



Rapport 2004:12



LÄNSSTYRELSEN
I STOCKHOLMS LÄN

Hur mår sjöarna & vattendragen?

Undersökningar av **vattenkemi** i sjöar och vattendrag
i Stockholms län år 2000

Författare:
Joakim Pansar

Rapport 2004:12



LÄNSSTYRELSEN
I STOCKHOLMS LÄN

Hur mår sjöarna & vattendragen?

Undersökningar av **vattenkemi** i sjöar och vattendrag
i Stockholms län år 2000

Foto omslag: Christina Fagergren

Utgivningsår: 2004

ISBN: 91-7281-138-2

Tryckeri: Intellecta DocuSys AB

Denna rapport kan beställas från:

Miljöinformationsenheten på Länsstyrelsen, tel 08-785 52 94.

Den finns också som pdf på vår hemsida **www.ab.lst.se**

Underlagskartor: Copyright Lantmäteriet (Ur GSD Översiktskartan M015641/AB) och Länsstyrelsen i Stockholms län 2004

Förord

Rapporten presenterar resultatet från riks- och länsinventeringen av sjöar och vattendrag år 2000 i Stockholms län. Inventeringen har hittills genomförts vart femte år och utvärderas regionalt av Länsstyrelsen i Stockholms län. Den regionala förtätningen av riksinventeringen, länsinventeringen, har till syfte att ge en högre upplösning i länet än vad den nationella undersökningen kan ge. Vidare har syftet varit att ge underlag för uppföljning av fyra av Sveriges miljömål:

- Bara naturlig försurning
- Ingen övergödning
- Giftfri miljö (tungmetaller)
- Levande sjöar och vattendrag (biologisk mångfald, bottenfauna)

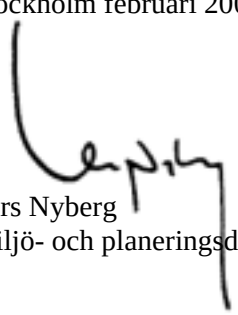
Rapporten beskriver tillståndet i länet för försurning, näringsämnen och spårmetaller. Förhållandena i Stockholms län relateras till förhållandena i övriga Sverige och i Västra Götalands län. Riks- och länsinventeringen är en yttäckande undersökning som framför allt beskriver den geografiska variationen. Riks- och länsinventeringar har genomförts sedan 1972 och det sammanlagda materialet har möjliggjort att vissa större förändringar i vattenkvalitet kunnat belysas.

Miljökvaliteten i länets vattendrag är även belyst med hjälp av en undersökning av bottenfaunan i 36 vattendrag. Undersökningen har använts som en metod för att karaktärisera biologisk status och mångfald men den ger även värdefull information om vattenkvaliteten i de undersökta vattendragen. Resultaten från bottenfaunaundersökningen finns redovisade i "Hur mår vattendragen? – Undersökningar av bottenfauna."

Vid riks- och länsinventeringen år 2000 provtogs sammanlagt 204 slumpvist utvalda sjöar och vattendrag. Den regionala förtätningen utgjorde 144 stycken av dessa och var möjlig genom en kombination av statliga medel för regional miljöövervakning och med bidrag från Landstingets miljöanslag. Landstinget har även bidragit ekonomiskt vid tidigare länstäckande sjö- och vattendragsundersökningar.

Denna rapporten är skriven av Joakim Pansar vid Länsstyrelsen och rapporten om bottenfaunan av Anna Henricsson vid Medins Sjö- och Åbiologi. En utvärdering av riksinventeringen för hela Sverige finns utgiven av Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för miljöanalys: "Riksinventeringen 2000 – En synoptisk studie av vattenkemi och bottenfauna i svenska sjöar och vattendrag." (Rapport 2003:1)

Stockholm februari 2004



Lars Nyberg
Miljö- och planeringsdirektör

Innehållsförteckning

Förord	3
Sammanfattning	7
Summary.....	10
Inledning	13
Målsättning	14
Förändringar jämfört med tidigare inventeringar	14
Användningsområden	14
Var hittar jag mer resultat?	15
Underlag och metoder	16
Provtagning och analyserade ämnen	18
Kritisk belastning av svavel och kväve för sjöar	19
Förhållandena vid provtagningstillfället	21
Sammanfattning	24
Tillståndet i länets sjöar - Surhet.....	27
Om förurning	27
Orsak till förurning	27
Konsekvenser av förurning	27
Effekter på sjöar	28
Sammanfattning	30
Förhållanden och förutsättningar i Stockholms län	30
Nedfall och nederbörd	31
Tillståndet i mark, sjöar och vattendrag	32
Resultat - surhet	34
Bara naturlig förurning - Mot regional måluppfyllelse?	37
Var finns de känsligaste områdena?	39
Prognos – tillståndstrender i länets referenssjöar	41
Länets vattendrag inte sura.....	43
Tillståndet i länets sjöar - näringsrikedom	44
Om övergödning av sjöar och vattendrag	44
Effekter av övergödning på vatten	45
Förhållanden och förutsättningar i Stockholms län	47
Var kommer näringen ifrån?	47
Vattendragen transporterar näringsämnen	47
Utsläpp från avloppsreningsverk dominerar	47
Markanvändningen påverkar vattenkvaliteten	48
Enskilda avlopp	48
Resultat - näringsrikedom	49
Näringsfattiga sjöar i Stockholms län – Sällsynta och hotade?	53
Vattendragen är övergödda.....	55

Organiskt material	57
Vägsaltet hamnar i sjöarna	60
Spårmetaller	63
Resultat – metaller	63
Referenser	68
Bilaga 1	69
Klassificering enligt Bedömningsgrunder för miljö kvalitet (Naturvårdsverket Rapport 4914)	
Bilaga 2	
Använda bedömningsgrunder för miljö kvalitet	

Sammanfattning

Denna rapport presenterar resultatet från riks- och länsinventeringen av sjöar och vattendrag år 2000 i Stockholms län. Syftet var att beskriva tillståndet i Stockholms läns sjöar och vattendrag jämfört med förhållandena i Sverige i stort samt att beskriva hur tillståndet förändrats jämfört med tidigare riks- och länsinventeringar.

I Stockholms län provtogs sammanlagt 168 sjöar och 36 vattendrag. Prover analyserades med avseende på de vanligaste förekommande jonerna, närsalter, organiskt material och spårmetaller. I vattendragen provtogs även bottenfauna. Resultat från bottenfaunaundersökningen presenteras i en separat rapport *”Hur mår vattendragen? - Undersökningar av bottenfauna”*.

Resultaten visar att försurningssituationen är ganska god och att förhållandena förbättrats. Stockholms sjöar och vattendrag är dock allvarligt påverkade av övergödning och fortsatta ansträngningar behövs för att motverka negativa effekter. Höga halter av klorid i länets sjöar och vattendrag pekar på behovet av en utvärdering av användandet av vägsalt i länet och eventuella ekologiska effekter i mark, grundvatten, sjöar och vattendrag av denna. Metallhalterna var överlag låga i länets sjöar och inga påtagligt förhöjda halter uppmättes i tätortsnära sjöar.

Sura sjöar är sällsynta i Stockholms län

Sura sjöar är idag sällsynta i Stockholms län. Endast tre sjöar hade pH-värden under 6 och endast två sjöar saknade alkalinitet (vattnets buffringsförmåga mot sura ämnen). pH och alkaliniteten var i samma nivå som vid riks- och länsinventeringen 1995. Jämfört med förhållandena under riks- och länsprovtagningen 1985 och 1990 hade dock både pH och alkalinitet förbättrats betydligt. I åtta av nio referenssjöar i länet har pH ökat sedan 1991.

I genomsnitt ökade pH med 0,013 enheter/år i dessa sjöar. Någon entydig ökning av alkaliniteten har dock ännu inte kunnat mätas. Det nationella delmålet att mindre än fem procent av sjöarna ska vara försurade på grund av mänsklig påverkan uppfylls idag regionalt i Stockholms län.

Proverna från 2000 visade att länets sjöar hade högre pH och alkalinitet än genomsnittet av landets sjöar. De är vidare tåligare mot försurande nedfall. Åtta sjöar av 164 sjöar i undersökningen hade en belastning av försurande ämnen som är högre än vad naturen långsiktigt tål (kritisk belastning). Med nuvarande deposition innebär det att åtta procent av länets sjöar (66 sjöar av sammanlagt 790 i länet) löper risk att försuras. Uttryckt som sjöareal riskerar 66 km² att försuras, vilket motsvarar två procent av länets totala sjöareal.

(exklusive Mälaren). I höglänt terräng på Södertörn finns de sjöar som är allra känsligast.

Jämfört med förhållandena i övriga Sverige, var pH och alkaliniteten högre i länets vattendrag. Inga av de undersökta vattendragen var sura. Alkaliniteten vid riksinventeringen år 2000 i Stockholms län var lägre i genomsnitt jämfört med motsvarande inventering 1995. Den låga alkaliniteten orsakades sannolikt av de mycket höga flödena vid provtagningen år 2000.

Länets sjöar är näringsrika

Stockholms läns sjöar är i genomsnitt näringsrikare än sjöarna i övriga Sverige. Medianvärdet för totalfosfor i svenska sjöar var cirka 9-10 µg P/l vilket motsvarar näringsfattigt förhållande (klass 1 i Naturvårdsverkets bedömningsgrunder för miljö kvalitet). Motsvarande medianvärde för Stockholms län var mer än dubbelt så högt eller cirka 23 µg P/l, vilket motsvarar måttligt höga halter (klass 2). Halterna vid riks- och länsinventeringen år 2000 var något högre än vid riksinventeringen 1995. Vi kan dock inte utesluta att klimat- och provtagningsförhållanden påverkade utfallet.

I genomsnitt var halterna av kväve måttligt höga i Stockholms län och uppgick till cirka 600 µg N/l (klass 2). Halterna var lägre under 2000, jämfört med tidigare riksinventeringar. Under 2000 hade tio procent av sjöarna i riks- och länsinventeringen en kväve-fosforkvot som indikerar ett stort kväveunderskott (klass 4-5). Ett sådant kväveunderskott gynnar förekomsten av kvävefixerande cyanobakterier (blågrönalger).

Stockholms län hade en mycket hög andel näringsrika eller extremt näringsrika sjöar, motsvarande cirka 70 procent av den totala sjöarealen (exklusive Mälaren). Endast sex procent av sjöarna i Stockholms län, motsvarande mindre än en procent av länets totala sjöareal, var extremt näringsfattiga (fosforhalten var under sex µg P/l). Detta kan jämföras med samtliga undersökta sjöar i Sverige, där drygt 30 procent var extremt näringsfattiga.

Vattendragen är också näringsrika

Länets vattendrag är näringsrika med höga till extremt höga halter av fosfor och höga till mycket höga halter av totalkväve. Medianhalten av fosfor var i genomsnitt 62 µg P/l (motsvarar klass 4 för sjöar), vilket är ungefär sex gånger högre än genomsnittet för svenska vattendrag. Medianhalten av kväve var i genomsnitt 1 026 µg N/l (motsvarar klass 3 för sjöar), vilket är ungefär två gånger högre än genomsnittet för svenska vattendrag. Näringsfattiga vattendrag saknades helt bland de undersökta vattendragen.

Sjöarna har höga halter av organiskt material och klorid

Sjöarna i Stockholms län hade överlag höga halter av TOC (totalt organiskt kol). Halterna var något högre jämfört med genomsnittet för Sveriges sjöar.

Halterna av TOC var något högre i den norra delen av länet. Färghalten i Stockholms län var dock lägre i genomsnitt jämfört med förhållandena i övriga Sveriges sjöar. Medianvärdena för TOC och färg var i länet 15 mg/l respektive 99 mg/Pt/l.

Halterna av TOC och färg i länets vattendrag var betydligt högre vid riks- och länsinventeringen år 2000 jämfört med provtagningen år 1995. Det var sannolikt de höga flödena i vattendragen under provtagningen år 2000 som var den främsta orsaken till skillnaden.

Kloridhalterna är avsevärt högre i Stockholms län än i övriga Sverige. Jämfört med tidigare riksinventeringar hade halterna ökat i Stockholms län. Sjöar med höga kloridhalter fanns framför allt nära de stora infartslederna till Stockholm. Kocktorpssjön i Nacka kommun hade den högsta kloridhalten, 3,7 mekv/l eller motsvarande 131 mg/l. Det är troligt att vägsalt är källan till de höga kloridhalterna i sjöarna.

Låga halter av spårmetaller

Halterna var överlag låga eller mycket låga i Stockholms län och jämförbara med halterna i övriga Sverige. Variationen mellan olika sjöar var påfallande liten. Det fanns inte heller några tydliga skillnader mellan olika områden inom länet.

Halterna av koppar, krom, nickel och arsenik och vanadin var något högre i länet jämfört med genomsnittet för Sverige. Halterna av zink, aluminium, kadmium, bly och kobolt var lägre eller i samma storleksordning jämfört med genomsnittet för Sverige.

Summary

Assessment of Environmental Quality in Lakes and Watercourses of Stockholm County, Sweden – Water Chemistry

This report presents the results of a national and regional survey of water chemistry in lakes and watercourses of Stockholm County in 2000. The aim was to assess the environmental quality of lakes and watercourses in the county in relation to the Swedish national average. We also compared the results with those of previous surveys performed in 1979, 1985, 1990 and 1995.

The survey covered 168 lakes and 36 streams. Analyses of water chemistry included major constituents, nutrients, organic matter and trace metals. Benthic fauna was sampled in the 36 streams. The results of the benthic surveys are presented in detail in the separate report “*Assessment of Environmental Quality in Watercourses of Stockholm County, Sweden - Benthic Fauna*).

The results show that the fresh waters in Stockholm County have become less acidified and that conditions are fairly good today. On the other hand, excessive nutrient loads have caused severe eutrophication of lakes and watercourses. Further measures are needed to reduce nutrient loads and to combat the negative ecological effects of eutrophication. High concentrations of chlorine in lakes and streams are a cause for concern. We need to evaluate the use of salt to de-ice roads, and investigate the ecological effects on soil, groundwater, lakes and streams. Concentrations of trace metals were low in the lakes of Stockholm County and did not appear to be higher in lakes situated in urban areas.

Liming has counteracted acidification

Acidic lakes are rare in Stockholm County today. Only three lakes had pH values below 6, and the alkalinity (the resistance to acidification) was totally depleted in only two lakes. The pH values and alkalinity in 2000 were of about the same magnitude as in 1995. Conditions in the lakes had clearly improved compared to the surveys of 1979, 1985 and 1990. In eight of the nine reference lakes used for baseline monitoring, pH values had increased since 1990. However, the alkalinity had not increased significantly in the reference lakes. On average, pH values in the reference lakes are increasing by 0.013 units per year.

Treatment with lime to counteract acidification has improved conditions so much that Stockholm County has achieved one of the national interim targets for the Swedish environmental quality objective “*Natural acidification*

only". The interim target states "By 2010 not more than 5 % of all lakes and 15 % of the total length of running water in the country will be affected by anthropogenic acidification".

The lakes of Stockholm County are less affected by acidification compared to the average Swedish lake, and are more resistant to acidic deposition. In eight of 164 lakes, acid deposition exceeded the critical load below which inputs of acidic substances can be neutralized by soil-weathering processes. We estimate that at current levels of acidic deposition, only 8 % of the lakes (66 of all 790 lakes in the county) risk becoming acidic. This is equivalent to 66 km² of lake area, or 2 % of the total lake area in the county (excluding Lake Mälaren).

The pH and alkalinity were higher in the streams of Stockholm County, compared to average levels in Sweden. None of the watercourses were acidic. On average, alkalinity was lower in 2000 than in 1995, which was probably due to high water flow in the streams during the sampling period in 2000.

Eutrophication is a problem in lakes of Stockholm County

Nutrient levels are generally higher in lakes of Stockholm County, compared to the average Swedish lake. The median phosphorus concentration in Swedish lakes is about 9-10 µg P/l, which corresponds to oligotrophic conditions (Class 1 according to the Swedish Environmental Quality Criteria). In lakes of Stockholm County in 2000, the median phosphorus concentration was 23 µg P/l, which corresponds to mesotrophic conditions (Class 2). Levels of phosphorus were slightly higher in 2000 compared to the levels registered during the 1995 survey. However, this difference may have been due to natural variability.

Nitrogen levels were moderately high in lakes of Stockholm County, and the median concentration was about 600 µg N/l (Class 2 according to the Swedish Environmental Quality Criteria). In 2000, nitrogen levels had clearly decreased, compared to previous years.

The nitrogen-phosphorus ratio (N:P) indicated a nitrogen deficit in approximately 10 % of the lakes (Class 4 and 5 according to the Swedish Environmental Quality Criteria). A nitrogen deficit may benefit the growth of nitrogen-fixing cyanobacteria (so-called bluegreen algae) in freshwater lakes.

The proportion of nutrient-rich lakes was very high in Stockholm County and constituted about 70 % of the total lake area (Lake Mälaren excluded). Only 6 % of the lakes in Stockholm County (less than 1 % of the total lake area) were classified as extremely nutrient-poor (phosphorus levels below

6 µg P/l). In comparison, more than 30 % of all Swedish lakes are classed as extremely nutrient-poor.

High nutrient levels in streams

Phosphorus and nitrogen concentrations were high or extremely high in the streams of Stockholm County in 2000. The median phosphorus concentration was 62 µg P/l, which is about 6 times higher than the corresponding median concentration in Swedish lakes. The phosphorus concentration in streams of Stockholm County corresponds to Class 4 according to Swedish Environmental Quality Criteria for lakes (there are no existing Criteria based on nutrient concentrations for watercourses). The median concentration of nitrogen was 1 026 µg N/l (which corresponds to Class 3 for lakes), which is twice as high as the median concentration in Swedish lakes. There was not a single nutrient-poor stream in Stockholm County in 2000.

High levels of organic matter and chloride

Generally, the lakes in Stockholm County had high concentrations of total organic carbon (TOC). The median concentration (15 mg/l) exceeded the national average for Swedish lakes. Within the county, concentrations of TOC were slightly higher in lakes of the northern region. Concentrations of humic substances (expressed as colour, mg Pt/l) were lower in the lakes (median value 99 mg Pt/l) compared to the national average.

In the streams, concentrations of TOC and humic substances were significantly higher in 2000 compared to 1995. This was probably due to high water flow in the streams during the sampling period in 2000.

The median concentration of chloride was considerably higher in Stockholm County compared to the national average. Moreover, concentrations of chloride in lakes appeared to have increased since 1979. Concentrations of chloride were particularly high in lakes close to major highways and the highest concentration of chloride (3.7 mekv/l or 131 mg/l) was found in Lake Kocktorpssjön in the municipality of Nacka.

Low levels of trace metals

Concentrations of trace metals were mostly low or very low in lakes of Stockholm County, and fell within the same range as the national average. There was little geographic variation in levels of trace metals within the county. Concentrations of copper, chrome, nickel, arsenic and vanadium were slightly higher in the county, compared to the Swedish average. Concentrations of zinc, aluminium, cadmium, lead and cobalt were lower or similar to the national average.

Inledning

Inom den nationella miljöövervakningen genomförs vart femte år en landsomfattande geografiskt representativ provtagning av sjöar och vattendrag i Sverige. Från och med 1995 ingår även vattendrag och bottenfauna i undersökningen. Syftet med riksinventeringen är att beskriva hur tillståndet i svenska sjöar och vattendrag utvecklas, kvantitativt och ytrepresentativt. I det nationella programmet ingick 40 sjöar och 20 vattendrag ingick i Stockholms län. Totalt i Sverige ingick 3 464 sjöar och 725 vattendrag.

Länsinventeringen innebar en förtätning av denna provtagning med ytterligare 128 sjöar och 16 vattendrag i Stockholms län. Den har som främsta syfte att ge en god regional bild över förhållandena i sjöar och vattendrag. Resultatet från inventeringen används till att beskriva bland annat försurningsläget och näringsförhållandena i länets sjöar och vattendrag samt för att ge ett viktigt underlag för vattenvårdsarbetet i länets kommuner. För att öka kunskapen om den biologiska mångfalden i vattendragen och metalltillståndet i sjöarna har provtagningarna detta år utökats jämfört med tidigare inventeringar. Under år 2000 analyserades därför spårmetaller i merparten av sjöarna och bottenfaunaprov togs i alla vattendrag.

För att den förtätade länsinventeringen skulle få samordningsfördelar med den nationella riksinventeringen har samma bearbetning och statistiska urvalsmetod använts inom det regionala programmet. Det har möjliggjort att tolkning av data och jämförelser med landets sjöar och vattendrag har kunnat genomföras. Även provtagningsmetodik och parameterval har varit identisk inom de båda undersökningarna.

Länstäckande undersökningar har tidigare genomförts åren 1972, 1979, 1982 (enbart regionala), 1985, 1990 och 1995 (de tre senare även nationella). Vid dessa tillfällen har Landstingets miljöanslag bidragit med medel till de regionala provtagningarna.

Länsinventering år 2000 finns redovisad i denna rapport och behandlar tillståndet i sjöar för näringsämnen, surhetstillstånd och spårmetaller. Resultaten från bottenfaunaundersökningen återfinns redovisad i rapporten "Hur mår vattendragen? –Undersökningar av bottenfauna". Tillståndet i länets sjöar har tidigare utvärderats av Andersson m.fl. (Länsstyrelsen i Stockholms län, Rapport 1995:09) och Wilander och Eriksson (Länsstyrelsen i Stockholms län, Rapport 1999:15).

Målsättning

Undersökningen syftar till att beskriva övergödnings- och försurnings-situationen i Stockholms län. Den ska vidare översiktligt beskriva tillståndet i länets sjöar med avseende på tungmetaller. Resultaten ska bilda underlag för uppföljning av miljömålen "Ingen övergödning", "Bara naturlig försurning", "Giftfri miljö" och "Levande sjöar och vattendrag". Därutöver ska resultaten kunna bilda underlag för statlig och kommunal handläggning av ärenden som rör vattenvård och miljöstörande verksamhet.

Förändringar jämfört med tidigare inventeringar

För varje riks- och länsinventering som genomförts sedan 1972 har kunskapen om länets sjöar och vattendrag ökat. Vissa miljötillstånd kan numera betraktas som ganska väl beskrivna i länet. Det gäller till exempel försurnings- och övergödningssituationen. Det är därför naturligt att omprioriteringar har gjorts så att nya områden belyses i högre utsträckning. Vid riks- och länsinventeringen år 2000 har därför större tonvikt lagts på biologisk mångfald och förekomsten av tungmetaller i sjöarnas ytvatten. Det ska dock poängteras att avsikten inte varit att fullständigt belysa dessa områden utan mer som ett av många bidrag för att öka kunskapen inom dessa områden.

Prioriterat...

- Biologi, bottenfauna i 36 vattendrag
- Baskemi i 168 sjöar
- Tungmetaller i 144 sjöar
- Kemisk karaktärisering av 36 vattendrag

...på bekostnad av antalet provtagna sjöar...

- År 1995, 267 sjöar 20 vattendrag
- År 2000, 168 sjöar 36 vattendrag

Användningsområden

Data från riks- och länsinventeringar hör till den mest använda informationen från miljöövervakningen i Stockholms län. Till stor del beror det på undersökningens upplägg: yttäckande undersökningar ger rikligt med information om lokala förhållanden och kan utvärderas även i regional och nationell skala. I och med införandet av de nationella miljömålen kan man konstatera ett ökat behov och ökad efterfrågan av dylika så kallade extensiva undersökningar. Nedan listas de viktigaste användningsområdena:

- Uppföljning av miljömål
- Vattendirektivet, karakterisering av avrinningsområden, prioriterade ämnen
- Underlag för planering av kalkningsverksamheten
- Handläggningsstöd för vattenvård och miljöstörande verksamhet

- Statistiskt referensmaterial för miljöundersökningar
- Övrig information riktad till eller efterfrågad av allmänheten, sällskapheter, fiskevårdsområdesföreningar, tjänstemän inom kommunal eller statlig förvaltning samt konsultföretag.

Var hittar jag mer resultat?

Riksinventeringen är nationellt utvärderad i rapporten "Riksinventeringen 2000 – En synoptisk studie av vattenkemi och bottenfauna i svenska sjöar och vattendrag" av Institutionen för miljöanalys, Sveriges lantbruksuniversitet (SLU). Rapporten hämtas som pdf-fil på institutionens hemsida (www.ma.slu.se). Institutionen för miljöanalys är nationell datavärd för sötvatten och mätdata från samtliga genomförda riksinventeringar kan hämtas från hemsidan. Resultat från undersökningens bottenfaunadel återfinns i rapporten: "Hur mår vattendragen? – Undersökningar av bottenfauna" och kan hämtas som pdf-fil på Länsstyrelsens hemsida (www.ab.lst.se).

Underlag och metoder

I den nationella riksinventeringen ingick sammanlagt cirka 3 000 sjöar och 700 vattendrag. Av dessa var 40 sjöar och 20 vattendrag belägna i Stockholms län. Tack vare en omfattande regional förtätning av antalet provtagna sjöar och vattendrag har det varit möjligt att genomföra en regional utvärdering av förhållandena i Stockholms län. Dyliga förtätningar har även genomförts vid tidigare sjöinventeringar och tack vare dessa insatser finns det i länet ett omfattande underlag av hög kvalitet. Det nationella programmet och länsförtätningen framgår av tabell 1.

Tabell 1. Sammanfattning av riks- och länsinventeringens olika moment och huvudmän.

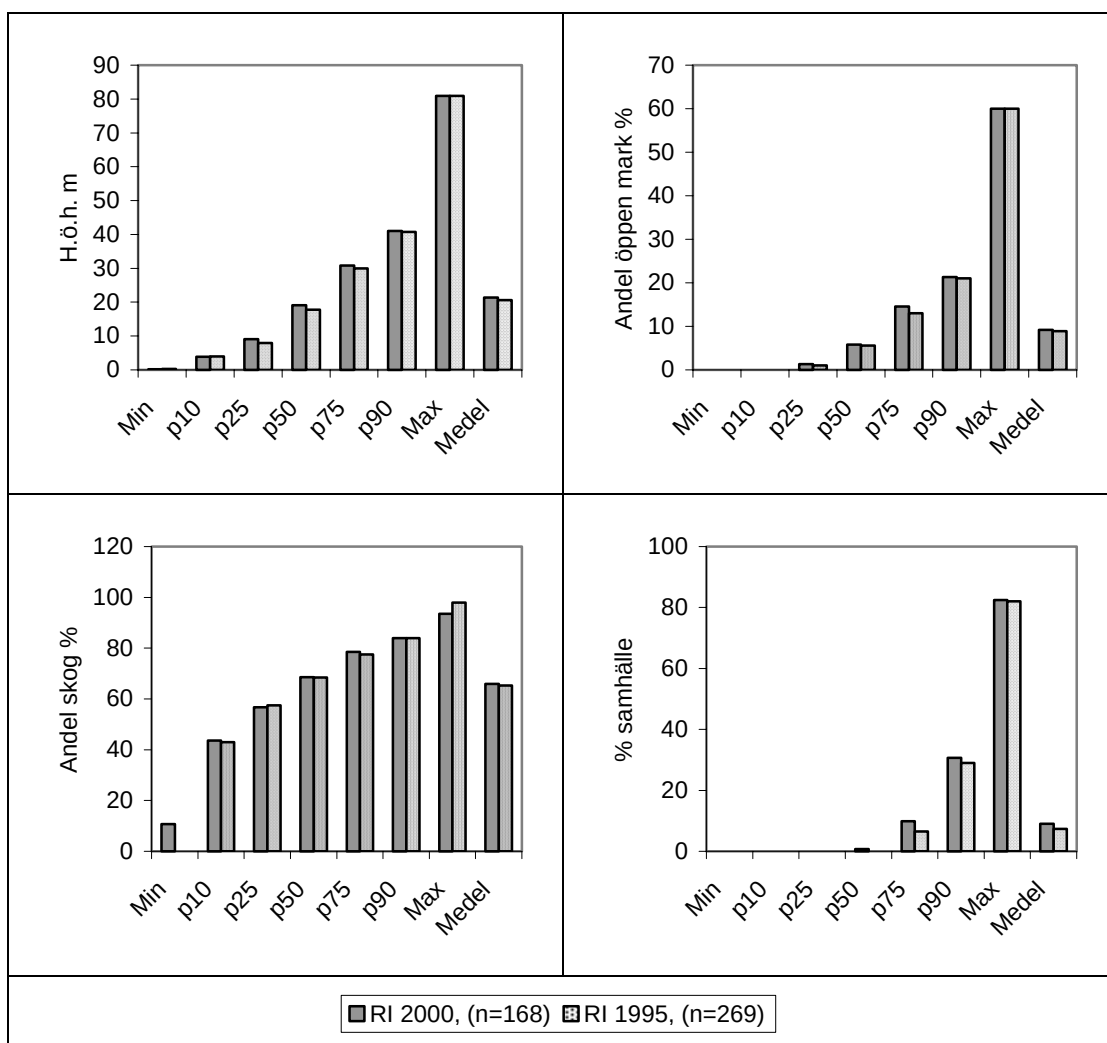
Program	Nationella riksinventeringen	Regionala förtätningen
Vattenkemi sjöar	40 sjöar. Baskemi. Tungmetaller i 22 sjöar	128 sjöar. Baskemi . Tungmetaller i 144 sjöar
Bottenfauna sjöar	3 sjöar	Ingen förtätning
Vattenkemi vattendrag	20 vattendrag Baskemi	16 vattendrag Baskemi
Bottenfauna vattendrag	20 vattendrag	16 vattendrag
Utvärdering	Nationell, SLU, IMA	Regional, Länsstyrelsen
Huvudman	Naturvårdsverket	Landstinget Länsstyrelsen

Antalet provtagna sjöar år 2000 minskades från 269 till 168 sjöar jämfört med riksprovtagningen 1995. Trots det är andelen provtagna sjöar jämfört med totala antalet sjöar i länet högt (tabell 2). Stockholms län hade tillsammans med Uppsala län den procentuellt högsta täckningsgraden av samtliga län i Sverige. Val av sjöar slumpades med samma metod som vid riksinventeringen 1995.

En fråga som inställer sig är om minskningen i antalet provtagna sjöar år 2000 medfört en minskning i representativitet: liknar urvalet av sjöar vid provtagningen år 2000 de sjöar som provtogs 1995? Figur 1 visar på skillnader i sjöarnas höjd över havet, andel skog, samhälle och öppen mark. Det är lätt att konstatera att skillnaderna är praktiskt taget obefintliga, vilket innebär att resultaten från de båda provtagningarna är fullt jämförbara. Det reducerade antalet provtagna sjöar har alltså inte resulterat i ett skevt urval. Provtagna sjöar vid riksinventeringen år 2000 kan sägas vara representativa för förhållandena i länet.

Tabell 2. Sjöarna är fördelade enligt de storleksklasser som används vid slumpningen av sjöar för provtagning i riksinventeringen.

Storleksklass (km ²)	A	>100	B	10-100	C	1.0-10	D	0.1-1.0	E	0.01-0.1	TOTALT	
	Antal	Areal	Antal	Areal	Antal	Areal	Antal	Areal	Antal	Areal	Antal	Areal
Riksinventeringen 2000	0	0	2	40	46	116	66	24	50	2,8	164	183
Länet totalt exkl. Mälaren	(1)	(1153)	3	50	52	127	297	97	437	23	789	297
Populationsstorlek %			67	80	88	92	22	24	11	12	21	61



Figur 1. Jämförelse mellan urvalen av sjöar vid riksinventeringarna 1995 och 2000. Diagrammen visar percentiler för sjöarnas höjd över havet, andel öppen mark, andel skog samt andel tätbebyggt område (n=antalet provtagna sjöar).

Fakta: Vad är en percentil?

För att beskriva hur en storhet varierar i till exempel sjöar används som regel olika typer av spridningsmått. Ofta används percentil för att beskriva låga, normala och höga förhållanden. Percentiler delar in i alla mätvärden, sorterade från det lägsta värdet till det högsta i 100 lika stora delar, det vill säga i procent. 50 %-percentilen kallas ofta för medianvärde och innebär att det finns lika många observationer ovanför som under detta värde. I figur 1 ovan kan man utläsa att 90 procent av sjöarna (90 %-percentilen, p90) är belägna lägre än 40 meter över havet och att 25 procent av sjöarna ligger under tio meter över havet. Percentiler används genomgående som spridningsmått i denna rapport.

Riksinventeringarna syftar framför allt till att beskriva den geografiska variationen. Undersökningen är i sig endast ett stickprov och den ger därmed en ofullständig och osäker bild av förändringar som sker över tiden. Ett stöd för att tolka vissa storskaliga förändringar kan fås från de mer intensiva provtagningarna i länets så kallade referenssjöar. Dessa består av sjöar som är lokalt opåverkade. Sjöarnas avrinningsområden utgörs därför uteslutande av skogsmark. Syftet är främst att ge kunskap om försurningstillstånd och förändringar som har betydelse för kalkningsverksamheten samt långsiktiga förändringar som beror på klimat eller påverkan från deposition av luftföroreningar. Ytterligare ett stöd för att tolka tidsmässiga förändringar är data från mer eller mindre intensivt övervakade tätortsnära sjöar. En sammanställning av dessa återfinns i "Näringstillståndet i Stockholms läns sjöar, vattendrag och havsområden" (Länsstyrelsen Rapport 2003:23)

Provtagning och analyserade ämnen

Provtagning av samtliga sjöar ägde rum mellan 23-26 oktober år 2000 och genomfördes av Institutionen för miljöanalys, Sveriges Lantbruksuniversitet och Roslagens Helikopter. Provtagning av vattendragen ägde rum under perioden 23 oktober till 21 november år 2000 i samband med att dessa inventerades med avseende på bottenfauna. Personal från Länsstyrelsen genomförde provtagningen.

I tabell 3 redovisas de parametrar som analyserades. Ett bra hjälpmedel för att på ett enkelt vis presentera uppmätta data är Naturvårdsverkets bedömningsgrunder för miljökvalitet (Rapport 4913). Där så är möjligt används genomgående dessa i rapporten. För vissa undersökta parametrar i denna undersökning saknas dock bedömningsgrunder. Flertalet av dessa är dock inte utvärderade i sig utan ingår för beräkningar av andra parametrar. Det gäller bland annat baskatjonerna (Ca, Mg, Na, K) som behövs för att beräkna kritisk belastning för kväve och svavel. Ytterligare några parametrar tas inte alls upp i rapporten. Det gäller bland annat olika fraktioner av aluminium, konduktivitet och fluorid.

Tabell 3. Fysikaliska och kemiska analyser vid riksinventeringen år 2000. För parametrar markerade med fet stil finns bedömningsgrunder för miljökvalitet (Naturvårdsverket Rapport 4913)

Namn	Beteckning	Enhet	Namn	Beteckning	Enhet
Vattentemperatur	Temp	C	Järn	Fe	µg/l
pH	pH		Mangan	Mn	µg/l
Konduktivitet	Kond25	mS/m	Cu	Cu	µg/l
Kalcium	Ca	mekv/l	Zink	Zn	µg/l
Magnesium	Mg	mekv/l	Kadmium	Cd	µg/l
Natrium	Na	mekv/l	Bly	Pb	µg/l
Kalium	K	mekv/l	Krom	Cr	µg/l
Alkalinitet/Aciditet	Alk/Acid	mekv/l	Nickel	Ni	µg/l
Sulfat	SO4_IC	mekv/l	Kobolt	Co	µg/l
Klorid	Cl	mekv/l	Arsenik	As	µg/l
Fluorid	F	mg/l	Vanadin	V	µg/l
Ammonium-kväve	NH4-N	µg/l	Aluminium	Al	µg/l
Nitrit+nitrat-kväve	NO2+NO3-N	µg/l	Aluminiumfraktioner:	AL_NS	µg/l
Totalkväve	Tot-N	µg/l		AL_NAD	µg/l
Totalfosfor	Tot-P	µg/l		ALS_NAJ	µg/l
Absorbans (filtrerat prov)	Abs F 420*5			ALL_NAJ	µg/l
Kisel	Si	mg/l			
Totalt organisk kol	TOC	mg/l	Bottenfauna	se del 2	

Kritisk belastning av svavel och kväve för sjöar

I rapporten presenteras en beräkning av överskridande av kritisk belastning som genomförts med FAB-modellen (First order Acidity Balance). Modellen har fördelen att den förutom svaveldeposition även tar hänsyn till depositionen av kväve och skogsbrukets påverkan genom uttag av virke. Kritisk belastning för sammanlagt sex olika scenarier beräknades utifrån avrinning (år 2000 eller medel) och tillväxt (standard, låg tillväxt (-25 %) och hög tillväxt (+25 %)). För varje sjös avrinningsområde har belastning av svavel och kväve beräknats med GIS-underlag från rapporten "Nedfall av kväve och svavel – Beräkningar för 1998" (Länsstyrelsen Rapport 2002:9, del 3). Vidare har en uppskattning av länets skogstillväxt och uttag av baskatjoner (avverkning) genomförts. Medelavrinningen och avrinningen under år 2000 har uppskattats för samtliga sjöars avrinningsområden med uppmätta eller modellerade vattenföringsdata från 17 vattendrag i länet (tabell 4).

En detaljerad beskrivning och teoretisk bakgrund av modellen finns återgiven i rapporten "Kritisk belastning för svavel och kväve" (Naturvårdsverket Rapport 5174). De underlagsdata och schabloner som använts i denna rapport kan rekvireras från Länsstyrelsens miljöinformationsenhet.

Tabell 4. Underlag för beräkning av kritisk belastning för svavel och kväve med FAB-modellen.

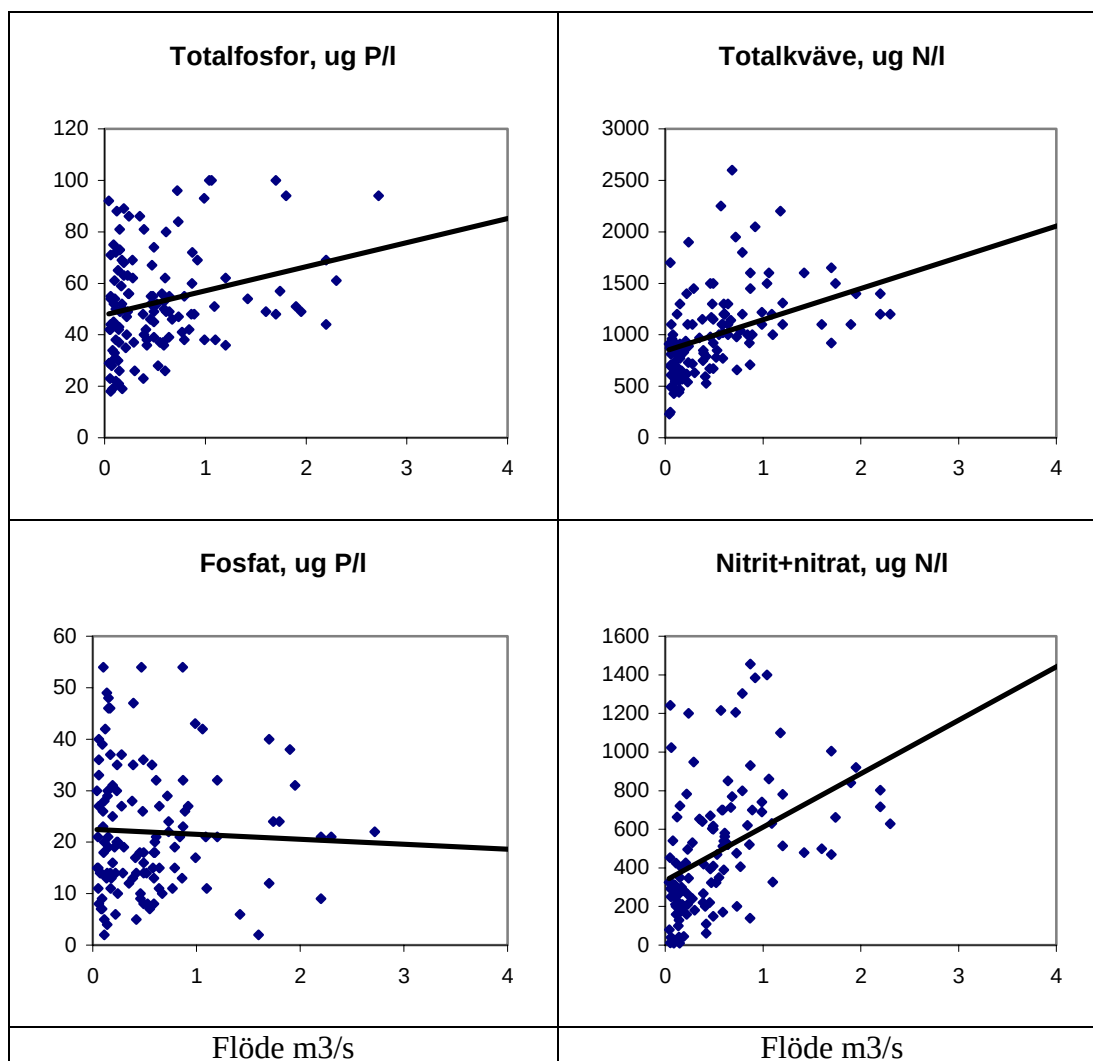
Vattenkemi	Riks- och länsinventeringen 2000
Deposition av svavel och kväve	Modell baserad på luftvårdsförbundet emissionsdatabas och en regional spridningsmodell (MATCH) utvecklad av SMHI. (Johansson 2002)
Nedfall av baskatjoner	Länsstyrelsen krondroppsundersökningar (Hallgren Larsson 2002)
Avrinning	SMHI. Registrerade pglar eller PULS-modellerad avrinning
Ståndortsegenskaper	Skogsstyrelsen, Statistiska centralbyrån (bonitet, tillväxt, virkesuttag), Länsstyrelsen (markanvändning)

Förhållandena vid provtagnings- tillfället

Det är väl känt att olika klimatfaktorer påverkar vattenkvaliteten i sjöar och vattendrag. Nederbörd och avrinning är exempel på sådant som har stort inflytande. Det är dock inget enkelt samband mellan avrinning och vattenkvalitet i sjöar och vattendrag. Faktorer som grundvattennivå, längd på torra respektive nederbördsrika perioder, tjäle och snötäcke är faktorer som medför att det inte finns något enkelt samband mellan vattenföring och vattenkvalitet. Vid ökad avrinning till ett vattendrag ökar ofta halterna eftersom markens förråd av i synnerhet lättlösliga föreningar som nitrat är stort. Det har skett en viss anrikning av föreningar i marken. När avrinningen åter minskar är dock halterna lägre än vid samma flöde i början av flödestoppen. Markens förråd av mobila föreningar har till viss del redan transporterats ut ur marken. Ytterligare faktorer som komplicerar förhållandet är att vissa föreningar, som till exempel olika närsalter påverkas av biologiska processer. I figur 2 visas sambanden mellan några olika närsalter och flödet vid provtagningsstillfället i Kagghamraån. Figuren visar på svaga samband mellan flöde och totalfosfor, totalkväve och summa nitrit-nitrat. För fosfat finns i detta exempel inget samband. framför allt vid låga flöden är variationen påfallande hög.

I sjöar påverkas även vattenkvaliteten av den betydligt längre omsättnings-tiden för tillrinnande vatten. Vattenkvaliteten är mindre variabel genom att tillrinnande vatten späds ut med sjövattnet. Det innebär även att biologiska, fysikaliska och kemiska processer har längre tid att påverka vattnets innehåll av partiklar och föreningar. Till exempel medför omvandlingen av nitrat till kvävgas (denitrifikation) att nitrathalterna ibland kan vara avsevärt lägre vid utloppet jämfört med inloppet. Stora avvikelser är dock vanliga och generaliseringar är svåra att göra.

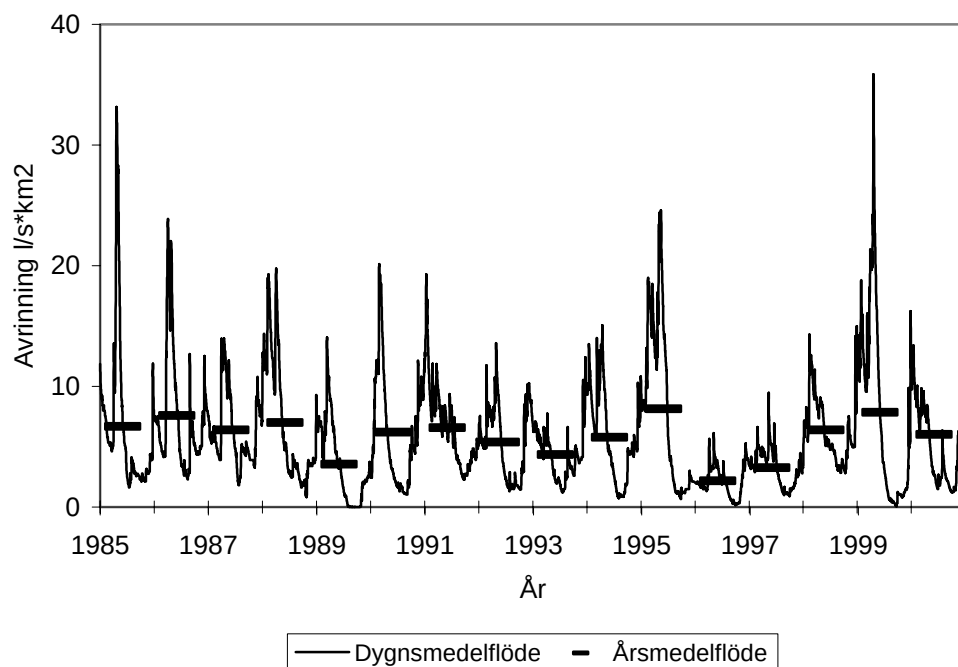
Vattendragens kemiska förhållanden reagerar relativt direkt på avrinning och mänsklig påverkan. Sjöars variation i vattenkemi kan inte på ett enkelt vis förklaras med variationer i det tillrinnande vattnet.



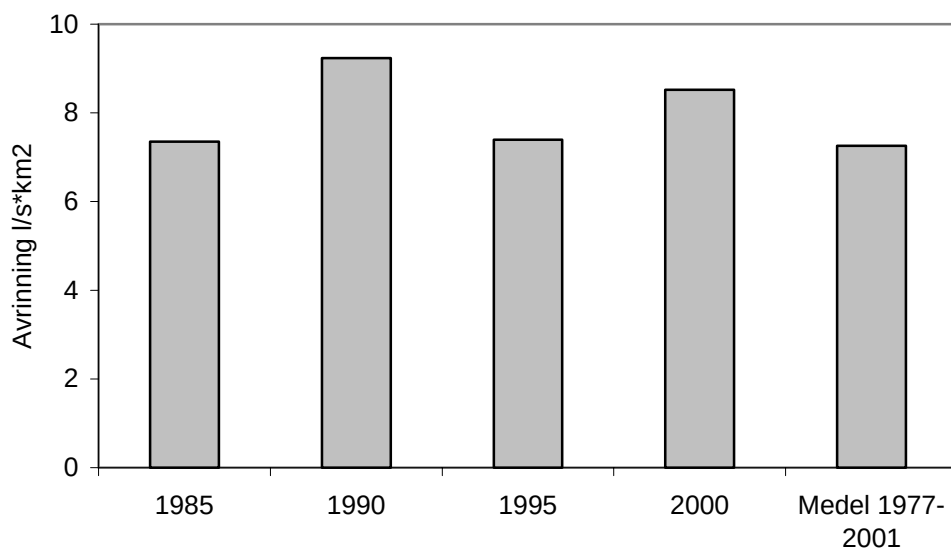
Figur 2. Sambanden mellan flöde och totalfosfor, totalkväve, fosfat och summa nitrit-nitrat i Kagghamraån. Vattenföringen är mätt med registrerande pegel (SMHI). Kemidata är från perioden 1989-2002 (Botkyrka kommun och Nationell miljöövervakning).

Vilka avrinningsförhållanden rådde under provtagningen år 2000 jämfört med ett normalår? En hjälp att tolka detta är att studera flödet i vattendrag. Figur 3 visar avrinningen i Oxundaån. Som i de flesta vattendrag är variationen mycket stor trots att det finns flera sjöar i avrinningsområdet. Figuren visar vidare att 1989, 1996 och 1997 var ovanligt torra år och att åren 1995 och 1999 kan betecknas som höglödesår. I figur 4 summeras årsavrinningen i 17 vattendrag vid de år riksinventeringar genomförts. Genom att sammanställa data från flera vattendrag ges en mer generell bild av skillnaden i avrinning mellan olika år i Stockholms län. År 1985 och 1995 kan betraktas som normalår medan avrinningen år 1990 och 2000 var högre än genomsnittet.

Det är dock diskutabelt hur relevant årsavrinningen är för vattenkvalitet i sjöarna vid riksprovtagningarna. Om man istället betraktar förhållandena i närmare anslutning till provtagningarna blir bilden annorlunda (figur 5).



Figur 3. Specifik dygnsavrinning i Oxundaån vid Skällnora 1985-2000. Horisontella streck markerar årsmedelvärden. Avrinningsområdets storlek är 59 km².



Figur 4. Specifik årsavrinning i 17 avrinningsområden i Stockholms län. Det sammanlagda avrinningsområdet är 2812 km². Avrinningen vid riksinventeringsåren 1990 och 2000 var högre än normalåret (medel (1977-2001)).

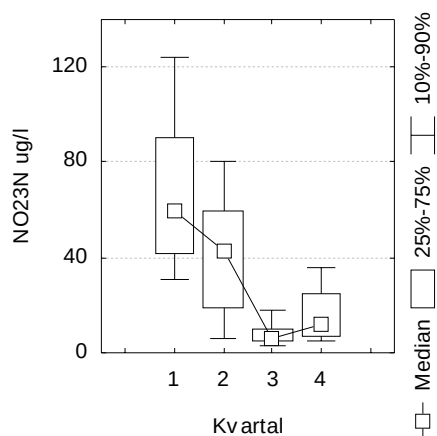
Riks- och länsprovtagningarna år 1995 och 2000 genomfördes under och föregicks av långa lågflödesperioder. Hösten år 2000 var mild och fuktig. Grundvattennivåerna var under de normala i norra länet och nära de normala i södra länshalvan. Omkring den 30 oktober påbörjades dock en längre period med mycket kraftig nederbörd som orsakade mycket höga flöden i länets vattendrag. Ungefär tre fjärdedelar av vattendragen provtogs under denna period. År 1990 skedde provtagningen under period med höga flöden. Provtagningen genomfördes under februari månad. Vintern var mild och sjöarna var isfria under större delen av vintern. Vid 1985 års provtagning var flödena förvisso höga men relativt stabila. Väder- och klimatförhållandena vid riks- och länsprovtagningarna år 2000 och 1995 var trots allt ganska likartade och bör inte på ett genomgripande sätt ha orsakat skillnader i vattenkvaliteten i sjöarna. Eftersom provtagningen av sjöarna genomfördes före den omfattande nederbördsperioden kan avrinningsförhållandena trots allt sägas ha varit normala. För vattendragen medförde de mycket höga flödena senare under hösten att jämförbarheten var betydligt sämre med förhållandena under 1995. Riks- och länsprovtagningarna 1985 och 1990 genomfördes vintertid vid höga flöden och stor försiktighet bör därför iaktas vid jämförelser med provtagningarna 1995 och 2000. Flera parametrar varierar dessutom mer eller mindre cykliskt under året med de högsta halterna under vintern eller vårvintern (tabell 5). Klorid som varken är biologiskt eller kemiskt aktivt i sjöar varierar endast litet under året. Olika kväveföreningar är däremot mycket biologiskt aktiva med ökande vattentemperatur och ljusinstrålning. Föreningarna omvandlas till biomassa av växter och alger eller omvandlas till kvävgas via bakteriell denitrifikation. I näringsrika sjöar är fosforhalterna inte sällan som högst under sensommaren (tabell 6). Sedi- menten i sådana sjöar fungerar som en källa för fosfor under den varma årstiden.

Sammanfattning

Väder- och klimatförhållandena vid riks och länsprovtagningarna 2000 och 1995 var relativt likartade och bör inte på ett genomgripande sätt ha orsakat skillnader i vattenkvaliteten i sjöarna. Eftersom provtagningen av sjöarna genomfördes före den omfattande nederbördsperioden kan avrinningsförhållandena trots allt sägas ha varit normala. För vattendragen medförde de mycket höga flödena senare under hösten att jämförbarheten var betydligt sämre jämfört med förhållandena under 1995. Riks- och länsprovtagningarna 1985 och 1990 genomfördes under en annan årstid och lämpar sig därför sämre för jämförelser med provtagningarna 1995 och 2000.

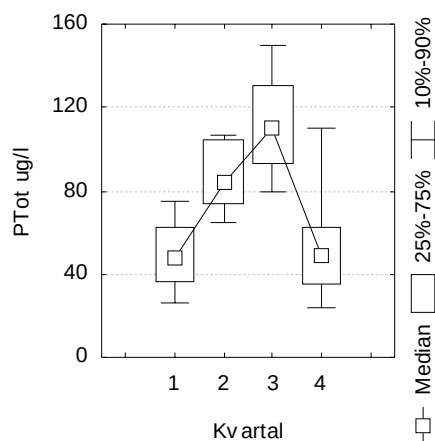
Tabell 5. Årstidens betydelse för några parametrar. Data är från 5 näringsfattiga referenssjöar i Stockholms län under perioden 1985-2002 (n=471) (Stora Envättern, Yngern, Stora Alsjön, Tärnan och Årsjön). Diagrammet illustrerar nitrit+nitrathalten i referenssjöarna.

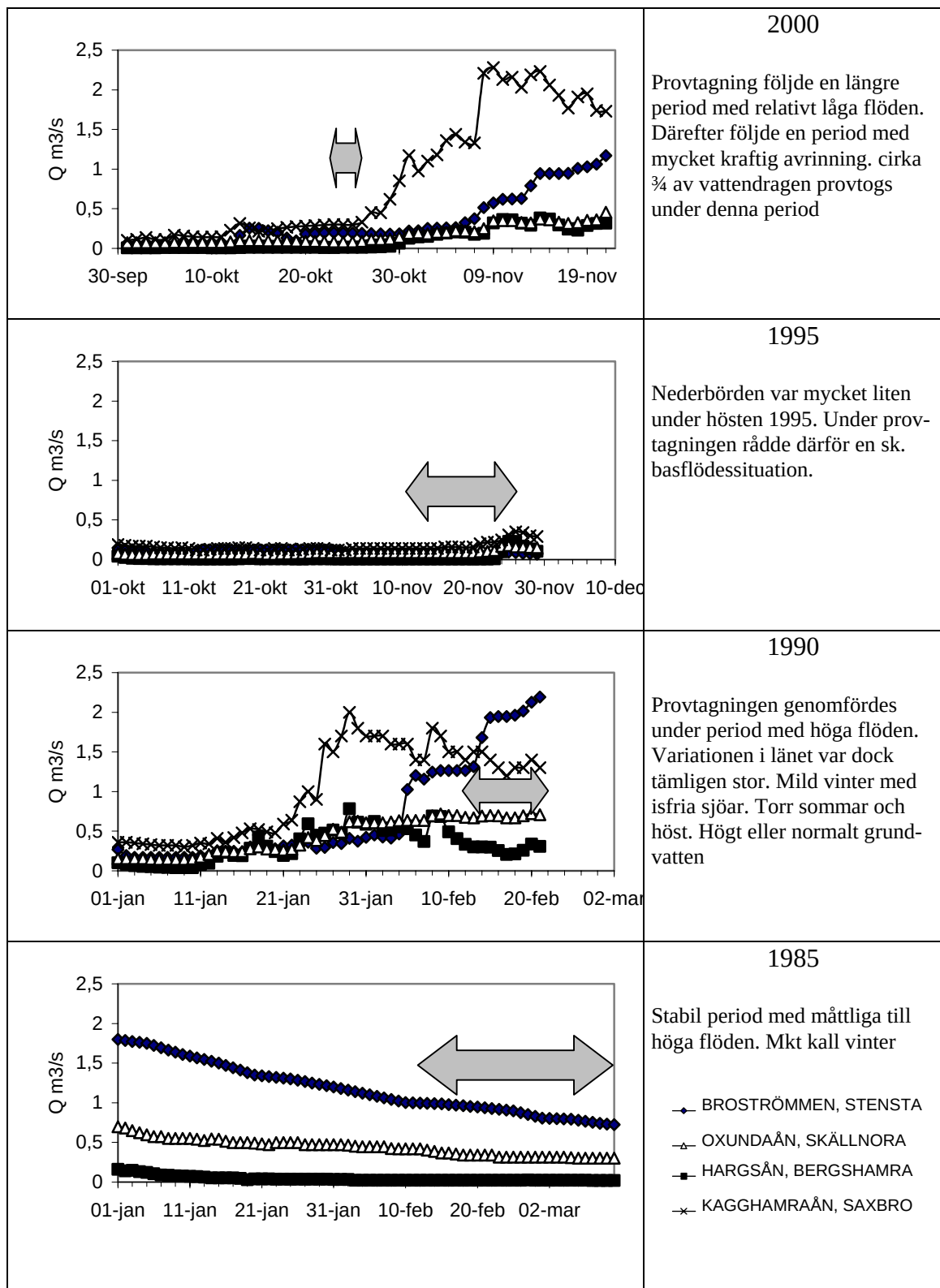
Kvartal-->	1	2	3	4
pH	6,0	6,1	6,4	5,9
NH4-N ug/l	23	13	6	16
NO23N ug/l	69	45	9	17
Tot-N ug/l	489	448	413	470
Tot-P ug/l	9	11	10	10
Färg mg/l	57	53	38	74
Cl mekv/l	0,093	0,084	0,083	0,087



Tabell 6. Årstidens betydelse för kväve och fosfor i Vallentunasjön (mycket näringsrik) under perioden 1987-2002 (n=473). Diagrammet illustrerar totalfosforhalten i Vallentunasjön.

Kvartal-->	1	2	3	4
NO23N ug/l	389	733	25	121
NH4N ug/l	223	143	25	299
NTot ug/l	1422	1786	1658	1173
PTot ug/l	50	88	112	58
N/P-kvot	28	20	15	20





Figur 5. Avrinningsförhållandena vid de olika riks- och länsinventeringarna. Pilarna i diagrammen indikerar start och stop för sjöprovtagningen.

Tillståndet i länets sjöar - Surhet

Om försurning

Med försurning avses en process då naturens förmåga att motstå surt nedfall minskar och pH-värdet i sjöar och jordmån sjunker. Sedan förindustriell tid beräknas nederbördens pH-värde ha minskat med cirka en enhet till våra dagar. Annorlunda uttryckt betyder det att nederbörden idag är cirka tio gånger surare.

Det är i huvudsak olika luftburna svavel- och kväveföreningar som förorsakar försurningen men även markanvändning i form av skogbruk står för en betydande andel. Försurning som miljöproblem uppmärksammades i Sverige först vid slutet av 1960-talet. Vid det laget hade försurning av sjöar och vattendrag sannolikt pågått under flera decennier. Idag uppskattas att cirka 17 000 av Sveriges 88 000 sjöar är drabbade. Konsekvenserna av det sura nedfallet är betydande: Försurning leder bland annat till artutdöende och förändrad artsammansättning samt korrosion på byggnader, maskiner och kulturarv.

Orsak till försurning

Luften tillförs sura svavel- och kväveföreningar från förbränning av fossila bränslen såsom kol och olja. När dessa senare deponeras som starka syror med nederbörd eller avsätts direkt på marken neutraliseras i bästa fallet syrorna genom markmineralernas vittring. Marker med hög vittringsbenägenhet, till exempel kalkrika jordar, tål en kraftigare tillförsel av syra utan att marken själv blir försurad. I Sverige finns sådana marker framför allt på Öland och Gotland, i Skåne, Östergötland, Västergötland, Uppland och Jämtland. Sverige som helhet utgörs dock främst av svårvittrade jordar som inte förmår att helt neutralisera det sura nedfallet. Marken försuras och viktiga näringsämnen utlakas ur skogsmarken. Dessutom sker en utlösning av metaller som kan skada nedbrytarna i marken. Efterhand kommer även sjöar och vattendrag påverkas. I värsta fall försuras även dessa så att vattenlevande organismer skadas.

Förutom nedfall av starka syror påverkar även markanvändning som till exempel skogsbruk mark- och vattenförsurning. Vissa uppskattningar gör gällande att skogsbruket i södra Sverige står för ungefär en tredjedel av den nutida markförsurningen och i Norrland för hälften.

Konsekvenser av försurning

Försurning ger många effekter som inte är önskvärda (Naturvårdsverket 1995; Brodin 1995). Nedan listas några av de viktigaste:

Sjöar och vattendrag

- Artutdöende inom samtliga grupper. Särkilt drabbas kräftdjur, musslor och snäckor, växtplankton samt olika arter av fisk och insekter
- Expansion av vissa arter, till exempel vitmossa, löktåg och buk-simmare
- Förändrad artsammansättning och ändrade konkurrensförhållanden. Till exempel kan kraftig påväxt av alger kväva övrig vegetation.

Markförsurning

- Förlust av baskatjoner (t.ex. kalcium, magnesium och kalium)
- Ökat utflöde av metaller (t.ex. aluminium)
- Näringsobalans i skogsmarken som på sikt kan äventyra skogsproduktionen
- Eventuellt en orsak till skogsskador (barrförluster och kronutglesning)
- Förändrad artsammansättning hos vegetationen på grund av kvävedepositionens gödslingsseffekt

Samhälle

- Dricksvattenförsörjning: drabbar framför allt grävda brunnar
- Kan påverka människors hälsa genom ökat intag av tungmetaller med dricksvatten
- Orsakar korrosion på byggnader, maskiner, kulturarv och vattenledningar
- Negativa hälsoeffekter av luftens innehåll av svavel- och kväveoxider

Hav

- Förändrad transport av näringsämnen och spårämnen till havet. Hur och om detta påverkar marina ekosystem är oklart (Granéli och Haraldsson 1993)

Effekter på sjöar

Försurning av sjöar medför att antalet växt- och djurarter minskar. Försurningskänsliga bottendjur såsom snäckor, musslor och kräftdjur börjar minska i antal redan vid pH-värden kring 6. Vid lägre pH-nivåer börjar även känsliga fiskarter såsom mört och laxfiskar försvinna, och sjöar med pH-värden kring 4,5 kan vara helt fisktomma. Det är oftast inte låga pH-värden i sig som är orsaken till skadorna utan framför allt de ökade halter av giftiga former av aluminium.

När en sjö försuras minskar först vattnets alkalinitet. Alkalinitet är ett mått på vattnets innehåll av ämnen som motverkar försurning. Så länge minskningen av alkaliniteten är liten eller måttlig påverkas vattnets surhet ganska obetydligt. Om alkaliniteten förbrukas helt blir däremot pH-värdet instabilt. Periodvis kan pH-nivån tillfälligt sjunka drastiskt, ofta nedåt 5 och därmed

der. Sådana så kallade surstötter inträffar särskilt vid snösmältningen på våren. Grundvattennivån stiger då så högt att merparten av den smälta snön förs ut i sjöar och vattendrag via de allra ytligaste markskikten. Marken ges då ingen möjlighet att neutralisera de sura ämnena som istället mer eller mindre opåverkade transporteras till sjön.

Fakta:

När är det surt i sjön?

- Vid pH 6 uppträder skador hos de allra mest känsliga organismerna, till exempel vissa dagsländor, kräftdjur, mört och elritsa
- Vid pH kring 5,4 har all alkalinitet förbrukats och kraftiga pH-svängningar kan uppträda
- Vid pH kring 4,2 stabiliseras åter pH-värdet: Sjön buffras nu istället av giftiga aluminiumföreningar. Detta är normalt sett sjöns "slutstadium". Sjön blir fisktom och endast ett fåtal arter förmår att överleva. I brist på konkurrens kan dessa dock bli mycket talrika.
- I brunfärgade sjöar kan giftiga aluminiumföreningar till viss del bindas till humusämnen, vilket ger ett visst skydd mot försurningsskador. Humusämnena kan även i viss utsträckning buffra mot ytterligare försurning. Om pH-värdet trots detta fortsätter att sjunka kan stora mängder aluminium på nytt frigöras.

Försurning – mer än bara lågt pH

- Ökad halt av aluminium i sjöar och vattendrag. Även halter av andra tungmetaller ökar
 - Ökat läckage av järn från avrinningsområdet
 - Selen i biotillgänglig form minskar
 - Fosfor och kol minskar i sjön (fastläggs i högre utsträckning i avrinningsområdets mark)
-

Sveriges sjöar har reagerat mycket olika på det sura nedfall som landet varit utsatt för. Även närbelägna sjöar kan uppvisa helt olika egenskaper som påverkar dess känslighet för försurning. Bortsett från depositionens storlek, är avrinningsområdets förmåga att neutralisera det sura nedfallet av störst betydelse.

Försurningen är i allmänhet längst framskriden i de smärre sjöarna och vattendragen högst upp i vattensystemen, där jordlagren brukar vara tunna och urlakade. De större vattendragens nedre lopp har däremot bara undantagsvis drabbats av försurning, och likadant är det med de största sjöarna i landet.

Mindre sjöar med kort uppehållstid för vattnet är ofta känsligare mot tillfälliga surstötter än sjöar med längre uppehållstid. Variationer i vattenkemin i tillrinnande vatten mildras i högre grad genom utspädning i större sjöar.

Sjöar med små tillrinningsområden kan dock, trots att de ofta har en lång uppehållstid för vattnet, vara känsliga eftersom det tillrinnande vattnet har en kort väg till sjön. Vattnet hinner därför inte att neutraliseras innan det når sjön.

Sammanfattning

Vad bestämmer försurningskänsligheten för en sjö?

- Vått nedfall av försurande ämnen
 - Luftens halt av försurande svavel- och kväveföreningar
 - Nederbördens storlek
- Torrt nedfall av försurande ämnen
 - Luftens halt av försurande svavel- och kväveföreningar
 - Markanvändning inom sjöns avrinningsområde. Det torra nedfallets storlek bestäms av hur stor filtrerande yta som finns inom avrinningsområdet. till exempel är nedfallet mindre över öppna ytor än över skog. Mer sura ämnen avsätts i barrskog än lövskog eftersom lövskogen saknar blad under stor del av året.
- Jord- och bergslagrens vittringsbenägenhet
- Jordlagrens mäktighet och finkornighet – Kontaktytan mellan det sura vattnet och de neutraliserade jordpartiklarna
- Sjöns storlek – Stora sjöar har ofta bättre förmåga att späda ut och därmed mildra effekten av tillfälliga variationer i vattenkemi
- Topografi inom avrinningsområdet – Hur snabbt vattnet transporteras till sjön
- Avrinningsområdet storlek – Ett stort avrinningsområde i förhållande till en sjös storlek innebär kort uppehållstid för vattnet och sjön blir känsligare för surstötter. Samtidigt kan ett stort avrinningsområde innebära lång transporttid för tillrinnande vattnen. Neutraliserande processer får därmed längre tid att verka.

Förhållanden och förutsättningar i Stockholms län

Sedan tidigare vet vi att länets marker och vatten är relativt tåliga mot försurning. Ett antal sjöar i länet är dock försurade. Det försurande nedfallet i länet kommer både från källor utanför länet och från våra egna verksamheter. Svavelnedfallet var som högst på 1960-och 1970-talet och har minskat stadigt sedan dess.

Nedfall och nederbörd

Nedfallet av svavel och kväve har beräknats för år 1998 (Johansson 2002) baserat på emissionsdatabasen som har utvecklats inom Stockholms och Uppsala läns Luftvårdsförbund och med användande av en regional spridningsmodell, MATCH, utvecklad av SMHI (figur 6). Resultat från de miljöövervakningsprogram som drivs av Länsstyrelsen och Luftvårdsförbundet har använts för att verifiera beräkningarna (Hallgren Larsson 2002).

Nedfall av kväve i länet år 1998 varierar mellan 5 och 9 kg N/ha*år. Motsvarande beräkning för 1994 gav ett totalt nedfall mellan 5 och 12 kg N/ha*år. Den minskning som skett av det totala nedfallet berör främst de centrala, tätbefolkade delarna av länet, och i mindre grad de perifera. Minskningen i nedfallet ligger i linje med att utsläppen av kväveoxider (NO_x) i länet har sjunkit med cirka 30 procent mellan åren 1994 och 1998. De minskade utsläppen från vägtrafiken är den största orsaken till att de totala utsläppen av kväveoxider sjunkit i länet.

Nedfallet av kväve härrör till största delen från källor utanför länet, medan länet exporterar större delen av sina utsläpp till andra regioner. Endast cirka tio procent av de egna utsläppen inom länet faller ner innanför länets gränser. När det gäller vägtrafikens utsläpp av kväveoxider deponeras cirka tio procent inom länet. För ammoniak är motsvarande siffra drygt 30 procent. Av det nedfall som härstammar från källor i länet kommer 88 procent av kväveoxidnedfallet från vägtrafikens utsläpp som också står för 23 procent av ammoniaknedfallet. Resten av ammoniaknedfallet kommer från jordbruk och djurhållning.

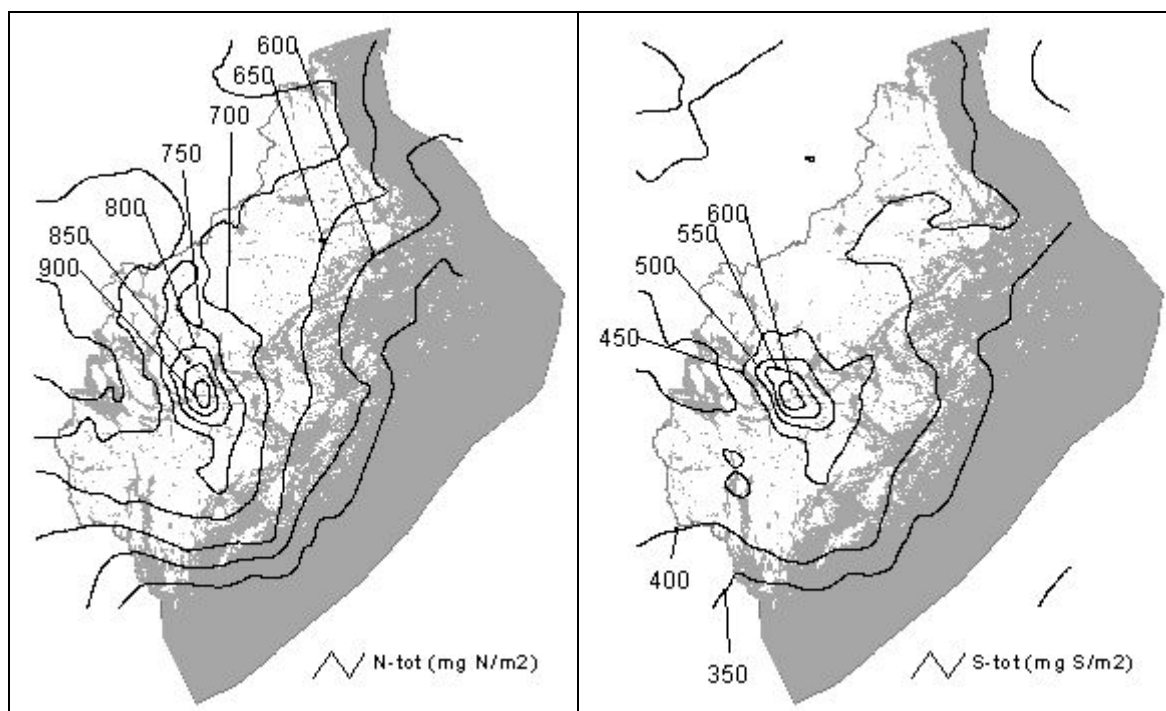
Enligt beräkningen för 1998 varierade det totala svavelnedfallet i länet mellan 3 och 6 kg S/ha*år. Vid de motsvarande beräkningarna för år 1994 varierade nedfallet mellan 5 och 9 kg S/ha*år. En avsevärd minskning av nedfallet har således skett enligt dessa beräkningar. Under perioden 1994 till 1998 har de totala svavelutsläppen i länet minskat främst beroende på minskade utsläpp från energisektorn. Nedfallsberäkningen visar dock att energisektorns minskade utsläpp inte påverkar nedfallet i länet. Av energisektorns utsläpp av svavel hamnar endast cirka 0,3 procent inom länets gränser, vilket är så litet att det inte påverkar trenden i nedfallet. Av utsläppen från sjöfarten och den individuella uppvärmningen hamnar omkring tio procent innanför länets gränser; dessa sektorer ger det största bidraget till depositionen på grund av lokala källor i länet. Utsläppen från dessa sektorer har dock inte förändrats nämnvärt under perioden. Av de totala svavelutsläppen i länet beräknas endast cirka sex procent falla ner inom länet, resten exporteras till andra regioner.

Att depositionen av försurande ämnen har minskat återspeglas tydligt i nederbördens kemiska sammansättning (figur 7). En sammanställning av data

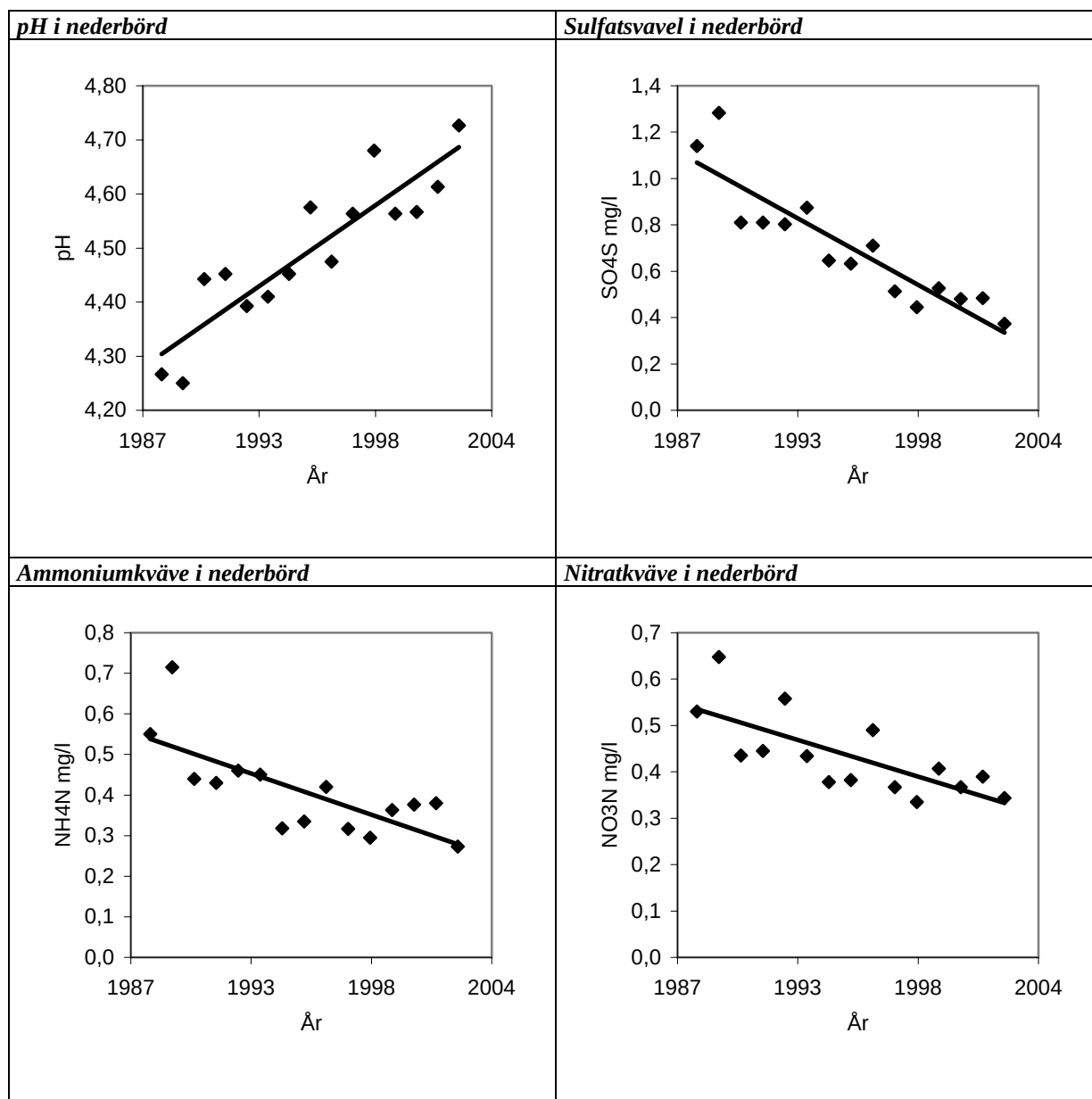
från tre stationer inom nederbördsskemiska stationsnätet (IVL) visar att sulfathalten har minskat med cirka 60 procent mellan åren 1987 och 2002. Även halterna av nitrat och ammonium har minskat tydligt med cirka 40 procent under perioden. pH i nederbörden har ökat från 4,3 vid år 1987 till cirka 4,7 i dagsläget. Detta förhållande bör innebära att episodförsurning i sjöar och vattendrag inte har samma allvarliga effekt på vattenkvaliteten som tidigare.

Tillståndet i mark, sjöar och vattendrag

I länet är de ytliga markskikten påverkade av försurningen medan de underliggande markskikten och grundvattnet inte är storskaligt påverkade. De markkemiska analyser som genomförts inom länet visade att marken är surare i de södra delarna av länet än i de norra delarna. Detta beror på att inlandsisen fört med kalk till markskikten i norr (Andersson mfl 1994).



Figur 6. Totalt nedfall av svavel och kväve 1998. Nedfallet är som störst i de centrala delarna av Stockholm (Johansson2002).



Figur 7. Nederbörds kemi. Sammanställning av data från Aspvreten (Sörmlands län) Tyresta (Stockholms län) och Ryda Kungsgård (Uppsala län) Källa: Nederbörds kemiska stationsnätet, IVL.

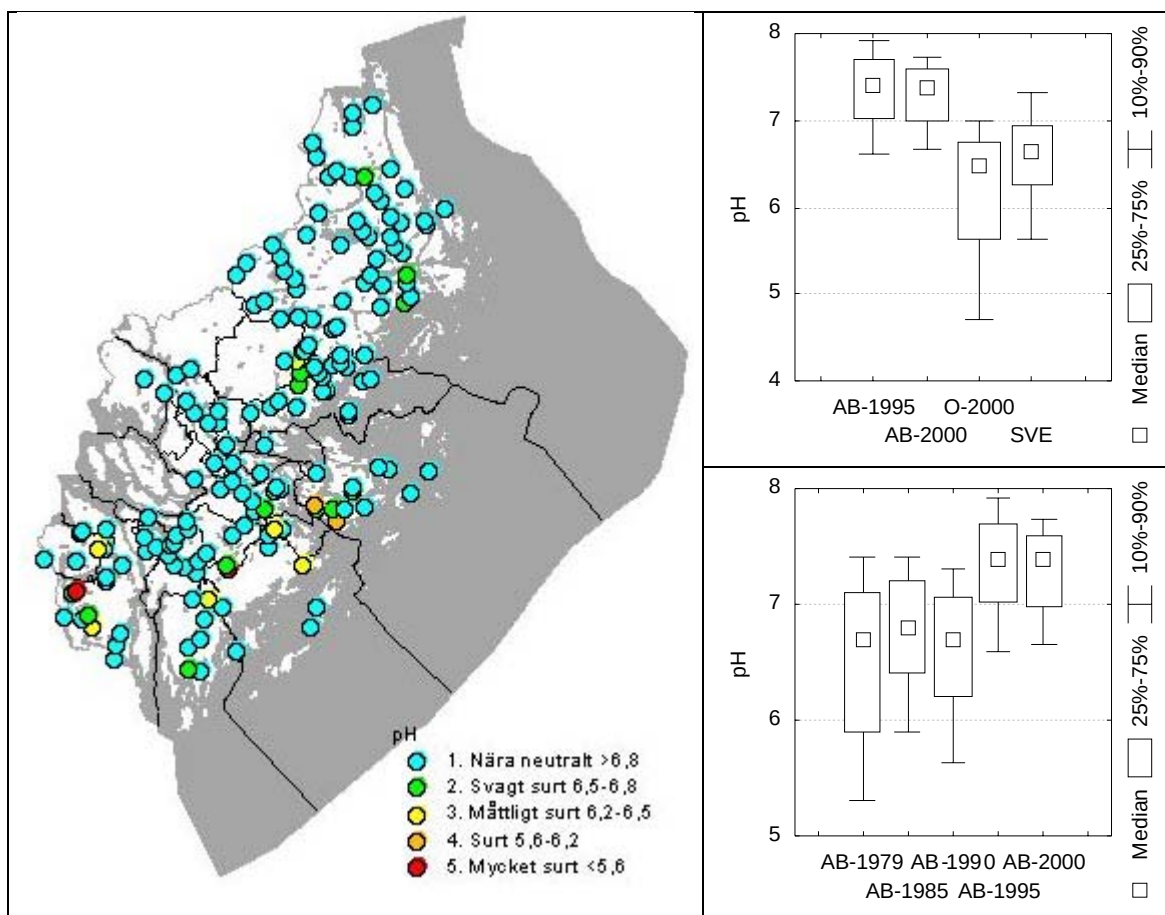
Resultat - surhet

Sjöarna hade generellt sett bra pH- och alkalinitetsvärden (figur 8 och figur 11). Den långa perioden med liten tillrinning som föregick provtagningstillfället är sannolikt en bidragande anledning till de positiva resultaten. pH-värdena vid inventeringen år 2000 var i samma storleksordning som vid inventeringen år 1995. Jämfört med förhållandena 1985 och 1990 var däremot förhållandena avsevärt bättre. Till en del kan detta förklaras med skillnaden i provtagningstidpunkt. Riksinventeringarna 1985 och 1990 genomfördes under vår-vinter medan riksinventeringarna 1995 och 2000 genomfördes under höst. Skillnaden i pH och alkalinitet är dock så stor mellan inventeringarna att skillnaden i provtagningstidpunkt inte kan vara den enda faktorn. Mest troligt är att det minskade nedfallet av försurande ämnen fått genomslag i sjöarnas vattenkvalitet (se nedan ”Prognos – tillståndstrender i länets referenssjöar”).

Sedan tidigare vet vi att länets sjöar är tåligare mot försurning än genomsnittet för landets sjöar. De har markant högre pH värden och alkalinitet än sjöarna i Västra Götalands län och Sverige i sin helhet. En orsak till detta förhållande är att depositionen är förhållandevis låg i Stockholms län jämfört med andra delar i södra Sverige. Detta beror i sin tur på att Stockholms län är ett relativt nederbördsfattigt län. En annan viktig orsak är att jordarna i framför allt den norra länsdelen tydligt påverkats av kalkrikt material som transporterat med inlandsisen från området kring Gävlebukten. Denna nord-sydliga kalkpåverkan återspeglas tydligt i sjöarnas kalciumhalt (figur 9) som är tydligt högre än genomsnittet för Sverige. Den nord-sydliga kalkgradienten medför att de suraste sjöarna återfinns i södra delen av länet och de mest välbuffrade (hög alkalinitet) i den norra (tabell 7).

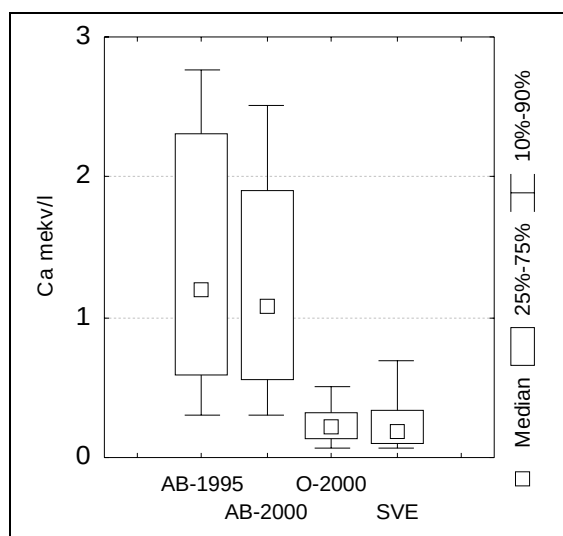
Även sjöarnas höjd över havet har ett stort inflytande på sjöarnas surhetsgrad. I Stockholms län förekommer de suraste sjöarna främst inom hållmarksområden i södra länshalvan (figur 10). I höglänt terräng på Södertörn finns de sjöar som är allra känsligast, till exempel Svartsjön i Huddinge kommun (tabell 7). Högt belägna områden har tidigt svallats rena från finkorniga partiklar när markytan steg över havet. Detta har vidare medfört att stora områden är rena hållmarker. Det uttvättade materialet har istället sedimenterat på låglänta områden som idag ofta utgörs av jordbruksmarker. Därför återfinns i princip inga försurade vattendrag om man undantar mindre skogsbäckar högt upp i avrinningssystemen.

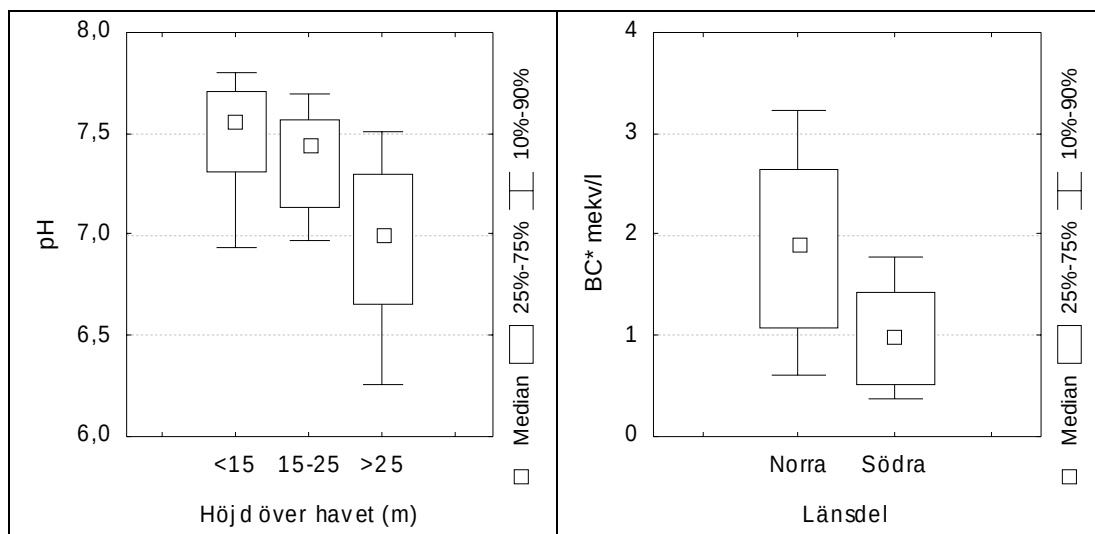
Inte oväntat har de suraste sjöarna i riksinventeringen även de högsta aluminiumhalterna. En av försurningens allvarligaste konsekvenser är just utlakningen av aluminiumföreningar från sjöarnas avrinningsområden. Typiskt för förhållandena i Stockholms län är att de även har höga halter av humus (vattenfärg). Sura och klara sjöar finns i länet men de är sällsynta.



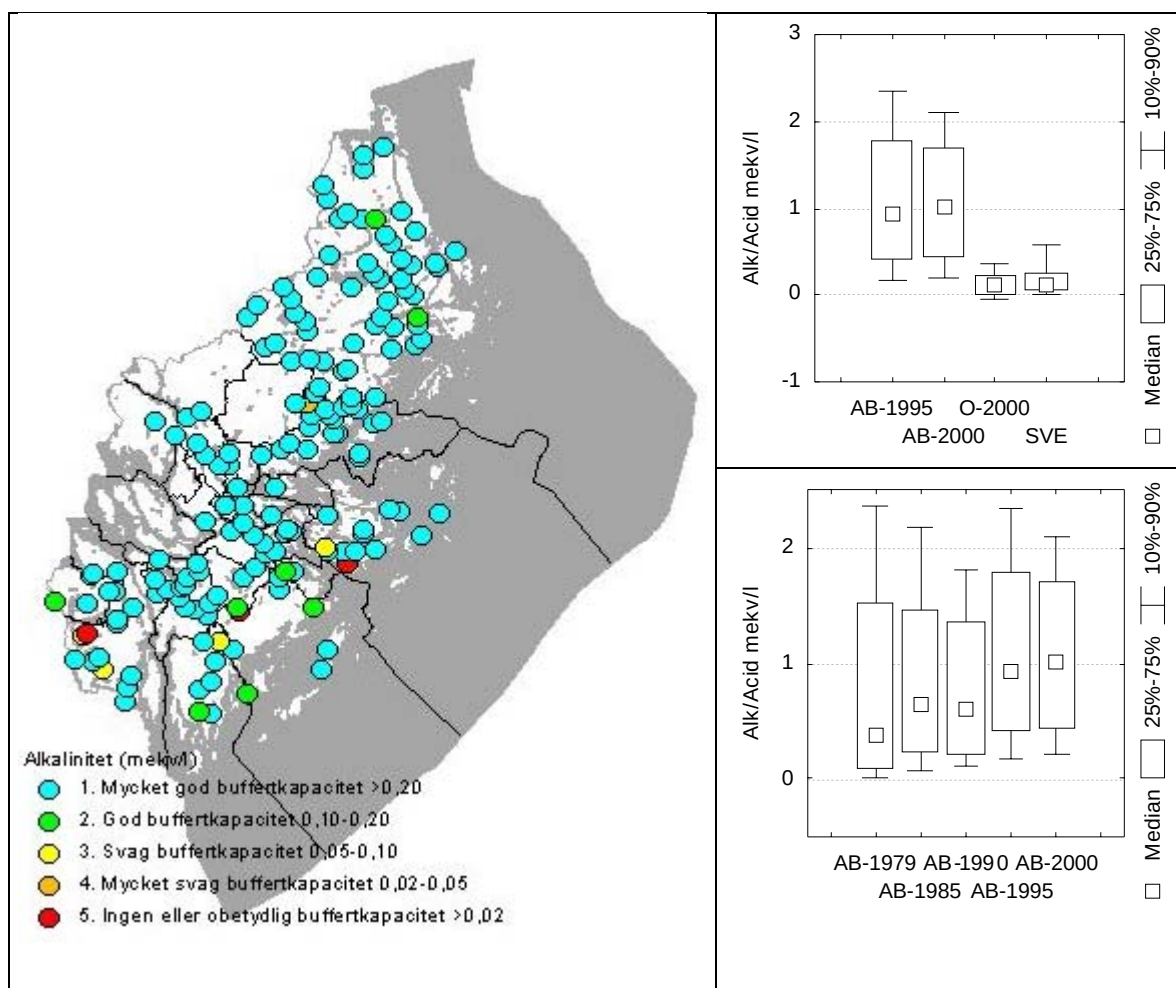
Figur 8. pH vid riks- och länsinventeringen 2000. Övre högra figuren visar pH i Stockholms län år 1995 och år 2000 (AB-1995, AB-2000), i Västra Götalands län (O-2000) och i Sverige utom Stockholms län (SVE). Den undre figuren visar pH vid tidigare riksinventeringar i Stockholms län.

Figur 9. Kalciumhalterna i Stockholms län 1995 och 2000 jämfört med Västra Götalands län och Sverige utom Stockholms län. Inlandsisen har transporterat kalkrikt material söderut från områden med kalkberggrund.





Figur 10. Förhållandet mellan pH och höjd över havet (vänstra diagrammet) och mellan halten av baskatjoner och länsdel (högra diagrammet) vid riksinventeringen år 2000 i Stockholms län.



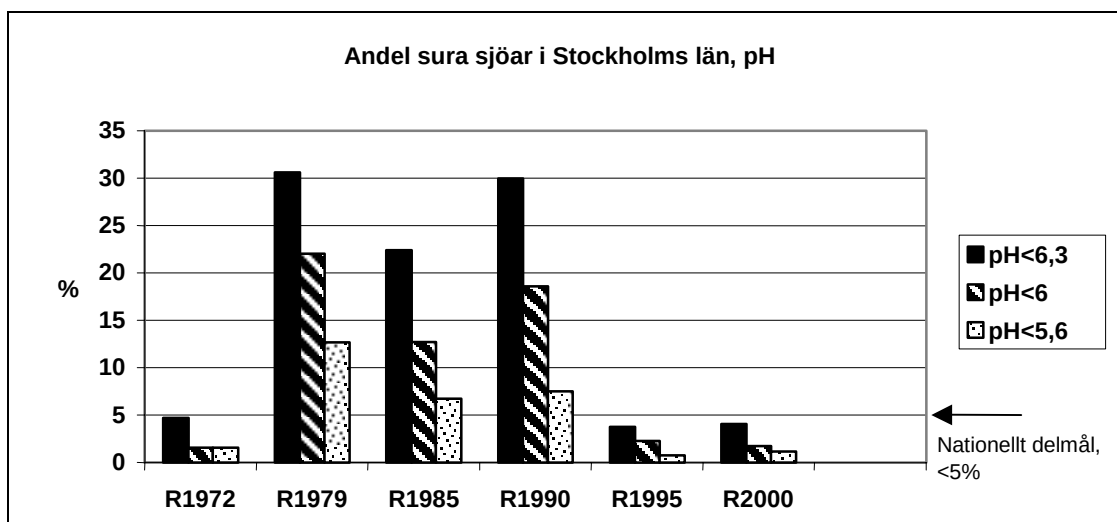
Figur 9. Alkaliniteten vid riks- och länsinventeringen 2000. Övre högra figuren visar alkaliniteten i Stockholms län år 1995 och år 2000 (AB-1995, AB-2000), i Västra Götalands län (O-2000) och i Sverige utom Stockholms län (SVE). Den undre figuren visar alkaliniteten vid tidigare riksinventeringar i Stockholms län.

Tabell 7. Sjöarna med de högsta och lägsta pH-värdena vid Riksinventeringen 2000.

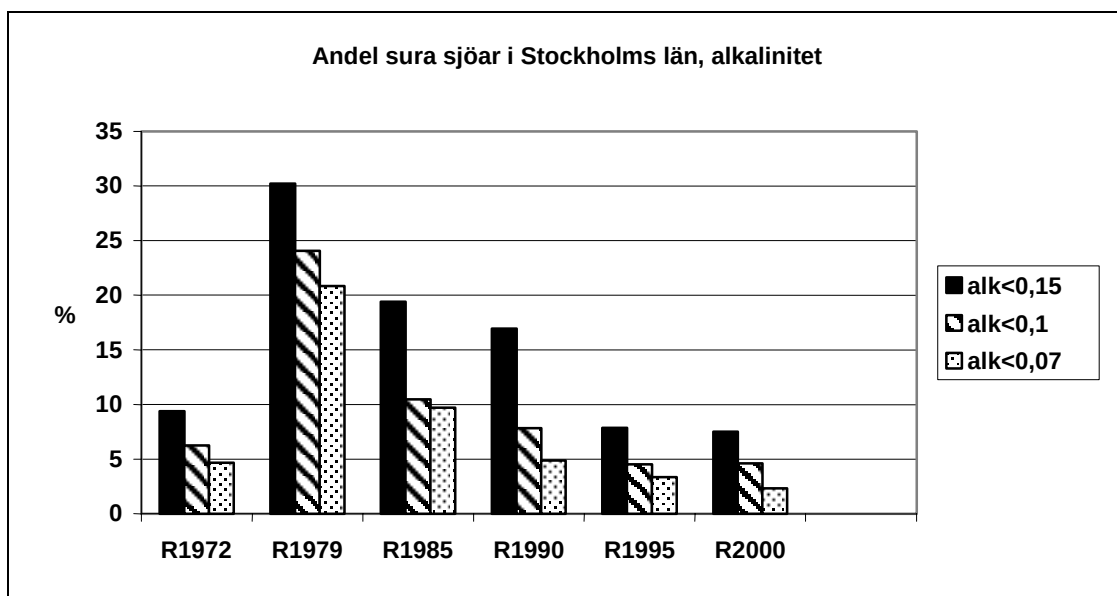
Sjö	Kommun	Sjönummer	pH	Sjöhöjd m	Alk mekv/l	Färg mg Pt/l	Al ug/l
Svartsjön	Huddinge	656016-162798	5,2	81	-0,01	131	260
Stora Alsjön	Södertälje	655469-159188	5,2	55	-0,02	246	279
Långviksträsket	Värmdö	657129-165329	5,9	27	0,02	126	177
Vidsjön	Värmdö	657550-164826	6,2	36	0,09	73	115
Transjön	Nynäshamn	655281-162326	6,2	45	0,08	259	370
Svulten	Vallentuna	660947-164416	6,3	58	0,04	52	192
Grävstasjön	Södertälje	654650-159553	6,3	49	0,09	52	55
Vallentunasjön	Vallentuna	659771-162546	7,9	8	1,91	16	52
Fysingen	Upplands Väsby	660749-161885	7,9	6	2,05	20	68
Erken	Norrtälje	664060-165948	7,9	12	1,83	16	16
Vågsjön	Norrtälje	664273-165811	7,9	21	1,96	46	18
Skedviken	Norrtälje	663072-164112	8,0	14	1,87	30	55
Träsksjön	Vaxholm	658943-163638	8,0	10	0,89	30	

Bara naturlig försurning - Mot regional måluppfyllelse?

Det är glädjande att kunna konstatera att trenden mot allt större försurning av länets sjöar har brutits. Sjöar med pH under 6 och alkalinitet under 0,10 mekv/l är idag betydligt sällsyntare än under 1980-talet (figur 11, figur 12). Från länets referenssjöar vet vi att ett trendbrott ägde rum strax efter år 1990. Tydligast är minskningen i sulfathalt men även pH har ökat något. Den minskade depositionen av försurande ämnen har dock ännu inte gett upphov till en lika entydig förhöjning av alkaliniteten i referenssjöarna. Man kan dock redan nu konstatera att det nationella delmålet om att mindre än fem procent av sjöarna ska vara antropogent försurade uppfylls regionalt i Stockholms län. Kalkning av cirka 30 sjöar i länet har varit en viktig anledning till att det nationella delmålet idag nås. En fråga som infinner sig är hur många naturligt sura sjöar det finns i länet? Det är vanskligt att ge ett exakt svar på denna fråga men troligtvis rör det sig om 1-2 procent baserat på ganska enkla beräkningsmetoder av bakgrundsalkaliniteten i länets sjöar (Naturvårdsverket 1999).



Figur 11. Andel sjöar med pH <6,3, pH <6 och pH <5,6 vid Riks- och Länsinventeringar i Stockholms län. De olika pH-klasserna motsvarar kalkningsverksamhetens pH-mål för olika sjöar och vattendrag (Naturvårdsverket 2002)



Figur 12. Andel sjöar med alkalinitet <0,15 mekv/l, <0,1 mekv/l och <0,05 mekv/l vid Riks- och Länsinventeringar i Stockholms län. De olika alkalinitetsklasserna motsvarar kalkningsverksamhetens alkalinitetsmål för olika sjöar och vattendrag (Naturvårdsverket 2002)

Var finns de känsligaste områdena?

En beräkning av överskridande av kritisk belastning har genomförts med FAB-modellen (First order Acidity Balance)(Naturvårdsverket 2002). Modellen har fördelen att den förutom svaveldeposition även tar hänsyn till depositionen av kväve och skogsbrukets påverkan på vattenkvaliteten. Resultaten visar att endast åtta av 164 sjöar överskred kritisk belastning för försurande ämnen (tabell 8). Omräknat till att gälla hela länet innebär detta att 66 sjöar av sammanlagt 790 överskrider kritisk belastning (8 %). Uttryckt som sjöareal överskrider 66 km² av totalt 297 km² (exklusive Mälaren) vilket motsvarar två procent av länets totala sjöareal. En tidigare uppskattning av antalet försurade sjöar i länet som genomfördes 1991 indikerade att cirka 100 sjöar i länet var försurade. Tillvägagångssättet var dock annorlunda 1991 och en direkt jämförelse är därför inte möjlig.

En översiktlig genomgång av data från miljöövervakningen och kalkningsverksamheten har, i kombination med kunskap om länets kvartärgeologiska egenskaper, använts för att ta fram en enklare karta över försurningskänsliga områden i länet (figur 13). I kartan har markerats sjöar som överskrider kritisk belastning för svavel och kväve.



Figur 13 . Överskridande av kritisk belastning enligt FAB-modellen (First order Acidity Balance) vid riks- och länsinventeringen år 2000. I kartan visas även försurningskänsliga områden i Stockholms län (skuggade områden). Uppgifter om försurningskänsliga områden baseras på miljöövervakningsdata från sjöinventeringar genomförda mellan 1972 och 2002, data från referenssjöar samt data från kalkningsverksamheten i Stockholms län.

Tabell 8. Sjöar som överskred kritisk belastning för svavel och kväve vid riksinventeringen år 2000.

Namn	Koordinat	pH	Bakgrunds- alkalinitet* mekv/l	Alk/Acid mekv/l	Färg mg Pt/l	Al ug/l	Sjöhöjd m.ö.h.	Kommun
Acksjön	655420-159049	6,5	0,11	0,09	109	191	62	Södertälje
Grävstasjön	654650-159553	6,3	0,12	0,09	52	55	49	Södertälje
Långviksträsket	657129-165329	5,9	0,03	0,02	126	177	27	Värmdö
Stora Alsjön	655469-159188	5,2	0,02	-0,02	246	279	55	Södertälje
Svartsjön	656016-162798	5,2	0,01	-0,01	131	260	81	Huddinge
Svulten	660947-164416	6,3	0,06	0,04	52	192	58	Vallentuna
Vidsjön	657550-164826	6,2	0,10	0,09	73	115	36	Värmdö

*Enl. metod i Bedömningsgrunder för miljökalitet (Naturvårdsverket Rapport 4913)

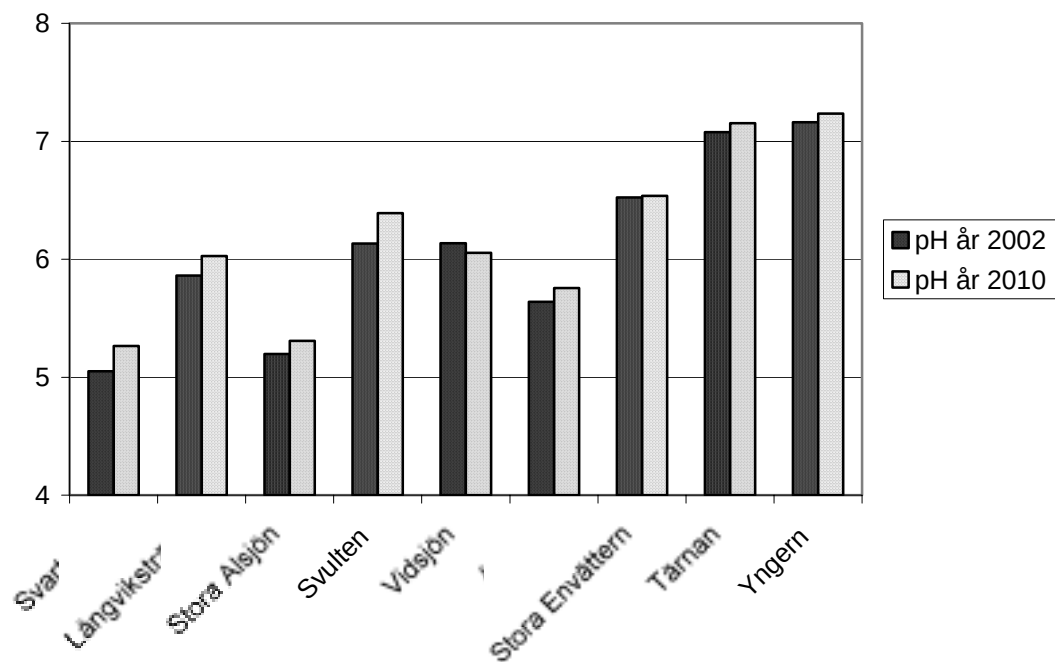
Prognos – tillståndstrender i länets referenssjöar

Förhållandena i länets sjöar har förbättrats som ett resultat av minskad deposition av försurande ämnen. Det är dock svårare att beskriva med vilken hastighet förbättringen sker. Ett försök att uppskatta denna har gjorts genom att studera tidsserier i nio referenssjöar i länet (tabell 9). Ett exempel ges i figur 15 som visar vattenkemiska förändringar i sjön Yngern i Södertälje och Nykvarns kommuner. Referenssjöarna utgörs utan undantag av sjöar vilkas avrinningsområden består av skog och med en obefintlig eller försumbar påverkan från enskilda avlopp. Resultaten visar att i samtliga referenssjöar utom en har pH ökat sedan 1991. Någon entydig förändring i alkaliniteten har dock ännu inte kunnat mätas. Resultaten visar att pH i medeltal ökar med 0,013 enheter/år i referenssjöarna (figur 14). Om denna ökning antas gälla länet i stort bör detta innebära att kalkningen i länets östligaste områden (Värmdö kommun) kan upphöra inom 10-15-år.

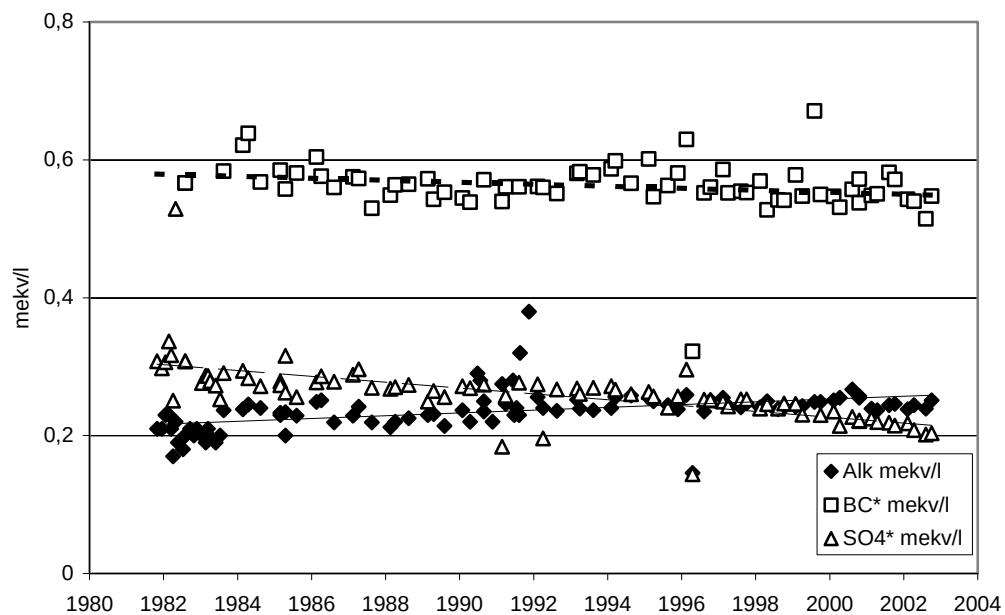
Tabell 9. pH-förändring i nio referenssjöar samt prognos för år 2010.

Referenssjö	Area ha	pH*	Färgtal* ug Pt/l	Konduktivitet* mS/m	pH år 2002	pH år 2010	pH-förändring per år
Svartsjön	2	4,9	111	3,1	5,05	5,26	0,027
Långviksträsk	7	5,7	137	3,6	5,86	6,03	0,021
Stora Alsjön	7	5,1	199	3,9	5,20	5,31	0,014
Svulten	7	6,0	48	3,8	6,13	6,39	0,032
Vidsjön	9	6,2	82	4,3	6,14	6,06	-0,010
Årsjön	21	5,6	25	2,9	5,64	5,76	0,015
Stora Envättern	38	6,5	33	4,4	6,52	6,54	0,002
Tärnan	106	7,0	40	7,1	7,08	7,15	0,009
Yngern	1633	7,1	16	7,6	7,16	7,23	0,009
Medel		6,0	77	4,5	6,09	6,19	0,013

* medel perioden 1991-2002



Figur 14. Prognos för pH i nio referenssjöar i Stockholms län.

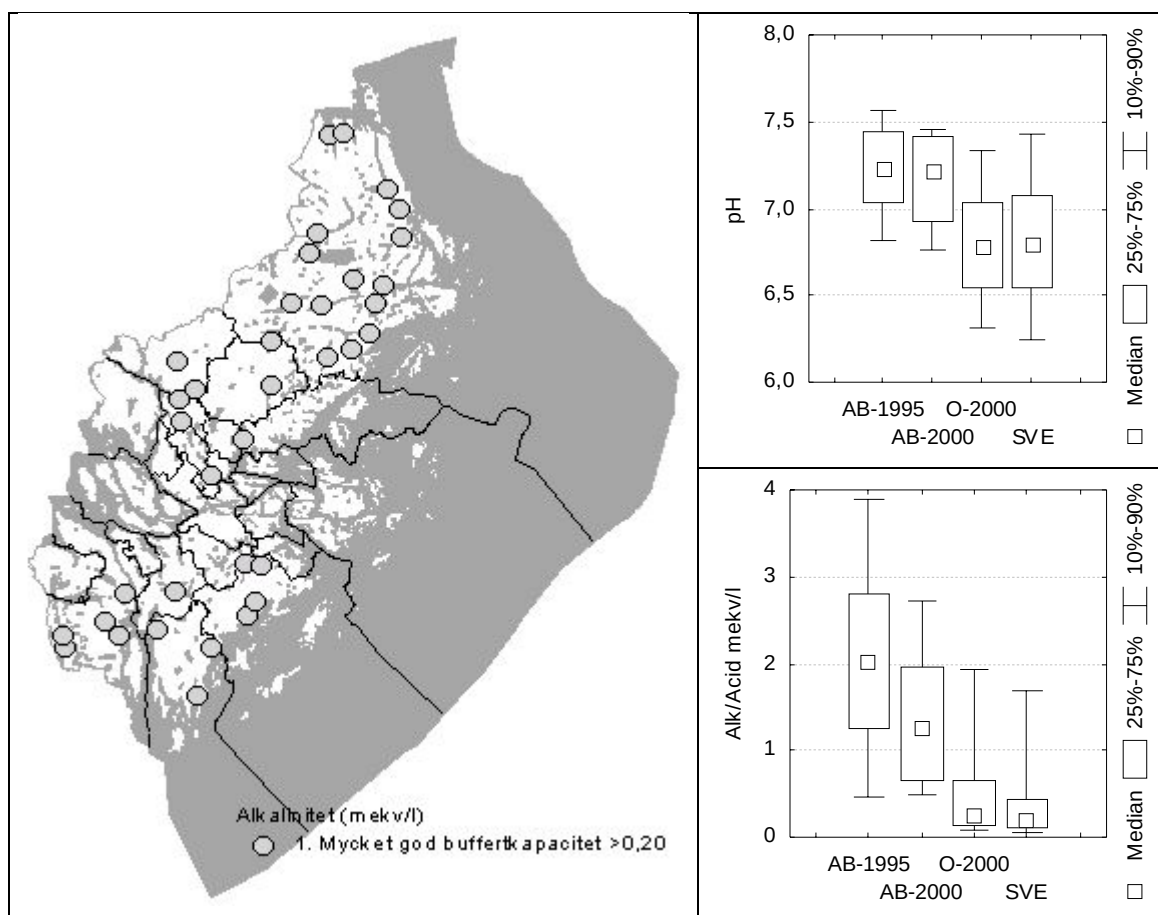


Figur 15. Förändringar i alkalinitet, baskatjoner och sulfat i sjön Yngern, Södertälje och Nykvarns kommuner.

Länets vattendrag inte sura

Försurningssituationen är bättre i länets vattendrag jämfört med sjöarna. Som tidigare påpekats utgörs jordarna i de mer låglänta delarna av länet av mer finkornigt material som bättre förmår att buffra en syratillförsel. Som regel är vattendragens avrinningsområden större än enskilda sjöars avrinningsområden och antropogen påverkan i form av jordbruk, dagvatten och utsläpp av avloppsvatten är mer regel än undantag i länets vattendrag. Dessa utsläpp bidrar också med alkalinitet till vattendragen. Det ska påpekas i sammanhanget att mindre vattendrag och skogsbäckar inte ingick i urvalet av vattendrag i riksinventeringen år 2000. Mindre, försurade skogsbäckar förekommer sannolikt i minst samma utsträckning som sjöar i de fyra utpekade känsliga områdena i länet (figur 13).

Som väntat var både pH och alkaliniteten högre i Stockholms län än i Västra Götalands län och i Sverige utom Stockholms län (figur 16). Alkaliniteten vid riksinventeringen år 2000 i Stockholms län var betydligt lägre i genomsnitt jämfört med motsvarande inventering 1995. Sannolikt orsakade de mycket höga flödena vid provtagningen år 2000 (se avsnitt om provtagningsförhållandena) generellt lägre alkalinitet i vattendragen.



Figur 16. Alkaliniteten vid riks- och länsinventeringen 2000. Övre högra figuren visar pH i Stockholms län år 1995 och år 2000 (AB-1995, AB-2000), i Västra Götalands län (O-2000) och i Sverige utom Stockholms län (SVE). Den undre figuren visar motsvarande för alkaliniteten.

Tillståndet i länets sjöar - näringsriktighet

Om övergödning av sjöar och vattendrag

Övergödning eller eutrofiering innebär alltid att produktionen av alger och växter (primärproduktionen) ökar. Övergödning kan förekomma både på land och i vatten. För landekosystemen kan övergödningen bland annat ta sig uttryck i ökad skogstillväxt och förändringar i markens flora.

Problemen med övergödning i sjöar uppmärksammades tidigt under 1900-talet. Det visade sig att biologin i sjöar i anslutning till tätorter och i utpräglade jordbruksområden genomgått dramatiska förändringar. Tidigare rena bad- och fiskesjöar hade förvandlats till illaluktande gröna sjöar och alger hade ersatt en naturlig vattenvegetation av nate, näckrosor och andra växter. Giftiga algbloomningar var vanligt förekommande och boskap som drack ur dessa sjöar förgiftades inte sällan. I många sjöar var omfattande fiskdöd en mer eller mindre regelbundet återkommande händelse.

Längre fram fann man att det var näringsämnet fosfor som orsakade dessa förändringar av sjöarnas biologi. Fosfor är det ämne som det i allmänhet råder störst brist på i sjöar och följaktligen är det detta ämne som bestämmer hur stor produktionen av djur och växter kan bli. En mycket storskalig satsning på att bygga ut de kommunala avloppsreningsverken påbörjades som en åtgärd för att minska problemen. Omkring 1970 hade de flesta större reningsverken i Sverige infört rening av vattnets innehåll av fosfor. Effekten blev att många sjöar tillfrisknade och blev åter en tillgång för människor. En del sjöar återhämtade sig dock inte som förväntat utan problemen kvarstod och förvärrades i vissa fall. Man blev medveten om att även andra källor till fosfor spelar en stor roll och att sjöarna har interna gödningsprocesser.

Länge ansågs det att havet var för stort för att kunna påverkas av utsläpp av avloppsvatten eller ökade förluster av näringsämnen från markanvändning. Förändringar av bottenfaunas artsammansättning, utbredning av syrefria bottenar, minskat siktdjup och minskad djuputbredning hos blåstång visade emellertid att även havet påverkades av en allt för stor närsaltsbelastning. I Sverige debatterades det (och debatteras fortfarande) om det är fosfor eller kväve som bestämmer produktionen i havet. I dag anser de flesta forskarna att kväve är det mest tillväxtbegränsande ämnet i Västerhavet och i Egentliga Östersjön och fosfor i Bottenviken. I kustnära områden förekommer ofta en gradient där fosfor är begränsande i de inre delarna av kust och skärgård och kväve lite längre ut mot öppna havet.

Övergödning eller eutrofiering av vatten, det vill säga övergången från ett näringsfattigt tillstånd till ett mer näringsrikt, är ett av våra mest välkända och välbeskrivna miljöproblem. Förklaringen är sannolikt att få andra miljöproblem har medfört sådana dramatiska och för ögat synliga förändringar av biologin redan vid en mindre förändring av närsaltsbelastningen. Historiskt sett har en stor del av miljöövervakningens resurser investerats för att beskriva och följa miljöproblemen som övergödning innebär.

Effekter av övergödning på vatten

Effekten av ökad närsaltsbelastning skiljer sig något åt mellan sjöar, vattendrag och hav. Generellt sett leder det alltid till ökad produktion av organismer.

Den större produktionen av alger i näringsrika vatten medför att ljusets förmåga att tränga ned i vattenmassan minskar. Siktdjupet försämras och produktionen begränsas till en mindre och ytligare del av vattenmassan. Även sjöns djurliv koncentreras till detta skikt. Mängden nedbrytare ökar dock i bottarna.

När alger och vattenväxter bryts ned och sedimenterar, förbrukas syre. Under temperatur- och saltvattensprångskiktet tillförs inget syre från atmosfären under sommaren. Syret kan då förbrukas helt och orsaka "bottendöd" det vill säga massdöd och massflykt av organismer. I mycket näringsrika sjöar kan syrgasbrist uppträda även i hela sjöns volym, framför allt nattetid då ingen fotosyntes förkommer. Detta kan även inträffa vintertid om sjön är frusen och inget nytt syre tillförs sjön från atmosfären. Det tydligaste tecknet på att en sådan "summerkill" eller "winterkill" inträffat är massdöd av fisk.

Även vattnets fysikaliska egenskaper förändras vid höga näringstillstånd. Under varma somrardagar i insjöar kan fotosyntesen orsaka kraftiga svängningar i pH. Om pH höjs över 9 kan stora mängder giftigt ammoniak bildas i vattnet. Även detta kan medföra en "summerkill".

Den kanske mest dramatiska förändringen som inträffar vid övergången från ett näringsfattigt tillstånd till ett näringsrikt är att artsammansättningen ändras inom alla organismgrupper. I sjöar sker initialt en ökning av fastsittande alger och undervattensvegetation. Senare tar växtplankton och blågröna alger över. Efterhand minskar ljusnedträngningen och kortskottsväxter som notblomster och braxengräs försvinner. Om övergödningen fortgår försvinner även övrig undervattensvegetation. I extremt näringsrika sjöar har ett tillskott av näringsämnen ingen större effekt alls. Dessa vatten har då redan blivit så grumliga av alger att det istället är tillgången på ljus som begränsar produktionen. Sådana sjöar är idag sällsynta i Sverige.

Vid ökande näringsrikedom övergår fiskfaunan gradvis från dominans av abborrfiskar till dominans av karpfiskar. Detta innebär att andelen fisk som äter djurplankton ökar (Hansson 1998). Mängden djurplankton ökar till en början men dessa minskar sedan i takt med att mängden djurplanktonätande fisk ökar. Som en effekt av ökat betningstryck på djurplankton gynnas små former som lättare undgår att bli uppätta. Dessa har en avsevärt sämre förmåga att beta växtplankton vilket medför att vattnet blir mer grumligt.

Fakta:

Hur ser en typisk näringsfattig sjö ut?

- Låg fosforkoncentration, stor kväve/fosfor-kvot
- Hög syrgashalt i hela sjövolymen
- Klart vatten. Om sjön är rik på humusämnen brunfärgas dock sjön
- Produktion av organismer i hela sjöns volym
- Produktionen domineras av stora alger (plankton), vattenväxter (makrofyter) och påväxtalger (perifyton)
- Vegetationen domineras av kortskottsväxter, till exempel notblomster och braxengräs
- Fiskfaunan domineras av rovfisk (abborre och gädda)
- Rik på olika livsmiljöer, i allmänhet stor artrikedom
- Sjön fungerar som en fälla för fosfor, dvs mindre fosfor lämnar sjön än vad som tillförs (s.k. retention)

Hur ser en typisk näringsrik (övergödd) sjö ut?

- Hög fosforkoncentration, liten kväve/fosfor-kvot. Kväve kan ibland vara tillväxtbegränsande
 - Starkt varierande syrgashalter och pH (sjön är dock aldrig sur). Stor syrgasförbrukning vid bottnarna
 - Stor produktion av organismer
 - Produktionen domineras av små alger, blågrönalger (cyanobakterier) är ofta karaktärsarter, täta bestånd av vass.
 - Produktionen är begränsad till ytliga vattenlager
 - Fiskfaunan domineras av småvuxna bestånd av zooplanktonätande karpfiskar
 - Grumligt vatten till följd av stor algproduktion och resuspension av sediment
 - Fattig på olika livsmiljöer. Artfattig men ofta många arter av karpfisk
 - Nettokälla för fosfor. Hög återcirkulering av sedimentbundet fosfor. Hög denitrifikation.
-

Förhållanden och förutsättningar i Stockholms län

Var kommer näringen ifrån?

Länets sjöar och vattendrag är näringsrikare än Sverige som helhet. Förklaringen står att finna i våra naturgivna förutsättningar och i det faktum att länet har en stor befolkningstäthet som medfört stora utsläpp av gödande ämnen. I Sverige som helhet är jordbruket och trafiken de mest betydande källorna till fosfor och kväve. I Stockholms län är dock påverkan från utsläpp från kommunala reningsverk av störst betydelse (Aneer och Arvidsson 2003). Det beror på den höga befolkningstätheten och att länet inte är ett utpräglat jordbrukslän. Våra kustområden påverkas även av uttransporten av näringsämnen från Mälaren som är den enskilt största källan av näringsämnen till länets kustområden. Näringen från Mälaren kommer i sin tur främst från jordbruk och utsläpp från kommunala reningsverk. Det kan heller inte uteslutas att gamla miljösynder från tiden då reningsverken inte var utbyggda fortfarande påverkar Mälarens vattenkvalitet genom läckage från sjöns sediment. I våra skärgårdsvattnen är bilden mer komplicerad genom det tillskott av näringsämnen som kommer från öppna Östersjön, det vill säga utsläpp även från andra länder.

Vattendragen transporterar näringsämnen

Transporten av näringsämnen med vattendragen eller direkta utsläpp står för merparten av belastningen av kväve och fosfor på våra sjöar och kustområden. De ämnen som tillförs vattendragen härrör från både punktkällor och diffusa källor. Öppna Östersjön påverkas även i stor utsträckning av luftdeposition av kväve. Klimatet är den enskilt viktigaste faktorn som styr näringstransportens storlek. Det behövs därför mycket långa mätserier för att kunna särskilja variationer i transporten som orsakas av klimatet från förändringar som orsakas av mänsklig aktivitet. Utvecklingen i Stockholms läns vattendrag varierar. I vissa fall har halterna ökat och i andra har de minskat. Sammantaget kan man dock inte med säkerhet se någon förändring som inte beror på klimatvariationer eftersom koncentrationen av både fosfor och kväve samvarierar väl med åarnas vattenföring (Hagström och Pansar 2004).

Utsläpp från avloppsreningsverk dominerar

Bland punktkällorna är utsläppen från reningsverk den största källan. Utsläpp av fosfor renas idag till omkring 98 procent och stora miljövinster kan direkt härledas till den storskaliga utbyggnaden av de kommunala avloppsreningsverken under 1960- och 1970-talen. Även kväverening införs nu på flera avloppsreningsverk men reningsgraden kommer på de flesta av dessa att uppgå till cirka 50 procent. Miljötillståndet är dock sådant att det finns anledning att minska utsläppen av kväve och fosfor ännu mera. Den stora och ökande befolkningsmängden i länet medför att fortsatt stora krav på

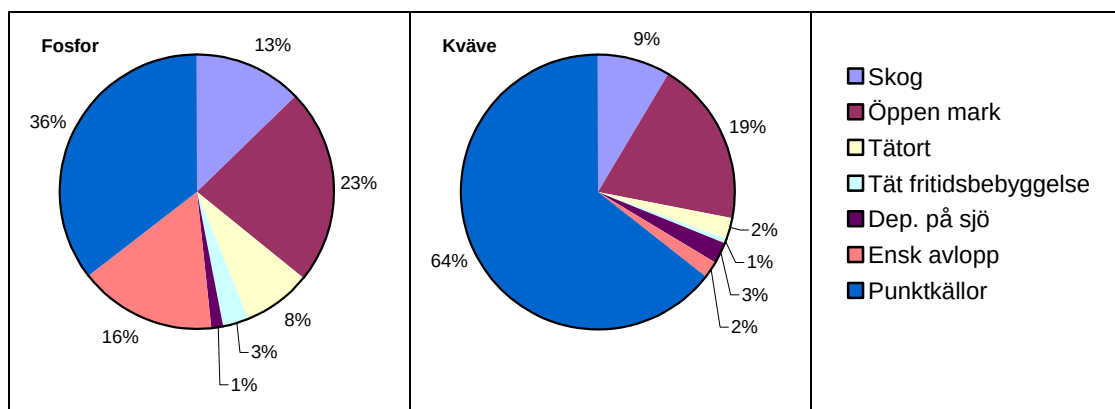
rening av avloppsvattnet måste till för att inte skärgårdsvattnen ska försämrast. Glädjande nog kan man konstatera att utsläppen fortfarande minskar (Länsstyrelsen 2000).

Markanvändningen påverkar vattenkvaliteten

Förluster av näringsämnen från jordbruket står i Sverige för en stor del av den totala belastningen på havet och våra inlandsvatten. Stora forskningsinsatser har på senare år lagts på att finna sätt att bruka jorden som är mer skonsam för miljön, till exempel noggrannare gödselanvändning och spridning, insådd av fånggröda och skyddszoner utmed vattendrag. I Stockholms län har andelen åkerareal gradvis minskat med cirka fem procent under 1990-talet. Samtidigt har den totala jordbruksproduktionen av grödor snarare ökat under samma period. Djurhållning och användning av handelsgödsel har i stort sett varit oförändrad. Om dessa trender håller i sig finns det därför skäl att tro att förlusterna av näringsämnen på sikt kan komma att minska något genom att skördeutbytet förbättras. Mätningarna av närsalttransporten i vattendrag visar ännu inte på något trendbrott men eftersom markens förråd av näringsämnen är stort tar det sannolikt tid innan förändringen i jordbruket kan avläsas i vattenkvaliteten.

Enskilda avlopp

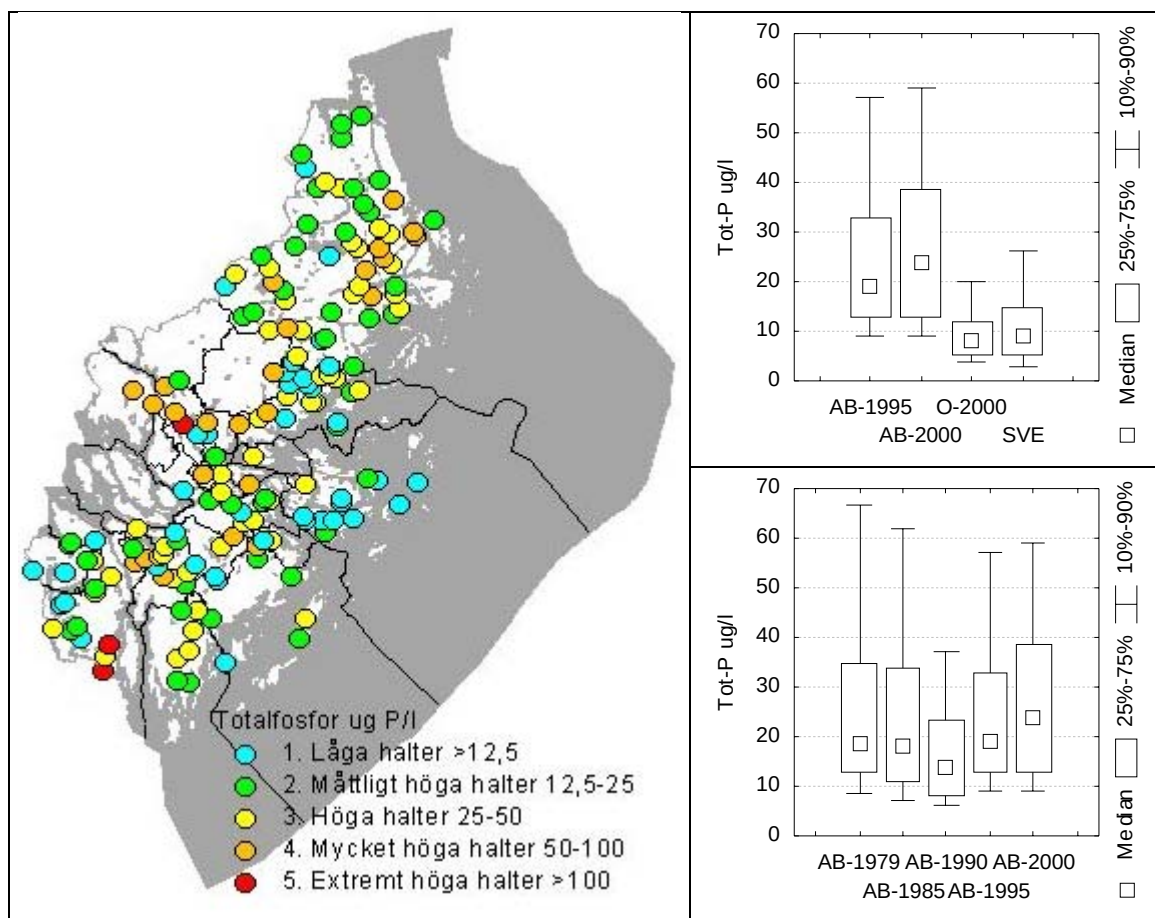
Andra betydelsefulla källor till framför allt fosfor är enskilda avlopp från småhus och fritidsbebyggelse. Baserat på emissionsdata för 1997 (Länsstyrelsen) står enskilda avlopp för cirka 16 procent av länets bidrag till fosfor (Mälaren och deposition på havsytor exkluderat) (figur 17). Motsvarande siffra för punktutsläpp som avloppsreningsverk är 36 procent. Enskilda avlopp finns ofta i direkt anslutningen till känsliga recipienter som insjöar utgör och den lokala påverkan är ofta stor. Många sjöar i länet har förvandlats från ett näringsfattigt tillstånd till ett övergött enbart på grund av utsläpp från enskilda avlopp med bristfällig reningskapacitet. Bostadsbristen i länet utgör ett problem i sammanhanget: Många människor väljer att bosätta sig permanent i fritidsfastigheter som saknar tillfredsställande avloppsrening, vilket leder till ökade utsläpp av fosfor.



Figur 17. Källfördelning av fosfor och kväve till länets kustvatten. Deposition på havsytan och Mälarens bidrag är exkluderat i figuren

Resultat - näringsrikedom

Stockholms läns sjöar är i genomsnitt avsevärt näringsrikare än sjöarna i övriga Sverige. Medianvärdet för totalfosfor i sjöar i Sverige är cirka 9-10 µg P/l, det vill säga näringsfattigt tillstånd. Motsvarande medianvärde för Stockholms län är mer än dubbelt så högt eller cirka 23 µg P/l, det vill säga måttligt höga halter. I länet finns även några av Sveriges mest övergödda sjöar, till exempel Norrviken. Någon entydig säker förändring av halterna i Stockholms län jämfört med tidigare riksinventeringar kan inte ses. Halterna vid riksinventeringen år 2000 var förvisso något högre än vid riksinventeringen 1995. Det är dock inte möjligt att utesluta att klimat- och provtagningsförhållanden påverkat utfallet. Med hjälp av andra undersökningar vet vi dock att flera av de allra mest förorenade sjöarna har förbättrats på senare tid och andelen extremt näringsrika sjöar har minskat (Wilander 1999). Tyvärr finns det anledning till farhågor att andelen näringsfattiga sjöar också minskar (se avsnitt om näringsfattiga sjöar).



Figur 18. Totalfosforhalten vid riks- och länsinventeringen 2000. Övre högra figuren visar totalfosforhalten i Stockholms län år 1995 och år 2000 (AB-1995, AB-2000), i Västra Götalands län (O-2000) och i Sverige utom Stockholms län (SVE). Den undre figuren visar fosforhalten vid tidigare riksinventeringar i Stockholms län.

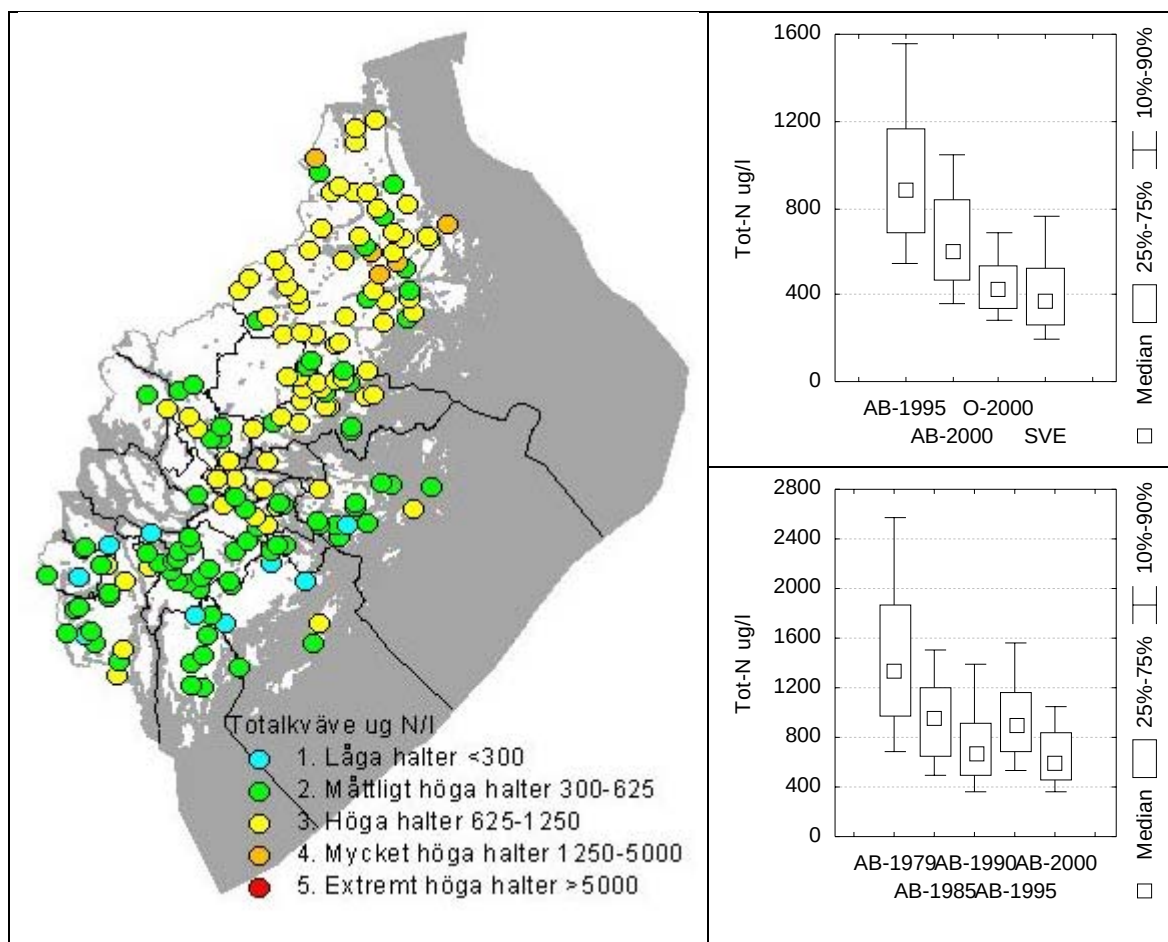
Tabell 10. Sjöar med de tio högsta koncentrationerna av totalfosfor.

Sjönamn	Kommun	Sjönummer	Tot-P ug/l	Tot-N ug/l	NH ₄ -N ug/l	NO ₂ +NO ₃ -N ug/l	NP- kvot
Flaten	Salem	656533-161088	79	594	28	6	8
Edssjön	Upplands Väsby	660010-161773	79	908	105	83	11
Värnbergssjön	Norrtälje	663682-166722	79	1326	583	84	17
Lillsjön	Upplands-Bro	660174-161265	82	1214	325	109	15
Norrsjön	Vallentuna	660974-164098	87	1058	90	232	12
Gräfstaviken	Norrtälje	663377-166301	94	1342	141	44	14
Gåsviksjön	Norrtälje	665022-166950	94	1239	102	89	13
Kyrksjön	Södertälje	654491-160230	109	797	266	97	7
Norasjön	Södertälje	653890-160075	112	857	93	447	8
Norrsviken	Upplands Väsby	659728-161988	115	1132	219	280	10

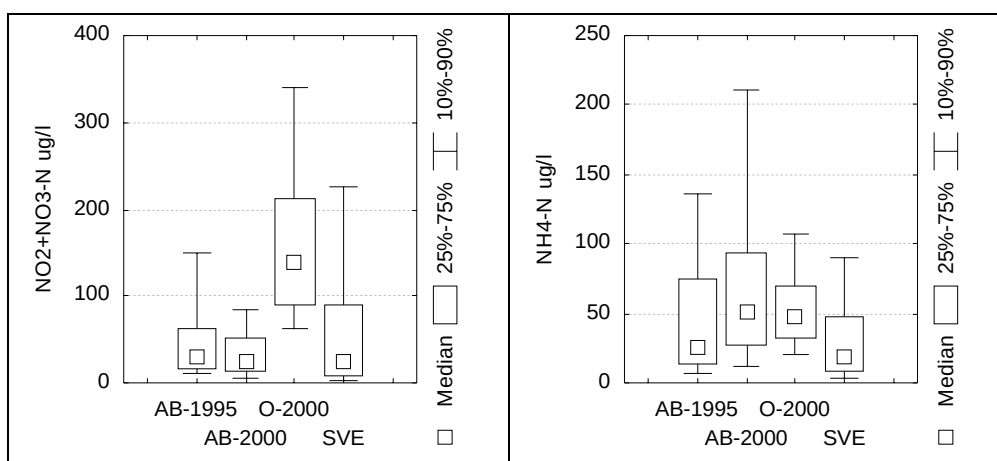
Även kvävehalterna är betydligt högre i Stockholms län än i övriga Sverige (figur 19). I genomsnitt är halterna av kväve måttligt höga till höga i Stockholms län och få sjöar hade låga halter. Jämfört med tidigare riksinventeringar är halterna år 2000 lägre. Det ligger nära tillhands att misstänka att skillnader i provtagningstillfälle och årsmån har orsakat den stora haltskillnaden mellan de olika riksinventeringarna. I tabell 5 och 6 visades att halten av framför allt oorganiskt kväve varierar kraftigt med årstid. Å andra sidan visar tabellerna att variationen i totalkvävehalt är betydligt mindre under året, vilket talar för att det är mer än skilda provtagningstidpunkter som ligger bakom de låga halterna vid riksinventeringen år 2000. Det är angeläget att försöka klargöra varför de uppmätta skillnaderna i totalkvävehalter varierar mellan de olika inventeringarna. Sannolikt behöver man studera trender i ett urval av mer eller mindre näringsrika sjöar i länet. Detta kan förhoppningsvis klargöra huruvida skillnaderna beror på mätartefakter, förändringar i klimat eller om de är ett resultat av förändringar i mänsklig påverkan.

Halterna av de oorganiska fraktionerna av kväve (nitrit-nitrat, ammonium) skiljer sig inte påtagligt från halterna i sjöarna i övriga Sverige (figur 20). De är betydligt lägre än halterna i Västra Götalands län. Förklaringen är sannolikt att de höga halterna av fosfor i länets sjöar och därmed den höga produktionen av organiskt material binder merparten av det oorganiska kvävet. De högre halterna av nitrit-nitrat i Västra Götaland beror sannolikt på länets högre avrinning och allmänt högre kvävedeposition. Genom att fosforhalterna inte är motsvarande höga omvandlas därför inte lika mycket oorganiska kväve till organiskt bundet kväve.

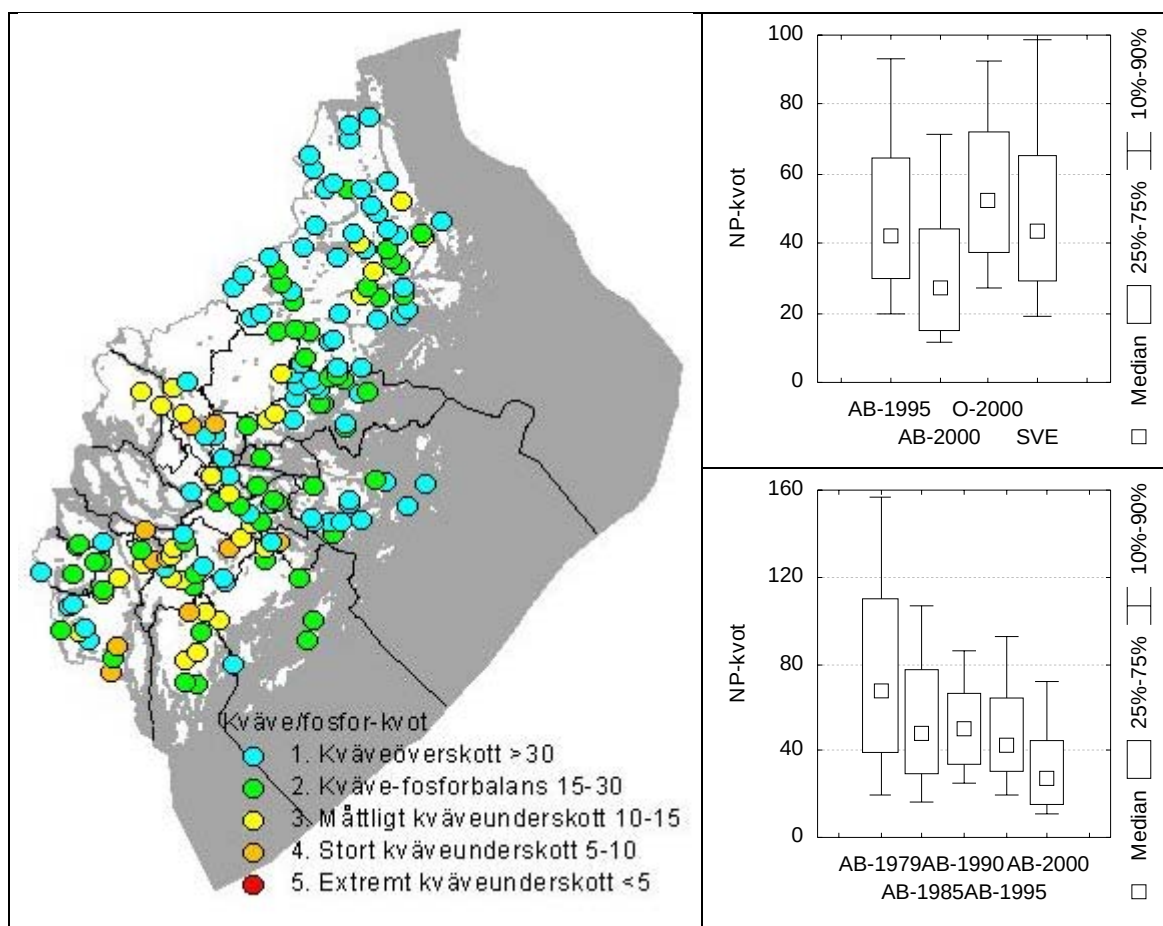
Som en följd av de allt lägre totalkvävehalterna vid de olika riksinventeringarna har även kväve-fosforkvoten minskat (figur 21). Kvoten är i genomsnitt tydligt lägre i Stockholms län jämfört med sjöarna i Västra Götalands län och i Sverige utom Stockholms län. Majoriteten av länets sjöar har alltså ett kväveöverskott som innebär att det är fosfor som är det produktionsbegränsade ämnet i sjöarna. Det är trots allt anmärkningsvärt att så mycket som tio procent av sjöarna i riksinventeringen år 2000 hade ett stort kväveunderskott. Ett stort kväveunderskott sommartid anses gynna produktionen av kvävefixerande cyanobakterier (blågrönalger) och massförekomst av dessa är vanligt i övergödda sjöar, tyvärr inte minst i tätortsnära badsjöar.



Figur 19. Totalkvävehalten vid riks- och länsinventeringen 2000. Övre högra figuren visar totalkvävehalten i Stockholms län år 1995 och år 2000 (AB-1995, AB-2000), i Västra Götalands län (O-2000) och i Sverige utom Stockholms län (SVE). Den undre figuren visar kvävehalten vid tidigare riksinventeringar i Stockholms län.



Figur 20. Halten av nitrit-nitrat (vänstra figuren) och ammonium (högra figuren) vid riks- och länsinventeringen 2000. Figuren visar halterna i Stockholms län år 1995 och år 2000 (AB-1995, AB-2000), i Västra Götalands län (O-2000) och i Sverige utom Stockholms län (SVE).



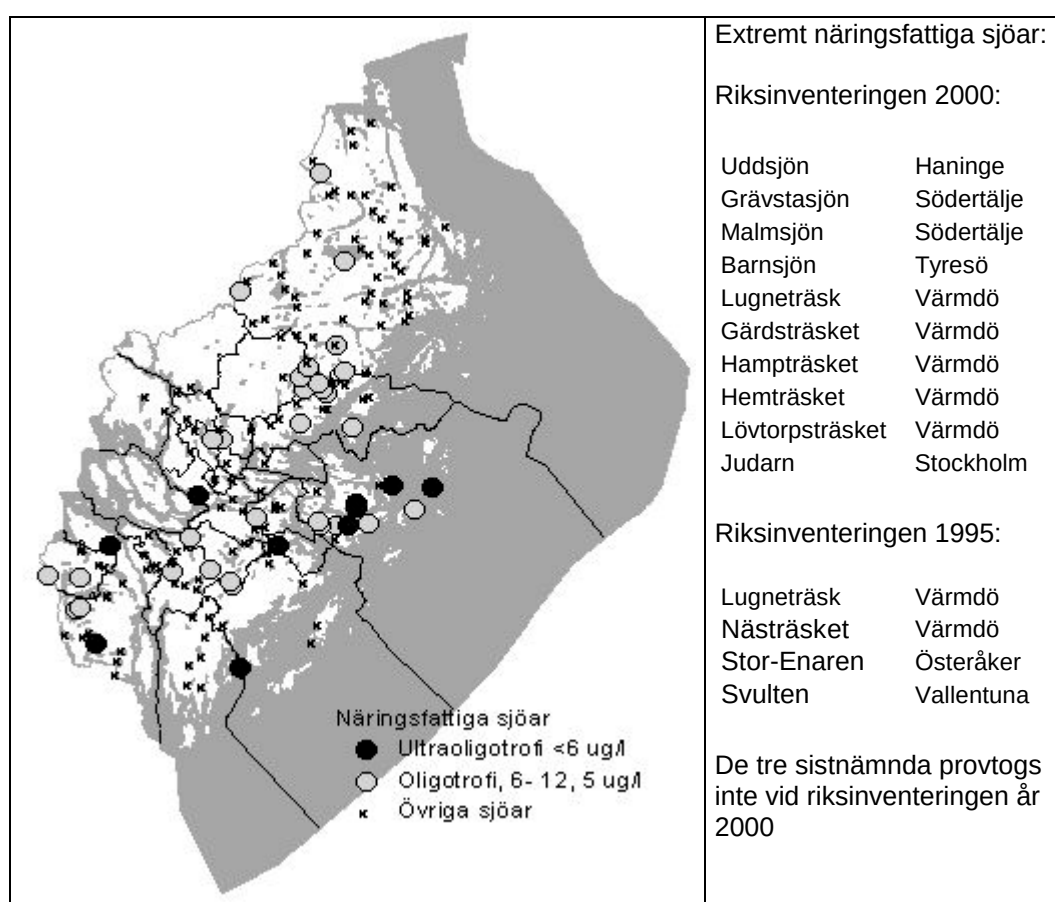
Figur 21. Kvoten kväve/fosfor vid riks- och länsinventeringen 2000. Övre högra figuren visar kvoten i Stockholms län år 1995 och år 2000 (AB-1995, AB-2000), i Västra Götalands län (O-2000) och i Sverige utom Stockholms län (SVE). Den undre figuren visar kvoten vid tidigare riksinventeringar i Stockholms län.

Näringsfattiga sjöar i Stockholms län – Sällsynta och hotade?

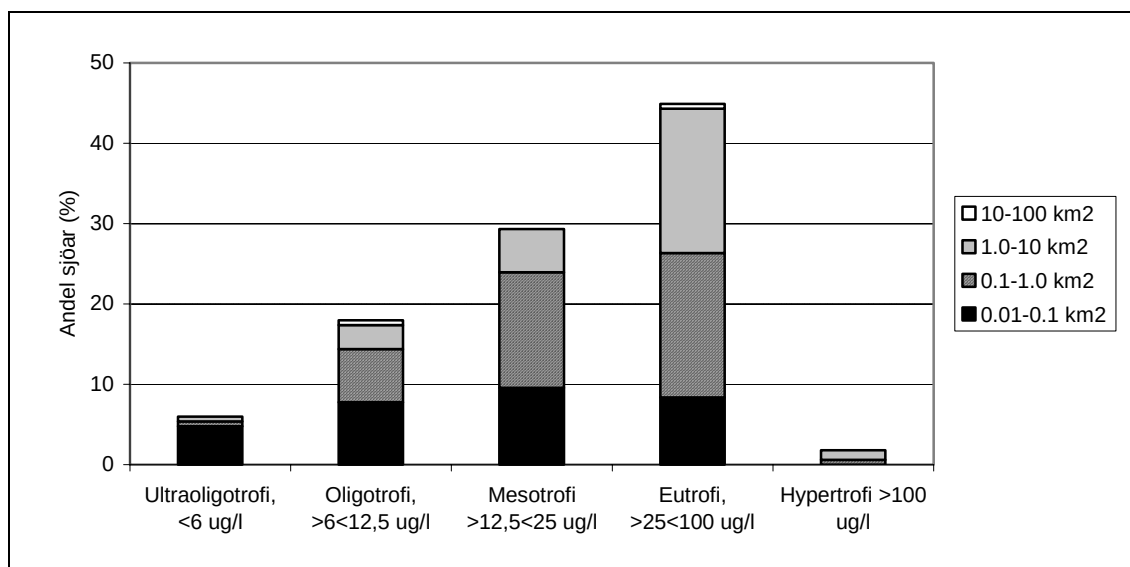
Som tidigare konstaterats är merparten eller cirka 75 procent av länets sjöar mer eller mindre näringsrika (figur 18). Näringsfattiga sjöar är med andra ord underrepresenterade i länet. Än värre blir bilden om man ser till andel näringsfattig sjöarea (figur 24). De flesta näringsfattiga sjöar i länet är små och har små tillrinningsområden. Det kanske är på grund av dessa egenskaper de har undsluppit mänsklig påverkan som till exempel enskilda avlopp och utsläpp av dagvatten. Baserat på resultaten från riksinventeringen kan andelen näringsfattig sjöarea uppskattas till 14 procent. Gruppen näringsfattiga sjöar kan med fördel delas in i två karaktäristiska undergrupper som bättre speglar ekologiska skillnader: oligotrofa sjöar som motsvarar klass 1 (>12,5 µg P/l) i Naturvårdsverkets bedömningsgrunder och ultraoligotrofa sjöar vilkas fosforhalter inte överstiger sex µg P/l. Den sistnämnda gruppen är framför allt rikligt representerad i Norrland och i synnerhet i den svenska fjällkedjan. Av samtliga undersökta sjöar i den nationella riksinventeringen utgjorde sjöar med halter under sex µg P/l drygt 30 procent. De naturgeo-

grafiska förhållandena i Stockholms län är sådana att ultraoligotrofa sjöar sannolikt varit betydligt vanligare förr. Områden med småbruten terräng, med tunna och utarmade jordar och med rikt hållmarksinslag är en relativt vanlig naturtyp på Södertörn där ultraoligotrofa sjöar bör förekomma. Årsjön i

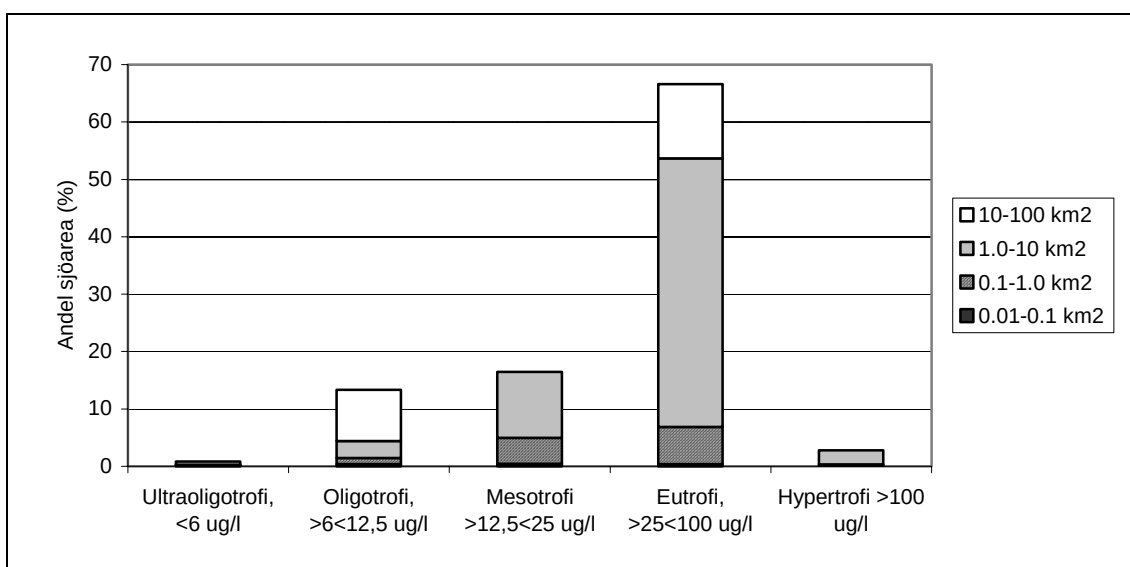
Tyresta nationalpark är ett bra exempel på en typiskt ultraoligotrof sjö. Andra typiska miljöer där ultraoligotrofa sjöar kan förväntas vara vanliga är delar av Stockholms skärgård. Resultaten från riksinventeringen indikerade att cirka sex procent av sjöarna är ultraoligotrofa (figur 23) men att dessa utgör mindre än en procent av länets sjöarea (figur 24). Kännetecknande för dessa sjöar är vidare att de är små, har litet avrinningsområde och sjöns yta i sig självt utgör en stor andel av avrinningsområdet.



Figur 22. Näringsfattiga sjöar vid riks- och länsinventeringen 2000. Svarta cirklar utgör extremt näringsfattiga sjöar (ultraoligotrofa sjöar) och grå cirklar visar näringsfattiga sjöar (oligotrofa sjöar).



Figur 23. Andel sjöar inom olika produktionsnivåer (trofinivåer) fördelade på storleksklasser

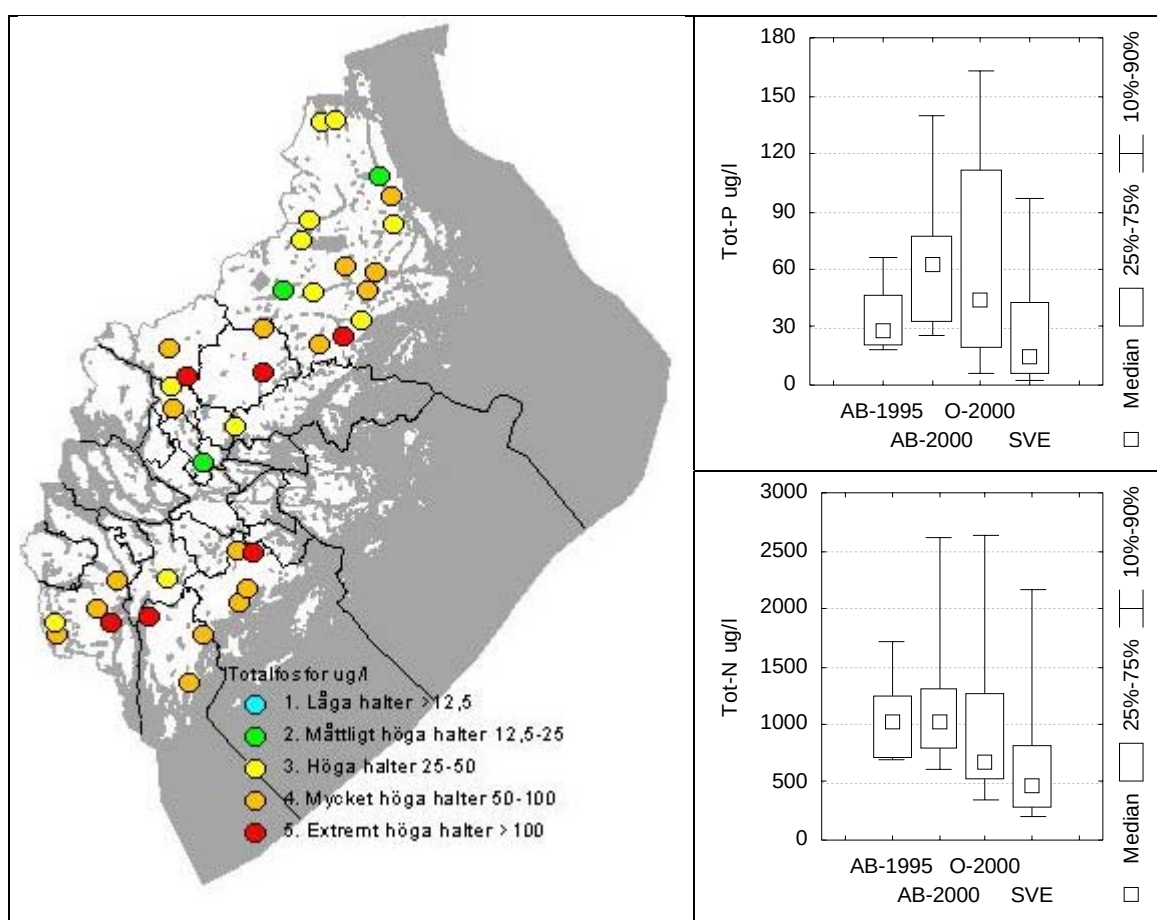


Figur 24. Andel sjöarea inom olika produktionsnivåer (trofinivåer) fördelade på storleksklasser

Vattendragen är övergödda

Länets vattendrag är näringsrika med höga till extremt höga halter av fosfor och höga till mycket höga halter av totalkväve. I genomsnitt är fosforhalterna i länets vattendrag ungefär sex gånger högre jämfört med övriga Sveriges vattendrag. För kväve är bilden något ljusare. Totalkvävehalterna i länet är i genomsnitt dubbelt så höga som i övriga Sveriges vattendrag. Näringsfattiga vattendrag saknas helt bland de undersökta vattendragen, vilket återspeglar de mer näringsrika förhållandena i länets låglänta, lerrika och jordbruks-

dominerade områden. Påverkan från dagvatten, enskilda avlopp och andra punktkällor är andra källor till fosfor, framför allt i de mer tätortspåverkade delarna av länet. Från tidsserier i länets större vattendrag vet vi att de bästa förhållandena återfinns i sjörika avrinningsområden som till exempel Broströmmen i Norrtälje kommun och de mest näringsrika förhållandena i sjöfattiga jordbruksdominerade avrinningsområdena som Fitunaån i Nynäshamn och Åkerströmmen i Vallentuna, Österåker och Sigtuna kommuner (Hagström och Pansar 2004). Näringsfattiga förhållanden i Stockholms län återfinns sannolikt i mindre bäckar i vattensystemens mer höglänta, moränrika och skogsbeväxade delar. Men precis som för sjöar är näringsfattiga vattendrag ovanliga i länet.

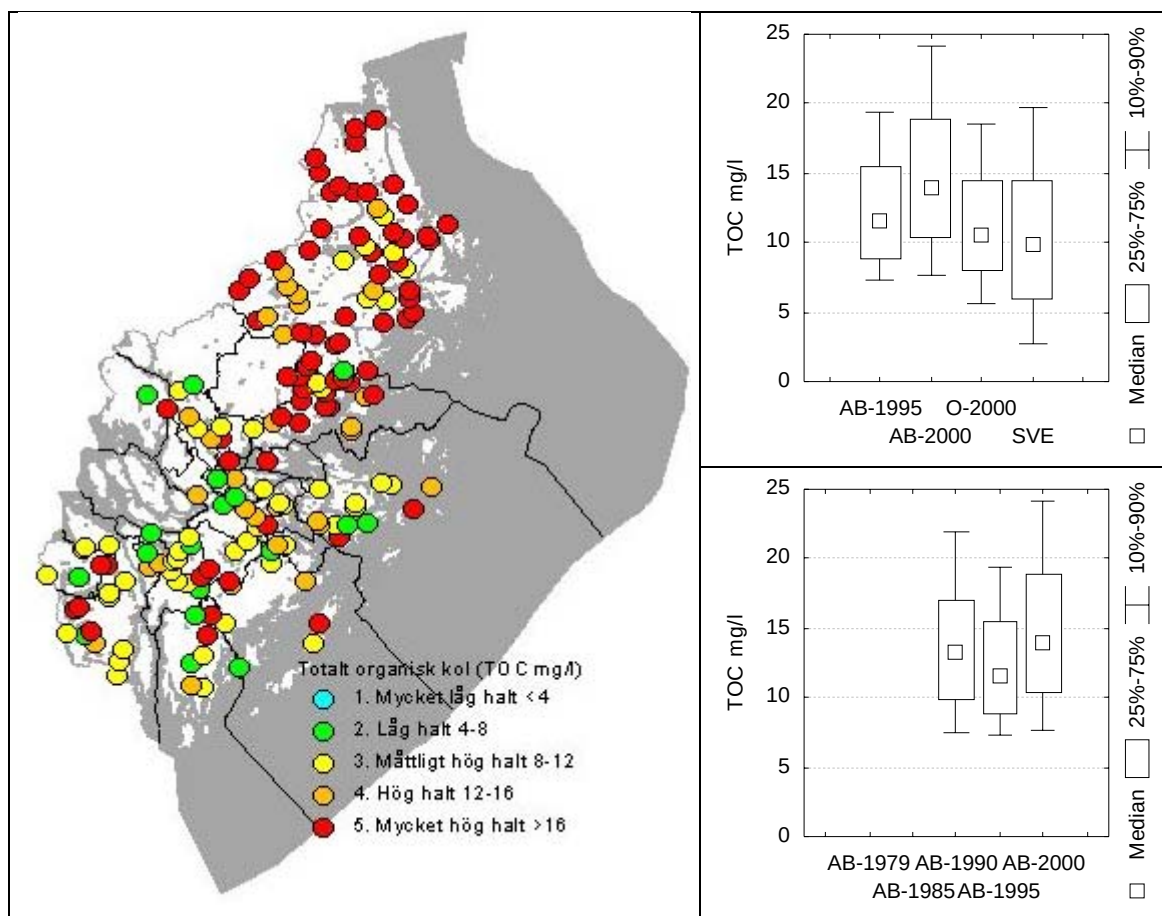


Figur 25. Totalfosforhalten i länets vattendrag vid riks- och länsinventeringen 2000. Övre högra figuren visar totalfosforhalten i Stockholms län år 1995 och år 2000 (AB-1995, AB-2000), i Västra Götalands län (O-2000) och i Sverige utom Stockholms län (SVE). Den undre figuren visar motsvarande för totalkväve.

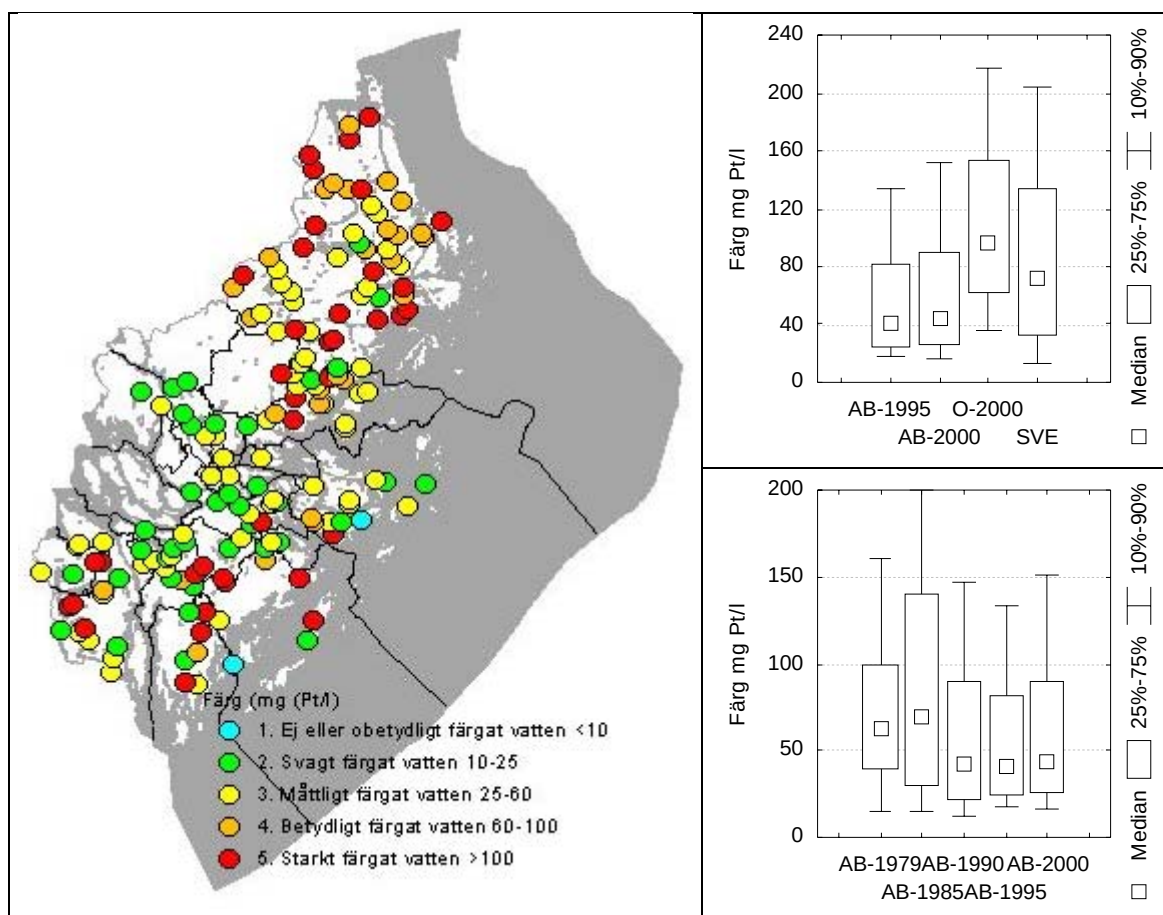
Organiskt material

Organiskt material kan mätas direkt eller indirekt på olika sätt. Den totala halten bestäms med analys av totalt organiskt kol (TOC) och ger som namnet säger ett mått på vattnets totala kolinnehåll. En stor del av det organiska materialet tillförs sjöarna från omkringliggande marker i form av humusämnen. Halten av humusämnena uppskattas med analys av absorbansen (filtrerat prov vid 420 nanometers våglängd). Om man multiplicerar absorbansvärdet med 500 fås en ungefärlig uppskattning av vattnets färgtal mätt som mg Pt/l. En annan betydelsefull källa till kol i sjöar är sjöns egen produktion av organiskt material genom fotosyntes som i sin tur är beroende av tillgången på näringsämnen som fosfor och kväve. Halten klorofyll är ett bra mått på vattnets innehåll av alger och en indirekt uppskattning av hur mycket kol som produceras i en sjö. I framför allt grunda sjöar kan dock vattenväxter stå för en stor del av sjöns produktion av kol.

Sjöarna i Stockholms län har överlag höga halter av TOC (figur 26). Halterna är i genomsnitt något högre jämfört med halterna i övriga Sverige och i Västra Götalands län. Halterna av TOC är överlag högre i den norra delen av länet. Den främsta källan till organiskt material är tillrinnande humus, vilket kan illustreras med en god samvariation mellan TOC och färgtalet i sjöarna (tabell 11). Färghalten i Stockholms län är dock lägre i genomsnitt jämfört med förhållandena i övriga Sverige (figur 27). Detta förhållande kan återigen bäst förklaras med den höga näringsrikedomen i länets sjöar. En del av det organiska materialet i länets sjöar härrör nämligen från sjöarnas egen produktion av organiskt material. Denna organiska produktion resulterar inte i brunfärgning av sjöarna i samma omfattning. Variationer hos färgtalet i enskilda sjöar bestäms av bland annat variationer i avrinningsförhållandena. Den generella trenden under senare år har varit ökande färgtal på grund av hög avrinning och utsköljning av organiskt material vid höga flöden i vattendragen.



Figur 26. Totalt organisk kol (TOC) vid riks- och länsinventeringen 2000. Övre högra figuren visar halterna i Stockholms län år 1995 och år 2000 (AB-1995, AB-2000), i Västra Götalands län (O-2000) och i Sverige utom Stockholms län (SVE). Den nedre figuren visar TOC-halten vid tidigare riksinventeringar i Stockholms län.

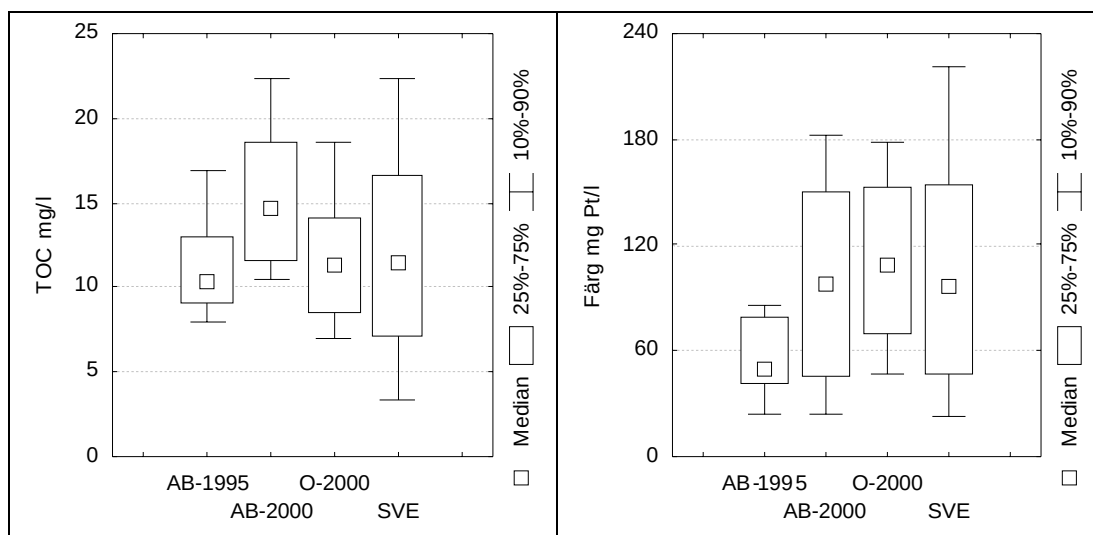


Figur 27. Färgtalet vid riks- och länsinventeringen 2000. Övre högra figuren visar halterna i Stockholms län år 1995 och år 2000 (AB-1995, AB-2000), i Västra Götalands län (O-2000) och i Sverige utom Stockholms län (SVE). Den nedre figuren visar färgtalen vid tidigare riksinventeringar i Stockholms län.

Tabell 11. Sjöar med de högsta och lägsta färgtalen.

Sjönamn	Kommun	Sjönummer	Procent sjö	Procent skog	Procent våtmark	Färg mg Pt/l	TOC mg/l	Al ug/l
Uddsjön	Haninge	654076-162966	48	48		8	6	13
Storsjön	Värmdö	657464-165993	27	52	2	10	8	15
Grindsjön	Botkyrka	655284-161919	22	75	1	11	5	13
Lugneträsk	Värmdö	657454-165520	16	68		11	8	16
Yngern	Södertälje	656206-159170	26	66	3	12	6	12
Lervassaträsk	Haninge	655083-164875	6	70	25	259	30	361
Transjön	Nynäshamn	655281-162326	7	71	23	259	24	370
Strålsjön	Nacka	657429-163657	5	26	38	311	30	
Hundsjön	Norrtälje	662392-165487	6	81	13	328	39	310
Djupsjön	Norrtälje	666116-164773	4	64	31	360	44	78

Även i länets vattendrag var TOC-halten högre jämfört med övriga Sveriges vattendrag (figur 28). Skillnaden är dock betydligt mindre påtaglig. Halterna av TOC och färgtalen var betydligt högre vid riks- och länsinventeringen år 2000 jämfört med provtagningen år 1995. Det är sannolikt de mycket höga flödena i vattendragen som är den främsta orsaken till denna skillnad. Till skillnad från förhållandena i länets sjöar, hade länets vattendrag färgtal i samma storleksordning som övriga Sveriges vattendrag.



Figur 28. TOC-halten och färgtalen i vattendragen vid riks- och länsinventeringen 2000. I figurerna visas Stockholms län år 1995 och år 2000 (AB-1995, AB-2000), Västra Götalands län (O-2000) och Sverige utom Stockholms län (SVE).

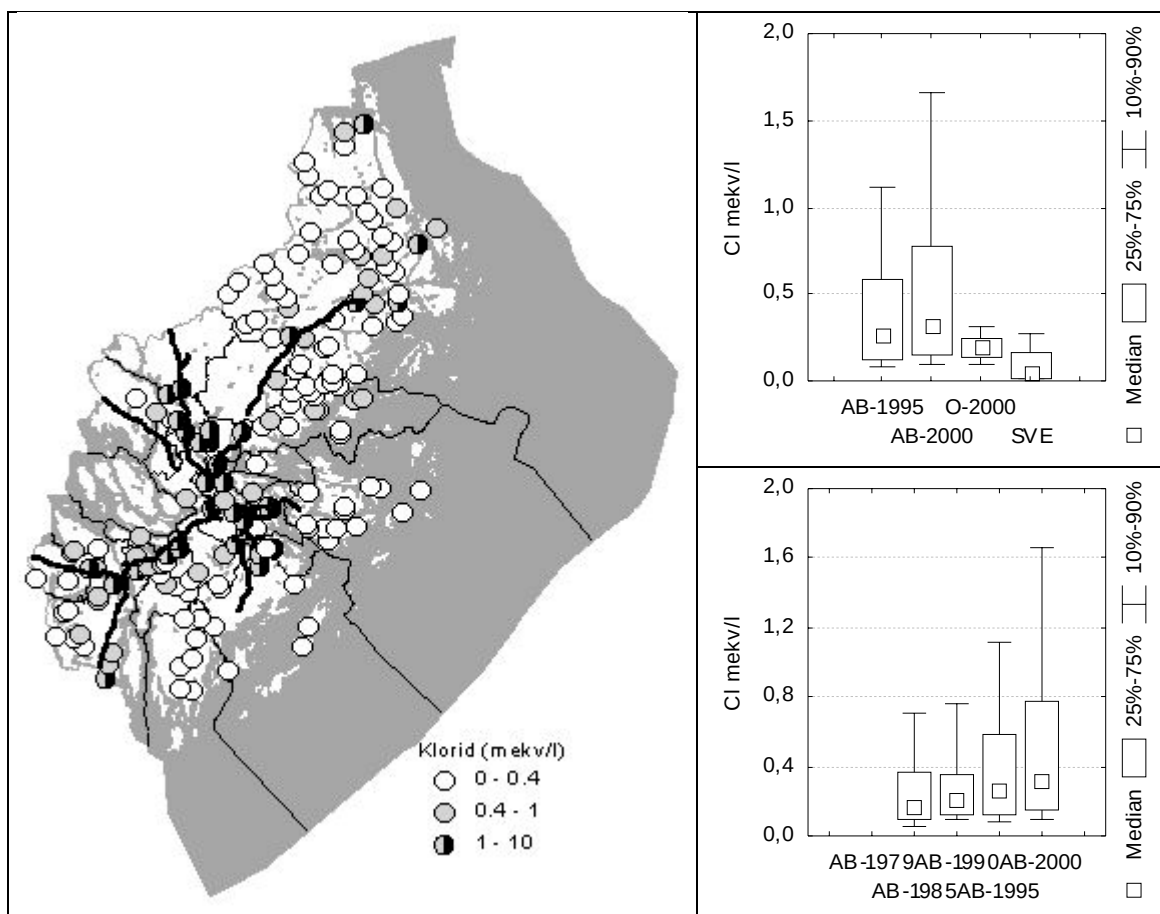
Vägsaltet hamnar i sjöarna

Det har länge varit känt att saltning av vägar kan påverka grundvattnet i brunnar och halterna i vattendrag i nära anslutning till vägarna. Resultaten från riksinventeringen visar dock att hela sjöar och sjösystem får förhöjda halter av denna verksamhet. Av de sjöar som saknar marin påverkan hade Kocktorpssjön i Nacka kommun den högsta halten, 3,7 mekv/l eller motsvarande 131 mg/l (tabell 12). Kartan nedan visar kloridhalterna i sjöarna och Stockholms större infartsleder (figur 29). Det finns tydlig koppling mellan kloridhalten i sjöarna och närheten till större trafikled. Intressant är också att halterna i mindre sjöar i de yttre delarna av skärgården inte visar på någon förhöjning av salthalten trots närheten till Östersjön.

Kloridhalterna är avsevärt högre i Stockholms län än i övriga Sverige (figur 29). Jämfört med tidigare riksinventeringar har halterna ökat i Stockholms län. Milda vintrar under 1990-talet kan eventuellt ha medfört ett ökat behov av vägsaltning. Det kvarstår dock att närmare utreda om användningen av

vägsalt har ökat under perioden eller om det finns hydrologiska orsaker bakom ökningen av kloridhalterna i länets sjöar.

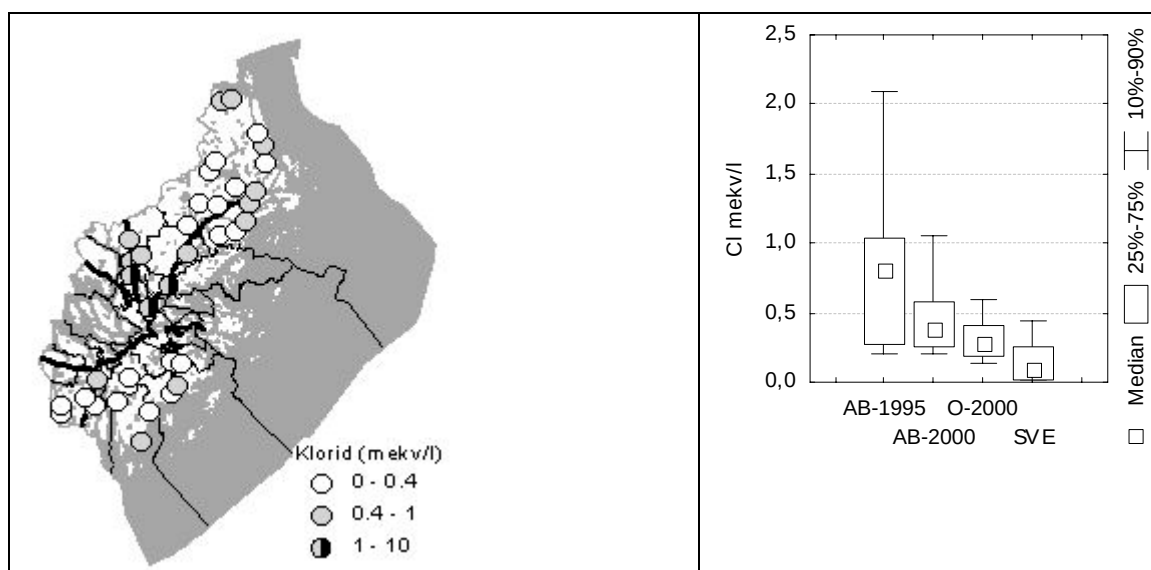
Även länets vattendrag hade högre halter av klorid jämfört med övriga Sverige. Eftersom vattendragens avrinningsområden i allmänhet är större än sjöarnas avrinningsområden är effekten dock inte lika markant (figur 30).



Figur 29. Kloridhalten vid riks- och länsinventeringen 2000. Övre högra figuren visar halterna i Stockholms län år 1995 och år 2000 (AB-1995, AB-2000), i Västra Götalands län (O-2000) och i Sverige utom Stockholms län (SVE). Den nedre figuren visar kloridhalten vid tidigare riksinventeringar i Stockholms län. Halterna uttryckta som mg/l fås genom att multiplicera med 35,5.

Tabell 12. Sjöarna med högst halt av klorid.

Sjönamn	Kommunnamn	Sjönummer	Kond25 mS/m	Na mekv/l	Cl mekv/l
Ullnasjön	Österåker	659706-163325	32	1,3	1,5
Långsjön	Stockholm	657800-163124	33	1,4	1,6
Väsjön	Sollentuna	659479-162313	41	1,4	1,7
Norasjön	Södertälje	653890-160075	44	1,6	1,8
Lundesjön	Södertälje	656503-159709	30	1,5	1,9
Aspen	Botkyrka	656832-161545	36	1,5	1,9
Albysjön	Botkyrka	657170-161793	39	1,6	2,0
Söderbysjön	Nacka	657635-163354	39	1,6	2,0
Trekanten	Stockholm	657902-162594	48	1,8	2,1
Råstasjön	Solna	658548-162439	54	1,9	2,2
Bagarsjön	Nacka	657901-164009	52	2,1	2,6
Ältasjön	Stockholm	657393-163395	46	2,0	2,6
Ekebysjön	Danderyd	658950-162741	57	2,2	2,7
Skogsviken	Norrtälje	662813-167016	54	2,5	3,1
Kocktorpssjön	Nacka	657955-163904	59	2,8	3,7



Figur 30. Kloridhalten i vattendragen vid riks- och länsinventeringen 2000. Figuren till höger visar halterna i Stockholms län år 1995 och år 2000 (AB-1995, AB-2000), i Västra Götalands län (O-2000) och i Sverige utom Stockholms län (SVE). Halterna uttryckt som mg/l fås genom att multiplicera med 35,5.

Spårmetaller

Metaller är grundämnen som förekommer naturligt i vår miljö. En del metaller är livsnödvändiga för levande organismer i små koncentrationer, till exempel koppar, zink och krom. Andra metaller fyller ingen nödvändig funktion, till exempel bly, kadmium, kvicksilver och arsenik. Redan i låga koncentrationer kan dessa metaller vara skadliga för växter och djur.

Vid opåverkade förhållanden förekommer metaller oftast i låga halter i sjöar och vattendrag. Metallerna har då sitt ursprung från den lokala bergrunden och de jordarter som förekommer i sjöarnas tillrinningsområden. Även vattnets innehåll av organiska ämnen påverkar halterna i sjöar och vattendrag. Under normala kemiska förhållanden binder flera metaller till partiklar av olika slag och anrikas naturligt i sediment och organismer. Genom människans aktivitet har dock stora kvantiteter förts från jordskorpan till biosfären. Metallerna återfinns i alla produkter. Till sist återfinns de diffust i mark, vatten och luft. Människan påverkar även den kemiska miljön i vilken metaller förekommer. Försurning av mark till exempel medför ökat utläckage och transport av tungmetaller (se avsnitt om försurning i denna rapport).

Vilka sjöar är känsligast för ökad belastning av tungmetaller?

- Vatten med låga halter av joner till exempel kalcium och magnesium
 - Näringsfattiga sjöar
 - Sjöar med låg organisk halt, som regel humusfattiga, klara sjöar
 - Sjöar med som har lågt pH (sura sjöar).
-

Resultat – metaller

Halterna var överlag låga eller mycket låga i Stockholms län men jämförbara med halterna i övriga Sverige. Variationen mellan olika sjöar var påfallande liten. Det fanns inte heller några tydliga skillnader mellan olika områden inom länet. Mest överraskande var att de centralt belägna, tätortspåverkade sjöarna inte uppvisade några förhöjda halter. Avsaknaden av variation kan möjligen tolkas som att det är den naturliga vittringen av mineraler och den långväga transporten och depositionen av metaller som är av störst betydelse för metallhalterna i länets sjöar. Genom sedimentundersökningar vet vi dock att lokal påverkan kan ha stor betydelse och att halterna av metaller i sediment är högre i tätortspåverkade sjöar jämfört med länets referenssjöar (Östlund mfl 1998; Sternbeck m.fl. 2003). Sedimentundersökningar integrerar bättre miljösituationen under en längre tidsperiod än halter i vatten och är därför ett säkrare verktyg för tillståndsbedömning än enskilda stickprovsundersökningar. Vattenundersökningar har dock fördelen att de mäter de halter som organismerna faktiskt exponeras för.

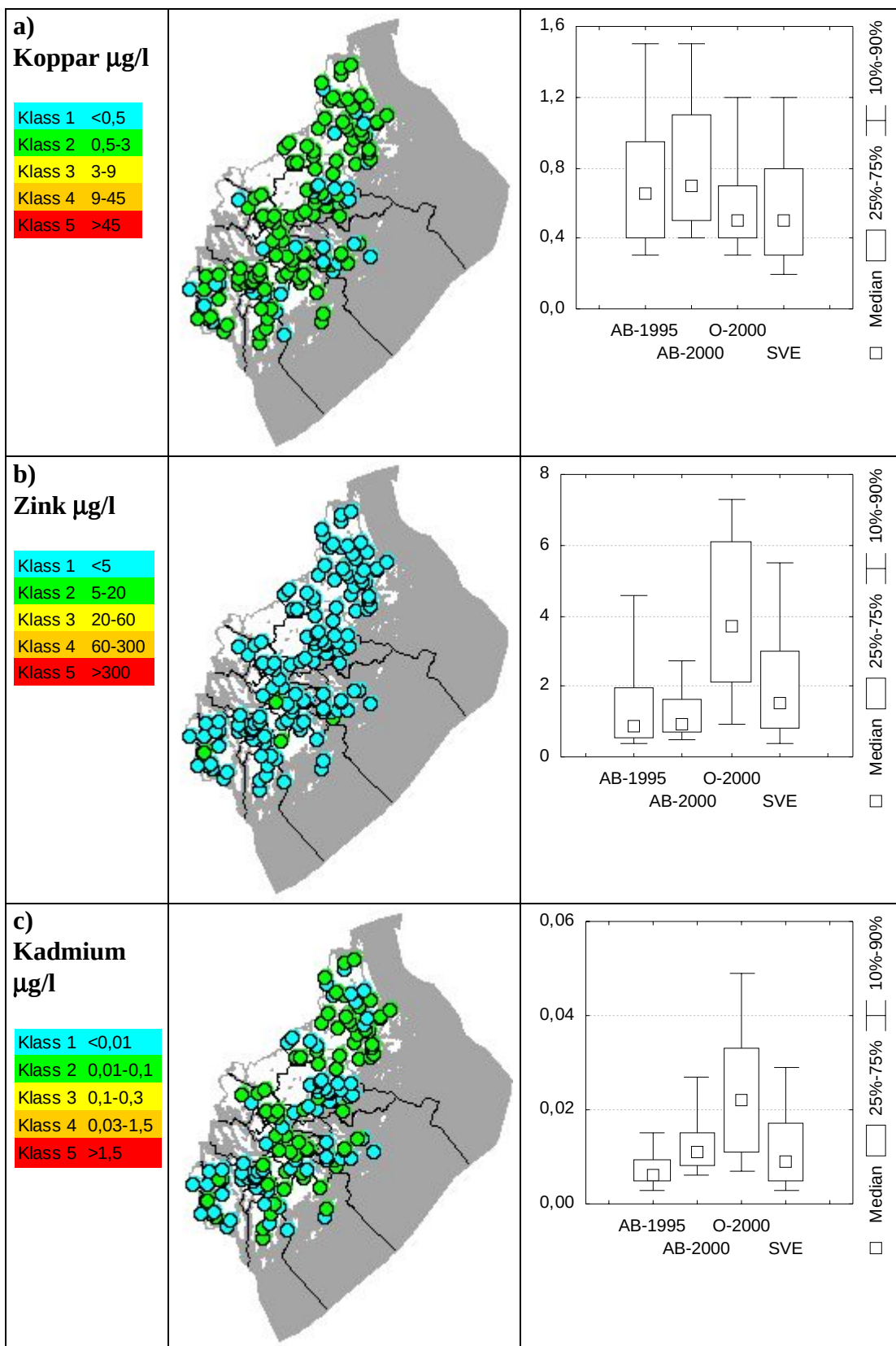
Halterna av zink, aluminium, kadmium, bly och kobolt är lägre eller i samma nivå i länet jämfört med övriga Sverige. Till en del beror dessa variationer på de omvärldsfaktorer som påverkar förekomsten av olika metaller. De surhetsrelaterade metallerna (zink, kadmium, bly) uppvisar högst halter i sydvästra Sverige där försurningen är mest påtaglig. Stockholms läns sjöar är som tidigare redovisats relativt förskonat från försurning. Det kan vara en förklaring till att länets sjöar inte har högre blyhalter trots omfattningen på trafiken i länet.

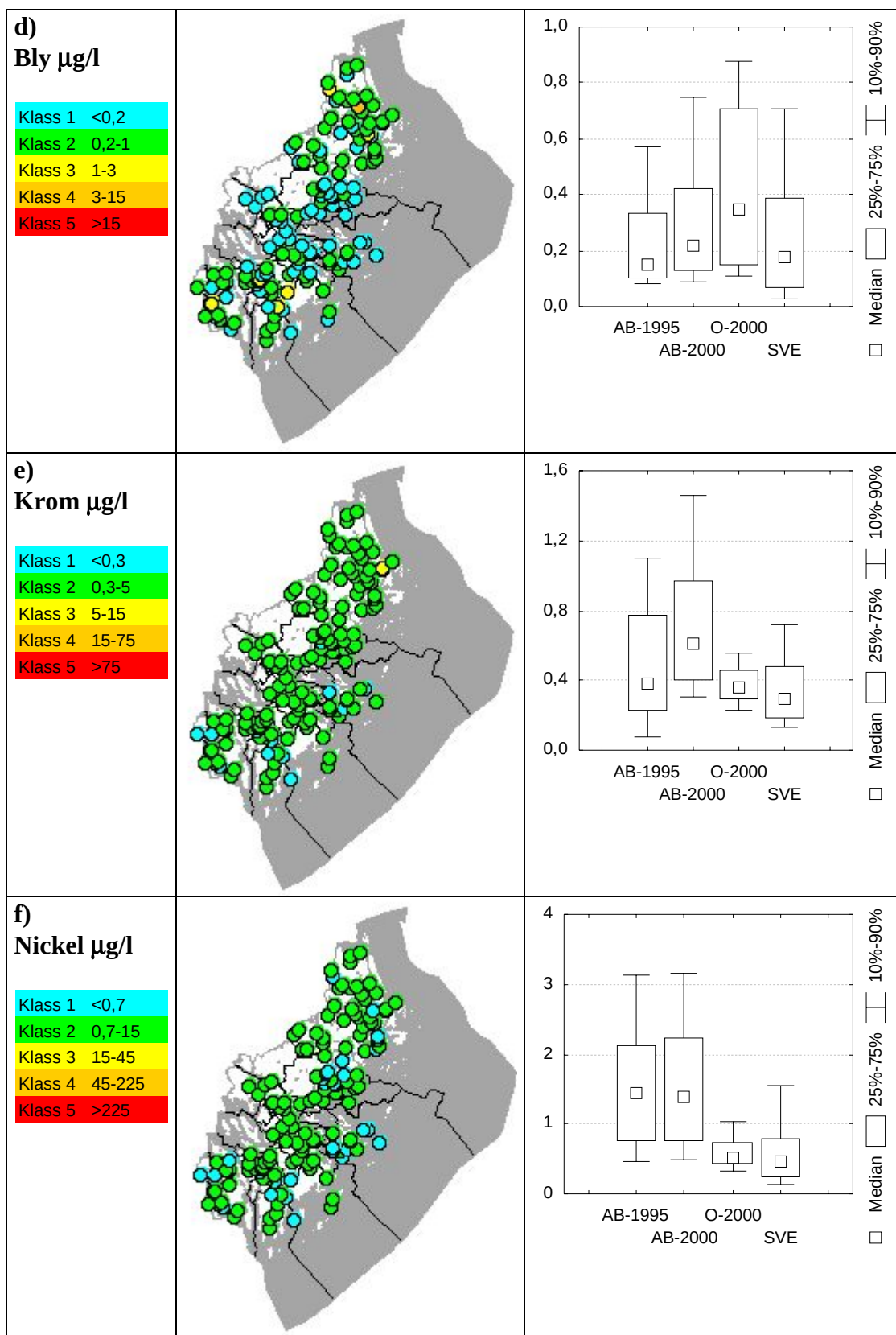
Halterna av koppar, krom, nickel och arsenik och vanadin är något högre i länet jämfört med övriga Sverige. Orsaken är svår att fastställa men troligt är att bergrunden och jordarter är av stor betydelse när det gäller arsenik, nickel och krom.

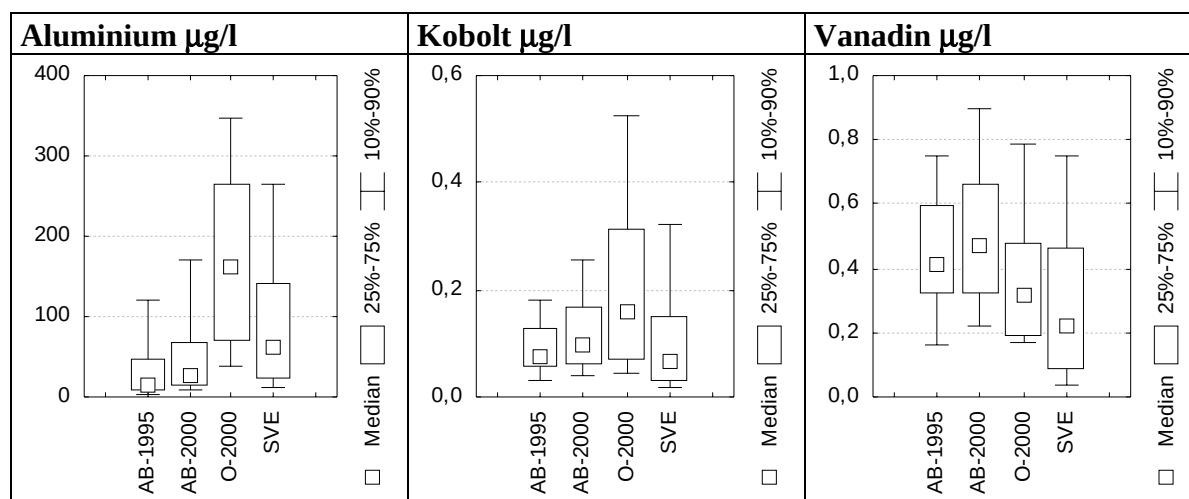
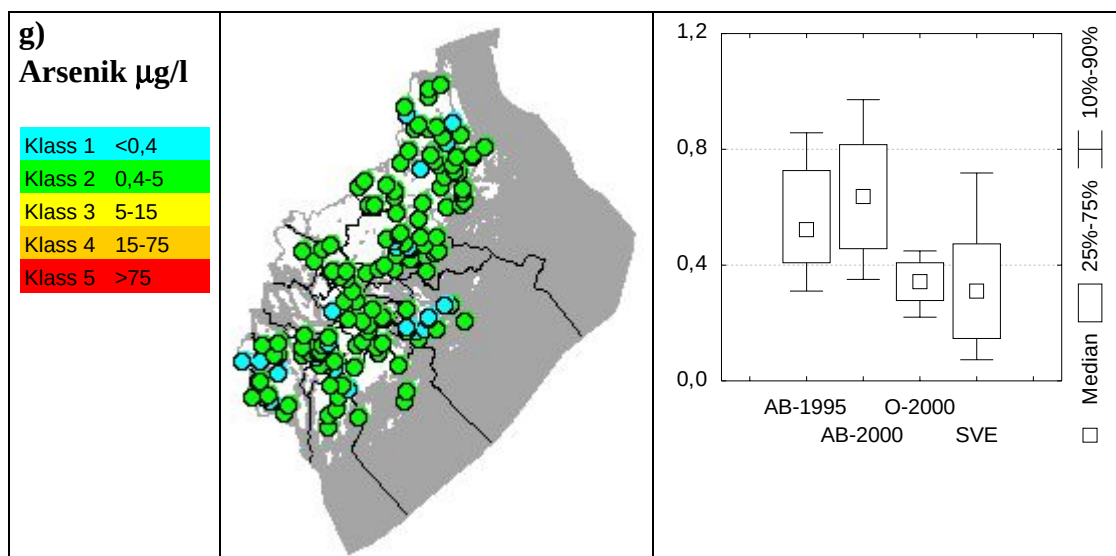
Länsstyrelsen hoppas kunna återkomma med en sammanställning och utvärdering om metalltillståndet i länets sjöar och vattendrag.

Följande sidor:

Figur 31 a-g. Spårmetaller vid riks- och länsinventeringen 2000. Höger om kartorna figuren visas halterna i Stockholms län år 1995 och år 2000 (AB-1995, AB-2000), i Västra Götalands län (O-2000) och i Sverige utom Stockholms län (SVE).







Figur 32. Aluminium, kobolt och vanadin vid riks- och länsinventeringen 2000. Figuren visar halterna i Stockholms län år 1995 och år 2000 (AB-1995, AB-2000), i Västra Götalands län (O-2000) och i Sverige utom Stockholms län (SVE). Bedömningsgrunder saknas för dessa spårmetaller.

Referenser

- Andersson, B.I., Borg, G.Ch. och Nyström, U. 1995. Stockholms läns sjöar – utveckling, status och prognos. Länsstyrelsen i Stockholms län. Rapport 1995:09.
- Aneer, G. och Arvidsson, D. 2003. Beräkning av kväve-och fosforbelastning på Svealands kustvatten 1997. Länsstyrelsen i Stockholms län. Rapport 2003:17.
- Brodin, Y.-W. 1995. Acidification of Swedish freshwaters. In: Henriksson, L. Och Brodin, Y.-W. (Ed.). Liming of Acidified Surface Waters. A Swedish Synthesis. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 1995.
- Granéli, E. och Haraldsson. 1993. Can Increased Leaching of Trace Metals from Acidified Areas Influence Phytoplankton Growth in Coastal Waters? AMBIO Vol. 22.
- Hagström, J. och Pansar, J. Näringstillståndet i Stockholms läns sjöar, vattendrag och havsområden – Ett underlag till uppföljningen av miljökvalitetsmålet ”Ingen övergödning”. Länsstyrelsen i Stockholms län. Rapport 2003:23.
- Hallgren Larsson, E. 2002. Övervakning av luftföroreningar i Stockholms län. IVL Svenska Miljöinstitutet. Rapport B 1461.
- Hansson, L.-A. 1998. Biomanipulering som ett restaureringsverktyg för näringsrika sjöar. En kunskapssammanställning. Naturvårdsverket. Rapport 4851.
- Johansson, C. 2002. Nedfall av kväve och svavel – Beräkningar för 1998. Länsstyrelsen. Rapport 2002:9, del 3.
- Länsstyrelsen. 2000. Saldo 2000. Uppföljning av miljömål i Stockholms län. Länsstyrelsen. Naturvårdsverket. 1995. Förurningen i Sverige – Vad vet vi egentligen? Naturvårdsverket. Rapport 4421.
- Naturvårdsverket. 1999. Bedömningsgrunder för miljö kvalitet. Sjöar och vattendrag. Naturvårdsverket. Rapport 4913.
- Naturvårdsverket. 2002. Kritisk belastning för svavel och kväve. Naturvårdsverket. Rapport 5174.
- Naturvårdsverket. 2002. Kalkning av sjöar och vattendrag. Naturvårdsverket. Handbok 2002:1.
- Sternbeck, J., Brorström-Lundén, E., Remberger, M., Kaj, L., Palm, A., Junedahl, E. och Cato, I. 2003. WFD Priority substances in sediments from Stockholm and the Svealand coastal region. IVL Report B1538.
- Svensson, A. 2003. Nationell miljöövervakning av luft- och nederbörds kemi 2000 och 2001. IVL Svenska Miljöinstitutet AB. IVL Rapport.
- Wilander, A. och Eriksson, L. 1999. Hur mår sjöarna i länet? – Resultat från inventeringen av näringsämnen, surhet och metaller i 269 av länets sjöar 1995. Länsstyrelsen i Stockholms län. Rapport 1999:15.
- Wilander, A., Johnson, R.K. och Goedkoop, W. 2003. Riksinventeringen 2000 – En synoptisk studie av vatten kemi och bottenfauna i svenska sjöar och vattendrag. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för miljöanalys. Rapport 2003:1.
- Östlund, P., Sternbeck, J. och Brorström-Lundén, E. 1998. Metaller, PAH, PCB och total-kolväten i sediment runt Stockholm – flöden och halter. IVL. Rapport B 1297.

Bilaga 1

**Klassificering enligt Bedömningsgrunder för miljö kvalitet
(Naturvårdsverket Rapport 4914)**

Bilaga 1a: Klassificering av länets vattendrag

Vattendrag	Lokal	Koordinater	pH	Alk	Ntot	Ptot	NP-kvot	Färg	Toc
Botkyrka kommun:									
Kagghamraån	Norrgalund	655965-161695	2	1	3	3	2	5	4
Haninge kommun:									
Gudån		656580-163725	1	1	2	5	4	5	4
Husbyån	Beteby	655712-163569	1	1	4	4	2	5	5
Vitsån		655380-163410	1	1	4	4	2	5	4
Huddinge kommun:									
Lissmaån	nedstr bro	656645-163360	1	1	2	4	4	5	3
Norrtälje kommun:									
Bergshamraån	Bergshamra	661703-165883	2	1	4	5	3	5	5
Broströmmen	Lundaströmmen	663250-166635	1	1	3	4	3	3	4
Gråskaån	Ronöholm	666800-165330	1	1	3	3	1	5	5
Gåsviksån	Boda	665040-166990	1	1	3	4	2	4	5
Malstaån	Malstaån	663395-165895	1	1	4	4	1	4	4
Norsjöbäcken	Nor	664362-167041	1	1	3	3	1	5	3
Penningbyån	Penningbyån	662095-166295	1	1	3	3	2	4	4
Rialaån	Riala	661535-165276	1	1	4	4	2	5	5
Söderängsån	Edsbro	664445-165055	1	1	3	3	2	5	5
Tulkaströmmen	Örvik	666847-165684	1	1	3	3	1	4	5
Vallbyån	Rimbo	662783-164451	1	1	3	2	1	3	4
Vdrg:s mynning i husbyån	Finsta	662746-165160	1	1	2	3	2	4	4
Å från bornan	Ortala bruk	665515-166717	1	1	3	2	1	4	5
Å från limmaren		662815-166450	1	1	3	4	3	2	3
Ältaån		664005-164875	1	1	4	3	1	5	5
Nynäshamns kommun:									
Fitunaån	Fituna	655050-161235	2	1	4	5	4	5	5
Kvarnbäcken	Nynäs slott	653483-162210	1	1	3	4	3	5	4
Muskån	Hammersta gård	654649-162524	1	1	3	4	3	5	5
Sigtuna kommun:									
Hargsån		660772-162181	2	1	4	5	2	3	3
Märstaån		661415-161716	1	1	4	4	1	4	3
Solna kommun:									
Igelbäcken	Ulriksdals slott	658740-162538	1	1	3	2	1	3	3

forts nästa sida

Bilaga 1a: Klassificering av länets vattendrag

Vattendrag	Lokal	Koordinater	pH	Alk	Ntot	Ptot	NP-kvot	Färg	Toc
Södertälje kommun:									
Bränningeån		655905-160480	1	1	3	4	2	3	3
Långbroån	Grindstugan	654909-159048	1	1	2	3	3	4	3
Moraån	Järna	655243-160036	1	1	3	4	2	5	5
Skillebyån	Eneby krog	654920-160376	1	1	3	5	4	5	5
Vdrg till sillen	Hjortsberga	654627-159063	1	1	2	4	4	5	4
Upplands-Väsby kommun:									
Oxundaån	Väsbyån	660012-161806	1	1	3	4	3	2	3
Verkaån		660541-161773	1	1	4	3	1	2	2
Vallentuna kommun:									
Lillån		661900-163970	1	1	3	4	2	3	3
Näfsån		660861-163986	1	1	4	5	2	5	5
Österåkers kommun:									
Ullnaån	avfallsanläggningen	659555-163292	1	1	3	3	2	2	3

Bilaga 1b: Klassificering av länets sjöar

Sjönamn	Koordinat	Ph	Alk	Ntot	Ptot	NP-kvot	Färg	Toc	Cu	Zn	Cd	Pb	Cr	Ni	As
Botkyrka kommun:															
Bocksjön	656211-162071	1	1	2	3	2	5	5	2	1	2	2	2	2	2
Getaren	656040-161753	1	1	2	3	3	4	3	2	1	1	2	2	2	2
Malmsjön	656114-161514	1	1	2	4	3	2	3	1	1	1	1	2	2	2
Mellansjön	656352-161335	1	1	2	1	1	3	3	1	1	1	1	1	1	1
Stora skogssjön	655930-162013	1	1	2	2	2	2	2	1	1	1	2	1	1	1
Aspen	656832-161545	1	1	2	3	3	2	3	2	1	1	1	2	2	2
Kvarnsjön	656609-161475	1	1	2	3	3	3	3	2	1	1	3	2	2	2
Segersjön	656558-161420	1	1	2	3	3	2	2	2	1	2	1	2	2	2
Tullingesjön	656939-161809	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	2	2	1
Uttran	656562-161394	1	1	2	4	4	2	3	1	1	1	1	2	2	2
Hacksjön	656405-162276	1	1	2	1	1	5	5							
Danderyds kommun:															
Ekebysjön	658950-162741	1	1	3	2	1	3	5	2	1	1	1	2	2	2
Haninge kommun:															
Djupträsk	656080-164535	3	2	1	2	2	5	4	2	1	2	2	2	2	2
Lervassaträsk	655083-164875	1	1	3	3	2	5	5	2	1	2	2	2	2	2
Långträsk	654646-164746	1	1	2	2	2	2	3	2	1	1	1	2	2	2
Träsksjön	655109-162627	1	1	1	2	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1
Uddsjön	654076-162966	1	2	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	2
Lycksjön	656550-163744	1	1	1	2	2	4	3	2	1	2	2	2	2	2
Svartsjön	656016-162798	5	5	2	1	1	5	4	1	2	2	3	2	1	2
Albysjön	657170-161793	1	1	2	1	1	3	3	2	1	2	2	2	2	2
Orlängen	656833-162888	1	1	2	3	4	2	3	2	1	2	2	2	2	2
Trehörningen	656093-162737	2	2	2	1	1	5	5							
Lidingö kommun:															
Kottlasjön	658281-163532	1	1	3	4	2	2	3	1	1	2	1	2	2	2
Nacka kommun:															
Bagarsjön	657901-164009	1	1	2	3	2	2	3	2	1	2	1	2	2	2
Kocktorpssjön	657955-163904	1	1	2	2	2	3	3	2	1	2	1	2	2	2
Strålsjön	657429-163657	2	1	3	3	2	5	5							
Södebysjön	657635-163354	1	1	3	1	1	3	4	2	1	2	2	2	2	2
Tollareträsk	657866-163887	1	1	3	2	1	3	4	1	1	1	1	2	2	1

forts nästa sida

Bilaga 1b: Klassificering av länets sjöar

Sjönamn	Koordinat	Ph	Alk	Ntot	Ptot	NP-kvot	Färg	Toc	Cu	Zn	Cd	Pb	Cr	Ni	As
Norrtälje kommun:															
Bottenfjärden	663919-166636	1	1	3	4	2	3	3	2	1	1	2	2	2	2
Erken	664060-165948	1	1	2	3	3	2	3	2	1	2	1	2	2	2
Gräfstaviken	663377-166301	1	1	4	4	3	5	5	2	1	2	2	2	2	2
Norasjön	663916-166105	1	1	4	3	1	4	5	2	1	2	2	2	2	2
Smalsjön	663944-164638	1	1	3	2	1	5	5	2	1	2	2	2	2	2
Viksön	663715-165418	1	1	3	1	1	3	3	1	1	2	1	2	2	1
Vågsjön	664273-165811	1	1	3	2	1	3	5	2	1	2	2	2	2	2
Värnbergssjön	663682-166722	1	1	4	4	2	4	5	2	1	2	3	2	2	2
Getängssjön	662319-166971	2	1	2	2	1	5	5	1	1	2	2	2	1	2
Hundsjön	662392-165487	1	1	3	2	1	5	5	2	1	2	2	2	2	2
Kvarnsjön	662978-167010	2	2	2	2	1	5	5	2	1	2	2	2	1	2
Limmaren	662767-166446	1	1	3	4	2	2	3							
Långsjön	661319-164670	1	1	2	3	2	3	5							
Långsjön	661769-165325	1	1	3	2	1	5	5	2	1	2	2	2	1	2
Malmsjön	661092-166013	1	1	3	2	1	3	5	1	1	1	1	2	2	2
Mutsundasjön	662468-167093	1	1	3	3	1	5	5	2	1	2	2	2	2	2
Mörtsjön	661210-164603	1	1	2	1	1	3	5	1	1	1	1	2	1	2
Skogsviken	662813-167016	1	1	3	3	2	4	5	2	1	2	2	2	2	2
Skären	661700-165243	1	1	3	1	1	5	5							
Viren	661966-164781	1	1	3	3	2	3	5							
Ålkistsjön	662212-166401	1	1	3	2	1	5	5	2	1	2	2	2	2	2
Andersvedjedjupet	664200-167468	1	1	3	4	3	4	5	2	1	2	1	2	2	2
Arnösjön	666849-165713	1	1	3	2	1	4	5	2	1	2	2	2	2	2
Bergbofjärden	667043-166194	1	1	3	2	1	5	5	2	1	2	2	2	2	2
Bornan	665517-166624	1	1	2	2	1	4	5	2	1	1	2	2	2	1
Bredsjön	664396-166648	1	1	3	3	1	4	5							
Gräsvarpet	664289-167458	1	1	3	4	2	4	5	2	1	2	2	3	2	2
Gåsviksön	665022-166950	1	1	3	4	3	4	5	2	1	2	2	2	2	2
Insjön	664575-167909	1	1	4	2	1	5	5	2	1	2	2	2	2	2
Långsjön	666516-165744	1	1	3	2	1	5	5	2	1	1	1	2	2	2
Norrsjön	664749-166396	1	1	2	2	1	3	3	1	1	2	2	2	2	1
Ströddjan	664963-166235	1	1	3	2	1	3	4	2	1	1	4	2	2	2
Tomtsjön	663540-166895	1	1	2	3	2	3	3	1	1	2	1	2	2	2
Trihörningen	665340-166016	2	2	3	2	1	5	5	2	1	1	2	2	2	2
Ösmaren	664222-166844	1	1	3	3	1	4	5	1	1	1	2	2	1	2
Ubby-långsjön	663285-163200	1	1	3	3	1	5	5	2	1	1	2	2	2	2
Vängsjön	663018-162966	1	1	3	1	1	4	5	2	1	1	1	2	2	2
Gavel-långsjön	663446-164031	1	1	3	3	2	3	4							
Jälnan	662018-164428	1	1	3	4	2	5	5	2	1	2	2	2	2	2
Kornan	663718-163822	1	1	3	2	1	4	5							
Kyrksjön	662810-166009	1	1	2	3	3	3	3							
Lommaren	662994-166164	1	1	3	3	2	3	4	2	1	2	1	2	2	2
Långsjön	662674-164394	1	1	3	3	2	3	4	2	1	2	2	2	2	2

forts nästa sida

Bilaga 1b: Klassificering av länets sjöar

Sjönamn	Koordinat	Ph	Alk	Ntot	Ptot	NP-kvot	Färg	Toc	Cu	Zn	Cd	Pb	Cr	Ni	As
Skedviken	663072-164112	1	1	3	4	2	3	4	2	1	1	2	2	2	2
Syningen	662884-164368	1	1	3	2	1	3	4	2	1	1	1	2	2	2
Bysjön	665448-165331	1	1	3	3	1	4	5	2	1	2	2	2	2	2
Djupsjön	666116-164773	1	1	4	2	1	5	5	2	1	2	2	2	2	2
Hansjön	665306-165177	1	1	3	2	1	4	5	2	1	1	1	2	2	2
Närdingen	665309-165696	1	1	3	3	2	4	5	2	1	2	2	2	2	2
Sottern	664445-164905	1	1	3	2	1	5	5	2	1	2	2	2	2	2
Vickelsjön	665814-164886	1	1	2	1	1	5	5	1	1	1	3	2	1	1
Hävsjön	662304-163379	1	1	2	2	1	4	5	2	1	2	1	2	2	2
Uttran	662359-163645	1	1	3	2	1	3	4	2	1	2	2	2	2	2
Nykvarns kommun:															
Lundesjön	656503-159709	3	1	2	2	2	5	5	1	1	2	2	2	2	2
Ånstasjön	656489-159826	1	1	3	3	2	5	5	1	1	1	1	2	2	2
Djupviken	656917-159328	1	1	2	2	2	3	3							
Mörtsjön	656224-158429	1	2	2	1	1	3	3	1	1	1	2	1	1	1
Turingen	656875-159257	1	1	2	2	2	3	4	2	1	1	2	2	2	2
Yngern	656206-159170	1	1	1	1	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1
Nynäshamns kommun:															
Fjättersjön	653600-162119	1	1	2	2	2	3	3							
Grindsjön	655284-161919	1	1	1	2	4	2	2	2	1	1	1	1	1	2
Långsjön	653652-161811	2	2	2	2	2	5	4	2	1	2	2	2	2	2
Muskan	654353-162104	1	1	2	3	3	4	3	2	1	1	2	2	2	2
Transjön	655281-162326	3	3	2	3	3	5	5	2	1	2	3	2	2	2
Tärnan	654829-162203	1	1	2	3	2	5	5	2	1	2	2	2	2	2
Västra styran	654145-161816	1	1	2	3	3	2	2	2	1	2	2	2	2	2
Salems kommun:															
Bornsjön	657245-160890	1	1	1	3	4	2	2	2	1	1	1	2	2	2
Flaten	656533-161088	1	1	2	4	4	3	4	2	1	1	2	2	2	2
Tullan	656772-160798	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2
Sigtuna kommun:															
Fysingen	660749-161885	1	1	2	2	1	2	2	2	1	2	1	2	2	2
Sollentuna kommun:															
Väsjön	659479-162313	1	1	2	1	1	3	4	2	1	2	1	2	2	2
Norrviken	659728-161988	1	1	3	5	4	2	3	2	1	2	2	2	2	2
Solna kommun:															
Råstasjön	658548-162439	1	1	3	4	3	3	2	2	1	2	1	2	2	2

forts nästa sida

Bilaga 1b: Klassificering av länets sjöar

Sjönamn	Koordinat	Ph	Alk	Ntot	Ptot	NP-kvot	Färg	Toc	Cu	Zn	Cd	Pb	Cr	Ni	As
Stockholms kommun:															
Långsjön	657800-163124	1	1	2	2	2	2	4	2	1	2	2	2	2	2
Ältasjön	657393-163395	1	1	2	3	3	2	3	2	1	1	1	2	2	2
Lappkärrret	658538-162870	1	1	3	3	1	3	4	2	1	2	1	2	2	2
Judarn	658149-161983	1	1	2	1	1	2	4	1	1	1	1	2	2	1
Mälaren	658080-162871	1	1	2	3	3	2	2							
Trekanten	657902-162594	1	1	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Magelungen	657041-163174	1	1	2	4	3	3	3	2	1	1	1	2	2	2
Södertälje kommun:															
Flaten	655795-159898	1	1	2	2	2	4	3	2	1	1	1	2	2	1
Grävstasjön	654650-159553	3	3	2	1	1	3	4	1	1	2	2	1	1	1
Kyrksjön	654491-160230	1	1	3	5	4	2	3	2	1	1	2	2	2	2
Måsnaren	656092-160258	1	1	3	3	3	2	3							
Norasjön	653890-160075	1	1	3	5	4	3	3							
Stora alsjön	655469-159188	5	5	2	1	1	5	5	1	2	2	3	2	2	2
Sörsjön	654221-160125	1	1	2	3	2	3	3	2	1	1	1	2	2	2
Vällingen	655738-159870	1	1	2	3	3	3	3	2	1	2	2	2	2	2
Glasbergasjön	656432-160826	1	1	3	4	3	3	4	2	1	1	2	2	2	2
Malmsjön	656946-159871	1	1	1	1	1	3	3	2	1	1	2	2	1	2
Acksjön	655420-159049	2	3	2	1	1	5	5	1	1	2	2	2	1	1
Långsjön	654804-159298	1	1	1	2	3	3	2	2	1	2	1	2	2	2
Rösjön	654893-159467	2	1	2	2	1	5	5	2	1	1	2	2	2	2
Skillötsjön	654847-158874	1	1	2	3	2	2	3	2	1	1	2	2	2	2
Tyresö kommun:															
Barnsjön	656974-163891	3	2	2	1	1	3	4	2	1	1	1	2	2	2
Drevviken	656793-163709	1	1	2	4	3	2	2	2	1	2	2	2	2	2
Tyresöflaten	656949-164064	1	1	2	3	4	2	3							
Täby kommun:															
Mörtsjön	659454-162523	1	1	2	1	1	3	5	2	1	2	1	2	2	2
Vallentunasjön	659771-162546	1	1	2	4	4	2	3	2	1	2	2	2	2	2
Upplands-Bro kommun:															
Lejondalssjön	660523-160785	1	1	2	4	3	2	2	1	1	2	1	2	2	2
Lillsjön	660174-161265	1	1	3	4	3	3	5	2	1	1	1	2	2	2
Edssjön	660010-161773	1	1	3	4	3	2	4							
Oxundasjön	660637-161566	1	1	2	4	3	2	3	2	1	2	1	2	2	2

forts nästa sida

Bilaga 1b: Klassificering av länets sjöar

Sjönamn	Koordinat	Ph	Alk	Ntot	Ptot	NP-kvot	Färg	Toc	Cu	Zn	Cd	Pb	Cr	Ni	As
Vallentuna kommun:															
Malmsjön	661173-164515	1	1	2	3	3	3	2	1	1	1	1	1	1	1
Storsjön	660822-164801	1	1	3	1	1	2	3	2	1	1	1	2	2	2
Svulten	660947-164416	3	4	3	1	1	3	5	1	1	1	2	2	1	1
Tärnan	660688-164478	2	1	3	1	1	3	5	2	1	1	1	1	1	1
Norrsjön	660974-164098	1	1	3	4	3	5	5	2	1	1	2	2	2	2
Sparren	661952-164005	1	1	3	3	2	3	4							
Vaxholms kommun:															
Träsksjön	658943-163638	1	1	3	3	2	3	5							
Värmdö kommun:															
Aspviksträsk	658291-164891	1	1	3	3	2	3	3	1	1	1	1	1	2	2
Fiskmyran	657432-164889	2	1	2	1	1	4	4	2	1	1	2	2	1	2
Gårdsträsket	657870-165722	2	1	2	1	1	3	3	2	1	2	1	2	1	1
Hampträsket	657941-165710	1	1	2	1	1	3	3	2	1	2	2	2	2	1
Hemträsket	658360-167549	1	1	2	1	1	2	4							
Kullasträsket	657424-165233	2	1	2	1	1	3	3	2	1	2	2	2	2	1
Lugneträsk	657454-165520	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1
Långviksträsket	657129-165329	4	5	2	2	2	5	5	1	2	2	2	2	1	2
Lövtorpsträsket	658406-166564	1	1	2	1	1	2	3	2	1	1	1	1	1	2
Nästräsket	657810-167100	1	1	3	1	1	3	5	1	1	1	1	2	1	2
Storsjön	657464-165993	1	1	2	1	1	1	2	2	1	1	1	2	2	2
Tranviksträsket	658440-166353	1	1	2	2	2	3	3	1	1	2	1	2	1	1
Vidsjön	657550-164826	4	3	2	1	1	4	4	1	1	1	2	2	1	1
Österåkers kommun:															
Flyn	659666-165610	1	1	2	2	2	3	4							
Kobban	660535-166135	1	1	3	3	2	3	5	1	1	1	1	2	2	2
Kvarnsjön	660220-165119	1	1	3	3	2	3	5	1	1	1	1	2	2	2
Kvarnsjön	660683-164933	1	1	3	1	1	3	3	1	1	1	1	2	1	1
Kyrksjön	660453-165980	1	1	3	2	1	3	4	1	1	1	1	2	2	2
Largen	661084-165433	1	1	2	1	1	2	2	1	1	1	1	2	1	2
Losjön	660794-165566	1	1	2	3	2	4	5	2	1	1	2	2	2	2
Långsjön	660239-165010	1	1	3	3	2	4	5	2	1	1	1	2	2	2
Mjölarsjön	659754-165637	1	1	2	1	1	3	4	2	1	2	1	2	2	2
Stor-enaren	660584-164999	1	1	2	1	1	4	5	1	1	1	2	2	1	1
Trastsjön	659855-164411	1	1	3	1	1	5	5	2	1	1	1	2	2	2
Trehörningen	660393-164429	2	1	3	3	1	5	5	2	1	2	2	2	2	2
Viren	660887-165449	1	1	3	3	2	4	5							
Älten	660852-165253	1	1	3	3	2	5	5							
Ullnasjön	659706-163325	1	1	3	4	2	2	3	2	1	1	2	2	2	2
Garnsviken	660018-163987	1	1	3	4	3	4	5	2	1	1	1	2	2	2
Storträsket	659837-163789	1	1	2	3	3	3	4	2	1	2	1	2	2	2

Bilaga 2

Använda bedömningsgrunder för miljö kvalitet

Fosfor i sjöar				
Klass	Benämning	Totalfosfor (µg/l)		Beskrivning
		maj–okt	augusti	
1	Låg halt	< 12,5	< 12,5	Oligotrofi
2	Måttligt hög halt	12,5–25	12,5–23	Mesotrofi
3	Hög halt	25–50	23–45	Eutrofi
4	Mycket hög halt	50–100	45–96	
5	Extremt hög halt	> 100	ej def.	Hypertrofi

Kväve i sjöar		
Klass	Benämning	Totalkväve (µg/l)
		maj–oktober
1	Låg halt	< 300
2	Måttligt hög halt	300–625
3	Hög halt	625–1250
4	Mycket hög halt	1250–5000
5	Extremt hög halt	> 5000

Kväve-fosforkvot i sjöar			
Klass	Benämning	Totalkväve (µg/l) / totalfosfor (µg/l) juni–september	Beskrivning
1	Kväveöverskott	> 30	Fosfortillgången är ensam avgörande för produktionen av alger och annan växtlighet.
2	Kväve-fosforbalans	15–30	Tendens att cyanobakterier (blågrönalger) kan massutvecklas.
3	Måttligt kväveunderskott	10–15	Förekomst av kvävefixering och cyanobakterier sannolik.
4	Stort kväveunderskott	5–10	Förekomst av kvävefixering och cyanobakterier mycket sannolik.
5	Extremt kväveunderskott	< 5	

Organiskt material (syretärande ämnen)		
Klass	Benämning	Halt av TOC eller COD _{Mn} (mg/l)
1	Mycket låg halt	< 4
2	Låg halt	4–8
3	Måttligt hög halt	8–12
4	Hög halt	12–16
5	Mycket hög halt	< 16

TOC = totalt organiskt kol

COD = kemisk syreförbrukning

Vattenfärg			
Klass	Benämning	Absorbans (vid 420 nm)	Färgtal (mg Pt/l)
1	Ej eller obetydligt färgat vatten	< 0,02	< 10
2	Svagt färgat vatten	0,02–0,05	10–25
3	Måttligt färgat vatten	0,05–0,12	25–60
4	Betydligt färgat vatten	0,12–0,2	60–100
5	Starkt färgat vatten	> 0,2	> 100

Alkalinitet		
Klass	Benämning	Alkalinitet (mekv/l)
1	Mycket god buffertkapacitet	> 0,20
2	God buffertkapacitet	0,10–0,20
3	Svag buffertkapacitet	0,05–0,10
4	Mycket svag buffertkapacitet	0,02–0,05
5	Ingen eller obetydlig buffertkapacitet	< 0,02



pH-värde		
Klass	Benämning	pH
1	Nära neutralt	> 6,8
2	Svagt surt	6,5–6,8
3	Måttligt surt	6,2–6,5
4	Surt	5,6–6,2
5	Mycket surt	< 5,6

Metaller i vatten					
Me- tall	Klass 1	Klass 2	Klass 3	Klass 4	Klass 5
	Mycket låg halt	Låg halt	Måttligt hög halt	Hög halt	Mycket hög halt
	µg/l				
As	< 0,4	0,4–5	5–15	15–75	> 75
Cd	< 0,01	0,01–0,1	0,1–0,3	0,3–1,5	> 1,5
Cr	< 0,3	0,3–5	5–15	15–75	> 75
Cu	< 0,5*	0,5–3*	3–9*	9–45	> 45
Ni	< 0,7	0,7–15	15–45	45–225	> 225
Pb	< 0,2	0,2–1	1–3	3–15	> 15
Zn	< 5	5–20	20–60	60–300	> 300
	Risk för biologiska effekter				
	Ingen eller mycket liten risk	Liten risk	Risk föreligger främst i mjuka, närings- och humusfattiga vatten samt i sura vatten	Ökad risk	Hög risk redan vid kort exponering

Länsstyrelsens rapportserie

Tidigare utkomna rapporter under 2004

01. Projekt eller fasta strukturer, *avdelningen för regional utveckling*
02. Barn i storstad - socialtjänsten och barn som anmäls för brott, *socialavdelningen i samarbete med länsstyrelserna i Skåne och Västra Götaland*
03. Billigare livsmedel i Stockholms län, *avdelningen för regional utveckling*
04. Svenska för akademiker - SFA vård: slututvärdering, *avdelningen för regional utveckling*
05. Strandexploatering i Stockholms län - Mälaren och Östersjön, *miljö- och planeringsavdelningen*
06. Kommunernas insatser för personer med psykiska funktionshinder - Östermalms stadsdel: tillsyn på tre nivåer - planering, verksamhet och individ, *socialavdelningen*
07. Kommunernas insatser för personer med psykiska funktionshinder - Vantörs stadsdel: tillsyn på tre nivåer - planering, verksamhet och individ, *socialavdelningen*
08. Kommunernas insatser för personer med psykiska funktionshinder - Norrtälje kommun: tillsyn på tre nivåer - planering, verksamhet och individ, *socialavdelningen*
09. Kommunernas insatser för personer med psykiska funktionshinder - Salems kommun: tillsyn på tre nivåer - planering, verksamhet och individ, *socialavdelningen*
10. Jämställd integration eller integrerad jämställdhet?, *socialavdelningen*
11. Förorenade områden - inventering av oljedepåer i Stockholms län, *miljö- och planeringsavdelningen*
12. Hur mår sjöarna & vattendragen? Undersökningar av vattenkemi i sjöar och vattendrag i Stockholms län år 2000, *miljö- och planeringsavdelningen*

Rapporten "Hur mår sjöarna & vattendragen? – Undersökningar av vattenkemi i sjöar och vattendrag i Stockholms län år 2000" presenterar resultaten från en vattenkemisk provtagning under hösten år 2000 i 204 slumpvist utvalda sjöar och vattendrag i Stockholms län.

Rapporten beskriver tillståndet i länet för förorening, näringsrikedom och metaller. Jämförelser görs med förhållandena i hela Sverige och med tidigare undersökningar i länet.

Resultaten från inventeringen är en del i Länsstyrelsens regionala uppföljning av de nationella miljömålen "Ingen övergödning", "Bara naturlig förorening", "Giftfri miljö" och "Levande sjöar och vattendrag". Resultaten är även tänkta att användas som beslutsunderlag för regionalt mål- och åtgärdsarbete.

Rapporten är en del i Länsstyrelsens utvärdering av riks- och länsinventeringen av sjöar och vattendrag år 2000 i Stockholms län.

*Ytterligare exemplar av denna rapport
kan beställas från Länsstyrelsen
Miljö- och planeringsavdelningen
Tel: 08- 785 52 94
Rapporten finns också som pdf på vår hemsida
www.ab.lst.se
ISBN 91-7281-138-2*

Adress
*Länsstyrelsen i Stockholms Län
Miljö- och planeringsavdelningen
Hantverkargatan 29
Box 22 067
104 22 Stockholm, Sverige
Tel: 08- 785 40 00 (vxl)*