

Mjukbottenfaunan i Dalälvens sjöar
struktur och funktion

Miljöenheten
Dalälvens Vattenvårdsförening

Omslagsbild: Bakgrundskarta © Lantmäteriet ärende 106-2004/188W.

Tryck: Länsstyrelsen Dalarnas tryckeri, maj 2011.

ISSN: 1654-7691

Rapporten kan beställas från Länsstyrelsen Dalarna.

E-post: dalarna@lansstyrelsen.se

Rapporten kan också laddas ned från Länsstyrelsen Dalarnas webbplats:

www.lansstyrelsen.se/dalarna

Ingår i serien Rapporter från Länsstyrelsen i Dalarnas län

Mjukbottenfaunan i Dalälvens sjöar

- struktur och funktion

Rapport 2010:21

Per Mossberg

Hans Olofsson



LÄNSSTYRELSEN
DALARNAS LÄN



Förord

Länsstyrelsen Dalarna genomför varje år ett stort antal kemiska och biologiska undersökningar av Dalarnas sjöar och rinnande vatten inom främst miljöövervakningen och den samordnade vattenförvaltningen. Undersökningarna kan både ha specifika syften som uppföljning av kalkningseffekter, inventering av miljögifter och kartläggning av övergödning eller vara av mer allmän karaktär för att beskriva vattnens status. Huvuddelen av undersökningarna har redovisats som underlagsmaterial till rapporter, men vissa data har endast lagrats hos nationella datavärddar eller länsstyrelsen.

Dalälvens vattenvårdsförening (DVVF) genomför sedan 1990 samordnad recipientkontroll i ett 30-tal sjöar och lika många rinnande vatten i framför allt Dalälvens huvudflöde och större biflöden där de största punktutsläppen finns. Undersökningarna omfattar både vattenkemi och biologiska parametrar. Alla undersökningar redovisas i en årsrapport. Därutöver har flera tematiska sammanställningar genomförts. De vattenkemiska undersökningarna har fortlöpande lagrats hos nationell datavärd (SLU-IMA).

Länsstyrelsen och DVVF beslutade 2006 att inleda ett samarbete för att sammanställa alla Dalarnas biologiska undersökningar av sjöar och rinnande vatten, lagra dessa hos aktuella datavärddar samt presentera och analysera dessa undersökningar i ett antal temarapporter för sjöar respektive rinnande vatten. Arbetet har försenats på grund av att vattenförvaltningens statusbedömning och åtgärdsprogram tagit länsstyrelsens personella resurser i anspråk under 2008 – 2009.

De tematiska utvärderingarna av sjöar omfattar följande rapporter:

Utvärdering av vattenväxtsamhället i Dalälvens sjöar, Rapport 2008:28

Metallhalter i fisk i Dalälvens sjöar – faktorer som påverkar och förändringar över tid, Rapport 2010:12

Växtplanktonsamhällen i ett urval av Dalälvens sjöar – undersökningar 1990 - 2006, Rapport 2010:13

Fiskbestånden i Dalälvens sjöar – faktorer som påverkar och förändringar över tid, Rapport 2010:14

Mjukbottenfaunan i Dalälvens sjöar – struktur och funktion, Rapport 2010:21

Utvärdering av biologiska bedömningsgrunder för sjöar – erfarenheter från Dalarna, Rapport 2010:16

Motsvarande temarapporter för rinnande vatten beräknas publiceras under 2011.

Per-Erik Sandberg

Länsstyrelsen Dalarna

Kenneth Collander

Dalälvens Vattenvårdsförening

Länsstyrelsen i Dalarnas län, maj 2010

Innehåll

Förord	2
Innehåll	3
1 Inledning	4
2 Metodik	4
3 Resultat	5
3.1 <i>Taxa och funktionella grupper</i>	5
3.2 <i>Mjukbottenfaunans vertikala och horisontala utbredning</i>	6
3.3 <i>Mångfald och funktionella grupper vid gradienter i påverkan</i>	8
3.3.1 <i>Näringspåverkan</i>	8
3.3.2 <i>Vattenregleringspåverkan</i>	12
3.3.3 <i>Buffertförmåga</i>	13
3.3.4 <i>Metallpåverkan</i>	15
3.4 <i>Diskussion</i>	17
3.4.1 <i>Antal arter/taxa och funktionella grupper i opåverkade sjöar</i>	17
3.4.2 <i>Förluster av mångfald i betydelsefulla recipienter</i>	18
4 Slutsatser	21
Referenser	22
Länsstyrelsens rapportserie	24

1 Inledning

Mjukbottenfaunan i sjöar har under det senaste hundra åren använts för att klassificera sjötyper och för att indikera mänsklig påverkan. De senaste årtiondena har olika index baserade på empiriska data över artsammansättning och individtätheter av bottenlevande djur vidareutvecklats till särskilda bedömningsgrunder för klassning av sjöar utsatta för olika påverkan (NV rapport 4921, NFS 2008:1).

Den samordnade recipientkontrollen i Dalälven har med anledning av bottenfaunans värde som underlag för statusbedömning samlat in information om mjukbottenfaunan från viktiga recipienter till industrier och tätorter sedan 1990-talet. Tillsammans med andra bottenfaunaundersökningar utförda inom ramen för regional kalkeffektuppföljning och miljöövervakning har ett femtiotal olika sjöar undersökts i Dalälvens avrinningsområde. Gemensamt för dessa undersökningar är en enhetlig insamlingsmetodik och taxonomisk analysnivå, vilket möjliggör utvärdering av variationen i mångfald (antal arter eller taxonomiska enheter) och funktionella grupper (FG) i Dalälvens sjöar.

Urvalet av sjöar i undersökningen är mycket heterogent med avseende på naturgivna förutsättningar och antropogen påverkan. Bedömda enligt Naturvårdsverkets sjötyper (NFS 2006:1) visar de en relativt god överensstämmelse med den samlade sjöpopulationen i Dalälvens avrinningsområde (VISS). Av de tio officiella sjötyperna i Dalälven saknas endast tre mycket sällsynta (ca 1 % av hela sjöpopulationen) sjötyper i bottenfaunaundersökningen. De fem opåverkade referenssjöarna i undersökningen representerar tre olika sjötyper som tillsammans utgör knappt hälften av alla typade sjöobjekt. Stora, djupa sjöar som utgör endast 2 % av Dalälvens sjöar är överrepresenterade i undersökningen, medan små grunda som utgör 50 % av Dalälvens sjöar är underrepresenterade i undersökningen.

Utvärderingen syftar till att belysa mjukbottenfaunans egenskaper i såväl extrema som mer ordinära sjömiljöer som underlag för vattenförvaltningsarbete (enligt SFS 2004:660) och fortsatt biologisk miljöövervakning i Dalälvens sjöar.

Befintlig utvärdering av struktur och funktion utgör en första utvärdering av materialet. En andra kompletterande utvärdering planeras med inriktning på livsmiljöer och levnadssätt för de mest frekventa arterna i Dalälvens sjöar.

2 Metodik

Utvärderingen omfattar 90 provtagningstillfällen i maj månad under åren 1993 och 2006 i 56 olika sjöar. Sjöar provtagna vid flera (2-3) tillfällen har 3-10 år mellan provtillfällena. För att bredda materialet har ett mindre antal undersökningar från sjöar utanför Dalälvens avrinningsområde tillförts utvärderingen (se Appendix 1 - Basinformation för undersökta sjöar).

Varje provtagning omfattar Ekmanhugg i 3 djupgradienter i olika väderstreck från sjöns största djup upp till en meters djup (omfattande djupen 1, 2, 4, 6, 8, 10, 15, 20, o s v ned till maxdjup). Proven har sällats med en maskvidd av 0,5 mm. Metodiken approximerar ett normerat eftersök per bassängform med många prov i stora djupa sjöar och färre hugg i små grunda sjöar. Totalt omfattar undersökningarna knappt 2 000 hugg.

I omkring hälften av alla prov har sällresterna analyserats med avseende på sammansättning och volym.

Alla organismer i samtliga Ekmanhugg har analyserats till art eller taxa och kvantifierats till antal per hugg (detektionsgränsen en individ per hugg motsvarar 40 individer/m²), vilket resulterat i drygt 17000 observationer.

Utvärderingen baseras på granskning bottenfaunans status (indelning i antal arter/taxa, funktionella grupper enligt Nilsson, 1997) i gradienter av uppmätt påverkan från

markanvändning, avloppsreningsverk (ARV) och olika typer av industrier. Gradienterna har skapats genom att urval av sjöar och djup grupperats med avseende på en dominerande påverkansfaktor tillsammans med de fem opåverkade referenssjöar som ingår i den samlade undersökningen. Påverkansfaktorer som använts är: vattenreglering mätt som regleringsamplitud (RA), vattenkemiska egenskaper mätta som årliga medianvärden, sedimentkemiska egenskaper och syrgasvärden i mars månad samma år som bottenfaunaprovtagningen.

Förändringar längs gradienterna har bedömts med hjälp av figurer baserade på medelvärden för de 3 replikaten per djup. Eventuella samband har analyserats med Spearman rankkorrelationer baserade på aktuella värden per Ekmanhugg. Vid sidan av granskning av urvalsgrupperna har även den samlade informationen per sjöundersökning (totalt antal taxa, antal funktionella grupper) bedömts gentemot sjöarnas naturgivna egenskaper och aktuella påverkansformer.

3 Resultat

3.1 Taxa och funktionella grupper

I de 90 sjöundersökningar som ingår i utvärderingen har 244 olika taxa observerats, varav 133 är bestämda till art, se Tabell 1. Medianantalet 44 taxa noteras för sjöarna med en variationsvidd mellan 84 och 20. Huvuddelen av observerade taxa utgörs av detritusätare och rovdjur med ca 70 taxa vardera, vilka finns i samtliga sjöar (Tab.1). Detritusätare och rovdjur återfinns också i huvuddelen av alla undersökta botten, se "Förekomst i andel av hugg" i Tabell 1. Detritusätare utgör 66 % och rovdjur 19 % av samtliga observerade individer i undersökningen.

Andra vanligt förekommande funktionella grupper i sjöarna är filtrerare, skrapare och delare med förekomst i nästan alla sjöar. Till skillnad från detritusätare och rovdjur saknas filtrerare, skrapare och delare i mer än hälften av alla prover (hugg), vilket indikerar att dessa tre funktionella grupper har krav på livsmiljön som saknas i mer än hälften av bottenarna. Antalet individer inom dessa grupper är mellan 3 och 7 % i av alla observerade individer (Tab.1).

Mer sällsynt noteras allätare, växtätare och parasiter i sjöarna, och då med enstaka individ i få hugg (Tab.1). De sparsamt förekommande allätarna omfattar några glacialrelikter, vilka endast återfinns i de ca 40 djupare sjöarna belägna under högsta kustlinjen i undersökningen.

Tabell 1. Antalet arter/taxa fördelade på funktionella grupper (FG), Förekomst av FG i andel av sjöar och andel av samtliga Ekmanhugg, samt andel av individer inom respektive FG av totalt observerade individer.

Funktionell grupp	Antal taxa	Förekomst i andel av sjöar	Förekomst i andel av hugg	Andel av totalt observerade individer
Allätare	5	0,32	0,07	0,0065
Delare	17	0,80	0,18	0,0360
Detritusätare	72	1,00	0,95	0,6650
Filtrerare	15	0,96	0,49	0,0710
Parasiter	2	0,27	0,02	0,0008
Rovdjur	70	1,00	0,88	0,1890
Skrapare	40	0,99	0,25	0,0290
Växtätare	3	0,10	0,01	0,0001
Okänd funktion	20	0,37	0,04	0,0025

Gruppen med okänd funktion omfattar 20 taxa och förekommer i en tredjedel av sjöarna, men utgör endast en liten andel (2,5 promille) av observerade individer.

Kvantitativt betydande funktionella grupper med betydelse för mjukbottenfaunans struktur och funktion i Dalälvens sjöar är detritusätare, rovdjur, skrapare, filtrerare och delare. Tillsammans omfattar de 214 taxa i undersökningen.

3.2 Mjukbottenfaunans vertikala och horisontala utbredning

Medelvärdena av tre replikat per djup, för antal taxa och funktionella grupper (FG) avtar generellt från grunda, strandnära bottnar med tilltagande vattendjup. Antal taxa avtar i vertikalled från ca 35/hugg till mindre än 5 taxa/hugg på bottnar djupare än 50 m, se Figur 1 A.

På motsvarande sätt minskar antalet funktionella grupper från fyra till två. De få opåverkade referenssjöarna uppvisar lägre högstavärden och mindre spännvidd än de påverkade sjöarna (Fig. 1 A), vilket indikerar att den naturliga spännvidden i opåverkade sjöar är större än vad de få undersökta referenssjöarna visar.

Indelning av proverna i litoralzon (< 2m djup), epilimniska bottnar (ovan sprängskikt) och hypolimniska bottnar (nedan sprängskikt), visas i Figur 1 C och D. Där framgår att medianvärdena med avseende på funktionella grupper och antal taxa är högst i litoralzonen och lägst på hypolimniska bottnar. Variationen mellan sjöar är störst på de epilimniska bottarna och minst på de hypolimniska bottarna (Fig. 1 C och D).

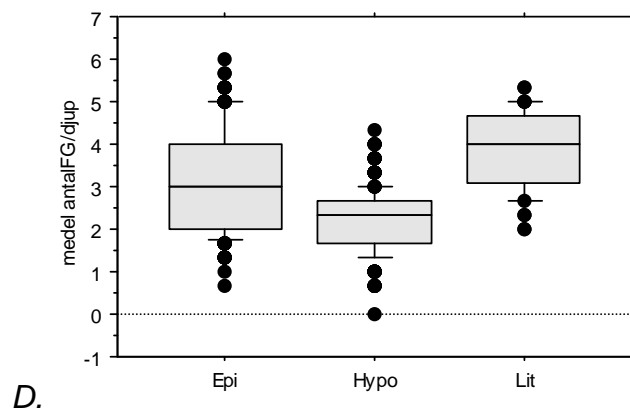
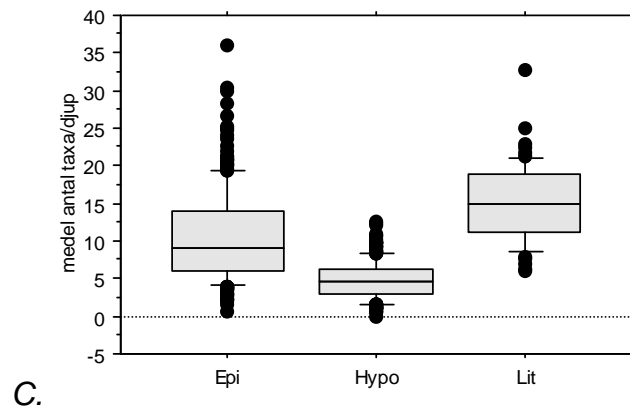
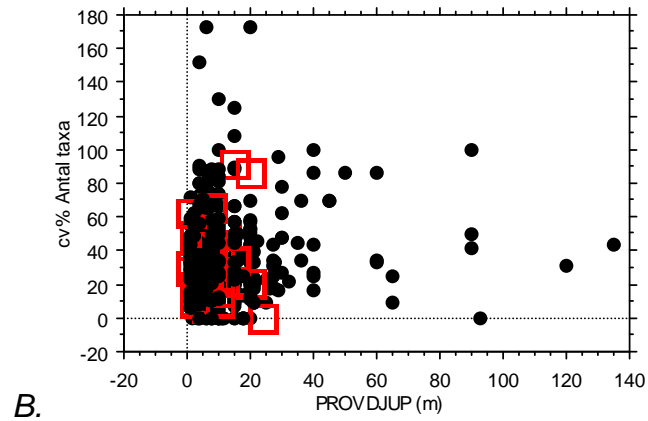
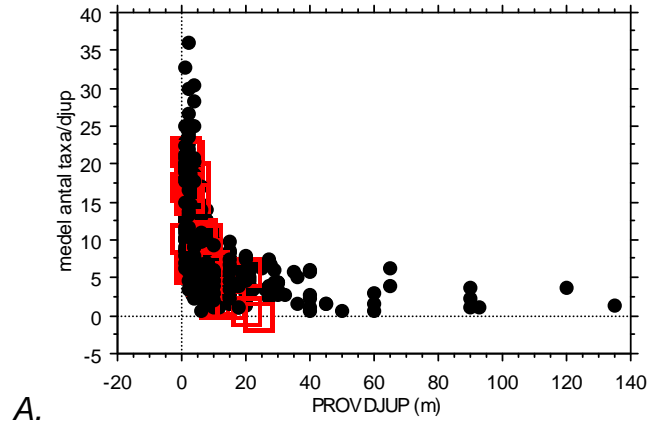
Skillnader i mjukbottenfaunans egenskaper mellan olika sjöar är således större och lättare att analysera på prover från epilimniska bottnar än från djupa bottnar i hypolimnion. Detta generella mönster med djupet gäller för antalet taxa och antalet funktionella grupper, samt individantal till följd av samvariation mellan mätten (Spearman Rho $p < 0,0001$).

Jämförelsen mellan sjöar försvåras av att den horisontella variationen inom respektive sjö (baserad på tre replikat per djup) ofta är större på de mer individ- och taxarika, grunda bottarna (Fig. 1 B). En anledning till detta är att bottarna visar större mängder och fler olika strukturelement (uppmätt i sällrester) på grunda än på djupa bottnar. Mängden sällrester avtar således från grunda till djupa bottnar i likhet med individer, taxa och funktionella grupper.

Mängden bottenssubstrat (volym sällrester/hugg) visar en positiv samvariation med antal individer, taxa och funktionella grupper (Spearman Rho $p < 0,0001$), vilket indikerar att samhällenas egenskaper inom olika djupnivåer är knutna till bottenssubstratens egenskaper. Enskilda strukturelement av såväl oorganisk (grus och sten) som organisk natur (fytobentos samt växt och djurrester) gynnar ett ökat antal individer, taxa och funktionella grupper.



Snäcka, bilden tagen i Rogsjön. Foto: David Lundvall



Figur 1. Fördelningen av antal arter/taxa och FG (funktionella grupper) i vertikal- och horisontalled. Figur 1 A visar samtliga medelvärden av antalet taxa per sjö och djup plottade mot provtagningsdjup (opåverkade referenssjöar anges med röda fyrkanter) . Figur 1 B visar variationskoefficienten ($n=3$) för antal taxa vid olika sjödjup (opåverkade referenssjöar anges med röda fyrkanter). Figur 1 C och D visar boxplottar för antal taxa respektive FG i bottarna inom djupzonerna litoral, epilimnion och hypolimnion.

3.3 Mångfald och funktionella grupper vid gradienter i påverkan

3.3.1 Näringspåverkan

3.3.1.1 Näringspåverkan i profundal (maxdjup)

Sjöar med höga halter av näring och organiskt material uppvisar ofta syrgasbrist i bottenvattnet på de djupaste bottenarna (= profundal). Flera av de undersökta sjöarna hade total syrgasbrist eller mycket låga halter under vårvintern, före bottenfaunaprovtagningen en månad senare (strax efter islossning). Endast i en av sjöarna, referenssjön Storacksen, saknas bottendjur helt till följd av permanent syrebrist de djupaste metrarna i sjön (Fig. 2).

I övriga undersökta sjöar saknar syrgashalten styrande effekt på antal funktionella grupper och taxaantal (Fig. 2 A-B). Oavsett syrgashalt domineras bottenarna av detritusätare och rovdjur. Medianvärden för antal taxa är fyra. Taxasammansättningen är däremot olika med mer tåliga taxa i de syrefattiga bottenarna än de syrerika.

Avsaknaden av ett tydligt avtagande djurliv med minskande syrehalter indikerar att även andra faktorer än syretillgången har inverkan på ekosystemens funktion på djupbottenarna. Ingen av de påverkansformer (metallpåverkan, vattenståndsreglering, näringsanrikade och sura/kalkade sjöar) som redovisas i Figur 2 A och B, ger dock stöd för att någon specifik påverkan på syrerika bottenar orsakar samma låga antal funktionella grupper eller taxa som på bottenar med syrebrist.

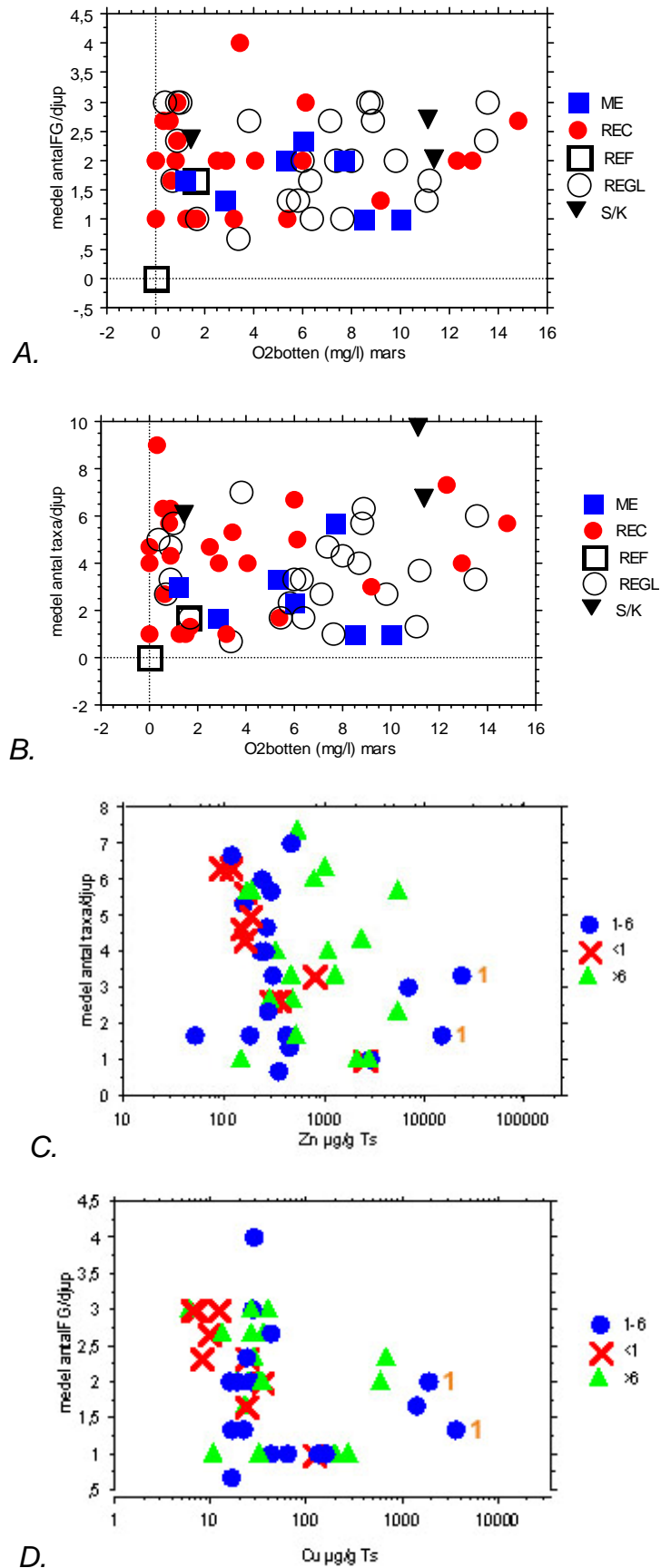
Flera av de gruppåverkade sjöarna uppvisar dock mycket höga metallhalter både i profundalsedimenten (Fig. 2 C-D) och sjövattnet (se nedan under metallgradienter). Halterna av zink, koppar, bly och kadmium i profundalsediment samvarierar i de undersökta recipienterna till sulfidmalmsgruvor (Spearman Rho $p < 0,0001$). Av figur 2 C framgår att djurliv existerar trots zinkhalter betydligt högre än Naturvårdsverkets förslag till gränsvärde på 860 mg Zn/kg Ts (NV:s rapport 5799).

Gruvsjön i Garpenberg, som förutom de högsta zinkhalterna i figur 2 C, samtidigt även innehöll mycket höga halter av koppar (1 900 mg/kg Ts), bly (7 500 mg/kg Ts) och kadmium (57 mg/kg Ts) i sedimenten uppvisar fler taxa och funktionella grupper än lika djupa, näringsfattiga och syrerika sjöar, vilka uppvisar hundra gånger lägre metallhalter i botten-sedimenten än Gruvsjön. Gruvmetallernas toxicitet är beroende på förekomstform och uppenbarligen är metallernas biotillgänglighet i Gruvsjön liten. Eftersom ingen information finns avseende metallernas tillgänglighet och giftighet i de undersökta sjösedimenten, så får det generellt negativa inflytandet på antalet taxa och funktionella grupper/hugg med ökande totalhalter av metaller i främst syrefattiga bottenar (Fig. 2 C-D) ses som en indikation på att metallerna, tillsammans med andra faktorer har betydelse för mjukbottenfaunans egenskaper i sjöarnas profundalzoner.

I stora, djupa och näringsfattiga regleringsmagasin med goda syrgasförhållanden är den låga mångfalden sannolikt en effekt av just stora djup, se Figur 1 A, och låga näringshalter. Både stora djup och låga fosforhalter uppvisar samband med låga antal taxa i profundalprov (Spearman Rho $p < 0,0001$).

I de grunda, näringsrika sjöarna med svag syretillgång under senvintern är taxa tåliga för låga syrevärden gynnade av sommartid varma, syresatta och näringsrika bottenar (Spearman Rho $p < 0,0001$). Det kan heller inte uteslutas att de under vintertid syrefattiga bottenarna under värcirkulationen syresätts och återkoloniserar av mobila taxa före provtagning av bottendjur strax efter islossning.

Mjukbottenfaunans struktur och funktion i profundalzonen är således inte enbart styrd av syrgastillgången utan även av andra påverkansfaktorer som näringshalt, metalltoxicitet, djup och temperatur.



Figur 2 A-D. Antal taxa och antal funktionella grupper i profundalen plottade mot syrgashalt i bottenvatten (A + B) och mot zink- respektive kopparhalt i sediment (C + D). I A och B redovisas påverkansform (ME =metallpåverkad sjö, REC = recipient för närsalter, REF = opåverkad referenssjö, REGL= aktivt reglerad sjö och S/K = sur och/eller kalkad sjö) och i C och D redovisas syrgashalten i tre klasser (<1 mg/l, 1-6 mg/l och >6 mg/l).Figur-ID 1 visar värden för Gruvsjön i Garpenberg.

3.3.1.2 Näringspåverkan i epilimniska bottenar

Ökande tillskott av fosfor medför ökad algproduktion och ökad sedimentation av föda till bottenlevande filtrerare och detritusätare. En annan effekt av eutrofiering är minskat siktdjup med tilltagande algblooming, vilket medför minskad instrålning till bottenarna och avtagande fytosyntetiserande växtlighet på bottenarna. För att studera fosfors betydelse för bottenfaunans mångfald i Dalälvens sjöar valdes data från 2 m djup i de 27 undersökningar där fosfor är enda påverkan.

Av Figur 3 framgår att antal funktionella grupper (FG) och antal taxa på epilimniska bottenar minskar med ökade fosforkoncentrationer (Spearman Rho, $p < 0,0001$). I sjöar inom jordbrukslandskapet med höga fosforvärden är mångfalden halverad i jämförelse med opåverkade klarvattensjöar. Den brunfärgade referenssjön Gipsjön uppvisar däremot i likhet med de eutrofierade sjöarna låga siktdjup och färre taxa än klarvattensjöarna med höga siktdjup, se Figur 3 C.

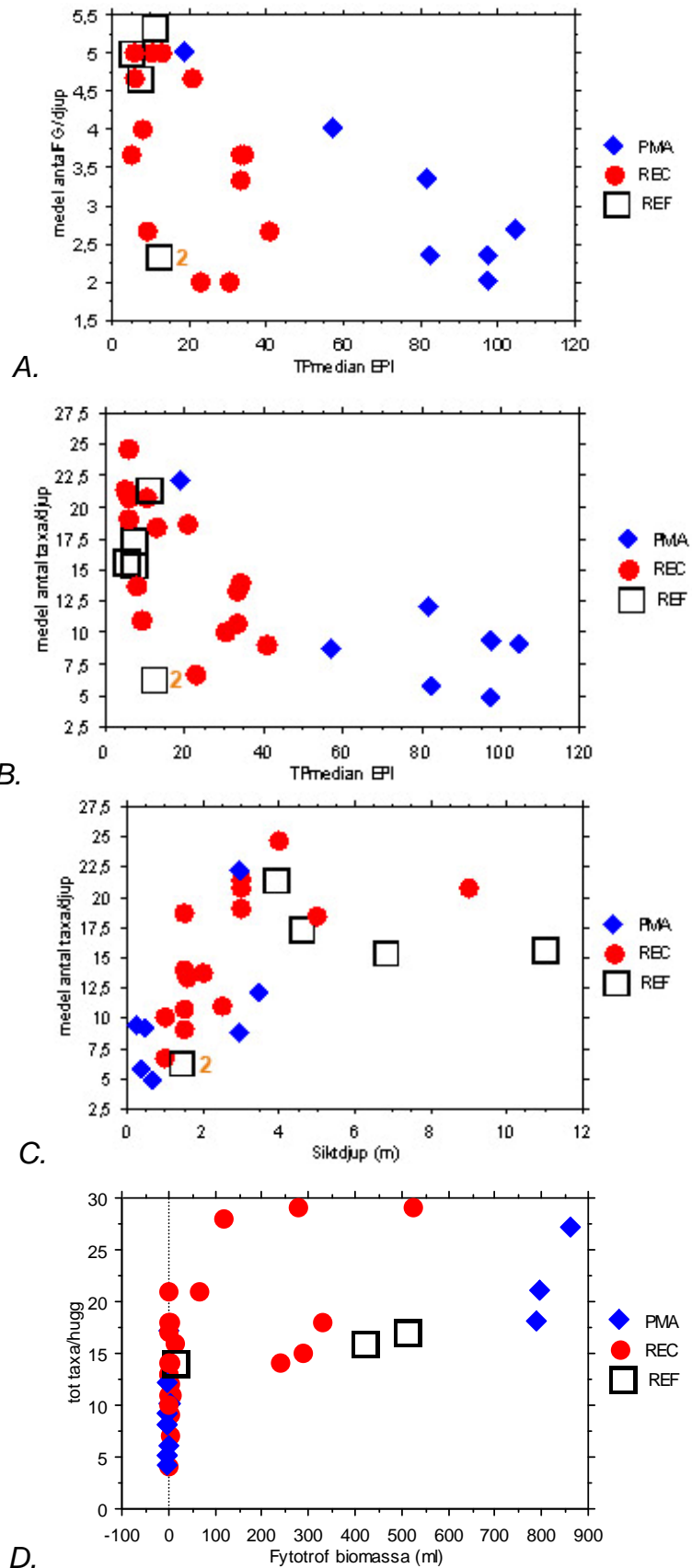
Sjöar med siktdjup mindre än provtagningsdjupet 2 m saknar fytotrofa sällrester (Fig. 3 D) och uppvisar mellan 5 och 15 taxa, medan bottenar med fytotrofa sällrester uppvisar mellan 15 och 30 taxa. Antal taxa och funktionella grupper ökar med siktdjup och ökad bottenvegetation (Spearman Rho, $p < 0,0001$).

Tabell 2: Antal taxa inom respektive funktionell grupp (FG) korrelerad med fosfor, siktdjup och fytotrofa sällrester. Signifikanta negativa och positiva samband med olika sannolikhet (+: $p < 0,05$, ++: $p < 0,001$ och +++: $p < 0,0001$).

	Totalfosfor (n=81)		Siktdjup (n=81)		Fytotrofa sällrester (n=42)	
	Taxa	FG	Taxa	FG	Taxa	FG
Delare	-		+++		+	
Detritusätare	---		+++			
Filtrerare	--		+++		+	
Rovdjur	--		+++		++	
Skrapare	---		+++		+++	
Totalt	---	---	+++	+++	+++	+++

Av Tabell 2 framgår att de olika funktionella grupperna visar negativa samband med fosfor och positiva samband med siktdjup. Korrelationerna mellan fytotrofa sällrester och antal taxa inom respektive funktionell grupp indikerar att antal detritusätande taxa är oberoende av växtligheten på epilimniska bottenar. Antalet taxa, som livnär sig som skrapare, ökar vid förekomst av bottenlevande växter och alger.

Den studerade fosforgradienten indikerar således att födoutbudet förändras för bottenlevande djur till följd av ändrade ljusförhållanden. Med ökande fosforhalter i sjöarna ökar även fiskfaunan avseende tätheter (Spearman Rho, $p < 0,0001$). I det undersökta sjöurvalet, där antalet potentiellt bottenfaunaätande fiskar enligt provfisken varierar mellan 10 och 350 individer/ansträngning, ger korrelationsanalys inget stöd för att fiskpredation påverkar antal taxa eller antal funktionella grupper.

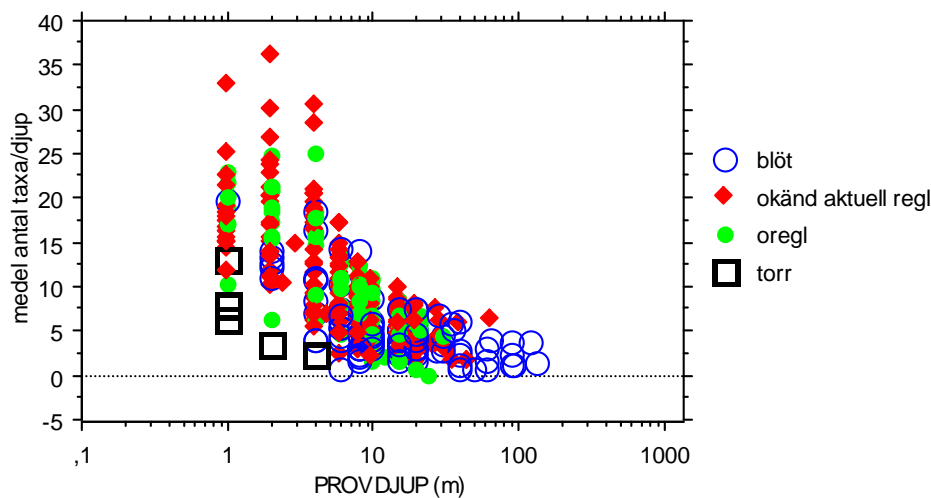


Figur 3 A-D. Medelantal taxa (3 A) och antal funktionella grupper (3 B) plottade mot medianhalten av fosfor i ytvattnet. Figur 3 C visar medelantal taxa mot siktdjupet. Figur 3 D visar antal taxa/hugg ($n=42$) mot mängden fytotrofa sällrester/hugg. Punkterna är indelade i 3 klasser: PMA= fosfor från markläckage i jordbrukslandskapet, REC = recipient för närsalter från punktkällor och REF = opåverkad referenssjö. Figur-ID 2 visar värden för referenssjön Gipsjön.

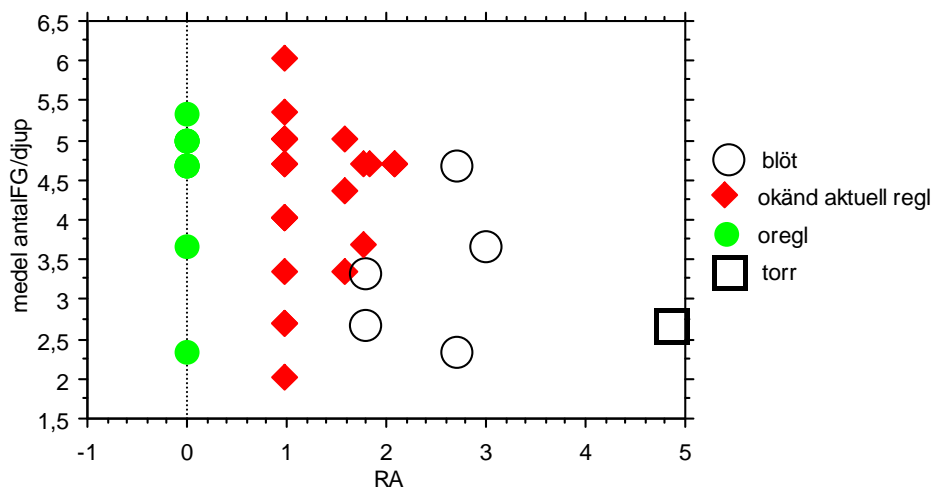
3.3.2 Vattenregleringspåverkan

För att analysera regleringens påverkan på mjukbottnarnas fauna har ett urval omfattande sjöar med låga fosforhalter ($<0,015$ mg P/l), avsaknad av industriell metallpåverkan och utan sura egenskaper eller kalkningsåtgärder genomförts. Totalt omfattar urvalet drygt 1 200 hugg från 48 sjöundersökningar, varav 11 från oreglerade sjöar.

Av Figur 4 A framgår att sjöarna uppvisar avtagande antal taxa med ökande djup. Variationen på respektive djup (variationen mellan sjöar) avtar också med tilltagande djup. Bottnar som varit torrlagda under vårvintern och sedan återfyllts före provtagning uppvisar lägst antal taxa på grunda bottnar. Reglerade sjöar med bottnar som inte torrlagts före provtagning uppvisar något högre antal taxa. Högst antal taxa registreras för reglerade sjöar där den aktuella dagliga vattenståndsvärdet inte har registrerats under året före provtagning av bottenfauna. De oreglerade sjöarna uppvisar värden på antal taxa som ligger däremellan. Både reglerade och oreglerade sjöar visar således på en stor variation mellan sjöar avseende medelantalet arter/taxa.

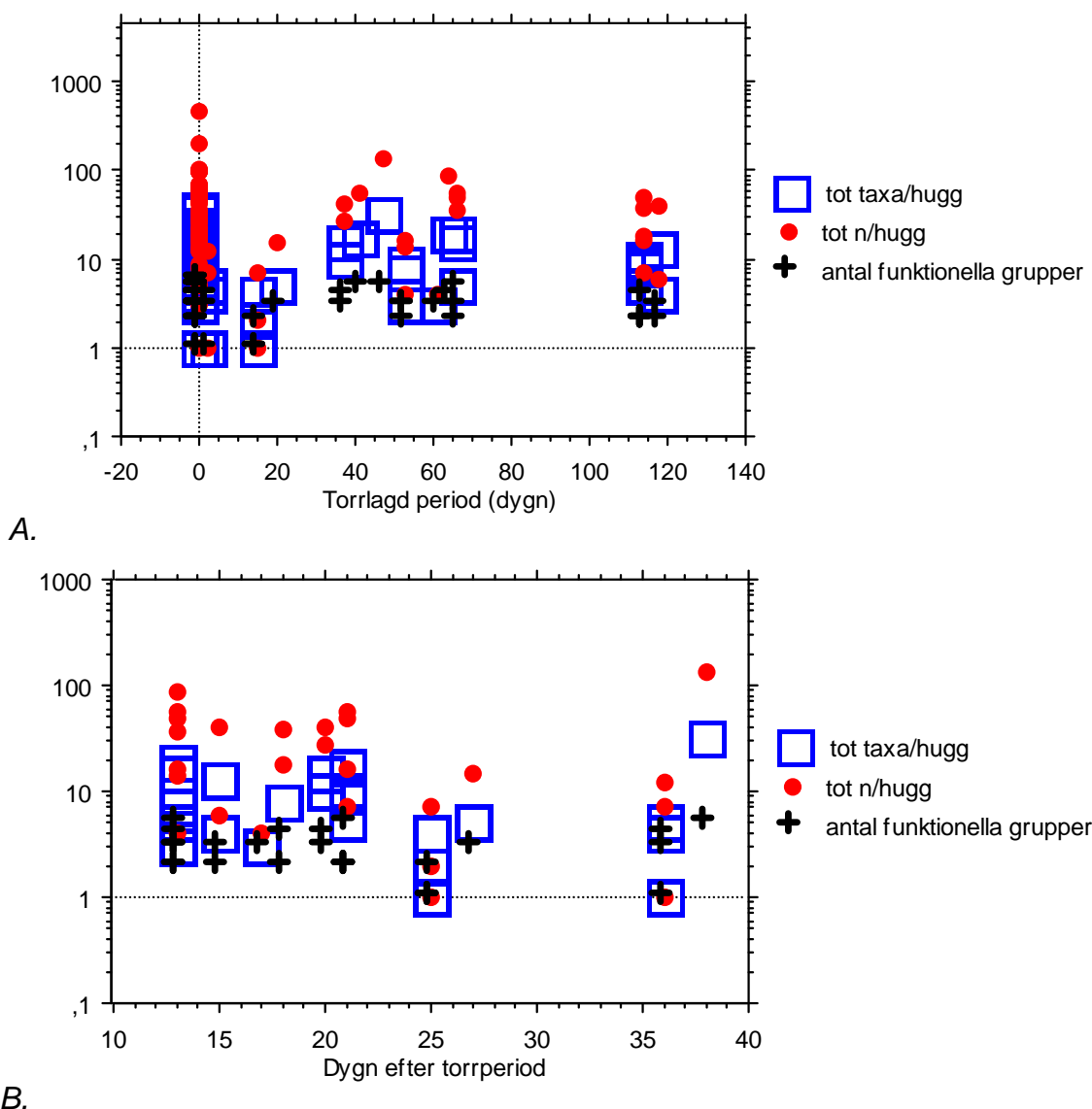


A.



B.

Figur 4 A-B. Regleringspåverkan i sjöar. Figur A visar medelantalet taxa i sjöar vid olika djup och Figur B visar medelantal funktionella grupper på 2 m djup plottade mot sjöns regleringsamplitud (RA). I både Figur A och B är informationen indelad i 4 grupper (blöt = ej torrlagda bottnar i reglerade sjöar, okänd aktuell regl. = daglig vattenståndsinformation från året före provtagning saknas, oregl. = oreglerad sjö och torr = bottnar torrlagda under vårvintern och sedan vattenfyllda före provtagning).



Figur 5 A-B. Antal taxa/hugg, totala antalet individer/hugg och antal funktionella grupper/hugg plottade mot torrläggingsperiod respektive period av återfyllnad före provtagning.

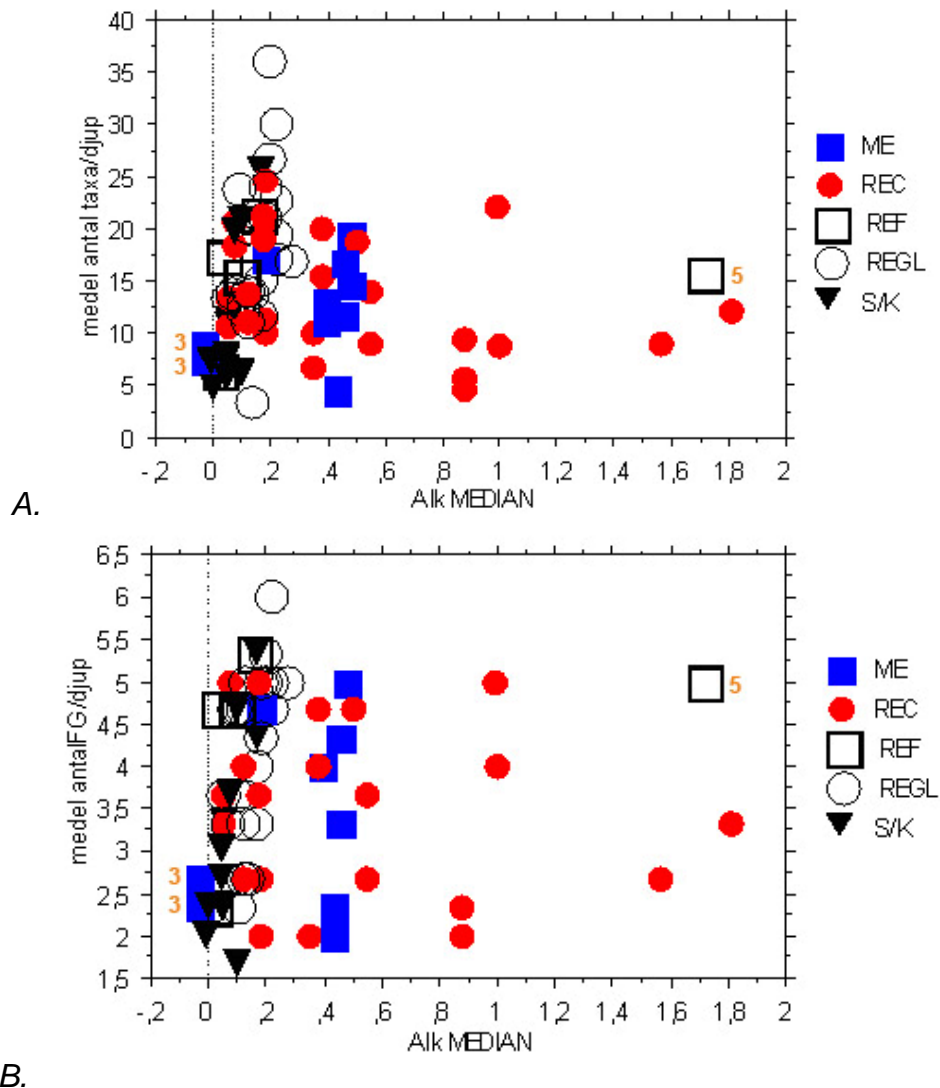
Antalet funktionella grupper på 2 m djupa bottenar plottat mot regleringsamplituden (RA i Fig. 4 B) visar också att undersökta reglerade bottenar uppvisar avtagande antal med ökad RA (Spearman Rho, $p < 0,05$). Taxa och antal funktionella grupper i sjöar med låg RA är dock inte lägre än vad som förekommer i många oreglerade sjöar.

De relativt få bottenar (6 sjöar och 26 hugg) som undersökts efter torrläggning och efterföljande vattenfyllning (Fig. 5 A) visar att torrläggingsperiodens längd inte påverkar taxa och mängden överlevande/återkoloniserande botten djur. Tiden mellan provtagning och torrperioden indikerar att återkoloniseringen sker mycket fort (Fig. 5 B). Återkolonisering sker således så fort vattnet stiger och i en omfattning som medför bottenfaunasamhällen jämförbara med många oreglerade sjöar.

3.3.3 Buffertförmåga

De undersökta sjöarna omfattar såväl välbuffrade, kalkrika sjöar med hög alkalinitet, som svagt buffrade, sura sjöar med låg alkalinitet. Av Figur 6, baserad på medelvärdena för mångfald och antal funktionella grupper på 2 m djup från samtliga sjöar i undersökningen, framgår att antal funktionella grupper och antal taxa ökar med ökad alkalinitet för de svagt buffrade sjöarna ($\text{alk.} < 0,3 \text{ mekv/l}$).

Silvbergssjön, som försurats av sulfidmalmsbrytning sedan tusentalet, uppvisar vid undersökningarna aciditet ($\text{alk} < 0$) och mycket höga metallhalter samtidigt med en bottenfauna bestående av 7-9 antal arter/taxa och 2-3 funktionella grupper. De övriga svagt buffrade sjöarna uppvisar också svaga bottenfaunasamhällen oavsett om surhetstillståndet är naturligt betingat, som i referenssjön Gipsjön med drygt 6 taxa/hugg och 2 funktionella grupper, eller orsakats av antropogena orsaker. Redan vid en alkalinitet på 0,2 mekv/l uppmättes den största mångfalden. Inom intervallet 0 till 0,3 mekv/l, som omfattar drygt 50 sjöundersökningar, ökar antalet taxa 7 ggr och antalet funktionella grupper från 2 till 6. Ökningarna av antal taxa och funktionella grupper ökar signifikant med alkaliniteten inom intervallet (Spearman Rho $p < 0,0001$).



Figur 6 A-B. Medelantalet taxa (A) och funktionella grupper (B) på 2 m:s djup plottade mot medianalkalinitet (mekv/l) året före provtagning. Sjöarnas påverkansform redovisas i 5 klasser (ME = metallpåverkad sjö, REC = recipient för närsalter, REF = opåverkad referenssjö, REGL = aktivt reglerad sjö och S/K = sur och/eller kalkad sjö). Figur-ID 3 och 5 visar värden för Silvbergssjön respektive referenssjön Storacksen i Rättvik.

Figur 6 indikerar således att buffertkapacitet $< 0,3$ mekv/l begränsar mångfalden i sjöarna oavsett påverkansform. I de mer välbuffrade sjöarna ($> 0,3$ mekv/l) begränsas såväl taxa som antal funktionella grupper främst av andra faktorer. Den välbuffrade och opåverkade referenssjön, Storacksen med knappt 16 taxa, uppvisar endast hälften av den observerade maximala mångfalden på grunda bottenar, vilket innebär att naturgivna egenskaper måste ha stor betydelse för mångfalden. Både de välbuffrade jordbruksrecipienterna och de metallbelastade gruvrecipienterna visar i flera fall en mångfald nära Storacksens, trots en sannolik reduktion av mångfalden till följd av eutrofiering och metallpåverkan.

3.3.4 Metallpåverkan

För att studera mjukbottenfaunans egenskaper i en gradient av metallkoncentrationer används bottenfaunainformation från 4 m djup i 20 sjöar med information om metallkoncentrationer i undersökningen. Av Figur 6 framgår att förutom referenssjöar och metallpåverkade sjöar ingår också ett fåtal reglerade (RA<2m) och sura/kalkade sjöar samt en näringsbelastad sjö. Inom urvalet saknas samvariation mellan sjöarnas metallkoncentrationer och övriga ovan testade påverkansfaktorer (TP, RA och alk.), medan metallhalterna (Cu, Pb, Zn och Cd) samvarierar (Spearman Rho, $p < 0,0001$).

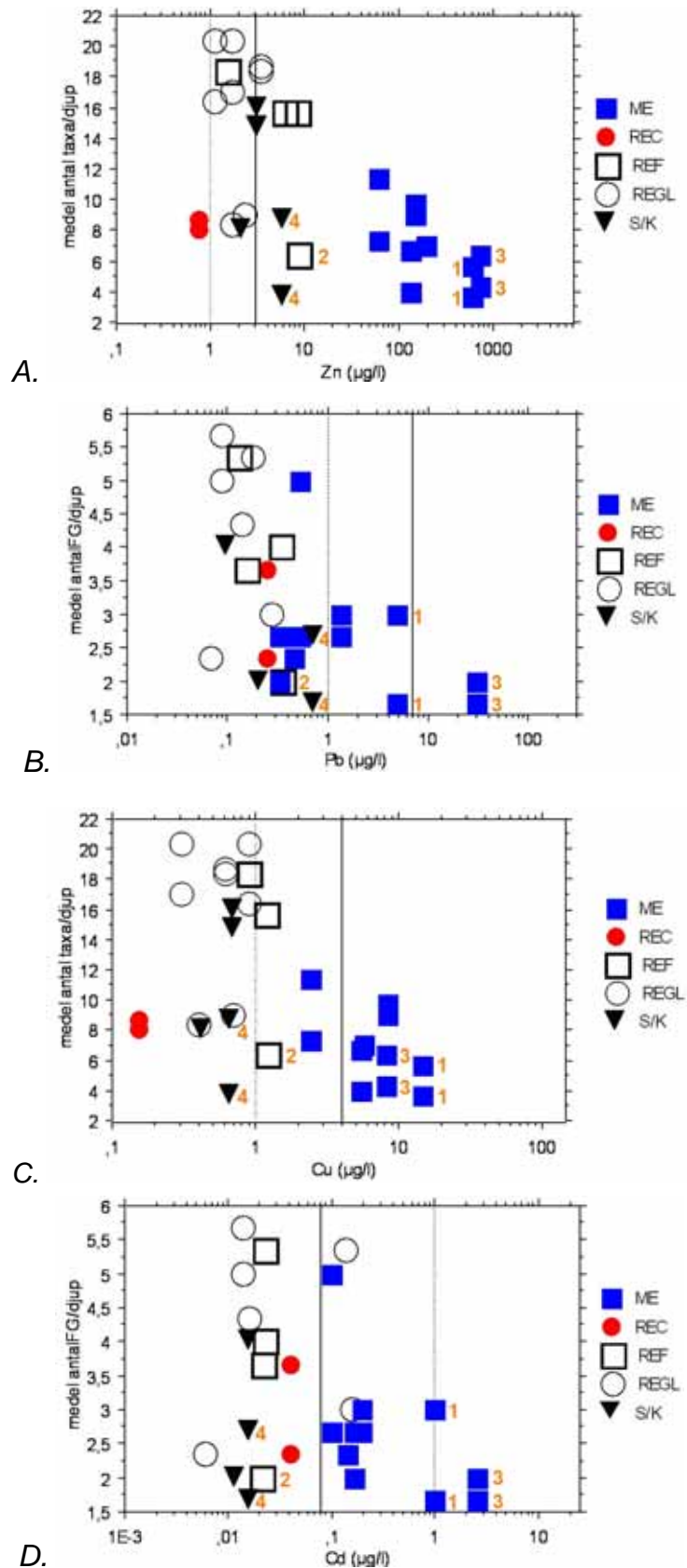
Eftersom också antalet funktionella grupper samvarierar med antalet taxa (Spearman Rho, $p < 0,0001$) så indikerar figuren att alla metaller har negativt inflytande på både taxa och antal funktionella grupper. Både den svagt buffrade, sura och fisktomma Silvbergssjön och den mer buffrade Gruvsjön (alk 0,4 mekv/l) uppvisar metallhalter i storleksordningen upp till 100 gånger större än de gränsvärden eller förslag till gränsvärden som vattenförvaltningen arbetar efter (Larson, 2010).

Antalet taxa och funktionella grupper i dessa båda sjöar är låga, men inte lägre än i sjöar med metallhalter lägre än de aktuella gränsvärdena för metaller. Metallernas inflytande på bottenfaunasamhällena i de mest påverkade gruvrecipienterna medför således inte en lägre mångfald och färre antal funktionella grupper än vad som förekommer i försurade/naturligt sura sjöar med låg alkalinitet som Rafshyttedammsjön och Gipsjön. Det är således taxa inom främst de funktionella grupperna rovdjur och detritusätare som klarar livsvillkoren i hårt belastade gruvrecipienter.

Vid analys av antal taxa inom respektive funktionell grupp framstår filtrerare och detritusätare som mer känsliga än övriga grupper för ökande metallhalter (Spearman Rho, $n = 97$, $p < 0,0001$). Varken delare, skrapare eller rovdjur uppvisar signifikant minskande antal taxa med ökande metallhalter.



Vattenfyllt gruvhål, Östra Silvbergs gruva. Fota: Daniel Larson



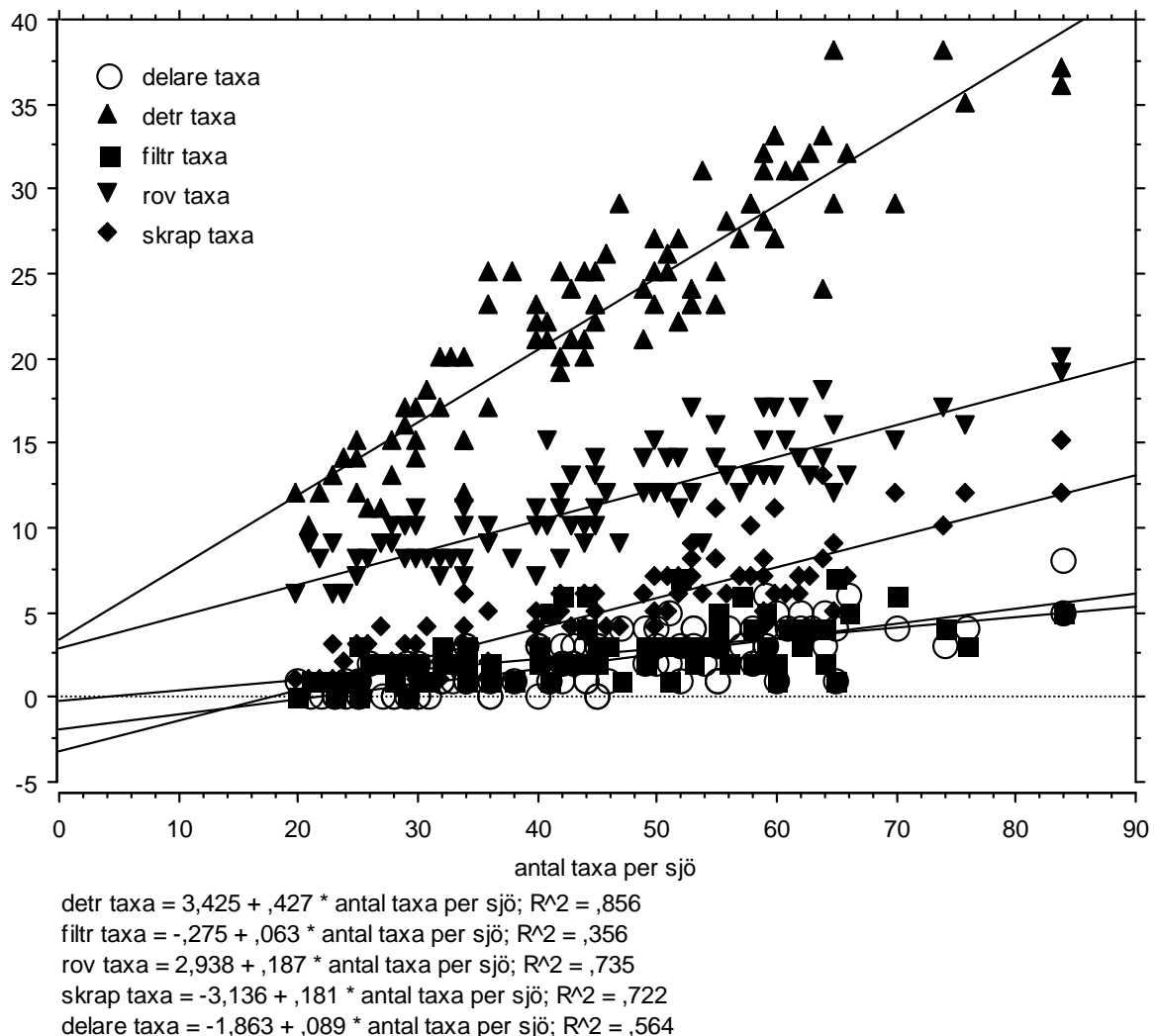
Figur 7: Antal taxa (A + C) och antal funktionella grupper (Fig. B + D) på 4 meters djup plottade mediankoncentrationer av metallerna. Sjöarnas påverkansform redovisas i 5 klasser (ME =metallpåverkad sjö, REC = recipient för närsalter, REF = opåverkad referenssjö, REGL= aktivt reglerad sjö och S/K = sur och/eller kalkad sjö). Gränsvärden för bly (7 µg/l) och kadmium (0,08 µg/l) (enligt 2008/105/EG), samt för zink (3µg/l) och koppar (4µg/l) (enligt NV:s rapport 5799) är inlagda som heldragna vertikala linjer.). Figur-ID visar värden för sjöarna Gruvsjön (1), Gipsjön (2), Silvbergssjön (3) och Rafshyttedammsjön (4).

3.4 Diskussion

3.4.1 Antal arter/taxa och funktionella grupper i opåverkade sjöar.

Utvärderingsansatserna ovan baserade på gradienter av påverkansfaktorer i olika urval av sjöar och sjödjup för att söka enkla samband med mångfald och funktion i bottenfaunasamhällena, försvåras av flera faktorer. Den generella vertikalvariationen i mångfald innebär att analys av påverkan måste genomföras på enskilda djup för att undvika skenbara samband primärt orsakade av skillnader mellan olika djup. De tre replikaten per djup i respektive sjö är också alltför få, vilket medför en stor och svårhanterlig horisontell variation i antal taxa och funktionella grupper inom respektive sjö. Vidare är den naturgivna variationen i antal taxa och funktionella grupper mellan sjöarna oväntat stor, samtidigt som effekterna av den mänskliga påverkan i flera fall tvärtom är oväntat liten. Vissa indikativa resultat har dock genererats för delar av botten och för urval av sjöar.

För att kunna diskutera betydelsen av dessa observationer begränsade till delar av sjöarna i relation till mjukbottenfaunan i hela sjön, har summan av arterna i alla prov/sjö för de fem vanligast förekommande funktionella grupperna plottats mot summan av alla taxa per sjöprovtagning i Figur 8.



Figur 8. Antal arter/taxa inom de funktionella grupperna (delare, detritusätare, filtrerare, rovdjur och delare) plottade mot antal taxa/sjö.

Antalet taxa fördelar sig på olika funktionella grupper på ett likartat sätt i alla undersökta sjöar oavsett naturgivna förutsättningar och påverkan. De vanligaste funktionella grupperna uppvisar

alla signifikanta samband (enkel linjär regression $p < 0,0001$) med det totala antalet taxa/sjö. För de fem opåverkade referenssjöarna noteras mellan 29 och 64 taxa totalt.

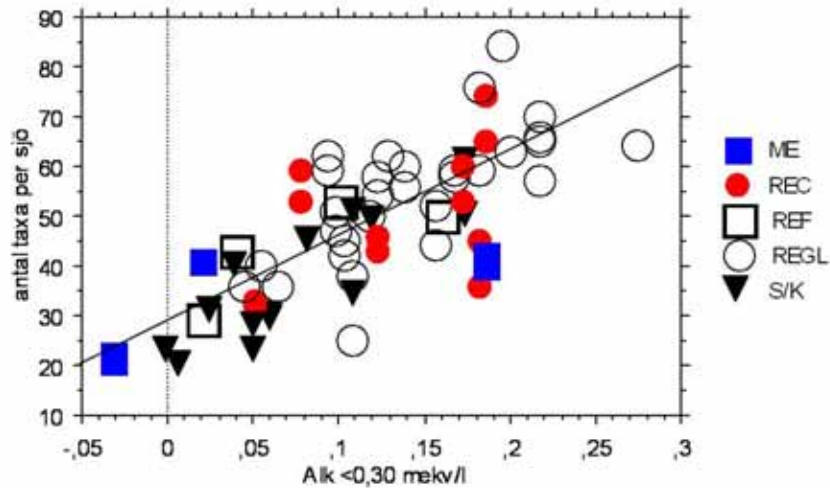
Vid 8 av undersökningarna i påverkade sjöar noteras högre antal taxa än 64 med en högsta notering på 84 taxa. Huvuddelen av dessa sjöar är påverkade av reglering ($RA < 2$ m) och i några fall är de också recipienter till kommunala ARV utan att fosforhalten överskrider en median på 0,008 mg/l. Gemensamt för dessa sjöar är stor sjöyta, stora djup och belägenhet nedan HK, vilket medför fler habitat och därmed fler taxa än i små, grunda sjöar. Belägenheten nedan HK innebär också att 1-4 bentiska glacialrelikter potentiellt tillkommer i djupa sjöar (se Kinsten, 1996). Med stöd av utvärderingen av regleringseffekter (Avsnitt 3.3.2) och effekter av låg alkalinitetsnivå (Avsnitt 3.3.3) kan man anta att antalet taxa är något reducerat. Det är därför troligt att antalet taxa i opåverkade sjöar av denna typ kan uppgå till ca 90 taxa med den använda undersökningsmetodiken.

Lägre antal taxa än i den naturligt sura referenssjön Gipsjön med 29 taxa noteras i sjöar med naturgivet få antal habitat (framför allt små, runda och grunda sjöar), vilka också är utsatta för väl dokumenterad påverkan. Exempel på sådana sjöar är de försurade Särnamannasjöarna på Fulufjället och den kalkade St. Älgsjön på Gyllbergen utanför Borlänge. Hit hör också de kraftigt gruvindustriellt påverkade Gruvsjön i Garpenberg och Silvbergssjön i Säter, samt de närsaltpåverkade sjöarna i jordbrukslandskapet längs Dalälven: Brunnsjön och Nedre Milsbosjön. Det lägsta antalet taxa noteras för den försurade och kalkade Nedre Särnamannasjön med 20 taxa. Utan påverkan torde dessa sjöar uppvisa något högre antal taxa. Hur mycket är dock svårbedömt, men en naturlig variation mellan 30 och 90 taxa i Dalälvens sjöar förefaller rimlig utgående från hittills insamlad information och använd metodik.

Drygt 10 sjöar med lägre totalt antal taxa än 45 saknar den funktionella gruppen delare och filtrerande taxa saknas i fyra undersökningar med totalt antal taxa lägre 30. Orsaken till att dessa funktionella grupper saknas kan inte entydigt tillskrivas observerad gruvindustriell påverkan, eutrofiering, försurning eller reglering, då samtliga påverkansformer är kända för sjöar med dessa funktionella grupper. Gemensamt för de mer sällsynta funktionella grupperna (Tab. 1) är att flertalet ingående taxa förekommer i mycket få sjöar och i tätheter nära detektionsgränsen för respektive provtagning, vilket försvarar bedömningen. Huvuddelen av dessa sjöar med lågt antal funktionella grupper har dessutom naturgivet svaga förutsättningar för mångfald (dvs. få habitat till följd av enkel morfologi).

3.4.2 Förluster av mångfald i betydelsefulla recipienter

Resultaten avseende näringsgenererad syrebrist i profundal och regleringspåverkan i måttligt reglerade sjöar har främst effekt på begränsade delar av sjöekosystemen och därmed endast på delar av den helhetsbild som eftersträvas vid klassificering av påverkan på vattenförekomster. Skador av mer omfattande regleringar ger tidvis erosion och grumlingar vilket leder till försämrade instrålning och reducerad mångfald. Venjansjön är den mest reglerade sjön ($RA = 5$ m) i undersökningen och uppvisar vid en av undersökningarna endast 25 taxa, trots att torrlagda botten visar en god återkolonisering av anpassade taxa (Fig. 5). Förutom regleringspåverkan uppvisar Venjansjön även svag buffertförmåga (alk. 0,10), vilket kan bidra till att uppmätt antal taxa är lika liten som i flera små försurade sjöar (Fig 6).



Figur 9: Sambandet mellan antal taxa/sjö och alkalinitet <0,3 mekv/l ($\text{antal taxa} = 27,62 + 172,69 \cdot \text{Alk}$, $n=67$, $R^2=0,58$, $p<0,0001$). Sjöarnas påverkansform redovisas i 5 klasser (ME =metallpåverkad sjö, REC = recipient för närsalter, REF = opåverkad referenssjö, REGL= aktivt reglerad sjö och S/K = sur och/eller kalkad sjö).

Antalet taxa minskar tvärt när sjöarnas buffringsförmåga närmar sig noll och aciditet i vattnet (fig. 9). Hela spännvidden i antalet taxa (20-84) observeras för sjöar med alkalinitet <0,3 mekv/l. Residualerna (differensen mellan beräknat värde enligt sambandet och uppmätt värde) från sambandet $\text{antal taxa} = 27,62 + 172,69 \cdot \text{Alk}$. ($n=67$, $R^2=0,58$, $p<0,0001$) indikerar att ökande vattenfärg, minskande uppehållstid (SRho $p<0,05$) och minskande siktdjup ytterligare minskar antalet taxa (SRho $p<0,0001$). Venjansjöns stora avvikelse från sambandet mellan indikatorn alkalinitet och antal taxa på 26 taxa är ett resultat av hög vattenfärg och litet siktdjup som reducerar instrålningen till bottenvegetationen. Bidragande till att ingen växtlighet observerats i sällresterna från Venjansjön är säkert också erosionen i strandzonen. Sambandet indikerar att Venjansjön utan påverkan skulle uppvisa ca 50 taxa, vilket innebär att mångfalden har halverats.



Lågvatten vid den reglerade sjön Noran i Borlänge kommun. Foto: Stöt Ulrika Andersson

De mycket höga metallhalterna (se Avsnitt 3.3.4) i Silvbergssjön bidrar inte till sänkt antal taxa utöver vad som framgår av sambandet med alkalinitet (fig 9), vilket indikerar att alkalinitet, pH eller kalciumhalt har större betydelse för mångfalden än totala metallkoncentrationerna. Möjligen kan aciditeten i Silvbergssjön bidra till att öka metallernas giftighet. Vid jämförelse med de också mycket höga metallhalterna i den mer buffrade Gruvsjön kan dock inte en sådan skillnad mellan sjöarna vad avser antal taxa och funktionella grupper urskiljas (se Fig. 7). Däremot är avsaknaden av fisk i Silvbergssjön (provfiskad senast år 2010) och förekomsten av fisk i Gruvsjön ett indicium på skillnad i metallernas giftighet mellan sjöarna.

Storleksordningen på reduktion av antalet taxa i Gruvsjön och Runn till följd av gruvpåverkan kan hjälpligt bedömas med utgångspunkt från stora klara sjöar nedanför HK, som dessutom endast har liten påverkan i form av vattenreglering <2 m. Dessa icke gruv- eller näringspåverkade sjöar av samma typ som Gruvsjön och Runn uppvisar som medianvärden (n=11) 66 taxa och 7 funktionella grupper, vilket indikerar att Gruvsjön förlorat drygt 50 % av förväntat antal taxa och två funktionella grupper. Runn har i jämförelse med medianvärdena likaledes förlorat två funktionella grupper och knappt 40 % av taxa.

Silvbergssjön, som ligger ovan HK, kan på motsvarande sätt jämföras med en förväntad median (n=5) för relativt opåverkade sjöar ovan HK på 62 taxa och 5 funktionella grupper, vilket indikerar en förlust på 65 % av taxa och en funktionell grupp till följd av gruvpåverkan.

Eutrofieringen av grunda sjöar i jordbrukslandskapet utan hypolimniska botten saknar naturligt de kallstenotherma taxa som inte är anpassade till de sommartid varma bottenarna. Antalet taxa i de övergödda sjöarnas epilimnionbotten uppvisar en mångfald som är halverad i jämförelse med näringsfattiga klarvattensjöar (se Avsnitt 3.3.1.2). Förlusterna av taxa till följd av eutrofiering i sjöar som Brunnsjön, Hönsan och Nedre Milsbosjön med omkring 30 taxa och 4 till 6 funktionella grupper kan således vara i samma storleksordning som de förluster som noterats för de kraftigt gruvpåverkade sjöarna samt sjöar med stora regleringsamplituder.

Gemensamt för de kraftigt påverkade sjöarna är att de uppvisar arter/taxa som motstår kraftig påverkan som dåliga syreförhållande, höga metallhalter och torrlagda bottenar. Dessa arter tillhör också samma funktionella grupper som återfinns i de opåverkade sjöarna. De kraftigt påverkade bottenfaunasamhällena består av färre arter/taxa per funktionell grupp än samhällen i opåverkade referenssjöar. Arter/taxa som saknas i de kraftigt påverkade sjöarna tillhör också de som är sällsynt förekommande i opåverkade sjöar.

4 Slutsatser

- Alkalinitet $< 0,3$ mekv/l begränsar antal arter/taxa i sjöar oavsett övriga former av recipientpåverkan.
- Mjukbottenfaunans struktur och funktion i profundalzonen styrs inte enbart av syrgastillgången utan även av andra påverkansfaktorer som näringshalt, metalltoxicitet, djup och temperatur.
- Vid ökande fosforhalt och tilltagande algblomning minskar antalet funktionella grupper och antalet taxa på epilimniska botten till följd av minskad instrålning som i sin tur leder till minskad växtlighet på bottenarna lämplig som födounderlag för bottenfauna.
- Skador av omfattande regleringar (regleringsamplitud >3 m) ger erosion och grumlingar vilket leder till försämrad instrålning och avsaknad av bottenvegetation med reducerad mångfald som resultat. Återkolonisation av antal funktionella grupper och taxa till vintertid torrlagda botten sker dock mycket fort efter återfyllning i regleringsmagasin, vilket medför bottenfaunasamhällen jämförbara med de som förekommer i många oreglerade sjöar med ogynnsamma naturgivna förutsättningar.
- Gemensamt för kraftigt påverkade recipienter är att de uppvisar arter/taxa som motstår dåliga syreförhållanden, höga metallhalter och torrlagda botten. Dessa arter tillhör samma funktionella grupper som återfinns i opåverkade sjöar. De kraftigt påverkade bottenfaunasamhällena består av färre arter/taxa per funktionell grupp än samhällen i opåverkade referenssjöar. Arter/taxa som saknas i de kraftigt påverkade sjöarna tillhör också de som är sällsynt förekommande i opåverkade sjöar.

Referenser

- Kinsten B. 1996. Inventering av glacialrelikta kräftdjur i Dalarna. Länsstyrelsen Dalarna. Miljövårdsenheten 1996:4. LSTY/MVE-96/0004.
- Larson D. 2010. Metallpåverkade sjöar och vattendrag i Dalarna. Länsstyrelsen Dalarnas län. Rapport 2010:08.
- Naturvårdsverket.2008a. Förslag till gränsvärden för särskilda förorenande ämnen. Rapport 5799.
- Naturvårdsverket.1999. Bedömningsgrunder för miljö kvalitet. Sjöar och vattendrag. Bakgrundsrapport biologiska parametrar. Rapport 4921.
- Nilsson A. 1997. Aquatic insects of North Europe. A Taxonomic Handbook. Vol. 1, 2.Ed. Anders Nilsson. Apollo Books.
- NFS 2006:1. Naturvårdsverkets föreskrifter om kartläggning och analys av ytvatten enligt förordningen(2004:660) om förvaltning av kvaliteten på vattenmiljön.
- NFS 2008:1. Naturvårdsverkets föreskrifter och allmänna råd om klassificering och miljö kvalitetsnormer avseende ytvatten.
- SFS 2004:660. Förordning om förvaltning av kvaliteten på vattenmiljön.
- VISS. 2010. Vatten InformationsSystem Sverige. www.viss.lst.se

Appendix 1: Basininformation för undersökta sjöar.. Sjöarnas påverkansform redovisas i 5 klasser (ME =metallpåverkad sjö, REC = recipient för närsalter, REF = opåverkad referenssjö, REGL= aktivt reglerad sjö och S/K = sur och/eller kalkad sjö). Identifikation av sjöar i figurer = FIG-ID.

Huvudvattendrag	Sjönamn	EU-ID	antal undersökningar	antal taxa/sjö	Påverkan	HÖH (m)	Sjöyta km2	Djup (m)	Alkalinitet (mekv/l)	Färg (mg Pt/l)	FIG-ID
53	AMUNGEN	SE677097-149458	2	25-32	REC	84	4,95	15	0,352	24	
53	AMUNGEN	SE670007-150866	2	47-51	REGL	228	60,38	30	0,098	30	
53	BJÖRKLJUSTERN	SE668907-148636	2	50-61	S/K	198	2,00	25	0,175	36	
53	BOLLSJÖN	SE667154-152861	2	41-44	REC	70	0,52	11	0,551	53	
53	BRUNNSJÖN	SE668374-150912	3	24-30	REC	91	1,41	5	0,875	28	
53	BÄSINGEN	SE667258-153492	2	36-45	REC	67	13,16	27	0,182	60	
53	DYVERSJÖN	SE681039-141820	2	29-30	S/K	413	0,27	10	0,061	65	
53	FINNHYTTE-DAMMSJÖN	SE668876-152219	2	45-49	ME	162	0,82	18	0,481	40	
53	FORSSJÖN	SE667572-152807	2	25-30	ME	66	0,44	8	0,435	51	
53	GIMMEN	SE671817-147020	1	50	REGL	219	4,20	25	0,118	15	
108	GIPSSJÖN	SE672729-138082	1	29	REF	375	0,87	10	0,020	151	2
53	GOPEN	SE673309-147622	2	57-65	REGL	166	2,52	32	0,218	31	
53	GRUVSJÖN	SE668561-152192	2	26-34	ME	155	1,38	20	0,398	19	1
53	SILVBERGSSJÖN	SE669265-148779	2	21-22	ME	269	0,39	20	-0,032	30	3
53	GRYCKEN	SE672727-148594	2	52-55	REC	131	2,28	20	0,382	34	
53	GRYCKEN	SE670180-152235	2	84	REGL	127	10,34	20	0,196	26	
52	HOLMSJÖN	SE671962-151935	1	31	S/K	174	0,12	10	0,025	200	
53	HYEN	SE669926-150327	1	55	REC	86	1,63	16	0,500	32	
61	HÄLLSJÖN	SE688625-133611	1	43	REF	165	0,20	12	0,040	50	
53	HÖNSAN	SE669616-150732	1	34	REC	87	0,29	4	1,810	39	
53	IDRESJÖN	SE686125-134315	2	65-74	REC	442	2,82	21	0,186	28	
53	KLUTSJÖN	SE689177-134540	2	32-33	REC	764	0,69	15	0,051	42	
61	LIEN	SE663216-148449	1	49	S/K	156	1,50	28	0,120	50	
53	LJUSTERN	SE669171-149655	2	58	REGL	152	3,03	27	0,168	52	
52	LÅNGSJÖN	SE671971-152543	1	40	S/K	180	0,16	6	0,040	200	
53	LÅNGSJÖN	SE669953-148392	2	53-59	REC	139	0,16	21	0,078	7	
53	MOLNBYGGEN	SE672727-145399	1	62	REGL	186	2,75	21	0,129	33	
61	MÅSEN	SE665654-149206	1	50	REF	100	1,74	20	0,160	25	
53	NEDRE MILSBOSJÖN	SE670202-149006	1	27	REC	114	0,33	7	1,563	17	
53	NEDRE ROTTENSJÖN	SE684615-138670	1	36	REGL	608	1,90	18	0,064	78	
53	SÄRNMANS SJÖARNA (NEDRE)	SE683421-133742	1	20	S/K	950	0,39	4	0,007	5	
53	ORSASJÖN	SE676721-143364	2	54-58	REGL	162	52,70	93	0,123	58	
53	RAFSHYTTE-DAMMSJÖN	SE668615-152386	2	34-51	S/K	192	0,76	6	0,109	56	4
53	RASJÖN	SE670047-149516	1	34	REC	115	0,26	12	0,999	39	
53	ROGSJÖN	SE673287-148825	2	56-60	REGL	155	17,91	65	0,138	20	
53	ROSSEN	SE668645-153441	2	66-70	REGL	131	7,21	17	0,218	36	
53	RUNN	SE670563-148814	2	40-42	ME	107	63,54	28	0,186	32	
53	RÄLLSJÖN	SE673889-147175	2	59-62	REGL	280	2,98	45	0,094	20	
53	LÅNGSJÖN	SE669101-146841	1	64	REGL	236	0,71	36	0,275	28	
53	SILJAN	SE673490-145597	2	44-52	REGL	162	292,49	135	0,157	38	
53	SKATTUNGEN	SE678651-145260	2	42-45	REGL	200	19,95	50	0,104	65	
53	SPJUTSJÖN	SE672467-148031	1	53	REF	181	0,40	20	0,101	10	
53	STORA ULVSJÖN	SE669257-148262	2	59-76	REGL	167	4,55	29	0,182	27	
53	STORA ÄLGSJÖN	SE670076-146226	3	23-28	S/K	420	0,22	6	0,051	188	
53	Stora Dammsjön	SE669471-147827	1	63	REGL	214	0,22	14	0,200	30	
53	STOR-ACKSEN	SE675712-146725	1	64	REF	189	0,23	24	1,715	6	5
53	STORGÅSEN	SE679636-147488	1	45	S/K	258	0,67	9	0,083	129	
53	STOR-UPPDJUSEN	SE678383-139064	1	40	REGL	462	2,87	6	0,055	34	
53	SVARDSJÖN	SE673627-150636	2	43-46	REC	138	5,37	18	0,123	47	
53	SÄRNSJÖN	SE684125-136414	2	53-60	REC	422	4,17	30	0,172	50	
53	VENJANSSJÖN	SE674774-140832	2	25-38	REGL	274	34,26	36	0,136	92	
53	ÅSGARN	SE667825-152684	2	42-44	ME	71	1,78	8	0,458	35	
53	ÖVRE MILSBOSJÖN	SE670324-149085	1	56	REC	123	0,73	18	0,995	18	
53	ÖVRE ROTTENSJÖN	SE684681-138366	1	36	REGL	642	2,18	20	0,045	92	
61	ÖVRE SKÅRSJÖN	SE663532-148571	1	41	ME	220	0,43	30	0,020	56	
53	SÄRNMANS SJÖARNA (ÖVRE)	SE683337-133785	1	23	S/K	953	0,41	5	0,000	5	

Länsstyrelsens rapportserie

Här listas Länsstyrelsens samtliga rapporter utgivna sedan tio år tillbaka. Många av dessa finns som pdf-er på Länsstyrelsens webbplats: www.lansstyrelsen.se/dalarna/sv/publikationer.

Samtliga rapporter finns även på Falu Stadsbibliotek. Rapporterna kan beställa från Länsstyrelsen, tfn 023-81 000 med reservation för att upplagan kan ha tagit slut.

- 2001:01** De mest värdefulla och skyddsvärda naturskogarna i Mora och Orsa. En prioritering och värdering.
2001:02 Enkätundersökning om in- och utflyttare i Dalarna.
2001:03 Grunufлот. En skoglig naturvärdesinventering av ett myrområde i Orsa kommun.
2001:04 Vattenkemiska förändringar i ett 40-tal sjöar i Dalarna mellan 1934, 1974 och 1996.
2001:05: Årsrapport 2000 från Sociala enheten.
2001:06 Länsrapport 2000, alkohollagen.
2001:07 Utvecklar utvecklingsmedel?
2001:08 Vattentäkter i Dalarnas län.
2001:09 Familjerätt.
2001:10 LIKA En checklista för jämställd planering.
2001:11 Lex Sara.
2001:12 Ej verkställda beslut och domar.
2001:13 Domar och beslut.
2001:14 Dalarnas landmollusker.
2001:15 Bedömningsgrunder för fysisk påverkan – Pilotprojekt med Dalälvens avrinningsområde som exempel.
2001:16 Jämställdhet i ett urval av länets politiska församlingar och organisationer.
2001:17 Järv, lodjur och varg i renkötselområdet. Resultat från 2001.
2001:18 Skidbägbäcken.
2001:19 Årsrapport för samordnad recipientkontroll i Dalälven 2000.
2001:20 Verksamhetstillsyn gällande hemtjänst i ett område i Ludvika.
2001:21 Resultat från specialgranskningar av flyttenkätundersökningen från Dalarna.
2002:01 Alkoholsituationen och drog-förebyggande arbete i Dalarna 2001.
2002:02 Projektkatalog för EU-projekt 2000-2001 i Dalarnas län.
2002:03 Fiskbestånd, bottenfauna, och lavar i vattendrag på Fulufjället.
2002:04 Fulufjällets omland, reserapport Abruzzo.
2002:05 Årsrapport 2001 från Sociala enheten.
2002:06 Ej verkställda beslut och domar samt avslag, trots bedömt behov.
2002:07 Årsrapport om Lex Sarahs
2002:08 Boenkät.
2002:09 Epizotiplan 2002.
2002:10 Skalbaggssfaunan på Fulufjället.
2002:11 Det krävs mer än gummistövlar.
2002: 12 Falu gruva och tillhörande industrier - industrihistorisk kartläggning.
2002:13 Fågelfaunan på Fulufjället.
2002:14 Detaljhandeln i Dalarna - ett diskussionsunderlag för en regional detaljhandelspolicy.
2002:15 Detaljhandeln i Dalarna - erfarenheter av regional detaljhandelsplanering från Sverige och andra europeiska länder.
2002:16 Samordnad recipientkontroll i Dalälven 2001.
2002:17 Närsalter i Dalälven 1990-2000.
2002:18 Fjällförvaltningen.
2002:19 Projekt Servicedialogen.
2002:20 Fulufjällets omland. Etapp III. Slutrapport.
2002:21 Vägar i Dalarna – kultur-historisk väginventering i Dalarnas län.
2002:22 Uppföljning av överloppsbyggnader i odlingslandskapet.
2003:01 Lägesrapport-Hessesjön
2003:02 LVU-ingripande i Dalarnas län.
2003:03 Sammanställning av enkätundersökning inom Individ- och familjeomsorgens verksamhetsområde.
2003:04 EU-projekt 2002 i Dalarnas län.
2003:05 Inventering av näringsläckage från små vattendrag i Dalarnas jordbruksområden.
2003:06 Veterinärreport.
2003:07 Skyddszoner längs diken och vattendrag i jordbrukslandskapet.
2003:08 Tillsyn över enskild verksamhet och entreprenader 2002.
2003:09 Inventering av förorenade områden i Dalarnas län, Massa- och pappersindustri, träimpregnering och sågverk.
2003:10 Dalarnas miljömål, remissupplaga.
2003:11 Ej verkställda beslut och domar samt avslag, trots bedömt behov, enligt SoL.
2003:12 Uppföljning av Lex Sarah /socialtjänstlagen).
2003:13 Planering av boende för äldre.
2003:14 Inkomstprövning av rätten till äldre- och handikappomsorg i Dalarnas län.
2003:15 Kemiska och biologiska effekter vid sodabehandling av försurade ytvatten i Dalarnas län.
2003:16 Ej verkställda beslut och domar samt avslag trots bedömt behov enligt LSS.
2003:17 Projekt utgångsdjur i Dalarna.
2003:18 Samordnad recipientkontroll i Dalälven 2002.
2003:19 Dalarnas miljömål.
2003:20 Tillämpning av fjärranalys i kulturmiljövården.
2003:21 Kommunernas planering för personer med psykiska funktionshinder i Dalarnas län.
2003:22: Beslut om och yttranden över Dalarnas miljömål
2003:23 Användning av fjärranalys och GIS vid tillämpning av EU:s ramdirektiv för vatten i Dalälvens avrinningsområde
2003:24 Provfiskade sjöar i Dalarnas län 2000 – 2002 – Biologisk uppföljning av kalkade vatten.
2003:25 Provfiskade vattendrag i Dalarnas län 2000 – 2002 – Biologisk uppföljning av kalkade vatten.
2003:26 Analys av skogarna i Dalarnas och Gävleborgs län.
2003:27 Utvärdering av metod för övervakning av skogsbiotoper.
2003:28 Ledningstillsyn i fem kommuner.
2003:29 Kartläggning av äldreomsorgen.
2003:30 Växtnäringsflöden till och från jordbruket ur ett historiskt perspektiv, 1900 – 2002, i Dalarna.
2004:01 Förstärkta näringslivsinsatser och en dörr in i Dalarnas kommuner.
2004:02 EU-projekt 2003 i Dalarnas län. Projekt som delfinansierats med EU-medel under 2003 från Mål 1 Södra Skogslänsregionen och Mål 2 Norra Regionen.
2004:03 Hedersrelaterat våld, en kartläggning i Dalarna.
2004:04 Ej verkställda domar och beslut.
2004:05 Kommersiellt Utvecklingsprogram för Dalarna 2004-2007.
2004:06 Kommunens insatser för personer med psykiska funktionshinder

i Smedjebackens kommun i Dalarna.
2004:07 Surstötter i norra Dalarna 1994-2002.
2004:08 Inventering av sandödlor i Dalarnas län.
2004:09 Sammanställning av beviljade projekt 2003.
2004:10 Lenåsen.
2004:11 Måltidssituationen .
2004:12 Tillsyn över enskild verksamhet och entreprenader 2003.
2004:13 Deluppföljning av länsamordnarfunktionen för det alkohol- och drogförebyggande arbetet.
2004:14 Klagomålshantering.
2004:15 Lex Sarah... Det har jag hört tals om.
2004:16 Tillsynsrapport 2004.
2004:17 Alkohol- och drogförebyggare i den lokala praktiken
2004:18 Den kommunala alkohol- och drogförebyggande arbetet – intervjuer med länets kommunalråd.
2004:19 LVU-ingripanden i Dalarnas län – Sammanställning åren 2000 – 2003.
2004:20 Inventering av förorenade områden i Dalarnas län, Industriområden längs Runns norra strand.
2004:21 Samordnad recipientkontroll i Dalälven 2003.
2004:22 Ämnestransporter i Dalälven 1990-2003.
2004:23 Avloppsreningsverk i Dalarna.
2004:24 Program för regional uppföljning av miljömål och åtgärder i Dalarna 2004-2006.
2004:25 Regional risk- och sårbarhetsanalys för Dalarnas län 2004.
2004:26 Uppföljning av mikrostöd beviljade under åren 1997-1999.
2005:01 Brand i Fulufjällets nationalpark.
2005:02 Individuell plan enligt LSS.
2005:03 Sammanställning av beviljade projekt 2004
2005:04 Vem ser barnet? En granskning av 100 familjehemsplacerade barn åren 2002-2003.
2005:05 Inventering av förorenade områden i Dalarnas län, Kemiindustriområdet – kemtvättar.
2005:06 Länsstyrelsens årsredovisning.
2005:07 Rättviksheden Inventering av naturvärden inom Enån - Gärdöfältet – Ockrandalängen.
2005:08 Domar och beslut.
2005:09 Vem ser barnet?
2005:10 Trädgränsen i Dalafjällen.
2005:11 Lex Sarah 2005.
2005:12 Näringslivsklimat och entreprenörskap – en jämförande studie mellan Värmlands, Dalarnas och Gävleborgs län.
2005:13 Regional förvaltningsplan för stora rovdjur i Dalarnas län.
2005:14 Inventering av förorenade områden i Dalarnas län – Gruvindustri
2005:15 Personligt ombud i Mellansverige/myndighetseffekter.
2005:16 Samordnad recipientkontroll i Dalälven 2004.
2005:17 Delårsrapport.
2005:18 Näringslivsstrukturen på Dalarnas Landsbygd.
2005:19 Metallhalter i dricksvatten från borrade brunnar i Dalarnas län.
2005:20 Personligt ombud i Mellansverige - klienters uppfattningar av de stöd de fått.
2005:21 Fisk- och kraftodlingsverksamhet i Dalarnas län – nulägesbeskrivning 2004.
2005:22 Tillsyn över enskild verksamhet och entreprenader.
2005:23 Efterbehandling av gruvavfall i Falun.
2005:24 EnergiIntelligent Dalarna, regionalt energiprogram.
2005: 25 Personligt ombud i Mellansverige- ombuden och deras arbete.
2006:01 Uppföljning och utvärdering av Dalarnas landsbygdsprogram 1997-2002.
2006:02 Strategi för formellt skydd av skog i Dalarnas län.
2006:03 Sammanställning av beviljade projekt 2002-2005 . Projektmedel för alkohol- och narkotikaförebyggande insatser.
2006:04 Delaktig i hemtjänsten.
2006:05 Verksamhetsplan 2006-2008.
2006:06 Årsredovisning 2005.
2006:07 Landsbygdsprogram för Dalarna.
2006:08 Rotogräsgruppen 2003-2005.
2006:09 Ej verkställda domar och beslut
2006:10 Särskilt boende för personer med demenssjukdom.
2006:11 Epizootiberedskap, uppdaterad
2006:12 EnergiIntelligent Dalarna.
2006:13 Samrådsredogörelse och beslut, EnergiIntelligent Dalarna.
2006:14 Risk- och sårbarhetsanalys 2005.
2006:15 Personligt ombud i Mellansverige Vägledning inför framtiden.
2006:16 Alla visste om det men alla visste olika. Konsekvenser för enskilda när särskilda boenden avvecklas. Regiontillsyn i fem län.
2006:17 Bostadsmarknadsläget i Dalarna 2006-2007.
2006:18 Designåret 2005 i Dalarna – slutrapport.
2006:19 Ekomat – slutrapport.
2006:20 Anmälningsplikten Lex Sarah
2006:21 Statens nya geografi.
2006:22 Dalarnas Naturminnen.
2006:23 Samordnad recipientkontroll i Dalälven 2005.
2006:24 Individuell plan enligt LSS.
2006:25 Delårsrapport.
2006:26 Dokumetation 2006 års regionala energiseminarium.
2006:27 Grundvatten och dricksvattenförsörjning – en beskrivning av förhållandena i Dalarnas län 2006.
2006:28 Inventering av förorenade områden i Dalarnas län. Tillståndspliktiga anläggningar i drift.
2006:29 Gruvstugor.
2006:30 Kartläggning av öppenvården gällande missbruk i Dalarnas län.
2006:31 Slitage på leder.
2006:32 Anhörigstödet i Dalarna, lägesrapport 2006.
2006:33 Kartläggning av den öppna Missbrukar- och beroendevården i Dalarnas län.
2006:34 Vattnets näringsgrad i Nedre Milsbosjön under de senaste årtusendena.
2006:35 Vedskalbaggar i Gåsbergets och Trollmosseskogens naturreservat, Ore socken, Rättviks kommun.
2006:36 Bottenfauna i Dalarna juni 2005.
2006:37 Dalarnas miljömål 2007–2010. Remissversion.
2006:38 Satellitdata för övervakning av våtmarker.
2006:39 Inventering av vattensalamandrar i Dalarnas län 2006.
2007:01 Miljömålen i skolan – en handledning för lärare i Dalarna.
2007:02 Regional risk och sårbarhetsanalys 2006.
2007:03 Verksamhetsplan för Länsstyrelsen Dalarna 2007-2009.
2007:04 Årsredovisning 2006 för Länsstyrelsen Dalarna.
2007:05 Inventering av förorenade områden i Dalarnas län, Gruvindustri – etapp 2.
2007:06 Luftkvalitet i Dalarnas större tätorter under perioden 2006.
2007:07 Dalarnas miljömål 2007–2010.
2007:08 Samrådsredogörelse och beslut till Dalarnas miljömål 2007–2010.
2007:09 Fjärranalyser i kulturmiljövärden.
2007:10 Ej verkställda domar och beslut 2006.

- 2007:11 Vattenkemiska effekter av 10 års våtmarkskalkning i Skidbågsbäcken.
- 2007:12 Bostadsmarknadsenkät 2007-08.
- 2007:13 Kartläggning av farliga kemikalier.
- 2007:14 Metaller, uran och radon i vatten från dricksvattenbrunnar.
- 2007:15 Fäbodbeta & Rovdjur i Dalarna.
- 2007:16 Anmälningsskyldigheten En sammanställning av Lex Sarahanmälningar i kommunal och enskild verksamhet i Dalarnas län.
- 2007:17 Inventering av förorenade områden i Dalarnas län. Primära och sekundära metallverk, metallgjuterier och ytbehandling av metall.
- 2007:18 Redovisning av hur kommunerna i Dalarna använder sig av sina korttidsplatser.
- 2007:19 Delårsrapport 2006-06-30.
- 2007:20 Vindområden i Dalarnas län – Redovisning inför Energimyndighetens ställningstagande om riksintresseområden för vindkraft 2007.
- 2007:21 Samordnad recipientkontroll i Dalälven 2006.
- 2007:22 Bioenergipotentialen i Dalarnas län.
- 2007:23 Dokumentation av 2007 års energiseminarium.
- 2007:24 Inventering av förorenade områden – kemiindustriområdet
- 2007:25 Tillsyn över enskild verksamhet
- 2007:26 Verksamhetstillsyn inom socialtjänsten i Hedemora kommun 2007.
- 2007:27 Verksamhetstillsyn inom socialtjänsten i Rättviks kommun 2007.
- 2007:28 Regionala landskapsstrategier i Dalarnas län.
- 2008:01** Regional risk och sårbarhetsanalys.
- 2008:02 Verksamhetsplan 2008-2019.
- 2008:03 Årsredovisning 2007 för Länsstyrelsen Dalarna.
- 2008:04 Milsbosjöarna - ett pilotprojekt inför arbetet med åtgärdsprogram inom EU:s Ramdirektiv för vatten.
- 2008:05 Inventering av förorenade områden i Dalarnas län – verkstadsindustrin.
- 2008:06 Naturbeteskött.
- 2008:07 Förstudie ångar.
- 2008:08 Förstudie fäbodar.
- 2008:09 Design för företag i Dalarna.
- 2008:10 Bostadsmarknadsenkät 2008-09.
- 2008:11 Stormusselinventering
- 2008:12 Fäbodbruk ur ett brukarperspektiv.
- 2008:13 Organiska miljögifter i grundvatten.
- 2008:14 Inventering av förorenade områden i Dalarna län — Nedlagda kommunala deponier.
- 2008:15 Vattenvegetation i Dalarnas sjöar; Inventeringar år 2005 och 2006.
- 2008:16 Uppdrag barn i Dalarnas län.
- 2008:17 Identifiering av riskområden för fosforförluster i ett jordbruksdominerat avrinningsområde i Dalarna.
- 2008:18 Inventering av vildbin i Dalarna
- 2008:19 Inventering av steklar i sandtallskog.
- 2008:20 Inventeringsmetodik för klipplavar.
- 2008:21 Kommunernas beredskap för personer med utländsk bakgrund inom äldreomsorgen.
- 2008:22 Samordnad recipientkontroll i Dalälven 2007.
- 2009:01** Metod för kemikaliekontroll inom ramen för miljö kvalitetsmålet Giftfri miljö.
- 2009:02 Verksamhetstillsyn inom socialtjänsten i Leksand kommun 2008.
- 2009:03 Bibaggen i Dalarna.
- 2009:04 Vattenvårdsplan för Dalälvens avrinningsområden.
- 2009:05 Verksamhetsplan.
- 2009:06 Årsredovisning 2008 för Länsstyrelsen Dalarna.
- 2009:07 Verksamhetstillsyn Personer med demenssjukdom i ordinärt boende.
- 2009:08 När lanthandeln stänger.
- 2009:09 Laserskanning från flyg och fornlämningar i skog.
- 2009:10 Bostadsmarknadsenkät 2009-10.
- 2009:11 Tillsyn över energihushållning - Erfarenheter från Dalarna.
- 2009:12 Inventering av förorenade områden, grafiska industrin.
- 2009:13 Inventering av förorenade områden i Dalarnas län – sammanfattningsrapport.
- 2009:14 Samordnad recipientkontroll i Dalälven 2008.
- 2009:15 Anmälningsskyldigheten. Sammanställning 2008.
- 2009:16 Rosa Kampanjen. Mot illegal alkoholhantering.
- 2009:17 Program för uppföljning av Dalarnas miljömål 2009-2011.
- 2009:18 Insekter på brandfält.
- 2009:19 Styrel: Länsförsök Dalarna 09 – Slutrapport.
- 2009:20 Vattenuttag för snökanoner i Dalarnas län.
- 2009:21 Serviceuppdragen.
- 2009:22 Organiska miljögifter.
- 2009:23 Inventering av förorenade områden i Dalarnas län – Avfallssektorn.
- 2009:24 Övervakning av vedlevande insekter i Granäsens vårdetrakt.
- 2009:25 Risk- och sårbarhetsanalys 2009.
- 2009:26 Länsstyrelsernas bevakningsuppdrag/betaljtjänster.
- 2009:27 Länsamverkansprojekt – verksamhetsavfall 2008.
- 2010:01** Dalarnas regionala serviceprogram 2010-2013.
- 2010:02 Vindkraft kring Siljan?
- 2010:03 Verksamhetsplan 2010.
- 2010:04 Mer träd på myrar de senaste 20 åren.
- 2010:05 Verifiering av kemisk status Badelundaåsen inom Borlänge, Sätters och Hedemora kommun.
- 2010:06 Verifiering av kemisk status Badelundaåsen inom Avesta kommun.
- 2010:07 Årsredovisning 2009.
- 2010:08 Metallpåverkade sjöar och vattendrag i Dalarna. Konsekvenser av en tusenårig gruvhistoria.
- 2010:09 Kartläggning av farliga kemikalier – tillsynsprojekt.
- 2010:10 Bostadsmarknaden i Dalarna 2010.
- 2010:11 Kartläggning av SFI i Dalarna – och en kvalitativ studie.
- 2010:12 Metaller i fisk i Dalälvens sjöar.
- 2010:13 Växtplanktonsamhällen i Dalälvens sjöar – undersökningar 1990-2006
- 2010:14 Fisk i Dalälvens sjöar.
- 2010:15 Saxdalen. Miljöanalys av ett historiskt gruvområde samt konsekvenser av en efterbehandling .
- 2010:16 Utvärdering av biologiska bedömningsgrunder för sjöar.
- 2010:17 Uppföljning av regionalt företagsstöd med slutligt beslut år 2004.
- 2010:18 Långsiktig strategisk plan för omarrondering i Dalarnas län.
- 2010:19 Långsiktig strategisk plan för omarrondering i Dalarnas län – projektrapport.
- 2010:20 Samordnad recipientkontroll i Dalälven 2009.
- 2010:21 Mjukbottenfaunan i Dalälvens sjöar – struktur och funktion.
- 2010:22 Intervjuer med ångsbrukare.
- 2010:23 Bevakning av grundläggande betaltjänster.
- 2010:24 Regional risk- och sårbarhetsanalys 2010.
- 2010:25 Inventering av förorenade områden i Dalarnas län – industri-deponier.
- 2010:26 Klimatanpassningsstrategi 2020.
- 2010:27 Biotopkartering av rinnande

vatten. Beskrivning och jämförande analys av metoder i Dalarna, Jönköping och Västernorrland.
2011:01 Malingsbo-Klotens framtid. Utredning om natur- och friluftsvärden.
2011:02 Främmande musslor i Kärtyllasjön i Dalarna 2010.
2011:03 Kartering av brandfält från satellitdata. Koncept för årlig kartering.
2011:04 Verksamhetsplan 2011.
2011:05 Klimatanpassningsstrategi 2020.

Prioriterade sektorer i Dalarnas län.
2011:06 Utveckling av metoder för mätning av ljudnivåer i fjällen.
2011:07 Är Dalarna jämställt? Lägesrapport 2011.
2011:08 Årsredovisning 2010.
2011:09 Strategi för hållbar turistutveckling i Fulufjällsområdet.
2011:10 Sustainable Tourism Development Strategy.
2011:11 Elfenbensslaven i Sverige.

2011:12 Jättesköldlav.
2011:13 Strategi Miljögifter 2011-2012, Problembild för Dalarnas län.
2011:14 Kommunala energi- och klimatstrategier.
2011:15 Vindkraftsunderlag för Dalarnas klimat- och energistrategi.

Länsstyrelsen Dalarna
791 84 Falun
Tfn (vx) 023-81000, Fax 023-813 86
dalarna@lansstyrelsen.se
www.lansstyrelsen.se/dalarna



LÄNSSTYRELSEN
DALARNAS LÄN