standardavvikelse för respektive variabel.

Variabel	Västsverige		Dalarna	
	Medelvärde	±SD	Medelvärde	±SD
Avrinningsområde area (ha)	116	52	223	83
Skogsmark (%)	91	12	85	12
Våtmark (%)	7	12	13	12
Andel hyggen (%)	13	10	10	9
Höjd (m.ö.h.)	178	63	359	131
Nederbörd (mm y ⁻¹)	995	123	782	90
Avinning (mm y ⁻¹)	501	103	424	71
Medeltemperatur (°C)	5,9	0,6	2,6	0,9
Vegetationsperiod (dagar)	196	6	164	9
Biomassa (kton ha ⁻¹)	95	22	68	19
Tillväxt (m ³ ha ⁻¹ y ⁻¹)	4,2	1,1	2,3	0,7
NH _x deposition (kg ha ⁻¹ y ⁻¹)	5,4	1,2	1,5	0,2
NO _x deposition (kg ha ⁻¹ y ⁻¹)	5,3	0,3	2,4	0,2
SO _x deposition (kg ha ⁻¹ y ⁻¹)	4,8	0,5	1,9	0,3
Slamhalt (mg/l)	3,4	4,2	2,2	3,3
Turbiditet (FNU)	2,4	3,2	1,0	1,0
TOC (mg/l)	29,8	13,7	18,0	10,1
Abs. (F 420/5)	0,7	0,4	0,3	0,2
pH	5,0	0,7	5,9	0,7
P-tot (µg/l)	19,2	11,3	10,9	9,1
N-tot (µg/l)	845	357	397	224

Appendix 4. Spearman's rangkorrelationskoefficient (R_s) visas för signifikanta samband (t -test, $p < 0.05$) mellan parametrar i fältprotokollet NPK+ och Blå målklassning (X) och medelvärden av vattenkemiska variabler (Y). Antalet observationer (N) som testades för Blå målklass (BMK) skiljer sig från övriga parametrar då kategorin VS exkluderats. Samband visas för regionsvisa och kombinerade data. Parametern "Inga punktkällor" visade inga samband med de uppmätta kemivariablerna och visas därför inte i tabellen.

Medelvärden		Fältprotokollet NPK+ och Blå målklassning											Totalsum. NPK+	BMK (VG, VF, VO) (N=65)		
		Ingen igenslamning	Klart vatten	Ingen omfattande försurning	Ingen omfattande övergödning	Erosions- benägna jordarter	Stor lutning	Blöt kantzon	(Avsaknad) Påverkan - vattenkvalitet	Naturvärde (N)	(Avsaknad) Påverkan (P)	Känslighet (K)				
Västsvrige (N=80)																
Slamhalt mg/l	R_s															
Turbiditet FNU	R_s															
TOC mg/l	R_s		-0,26						-0,22			-0,31	-0,24		-0,27	
Abs. F 420/5	R_s		-0,26						-0,24			-0,29	-0,26		-0,27	
pH	R_s		0,26													
P-tot µg/l	R_s											-0,28			-0,23	
N-tot µg/l	R_s								-0,24			-0,26	-0,24		-0,27	
Dalarna (N=93)															(N=81)	
Slamhalt mg/l	R_s											-0,28			-0,30	-0,36
Turbiditet FNU	R_s											-0,39			-0,25	-0,25
TOC mg/l	R_s		-0,30					0,22								
Abs. F 420/5	R_s		-0,32													
pH	R_s		0,22									0,21				
P-tot µg/l	R_s		-0,29		0,21		0,32									
N-tot µg/l	R_s		-0,25				0,30						-0,21			
Kombinerade (N=173)															(N=146)	
Slamhalt mg/l	R_s	-0,16										-0,30	-0,23		-0,30	-0,26
Turbiditet FNU	R_s	-0,30	-0,28	-0,22					-0,30			-0,48	-0,40		-0,44	-0,22
TOC mg/l	R_s	-0,33	-0,46	-0,31					-0,45			-0,46	-0,50		-0,41	
Abs. F 420/5	R_s	-0,37	-0,48	-0,39				0,17	-0,51			-0,47	-0,56		-0,44	
pH	R_s	0,27	0,42	0,36					0,47			0,36	0,40		0,35	
P-tot µg/l	R_s	-0,30	-0,31	-0,22		0,21		0,20	-0,26			-0,34	-0,37		-0,28	
N-tot µg/l	R_s	-0,41	-0,43	-0,38		0,16		0,17	-0,49			-0,49	-0,60		-0,48	



Appendix 5. PCA-modeller som demonstrerar förhållandet mellan observationer och variabler i de två regionerna Dalarna (vänster) och Västsverige (höger) med första komponenten som beskriver skillnaden mellan vattendrag i X-led (PC1) och andra komponenten i Y-led (PC2). Cirkeln demonstrerar Hotelling's T^2 (observationer inom cirkeln ligger inom 95 % konfidensintervall).

Appendix 6. Spearman's rangkorrelationskoefficient (R_s) visas för signifikanta samband (t -test, $p < 0.05$) mellan parametrar i fältprotokollet NPK+ och Blå målklassning (X) och statusklasser (Y). Antalet observationer (N) som testades för Blå målklass (BMK) skiljer sig från övriga parametrar då kategorin VS exkluderats. Samband visas för regionsvisa och kombinerade data.

Fältprotokollet NPK+ och Blå målklassning													
Statusklasser	Ingen igenslamning	Klart vatten	Ingen omfattande försurning	Ingen omfattande övergödning	Erosionsbenägna jordarter	Stor lutning	Blöt kantzon	(Avsaknad) Påverkan - vattenkvalitet	Naturvärde (N)	(Avsaknad) Påverkan (P)	Känslighet (K)	Totalsum. NPK+	BMK (VG, VF, VO) (N=65)
Västsverige (N=80)													
Försurning	R_s	-0,25											
Övergödning	R_s		-0,24					-0,27	0,27				
Total status	R_s	-0,29										-0,23	
Dalarna (N=93)													
Försurning	R_s												
Övergödning	R_s	0,25											
Total status	R_s										-0,23		-0,23
Kombinerade (N=173)													
Försurning	R_s		0,17										
Övergödning	R_s								0,19			0,15	
Total status	R_s		0,20				-0,17				-0,16		

SENASTE UTGIVNA NUMMER

- 2013:7 Författare: Ebba Okfors
Ekoturism i jordbrukslandskap – ett vinnande koncept? En tvärvetenskaplig studie om kulturvärden och naturvärden på Sjögetorp
- 2013:8 Författare: Anna Hallmén
Hur kan mångfalden gynnas på SCA:s naturvårdsareal? Natur- och kulturvärden i Peltovaara mångfaldspark
- 2013:9 Författare: Mattias Söderholm
Verktyg och metoder för kontroll av dubbskadedjup på timmerstockar - metodutveckling
- 2013:10 Författare: Johan Karlsson
Modellering av diametern hos tall (*Pinus sylvestris*) som en effekt av beståndstäthet och biomekanik
- 2013:11 Författare: Lisa Wik Persson
Nitrogen fixation among boreal feather mosses along a clear-cut chronosequence
- 2013:12 Författare: Jakob Nemer Barbiche
Självspredning av contortatall (*Pinus contorta*) på impedimentmark i Sverige
- 2013:13 Författare: Sebastian Backlund
The effects of mother trees and site conditions on the distribution of natural regeneration establishment in a Bornean rainforest disturbed by logging and fire
- 2014:1 Författare: Matilda Olofsson
Utomhuspedagogik i skogen för barn. Skötsel och informationsförslag för Stadsliden, en stadsskog i Umeå
- 2014:2 Författare: Li Videkull
Tree species traits response to different canopy cover for 34 tree species in an enrichment planted tropical secondary rain forest in Sabah, Malaysia
- 2014:3 Författare: Helena Lindén
Förvaltning och skogsskötsel av ett tätortsnära naturreservat. – En fallstudie om Lugnets naturreservat i Falun
- 2014:4 Författare: Matilda Johansson
Askåterföring på skogsmark – en metaanalys om påverkan på ytvattnets syra-baskemi
- 2014:5 Författare: Sven Gustafsson
Gynnar stora hyggen ortolansparven? Resultat från en inventering i Västerbotten 2013
- 2014:6 Författare: Björn Karlsson
Bergsbrukets början, samt dess och jordbrukets påverkan på vegetationen uti Garpenbergs socken i sydöstra Dalarna
- 2014:7 Författare: Martin Karlsson
Jordbrukets och järnframställningens påverkan på skogsutvecklingen vid Eskilshult, en by med medeltida anor. – En studie baserad på pollenanalys