



LÄNSSTYRELSEN  
VÄSTRA GÖTALANDS LÄN



# Effekter av sjökalkning på omgivande landbiotoper



---

**Inventering, text och foto**

Naturcentrum AB, 2007  
Strandtorget 3, 444 30 Stenungsund  
Tel. 0303-726160  
ncab@naturcentrum.se  
*Omslagsbild:* Nils Forshed

**Naturcentrum AB**

*Uppdragsledare:* Jonas Stenström.  
*Förstudie:* Magdalena Andersson  
*Inventering och sammanställning:* Petter Bohman.

**Länsstyrelsen i Västra Götaland**

*Projektstyrning:* Fredrik Nilsson.  
*Rapportnummer:* 2009:18  
*ISSN:* 1403-168X

**Uppdragsgivare**

Naturvårdsverket, Stockholm.

**Uppdragsgivarens projektledare**

Torbjörn Svensson, Naturvårdsverket.

**Utgivare:**

Länsstyrelsen i Västra Götalands län, Vattenvårdsenheten

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

## Förord

Kalkning av sjöar och vattendrag har pågått i stor skala i mer än 25 år. Bara i Västra Götalands län har nästan 700 000 ton kalkmjöl spridits sedan starten. Under de senaste tio åren har stort arbete lagts på att utveckla dammfria kalkprodukter för våtmarkskalkning, vilket resulterat i att inga dammande kalksorter idag används vid denna typ av kalkning. I sjöar sprids däremot fortfarande finmalt kalkstensmjöl som vid helikopterspridning innebär omfattande damning. För att undersöka vilka effekter kalkdammet har och i vilken omfattning det skadar omgivande miljöer har Naturcentrum AB fått i uppdrag att närmare undersöka det. Redan 2005 anlätades Naturcentrum AB för en förstudie med syfte att utarbeta en lämplig inventeringsmetod. Studien har finansierats av Naturvårdsverket inom ramen för kalkningsverksamheten. Länsstyrelsen i Västra Götalands län har bl.a. medverkat vid urvalet av sjöar och ansvarat för tryckning av rapporten.

Naturcentrum AB har mångårig erfarenhet av inventeringar och naturvärdesbedömningar i olika sammanhang. Författarna svarar själva för rapportens innehåll varför detta inte kan åberopas som varken Länsstyrelsens eller Naturvårdsverkets åsikt.

Fredrik Nilsson, Länsstyrelsen i Västra Götalands län

# Innehåll

<b>INNEHÅLL</b> .....	<b>3</b>
<b>UPPDRAG</b> .....	<b>5</b>
<b>BAKGRUND</b> .....	<b>5</b>
<b>FRÅGESTÄLLNINGAR</b> .....	<b>6</b>
<b>METODIK I KORTHET</b> .....	<b>6</b>
<b>SAMMANFATTNING AV RESULTATET</b> .....	<b>7</b>
Vegetationsförändringar och skador i strandnära våtmarker .....	7
Förekomst av lavar på träd.....	7
Förekomst av lavar på block och hållar.....	7
Förekomst av värdearter och skyddsvärda biotoper .....	8
<b>SLUTSATS OCH DISKUSSION</b> .....	<b>9</b>
Hur stort område påverkas? .....	9
Påverkas värdearter och skyddsvärda biotoper?.....	9
Vad kan göras för att undvika negativa effekter? .....	10
Sjöar som kalkas för första gången .....	10
Redan kalkade sjöar .....	11
<b>BESKRIVNING AV METODIK</b> .....	<b>12</b>
Urval av sjöar .....	12
Inventeringsmetodik.....	12
Vegetationsförändringar och skador i strandnära våtmarker .....	12
Förekomst av lavar på träd.....	14
Förekomst av lavar på block och hållar.....	15
Förekomst av värdearter och skyddsvärda biotoper .....	16
Analys och statistik.....	16
Vegetationsförändringar och skador i strandnära våtmarker .....	17
Förekomst av lavar på trädstammar.....	17
Förekomst av lavar på block och hållar.....	18
Förekomst av värdearter och skyddsvärda biotoper .....	18
<b>RESULTAT</b> .....	<b>19</b>
Vegetationsförändringar och skador i strandnära våtmarker .....	19
Förekomst av lavar på träd.....	21
Förekomst av lavar på block och hållar.....	25
Förekomst av värdearter och skyddsvärda biotoper .....	28
<b>REFERENSER</b> .....	<b>30</b>

---

<b>BILAGA 1. BESKRIVNING AV SJÖARNA.....</b>	<b>31</b>
Flesevatten.....	31
Gaffeln.....	32
Håvatten.....	33
Kasesjön.....	34
Stora Svartevatten.....	35
Ingelsvatten.....	36
Lindesjön.....	37
Röstorpsjön.....	38
Stora Holmevatten.....	39
Stora Holmevattnet.....	40
Stora Mörka.....	41
Stora Nöjevatten.....	42
Stora Silevatten.....	43

# Uppdrag

Denna studie har genomförts av Naturcentrum AB på uppdrag av Naturvårdsverket. Länsstyrelsen i Västra Götaland har bistått med information och tagit fram urvalet av såväl kalkade som okalkade sjöar i Svartedalsområdet. Studien skall ligga till grund för rekommendationer vid kalkning av sjöar som gränsar till värdefulla och känsliga skogsmiljöer.

Studien presenteras i form av denna rapport samt kompletterade digitalt kartmaterial (shape-filer) och rådata på CD-skiva som levereras till Länsstyrelsen i Västra Götaland och Naturvårdsverket.

# Bakgrund

Att kalkning med kalkmjöl medför stora förändringar i våtmarker är vedertaget och väl dokumenterat i ett flertal studier. Problemet med skador på vitmossmattor har särskilt uppmärksammats i samband med våtmarkskalkning (Rafstedt 2000). Vid höga kalkdoser förändras vegetationen i våtmarkernas bottenskikt radikalt redan ett par månader efter kalkning.

Negativa effekter på omgivande skogsområden i samband med helikopteralkning av sjöar har däremot inte belysts i samma utsträckning som vegetationsskador relaterade till kalkning av våtmarker. I anslutning till kalkade sjöar har dock vissa förändringar av lavsamhällena på träd, block och hållar tidigare noterats (INFRA Kartläggning 2003). Orsaken till att kalkrelaterade skador uppstår i samband med helikopteralkning av sjöar är att kalkdamm förs med vinden in i intilliggande områden. Kalkdamm sprids stundtals i en sådan utsträckning att det kan täcka hela eller delar av vegetationen runt en kalkade sjö.

Som indikatorer på kalkrelaterade skador har lavar och mossor används. Lavar och mossor hör till de landlevande organismer som är känsliga för direktkontakt med damm, luftföroreningar och även kalk. Deras yttersta skikt är mycket tunt och lättgenomsläppligt eftersom de tar upp fukt och näring direkt genom bål och blad. På grund av deras snabba respons på miljöförändringar och deras långa livslängd är de lämpliga som indikatorer vid studier av skadeverkningar i samband med kalkning. Lavar och mossor är med sin höga känslighet även bra värdemätare för riskbedömningar av kalkrelaterade skador på andra mindre känsliga organismgrupper och hela miljöer.

Om sjökalkning med helikopter medför en betydande skadlig effekt på den biologiska mångfalden i omgivande skog är det av stort intresse att känna till omfattningen av sådana skadeverkningar. Hur långt från sjön sträcker sig eventuella effekter och hur kraftigt påverkas lav- och mossfloran? Dessa frågeställningar har legat till grund för studien. Dessutom ges sammanfattande förslag på åtgärder för att minimera eventuella skadliga effekter.

## Frågeställningar

I projektets inledningsskede presenterades en rad tankegångar rörande kalkdammets påverkan på strandnära områden och dess kryptogamflora. Dessa tankegångar har fokuserats och konkretiserats i följande tre frågeställningar.

1. *Hur stort område påverkas?*
2. *Påverkas skyddsvärda arter och biotoper?*
3. *Vad kan göras för att undvika negativ effekter?*

## Metodik i korthet

Studien har utförts genom inventering av lavar och mossor i strandnära skogsområden (0–50 meter från stranden) och våtmarker runt kalkade och okalkade sjöar. Inventeringsarbetet har bestått av fyra olika delmoment som tillsammans syftar till att besvara de ovan nämnda frågeställningarna och klarlägga sjökalkningens effekter på lavar och mossor samt på skyddsvärda biotoper och värdearter i omgivande skogsmark. Delmomenten var följande:

1. *Vegetationsförändringar och skador i strandnära våtmarker*
2. *Förekomst av lavar på träd*
3. *Förekomst av lavar på block och hällar*
4. *Förekomst av värdearter och skyddsvärda biotoper*

Resultaten från de olika delmomenten har analyserats var för sig och oberoende av varandra. De har sedan jämförts för att ge en sammantagen bild av sjökalkningens effekter på omgivande miljö.

Alla studerade sjöar, kalkade som okalkade, ligger i Svartedalen mellan Kungälv och Ljungskile på ett avstånd av 1–3 mil in från kusten. Svartedalen är ett stort sammanhängande barrskogsområde med kuperad terräng. Alla sjöarna är små och har en yta av 3–7 hektar. Totalt har omgivningen runt 13 sjöar studerats, 8 av dessa sjöar har kalkats med kalkmjöl släppt från helikopter och de övriga 5 är okalkade. Kalkgiven i de kalkade sjöarna varierar från ungefär 0,5 till 1,5 ton per hektar och år.

Metodiken beskrivs i sin helhet under rubriken Metodik.

# Sammanfattning av resultatet

## *Vegetationsförändringar och skador i strandnära våtmarker*

Totalt noterades 45 mindre våtmarker i anslutning till de inventerade sjöarna. Våtmarkerna är av typen fattigkärr.

Ett fåtal skador på vitmossor observerades i studien. Dessa återfanns i våtmarker vid fyra kalkade sjöar och en okalkad. Skadorna täckte mycket små ytor, i de flesta fall bara någon kvadratdecimeter och som mest en halv kvadratmeter. Skadorna fanns främst inom 10 meter från strandkanten.

Andelen vitmossor i våtmarkerna skiljde sig signifikant mellan kalkade respektive okalkade sjöar. Vid okalkade sjöar täckte vitmossorna i genomsnitt 87 procent av våtmarkerna medan motsvarande siffra i kalkade sjöar var 63 procent. I de kalkade sjöarna var istället andelen brunmossor, gräs och örter (triviala arter) högre. Botten-skiktet i våtmarker vid kalkade sjöar bestod i genomsnitt av 10 procent ”brunmossor” medan våtmarkerna vid okalkade sjöar endast hade 0,7 procent ”brunmossor” i bottenskiktet.

Variabeln ”andel vitmossa i våtmarkens strandkant” skiljde sig kraftigt mellan kalkade och okalkades sjöar. Våtmarkskanten mot okalkade sjöar dominerades nästan helt av vitmossor (98 procent) medan kanten mot kalkade sjöar hade en betydligt högre andel ”brunmossor” och annan vegetation och endast 40 procent vitmossor.

## *Förekomst av lavar på träd*

Signifikanta förändringar av lavfloran på trädstammar har i studien kunnat noteras på avstånd upp till 30 meter från strandkanten. På längre avstånd har studien inte kunnat visa några effekter. Upp till 30 meter från stranden in i omgivande skog finns också ett mycket starkt linjärt samband mellan mängden kalk och skadornas omfattning. Desto större kalkgiv desto lägre artantal och täckningsgrad av lavar på trädstammar.

Vid granskning av hur enskilda arter påverkas av kalkningen framgår att vissa arter är känsligare än andra. Blåslav och näverlav hör till de arter som var känsligast för helikopteralkning medan bägarlavarna som grupp endast påverkades marginellt.

## *Förekomst av lavar på block och hållar*

Den totala täckningsgraden av lavar på block och hållar visar en tydlig och statistiskt säker minskning upptill 40 meter från stranden vid kalkade sjöar jämfört med okalkade. På block och hållar som ligger 0–10 meter från stranden är den totala täckningsgraden av lavar 68 procent lägre vid kalkade sjöar jämfört med okalkade. I likhet med lavar på träd visar förekomsten av lavar på block och hållar ett signifikant nega-



tivt linjärt samband med ökad mängd kalk. Detta linjära samband återfinns på block och hållar upp till 30 meter från strandkanten.

### ***Förekomst av värdearter och skyddsvärda biotoper***

Studien visade att det fanns nio stycken områden runt de inventerade sjöarna som uppfyllde Skogsvårdsstyrelsens kriterier för nyckelbiotop eller hade andra skyddsvärden. Endast fyra av dem var kända sedan tidigare, två beskrivna som nyckelbiotoper och två som naturvärdeslokaler (Skogsstyrelsen, Skogens Pärlor).

Antalet skyddsvärda biotoper är för få och variationen för stor för att kunna visa på signifikanta skillnader mellan kalkade och okalkade sjöar. Enstaka intressanta iakttagelser har ändå gjorts. En av nyckelbiotoperna som ligger ungefär 50 meter från en kalkad sjö uppvisade en rik, till synes opåverkad, artuppsättning med signalarter och rödlistade arter. I skyddsvärda biotoper som ligger närmare kalkade sjöar är både antalet och förekomsterna av värdearter något färre. Enstaka rödlistade arter och flera signalarter förekommer dock så nära de kalkade sjöarna som 6–7 meter.

Det finns 45 mindre våtmarker runt sjöarna. I dessa fattigkärr genomfördes ingen metodisk inventering av värdearter eftersom de inte bedömdes vara livsmiljöer för särskilt skyddsvärda eller känsliga arter. Deras naturvärde är främst att de är ”våtmarker i allmänhet”. Hydrologin är viktigare än det specifika artinnehållet.

Det fullständiga resultatet beskrivs mer ingående under rubriken Resultat.

Substrattyp	Variabel	Avstånd från sjö									
		0–10 meter		11–20 meter		21–30 meter		31–40 meter		41–50 meter	
		Okalk	Kalk	Okalk	Kalk	Okalk	Kalk	Okalk	Kalk	Okalk	Kalk
Träd	Artantal lavar	3,6	2,2	3,0	2,5	2,8	2,5	3,1	2,7	3,1	2,7
Träd	Total täckningsgrad lavar (%)	22,2	12,2	21,8	14,6	25,0	18,2	23,7	22,6	23,8	23,4
Träd	Täckningsgrad bladlavar (%)	9,7	3,2	9,1	5,0	7,4	5	8,2	7,1	9,1	8,3
Träd	Täckningsgrad skorplavar (%)	12,5	8,9	12,6	9,6	17,7	13,2	15,2	15,6	14,4	15,2
Block/häll	Artantal lavar	8,1	4,7	7,1	5,5	7,1	5,9	7,5	5,5	7,3	7
Block/häll	Total täckningsgrad lavar (%)	51,3	16,1	57,1	32,4	55,4	26,5	52,1	29,8	35,3	29,8
Block/häll	Täckningsgrad bladlavar (%)	4,2	2,6	7,5	1,9	4,9	2,8	3,5	1	3,1	2,8
Block/häll	Andel block med renlav* (%)	80	15	90	33	100	62	100	43	81	25
Våtmark	Vitmossa i bottenskikt (%)	87,0	63,0								
Våtmark	"Brunmossa" i bottenskikt (%)	0,7	10,0								
Våtmark	Björnmossa i bottenskikt (%)	6,6	14,0								
Våtmark	Vitmossa i kantzonen (%)	98,0	40,0								
Våtmark	"Brunmossa" i kantzonen (%)	0,2	14,0								
Våtmark	Annan veg. i kantzonen (%)	2,0	46,0								

**Tabell 1.** Sammanfattande resultattabell med medelvärden för alla variabler redovisade för varje avståndsklass vid kalkade respektive okalkade sjöar. Gråmarkerade celler indikerar statistiskt signifikanta skillnader mellan kalkade och okalkade sjöar (ANOVA,  $p < 0.05$ ). \*Variabeln "Andel lämpliga block och hållar med renlav" har inte testats med statistiska modeller.

# Slutsats och diskussion

## Hur stort område påverkas?

Slutsatsen är att skogsekosystem påverkas inom 30–40 meter från strandkanten vid sjöar som kalkas genom helikopteralkning. På längre avstånd än 50 meter är risken för skador liten.

## Påverkas värdearter och skyddsvärda biotoper?

De allmänna populationsförändringar som sker av vanliga arter som näverlav, blåslav och flertalet vitmossor har liten betydelse ur naturvårdssynpunkt eftersom dessa arter ändå är mycket allmänna. Sannolikt påverkas dock även mer ovanliga mossor och lavar.

Runt sjöstränder finns en speciell miljö med hög luftfuktighet och sannolikt en högre koncentration av nyckelbiotoper och andra skyddsvärda biotoper än på andra platser. Därför kan till exempel kalkning av ett stort antal sjöar inom en viss region påverka en stor andel nyckelbiotoper (av en viss typ) med mossor och lavar som kräver hög luftfuktighet och som är känsliga för kalkdamm. Ur naturvårdssynpunkt bedöms därför skador på skogliga nyckelbiotoper och värdebiotoper vara av viss betydelse. Samtidigt visar studien att nyckelbiotoper med rödlistade arter och signalarter kan förekomma väldigt nära stranden vid kalkade sjöar. Det talar för att man även fortsättningsvis bör kunna kalka sjöar med nyckelbiotoper invid stränderna men kanske bör då särskilda försiktighetsåtgärder vidtagas. En osäkerhet är att vi inte vet något om art- och individrikedomen i nyckelbiotoperna före kalkningen.

Påverkan och skador på våtmarker i anslutning till kalkade sjöar bedöms vara mindre allvarligt ur naturvårdssynpunkt. Kärren runt de kalkade sjöarna är av typen fattigkärr där skyddsvärda och hotade arter mycket sällan förekommer. Det går givetvis inte helt att utesluta att enskilda ovanliga och skyddsvärda arter av vitmossor eller kärlväxter skulle kunna finnas och då skadas, men det är mer sannolikt att till exempel försurning, kvävenedfall och igenväxning är sådant som hotar skyddsvärda arter i våtmarkerna runt sjöar.

Fattigkärrrens värde är snarare landskapsekologiskt/hydrologiskt. De skapar en variation i skogslandskapet. Det är sannolikt ett naturligt tillstånd med kärr och vitmossor ända fram till strandkanten i näringsfattiga sjöar även om vitmossornas utbredning också ökat på grund av försurningen. De förändringar av vegetationssammansättningen, mer brunmossor och gräs i den omedelbara strandkanten, som sker till följd av kalkningen tolkas som ett icke naturligt tillstånd som kanske ändå inte ger allvarliga naturvårdskonsekvenser. Detta kan sägas utifrån att det finns relativt gott om fattigkärr och att påverkan vid sjökalkning är relativt marginell.

## Vad kan göras för att undvika negativa effekter?

För att över huvud taget kunna ta hänsyn till de naturvärden som finns runt sjöar som kalkas måste man känna till dem, men endast en liten andel av skyddsvärda biotoperna runt sjöar verkar vara kända i dags läget.

### *Sjöar som kalkas för första gången*

I samband med nykalkning av sjöar bör det alltid vara rutin att kontrollera om det finns skyddsvärda biotoper inom en radie av 50 meter från stranden. Detta görs lämpligen genom en förstudie av kända nyckelbiotoper och en kompletterande nyckelbiotopsinventering. Vid en sådan inventering är det lämpligt att även notera andra typer av miljöer eller arter med naturvärden. Sannolikt tar det inte mycket längre tid än att inventera endast nyckelbiotoper. Tidsåtgången för en sådan inventering beräknas till ungefär 1–2 dagar per sjö. Inventeringen bör vara på biotopnivå, men rödlistade arter, signalarter och andra värdearter eftersöks också. Skyddsvärda lavar och mossor bör eftersökas i första hand, men även intressanta svampar och kärlväxter bör noteras om de påträffas.

En inventering som visar skyddsvärda arter och biotoper runt sjöarna ger också ett bra underlag för uppföljning. Inventeringen kan upprepas efter till exempel 10 år för att se om det blivit några skador eller förändringar till följd av kalkningen. En sådan uppföljning skulle öka kunskaperna om kalkens effekter på skyddsvärda arter. Rent praktiskt kan det också leda till att åtgärderna kan anpassas mer effektivt.

Efter genomförd inventering görs en bedömning av naturvärdenas eventuella känslighet för kalkning. Om det förekommer skyddsvärda biotoper inom 50 meter från sjöar där förstagångskalkning planeras kan åtgärder vidtas för att undvika skador på dess biotoper. Beroende på biotopernas känslighet, skyddsvärde och placering kan fyra olika förfaringsätt tillämpas.

1. *Inte kalka*
2. *Kalka endast vissa delar av sjön*
3. *Kalka med icke dammande kalkprodukter*
4. *Kalka enligt gängse standard*

Om de skyddsvärda biotopernas värde är högt och kan anses extra känsligt för vinddrivet kalkdamm kan det vara nödvändigt att helt undvika kalkning. Är värdena spridda runt stora delar av sjön kan det också vara aktuellt att helt avstå från kalkning. Om värdena anses vara något lägre och mindre känsliga för kalkdamm eller är tydligt koncentrerade till en viss del av sjön kan man tillämpa åtgärden att endast kalka vissa delar av sjön. Detta förutsätter att kalkningen genomförs vid tillfällen då vindriktningen är sådan att kalk inte riskerar att blåsa in i biotopen och att helikopterföraren har god kännedom om naturvärdenas placering. I undantagsfall kan en sjös form eller naturvärdenas placering vara sådan att det är omöjligt att undvika att kalkdamm driver in i skyddsvärda områden. I dessa fall bör man använda icke dammande kalkprodukter. Sådana kan till exempel vara vattenblandat kalk eller granulerad kalk.

Att kalka enligt gängse standard är möjligt om naturvärdena ligger längre än 50 meter från sjön, eller är låga och inte anses vara känsliga för kalkdamm.

### *Redan kalkade sjöar*

Skyddsvärda biotoper och arter vid sjöar som kalkats under en längre tid har troligen redan påverkats negativt av kalkdammet. Vissa skyddsvärden har därmed redan försvunnit och ur bevarandebiologiskt perspektiv är det därför inte motiverat att helt upphöra med kalkningen.

Den här studien visar dock att enskilda värdearter kan förekomma i skyddsvärda biotoper mycket nära sjöar som kalkats under många år. Genom att vidta mindre åtgärder, som att endast kalka delar av sådana sjöar eller använda icke dammande kalkprodukter, kan man troligen drastiskt förbättra situationen för dessa arter och biotoper.

När det gäller redan kalkade sjöar är det lämpligt att resonera annorlunda. I första hand bör man kontrollera om det förekommer några redan kända nyckelbiotoper, naturvärdeslokaler och/eller rödlistade arter i anslutning till de kalkade sjöarna. Med tanke på att få nyckelbiotoper är kända är det motiverat med kompletterande inventeringar, men eftersom antalet kalkade sjöar är stort blir en noggrann nyckelbiotopsinventering runt dessa mycket omfattande och kostsam. Med nuvarande kunskap är det tveksamt om kompletterande inventeringar ger tillräckligt stor naturvårdsnytta i förhållande till kostnaden.

# Beskrivning av metodik

## Urval av sjöar

Totalt har 13 sjöar inventerats i studien, tre besöktes under arbetet med förstudien 2005–2006 (Andersson 2006) och tio besöktes under vintern 2007–2008. Urvalet av sjöarna har gjorts av Länsstyrelsen i Västra Götalands län. Alla sjöar är små, 3–7 hektar, och ligger i området Svartedalen, mellan Kungälv och Ljungskile, norr om Göteborg. Landskapet domineras av kuperad barrblandskog med hållmarker. Åtta av sjöarna har helikopteralkats med kalkstensmjöl (kornstorlek 0–0,2 mm) varje år, åtminstone under de senaste fem åren. Mängden spridd kalk varierar mellan 0,5 till 1,5 ton per hektar vattenyta och år. De övriga fem sjöarna var okalkade och har använts som referensobjekt. Kalkbehandlingen antogs vara den avgörande skillnaden mellan de kalkade sjöarna och de okalkade referenssjöarna.

Naturcentrum lämnades ovetande om vilka sjöar som kalkats och vilka som var okalkade. Anledningen var att undvika att inventeraren bildade sig en uppfattning om vilket resultat som förväntades vid respektive sjö.

Länsstyrelsen bistod med kartmaterial i form av digitala ortofoton. Dessa ortofoton användes även för att i förväg lokalisera lämpliga partier för inventering.

## Inventeringsmetodik

Inventeringsmetodiken följer den som utformades i förstudien (Andersson 2006) och består av fyra delmoment.

1. *Vegetationsförändringar och skador i strandnära våtmarker*
2. *Förekomst av lavar på träd*
3. *Förekomst av lavar på block och hållar*
4. *Förekomst av värdearter och skyddsvärda biotoper*

### ***Vegetationsförändringar och skador i strandnära våtmarker***

Kriteriet för att en våtmark skulle anses lämplig att inventera var att den stod i direkt kontakt med sjön. Vidare fick det inte finnas kraftiga trädridåer, trösklar eller mycket fastmark som skiljde våtmarken från sjön. Alla våtmarker som ansågs lämpliga utifrån dessa kriterium inventerades med avseende på skador på vitmossmattan och mossvegetationens sammansättning. Totalt inventerades 45 våtmarker, hälften vid kalkade och hälften vid okalkade sjöar. I genomsnitt inventerades 4 våtmarker per sjö, men med en viss variation beroende på antalet lämpliga våtmarker som fanns tillgängliga.

I varje våtmark undersöktes förekomst av skadade eller döda vitmossor genom frisökning under 10 minuter. Längsta avstånd mellan upptäckt skadad/död vitmossa och sjökanten mättes upp.

Två typer av skador kunde urskiljas.

- Brunaktig vitmossa som är i ett stadium av nedbrytning och lätt faller sönder (Figur 1). Den känns ofta slemmig.
- Färglös, vitaktig vitmossa (Figur 2). Vitmossor kan förekomma i en mängd olika färgnyanser, men vita är de bara om de är döda.



**Figur 1.** Brunaktig död vitmossa i kärr med ängsull (*Eriophorum angustifolium*).  
Foto: M. Andersson.



**Figur 2.** Vit död vitmossa i kärr med tuvull (*Eriophorum vaginatum*).  
Foto: M. Andersson.

Båda dessa typer av skadad vitmossa kan uppkomma till följd av kalkning (Andersson 2004, Rafstedt 2000). Den vitaktiga vitmossan kan dock uppkomma även av andra orsaker, till exempel genom torka.

Storleken på respektive skada uppskattades.

Skadade vitmossor undersöktes efter förekomst av kalkkorn. Det gjordes genom att dela på några skadade tuvor och titta efter kalkkorn mellan vitmossestammarna.

Vidare noterades andelen vitmossor, brunmossor och annan vegetation i våtmarkens kant mot sjön. Med brunmossor menas i denna studie våtmarkslevande mossarter som inte tillhör släktet *Sphangnum*. Exempel på arter i denna grupp är blek skedmossa (*Straminergon stramineum*) och räffelmossa (*Aulacomnium palustre*).

Våtmarkernas karaktär beskrevs genom att andelen mjukmatta, fastmatta och gungfly angavs. Vegetationens i fält-, busk- och trädskiktets noterades för varje våtmark.

### **Förekomst av lavar på träd**

Runt varje sjö inventerades förekomsten, såväl artantal som täckningsgrad, av lavar på träd. För att ett träd skulle anses lämpligt att inventera behövde en rad kriterier vara uppfyllda, detta för att få jämförbara data samt begränsa antalet träd. Nedan följer uppsatta kriterier för att ett träd skulle anses lämpligt.

- Trädslag: gran, tall eller björk.
- Stamdiameter i brösthöjd skulle vara minst 30 cm för gran och tall och minst 20 cm för björk.
- Träden skulle vara exponerade, vilket innebär att det inte fick finnas buskar, block eller andra träd tätt intill stammarna.
- Träden skulle växa under likartade förhållanden (i avseende på mark- och fuktförhållanden) på olika avstånd från sjökanten.
- Träden skulle växa i glesa bestånd (med en kronslutenhet under ca 80 %). Se figur 3.
- Träden skulle vara fördelade runt sjön, så att samtliga väderstreck representerades.



**Figur 3.** Exempel på glest granbestånd.

Foto: M Andersson.

Träden letades upp genom att gå transekter i sicksack, från strandkanten och 50 meter in i beståndet. På så vis blev det en jämn fördelning av träd på olika avstånd från sjökanten. Träd som stod intill eller på hyggen inventerades inte eftersom de ekologiska förhållandena radikalt har förändrats genom skogsbruksåtgärderna. Totalt in-

venterades 617 träd, 365 av dessa vid kalkade sjöar och 252 vid okalkade. I snitt inventerades 48 träd per sjö men antalet varierade något beroende på tillgången på lämpliga träd.

Inventeringen av lavar på träd utfördes från en höjd av 0,5 m och upp till två meter på trädstammen. Täckningsgraden av busk-, blad- och skorplavar uppskattades i procent av stamytan.

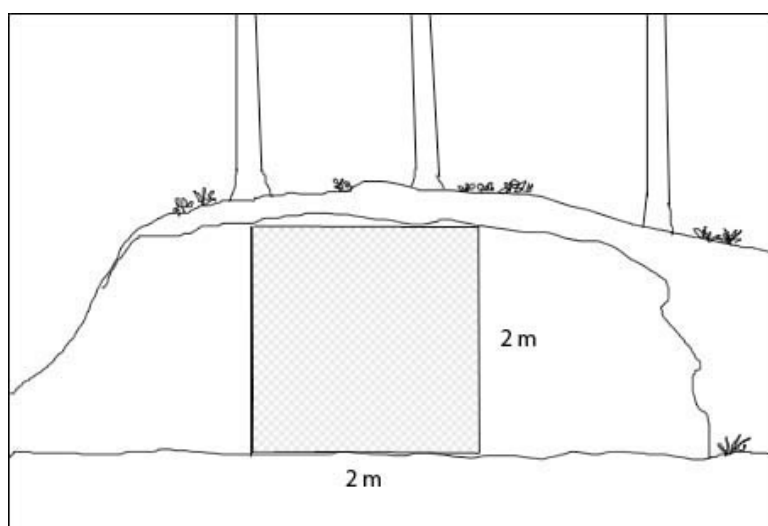
Samtliga förekommande arter inom grupperna blad- och busklavar noterades. Skorplavarna artbestämdes inte eftersom detta är alltför tidskrävande.

Varje inventerat träd koordinatsattes med hjälp av en handburen GPS. Det gjordes för att senare kunna plotta dem på digitala kartor.

### *Förekomst av lavar på block och hållar*

Block och hållar inventerades på ett liknande sätt som träden. Kriterierna för urval av lämpliga block och hållar var följande:

- De skulle ha en synlig, mossfri, yta på minst 4 kvadratmeter.
- De skulle vara exponerade mot sjön och ej skydda av träd eller buskar.
- De skulle finnas på olika avstånd från sjökanten.
- De skulle vara fördelade kring sjön, så att samtliga väderstreck representerades.
- Hållar som översvämmas av sjövatten uteslöts.



**Figur 4.** Inventeringen av lavar på vertikala hållar avgränsas till 4 m<sup>2</sup> från basen av hållens mitt.

Inventering av block och hållar genomfördes i samma glesa skogsbestånd som inventeringen av träd. Alla block och hållar som uppfyllde kriterierna i ett bestånd inventerades. Vidare inventerades även block och hållar som låg i anslutning till våtmarker och längs hela strandkanten.

På varje block och håll noterades antalet arter av lavar samt den uppskattade täckningsgraden av busk-, blad-, och skorplavar på en yta av 4 m<sup>2</sup>. Förekomst av renlavar



noterades särskilt. Dessutom noterades kalk- och kvävegynnade arter, dvs arter inom släktena *Xanthoria*, *Caloplaca* och *Physcia*. Inventeringsobjekten beskrevs med följande miljövariabler:

- Substrattyp: block eller häll.
- Avstånd från sjökanten i meter.
- Objektets totalyta i m<sup>2</sup>, vilken är den yta som sticker fram ur marken. Stenblockens undersida togs inte med i uppskattningen.
- Uppskattning av objektets exponeringsgrad i form av kronslutenhet.
- Om blocket/hällen är i direkt kontakt med sjön eller ej.
- För hållar noterades om ytan var vertikal, lutande eller horisontell.

Totalt inventerades 286 block och hållar, av vilka 156 stycken låg vid kalkade sjöar och 130 vid okalkade. I medeltal inventerades 22 block och hållar per sjö men variationen var stor på grund av de olika sjöarnas tillgång på lämpliga inventeringsobjekt.

Alla inventerade block och hållar koordinatsattes med hjälp av GPS.

### ***Förekomst av värdearter och skyddsvärda biotoper***

Inom 50 meter från de studerade sjöarna lokaliserades alla skyddsvärda skogsbiotoper. Dessa var antingen nyckelbiotoper eller naturvärdeslokaler. Definitionen av nyckelbiotop i denna studie följer den som tagits fram av Skogsstyrelsen (Skogsstyrelsen, www.svo.se 2008-11-24) och lyder "*En nyckelbiotop är ett skogsområde som från en samlad bedömning av biotopens struktur, artinnehåll, historik och fysiska miljö idag har mycket stor betydelse för skogens flora och fauna. Där finns eller kan förväntas finnas rödlistade arter.*"

Totalt hittades nio skyddsvärda biotoper, varav sex återfanns vid kalkade sjöar och tre vid okalkade sjöar.

Varje skyddsvärd biotop inventerades under mars–april 2008 avseende förekomst av värdearter. Med värdearter menas här rödlistade arter, signalarter och andra regional naturvårdsintressanta arter. För varje förekomst av en värdeart mättes avståndet till sjöstranden, substrattyp (mark, sten eller träd) och förekomstens storlek/utbredning. Dessutom gjordes en subjektiv bedömning av vitaliteten, enligt en tregradig skala (1=frisk, 2=sjuk och 3=död/döende), för varje förekomst. Alla förekomster av värdearter koordinatsattes med GPS.

### **Analys och statistik**

Resultatet från de fyra olika inventeringsmomenten analyserades var för sig oberoende av varandra. Det gjordes för att typen av data och variation skiljer mellan de olika momenten och går därför inte att behandla inom samma tester. Momenten "Inventering av lavar på träd" och "Inventering av lavar på sten" är mest lika varandra och dessa har i stort sett analyserats på samma sätt men delvis utifrån olika variabler.

### *Vegetationsförändringar och skador i strandnära våtmarker*

Observationerna av skadade och döda vitmosstuvor var få och spridda vid såväl kalkade som okalkade sjöar. Det medförde att inga statistiska tester av kalkningens effekter kunde genomföras för denna variabel. Förhållandet mellan vitmossor, brunmossor och annan vegetation i kanten mellan våtmark och sjö samt sammansättningen av våtmarkens bottenskikt analyserades med variationsanalys (ANOVA). Behandlingen (kalkat respektive okalkat) behandlades som beroende faktor och andelen av respektive vegetation som variabel.

Sambandet mellan kalkgivens storlek och förändringen av vegetationens sammansättning i våtmarkens kant mot sjön och i bottenskiktet analyserades med linjär regressionsanalys. Mängden kalk per hektar och år användes som oberoende variabel och andelen av respektive vegetationstyp som beroende variabel.

### *Förekomst av lavar på trädstammar*

Alla inventerade träd grupperades i fem olika avståndsklasser utifrån deras avstånd till stranden. Klasserna var följande:

- Avståndsklass 1: 0–10 meter från stranden.
- Avståndsklass 2: 11–20 meter
- Avståndsklass 3: 21–30 meter
- Avståndsklass 4: 31–40 meter
- Avståndsklass 5: 41–50 meter

Två olika tillvägagångssätt användes för att bestämma utbredningen av sjökalkningens effekter på lavfloran på träd i omgivande skog. Först analyserades eventuella skillnader i avseende på lavförekomst mellan avståndsklasserna vid kalkade respektive okalkade sjöar. Analysen utfördes med ett variationsanalystest (ANOVA). De variabler som testades var artantal, total täckningsgrad av lavar, täckningsgrad av bladlavar samt täckningsgrad av skorplavar (Tabell 2) I de fall då det fanns en signifikant skillnad mellan avståndsklasserna vid kalkade sjöar men inte vid okalkade sjöar visade detta att kalkspridningen hade skadliga effekter på trädlevande lavar.

Testade variabler	Lavar på träd	Lavar på block och hållar
<i>Artantal</i>	X	X
<i>Total täckningsgrad av lavar</i>	X	X
<i>Täckningsgrad bladlavar</i>	X	X
<i>Täckningsgrad skorplavar</i>	X	

**Tabell 2.** Variabler analyserade med variationsanalys (ANOVA) och linjär regressionsanalys.

I nästa steg analyserades de variabler som uppvisade skadliga effekter av kalkningen genom parvisa variationsanalystest (ANOVA) där de båda behandlingarna, kalkat mot okalkat, jämfördes för varje avståndsklass. I de avståndsklasser där det fanns en signifikant skillnad för respektive variabel antogs effekten bero på kalkningen.

Gränsen för den areella utbredningen av kalkens påverkan bestämdes till den avståndsklass där ingen skillnad mellan kalkade och okalkade sjöar längre kunde påvisas.

För att kvantifiera omfattningen av de eventuella kalkrelaterade skadorna på den trädlevande lavfloran jämfördes de olika variablernas medelvärden för de kalkade respektive okalkade sjöarna. Jämförelsen gjordes i de avståndsklasser där en signifikant skillnad hade påvisats. Skillnaden i lavförekomst mellan kalkade och okalkade sjöar beskrevs i procent.

Alla trädlevande blad- och busklavar bestämdes till art för att kunna analysera vilka enskilda arter eller grupper av lavar som drabbades hårdast av kalkningen. För varje art beräknades andelen av de inventerade träden som hyste arten. Beräkningen gjordes för båda behandlingarna i samtliga avståndsklasser. Andelen träd med förekomst av en enskild art vid de okalkade sjöarna antogs vara "normaltillståndet". Andel träd, i en avståndsklass, med förekomst vid kalkade sjöar jämfördes med "normaltillståndet", skillnaden tolkades som en effekt av kalkningen. Jämförelsen gjordes inom samma avståndsklasser och bara för de arter som förekom på en hög andel av träden (>30 procent av träden). Anledningen till att bara jämföra de vanligaste arterna var att minska risken för slumpfaktorer, som lätt kan uppstå när man jämför endast ett fåtal förekomster. Skillnaden mellan behandlingarna beskrevs i procent.

Sambandet mellan kalkgivens storlek och förändringen i lavfloran på träd analyserades med linjär regressionsanalys. Mängden kalk per hektar och år användes som oberoende variabel och de olika mätvariablerna som beroende (Tabell 2). Även de okalkade sjöarna inkluderades i analyserna, för dessa sattes kalkmängden till noll. Analyserna gjordes separat för varje avståndsklass.

### ***Förekomst av lavar på block och hållar***

Analysen av hur stenlevande lavar påverkades av helikopterkalkningen utfördes på samma sätt som för trädlevande lavar. För stenlevande arter gjordes dock ingen analys över omfattningen av enskilda arters påverkan av kalkningen. Detta kunde inte göras eftersom lavarna på block och hållar endast bestämdes till grupp. I variationsanalystesten för lavar på sten användes variablerna artantal, total täckningsgrad av lavar och täckningsgrad av bladlavar (Tabell 2).

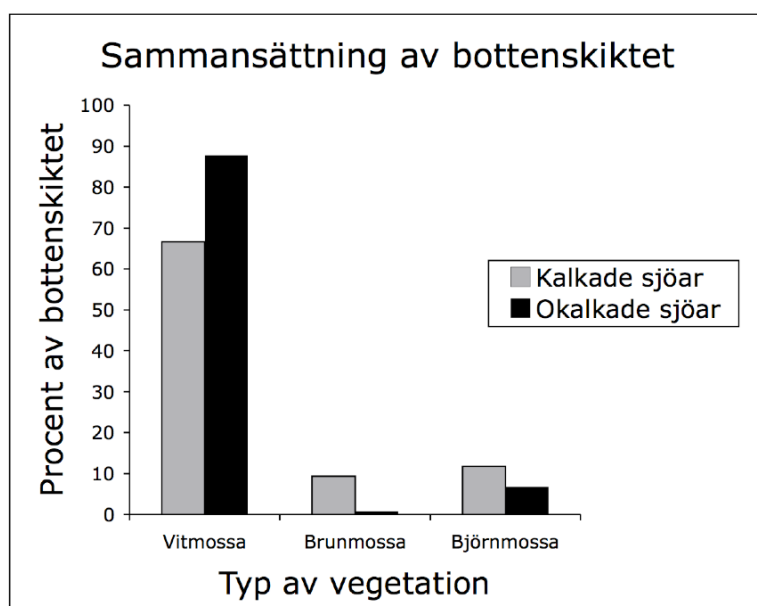
### ***Förekomst av värdearter och skyddsvärda biotoper***

Fynden av värdefulla arter var spridda och mycket ojämnt fördelade mellan de olika skyddsvärda biotoperna. Vidare skiljde sig de skyddsvärda biotoperna avsevärt från varandra med avseende på skogstyp, strukturella naturvärden, storlek och placering i förhållande till respektive sjö. Det var därför mycket svårt att analysera eventuella mönster med statistiska metoder. Istället har fynden legat till grund för en resonerande diskussion om skyddsvärda biotoper och värdefulla arters känslighet för sjökalkning.

# Resultat

## Vegetationsförändringar och skador i strandnära våtmarker

I våtmarker vid okalkade sjöar utgjorde vitmossorna i genomsnitt 87 procent av bottenskiktet (Figur 5) och hela 98 procent av våtmarkens kant mot sjön (Figur 6). Motsvarande siffror för våtmarker vid kalkade sjöar var 63 procent vitmossa i bottenskiktet (Figur 5) och endast 40 procent vitmossa utmed våtmarkens kant mot sjön (Figur 6). Skillnaderna i avseende på andelen vitmossa mellan kalkade och okalkade sjöar var tydligt signifikanta ( $p < 0.05$ ) både utmed våtmarkernas kant mot vattnet och i bottenskiktet som helhet.



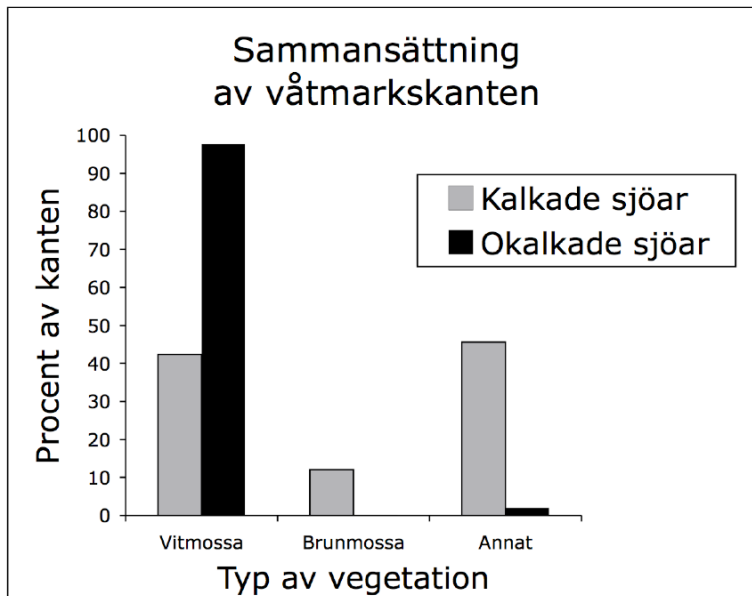
**Figur 5.** Procentuell sammansättning av mossfloran i våtmarkernas bottenskikt.

Utöver vitmossor förekom brunmossor, björnmossor och högre örtvegetation i de strandnära våtmarkerna. Med brunmossor menas här våtmarkslevande mossor som inte är vitmossor eller björnmossor. De vanligast förekommande arterna av dessa var räffelmossa (*Aulacomnium palustre*), spjutmossa (*Calliergonella cuspidata*) och blek skedmossa (*Straminergon stramineum*), vilka alla är mycket allmänna i de flesta våtmarkstyper.

I våtmarker vid kalkade sjöar var andelen brunmossor signifikant högre både i bottenskiktet och i strandkanten jämfört med våtmarker vid okalkade sjöar. Brunmossorna utgjorde i genomsnitt 10 procent av bottenskiktet (Figur 5) och 14 procent i strandkanten (Figur 6) i våtmarker vid kalkade sjöar. I okalkade sjöar var brunmossornas motsvarande andelar 0,7 procent i bottenskiktet (Figur 5) och 0,2 procent i strandkanten (Figur 6). Variationen i förekomst av brunmossor mellan de enskilda våtmarkerna var dock mycket stor.

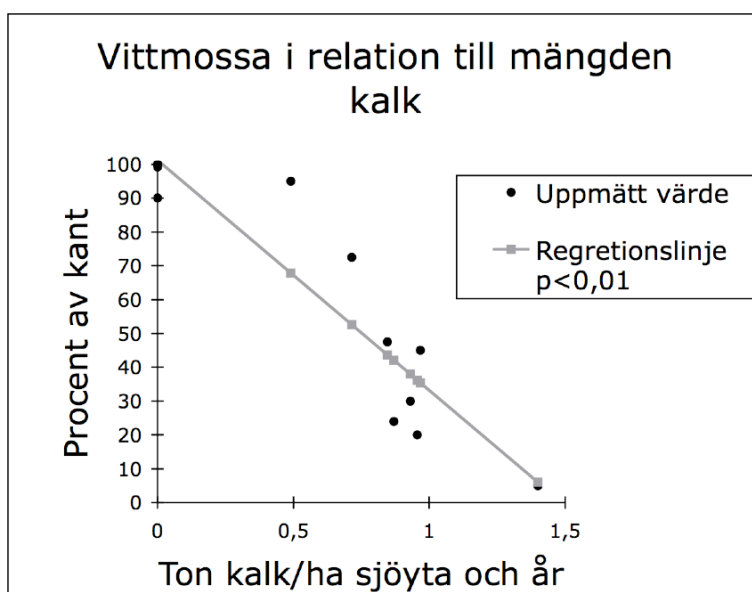
Andelen björnmossa i våtmarkernas bottenskikt skilde sig däremot inte påtagligt mellan kalkade och okalkade sjöar (Figur 5). Däremot varierade mängden björnmossa kraftigt mellan de enskilda våtmarkerna, oberoende av kalkningen.

Med annan vegetation i våtmarkernas strandkanter menas här främst blååtäl (*Molinia caerulea*) och olika arter starr (*Carex sp.*). Andelen av dessa gräs och halvgräs var påtagligt högre i våtmarker vid kalkade sjöar jämfört med de vid okalkade sjöar (Figur 6).

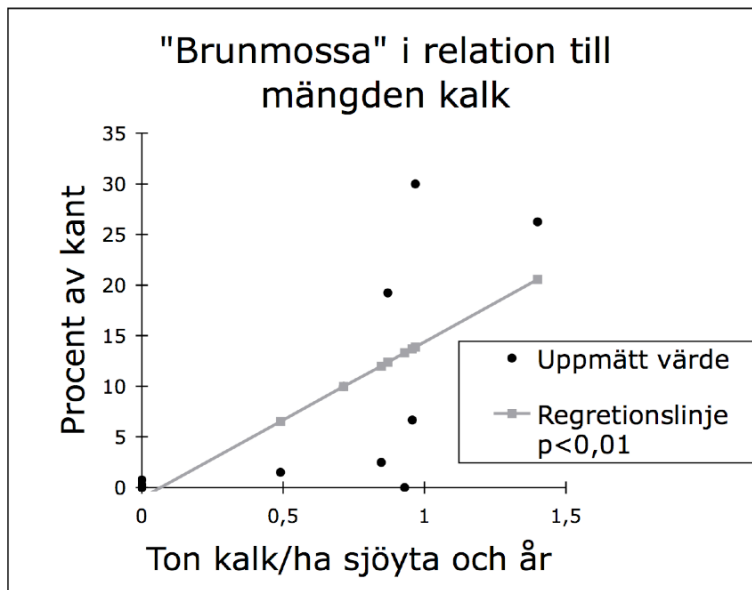


**Figur 6.** Procentuell sammansättning av vegetationen i kanten mellan våtmark och sjö.

Mossvegetationen skilde sig tydligt mellan de kalkade sjöarna beroende på hur stor mängd kalk som tillförts. I både våtmarkens kant mot sjön och i bottenskiktet fanns ett negativt linjärt samband mellan mängden tillförd kalk och andelen vitmossa (Figur 7). Desto mer kalk per hektar vattenyta desto lägre andel vitmossa i våtmarken. Lika tydligt var sambandet mellan ökad mängd kalk och högre andel brunmossor (Figur 8). Sambanden är signifikanta ( $p < 0,01$ ) både i kantzonen och bottenskiktet som helhet för både vitmossor och brunmossor.



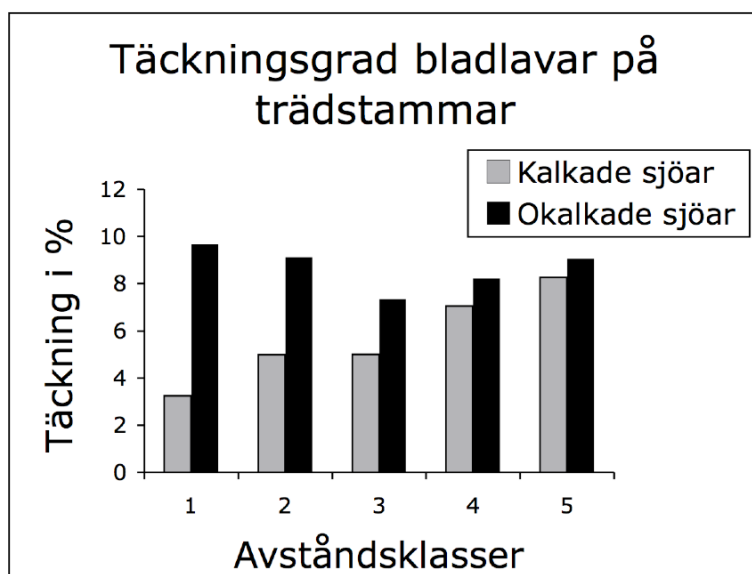
**Figur 7.** Andel vitmossa i våtmarkskanten i relation till mängden kalk.



**Figur 8.** Andel "brunmossa" i våtmarkskanten i relation till mängden kalk.

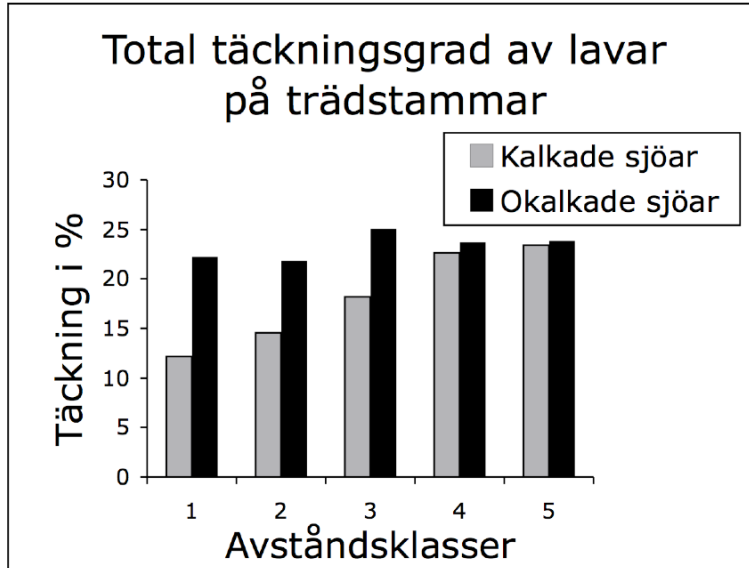
### Förekomst av lavar på träd

När det gäller lavars förekomst på träd syntes tydlig påverkan av kalkningen. Omfattningen av de kalkrelaterade skadorna på lavsamhället varierade dock något mellan lavgrupperna. De mest omfattande skadorna observerades hos trädlevande bladlavar. Deras täckningsgrad minskade med hela 66 procent i en 10 meters zon närmast stranden (avståndsklass 1) vid kalkade sjöar jämfört med okalkade (Figur 9). På längre avstånd från sjön blev minskningen mindre men inom intervallet 21–30 meter (avståndsklass 3) var täckningsgraden av trädlevande bladlavar ändå drygt 30 procent lägre vid kalkade sjöar jämfört med okalkade. Skillnaderna i bladlavarnas täckningsgrad mellan kalkade och okalkade sjöar var statistiskt signifikant ( $p < 0,05$ ) från 0 till 30 meter in i omgivande skog (avståndsklass 1, 2 och 3).



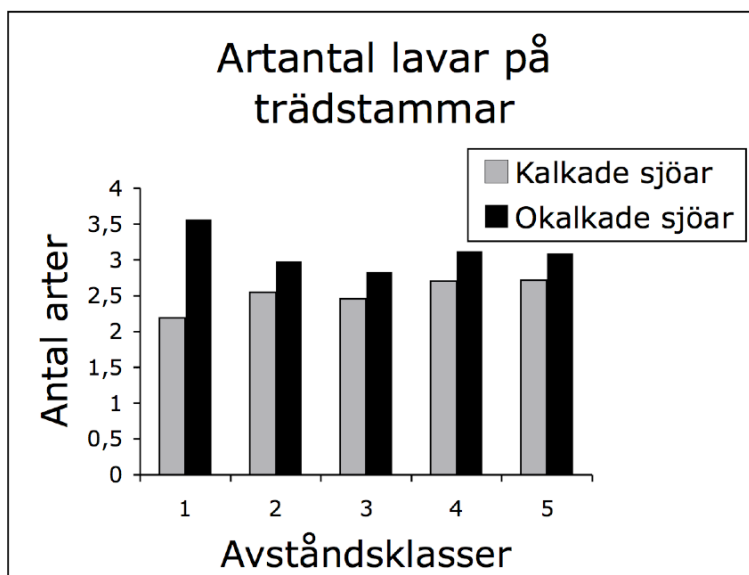
**Figur 9.** Täckningsgrad av bladlavar på trädstammar i olika avståndsklasser vid kalkade och okalkade sjöar.

Den totala täckningsgraden av alla lavar (busk-, blad- och skorplavar) på träd var tydligt lägre vid kalkade sjöar jämfört med okalkade inom de 20 närmaste metrarna från stranden (avståndsklass 1 och 2) (Figur 10). I dessa avståndsklasser var skillnaderna mellan kalkade och okalkade sjöar statistiskt signifikanta ( $p < 0,05$ ).

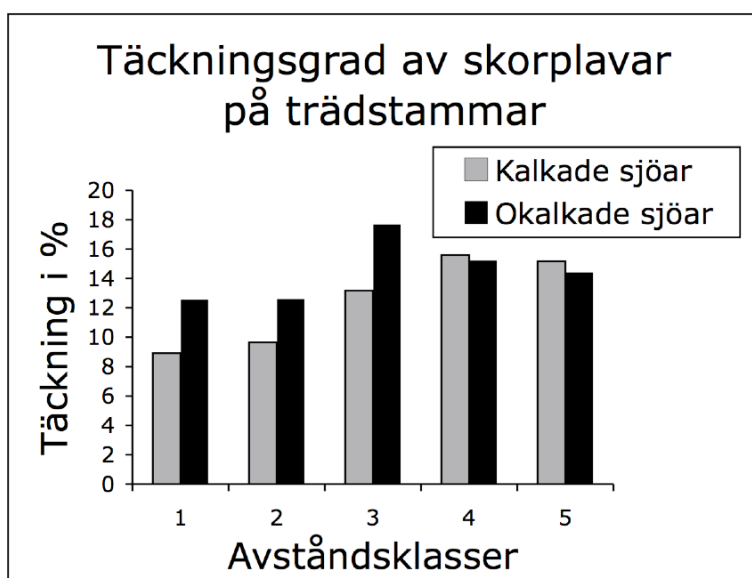


**Figur 10.** Täckningsgrad av alla lavar (busk-, blad- och skorplavar) på träd i olika avståndsklasser vid kalkade och okalkade sjöar.

Vid kalkade sjöar var antalet arter av blad- och busklavar på träd (Figur 11) samt täckningsgraden av trädlevande skorplavar (Figur 12) signifikant lägre endast inom en 10 meters zon närmast stranden (avståndsklass 1) jämfört med okalkade sjöar. Längre bort från stranden skilde sig inte artantalet av trädlevande blad- och busklavar eller skorplavarnas täckningsgrad mellan kalkade och okalkade sjöar (Figur 11 och 12).



**Figur 11.** Genomsnittligt artantal av lavar på trädstammar i olika avståndsklasser vid kalkade och okalkade sjöar.



**Figur 12.** Täckningsgrad av skorplavar på träd i olika avståndsklasser vid kalkade och okalkade sjöar.

Granskning av resultatet på artnivå visar att vissa arter är betydligt känsligare för kalkning än andra. Inom de närmsta 10 metrarna från stranden (avståndsklass 1) förekom alla studerade arter på en lägre andel av träden vid kalkade sjöar jämfört med okalkade sjöar. Vissa arter minskade dock mer än andra och utbredning av de skadliga effekterna skilde sig också mellan arterna.

Näverlav och blåslav tillhör de arter som reagerade mest negativt till följd av kalkningen. I avståndsklass 1 växte näverlav på 60 procent färre träd vid kalkade sjöar jämfört med vid okalkade sjöar. Längre från stranden ökade arten successivt upp till 40 meter från stranden, därefter var arten lika frekvent vid kalkade som okalkade sjöar. För blåslaven (Figur 13) var minskningen 20–40 procent från stranden och 30 meter in i beståndet. Minskningen var störst närmast vattnet och arten blev sedan successivt vanligare längre in i omgivande skog.



**Figur 13.** Bilden föreställer en tallstam två meter från den kalkade sjön Stora Nöjevatten. Blåslav fanns endast i enstaka exemplar. De lavbålar som påträffades växte på den del av stammen som var vänd bort från sjön.

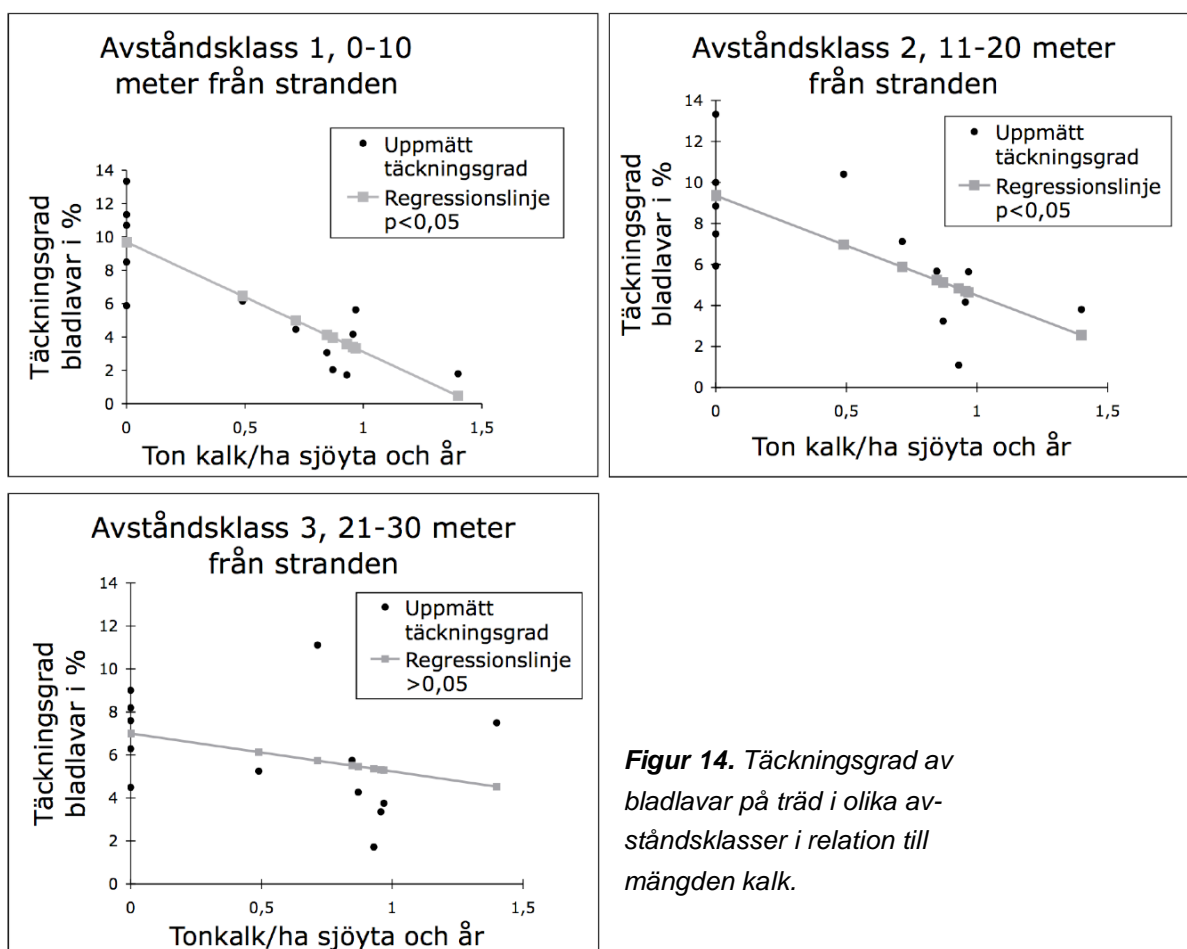
Foto: P. Bohman.



Bägarlavarna (*Cladonia sp.*) samt stock- och vedlav (*Parmeliopsis sp.*) tillhörde de grupper som påverkades minst av kalkningen. Andelen träd med bägarlavar var endast 18 procent lägre vid kalkade sjöar jämfört med okalkade sjöar inom den närmsta 10 metrarna från stranden. Längre från stranden var bägarlavarna ungefär lika vanliga vid kalkade som okalkade sjöar. För stock- och vedlav (*Parmeliopsis sp.*) var mönstret detsamma men med skillnaden att i avståndsklass 1 var det istället 32 procent färre träd med förekomst vid kalkade jämfört med okalkade sjöar. Generellt var variationen i andelen träd med förekomst av stock- och vedlav mycket stor vilket gör resultaten svårtolkade.

För övriga arter var andelen träd med förekomst så låg att det är svårt att dra säkra slutsatser om eventuella effekter av kalkningen.

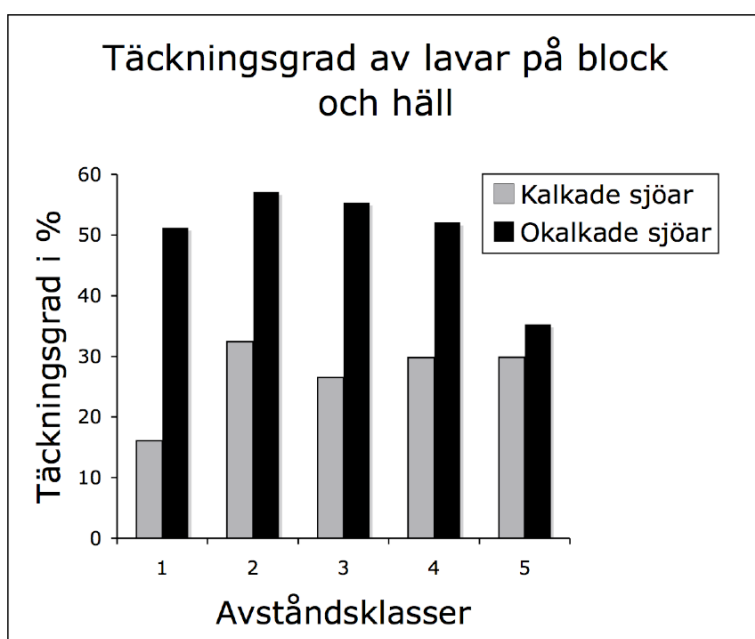
Lavarnas förekomst på träd vid kalkade sjöar påverkades kraftigt av mängden kalk som tillförts (Figur 14). Inom de 10 närmaste metrarna från stranden (avståndsklass 1) fanns ett signifikant linjärt samband mellan ökad kalkmängd och minskad förekomst av lavar. Sambandet observerades för såväl artantal av blad- och busklavar som täckningsgrad av alla typer av lavar. Även på avståndet 11–20 meter från stranden (avståndsklass 2) kunde sambandet observeras för bland annat bladlavarnas täckningsgrad, sambandet var dock något svagare längre från stranden. Efter 20 meter från stranden upphörde sambandet helt mellan ökad kalkmängd och minskad lavförekomst.



**Figur 14.** Täckningsgrad av bladlavar på träd i olika avståndsklasser i relation till mängden kalk.

### Förekomst av lavar på block och hållar

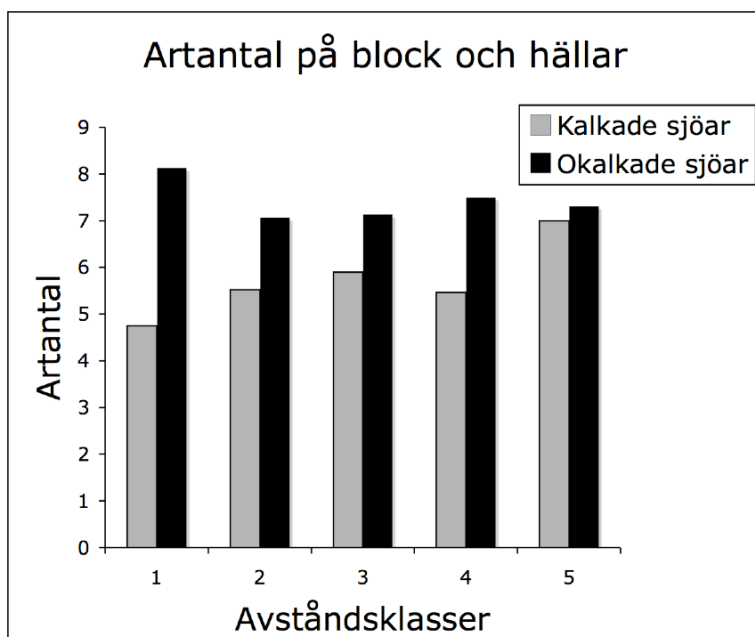
Total täckningsgrad av lavar på block och hållar var den variabel som skilde sig mest mellan kalkade och okalkade sjöar. På de närmaste (avståndsklass 1) blocken och hållarna var den totala täckningsgraden av lavar 68 procent mindre vid kalkade sjöar jämfört med okalkade. Skillnaden i total täckningsgrad av lavar mellan kalkade och okalkade sjöar var signifikanta hela 31–40 meter in i omgivande skog, men skadornas omfattning minskade något med avståndet. 31–40 meter från stranden (avståndsklass 4) var täckningsgraden av lavar på block och hållar drygt 42 procent lägre vid kalkade jämfört med okalkade sjöar. (Figur 15). På längre avstånd än 40 meter från stranden fanns ingen skillnad i täckningsgrad av lavar på block och hållar mellan kalkade och okalkade sjöar.



**Figur 15.** Täckningsgrad av alla lavar på block och hållar i olika avståndsklasser vid kalkade och okalkade sjöar.

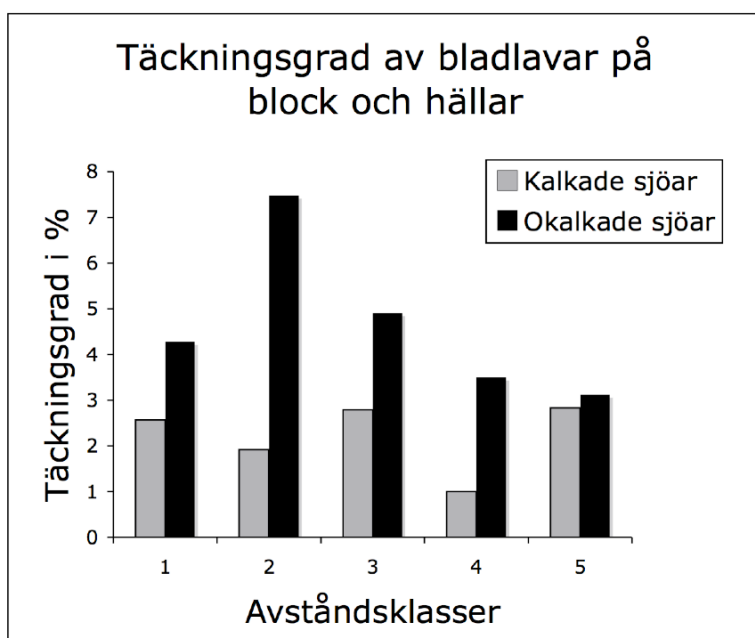
Artantalet av lavar på block och hållar hade en statistiskt säker minskning endast inom de närmaste 10 metrarna vid kalkade sjöar jämfört med okalkade (Figur 16). Längre bort än 10 meter från stranden skiljde sig inte artantalet stenlevande lavar mellan kalkade och okalkade sjöar (Figur 16).

Stenlevande bladlavars täckningsgrad skiljde sig inte mellan kalkade och okalkade sjöar inom de närmast 10 metrarna från stranden (Figur 17). I avståndsklass 2 (11–20 meter) fanns dock en stor och statistiskt säkerställd skillnad som bestod i en påtagligt lägre täckningsgrad vid kalkade jämfört med okalkade sjöar. Orsaken till att skillnader mellan kalkade sjöar och okalkade sjöar kunde påvisas i avståndsklass 2 men inte i avståndsklass 1 beror troligen på att data från de block och hållar närmast stranden uppvisar en mycket stor variation, både vid kalkade och okalkade sjöar. Om kalkningen har en påverkan i avståndsklass 2 är det rimligt att anta att samma typ av påverkan också finns i avståndsklass 1.



**Figur 16.** Artantal av lavar på block och hållar i olika avståndsklasser vid kalkade och okalkade sjöar.

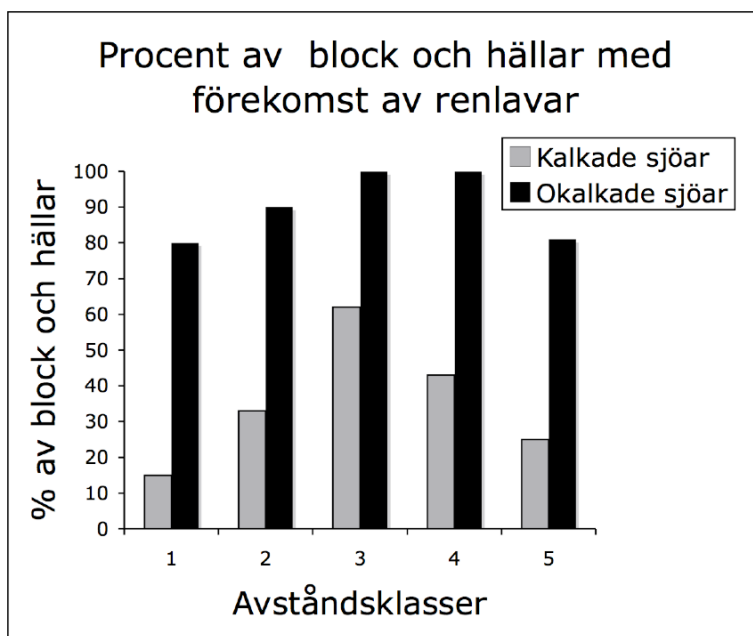
På flera av de hållar som stod i direkt kontakt med de kalkade sjöarna växte flera arter av kalkgynnade bladlavar (t ex släktet *Physcia*). Täckningsgraden av dessa arter höjde medelvärdet på variabeln ”täckningsgrad stenlevande bladlavar” i avståndsklassen 1 vid de kalkade sjöarna. Vid datainsamlingen separerades inte kalkgynnade bladlavars täckningsgrad från täckningsgraden av övrig bladlavar vilket gör det svårt att uttala sig om hur stor betydelse den faktor kan ha på resultatet.



**Figur 17.** Täckningsgrad av bladlavar på block och hållar i de olika avstånds klasserna vid kalkade och okalkade sjöar.

Förekomsten av renlavar på block och hållar skilde sig tydligt mellan kalkade och okalkade sjöar. Inom de 30 närmaste metrarna vid kalkades sjöar var antalet block och hållar med renlav betydligt lägre än vid motsvarande avstånd till okalkade sjöar (Figur 18). Renlavar växer företrädesvis på relativt solexponerade platser med gles

skog. För att få tydligare resultat och minska effekten av det omgivande skogsbeståndets karaktär analyserades renlavsförekomsten endast på de block och hållar som ansågs lämpliga att hysa just renlavar. För att ett block eller en håll skulle anses som lämplig, det vill säga vara relativt solexponerad, skulle kronslutenheten i omgivande skog vara högst 50 procent.



**Figur 18.** Procent av antalet lämpliga block och hållar med förekomst av renlavar i de olika avståndsklasserna vid kalkade och okalkade sjöar.

Andelen block och hållar med renlav ökar successivt med ökat avstånd från stranden vid såväl kalkade som okalkade sjöar. Vid kalkade sjöar minskar förekomsten av renlavar tydligt efter 30 meter. Denna minskning är svår att tolka och kan eventuellt bero på slumpfaktorer eftersom antalet inventerade lämpliga block och hållar i dessa avståndsklasser var mycket lågt (i avståndsklass 4 inventerades 7 block och hållar, i avståndsklass 5 inventerades 4 block och hållar). Närmare vattnet var antalet lämpliga block och hållar betydligt högre och varierade mellan 74 och 9 stycken beroende på avståndsklass.

Ett linjärt samband mellan ökad mängd tillförd kalk och minskad lavförekomst kunde konstateras för stenlevande lavar. Inom de 10 närmaste metrarna från stranden var sambandet som starkast och alla uppmätta variabler visade där ett signifikant negativt samband med kalkmängden. Även i avståndsklass 2, 11-20 meter från stranden, var sambandet signifikant för flera variabler men responsen var inte lika stark. Efter 20 meter från stranden upphörde sambandet mellan ökad kalkmängd och minskad lavförekomst för variablerna artantal och total täckningsgrad av lavar. Täckningsgraden av bladlavar på block och hållar påverkades dock av kalkmängden även 21-30 meter från sjöstranden. Längre bort från stranden än 30 meter spelade mängden kalk i sig ingen roll för stenlevande lavars förekomst.

### **Förekomst av värdearter och skyddsvärda biotoper**

Av de nio identifierade skyddsvärda biotoperna i denna studien var sex att betrakta som nyckelbiotoper enligt Skogsstyrelsens definition och hyste mycket höga naturvärden. De övriga tre hade något lägre naturvärden och kan likställas med Skogsstyrelsens beskrivning av naturvärdeslokaler. Endast fyra av de nio skyddsvärda biotoperna var kända sedan tidigare, två beskrivna som nyckelbiotoper och två som naturvärdeslokaler (Skogsstyrelsen, Skogens Pärlor, [www.svo.se](http://www.svo.se)).

Samtliga i studien noterade våtmarker har naturvärden men då i form av landskaps-ekologiska värden snarare än direkta värden för naturvårdsintressanta arter. Våtmarkernas värde är främst att de skapar stabila hydrologiska system och en biotopvariation i landskapet.

Sex av de skyddsvärda biotoperna låg vid kalkade sjöar och tre vid okalkade. En av biotoperna vid en kalkad sjö låg till största del längre än 41–50 meter från sjön och kan därför knappast betraktas som strandnära.

I de flesta skyddsvärda biotoper noterades fyra till sju värdearter (främst signalarter). Genomsnittet var fem arter per skyddsvärd biotop. Dessa arter hade i snitt cirka 15 förekomster per biotop. Nyckelbiotopen sydväst om Stora Silevatten och nyckelbiotopen nordväst om Flesevatten skiljde sig tydligt ifrån de övriga genom något högre artrikedom och betydligt fler förekomster av enskilda värdearter. Dessa båda områden bedömdes också ha de högsta naturvärdena utifrån skogliga strukturer så som trädslagsammansättning, trädålder, förekomst av lodytor etc.

Nyckelbiotopen sydväst om den kalkade sjön Stora Silevatten, hade en mycket rik flora av såväl lavar som mossor med en hög täthet av signalarter. Nyckelbiotopen ligger på en liten höjd ungefär 50 meter från den kalkade sjöns strand. Området utgörs av ekdominerad blandskog med inslag av gamla grova granar och rikligt med små nordvända lodytor. Ekarna är relativt gamla och senvuxna. Död ved finns i form av granlågor i hela beståndet. Två rödlistade arter noterades i biotopen, lunglav (*Lobaria pulmonaria*) växte på en ek i områdets centrala delar och vedtrappmossa (*Anastrophyllum hellerianum*) hittades på en granstubbe i biotopens norra del endast 15 meter från sjön. Bland övriga värdearter var havstulpanlav (*Thelotrema lepadinum*), späd frullania (*Frullania fragilifolia*) och fällmossa (*Antitrichia curtipendula*) vanligast förekommande och växte på ett tiotal ekar vardera.

Nordväst om den icke kalkade sjön Flesevatten fanns en motsvarande ekdominerad nyckelbiotop med riklig förekomst av mussellav (*Normandina pulchella*), späd frullania (*Frullania fragilifolia*) och enstaka exemplar av guldlöckmossa (*Homalothecium sericeum*) och glansfläck (*Arthonia spadicea*). Detta skogsbeståndet är något glesare och istället för äldre gran står spridda äldre tallar. Lodytor förekommer rikligt och död ved finns sparsamt i form av lövträdslågor.

Dessa båda nyckelbiotoper är av samma typ och med liknande naturvärdeskvaliteter, bedömda utifrån skogliga strukturer. Artantal och täthet av värdearter borde därmed var likvärdiga i dessa båda biotoper, vilket inventeringen också visade. Jämförelsen

mellan dessa nyckelbiotoper antyder att kalkningen av sjön Stora Silevatten inte påverkat värdearterna i nyckelbiotopen sydväst om sjön. Med denna nyckelbiotop som grund skulle man kunna anta att arter i nyckelbiotoper som ligger minst 40–50 meter från sjöstranden inte påverkas nämnvärt av sjökalkning från helikopter.

I de övriga skyddsvärda biotoperna förekom värdearter betydligt närmare stranden än 41–50 meter. Den rödlistade arten rödtandad hättmossa (*Orthotrichum pulchellum*) observerades i ett exemplar endast sju meter från den kalkade sjön Stora Nöjevatten och signalarten kattfotslav (*Arthonia leucopellaea*) hittades på en gran endast sex meter från vattnet vid den kalkade sjön Stora Silevatten. I strandnära områden inom 40 meter från stranden vid kalkade sjöar gjordes även flera fynd av havstulpanlav (*Thelotrema lepadinum*), späd frullania (*Frullania fragilifolia*) och vittandad ulota (*Ulota drummondii*) samt enstaka fynd av stubbtrådmossa (*Cephalozia catenulata*) och trind spretmossa (*Herzogella striatella*).

Dessa förekomster visar att hotade och naturvårdsintressanta arter i omgivande skogsmiljöer inte helt slås ut i samband med helikopterkalkning av sjöar. Eftersom den mer triviala moss- och lavfloran påverkas tydligt negativt av kalkningen är det dock troligt att flera av värdearterna också påverkas negativt. För att i detalj klarlägga kalkningens effekter på värdearter krävs dock att fler skyddsvärda biotoper inventeras före och efter att kalkningen påbörjats. Sådana studier skulle kunna visa hur de enskilda arterna påverkas av helikopterkalkningen.

## Referenser

- Andersson, M. 2004: Kalkningens effekter på vegetationen i våtmarker inom Rolf-såns avrinningsområde. Examensarbete vid Institutionen för Tillämpad Miljövetenskap, Göteborgs Universitet.
- Andersson, M. 2006: Sjöalkningens påverkan på omgivande biotoper. En förstudie. Naturcentrum AB, Stenungsund
- Hallingbäck, T. & Holmåsén, I. 2000: Mossor. En fälthandbok. Interpublishing, Stockholm.
- INFRA Kartläggning. 2003: Påverkan på vegetation inom strandnära områden vid sjökalkning med kalkmjöl. Naturvårdsverket, Stockholm.
- Moberg, R. & Holmåsén, I. 2000: Lavar. En fälthandbok. Interpublishing, Stockholm.
- Nitare, J. 2000: Signalarter. Indikatorer på skyddsvärd flora över kryptogamer. Skogsstyrelsen, Jönköping.
- Rafstedt, T. 2000: Kalkning av våtmarker. Uppföljning av växtekologiska effekter. Rapport 5075. Naturvårdsverket, Stockholm.

# BILAGA 1. Beskrivning av sjöarna

## Flesevatten

*Koordinater:* 6435090; 1270640

*Areal:* 2,3 hektar

*Kalkningsstatus:* Okalkad

*Inventeringstillfällen:* Fem besök gjordes under hösten 2005 och ett besök under våren 2008.

Substrat	Antal inventerade objekt i varje avståndsklass					Totalt
	0-10 m	11-20 m	21-30 m	31-40 m	41-50 m	
Träd	28	13	10	11	8	70
Block/hällar	16	10	8	8	5	47
Våtmarker	5	-	-	-	-	5

### *Värdearter och skyddsvärda biotoper:*

Två nyckelbiotoper finns inom 50 meter från sjöstranden, en söder om sjön och en nordväst om sjön. Båda dessa områden sträcker sig hela vägen ner till vattnet. Biotoperna är ekdominerad lövskog med inslag av gamla tallar. Vidare finns det gott om branter ock lodytor.

I den sydliga nyckelbiotopen noterades totalt 12 signalarter eller regionalt naturvårdsintressanta moss- och lavararter. Späd frullania *Frullania fragilifolia* och klippfrullania *Frullania tamarisci* var mycket vanligt förekommande på ekarna. Fynden gjordes i hela beståndet.

I den nordvästra nyckelbiotopen noterades 11 värdearter var av en, mussellav *Normandina pulchella*, är rödlistad. Flera av arterna förekom mycket frekvent i området, bland annat växte mussellav *Normandina pulchella* på minst fem gamla ekar.



Tall med lavpåväxt vid Flesevatten.



Block med påtaglig lavpåväxt.



## Gaffeln

*Koordinater:* 6442680; 1277620

*Areal:* ca 8 hektar

*Kalkningsstatus:* Okalkad

*Inventeringstillfällen:* Två besök gjordes under hösten 2005 och två besök under våren 2008.

Substrat	Antal inventerade objekt i varje avståndsklass					Totalt
	0-10 m	11-20 m	21-30 m	31-40 m	41-50 m	
Träd	16	13	6	9	5	49
Block/hällar	10	7	4	2	2	25
Våtmarker	6	-	-	-	-	6

### *Värdearter och skyddsvärda biotoper:*

En nyckelbiotop finns vid sjöns nordvästra spets. Det är en bäckravin med en hög brant längs den norra sidan. Skogen är fuktig granskog med inslag av senvuxna rönnar, aspar och klibbalar. Måttlig med död gran- och lövved förekommer. Antalet värdearter i beståndet var 10 och de flesta förekom relativt sparsamt.



*Tall med kraftig lavpåväxt vid sjön Gaffeln.*



*Block med kraftig lavvegetation som inte skadats av kalkdamm.*

## Håvatten

*Koordinater:* 6433380; 1268140

*Areal:* 3,9 hektar

*Kalkningsstatus:* Okalkad

*Inventeringstillfällen:* Tre besök gjordes under hösten 2007.

Substrat	Antal inventerade objekt i varje avståndsklass					Totalt
	0-10 m	11-20 m	21-30 m	31-40 m	41-50 m	
Träd	18	6	7	5	6	42
Block/hällar	10	3	6	2	2	23
Våtmarker	4	-	-	-	-	4

*Värdearter och skyddsvärda biotoper:*

Ingen skyddsvärd biotop finns inom 50 meter från sjön.



Vy över Håvatten.



Våtmarkskanten mot vattnet domineras helt av vitmossor.

## Kasesjön

*Koordinater:* 6452440; 1277570

*Areal:* 2,95 hektar

*Kalkningsstatus:* Okalkad

*Inventeringstillfällen:* Två besök gjordes under hösten 2007.

Substrat	Antal inventerade objekt i varje avståndsklass					Totalt
	0-10 m	11-20 m	21-30 m	31-40 m	41-50 m	
Träd	20	5	5	4	6	40
Block/hällar	6	4	2	3	6	21
Våtmarker	4	-	-	-	-	4

*Värdearter och skyddsvärda biotoper:*

Ingen skyddsvärd biotop finns inom 50 meter från sjön.

## Stora Svartevatten

*Koordinater:* 6456710; 1277830

*Areal:* 4,3 hektar

*Kalkningsstatus:* Okalkad

*Inventeringstillfällen:* Tre besök gjordes under vintern 2007-2008.

Substrat	Antal inventerade objekt i varje avståndsklass					Totalt
	0-10 m	11-20 m	21-30 m	31-40 m	41-50 m	
Träd	12	12	9	11	6	50
Block/hällar	4	5	2	-	1	12
Våtmarker	3	-	-	-	-	3

*Värdearter och skyddsvärda biotoper:*

Ingen skyddsvärd biotop finns inom 50 meter från sjön.



*Strandkanten vid Stora Svartevatten domineras av gräs och halvgräs.*



*Trots kraftig gräs- och halvgräs-vegetation växer det rikligt med vitmossor i våtmarkskanten.*

## Ingelsvatten

*Koordinater:* 6434280; 1278540

*Areal:* 5,4 hektar

*Kalkningsstatus:* Kalkad med 0,93 ton per hektar och år.

*Inventeringstillfällen:* Två besök gjordes under vintern 2007-2008 och ett besök under våren 2008.

Substrat	Antal inventerade objekt i varje avståndsklass					Totalt
	0-10 m	11-20 m	21-30 m	31-40 m	41-50 m	
Träd	11	11	11	9	6	48
Block/hällar	10	4	6	1	1	22
Våtmarker	1	-	-	-	-	1

### *Värdearter och skyddsvärda biotoper:*

Strax norr om sjön finns en nyckelbiotop som utgörs av en sydvänd brant med spridda äldre ekar och aspar. Det finns gott om solbelysta lodytor och block. Två signalarter noterades men båda förekom mycket sparsamt med en respektive två exemplar.



Vy över Ingelsvatten.



Typisk klippställ helt utan lavpåväxt.

## Lindesjön

*Koordinater:* 6438420; 1278810

*Areal:* 3,1 hektar

*Kalkningsstatus:* Kalkad med 0,97 ton per hektar och år.

*Inventeringstillfällen:* Tre besök gjordes under hösten 2007 och två besök under våren 2008.

Substrat	Antal inventerade objekt i varje avståndsklass					Totalt
	0-10 m	11-20 m	21-30 m	31-40 m	41-50 m	
Träd	20	11	8	8	3	50
Block/hällar	8	1	3	3	2	17
Våtmarker	2	-	-	-	-	2

### *Värdearter och skyddsvärda biotoper:*

Sydväst om sjön finns två långsträckta skyddsvärda skogsområden som delvis ligger inom 50 meter från sjöstranden. Den sydligaste av de två nyckelbiotoperna är en långsträckt, nordvänd brant med medelålders granskog och inslag av senvuxen rönn och björk. Totalt noterades 12 värdearter. Signalarten havstulpanlav *Thelotrema lepadinum* växte på fyra stammar av rönn och björk. Vidare observerades ett exemplar av den rödlistade stubbtrådmossan *Cephalozia catenulata*. Övriga arter förekom med 2–5 växtplatser i området.

Den västligare av de två nyckelbiotoperna är också av en brant men med betydligt större lövinslag. Skogen har karaktär av blandskog. Ek, lind, asp och hassel är de dominerande lövträden. 10 värdearter noterades i området, alla mer eller mindre sparsamt. Sydlig kvastmossa *Dicranum fulvum* var den enda rödlistade arten som noterades. De flesta fynden gjordes mer än 50 meter från sjön men nyckelbiotopens strukturella kvalitet var också bättre längre bort från sjön.



*Endast små bålar av skorplavar växer på klipphällarna vid den kalkade Lindesjön.*

## Röstorpsjön

*Koordinater:* 6450930; 1279140

*Areal:* 5,0 hektar

*Kalkningsstatus:* Kalkad med 1,4 ton per hektar och år. Tidigare år med 2,8 ton per hektar och år.

*Inventeringstillfällen:* Två besök gjordes under vintern 2007–2008.

Substrat	Antal inventerade objekt i varje avståndsklass					Totalt
	0-10 m	11-20 m	21-30 m	31-40 m	41-50 m	
Träd	10	10	4	4	4	32
Block/hällar	10	1	3	1	-	15
Våtmarker	4	-	-	-	-	4

*Värdearter och skyddsvärda biotoper:*

Ingen skyddsvärd biotop finns inom 50 meter från sjön.



*Äldre tallskog vid Röstorpsjöns västra strand.*



*Blek skedmossa Straminergon stramineum dominerar i kanten mellan våtmarken och vattnet.*

## Stora Holmevatten

*Koordinater:* 6448310; 1279650

*Areal:* 5,7 hektar

*Kalkningsstatus:* Kalkad med 0,87 ton per hektar och år.

*Inventeringstillfällen:* Tre besök gjordes under hösten 2005.

Substrat	Antal inventerade objekt i varje avståndsklass					Totalt
	0-10 m	11-20 m	21-30 m	31-40 m	41-50 m	
Träd	25	17	11	10	7	70
Block/hällar	21	8	3	3	-	35
Våtmarker	4	-	-	-	-	4

*Värdearter och skyddsvärda biotoper:*

Ingen skyddsvärd biotop finns inom 50 meter från sjön.



*Lavfattig tallstam vid Stora Holmevatten.*



*Lavar sakas på block och hällar.*



## Stora Holmevattnet

*Koordinater:* 6461980; 1277000

*Areal:* 7,1 hektar

*Kalkningsstatus:* Kalkad med 0,85 ton per hektar och år.

*Inventeringstillfällen:* Två besök gjordes under vintern 2007–2008.

Substrat	Antal inventerade objekt i varje avståndsklass					Totalt
	0-10 m	11-20 m	21-30 m	31-40 m	41-50 m	
Träd	15	15	8	6	6	50
Block/hällar	15	4	-	-	1	20
Våtmarker	2	-	-	-	-	2

*Värdearter och skyddsvärda biotoper:*

Ingen skyddsvärd biotop finns inom 50 meter från sjön.



*Vybild över Stora Holmevattnet.*



*Skadad vitmossa på strandnära våtmark.*

## Stora Mörka

*Koordinater:* 6444060; 1278590

*Areal:* 4,1 hektar

*Kalkningsstatus:* Kalkad med 0,49 ton per hektar och år.

*Inventeringstillfällen:* Två besök gjordes under vintern 2007–2008.

Substrat	Antal inventerade objekt i varje avståndsklass					Totalt
	0-10 m	11-20 m	21-30 m	31-40 m	41-50 m	
Träd	14	10	4	3	1	32
Block/hällar	8	3	3	2	3	19
Våtmarker	2	-	-	-	-	2

*Värdearter och skyddsvärda biotoper:*

Ingen skyddsvärd biotop finns inom 50 meter från sjön.

## Stora Nöjevatten

*Koordinater:* 6439840; 1276340

*Areal:* 5,6 hektar

*Kalkningsstatus:* Kalkad med 0,71 ton per hektar och år.

*Inventeringstillfällen:* Fyra besök gjordes under hösten 2007 och två besök under våren 2008.

Substrat	Antal inventerade objekt i varje avståndsklass					Totalt
	0-10 m	11-20 m	21-30 m	31-40 m	41-50 m	
Träd	13	8	9	8	4	42
Block/hällar	10	2	-	1	-	13
Våtmarker	4	-	-	-	-	4

### *Värdearter och skyddsvärda biotoper:*

En långsträckt nyckelbiotop finns utmed sjöns sydvästligaste vik. Biotopen utgörs av en lång och hög rasbrant med äldre barrskog med visst inslag av senvuxna rönnar och aspar. Enstaka ekar finns spritt i beståndet. Fläckvis förekommer rikligt med död ved, framförallt av gran. 13 värdearter, varav en rödlistad, hittades. den rödlistade arten var rödtandad hättmossa *Orthotrichum pulchellum* och av den observerades ett exemplar som växte på en rönn 7 meter från vattnet. Nyckelbiotopen ligger utmed en smal vik och är troligen relativt skyddad från vinddrivet kalkmjöl.



*Vybild över Stora Nöjevatten.*



*Nyckelbiotop vid Stora Nöjevattens sydvästra spets.*

## Stora Silevatten

*Koordinater:* 6449640; 1280880

*Areal:* 5,2 hektar

*Kalkningsstatus:* Kalkad med 0,96 ton per hektar och år.

*Inventeringstillfällen:* Tre besök gjordes under hösten 2007 och tre besök under våren 2008.

Substrat	Antal inventerade objekt i varje avståndsklass					Totalt
	0-10 m	11-20 m	21-30 m	31-40 m	41-50 m	
Träd	18	6	11	3	4	42
Block/hällar	13	-	1	2	-	16
Våtmarker	3	-	-	-	-	3

### *Värdearter och skyddsvärda biotoper:*

Två nyckelbiotoper hittades runt sjön, en strax sydväst om sjön och en utmed den norra stranden.

Biotopen sydväst om sjön ligger på en liten höjd och utgörs av äldre ekskog med inslag av äldre gran och asp. Lokalen har en rik och till synes intakt lav- och mossflora med riklig förekomst av ett flertal signalarter. Dessutom förekommer de rödlistade arterna lunglav *Lobaria pulmonaria* och vedtrappmossa *Anastrophyllum hellerianum* med en växtplats vardera. Havstulpanlav *Thelotrema lepadinum*, fällmossa *Antitrichia curtipendula*, späd frullania *Frullania fragilifolia* och klippfrullania *Frullania tamarisci* växte på ett tiotal ekar vardera på lokalen. Endast en mindre del av den nyckelbiotopen ligger inom 50 meter från strandkanten.

Den lilla nyckelbiotopen utmed sjöns norra strand domineras av gran och tall. Här finns en rik tillgång på död ved av framför allt gran. Lodytor och klippväggar förekommer rikligt. Signalarten kattfotslav *Arthonia leucopellaea* växte på en äldre gran sex meter från stranden.



Vybild över Stora Silevatten.



Gamla tallar i nyckelbiotop vid sjöns norra strand.





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