



LÄNSSTYRELSEN  
VÄSTRA GÖTALANDS LÄN

# Kalkning och bottenfauna

25 års erfarenhet av kalkning och dess effekter  
på bottenfauna i Västra Götalands län



Rapportnr: 2014:42

ISSN: 1403-168X

Författare: Ulf Ericson, Martin Mattsson, Carin Nilsson, Hanna Larsson. Medins Biologi AB.

Kvalitetsgranskning: Mats Medin, Carin Nilsson

Foto: Bäckslända, © Medins Biologi AB

Utgivare: Länsstyrelsen i Västra Götalands län, Vattenvårdsenheten

Rapporten finns som pdf på [www.lansstyrelsen.se/vastragotaland](http://www.lansstyrelsen.se/vastragotaland) under Publikationer/Rapporter.

## **Förord**

*Västra Götalands län är ett av de län där försurningens effekter har drabbat sjöar och vattendrag hårdast. För att motverka effekterna på det biologiska livet i sjöar och vattendrag bedriver kommuner och länsstyrelsen sedan länge en omfattande kalkningsverksamhet.*

*För att följa upp kalkningens effekter används både kemisk och biologisk uppföljning. Den kemiska provtagningen är viktigast för att dimensionera kalkmängderna. I vattendrag kan pH-värdet variera mycket snabbt och det är därför lätt att missa periodvisa låga pH-värden som kan skada djurlivet. Därför kompletteras den kemiska provtagningen i vattendragen med biologisk provtagning. Undersökningar av bottenfaunan i vattendragen är ett bra sätt att få svar på hur biologin klarat de svåra perioderna under året.*

*Bottenfaunaprogrammet påbörjades i slutet av 80-talet och växte i omfattning under 1990-talet. När programmet var som störst innehöll det strax över 200 lokaler.*

*Med tiden har stora områden börjat återhämta sig från försurningen samtidigt som kalkningsstrategierna blivit bättre och bättre. Detta leder till att i många områden har bottenfaunaprovtagningen blivit ett något trubbigt verktyg för att följa upp kalkningens effekter. Så för att lämna plats åt andra metoder kommer bottenfaunaprogrammet att succesivt minska framöver.*

*Normalt görs årliga utvärderingar där resultaten bedöms för varje lokal. Med tiden har all insamlad data blivit ett värdefullt underlagsmaterial som även kan användas för att göra mer ingående analyser över tid. Exempelvis går det att beskriva mer långsiktiga effekter av kalkning. I denna rapport har vi gett ett uppdrag åt Medins Biologi AB att göra en utvärdering av generella, mer långsiktiga förändringar av bottenfaunan i kalkade vatten.*

*Kalkningsgruppen, maj 2014*

*Västra Götalands län*

# Innehållsförteckning

Innehållsförteckning .....	4
Sammanfattning .....	5
Inledning .....	6
1. Bakgrund .....	7
1.1 Förurning och kalkning .....	7
1.2 Effektkontroll av kalkning .....	7
2. Syfte .....	9
3. Metodik .....	10
3.1 Datamaterialet .....	10
3.2 Bedömningar .....	13
3.3 Urval .....	14
4. Resultat och diskussion .....	17
4.1 Bottenfauna i sura vattendrag .....	17
4.2 Bottenfauna i kalkade vattendrag .....	18
4.3 Kalkningsstrategi .....	24
4.4 Miljöfaktorerers betydelse för återhämtningen .....	26
5. Slutsatser .....	28
6. Referenser .....	29
Bilaga 1. Urval av vattendrag .....	30

## Sammanfattning

På uppdrag av Länsstyrelsen i Västra Götalands län har Medins Biologi AB under 2013 genomfört en utvärdering vars övergripande syfte var att beskriva hur bottenfaunan i kalkade vattendrag har förändrats till följd av genomförda kalkningsåtgärder.

I denna rapport har kalkdatabasen från Västra Götalands län, bottenfaunadatabasen från Medins Biologi AB samt data för referensstationer från kringliggande län sammankopplats i en gemensam databas. Totalt har data från 64 619 kalkningstillfällen, 15 655 vattenkemiska provtagningar och 1 612 bottenfaunaprovtagningar samkörts för åren 1986-2012. Resultatet av dessa körningar visar att bottenfaunan svarat positivt på genomförda kalkningar. Inför utredningen ställdes fem frågeställningar som i korthet gav nedanstående svar:

- Sedan kalkstart har bottenfaunasamhällena förändrats i positiv riktning med avseende på artantal och olika index som beskriver försurningspåverkan.
- Bottenfaunasamhällena i länets kalkade vattendrag uppvisar inte några statistiskt säkerställda skillnader gentemot okalkade och oförsurade referenser.
- Tiden för återhämtning av bottenfaunan i länets kalkade vattendrag har varit lång. Resultaten tyder på att det tagit upp mot tjugo år för bottenfaunasamhällena att fullt ut återhämta sig.
- Inga skillnader har kunnat beläggas med avseende på återhämtningstiden för bottenfaunan och olika kalkningsstrategier.
- Miljöfaktorer som höjd över havet eller vattnets färg har inte visat sig haft någon stor betydelse för hur snabbt bottenfaunan kunnat återhämta sig efter kalkning.

# Inledning

Kalkning av sjöar och vattendrag har varit en viktig verksamhet i Västra Götalands län i mer än trettio år. Kalkningarna har syftat till att motverka effekterna av försurning som orsakats främst av surt nedfall. Omfattande program för effektuppföljning av genomförda kalkningar har bedrivits genom åren. I dessa program har undersökningar av bottenfauna varit en viktig del för att kontrollera att uppsatta mål har nåtts och att kalkningarna har haft en positiv inverkan på ekosystemen.

Genom åren har stora mängder bottenfaunadata, kalkadata och vattenkemisk data samlats in i Västra Götalands län. Dessa data beskriver nu en drygt trettio år lång period av återhämtning i tidigare försurade vattendrag.

Föreliggande utvärdering syftar till att beskriva kalkningens långtidseffekt på bottenfaunan i länets försurade vattendrag. Inför arbetet ställdes flera frågor samman (se kapitel 2.3 nedan) som var intressanta att belysa.

En stor del av det grundläggande arbetet bestod i att koppla samman data från tre olika källor, Länet kalkningsdatabas, Länet databas med vattenkemiska resultat samt bottenfaunadatabasen på Medins Biologi AB. Även referensdata från angränsande län har använts i uppdraget.

Utredningsarbetet har utförts av Medins Biologi AB på uppdrag av Länsstyrelsen i Västra Götalands län.

Vi vill rikta ett särskilt tack till Länsstyrelserna i Värmlands län, Jönköpings län och Hallands län för den hjälp vi fått med data från deras okalkade referensvattendrag. Dessa data har varit viktiga i utvärderingen av vad som hänt med bottenfaunan i de kalkade vattendragen.

# 1. Bakgrund

## 1.1 Försurning och kalkning

Försurning av mark, grundvatten och ytvatten uppmärksammades i Sverige i slutet av 1960-talet. Efterhand som kunskapen om miljöproblemet växte insåg man att stora delar av Sverige var drabbat. Värst var situationen i sydvästra Sverige där det försurande nedfallet var som störst men även många andra regioner i landet var hårt drabbade. Främst yttrade sig problemen som reproduktionsstörningar på fiskbestånd och att känsliga arter försvann. Exempel på värdefulla arter som drabbades är flodkräfta, flodpärlmussla och lax. Orsaken var huvudsakligen luftburna föroreningar av svavel och kväveföreningar.

Försurningens effekter på bottenfaunan var drastisk och tillsammans med effekter på bl.a. fisk, plankton och påväxt innebar försurningen stora förändringar i ekosystemen i sjöar och vattendrag (Hultberg & Stensson 1970, Medin m.fl. 1993, Degerman m.fl. 1994 samt Warfvinge & Bertills 1999, Andersson m.fl. 2002, Munthe och Jöborn 2009). Effekterna på bottenfaunasamhällena innebar framförallt att känsliga arter minskade eller helt slogs ut och försvann. Detta ledde till en minskad artrikedom och i många fall till en minskad biologisk produktion. Indirekt gynnades också ett antal tåliga arter som tack vare en minskad konkurrens eller en minskad predation kunde bli vanligare eller dominera bottenfaunan.

En strategi för att skydda värdefulla vatten och bestånd utarbetades med storskalig kalkning av sjöar och vattendrag. Denna verksamhet startade redan 1976 men satsningarna intensifierades under 1980-talet. Verksamheten pågår än idag till en årlig kostnad av cirka 200 miljoner kronor. Kalkningsverksamheten är alltså en av de stora svenska miljövårdssatsningarna i modern tid.

Svavelnedfallet har minskat kraftigt i Sverige under senare år. Under 2007 var nedfallet bara en tredjedel av 1990 års utsläpp. Utsläppen av kväveoxider har under motsvarande period nästan halverats. Tyvärr kommer det ändå att dröja många decennier innan de mest drabbade områdena har återhämtat sig och kalkningsverksamheten måste sannolikt fortsätta i många årtionden i vissa av de hårdast drabbade områdena.

Mer om försurning och kalkning finns att läsa i Handbok för kalkning av sjöar och vattendrag (Naturvårdsverket 2010).

## 1.2 Effektkontroll av kalkning

Program för att övervaka effekten av kalkningsverksamheten drogs igång tidigt. Dessa undersökningar var mer sporadiska i början men under senare delen av 1980-talet utvecklades programmen till regelbundna kontroller med vattenkemiska och biologiska undersökningar. De vattenkemiska programmen fokuserade på mätningar av vattnets surhet (pH) och motståndskraft mot försurning (alkalinitet) samt på analyser av aluminium som blir giftigt vid sura förhållanden.

De biologiska programmen fokuserade främst på övervakning av fisk och bottenfauna men även t.ex. kräftor och stormusslor har övervakats inom ramen för effektkontrollen.

När det gäller bottenfauna har regelbundna undersökningar genomförts i många av länets kalkade vattendrag sedan mitten av 1980-talet. Undersökningar av bottenfaunasamhällena visade sig snabbt vara en billig och tillförlitlig metod, dels för att kontrollera förekomsten av så kallade surstötter (korta perioder med låga pH-värden i vattnet) och dels för att följa återhämtningen i ekosystemen. I bottenfaunasamhällena fanns arter och grupper som var tåliga mot försurning men också arter som var mycket känsliga och kunde användas som indikatorarter. Utifrån denna kunskap konstruerades index som kunde användas för att på ett objektivt sätt klassa graden av försurning. Det första multimetriska indexet (Surhetsindex) i Sverige som utifrån bottenfaunan mäter graden av surhet i vattendrag utvecklades 1986 (Henrikson & Medin 1986) och används fortfarande.

I senare skeden blev dessa klassningar också ett verktyg för att sätta upp mål med kalkningsverksamheten. Genom att övervakningen skett regelbundet och över lång tid finns en stor mängd undersökningsresultat som kan beskriva de förändringar som skett i kalkade sjöar och vattendrag.



## 2. Syfte

Syftet med utvärderingen har varit att med hjälp av insamlade data i kalkeffektkontrollen utvärdera kalkningens långsiktiga effekter på bottenfaunan. Innan arbetet startade ställdes ett antal frågeställningar med kommentarer, se nedan. Dessa har varit vägledande för arbetet och för sammanställandet av rapporten. Svar på flertalet av dessa frågor har också kunnat ges med hjälp av de data som samlats in genom åren.

- Hur har bottenfaunan förändrats i länets kalkade vattendrag där de vattenkemiska målen har uppnåtts?
- Uppvisar bottenfaunan i långtidskalkade vattendrag några skillnader i jämförelse med okalkade och aldrig försurade vattendrag?
- Vilken inverkan har tidsfaktorn, antal år efter påbörjad kalkning, på observerade förändringar? Hur lång tid tar det för faunan att "normaliseras". Begreppet "normalisering" definieras.
- Uppvisar bottenfaunan några skillnader beroende på kalkningsstrategi (våtmarks-kalkning, sjökalkning och kalkdoserare).
- Finns det avvikelser i det generella mönstret som beror på miljöfaktorer (höjd över havet och vattnets färg).

## 3. Metodik

### 3.1 Datamaterialet

I projektet har KALK (kalkdatabasen) från Västra Götalands län, bottenfaunadatabasen från Medins Biologi AB samt data för referensstationer från kringliggande län sammankopplats i en gemensam databas. Kopplingarna har gjorts med hjälp av GIS-program samt manuellt arbete.

Länsstyrelsens kalkdatabas innehåller bl.a. information om kalkmängd, spridningsår, positioner och vattenkemi. Dessa objekt samt stationer för bottenfaunaprovtagning lades in som en shape-fil i ArcGIS. Utifrån dessa skikt skapades unika områden så att kalkobjekt, vattenkemiska provstationer och bottenfaunastationer kunde kopplas ihop (Figur 4-1 och Figur 4-2). Kalkområden har definierats som områden med alla uppströms ligande kalkobjekt baserat på delavrinningsområden, Aro\_y\_2012\_2 från SMHI. Figur 4-3 visar ett exempel på hur detta arbete gjorts. En gemensam databas med sammankopplade data skapades sedan utifrån var det fanns provtagningar av bottenfauna. Denna databas innehöll 277 stationer där bottenfauna undersökts (Tabell 4-1). Till detta kopplades 266 vattenkemiska provstationer i 254 kalkområden.

Den gemensamma databasen som utgör grundmaterialet för denna undersökning finns på Länsstyrelsen i Västra Götalands län.

Tabell 4-1. Mängd data om kalkning, vattenkemi och bottenfauna som sammankopplats med hjälp av GIS.

Data	Antal kalkområden eller provpunkter	Antal kalknings-, eller provtillfällen	Period
Kalkning	254	64619	1971-2011
Vattenkemi	266	15655	1932-2011
Bottenfauna	277	1868	1986-2012

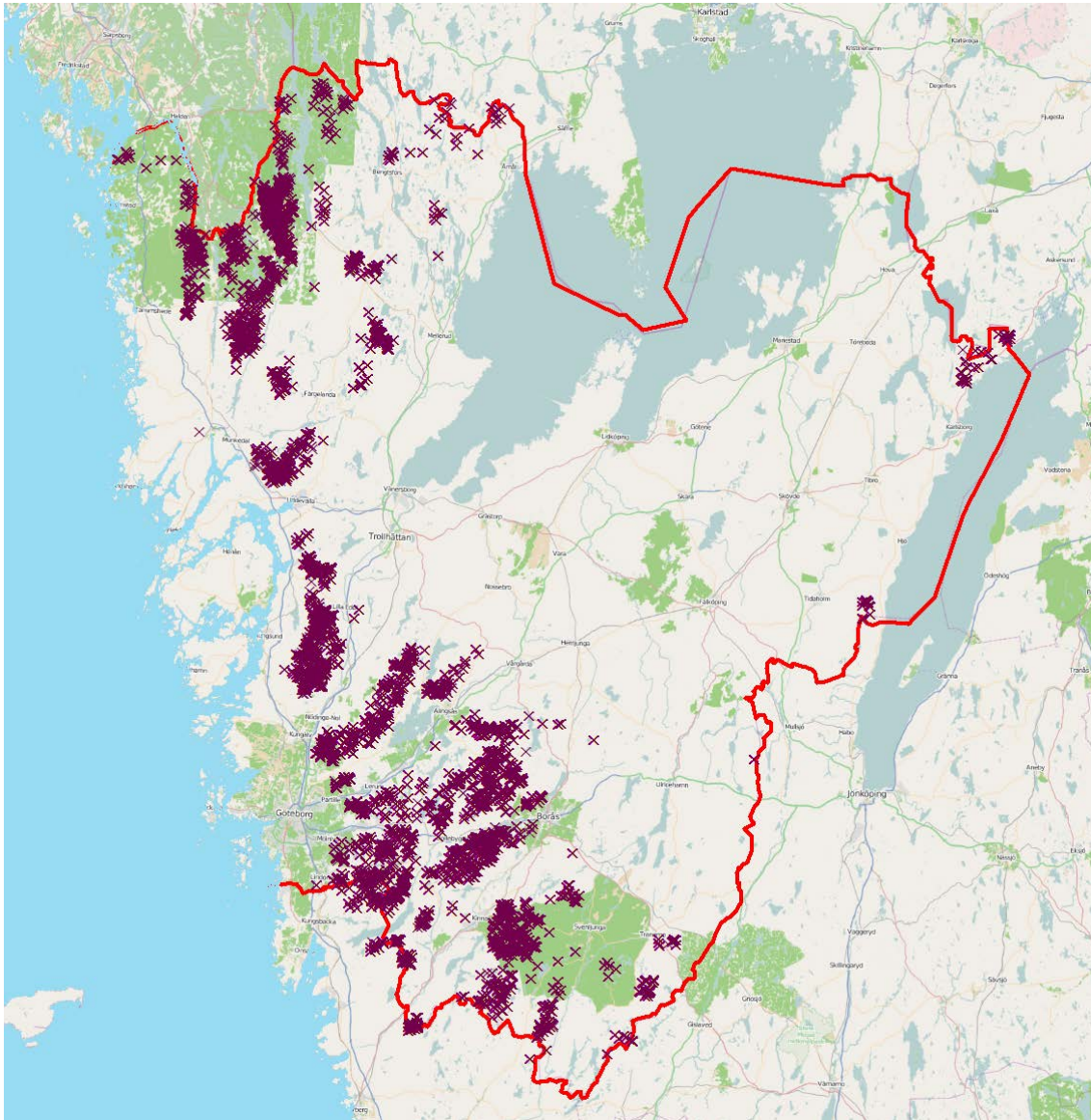
Från kringliggande län hämtades information om bottenfauna och vattenkemi för referensvattendrag. Detta gällde både sura referenser och okalkade oförsurade referenser. När det gäller användandet av begreppet oförsurade referenser i denna rapport skall begreppet inte tolkas bokstavligt eftersom flertalet vattendrag i Västra Götalands län är antropogent påverkade av försurning. En fråga om hjälp med referensdata gick till Länsstyrelserna i Hallands-, Värmlands- och Jönköpings län. I de aktuella länen har dock få vattendrag provtagits regelbundet som referenser till kalkningsverksamheten.

Främst har bottenfauna provtagits enligt metoden SS-EN 27 828 men flera andra metoder har använts (Tabell 4-2). SS EN 27 828 och SS-EN ISO 10870 är uppdateringar av SS 02 81 91 och identiska med avseende på utförande vid provtagning och analys. Dessa metoder ger alltså helt likvärdiga resultat. BIN RR 111 skiljer sig främst genom att varje prov består av en mindre provyta (0,1 m<sup>2</sup> istället för 0,25 m<sup>2</sup>). Effekten av detta är att antalet påträffade taxa ofta är lägre jämfört med de övriga metoderna. Provtag-

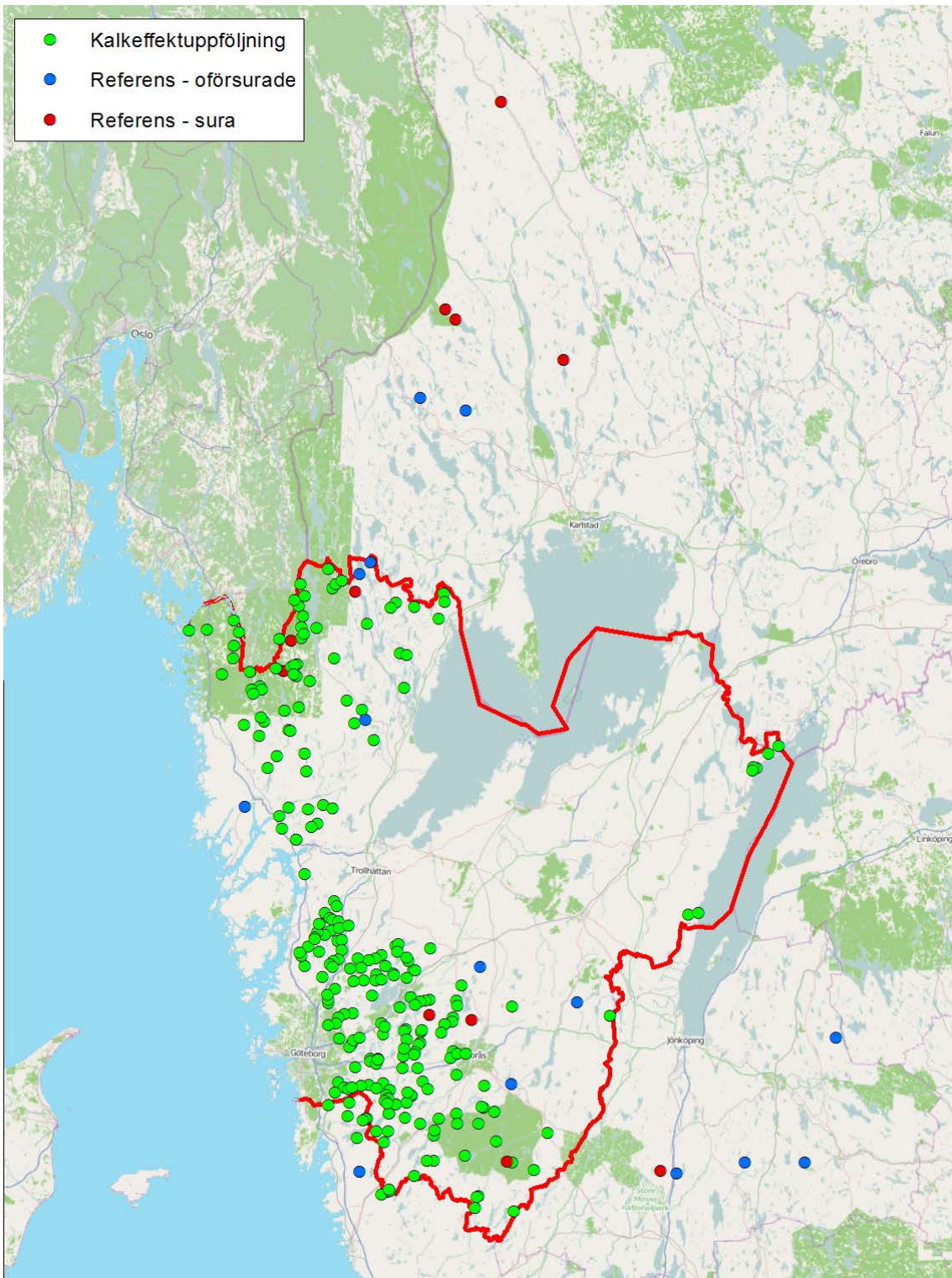
ningarna med BIN RR 111 har dock alltid kompletterats med ett kvalitativt eftersök av ytterligare arter vilket minskar skillnaderna vid jämförelse mellan metoderna.

Tabell 4-2. Metodik vid provtagning

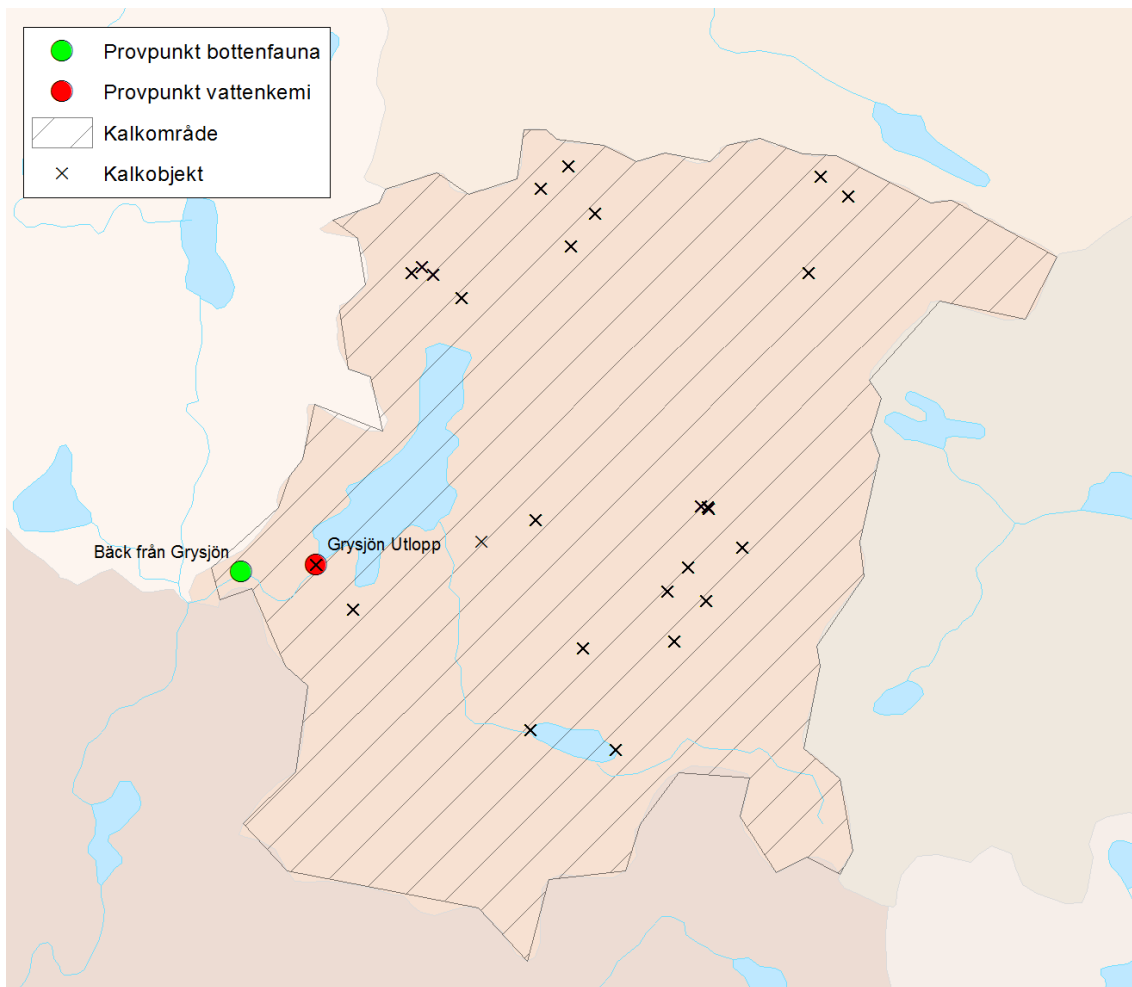
Metodik	Provtillfällen	Period
SS 02 81 91	154	1986-1997
BIN RR 111	368	1990-2010
SS-EN 27 828	1330	1998-2011
SS-EN ISO 10870	13	2012



Figur 4-1. Kartan visar 64 619 kalkningstillfällen och var i länet dessa kalkningar utförts.



Figur 4-2. Kartan visar samtliga bottenfaunalokaler (277 st.) som tagits med i undersökningsmaterialet.



Figur 4-3. Bilden visar ett exempel på kalkområde med provstationer för bottenfauna och vattenkemi samt kalkade objekt. Kalkningsområdet är baserat på kartsiktet delavrinningsområden (bruna områden i kartan), Aro\_y\_2012\_2 från SMHI.

## 3.2 Bedömningar

Vid bedömningarna har tre olika index använts för att mäta graden av försurning, Surhetsindex, MISA och antal påträffade taxa.

Surhetsindexet (SI), som i sina delar beskriver viktiga delar av försurningens effekter på bottenfaunan i strömbiotoper, beskriver och mäter tre typer av effekter på bottenfaunan; förändring av artantal, förekomst eller avsaknad av känsliga arter samt ändrade dominansförhållanden mellan grupper som missgynnas respektive gynnas av försurning (en tydligare förklaring till hur indexet beräknas finns i figurtexten till figur 5-4).

MISA byggs upp av sex olika enkla index (Naturvårdsverket 2007). De ingående indexen är (1) antal familjer, (2) antal taxa av snäckor (Gastropoda), (3) antal taxa av dagsländor (Ephemeroptera), (4) kvoten mellan den relativa abundansen (%) av dagsländor och den relativa abundansen (%) av bäcksländor (Plecoptera), (5) AWIC-index samt (6) den relativa abundansen (%) av sönderdelare (shredders). Dessa index summeras efter att först ha normaliserats.

Eftersom många individer inte har kunnat bestämmas till art har antalet påträffade taxa beräknats som det antal arter som minst förekommit vid varje provtillfälle.

### 3.3 Urval

Beroende på frågeställning och tillgänglig data har olika många bottenfaunastationer valts ut för de olika analyserna (Tabell 4-3, Bilaga 1).

Tabell 4-3. Tabellen visar urvalet av vattendrag vid de olika frågeställningarna. <sup>1</sup> Värden anges som det totala antalet provtillfällen. <sup>2</sup> Till kalkade vattendrag räknas objekt med en spridd kalkmängd av minst ~50 kg/ha/år. <sup>3</sup> Referenser inom kalkeffektuppföljningen från Västra Götalands, Hallands, Jönköpings och Värmlands län samt inom parentes sura vattendrag i Västra Götalands län som det togs prover i innan kalkningen påbörjats.

Urval av vattendrag	Antal stationer bottenfauna	Antal provtillfällen bottenfauna	Antal stationer vattenkemi	Antal provtillfällen vattenkemi <sup>1</sup>
Kalkade vattendrag <sup>2</sup>	237	1303	237	15390
Kalkade vattendrag med lång tidsserie från kalkstart och framåt	20			
Sura referenser <sup>3</sup>	11 (4)	151 (4)	10 (4)	562
Oförsurade referenser <sup>3</sup>	14	153	8	832
Lokaler som uppnått pH 5,6 efter kalkstart och sedan inte gått under detta värde (Bilaga 1)	57	298	57	4608
Långtidskalkade (>25 år) lokaler som uppnått pH 5,6 efter kalkstart och sedan inte gått under detta värde (Bilaga 1)	26	154	26	2480

Vid frågeställningar som rör hur bottenfaunan förändrats i länets kalkade vattendrag har 237 kalkade stationer använts (Figur 4-4, Tabell 4-3). Kalkade vattendrag har valts ut baserat på att mängden spridd kalk skall ha varit minst ~50 kg/ha/år. I detta material har medelantalet provtagningstillfällen varit 5,5 per vattendrag. Endast ett fåtal provtagningar finns från tiden före kalkstart och i medeltal startade första provtagningen av bottenfauna cirka 11 år efter kalkstart. Detta har inneburit ett problem vid tolkningen av återhämtningen av bottenfauna de första åren efter det att kalkningarna startade.

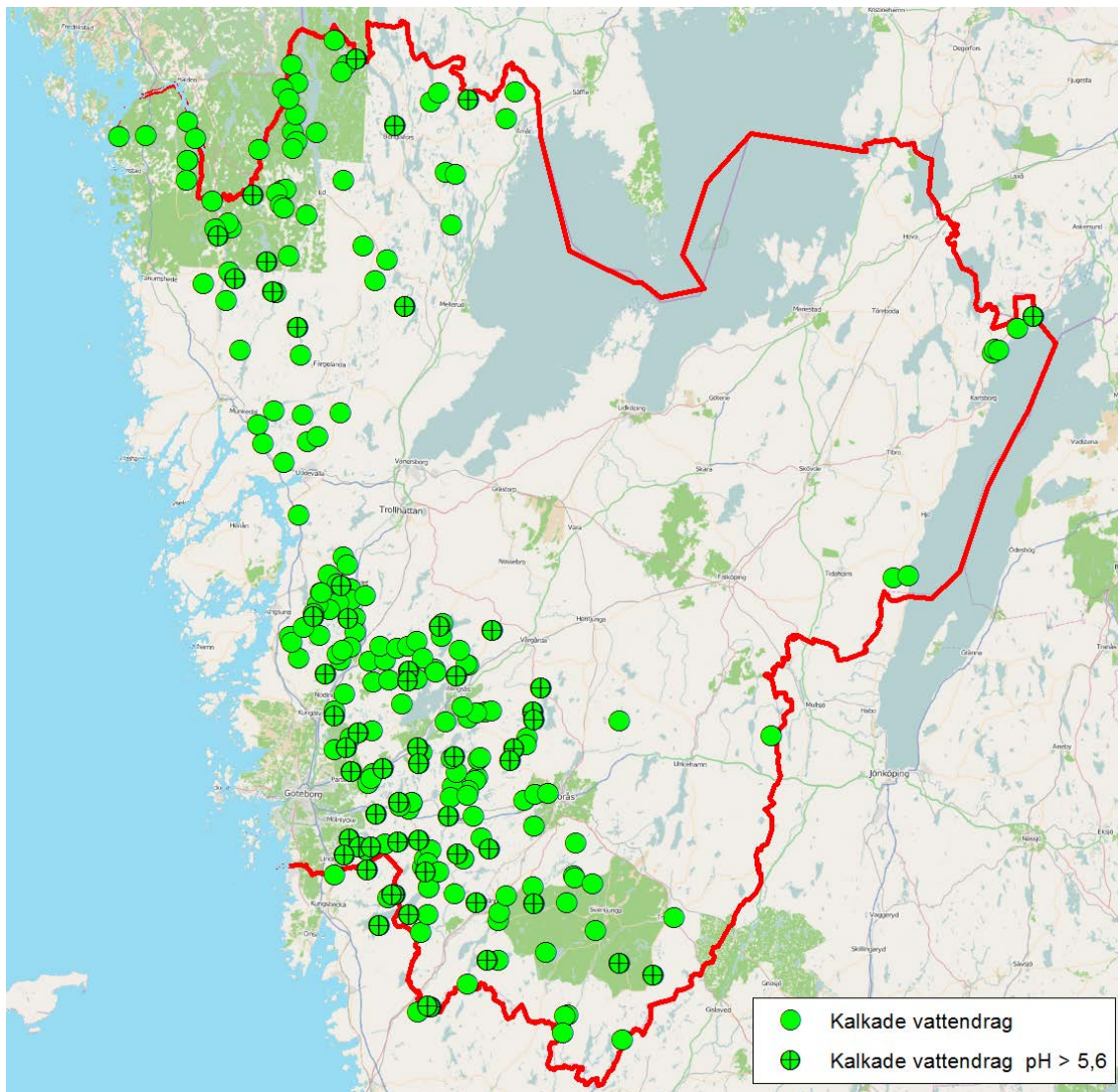
Där provtagningar funnits från tiden vid kalkstart och med en lång serie provtagningar har dessa valts ut (Tabell 4-3) för ytterligare statistiska tester.

Referenser har dels tagits från kalkeffektuppföljningen inom länet samt från referensvattendrag i Hallands, Jönköpings och Värmlands län. Totalt har 14 oförsurade respektive 11 sura referensvattendrag använts i utredningen (Figur 4-5, Tabell 4-3). Dessutom har fyra provtagningar från sura vattendrag använts som sura referenser från tiden före kalkning.

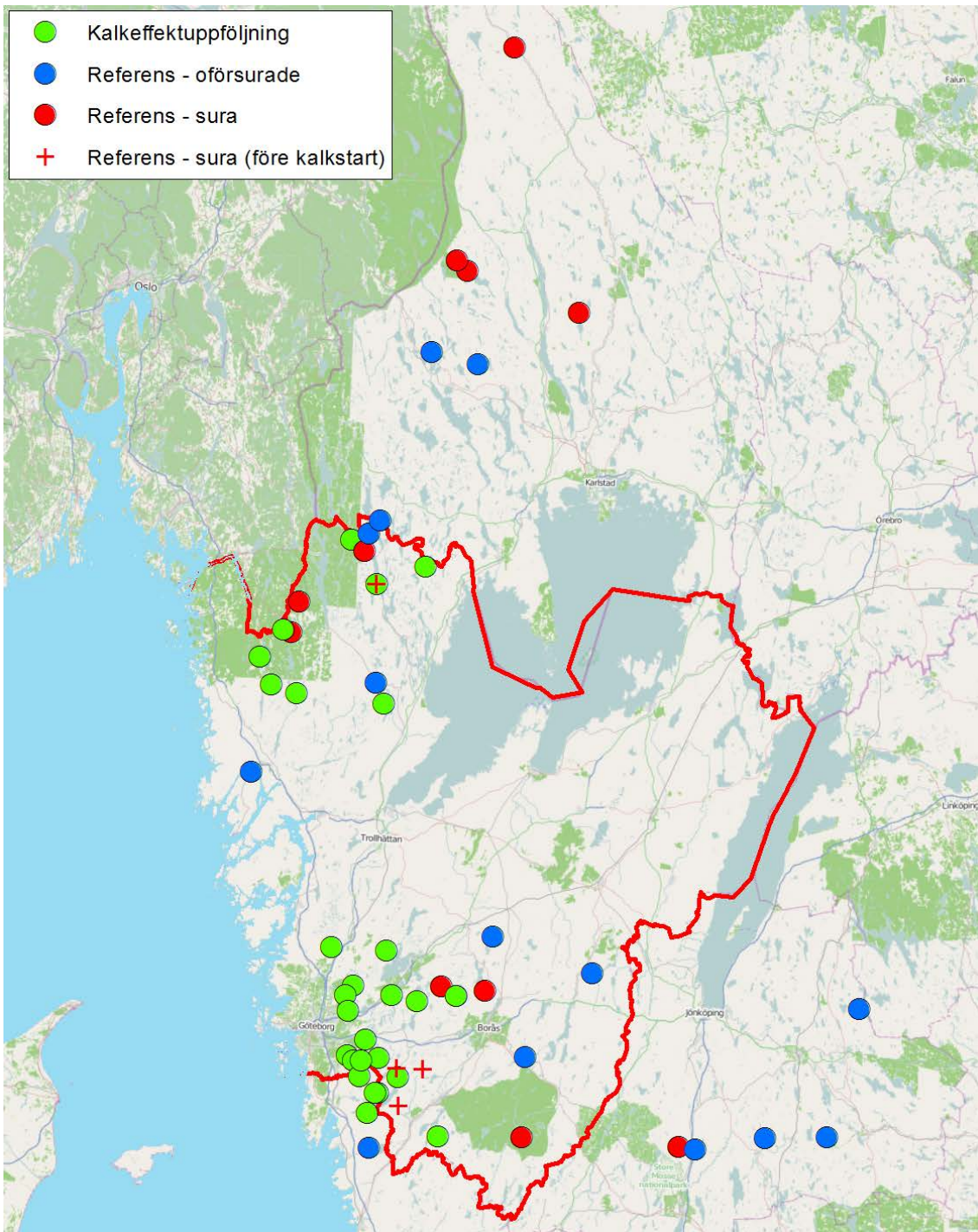
Vid frågeställningar kring bottenfauna i förhållande till ett uppnått vattenkemiskt mål valdes pH-värdet 5,6 som ett relevant värde för att visa stabil vattenkemi. Värdet 5,6 har

i detta sammanhang inget att göra med det pH-mål som finns i olika kalkningsobjekt. I materialet identifierades 57 vattendrag som uppnått minst pH 5,6 direkt efter kalkstart och därefter inte sjunkit under detta värde någon gång (Figur 4-3, Tabell 4-3, Bilaga 1). I materialet är det annars vanligt förekommande med ”surstötter” och låga pH-värden även långt efter kalkstart. Orsaken till att dessa lokaler är relativt få är alltså detta strikta urvalskriterium. Många stationer där bottenfauna undersökts har också saknat vattenkemisk data före och/eller efter kalkstart.

Vid jämförelsen mellan långtidskalkade vattendrag och referenser för att undersöka om bottenfaunan i kalkade vattendrag skiljer sig från referenserna har ett urval gjorts från ovanstående grupp där endast vattendrag som kalkats mer än 25 år tagits med. Således består denna grupp av långtidskalkade (>25 år) lokaler som uppnått pH 5,6 efter kalkstart och sedan inte gått under detta värde. Endast 26 vattendrag uppfyllde dessa kriterier (Figur 4-2, Tabell 4-3, Bilaga 1).



Figur 4-4. Provtagningsstationer för bottenfauna som använts för analyserna, dels kalkade vattendrag och dels kalkade vattendrag som en lång tid uppnått ett mål på pH över 5,6.



Figur 4-5. Gröna prickar visar stationer för bottenfauna som kalkas i mer än 25 år och samtidigt hela tiden haft ett pH-värde på minst 5,6 efter kalkstart. Blå prickar visar stationer för bottenfauna från okalkade oförsurade referenser. Röda prickar visar stationer som utgör sura referenser. Kalkade vattendrag som det togs prover i före kalkstart är markerade med rött plus. Dessa betraktas i denna rapport som sura referenser fram tills kalkning påbörjades.

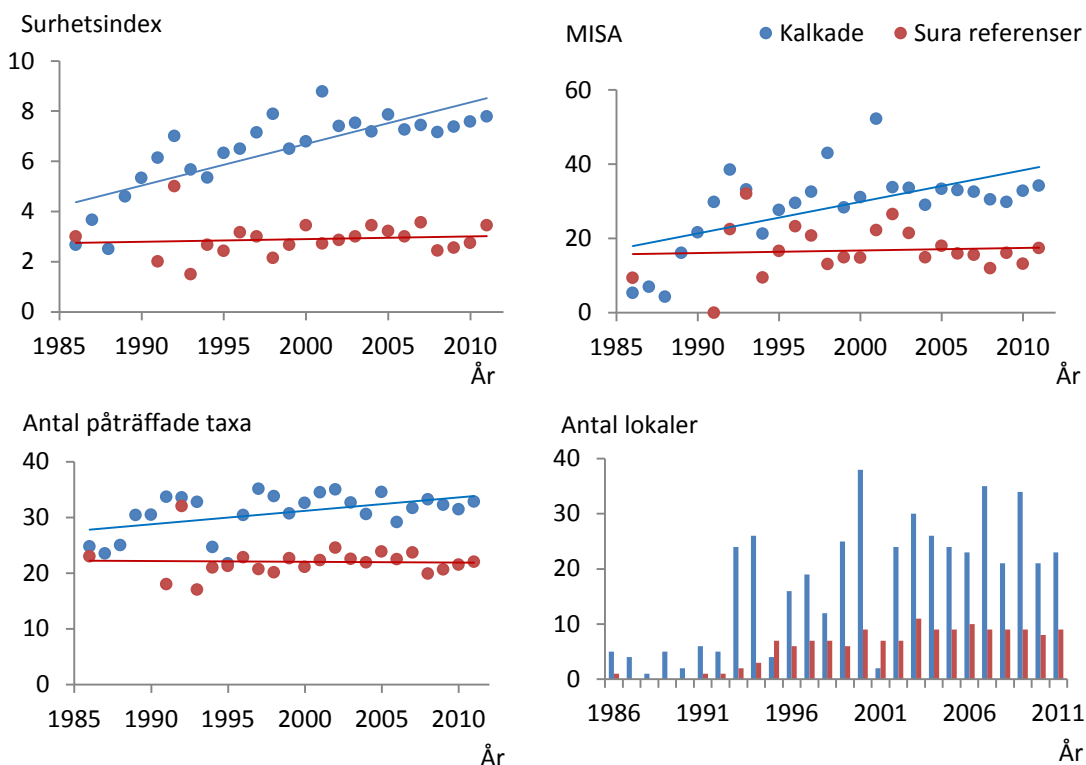


## 4. Resultat och diskussion

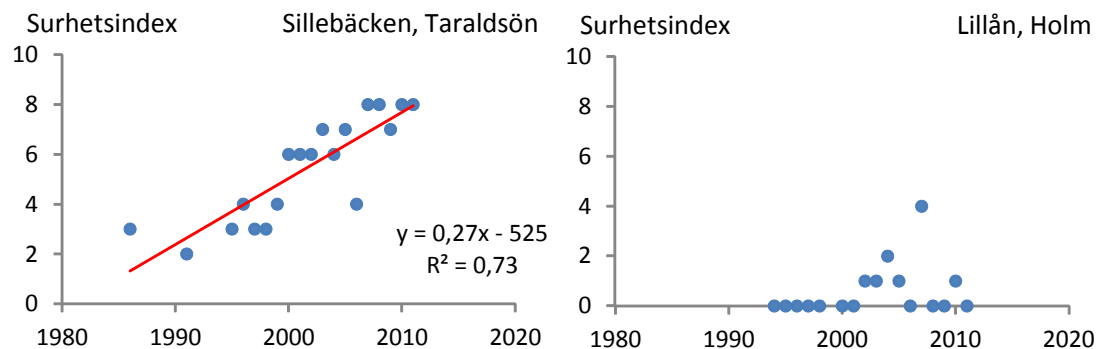
### 4.1 Bottenfauna i sura vattendrag

I Västra Götalands län avsattes tidigt ett antal referensstationer som inte påverkats av kalkning. De referensstationer som var sura är i de flesta fall fortfarande sura och endast små tecken på förbättringar kan ses.

I Figur 5-1 visas en jämförelse mellan försurade referenser och kalkade objekt med kalkstart mellan 1986-1993. Inga statistiskt säkerställda förändringar av medelvärden för Surhetsindex, MISA och artantal har skett i de sura referenserna från slutet av 80-talet fram till 2011. Enskilda undantag finns dock där vattendrag verkar ha återhämtat sig helt utan åtgärder. Det tydligaste exemplet på återhämtning är Sillebäcken där bottenfaunan bedömdes vara kraftigt försurningspåverkad i mitten av 1980-talet och där de senaste undersökningsresultaten indikerar att vattendraget idag är opåverkat av försurning (Figur 5-2). I Figur 5-2 visas också förändringen av Surhetsindex över tid i Lillån som utgör ett typiskt exempel på en försurad referens där återhämtning ännu inte skett.



Figur 5-1. Förändring för Surhetsindex, MISA och artantal i sura referenser (n=11, röd) respektive objekt med kalkstart mellan 1986-1993 (n=73, blå). Förändringen visas som medelvärden med trendlinje. Regressionsanalys visar inga statistiskt säkerställda förändringar för sura referenser och statistiskt säkerställda öknings av Surhetsindex ( $p < 0,001$ ), MISA ( $p < 0,01$ ) och artantal ( $p < 0,05$ ) i kalkade vattendrag.

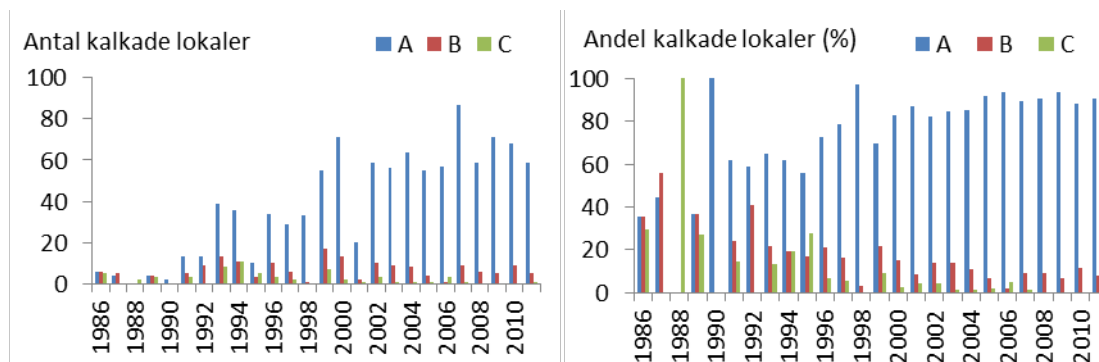


Figur 5-2. Utveckling av surhetsindex i två vattendrag som tidigt avsattes som sura referenser. I Sillebäcken har utvecklingen varit positiv med en statistiskt signifikant trend ( $p < 0,001$ ). I Lillån finns ingen signifikant trend.

## 4.2 Bottenfauna i kalkade vattendrag

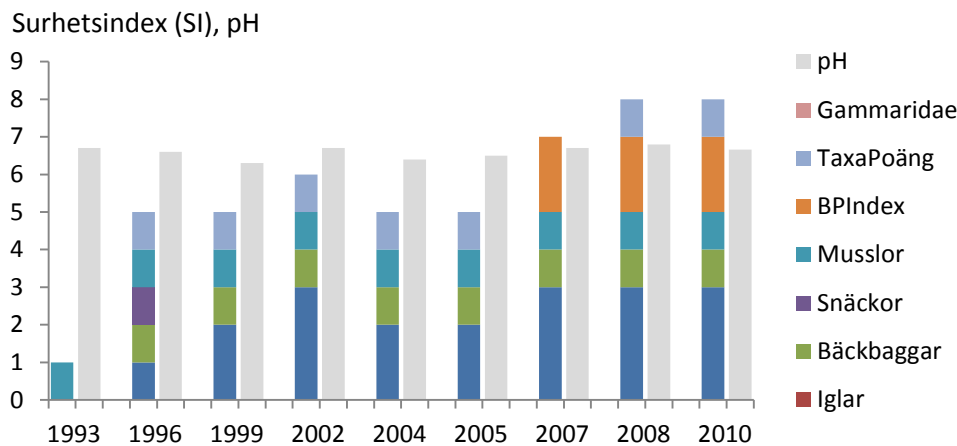
I effektkontrollen av kalkningarna i Västra Götalands län gjordes tidigt bedömningar av hur bottenfaunan var påverkad av kalkning. Påverkansbedömningen gjordes bl.a. med hjälp av surhetsindex och resultaten klassades i tre grupper där A innebär ingen eller obetydlig påverkan av försurning, B innebär en tydlig påverkan av försurning och C innebär en stark eller mycket stark påverkan.

Figur 5-3 visar resultaten från 237 lokaler av de bottenfaunaundersökningar som gjorts i dåvarande Göteborgs, Bohus, Älvsborgs och Skaraborgs län 1986 till 1997 samt i nuvarande Västra Götalands län 1998 till 2011. Det är inte samma lokaler som undersökts varje år, men resultaten ger en bild av kalkningsverksamhetens positiva effekter på bottenfaunan i kalkade vattendrag. Andelen kalkade lokaler som bedömdes tillhöra den högre klassen (A) ökade generellt, medan andelen som bedömdes som försurningspåverkade (B och C) minskade kraftigt. Dessa resultat indikerar att det tog lång tid för bottenfaunan att återhämta sig efter det att kalkningen påbörjades men också att kalkningen i de flesta vatten hade en positiv effekt på bottenfaunan. Under 2000-talet har andelen kalkade vatten som bedömts som opåverkade av försurning med avseende på påverkan på bottenfaunan varit mellan 80 och 93 procent i Västra Götalands län.



Figur 5-3. Jämförelse av andelen av olika försurningsbedömningar i kalkade vattendrag 1986 till 2011. Bedömning av försurningspåverkan: A = ingen eller obetydlig, B = betydlig och C = stark eller mycket stark. 237 lokaler och 1291 provtillfällen.

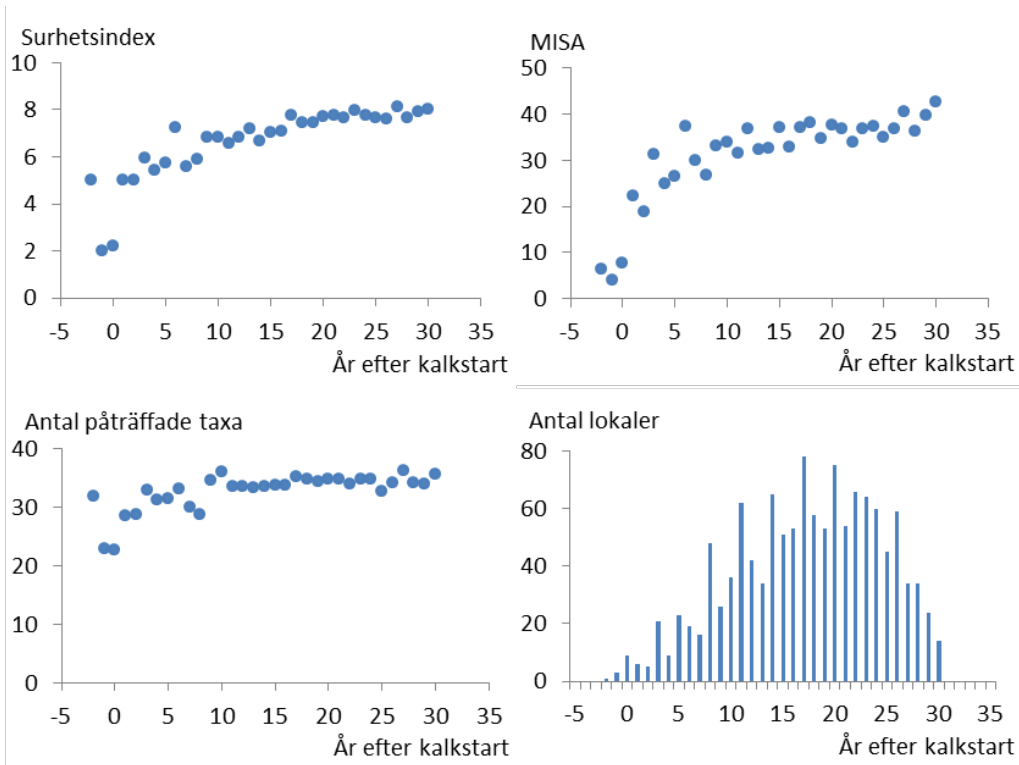
Erfarenheter från effektkontrollen av kalkning med undersökningar av bottenfauna i kalkade vattendrag visade att återhämtningen av bottenfaunan grovt kunde delas in i tre mer eller mindre distinkta faser. I den första fasen ökade individtätheten av måttligt känsliga arter som sannolikt funnits kvar i låga tätheter i refugier där försurningen inte varit lika kraftig, t.ex. i utströmningsområden med bättre buffrat vatten. Med avseende på Surhetsindex innebar detta i första hand att musslor, snäckor, iglar och/eller bäckbaggar ökade i täthet så att sannolikheten ökade att dessa fångades vid provtagningen. Detta ledde också i de flesta fall till ett ökat artantal. I andra fasen koloniserade känsliga indikatorarter samtidigt som mer försurningståliga arter och grupper minskade i täthet på grund av ökad konkurrens. Under andra fasen skedde ofta flera bakslag med indikation om försämrade förhållanden. Den tredje fasen kännetecknades av stabilitet med förekomst av känsliga arter, ett relativt högt artantal samt oftast en dominans av känsliga sländor jämfört med mer tåliga arter bland sländorna, t.ex. ett högt Baetis/Plecoptera-index. I figur 5-4 visas ett exempel från Rullån där det tog nästan 15 år att nå den tredje och mer stabila fasen. Redan direkt efter kalkning visade de vattenkemiska undersökningarna stabila pH över sex (Figur 5-4).



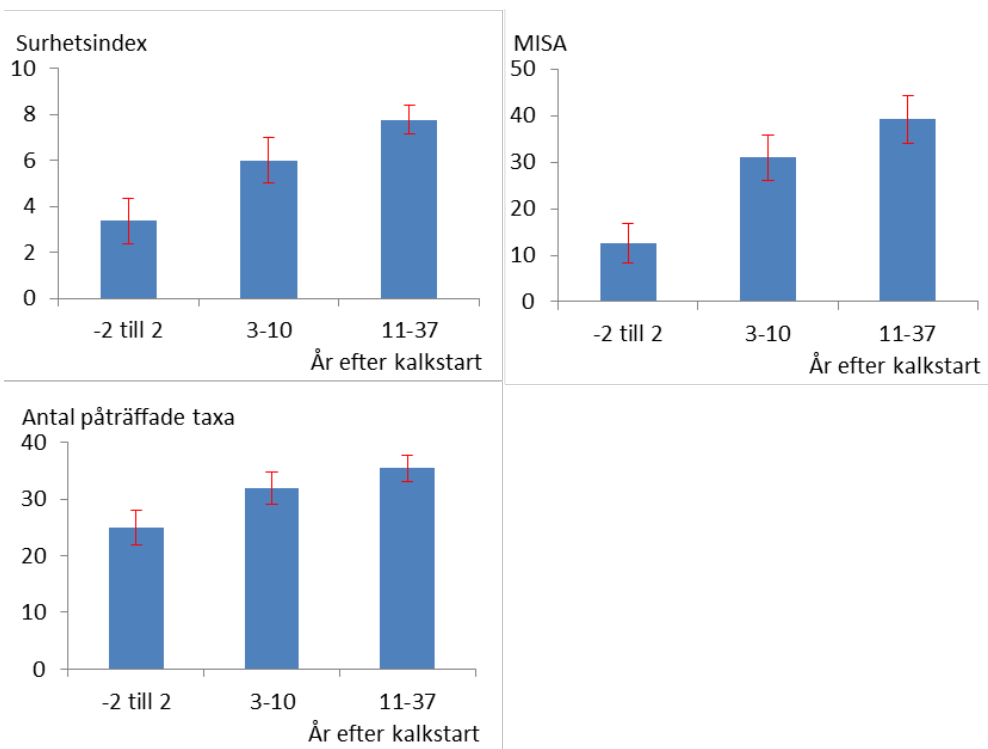
Figur 5-4. Surhetsindex och pH i Rullån vid Hyndarp 1993 – 2010. Objektet började kalkas 1993. pH visas som det minsta uppmätta värdet för provtagningsåret. Förklaring till beräkning av surhetsindex: Försurningskänsligaste arten bland dag-, bäck- och nattsländor (kan ge maximalt 3 poäng), Iglar (förekomst ger 1 poäng), Bäckbaggar (förekomst ger 1 poäng), Snäckor (förekomst ger 1 poäng), Musslor (förekomst ger 1 poäng), Baetis/Plecoptera index (en kvot mellan 0,75 och 1 ger 1 poäng och en kvot över ett ger 2 poäng), Antal taxa (över 25 olika taxa ger 1 poäng och över 40 ger 2 poäng), Gammarus (förekomst ger 3 poäng).

En sammanställning av medelvärden från de 237 kalkade lokalerna i Västra Götaland indikerar också att återhämtningen efter kalkstart tog lång tid. Förändringen av tre olika index från kalkstart och trettio år framåt i tiden visar att det i genomsnitt tog cirka 10 till 20 år innan stabila förhållanden nåddes (Figur 5-5).

Av dessa 237 kalkade vattendrag har 20 lokaler kalkats under lång tid samt har undersökningsresultat från hela denna period. För dessa lokaler visar en statistisk test på signifikanta skillnader mellan olika tidsperioder ( $p < 0,01$ , parat t-test) (Figur 5-6). Data delades upp i tre tidsperioder, åren kring kalkstart, 3 till 10 år efter kalkstart och 11 till 31 år efter kalkstart. Även dessa resultat indikerar att bottenfaunans återhämtning tog mer än tio år efter det att kalkningen påbörjades.

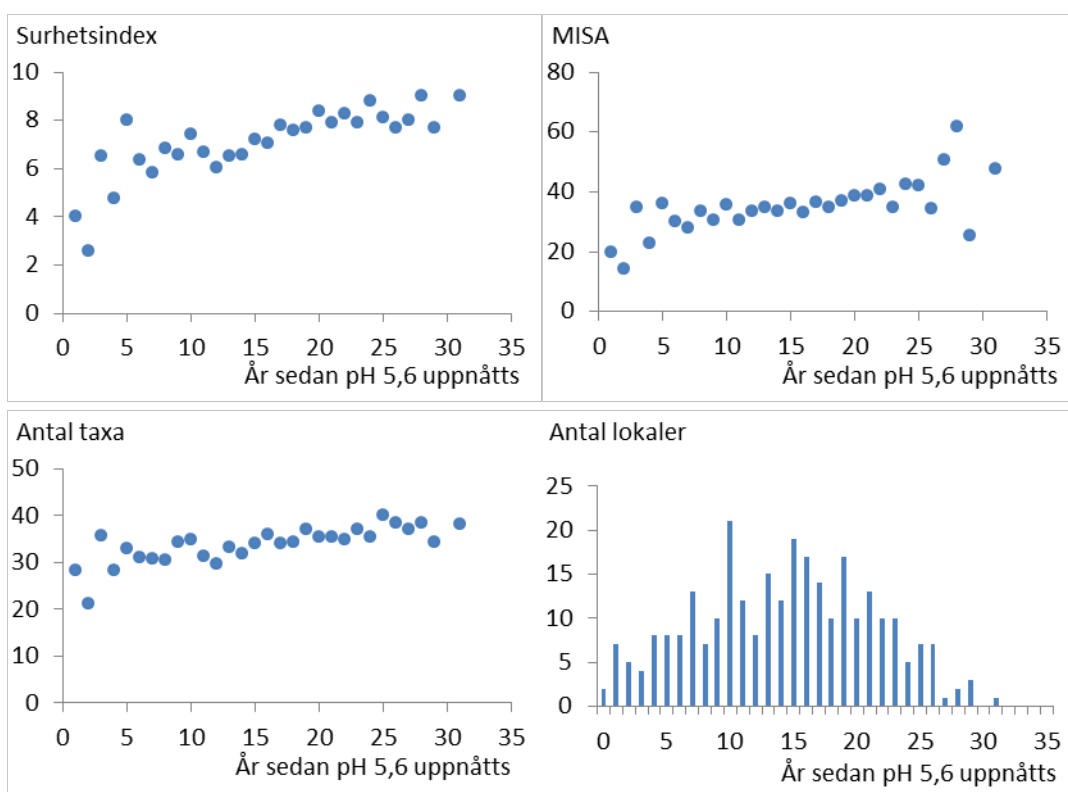


Figur 5-5. Förändring av Surhetsindex, MISA och artantal sedan kalkstart i vattendrag i Västra Götalands län. Förändringen visas som medelvärden. Kalkstart är satt som år noll. I analysen ingår 237 kalkade objekt som provtagits vid sammanlagt 1303 provtillfällen.



Figur 5-6. Förändring av Surhetsindex, MISA och artantal sedan kalkstart i vattendrag i Västra Götalands län. Förändringen visas som medelvärden med 95 % konfidensintervall där varje station finns representerat med minst en provtagning i varje tidsgrupp. Kalkstart är satt som år noll. Samtliga medelvärdeskillnader är statistiskt signifikanta ( $p < 0,01$ ). Antal parvis testade lokaler är 20.

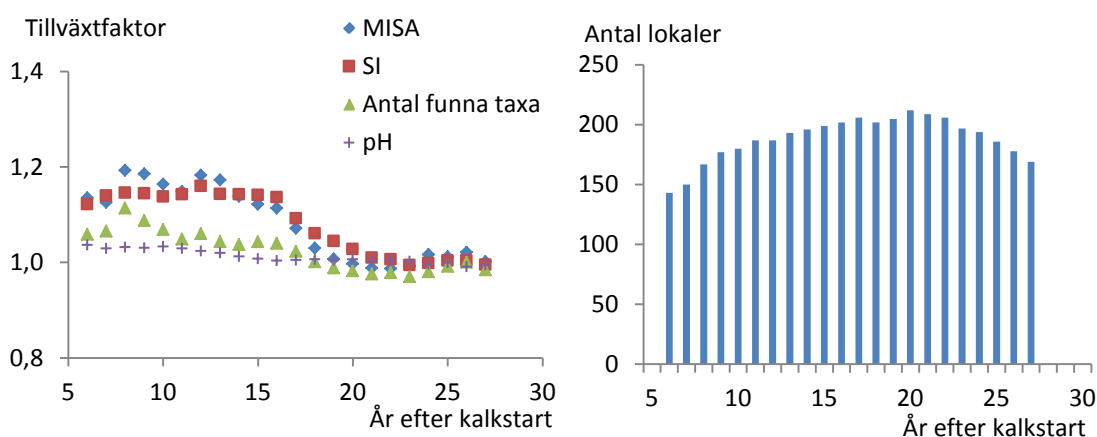
De två huvudsakliga skälen till att återhämtningen av bottenfaunan tog lång tid kan tänkas ha varit att kalkningarna i början hade svårt att uppnå stabila pH-värden i målpunkterna och/eller att återkolonisationen av känsliga arter var en process som tog lång tid. För att testa detta valdes de 57 objekt ut där kalkningen tidigt nådde ett pH-mål om minst 5,6 och där pH därefter aldrig understeg 5,6 vid de vattenkemiska provtagningarna. Resultaten för dessa lokaler visar en liknande bild som ovan med en återhämtningsfas på cirka 10 till 20 år (Figur 5-7). Detta indikerar att orsaken till att återhämtningen tog lång tid inte i första hand var att kalkningarna inte lyckades upprätthålla pH-målen utan att de biologiska processerna med återkolonisation och en återgång till en mer normal artsammansättning tog lång tid.



Figur 5-7. Förändring av Surhetsindex, MISA och artantal sedan pH 5,6 uppnåtts i vattendrag i Västra Götalands län. Förändringen visas som medelvärden. Målpuffyllelse är satt som år noll. I analysen ingår 291 provtagningstillfällen vid 57 olika stationer.

För att mer exakt försöka bestämma hur lång tid återhämtningsprocessen tog användes de 230 kalkade vattendrag där data finns från minst två provtillfällen efter kalkstart. Sju vattendrag från det ursprungliga urvalet togs alltså bort eftersom dessa endast hade ett provtagningstillfälle. Sedan beräknades kvoten (tillväxtfaktor) av medelvärden för Surhetsindex, MISA, antal påträffade arter och pH mellan efterföljande sex år jämfört med föregående sex år (Figur 5-8). Värdet över ett innebär således en positiv förändring av pH, index och artantal. För att statistiskt säkerställa resultatet gjordes även parvisa t-test av medelvärdena. T-testerna för varje punkt visar statistiskt säkerställda ökning (p < 0,05) av MISA fram till 17 år efter kalkstart, SI fram till 19 år efter kalkstart, antal funna taxa fram till 16 år efter kalkstart samt pH fram till 15 år efter kalkstart. Eftersom dessa värden tittar på sex år efter detta värde kan ytterligare något år läggas till och

sammantaget indikerar resultaten en tillväxt fram till ca 20 år för MISA och SI samt något kortare för antal funna taxa och pH. Därefter har inga signifikanta ändringar skett. I många fall har målen med kalkningen uppnåtts betydligt tidigare men resultatet visar att det i medeltal tagit uppemot 20 år innan stabila förhållanden uppnåtts med avseende på bottenfaunans sammansättning i länets kalkade vattendrag. Ökningen mellan åren var låg för pH och detta kan bero på att den största förändringen skedde direkt efter kalkningen. För att testa detta gjordes på samma sätt som tidigare men tidsintervallen sattes till sex år före och sex år efter kalkstart. Data från kalkade vattendrag finns från 49 stationer. Medelvärden för tiden före kalkning var pH 5,08 jämfört med pH 6,08 för tiden efter kalkning. Ett parvis t-test visar statistiskt säkerställd ökning ( $p < 0,001$ ) vilket ger en procentuell ökning på 20 %. Detta är en betydligt större förändring av pH än de förändringar som återfinns i figur 5-8.



Figur 5-8. Förändring av tillväxtfaktor för Surhetsindex, MISA, antal funna taxa och pH sedan kalkstart i 230 vattendrag med 1254 provtillfällen. I varje punkt visas tillväxtfaktorn för skillnaden mellan sex år före och sex år efter. År noll är satt till kalkstart.

Bottenfaunan i de flesta kalkade vattendrag har alltså återhämtat sig vilket indikerats av förbättringar av olika index samt ökade artantal. En viktig fråga är dock om bottenfaunan i kalkade vattendrag liknar den som finns i oförsurade och okalkade vattendrag. En test där ett stort antal index beräknades, dels från 26 kalkade vattendrag som under 25-30 år haft pH-värden över 5,6 och dels från 14 oförsurade referensvattendrag (Tabell 5-1). Eventuella skillnader mellan indexen testades statistiskt med Mann Whitney U-test (Tabell 5-2). På samma sätt testades också skillnaderna mellan dessa två grupper och data från 15 sura referenser. Testerna kunde inte visa på några skillnader mellan gruppen kalkade vattendrag och gruppen oförsurade referenser (Tabell 5-2). Båda dessa grupper visade dock signifikanta skillnader mot sura referenser för många av indexen (Tabell 5-2). Slutsatsen av testen är att vattendrag som kalkats länge och som har en stabil vattenkemi med pH-värden som aldrig understiger 5,6 har en bottenfauna som i hög grad liknar den som finns i okalkade och oförsurade referenser. Detta gäller både med avseende på allmänna påverkansindex t.ex. artantal, individtäthet och diversitet och mer specifika försurningsindex t.ex. MISA, Surhetsindex, AWIC-index och Baetis/Plecoptera-index. På samma sätt visar testerna att artsammansättningen av bottenfaunan i de kalkade vattendragen skiljer sig kraftigt från den som finns i de försurade referenserna.

Flera av de index som testades är index eller delindex till multimetriska index som avser att mäta effekter av näringsämnespåverkan på bottenfauna. Detta gäller ASPT, Saprobieindex, Individandel EPT (%), EPT-index och Individandel Crustacea (%). I dessa fall fanns det alltså ingen egentlig anledning att förvänta sig signifikanta förändringar i kalkade vattendrag jämfört med sura vattendrag, vilket också testerna visade. I två fall, Diversitet och Individandel predatorer, kunde man förväntat sig en förbättring genom en ökad diversitet och en minskad andel predatorer i kalkade vatten jämfört med de sura referenserna. Så var dock inte fallet i det undersökta materialet. Ätminstone med avseende på diversiteten var detta förvånande, framförallt med tanke på att en signifikant skillnad fanns med avseende på artantal som är en del i beräkningen av indexet.

Tabell 5-1. Medelvärden av index samt 95 % konfidensintervall i okalkade och oförsurade referensvattendrag, i kalkade vattendrag som nått pH på minst 5,6 under 25 till 30 år samt i sura referenser. <sup>(1)</sup> De sura referenserna var dels okalkade referensvattendrag och dels vattendrag som det togs prover i innan kalkning påbörjades. <sup>(2)</sup> pH-värdet är beräknat som medelvärdet av varje års minvärden. KI = konfidensintervall.

Index	Oförsurade ref. n=14		Kalkade n=26		Sura ref. n=15 <sup>(1)</sup>	
	medel	95% KI	medel	95% KI	medel	95% KI
pH <sup>(2)</sup>	6,47	0,34	6,57	0,13	5,38	0,47
Totalantal Taxa	33,7	3,82	36,4	2,48	22,0	3,84
Medelantal Taxa per prov	20,9	2,73	21,5	1,93	10,2	2,35
Individtäthet (antal/m <sup>2</sup> )	1866	521	1450	395	585	333
Diversitet (Shannonindex)	3,25	0,29	3,40	0,22	3,03	0,57
ASPT	6,26	0,12	6,26	0,15	6,25	0,36
MISA	41,8	9,54	38,7	4,02	11,7	5,93
Surhetsindex (SI)	8,4	1,17	7,6	0,63	2,5	0,87
Antal familjer	26,1	2,56	27,5	1,62	17,1	2,63
Antal taxa Ephemeroptera	4,29	1,13	4,77	0,67	2,71	0,78
Ephemeroptera/Plecoptera-index	5,68	3,18	3,54	1,82	1,01	1,28
AWIC-index	4,40	0,12	4,42	0,09	3,94	0,14
Individandel sönderdelare (%)	8,04	3,93	6,47	1,87	14,1	5,32
Individandel Ephemeroptera (%)	27,5	9,89	22,9	7,25	12,0	6,5
Individandel Diptera (%)	17,3	6,10	13,1	5,41	33,5	13,03
Individandel predatorer (%)	12,6	8,37	13,7	6,52	12,2	5,22
Individandel EPT (%)	63,4	8,83	66,0	6,75	57,6	11,44
EPT-index	18,2	2,29	20,3	1,90	14,1	2,84
Individandel Crustacea (%)	1,55	1,86	0,55	0,39	0,85	0,90
Saprobie-index	1,77	0,10	1,75	0,06	1,68	0,16
Individtäthet Baetis (antal/m <sup>2</sup> )	284	204	157	65,8	17,5	27,4
Individtäthet Elmidae (antal/m <sup>2</sup> )	177	129	116	57,5	10,6	13,9
Individtäthet Plecoptera (antal/m <sup>2</sup> )	214	152	220	126	425	367
Baetis/Plecoptera-index	2,67	2,45	1,70	1,09	0,071	0,084

Tabell 5-2. Mann-Whitney U-test av medelvårdesskillnad av index i tabell 5-1 i okalkade och oförsurade referensvattendrag, i kalkade vattendrag som nått pH på minst 5,6 under 25 till 30 år samt i sura referenser. De sura referenserna var dels okalkade referensvattendrag och dels vattendrag som det togs prover i innan kalkning. n.s. = ingen signifikans, \* p<0,05, \*\* p<0,01, \*\*\* p<0,001.

Index	Ref./kalkade	Kalkade/sura	Ref./sura
pH	n.s.	***	*
Totalantal Taxa	n.s.	***	**
Medelantal Taxa per prov	n.s.	***	***
Individtäthet (antal/m <sup>2</sup> )	n.s.	**	***
Diversitet (Shannonindex)	n.s.	n.s.	n.s.
ASPT	n.s.	n.s.	n.s.
MISA	n.s.	***	***
Surhetsindex (SI)	n.s.	***	***
Antal familjer	n.s.	***	***
Antal taxa Ephemeroptera	n.s.	***	*
Ephemeroptera/Plecoptera-index	n.s.	**	**
AWIC-index	n.s.	***	***
Individandel sönderdelare (%)	n.s.	***	*
Individandel Ephemeroptera (%)	n.s.	*	*
Individandel Diptera (%)	n.s.	***	*
Individandel predatorer (%)	n.s.	n.s.	n.s.
Individandel EPT (%)	n.s.	n.s.	n.s.
EPT-index	n.s.	**	n.s.
Individandel Crustacea (%)	n.s.	n.s.	n.s.
Saprobie-index	n.s.	n.s.	n.s.
Individtäthet Baetis (antal/m <sup>2</sup> )	n.s.	***	***
Individtäthet Elmidae (antal/m <sup>2</sup> )	n.s.	***	***
Individtäthet Plecoptera (antal/m <sup>2</sup> )	n.s.	n.s.	n.s.
Baetis/Plecoptera-index	n.s.	***	***

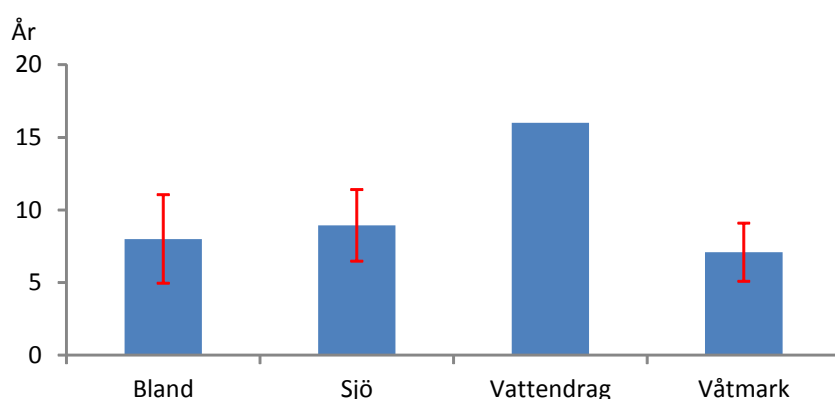
### 4.3 Kalkningsstrategi

Återhämtningen efter kalkstart kan tänkas ha tagit olika lång tid beroende på de kalkningsstrategier som använts. Ett antal kalkade vatten valdes ut där undersökningar av bottenfaunan gjorts mer regelbundet och dessa grupperades efter olika kalkningsstrategier. De flesta åtgärdsområdena i länet har en mer eller mindre blandad strategi men om kravet sattes på att 75 % av kalken skulle spridas med en viss strategi kunde fyra olika grupper utvärderas: blandade strategier, sjökalkningar, doserarkalkningar och våtmarkskalkningar (Figur 5-9). När det gäller huvudsaklig spridning med doserare i vattendrag fanns endast två exempel i Västra Götalands län med data från bottenfaunaundersökningar vilket omöjliggör en statistisk relevant test av medelvårdesskillnader mot övriga strategier. Dessa resultat togs därför inte med i den statistiska testen. Resultaten med avseende på hur lång tid det i medeltal tog att för första gången uppnå indikatorvärdet 6 för Surhetsindex indikerar inte några statistiskt signifikanta skillnader (ANOVA) mellan de övriga strategierna (Figur 5-9). Medelvärdet för doserarkalkning indikerar att kalkningarna med denna strategi tog betydligt längre tid för att nå det upp-

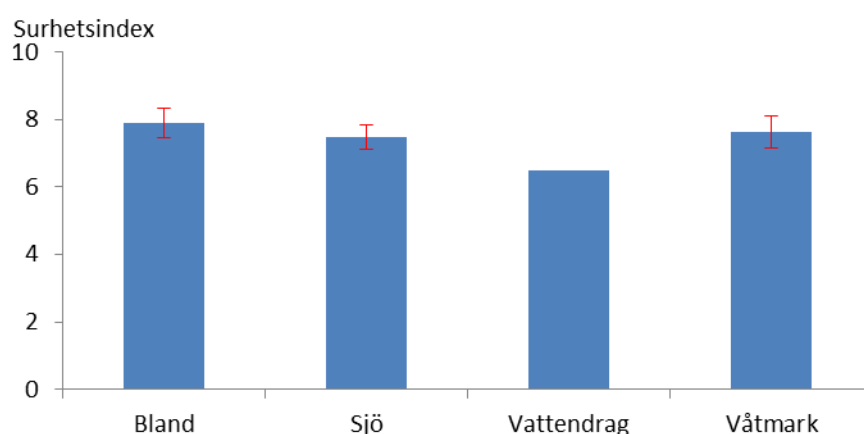


satta målet. Eftersom så få data ( $n = 2$ ) ligger till grund för värdet kan dock ingen slutsats dras av detta. Observera också att ett Surhetsindex med värdet sex inte innebär att målet med kalkningen kan anses vara uppnått. Värdet sex användes i detta fall endast för att se skillnader i hur lång tid den inledande fasen av återhämtningen tog.

Skillnaderna mellan de olika kalkningsstrategierna är också små efter lång tids kalkning och det finns inte någon statistiskt säkerställd skillnad (ANOVA) med avseende på surhetsindex om strategierna grupperas på liknande sätt som ovan (Figur 5-10). Totalt användes 180 stationer i den statistiska testen. Av samma anledning som ovan undantogs strategin med doserarkalkningar i den statistiska testen men resultaten från de två exempel som finns i materialet från Västra Götalands län indikerar en något sämre situation för bottenfaunan i vattendrag som kalkats med doserare.



Figur 5-9. Medelantal år från kalkstart som det tagit till dess att Surhetsindex för första gången uppnådde resultatet 6 för olika kalkningsstrategier. Felstaplarna visar 95 % konfidensintervall. Bland = blandade strategier ( $n = 13$ ), Sjö = mer än 75 % av kalken har spridits i sjö ( $n = 20$ ), Vattendrag = mer än 75 % av kalken har spridits med doserare ( $n=2$ ), Våtmark = mer än 75 % av kalken har spridits på våtmark ( $n = 22$ ).



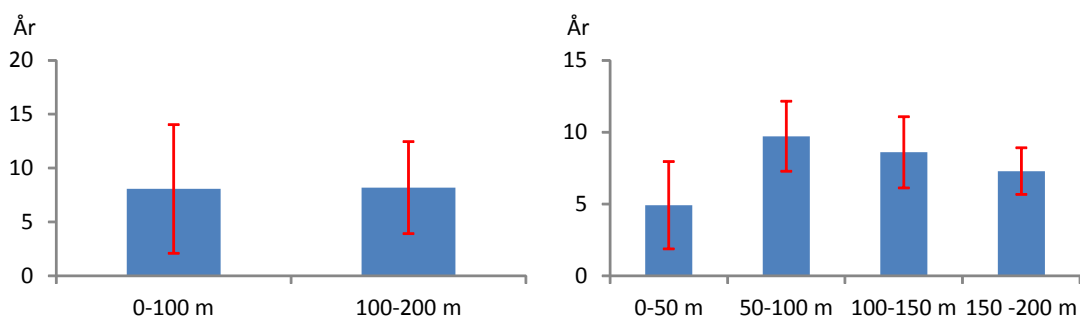
Figur 5-10. Medelvärden av Surhetsindex för de olika kalkningsstrategierna från kalkade vattendrag som provtagits mellan 2009-2011. Felstaplarna visar 95 % konfidensintervall. Bland = blandade strategier ( $n = 55$ ), Sjö = mer än 75 % av kalken har spridits i sjö ( $n = 85$ ), Vattendrag = mer än 75 % av kalken har spridits med doserare ( $n=2$ ), Våtmark = mer än 75 % av kalken har spridits på våtmark ( $n = 38$ ). ANOVA visar inga statistiskt säkerställda skillnader mellan de olika kalkningsstrategierna.

## 4.4 Miljöfaktorers betydelse för återhämtningen

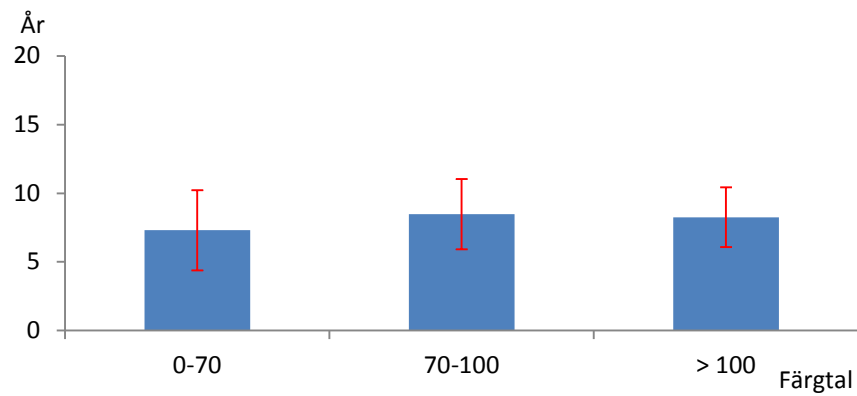
För att belysa frågeställningen om olika miljöfaktorer har haft betydelse för bottenfaunans återhämtning efter kalkning sammanställdes material med avseende på altitud och vattnets färgtal. Bland de kalkade vattendragen togs de vattendrag ut som uppfyllde ett antal kriterier. Kriterierna var att undersökningar av bottenfaunan skulle ha gjorts vid fler än två tillfällen, undersökningsresultat med avseende på bottenfauna skulle finnas senast sex år efter kalkstart samt höjddata respektive data för färgtal skulle gå att koppla till vattendragen. Av de kalkade vattendragen uppfyllde 54 kriterierna och vattendragen grupperades efter altitud och efter vattnets färgtal (Figur 5-11, figur 5-12). På samma sätt som ovan jämfördes resultaten sedan med avseende på hur lång tid det i medeltal tog att för första gången uppnå indikatorvärdet 6 för Surhetsindex.

När det gäller kalkningar i förhållande till altitud indikerar analysen att vattendrag nära havets nivå (0-50 meter) återhämtade sig snabbare än högre belägna vattendrag (Figur 5-11). Skillnaden var dock endast statistiskt signifikant jämfört med vattendrag belägna på nivån 50-100 meter över havet. Övriga medelvärdeskillnader i analysen var inte statistiskt signifikanta. Det erhållna resultatet är svårtolkat eftersom en stor mängd faktorer kan vara den bakomliggande orsaken. Det kan röra sig om skillnader i nederbörd, markanvändning, storlek på avrinningsområden, jordarter och så vidare.

Den liknande analysen som utfördes där olika vattendrag grupperades efter färgtal kunde inte visa på några statistiskt signifikanta skillnader och återhämtningstiderna var mycket lika för svagt färgade, måttligt färgade och starkt färgade vatten (Figur 5-12).



Figur 5-11. Medelantal år från kalkstart som det tagit till dess att Surhetsindex för första gången uppnådde resultatet 6. Dels visas stationer belägna 0 – 100 meter över havet respektive 100 – 200 meter och dels visas en uppdelning i 50-metersintervall (n = 32 och 22 respektive 11, 21, 15 och 7). Felstaplarna visar 95 % konfidensintervall.



Figur 5-12. Medelantal år från kalkstart som det tagit till dess att Surhetsindex för första gången uppnådde resultatet 6. De undersökta stationerna är uppdelade i intervallet 0 – 70, 7 - 100 respektive >100 med avseende på vattnets färgtal (n = 13, 21 respektive 20). Felstaplarna visar 95 % konfidensintervall.

## 5. Slutsatser

- Bottenfaunan har förändrats kraftigt i länets kalkade vattendrag. Detta om man jämför med hur bottenfaunasamhällena såg ut i sura vattendrag innan kalkningarna påbörjades. Artsammansättningen har förändrats kraftigt vilket bland annat visas av att känsliga indikatorarter vandrat in och att antalet arter ökat i vattendragen. De två mest använda försurningsindexen, Surhetsindex och MISA, visar också på kraftiga förändringar och en stor andel av länets kalkade vattendrag har idag bottenfaunasamhällen som kan betraktas som opåverkade av försurningens effekter.
- Bottenfaunasamhällena i länets kalkade vattendrag uppvisar inte några skillnader gentemot okalkade och oförsurade referenser. Detta gäller såväl index och uppmätta parametrar för bottenfaunan med kända kopplingar till försurningspåverkan som andra typer av index som t.ex. har kopplingar till näringsämnespåverkan.
- Tiden för återhämtning av bottenfaunan i länets kalkade vattendrag har varit lång. Resultaten tyder på att det tagit upp mot tjugo år för bottenfaunasamhällena att fullt ut återhämta sig. De slutsatser som kan dras ur materialet är att detta inte i första hand berodde på kalkningarnas effektivitet utan att det i stället huvudsakligen berott på långsamma biologiska processer där återkolonisation av känsliga arter och en återställning av dominansförhållandena mellan olika arter och grupper tagit lång tid.
- Inga skillnader har kunnat beläggas med avseende på återhämtningstiden för bottenfaunan och olika kalkningsstrategier. Sannolikt har strategin för kalkningen haft en underordnad betydelse och det viktigaste har varit att kalkningarna har kunnat upprätthålla en god vattenkemi som förmått att undvika surstötter i vattendragen.
- Miljöfaktorer som höjd över havet eller vattnets humusinhåll (färgtal) har inte visat sig haft någon stor betydelse för hur snabbt bottenfaunan kunnat återhämta sig efter kalkning.

## 6. Referenser

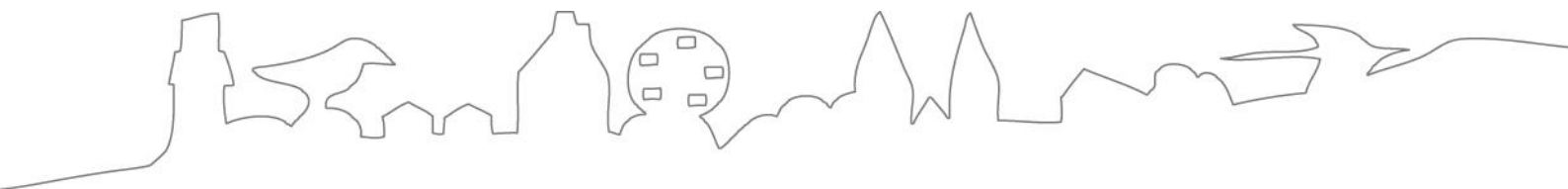
- Andersson B. I., Borg H., Edberg F.A. och Hultberg, H. 2002. Återförsurning av sjöar. Observerade och förväntade biologiska och kemiska effekter. Naturvårdsverket Rapport 5249, 2002.
- Degerman, E., Åslund, J-E. 2007. Kalk och Fisk. Kalkning av försurade vatten i Jämtlands län 1983-2006 – effekter på fiskfaunan i strömmande vatten. Länsstyrelsen Jämtlands län. Rapport 2007:2 Miljö/Fiske Kalkning.
- Degerman, E., Fernholm, B. och Lingdell, P.E. 1994. Bottenfauna och fisk i sjöar och vattendrag. Utbredning i Sverige. Naturvårdsverket, Rapport 4345.
- Henrikson, L. & Medin, M. 1986. Biologisk bedömning av försurningspåverkan på Le-långens tillflöden och grundområden 1986. Aquaekologerna. Rapport till Länsstyrelsen i Älvsborgs län.
- Hultberg, H. & Stenson, J.A.E. 1970. Försurningens effekter på fiskfaunan i två bohusslänska småsjöar. Fauna och Flora, 65: 11-19.
- Medin, M., Ericson, U. and Nilsson, C. 1993. Studier av bottenfaunan i försurade och kalkade vattendrag. Länsstyrelsen i Värmlands län. Rapport, 1993:19.
- Munthe, J. och Jöborn, A. 2009. Utvärdering av IKEU 1990–2006. Syntes och förslag. Naturvårdsverket, Rapport 6302.
- Naturvårdsverket 2007. Status, potential och kvalitetskrav för sjöar, vattendrag, kustvatten och vatten i övergångszon. Handbok 2007:4.
- Naturvårdsverket 2010. Handbok för kalkning av sjöar och vattendrag. Handbok 2010:2.
- Warfvinge, P. & Bertills, U. 1999. Naturens återhämtning från försurning – aktuell kunskap och framtidsscenarier. Naturvårdsverket Rapport 5028.

## Bilaga 1. Urval av vattendrag

Lokaler som uppnått pH 5,6 efter kalkstart och sedan inte gått under detta värde.

Huvudflod- område	Vattendrag	Lokalnamn	Lokalkod	Långtidskalkade
67	Igelbäcken	Igelbäcken	2505	
103	Bäck från Grytsjön	Sävshult	2509	
103	Stångån	Ågårde	2516	
105	Torestorpsån	Torestorp	2529	x
105	Ekån	Ekarebo	2521	
105	Ljungaån	Källebergshed	2526	
105	Surtan	Sandryd	2537	
105	Skrålabäcken	Sandvallsäng	2539	
105	Ekån	Hängefors	3286	
106	Gärån	Gunnarstorp	2550	x
106	Sundstorpsån	Kvarnås	2555	x
106	Svansjöbäcken	Svanshult	2556	x
106	Nolån	Eriksgården	2565	x
106	Ekån	Banka	2570	x
106	Ballabäcken	Linnemossen	2558	
106	Nordån	Wolfenfors	2561	
106	Dammenbäcken	Tussängen	3290	
106	Ulån	Torstensred	3307	
107	Lindomeån	Inseros	2571	x
107	Nordån	Klev	3044	x
107	Bäck från Sandsjön	Ingsered	3048	x
107	Lillån	Gärdet	3057	x
107	Finnebäcken	Holmen	3293	x
107	Mörtsjöbäcken	Smedstorp	3292	
107	Hassungaredsbäcken	Porris	3295	
108	Brodalsbäcken	Hamra kulle	2574	x
108	Kullaån	Lilla Näs	2620	x
108	Söabäcken	Hoppet	2626	x
108	Bäck från Bodanesjön	Bodane	2644	x
108	Bäck vid Bäck	Bäcken	2651	x
108	Stockaälven	Strandkullen	2669	x
108	Vallerån	Fallet	3017	x
108	Laxån	Brandsbo såg	3194	x
108	Skällsjöbäcken	Björrod	3303	x
108	Kvarnabäcken	Skvalpan	3445	x

108	Hultabäcken	Krokryd	3446	x
108	Tåsjöbäcken	Tormundgårde	2580	
108	Trönningån	Kroppsjöåsen	2581	
108	Säveån	Långared	2587	
108	Svartån	Bergstena	2588	
108	Bäck från Dammsjön	Dammen	2599	
108	Hållsdammsbäcken	Granås	2616	
108	Kullaån	Högsboholm	2619	
108	Alebäcken	Almekärr	2621	
108	Söabäcken	Lerkärr	2625	
108	Sannersbybäcken	Fägran	2630	
108	Skörsbobäcken	Norra Holt	2633	
108	Bäck från Käretjärn	Ödegården	2654	
108	Bäck från Hundsjön	Hyndered	3018	
108	Tvärån	Prästgårde	3302	
108/109	Kvarnsjöbäcken	Änghagen	3310	
110	Hornborebäcken	Mon	3289	x
110	Bäck från Strandsjön	Björnåsen	2686	
112	Liverödsälven	Högarna	3063	x
112	Torpbäcken	Österöd	3068	x
112	Noraneälven	Tullholmen	3312	x
112	Bäck från Klevvattnet	Klevvattnet	2706	



**LÄNSSTYRELSEN**  
**VÄSTRA GÖTALANDS LÄN**