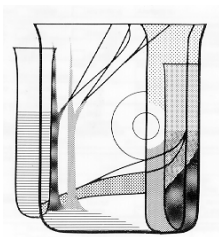


INDALSÄLVENS VATTENKVALITET 1993 - 2005



EM-LAB
Strömsund
2006-03-23

FÖRORD

Denna rapport har tagits fram på uppdrag av Indalsälvens Vattenvårdsförbund (IVVF) och sammanfattar resultaten av 13 års samordnad recipientkontroll i Indalsälven. Tidigare har tre st treårsrapporter sammanställts och dessa finns att ladda ner som PDF-filer från IVVF:s hemsida www.indalsalven.se.

Samordnad recipientkontroll i ett så stort avrinningsområde, till stora delar i gles- och fjällbygd, kräver engagerade insatser av ett antal personer. Jag vill passa på att tacka alla som deltagit i arbetet.

Strömsund den 23 mars 2006

Anders Jonsson

Omslagsbild: Per-Martin Täpp

1	<u>INLEDNING</u>	<u>3</u>
2	<u>INDALSÄLVENS AVRINNINGSOMRÅDE</u>	<u>4</u>
3	<u>ANALYSPROGRAM</u>	<u>5</u>
3.1	PROVTAGNING	5
3.1.1	PROVTAGNINGSPUNKTER	5
3.2	ANALYS	5
4	<u>RESULTAT</u>	<u>7</u>
4.1	NÄRINGSÄMNINGEN/EUTROFIERING	7
4.1.1	SJÖAR	7
4.1.2	VATTENDRAG	9
4.2	SYRETILLSTÅND OCH SYRETÄRANDE ÄMNINGEN	14
4.2.1	SJÖAR	14
4.2.2	VATTENDRAG	16
4.3	LJUSFÖRHÅLLANDEN	16
4.3.1	SJÖAR	16
4.3.2	VATTENDRAG	18
4.4	SURHET OCH FÖRSURNING	19
4.4.1	SJÖAR	19
4.4.2	VATTENDRAG	21
4.5	BAKTERIER	23
4.5.1	SJÖAR	23
4.5.2	VATTENDRAG	24
5	<u>SLUTSATSER</u>	<u>26</u>
6	<u>REFERENSER</u>	<u>27</u>

1 Inledning

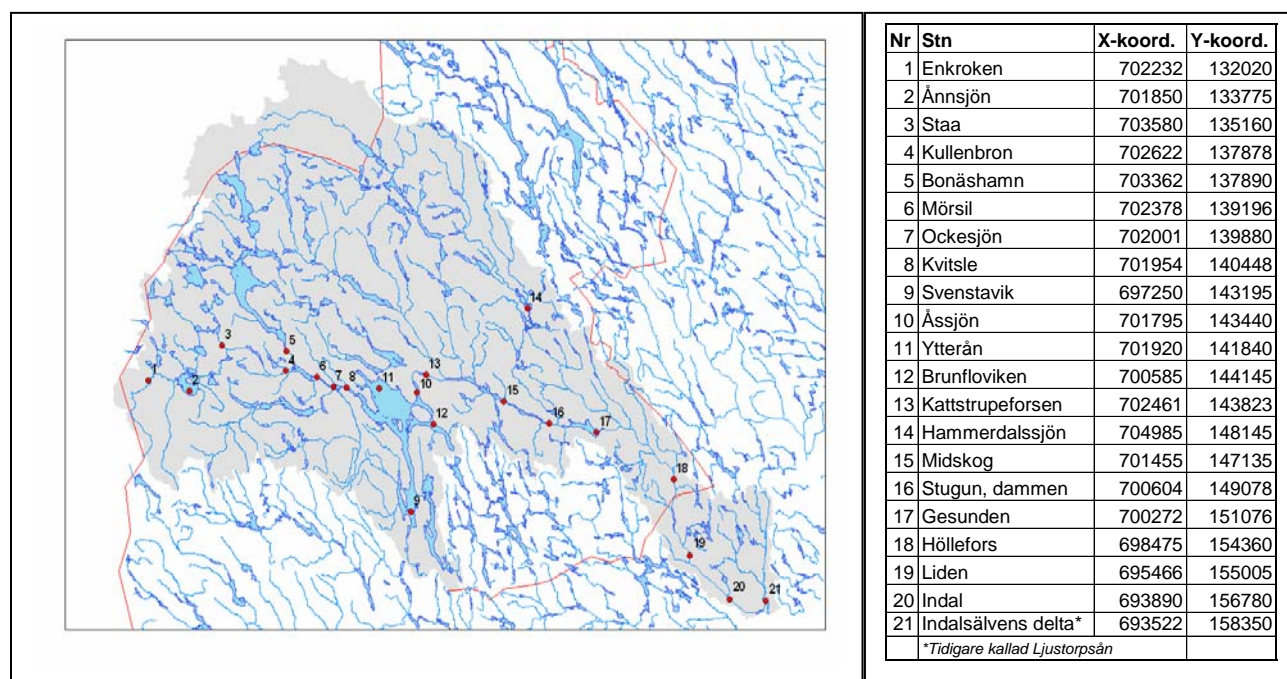
Den samordnade recipientkontrollen av Indalsälven startade 1992 på initiativ av Länsstyrelsen i Jämtlands län och bedrivs sedan 1997 av Indalsälvens vattenvårdsförbund (IVVF). Indalsälven, som till stora delar rinner genom glest befolkade områden, har en liten påverkan från industriell förorening pga avsaknad av tung industri i avrinningsområdet. Det finns dock några gamla nedlagda industrier intill älven där det finns en viss oro för läckage av miljögifter från den förorenade marken kring industritomterna. Den huvudsakliga föroreningspåverkan kommer idag sannolikt från avloppsutsläpp och förorenat ytvatten från bebyggda områden samt påverkan från de areella näringarna (jord och skogsbruk). Långdistanstransporterade luftföroreningar och surt nedfall medför en viss försurningspåverkan som kan vara påtaglig i de mest känsliga källområdena. Älven har som helhet ett gott skydd mot försurning genom naturlig förekomst av kalk i stora delar av avrinningsområdet. Indalsälven är kraftigt påverkad (modifierad) av vattenkraftsutbyggnad. De övre, fjällnära, delarna av Indalsälven anses ha stora naturvärden och ingår idag i ett Natura 2000 område. Målet med Indalsälvens Vattenvårdsförbunds arbete är att Indalsälven ska bevaras som ett klart och näringsfattigt vattendrag med hög buffringsförmåga mot försurning samt att Indalsälven ska hålla dricksvattenkvalitet. Vattenvårdsförbundet ska sprida kunskap om Indalsälvens miljökvaliteter till nytta för utveckling och tillväxt i regionen.

Den här rapporten sammanställer resultaten av 13 år mätningar av Indalsälvens vattenkvalitet. De naturliga variationerna i vattenkvaliteten, främst beroende på tidsmässiga variationer i väderleksförhållanden, är betydande. Stora naturliga variationer gör det naturligtvis svårare att urskilja effekten av förändrad mänsklig påverkan som t ex effekten av förändrad markanvändning, förbättrad reningsteknik i avloppsreningsverk eller ökat antal fiskodlingar. Rapporten sammanställer årsvis medelvärden för de olika stationerna i ett försök att spåra eventuella systematiska trender i mätresultaten.

2 Indalsälvens avrinningsområde

Indalsälven rinner upp vid fjällkedjan mellan Norge och Sverige i trakterna söder om Storlien, flyter genom Jämtland och Medelpad och mynnar i Bottenhavet vid Timrå. Avrinningsområdet, 26740 km², är det femte största i Sverige. På grund av en sänkning av det vidsträckta silurområdet kring Storsjön har övre delen av flodområdet en för norrlandsälvar avvikande form. Vattnet rinner till silurområdets centrala delar från nästan alla vädersträck. Nedanför Storsjön, som är Sveriges femte största sjö, bildar huvudälven flera sjöliknande utvidgningar med forsar emellan. Längs den nedre sträckan är dalgången bred och älven nedskuren i det mäktiga jordtäcket av fjordsediment, varigenom stränderna bildar branta nipor. Vid mynningen har ett sanddelta bildats. Berggrunden i flodområdet vid norska gränsen utgörs i stort sett av subjonitiska och äldre bergarter (1000 milj. år), i Storsjöbygden av kambrosiluravlagringar (bildade för 400-600 milj. år sedan) och i nedre delen av lapponiska bergarter såsom gnejser. Längden på huvudvattendraget är liksom flertalet norrlandsälvar något över 400 km. Medelvattenföringen vid Ragunda är 422 m³/s (1900-1969). Den totala fallhöjden från Kallsjön till havet är 383 m. Flodområdet är mycket sjörikt och 10 % av Sveriges sjöar avvattnas av Indalsälven. De största sjöarna är Storsjön, Kallsjön och Torrön. Totala antalet sjöar större än 1 km² är 197 st. Nederbörden varierar från 1400 mm i västra fjällen till 400-500 mm vid kusten och Storsjöbygden. I medeltal för hela flodområdet uppgår nederbörden till 750 mm per år. Avdunstningen är omkring 100-150 mm i fjällområdet, uppgår till ca 275 mm vid älvens mynning och utgör igenomsnitt 220 mm (1).

Inom avrinningsområdet bor ca 110 000 människor främst koncentrerade till Storsjöbygden. Större delen av området ligger i Jämtlands län, en mindre del i Västernorrlands län och en del av källsjöarna till Indalsälven ligger i Nordtröndelags fylke. Allmänt kan sägas att miljötillståndet i Indalsälven är mycket gott. Vissa problem finns på enstaka punkter när det gäller t ex halter av bakterier och syreförbrukande ämnen. Större delen av avrinningsområdet har en hög-mycket hög buffringsförmåga mot försurning och endast tre mindre delområden, totalt ca 10 %, uppvisar försurningsskador som föranleder kalkning. Indalsälven är utbyggd för vattenkraft och genererade 2001 10,9 Twh elenergi vilket utgör ca 14% av Sveriges vattenkraft.



Figur 1. Indalsälvens avrinningsområde med provtagningsstationer.

3 Analysprogram

Den samordnade recipientkontrollen i Indalsälven är baserad på Naturvårdsverkets metodbeskrivning för recipientkontroll av vatten (2). Provtagning sker med utbildade provtagare och analyserna utförs på ackrediterat laboratorium. De vattenkemiska analyserna är valda för att möjliggöra en samlad bedömning av vattnets tillstånd enligt Naturvårdsverkets bedömningsnormer för miljö kvalitet (3):

- Näringsämnen/eutrofiering
- Syretillstånd och syretärande ämnen
- Ljushållanden
- Surhet/förurning

Analysprogrammet omfattar även mikrobiologiska analyser. För bedömning av älvens hygieniska status och användbarhet som dricksvatten används indikatororganismerna *E.coli*, koliforma bakterier samt odlingsbara mikroorganismer.

3.1 Provtagning

Provtagningen utförs 6 gånger per år under februari, mars/april, maj/juni, augusti, oktober och december. Provtagningarna sker synoptiskt utefter hela älvsträckan från fjällen i väster till utloppet i Bottenhavet. Provtagnings schemat fastställs årligen efter samråd med berörda provtagare. Ett för kontrollprogrammet speciellt framtaget provtagningsprotokoll fylls i vid varje provpunkt. Proven packas i kylboxar och skickas omedelbart till laboratoriet för analys. Rutiner har utarbetats för att säkerställa att proven anländer till laboratoriet samma dag som provtagningsdagen vilket är nödvändigt bland annat för att säkerställa kvaliteten på de mikrobiologiska analyserna.

3.1.1 Provtagningspunkter

Prover tas vid 21 stationer (9 st sjöar och 12 vattendrag), se figur 1. De nedströms liggande stationerna 19-21, Liden, Indal och Indalsälvens delta (tidigare kallad Ljustorpsån) har tillkommit i samband med vattenvårdsförbundets bildande år 1997. En av sjöarna (Hammerdalssjön) ligger utanför huvudflodfåran och utgör en del av Ammeråns vattendrag. Provtagningspunkterna framgår av kartan i bilaga 1. Sjöar provtas med Ruttnerhämtare på två nivåer (1 meter under vattenyta alternativt nedre iskant, respektive en meter över botten) och prov från rinnande vatten tas i ytvatten på 0,5 m djup.

3.2 Analys

Analysparametrarna som ingår i kontrollprogrammet är sammanställda i tabell 1. Hårdheten dvs summan av kalcium/magnesium (CaMg) beräknas utifrån separata bestämningar av kalcium och magnesium med ICP-MS. Metoden ger hög noggrannhet och är inte känslig för störande ämnen i vattnet. EM-LAB är ackrediterat av Styrelsen för Teknisk Ackreditering (SWEDAC) för samtliga parametrar i tabell 1.

Mätosäkerheten har fastställts genom felsummering av beräknade och skattade standardosäkerheter enligt riktlinjerna i Eurachem/CITAC guiden (4). För vissa parametrar beräknas en mätosäkerhet för varje analysresultat (haltberoende mätosäkerhet) enligt formel framtagen av Institutet för Tillämpad Miljöforskning, ITM (5). Denna beräkningsmodell grundar sig på resultaten av ett stort antal provningsjämförelser och speglar det faktum att den sanna mätosäkerheten ökar då metoden närmar sig den nedre bestämningsgränsen. För mer information om mätosäkerheter, kontakta EM-LAB.

Tabell 1: Metodförteckning.

Parameter	Metod	Mätosäkerhet (%)*	Analysgräns	Sort
Alkalinitet	SS-EN ISO 9963-2	Beräknas	0.01	mekv/l
Calcium, Ca/AAS	ICP-MS EPA200.8 mod.	10	0.3	mg/l
Magnesium, Mg/AAS	ICP-MS EPA200.8 mod.	15	0.005	mg/l
COD_{Mn}	SS 028118	8	1	mg/l
Färgtal	SS-EN ISO 7887:4	Beräknas	5	mg/l Pt
Kond	SS-EN 27 888	10	2	mS/m
Nitratkväve, NO₃-N	SS-EN ISO 10304-1	Beräknas	0.07	mg/l
Oxygen	SS-EN 25814	5	0.1	mg/l
pH	SS 028122-2	5	3	
Totalkväve, Tot-N	SS-EN ISO 11905-1 autoanal.	25	50	ug/l
Totalfosfor, Tot-P	SS 028127-2	Beräknas	2	ug/l
Turbiditet	SS 028125-1	10	0.05	FNU
E.coli	SS 028167-2	-	1	St/100 ml
Koliforma	SS 028167-2	-	1	St/100 ml
Odlingsbara mikroorg.	SS-EN ISO 6222	-	1	St/ml

*Expanderad mätosäkerhet med täckningsfaktorn 2 vilket ger en konfidensnivå på ca 95 %

4 Resultat

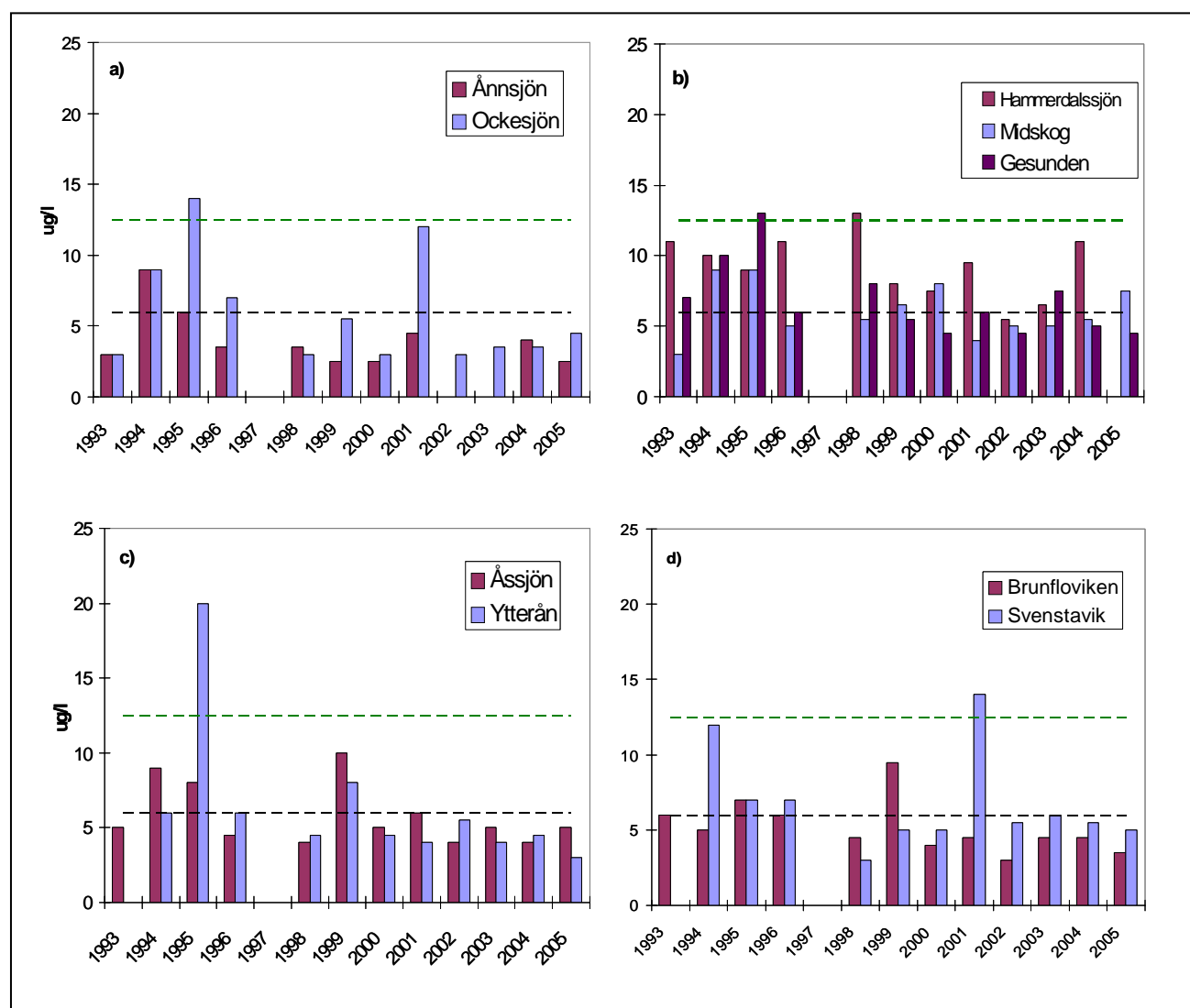
4.1 Näringsämnen/eutrofiering

4.1.1 Sjöar

Sjöar provtas endast två gånger per år, på vintern i mars/april och på sommaren i augusti. För bedömning av sjöarnas näringsstillstånd har resultaten från ytvattenprover under augusti använts.

Totalfosfor

Figur 2 visar totalfosforhalter i sjöar i Indalsälvens avrinningsområde. Alla sjöar utom Hammerdalssjön ligger i älvens huvudfåra.



Figur 2. Totalfosforhalter i sjöar (augustivärden) uppströms (a) och nedströms (b) Storsjön samt i Storsjön (c-d). De streckade linjerna visar gränserna för näringsfattigt tillstånd (oligotrofi) respektive extremt näringsfattigt tillstånd (ultraoligotrofi) enligt SNV:s bedömningsgrunder för miljökalitet i sjöar och vattendrag, rapport 4913.

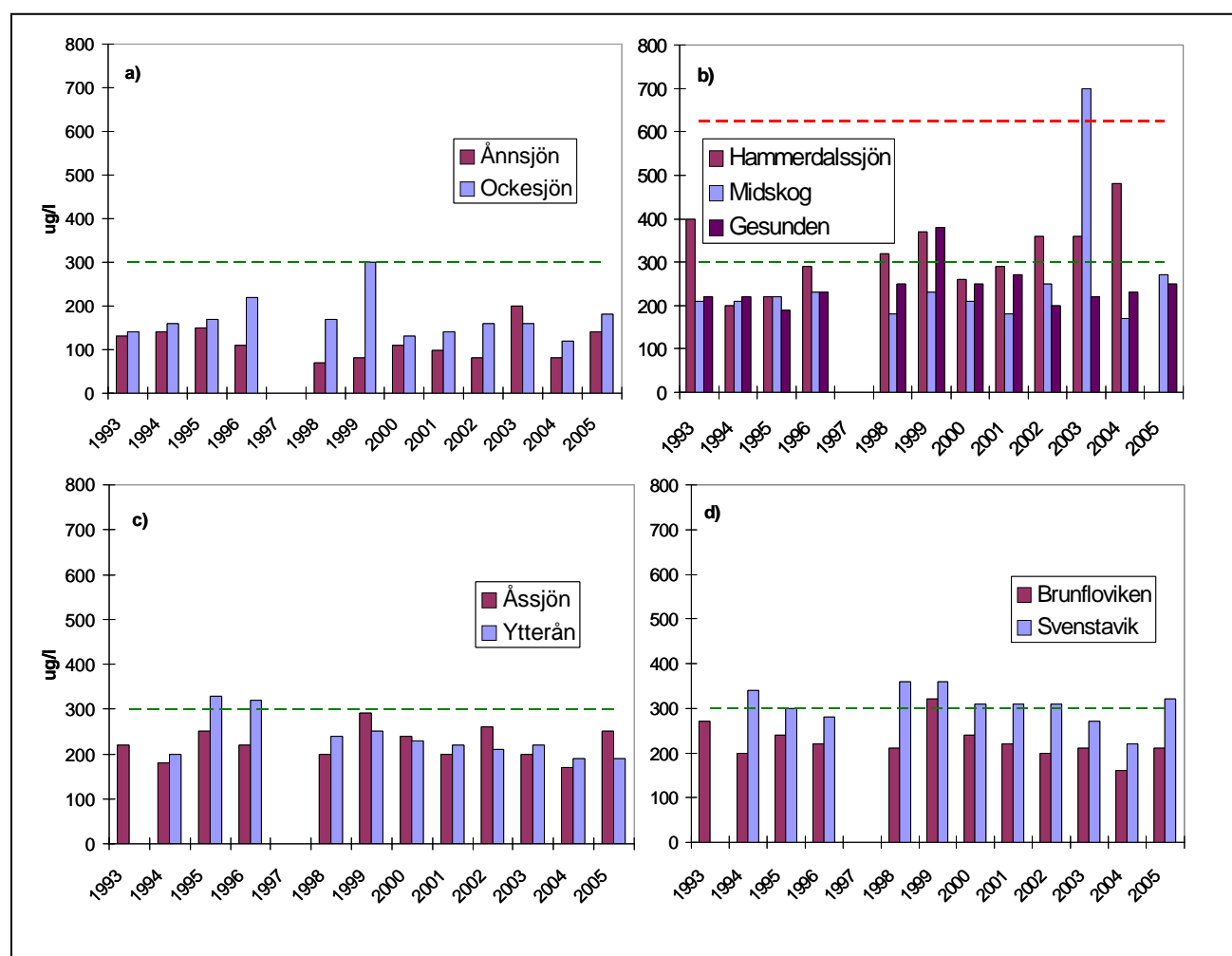
Den extrema vårflo den år 1995, som bl annat orsakade ett större ras i Tångböle medförde att stora mängder partikelbundet fosfor tillfördes älven. Det är intressant att notera att de kraftigt förhöjda fosforhalterna inte bara påverkar Ockesjön utan når ända der till Ytterån i den västra delen av

Storsjön (Figur 2c). Storsjön fungerar för övrigt som en mycket effektiv "fälla" för partikulärt och organiskt material (humusämnen) vilka sedimenterar p.g.a. den relativt långa uppehållstiden i sjön.

Bortsett från tillfälliga toppar som sannolikt förorsakas av speciella väderlekssituationer så visar mätningarna att Indalsälvens sjöar befinner sig i ett näringsfattigt till extremt näringsfattigt tillstånd med avseende på fosfor.

Totalkväve

Figur 3 visar totalkvävehalter från augustiprovtagning i sjöar i Indalsälvens avrinningsområde. Totalkvävehalterna har ett tydligare säsongsberoende än totalfosfor och lämpar sig inte för bedömningar baserade på halter i augusti enligt SNV:s bedömningsgrunder för miljö kvalitet (3). Det går därför inte att dra några säkra slutsatser om sjöarnas tillstånd m.a.p. totalkväve med ledning av resultaten i Figur 3. Resultaten visar ändå att augustihalterna av totalkväve är låga i sjöar uppströms Storsjön och ökar något nedströms Storsjön. Det är också värt att notera att kvävehalterna är något högre i södra Storsjön (Svenstavik) jämfört med Brunflovisken och möjligen även de andra stationerna i norra och västra delen av Storsjön.



Figur 3. Totalkvävehalter i sjöar uppströms (a) och nedströms Storsjön (b) samt i Storsjön (c-d). De streckade linjerna visar gränserna mellan låga och måttligt höga halter (grön linje) samt mellan måttligt höga och höga halter (röd linje) enligt SNV:s bedömningsgrunder för miljö kvalitet i sjöar och vattendrag, rapport 4913.

I de flesta sjöar är kvoten mellan totalkväve och totalfosfor större än 30. Det råder då kväveöverskott vilket innebär att fosfortillgången ensam reglerar produktionen av biomassa (alger, högre växter och

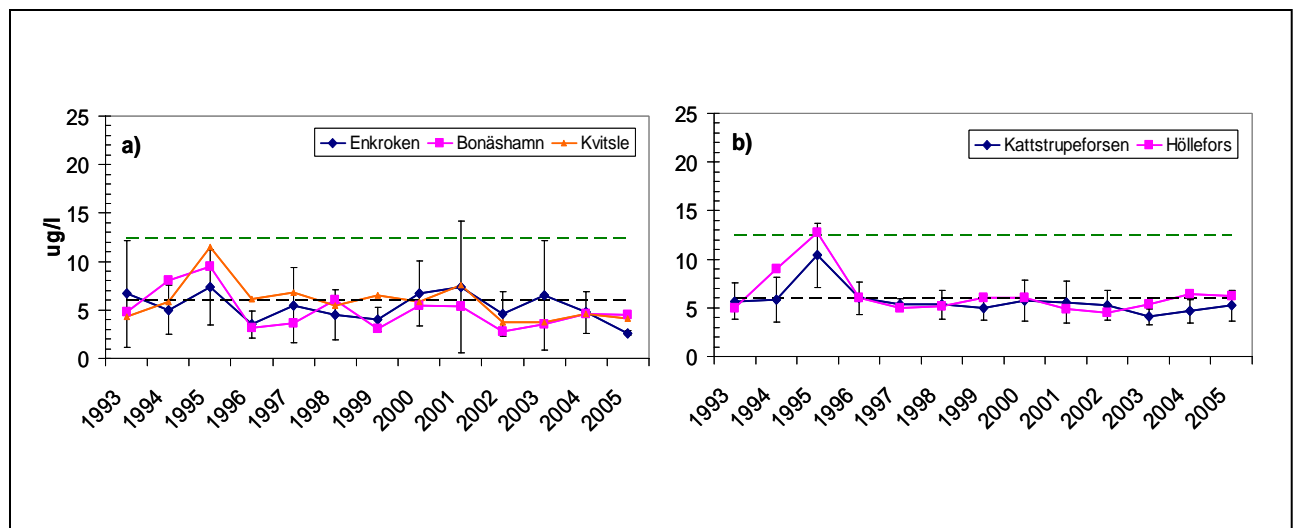
fisk mm). I sjöarna uppströms Storsjön, Ånnsjön och Ockesjön, råder dock periodvis kväve/fosforballans vilket innebär att även kvävet har en tillväxtreglerande roll.

4.1.2 Vattendrag

Totalfosfor

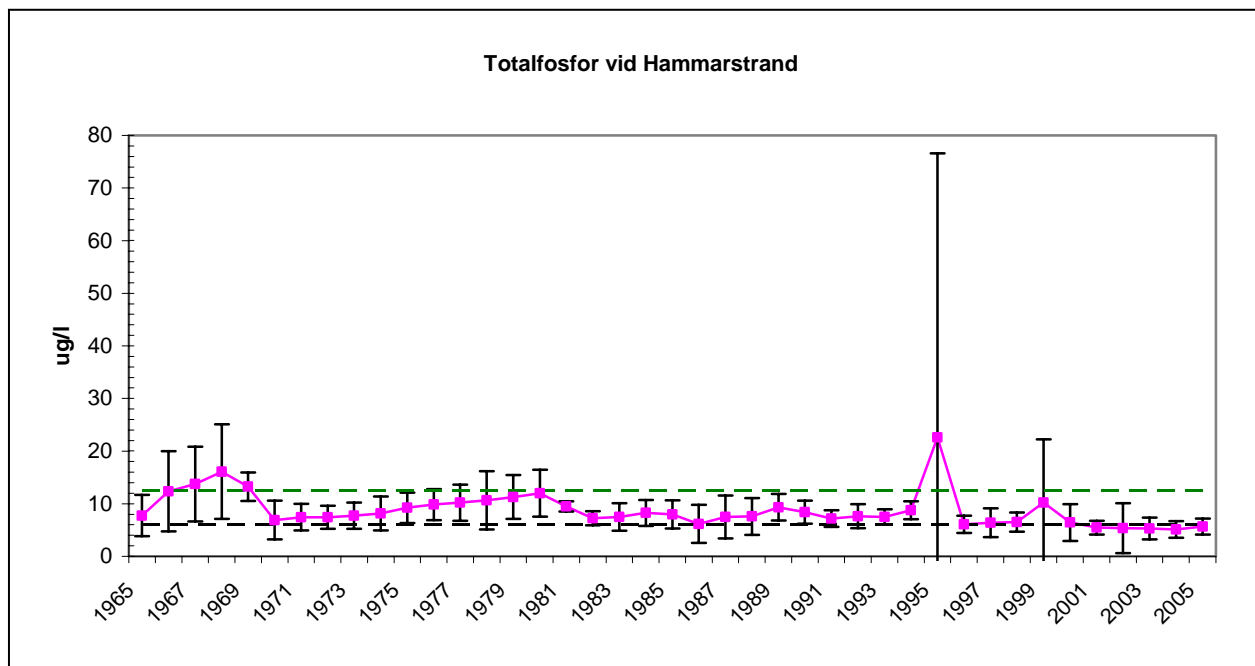
Figur 4 visar årsmedelvärden av totalfosforhalter i rinnande vatten. Standardavvikelser indikeras i diagrammen för att ge en uppfattning om hur mycket fosforhalterna varierar under året. Varje medelvärde är baserat på 6 mätningar någorlunda jämnt fördelat över året, se avsnitt 3.1.

Det är tydligt att variationerna är större uppströms Storsjön (Figur 4a) jämfört med nedströms (Figur 4b) Storsjön. Effekterna av den extrema vårfloden år 1995 är också tydlig. Bortsett från extremåret 1995 så ligger fosforhalterna i rinnande vatten nära eller under gränsen för ultraoligotrofi. Motsvarande mycket låga fosforhalter har uppmätts i Ljusnan vid Ljusnedal, Hedeviken och Linsell (7) Mätningarna i Ljusnan har pågått sedan 1970 talet och här kan man observera gradvis minskande fosforhalter sedan uppdamningen av Sveggssjön 1975.



Figur 4. Årsmedelvärden av totalfosforhalter i vattendrag uppströms (a) och nedströms (b) Storsjön. Vertikala linjer indikerar ett ungefärligt 68 % -igt konfidensintervall för fosforhalterna (medelvärde +/- en standardavvikelse). De streckade linjerna visar gränserna för näringsfattigt tillstånd (oligotrofi) respektive extremt näringsfattigt tillstånd (ultraoligotrofi) enligt SNV:s bedömningsgrunder för miljökvalitet i sjöar och vattendrag, rapport 4913.

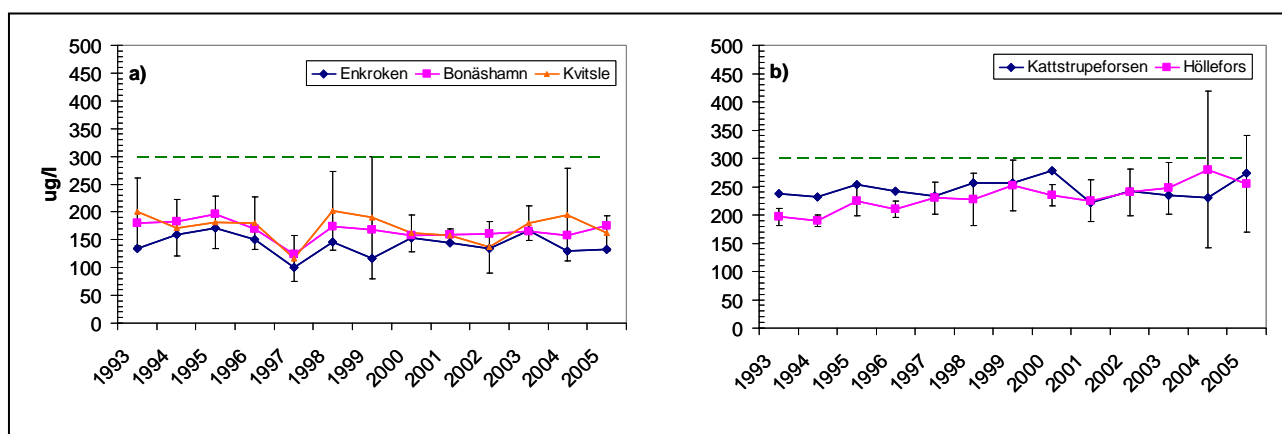
Data från SLU:s mätningar i Hammarstrand visar att även i Indalsälven har fosforhalterna gradvis avtagit sedan 1960-70 talet, se figur 5. Data har hämtats från SLU:s hemsida: [http://info1.ma.slu.se/ma/www_ma.acgi\\$Project?ID=Intro](http://info1.ma.slu.se/ma/www_ma.acgi$Project?ID=Intro). Trots skillnaden i provtagningsfrekvens så är överensstämmelsen mellan data från Hammarstrand och IVVF:s stationer i älvens nedre lopp relativt god för perioden 1993-2005. SLU:s längre mätserie visar att älven i sitt nedre lopp gradvis under en 40-årsperiod gått från ett tillstånd av eutrofi till oligotrofi för att slutligen övergå till ultraoligotrofi. Det är inte osannolikt att en liknande utveckling skett även längre upp i älvsystemet i de delar som varit påverkade av vattenkraftsreglering och avloppsutsläpp men här saknas tillräckligt långa mätserier för att bekräfta detta. Orsakerna till de minskande fosforhalterna kan liksom i Ljusnan vara kopplade till vattenregleringen men kan också bero på utbyggnaden av avloppsreningsverk och förbättrad reningsteknik. Eftersom fosfor är den viktigaste faktorn för primärproduktionen i sötvatten så kan övergången till ultraoligotrofi få konsekvenser för älvens förmåga för bl. a. fiskproduktion. De mycket låga fosforhalterna medför samtidigt att risken för oönskad algutväxt är liten vilket är gynnsamt för vattnets användbarhet som dricksvatten.



Figur 5. Årsmedelvärden av totalfosforhalter vid SLU:s mätstation vid Hammarstrand. Vertikala linjer indikerar ett ungefärligt 68 %-igt konfidensintervall för fosforhalterna (medelvärdet +/- en standardavvikelse). De streckade linjerna visar gränserna för näringsfattigt tillstånd (oligotrofi) respektive extremt näringsfattigt tillstånd (ultraoligotrofi) enligt SNV:s bedömningsgrunder för miljökalitet i sjöar och vattendrag, rapport 4913.

Totalkväve

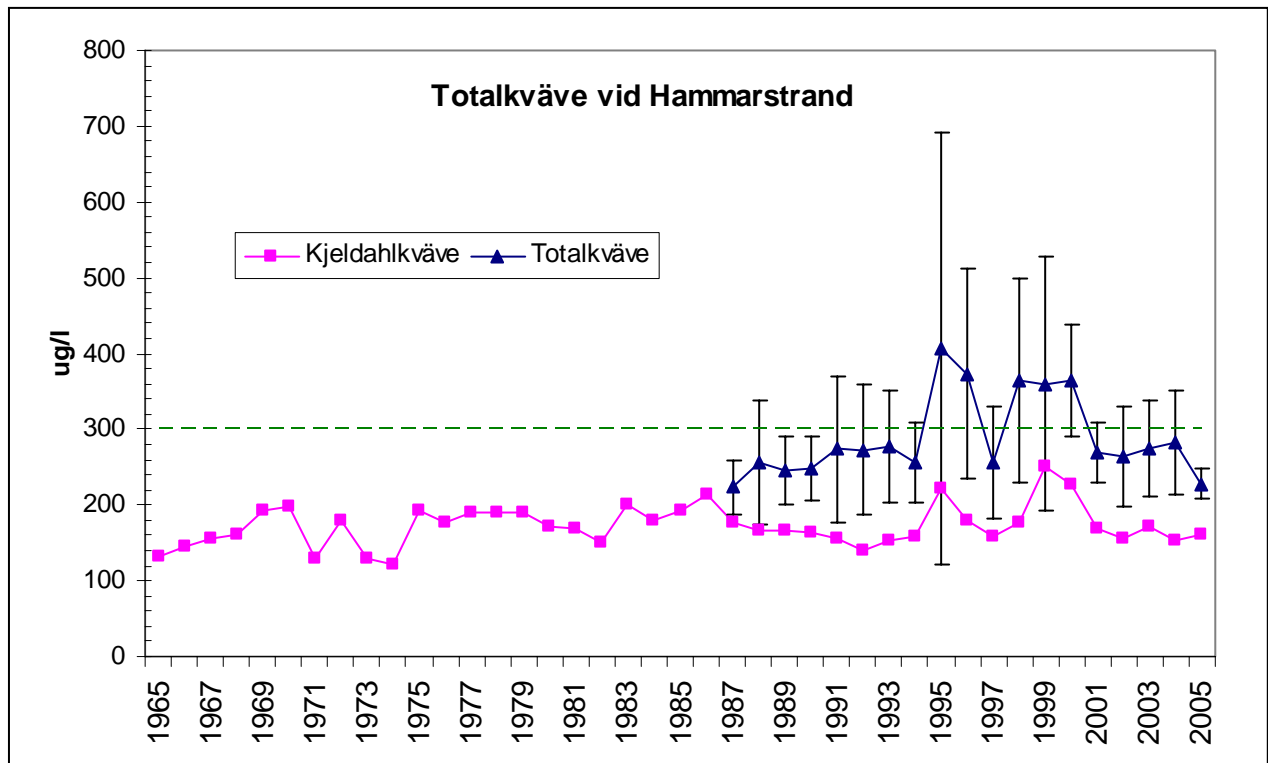
Totalkvävehalterna är låga i Indalsälven uppströms Storsjön. Till skillnad mot totalfosfor så är det en tydlig ökning av halterna av totalkväve nedströms Storsjön. Nedströms Storsjön finns dessutom en tendens till ökande kvävehalter under mätperioden. LVVF:s mätningar i Ljusnan visar också på ökande kvävehalter med strömriktningen från i medeltal 160 µg/l vid Linsell till som högst 304 µg/l vid Ljusneströmmar. Det kan jämföras med kvävehalter i storleksordningen 150 µg/l vid Enkroken till 200-250 µg/l vid Höllefors. I Ljusnan har totalkvävehalterna dock minskat sedan mitten av 1970-talet utom i Ljusne strömmar där kvävehalten i huvudsak varit densamma under mätperioden.



Figur 6. Totalkvävehalter i vattendrag uppströms (a) och nedströms (b) Storsjön. Vertikala linjer indikerar ett ungefärligt 68 %-igt konfidensintervall för fosforhalterna (medelvärdet +/- en standardavvikelse). Den streckade linjen visar gränsen mellan låga och måttligt höga halter enligt SNV:s bedömningsgrunder för miljökalitet i sjöar och vattendrag, rapport 4913.

Resultaten från Ljusne strömmar är dock inte direkt jämförbara med övriga stationer eftersom mätningarna där är baserade på Kjeldahlkväve som huvudsakligen mäter organiskt kväve (och ammoniumkväve) medan totalkväve, som bestäms efter uppslutning med peroxodisulfat även inkluderar oxiderade former av kväve såsom nitrit- och nitratkväve. Totalkväve ger därför i naturvatten oftast högre värden jämfört med Kjeldahlkväve.

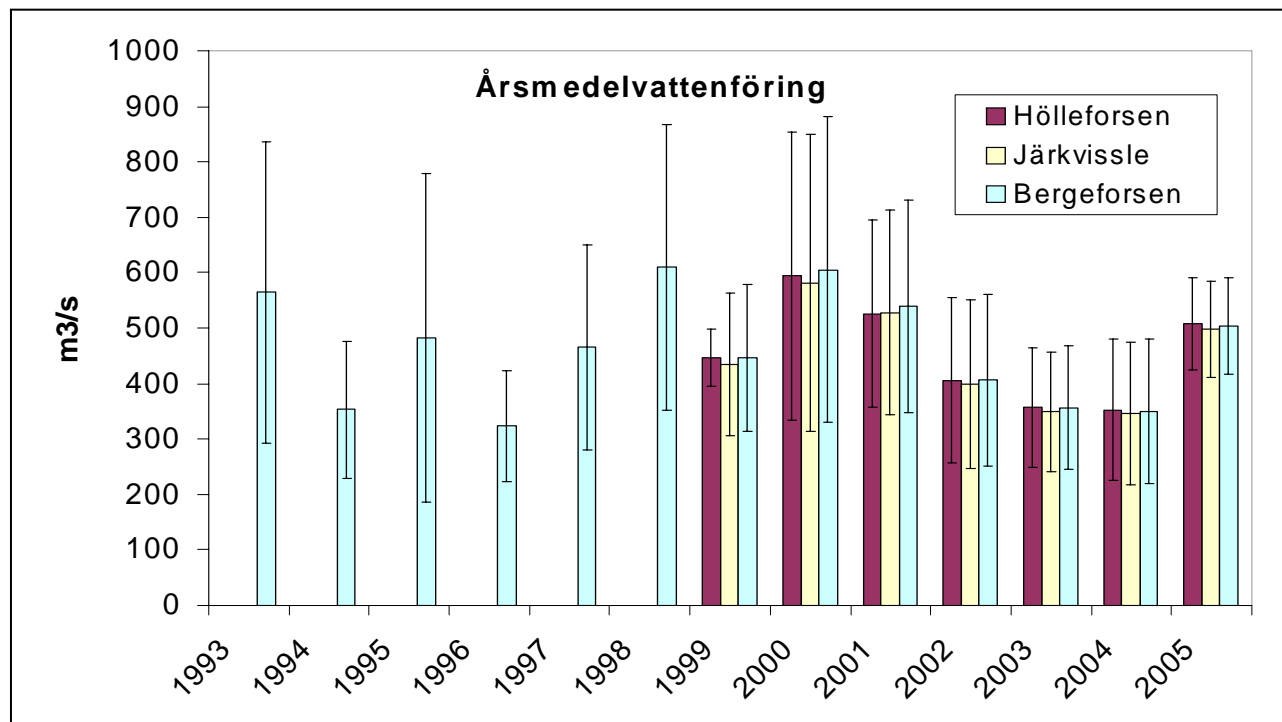
Vid SLU:s mätstation vid Hammarstrand har totalkväve endast mätts sedan 1987 medan data för Kjeldahlkväve finns sedan starten 1965. Data från SLU har sammanställts i figur 7. Mätresultaten vid Hammarstrand visar att kvävehalterna i älvens nedre del inte minskat sedan 1960-talet, istället finns en svag indikation på ökande halter.



Figur 7. Årsmedelvärden av totalfosforhalter vid SLU:s mätstation vid Hammarstrand. Vertikala linjer indikerar ett ungefärligt 68 %-igt konfidensintervall för fosforhalterna (medelvärdet +/- en standardavvikelse). De streckade linjerna visar gränserna för näringsfattigt tillstånd (oligotrofi) respektive extremt näringsfattigt tillstånd (ultraoligotrofi) enligt SNV:s bedömningsgrunder för miljö kvalitet i sjöar och vattendrag, rapport 4913. Bedömningsgrunderna är baserade på mätning av totalkväve, inte kjeldahlkväve som ger ett lägre värde.

4.1.2.1 Transporter av fosfor och kväve

Vattenföringsdata hämtades från Bergeforsen för beräkning av transporter och arealspecifika förluster av kväve och fosfor vid Höllefors och Indalsälvens delta (data på dygnsmedelvattenföring saknades i Höllefors från före 1999). Förfarandet innebär en liten osäkerhet eftersom vattenföringen är mycket likartad i älvens nedre sträckning och skiljer sig endast marginellt mellan de tre nedersta regleringsdammarna Höllefors, Järkvissle och Bergeforsen, se figur 8.



Figur 8. Årsmedelvattenföring vid de tre nedersta regleringsdammarna i Indalsälven. Vertikala linjer indikerar ett ungefärligt 68 %-igt konfidensintervall för dygnsmedelvattenföringen (årsmedelvärdet +/- en standardavvikelse).

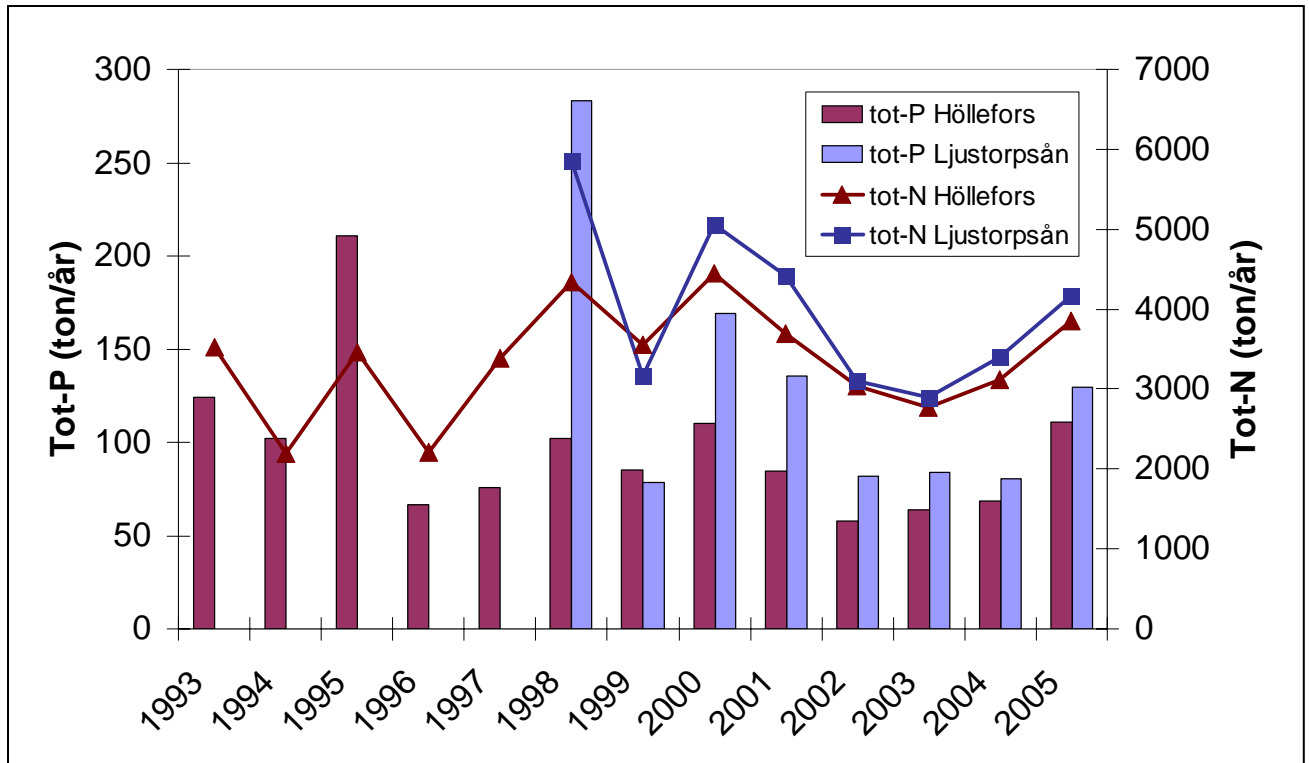
Transporten av totalfosfor ökar i älvens nedersta del, se figur 9. Under 1998 var transporten av totalfosfor 102 ton vid Höllefors och ökade till 283 ton vid Indalsälvens delta. Skillnaden mellan stationerna har sedan dess minskat och år 2005 var transporten av totalfosfor 111 ton vid Höllefors och ökade till 129 ton vid Indalsälvens delta. Vid Höllefors syns effekten av den extrema vårfloden 1995 genom en fördubblad transport av totalfosfor jämfört med året innan. Det är oklart vad som gav den förhöjda totalfosfortransporten vid Indalsälvens delta år 1998.

Transporten av totalkväve ökar endast marginellt mellan Höllefors och Indalsälvens delta. Kvävetransporterna varierar mellan 2000 och 6000 ton/år med en svag tendens till ökning med tiden.

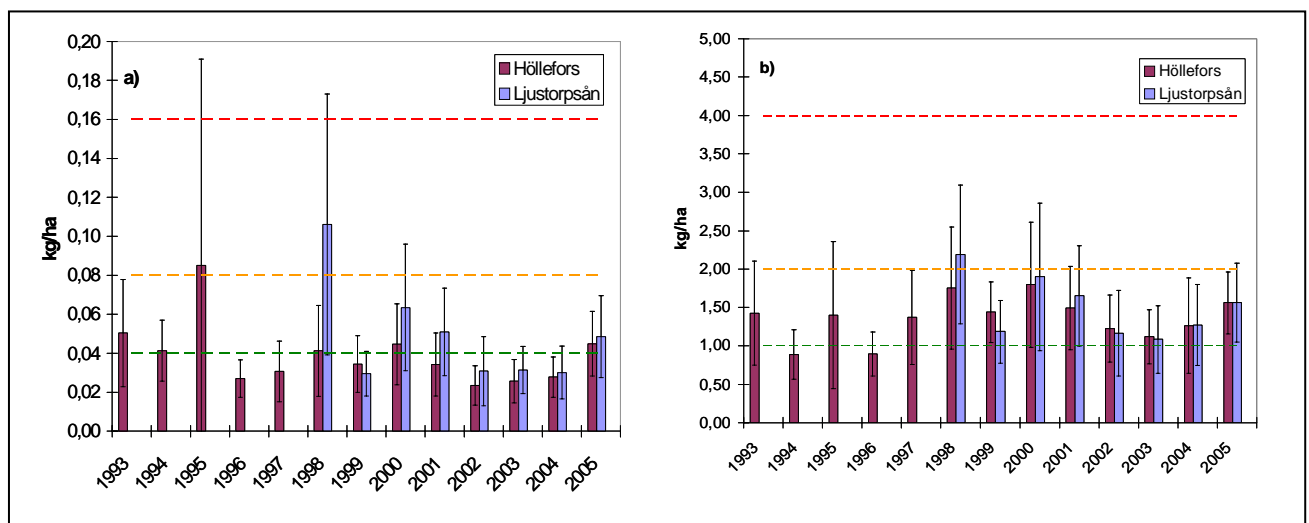
De arealspecifika förlusterna är låga till mycket låga för totalfosfor (figur 10), undantaget 1995 och 1998 då förlusterna var måttligt höga i Höllefors respektive Indalsälvens delta. Förluster mellan 0,04 och

0,08 kg/ha år är typiska förluster från vanlig Svensk skogsmark (3). År 2002 – 2004 var förlusterna vid båda stationerna 0,02 – 0,03 kg/ha år vilket klassas som mycket låga förluster.

Totalkväveförluster mellan 1 och 2 kg/ha år är typiska för icke kvävemättad skogsmark i mellersta och norra Sverige (3). Måttligt höga kväveförluster, mellan 2 och 4 kg/ha år är typiska för myrmark och påverkan från skogsbruk (hyggen) samt från ogödslad vall.



Figur 9. Transporter av totalfosfor och totalkväve vid Höllefors och Indalsälvens delta.

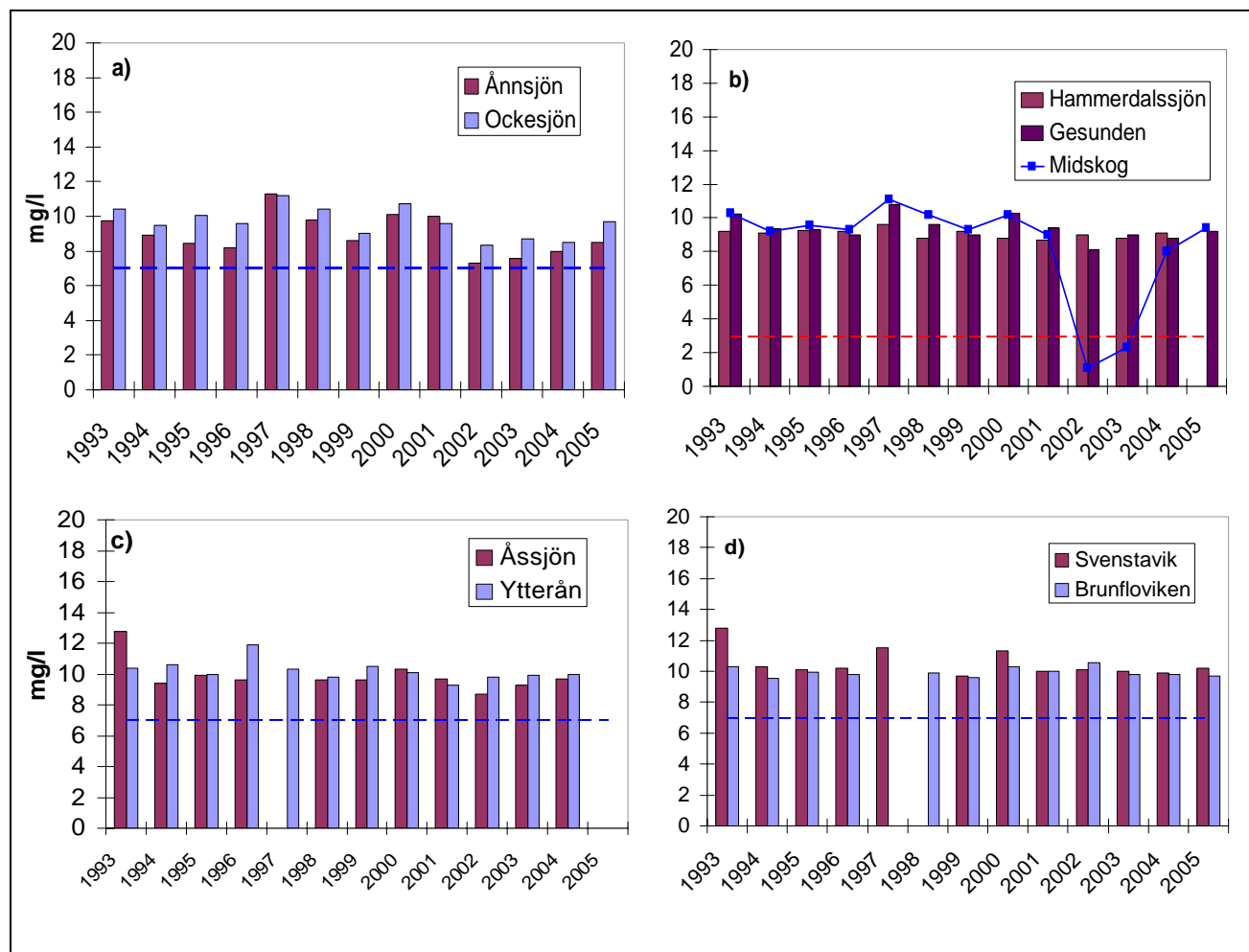


Figur 10. Areal specifika förluster av totalfosfor(a) och totalkväve (b) vid Höllefors och Indalsälvens delta. De streckade linjerna visar gränserna mellan mycket låga och låga förluster (grön linje), mellan låga och måttligt höga förluster (gul linje) samt mellan måttligt höga och höga förluster (röd linje) enligt SNV:s bedömningsgrunder för miljö kvalitet i sjöar och vattendrag, rapport 4913.

4.2 Syretillstånd och syretärande ämnen

4.2.1 Sjöar

För bedömning av sjöarnas syretillstånd och halterna av syretärande ämnen har resultaten från augustiprovtagningen använts. Syrehalterna är uppmätta i prov tagna i bottenvattnet, där risken för syretäring och syrebrist är störst. Övriga analysresultat är uppmätta i prov tagna i sjöarnas ytvatten.



Figur 11. Syrehalter i sjöars bottenvatten (augustivärden) uppströms (a) och nedströms (b) Storsjön samt i Storsjön (c-d). De streckade linjerna visar gränserna mellan syrerikt tillstånd och måttligt syrerikt tillstånd (blå linje) samt mellan svagt syretillstånd och syrefattigt tillstånd (röd linje) enligt SNV:s bedömningsgrunder för miljö kvalitet i sjöar och vattendrag, rapport 4913

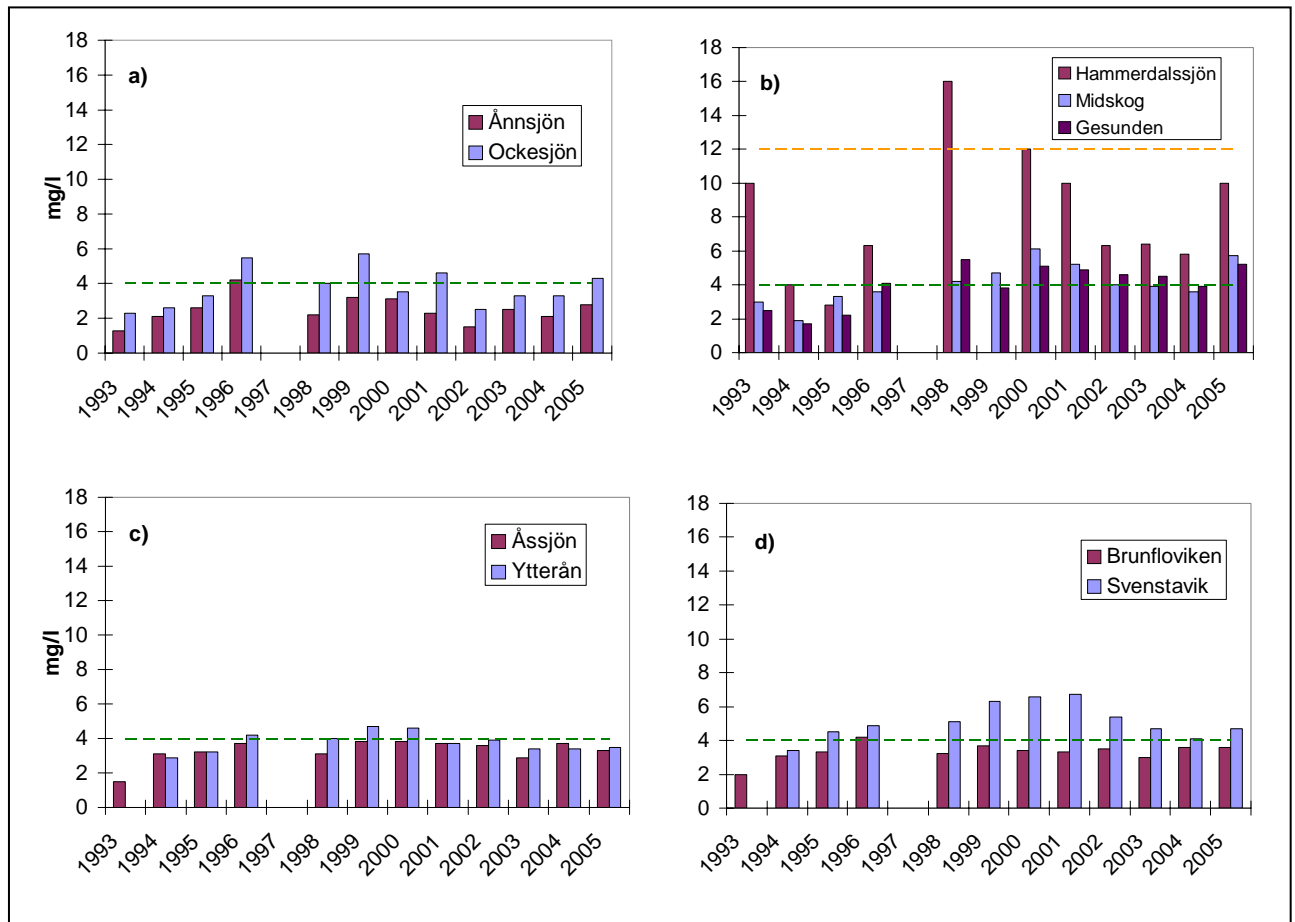
Syre

Syretillståndet i sjöarnas bottenvatten är oftast gott även under den mest kritiska sommarperioden. De mycket varma somrarna 2002 och 2003 medförde dock allvarlig syrebrist i bottenvattnet vid Midskog. Viss syretäring kunde även observeras i Ånnsjön och Ockesjön de åren, se figur 11.

COD_{Mn}

Halterna av syretärande ämnen (lättnedbrytbart organiskt material) är låga till mycket låga i sjöar uppströms Storsjön och i Storsjön (se figur 12). Det finns en svag tendens till ökande halter nedströms Storsjön, i Midskog och Gesunden, under mätperioden. Hammerdalssjön har en mycket

högre naturlig tillförsel av organiskt material från de stora och flacka myrområdena uppströms Hammerdalssjön.



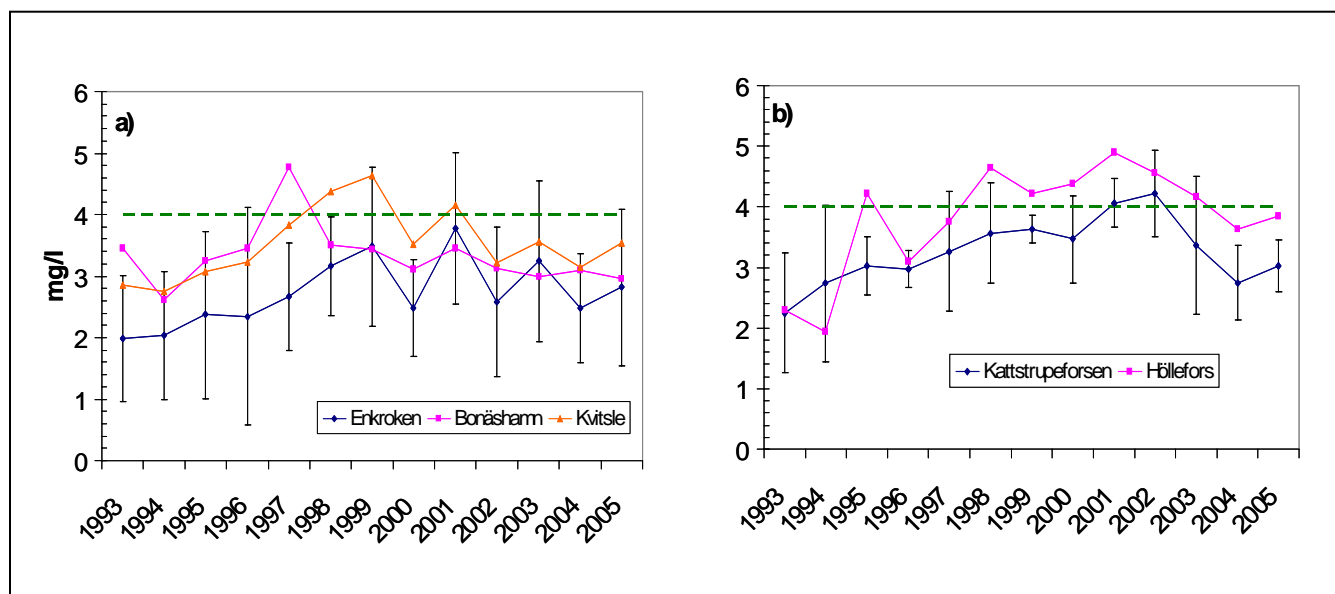
Figur 12. COD_{Mn} i sjöar uppströms (a) och nedströms Storsjön (b) samt i Storsjön (c-d). De streckade linjerna visar gränserna mellan låg och mycket låg halt (grön linje) samt mellan måttligt höga och höga halter (gul linje) enligt SNV:s bedömningsgrunder för miljökvalitet i sjöar och vattendrag, rapport 4913.

I samtliga sjöar utom Hammerdalssjön uppfyller halterna av syretärande ämnen (COD_{Mn}) kraven för tjänligt dricksvatten enligt Socialstyrelsens allmänna råd för mindre vattenanläggningar och enskilda dricksvatten (8). Vattnet i Hammerdalssjön klassas som tjänligt med anmärkning med avseende på COD_{Mn}.

4.2.2 Vattendrag

COD_{Mn}

Halterna av syretärande ämnen ökar endast i liten utsträckning i älvens strömningsriktning. Storsjön fungerar här med all sannolikhet som en effektiv sedimentationsbassäng som avlägsnar en del av det organiska material som tillförs med älven. Det finns en svag tendens till ökande halter, som i sjöarna, se figur 12 och 13.



Figur 13. COD_{Mn} i vattendrag uppströms (a) och nedströms Storsjön (b). Vertikala linjer indikerar ett ungefärligt 68% -igt konfidensintervall för COD_{Mn}-halterna (medelvärde +/- en standardavvikelse). Den streckade linjen visar gränsen mellan låg och mycket låg halt enligt SNV:s bedömningsgrunder för miljö kvalitet i sjöar och vattendrag, rapport 4913.

Halterna av syretärande ämnen (COD_{Mn}) i Indalsälvens huvudfåra uppfyller kraven för tjänligt dricksvatten enligt Socialstyrelsens allmänna råd för mindre vattenanläggningar och enskilda dricksvatten (8).

4.3 Ljusförhållanden

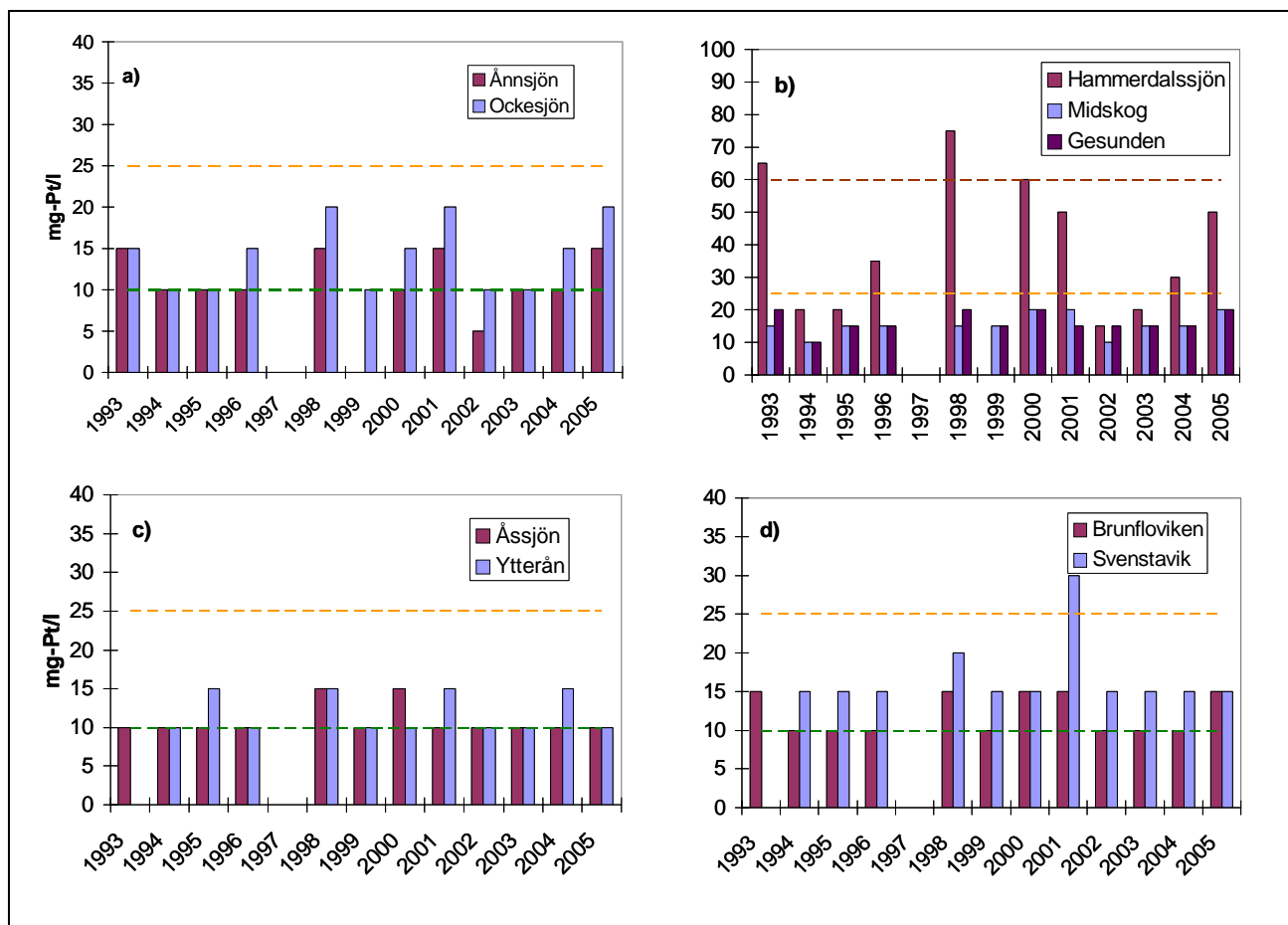
Ljusförhållandena i sjöar och vattendrag har stor betydelse för vattnekosystemets funktion och är avgörande för hur djupt ned i vattnet planktonalger och fastsittande vegetation kan överleva och växa. Vattnets genomskinlighet påverkas dels av färgade vattenlösta ämnen, dels av partikelmängden (grumligheten).

4.3.1 Sjöar

För bedömning av sjöarnas färg och grumlighet har resultaten från ytvattenprover under augusti använts. Data för färgtal saknas från år 1997. För turbiditet saknas data från år 1996 och 1997.

Färgtal

Vattnet är svagt eller obetydligt färgat i samtliga sjöar utom i Hammerdalssjön som periodvis har ett måttligt till betydligt färgat vatten, se figur 14 (observera att figur 14b har en annan skala på värdeaxeln). De årsvisa variationerna är också mycket stora i Hammerdalssjön vilket troligtvis hänger samman med väderberoende variationer av ytavrinning och urlakning av humusämnen från de stora myrområdena uppströms Hammerdalssjön. Ur dricksvattensynpunkt klassas Hammerdalssjöns vatten som tjänligt med anmärkning enligt Socialstyrelsens allmänna råd (8). För övriga sjöar klassas vattnet som tjänligt med avseende på färgtal.



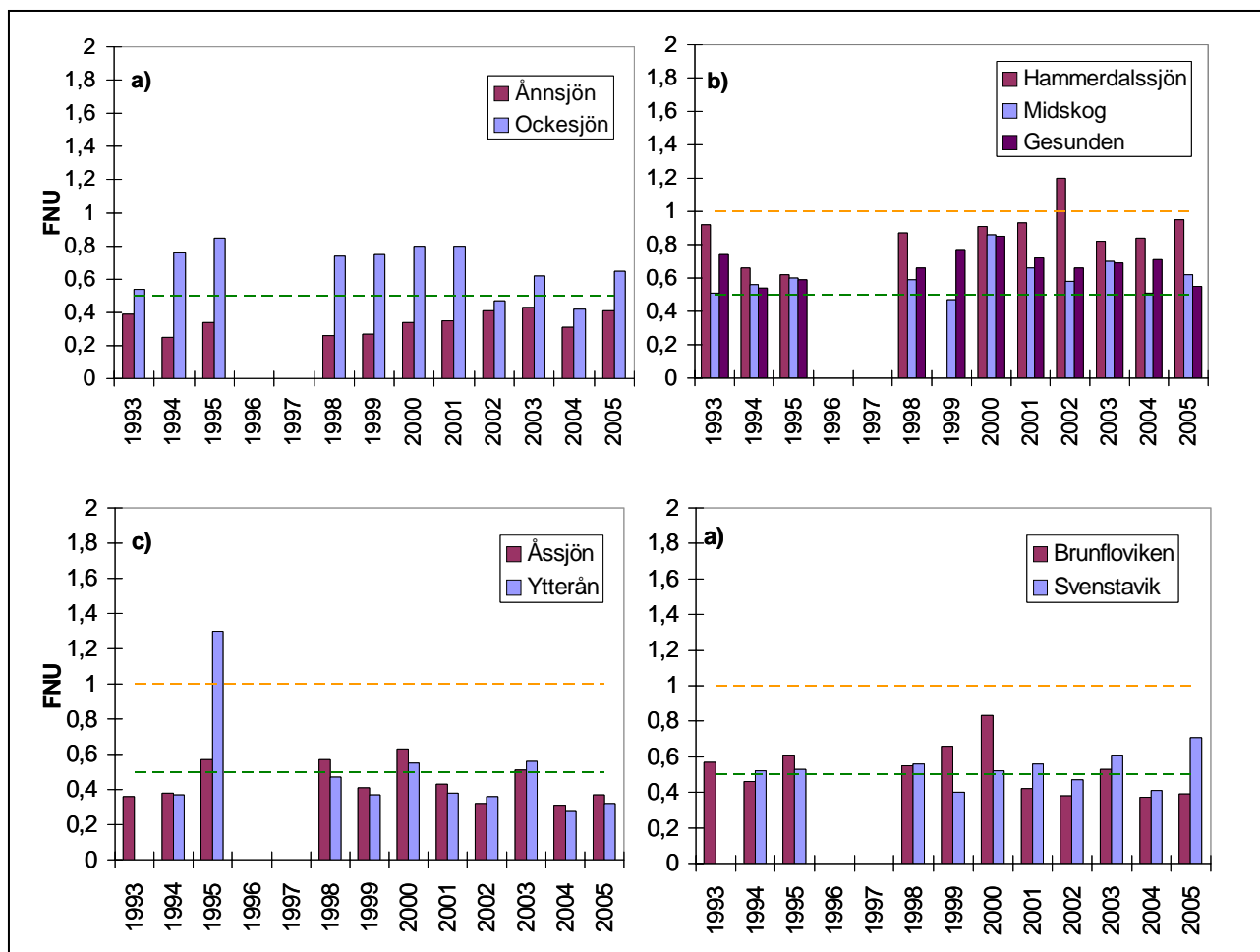
Figur 14. Färgtal i sjöar (augustivärden) uppströms (a) och nedströms Storsjön (b) samt i Storsjön (c-d). De streckade linjerna visar gränserna mellan ej eller obetydligt färgat vatten och svagt färgat vatten (grön linje), mellan svagt och måttligt färgat vatten (gul linje) samt mellan måttligt och betydligt färgat vatten (brun linje) enligt SNV:s bedömningsgrunder för miljökalitet i sjöar och vattendrag, rapport 4913.

Grumlighet

Grumligheten (turbiditeten) bestäms med en turbidimeter enligt svensk standard, och resultatet anges i FNU (formazine nephelometric units). Turbiditeten är ett mått på förekomsten av mycket små (för ögat osynliga) partiklar som ger upphov till ljusspridning (opalescens). Partiklarna består vanligtvis av små mineralkorn (oorganiskt material) men kan också vara mikroorganismer och annat partikulärt organiskt material. Hög turbiditet ger försämrat siktdjup.

Figur 15 visar att de undersökta sjöarna normalt har ett obetydligt eller svagt grumligt vatten. Hammerdalssjön avviker något och närmar sig gränsen för måttligt grumligt vatten. Det finns också en svag tendens till en med tiden ökande grumlighet i sjöarna nedströms Storsjön. Ånnsjön och Storsjön har normalt mycket låga turbiditetsvärden men effekterna av den extrema vårfloden och raset i Tångböle år 1995 är synliga ända ner till västra Storsjön, se figur 15c.

Ur dricksvattensynpunkt har alla sjöarna tjänligt vatten med avseende på turbiditet enligt Socialstyrelsens allmänna råd för små anläggningar och enskilda vattentäkter (8).



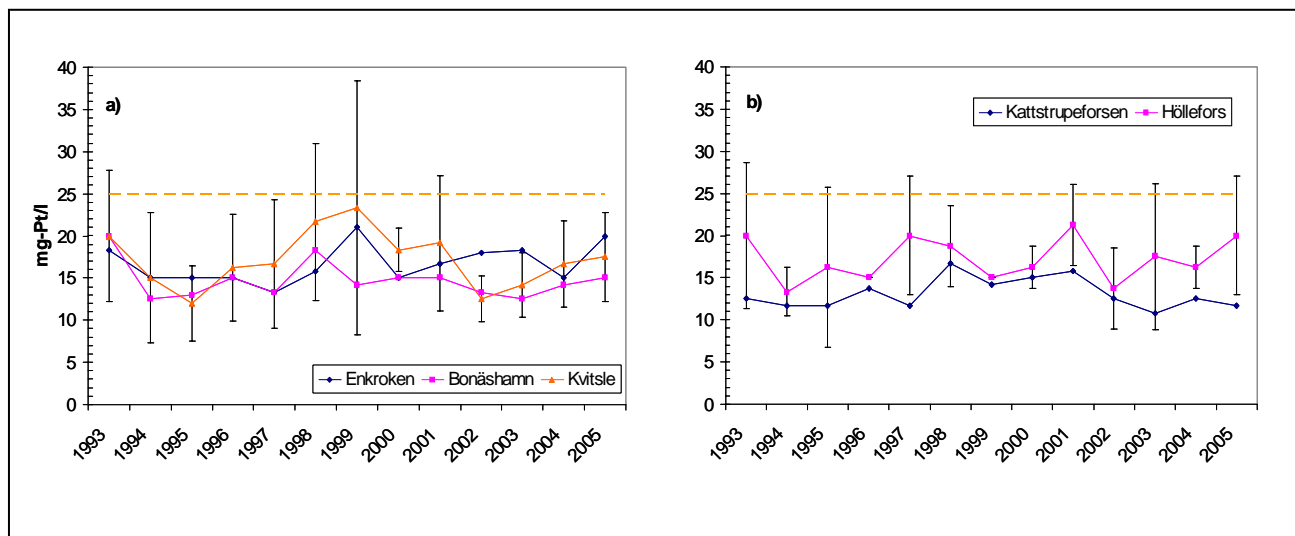
Figur 15. Turbiditet (grumlighet) i sjöar (augustivärden) uppströms (a) och nedströms Storsjön (b) samt i Storsjön (c-d). De streckade linjerna visar gränserna mellan ej eller obetydligt grumligt vatten och svagt grumligt vatten (grön linje) samt mellan svagt och måttligt grumligt vatten (gul linje) enligt SNV:s bedömningsgrunder för miljö kvalitet i sjöar och vattendrag, rapport 4913.

4.3.2 Vattendrag

Färgtal

Vattnet är mestadels svagt färgat i älvens hela sträckning. Variationerna är emellertid stora och periodvis (i samband med hög ytavrinning) kan vattnet vara måttligt färgat. Det finns ingen tendens till ökande färgtal i strömningsriktningen och heller ingen tendens till ökande färgtal med tiden.

Indalsälven har ett betydligt svagare färgat vatten jämfört med Ljusnan (7). Endast i Ljusnas övre delar, vid Ljusnedal, är färgtalet jämförbart med Indalsälvens. Den längre mätserien i Ljusnan visar att vattenfärgen har ökat kraftigt i älvens nedre delar mellan 1965 och 1980 vilket tillskrivs effekten av uppdamningen av Svegssjön. Indalsälvens vatten håller också oftast dricksvattenkvalitet med avseende på färgtal enligt Socialstyrelsens allmänna råd (8). Endast undantagsvis överskrids gränsvärdet 30 mg-Pt/l då vattnet klassas som tjänligt med anmärkning ur dricksvattensynpunkt.



Figur 16. Färgtal i vattendrag uppströms (a) och nedströms Storsjön (b). Vertikala linjer indikerar ett ungefärligt 68 % - igt konfidensintervall (medelvärde +/- en standardavvikelse). Den streckade linjen visar gränsen mellan svagt och måttligt färgat vatten enligt SNV:s bedömningsgrunder för miljö kvalitet i sjöar och vattendrag, rapport 4913.

4.4 Surhet och försurning

4.4.1 Sjöar

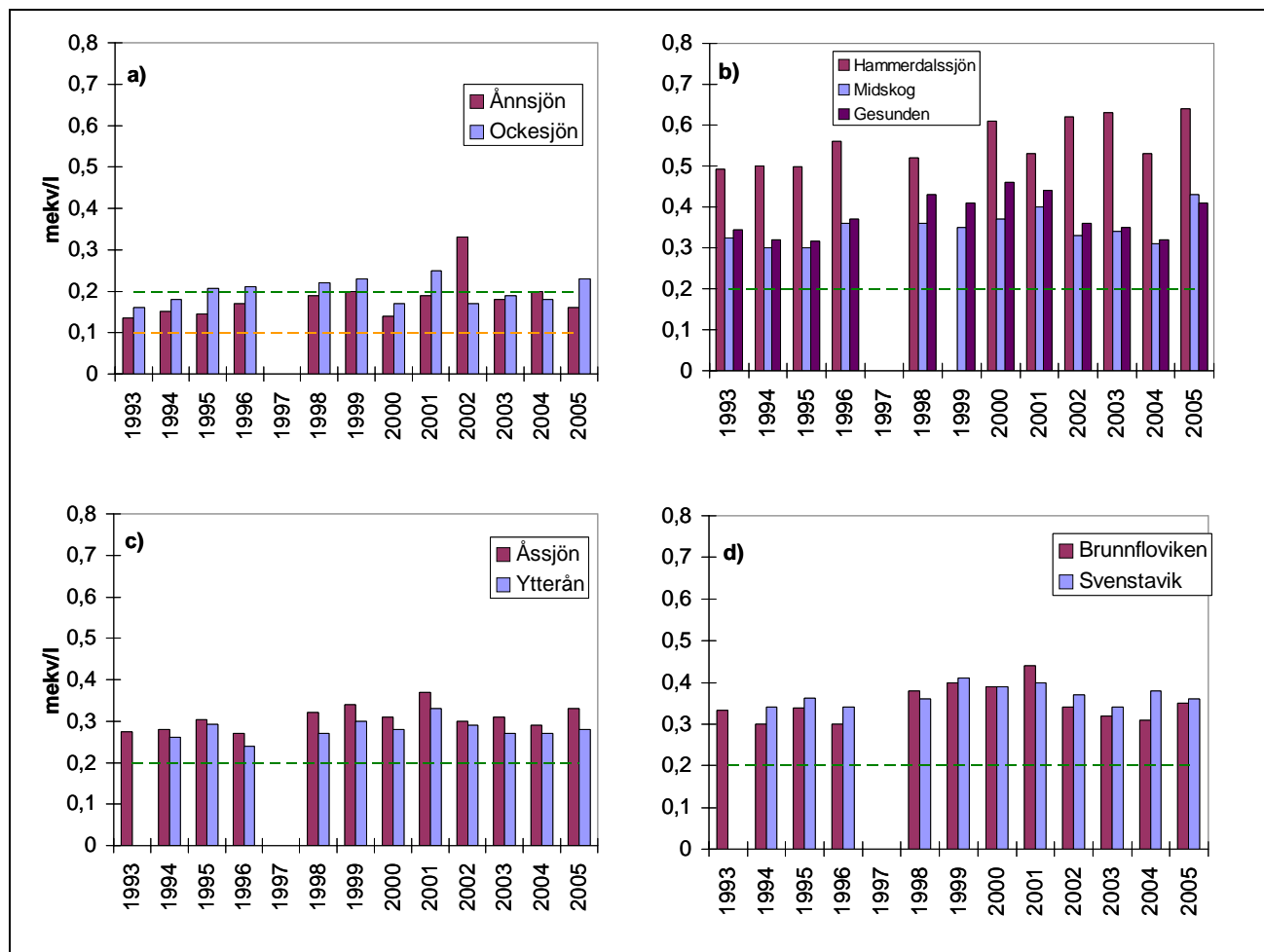
För bedömning av sjöarnas försurningstillstånd har resultaten från ytvattenprover under augusti använts.

Alkalinitet

Alkaliniteten är ett mått på försurningskänsligheten dvs vattnets buffringsförmåga mot försurande ämnen. Då alkaliniteten är hög kan vattnet tillföras stora mängder försurande ämnen utan att vattnets surhet (pH) sjunker till för fisk och småkryp skadliga nivåer. Vid låg alkalinitet, särskilt under 0,05 mekv/l ökar risken för skadligt låga pH-värden i samband med sk surstötar vid snösmältningen.

Figur 14 visar en markant ökning av alkaliniteten i sjöarna nedströms Storsjön. Stora mängder buffrande ämnen, främst vätekarbonat, tillförs vattnet genom vittring av den kalkrika berggrunden i Storsjöområdet. Det kalkrika myrarna (rikkärren) i området mellan Hammerdalssjön och Hotagsfjällen tillför Storån/Ammerån betydande mängder vätekarbonat vilket ger Hammerdalssjön en mycket god motståndskraft mot försurning.

Sjöarna i Indalsälvens övre lopp har svagare buffertkapacitet men även här tillförs buffrande ämnen genom vittring av kalkförande berglager i sådan omfattning att vattnet mestadels har en god motståndskraft mot försurning. Det finns en viss tendens till en ökning av sjöarnas buffertkapacitet under de 13 år som mätningarna gjorts.

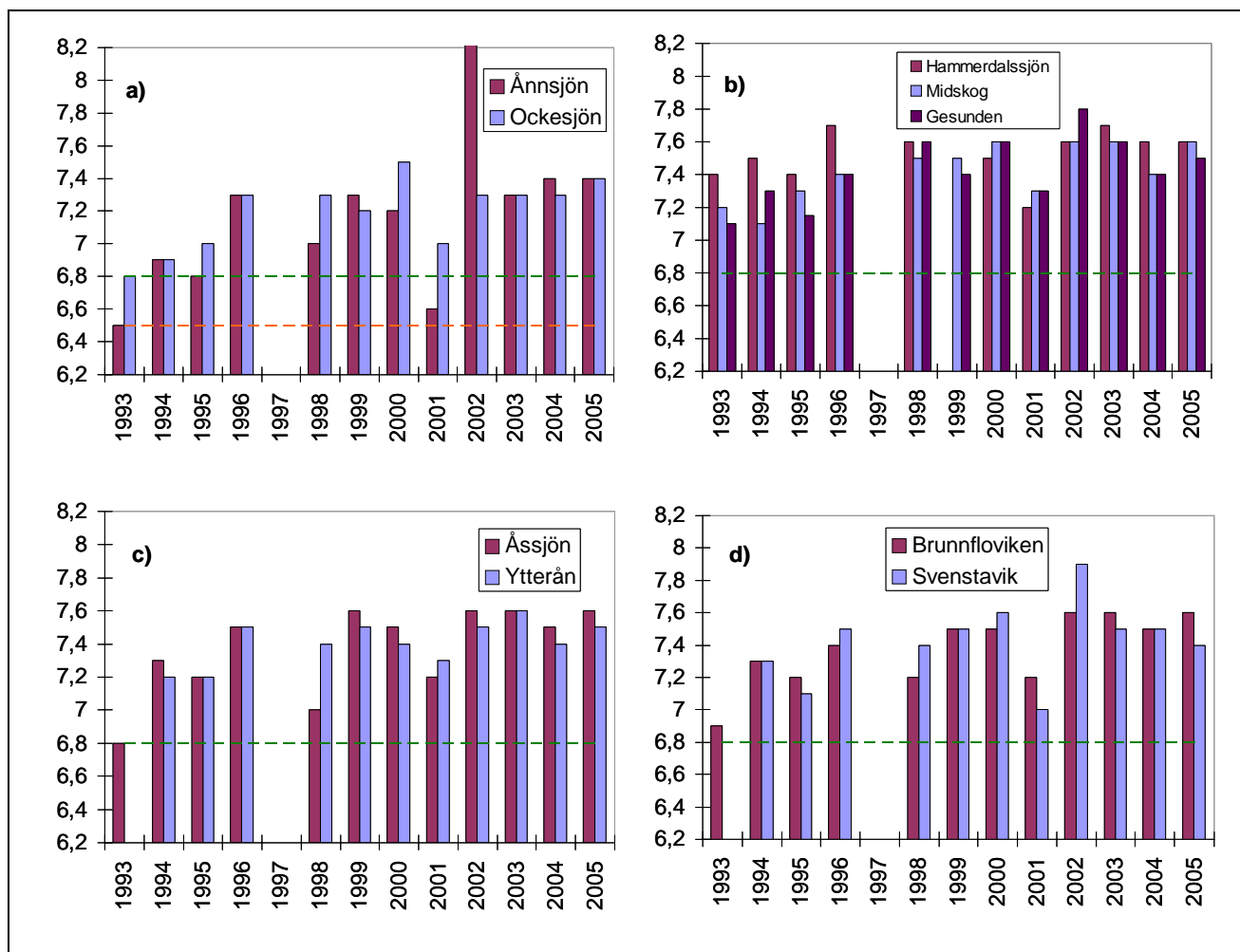


Figur 17. Alkalinitet i sjöar (augustivärden) uppströms (a) och nedströms Storsjön (b) samt i Storsjön (c-d). De streckade linjerna visar gränserna mellan svag och god buffertkapacitet (gul linje) samt mellan god och mycket god buffertkapacitet (grön linje) enligt SNV:s bedömningsgrunder för miljö kvalitet i sjöar och vattendrag, rapport 4913.

pH

Sjöarnas pH-värden är under senare år neutrala eller nära neutrala (figur 18). I sjöarna uppströms Storsjön och i Storsjön syns en ökning av pH-värdet under perioden 1993-1996. Vattnet i Ånnsjön var måttligt surt i augusti 1993 men har sedan dess haft tillfredsställande pH-värden under augustiprovtagningarna.

Även ur dricksvattensynpunkt är sjöarnas vattenkvalitet tillfredsställande med avseende på pH (8).

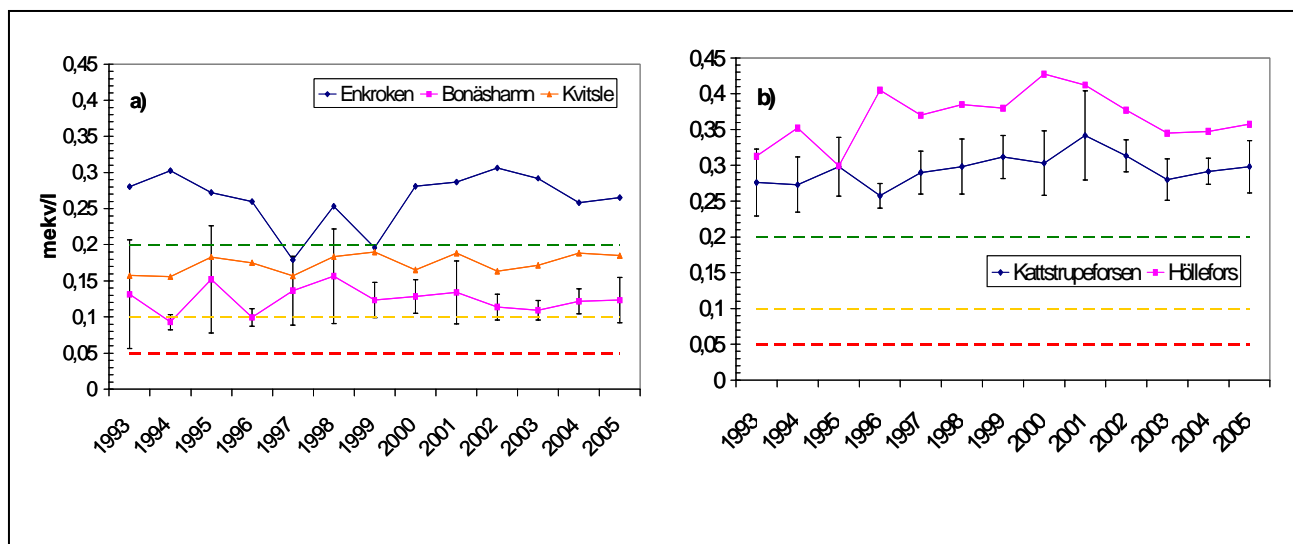


Figur 18. pH i sjöar (augustivärden) uppströms (a) och nedströms Storsjön (b) samt i Storsjön (c-d). De streckade linjerna visar gränserna mellan måttligt och svagt surt (gul linje) samt mellan svagt surt och nära neutralt (grön linje) enligt SNV:s bedömningsgrunder för miljö kvalitet i sjöar och vattendrag, rapport 4913.

4.4.2 Vattendrag

Alkalinitet

Alkaliniteten i vattendraget återspeglar förekomsten av lättvittrad kalk i tillrinningsområdet. Det kalkrika kambrosiluroområdet i Storsjöbäckenet tillför älven stora mängder buffrande vätekarbonat vilket ger en markant högre buffringsförmåga nedströms Storsjön. Kalk finns även i berggrunden i tillrinningsområdet till Enkroken i älvens västra källområden vilket ger vattnet en god buffringskapacitet. Vid Bonäshamn tillförs ett betydligt buffringssvagare vatten från de stora Sjöarna Kallsjön, Anjan, Juvuln och Torrön i Åre kommuns norra delar. Här är berggrunden mer svårvittrad och vattnet har en högre försurningskänslighet även om den långa omsättningstiden gör att vattnet ändå får en viss buffringskapacitet. Vattnet i Bonäshamn och Kvitsle har en buffertkapacitet som ligger i området svag till god. Årstidvariationerna är stora och enstaka värden i närheten av mycket svag buffertkapacitet förekommer i Bonäshamn vid mätseriens inledning år 1993.

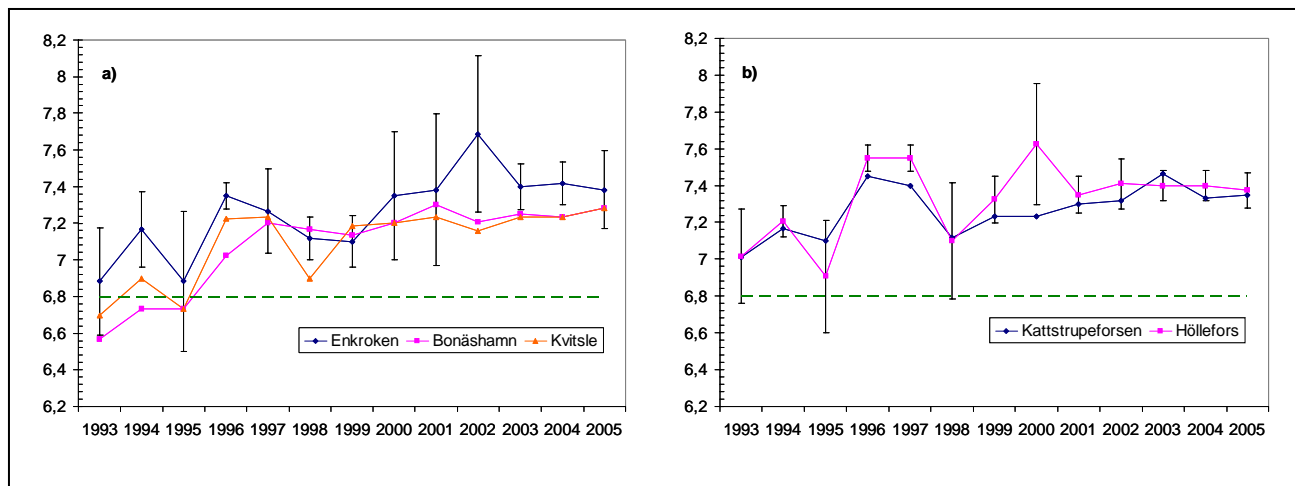


Figur 19. Alkalinitet i vattendrag uppströms (a) och nedströms Storsjön (b). Vertikala linjer indikerar ett ungefärligt 68 %-igt konfidensintervall (medelvärde \pm en standardavvikelse). De streckade linjerna visar gränserna mellan mycket svag och svag buffertkapacitet (röd linje), mellan svag och god buffertkapacitet (gul linje) samt mellan god och mycket god buffertkapacitet (grön linje) enligt SNV:s bedömningsgrunder för miljö kvalitet i sjöar och vattendrag, rapport 4913.

pH

pH-värdet i älvens övre lopp har ökat med 0,5-0,6 pH-enheter under de 13 år som mätningarna pågått (figur 20). Det innebär att vattnet i älvens övre lopp var 3-4 gånger surare i början av 1990-talet jämfört med idag. Även nedströms Storsjön syns en ökning av pH-värdet under mätperioden men startvärdet ligger på en högre nivå pga den högre buffertkapaciteten, och ökningen blir därför inte lika stor. Vid den mest försurningskänsliga mätstationen, i Bonäshamn, har pH-värdet (årsmedelvärdet) ökat från 6,6 år 1993 till 7,3 år 2005. Ökningen är starkt signifikant ($p = 0,001$). Resultaten visar att Indalsälven på senare tid har återhämtat sig från en tidigare påtaglig försurningspåverkan.

Mätningar i Ljusnan visar att pH-värdena för flera stationer var något lägre för åren 1973-1987 jämfört med senare mätningar men skillnaden var inte statistiskt signifikant (7). Vid jämförelse mellan Indalsälven och Ljusnan måste hänsyn tas till att såväl geologi som infrastruktur skiljer sig en hel del åt mellan älvdalarna. I Ljusnans övre delar är vattnet välbuffrat med mycket hög alkalinitet (ca 0,6 mekv/l vid Ljusnedal) orsakat av kalkrik berggrund. Effekten av en minskad försurningspåverkan blir därför här inte lika tydliga. Längre ner i älvdalen sker en utspädning med svagbuffrat vatten och alkaliniteten minskar i flödesriktningen, tväremot förhållandena i Indalsälven. Tidigare mätningar i Ljusnans nedre del har visat på ökande pH-värden under 1970- och 1980-talen som en följd av att utsläppen av surt processvatten från skogsindustrin minskade. I Indalsälvens avrinningsområde finns ingen sådan tung processindustri och återhämtningen från försurningen beror här med all sannolikhet på minskat nedfall av främst försurande svavelföreningar.



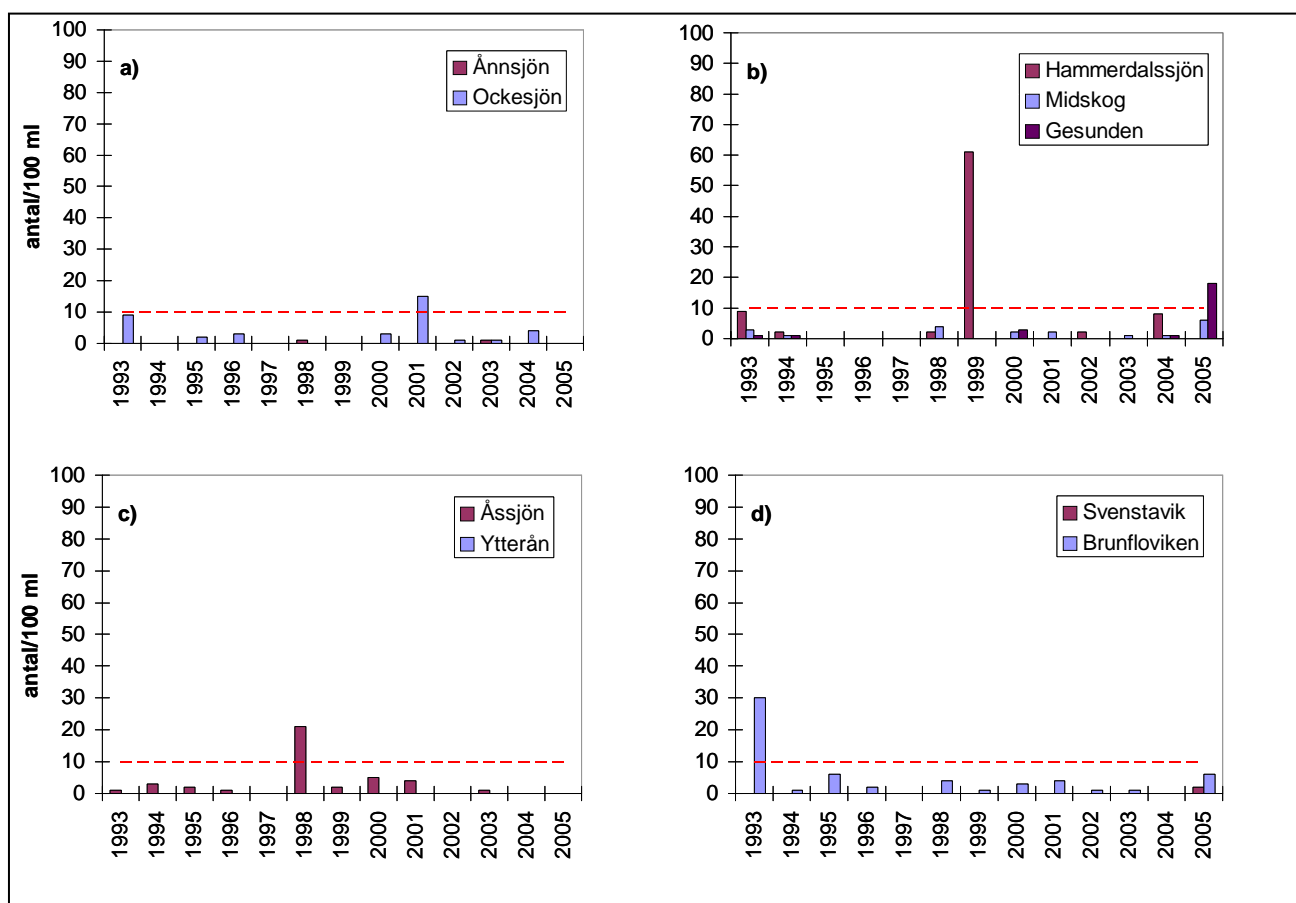
Figur 20. pH i vattendrag uppströms (a) och nedströms Storsjön (b). Vertikala linjer indikerar ett ungefärligt 68 %-igt konfidensintervall (medelvärde +/- en standardavvikelse). Den streckade linjen visar gränsen mellan svagt surt och nära neutralt enligt SNV:s bedömningsgrunder för miljö kvalitet i sjöar och vattendrag, rapport 4913.

4.5 Bakterier

Recipientkontrollen omfattar analys av förekomsten av totalhalt av odlingsbara bakterier, koliforma bakterier samt E.colibakterier (tarmbakterier) i vattnet. En viss förekomst av mikroorganismer, främst bakterier, alger och svampar, är naturligt förekommande i alla ytvatten. Höga totalhalter indikerar dock oftast föroreningspåverkan. Koliforma bakterier omfattar bakterier från tarmen i varmblodiga djur men även andra typer av bakterier från hygieniskt betänkligt ursprung som även kan förekomma i ytligt markvatten (vid hög ytavrinning ökar oftast antalet koliforma bakterier i recipienten). Störst betydelse för bedömning av vattnets hygieniska egenskaper och därmed dess användbarhet som dricksvatten för människor och husdjur har förekomsten av E.coli. E.coli förekommer uteslutande i tarmen hos varmblodiga djur och dess förekomst indikerar därför fekal förorening (avföring) i vattnet. Offentligt dricksvatten klassas som otjänlig vid påvisad förekomst av E.coli men för mindre vattenanläggningar och dricksvatten för enskild förbrukning kan 0-9 E.colibakterier/100 ml tolereras. Vattnet bedöms då som tjänligt med anmärkning (8). Vid 10 eller fler E.colibakterier/100 ml klassas alla typer av dricksvatten som otjänligt.

4.5.1 Sjöar

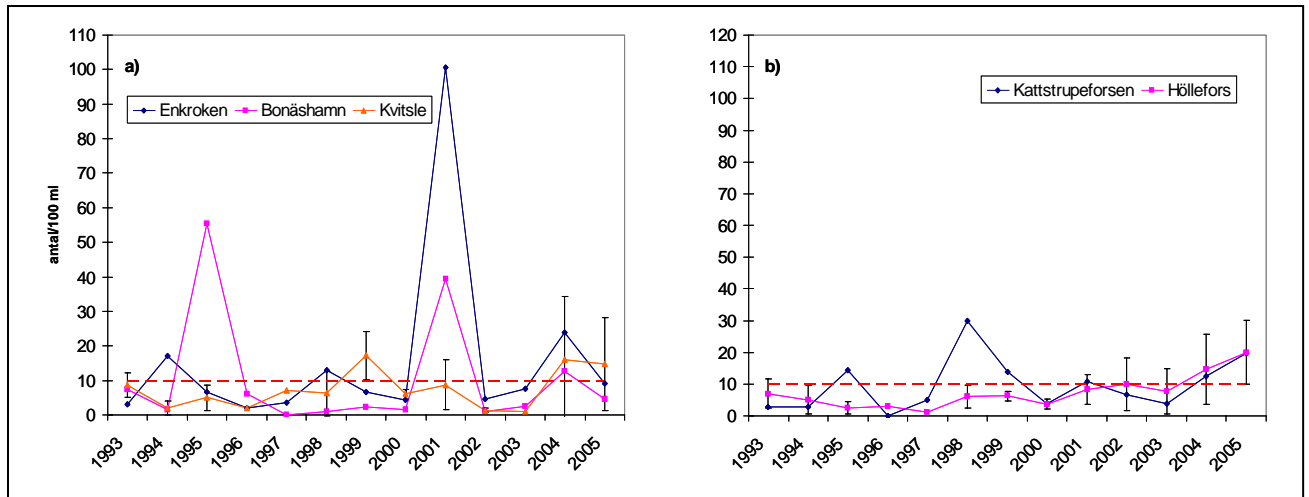
Figur 21 visar att förekomsten av E.coli (tarmbakterier) är låg eller ej påvisad i augustiprover från Ånnsjön och Midskog samt i två av provtagningspunkterna i Storsjön; Ytterån och Svenstavik. I Ockesjön, Hammerdalssjön och Gesunden, samt i Åssjön och Brunflovisen förekommer tillfälligtvis höga halter av tarmbakterier som gör vattnet otjänligt som dricksvatten även för enskild förbrukning (8).



Figur 21. Förekomst av *e.coli* (turbobakterier) i sjöar (augustivärden) uppströms (a) och nedströms Storsjön (b) samt i Storsjön (c-d). Den streckade linjen visar gränsen för otjänligt vatten enligt Socialstyrelsens allmänna råd för små anläggningar och enskilda vattentäcker SOSFS 2003:17.

4.5.2 Vattendrag

Figur 22 visar förekomsten av turbobakterier i rinnande vatten i Indalsälven. Diagrammen visar att älven i avsevärd omfattning är påverkad av fekal förorening och att målet att vattnet skall hålla dricksvattenkvalitet inte nås. I älvens nedre del, i Höllefors, har vattnet hållit en hygglig hygienisk standard under perioden 1993 – 2000 men därefter har förekomsten av *E.coli*-bakterier ökat. I Enkroken och Bonäshamn samt i Kattstrupeforsen förekommer tillfälligtvis mycket höga halter av *E.coli*. Storsjöns vatten håller med några få undantag dricksvattenkvalitet men mätfrekvensen är låg, så det kan inte uteslutas att det även här kan förekomma episoder med förhöjda halter, särskilt i provpunkterna i Åssjön och Brunflovisken som ligger i nära mer tätbebyggda områden. Den stora vattenmassan och höga omsättningstiden medför att Storsjön fungerar som ett effektivt vattenreningssystem även med avseende på bakterier vilket visas genom de mycket låga bakteriehalterna i Ytterån och Svenstavik.



Figur 22. Förekomst av *E.coli* (tarmbakterier) i vattendrag uppströms (a) och nedströms Storsjön (b). Vertikala linjer indikerar ett ungefärligt 68 %-igt konfidensintervall (medelvärde \pm en standardavvikelse). Den streckade linjen visar gränsen för otjänligt vatten enligt Socialstyrelsens allmänna råd för små anläggningar och enskilda vattentäkter SOSFS 2003:17.

5 Slutsatser

13 Års samordnad recipientkontroll av Indalsälven gör det möjligt att nu ge en någorlunda samlad beskrivning av älvens kvaliteter med avseende på näringsämnen och eutrofiering (övergödning), syretillstånd och syretärande ämnen, ljusförhållanden samt försurningsstatus. Den bild som framträder är att Indalsälven i sin huvudfåra är ett klart, syrerikt och mycket näringsfattigt vattendrag som har ett gott naturligt skydd mot försurande ämnen och försurning. En tydlig återhämtning efter försurningspåverkan på 1990-talet har skett, särskilt i älvens övre delar.

Den industriella föroreningsbelastningen är idag liten utom möjligen i älvens allra nedersta delar och påverkan av näringsämnen, främst fosfor är så låg att älven närmast riskerar att bli ”för näringsfattig”. En orsak kan vara den mycket effektiva fosfor-reningen i kommunernas reningsverk men den omfattande vattenregleringen kan möjligen också ha en betydelse i sammanhanget. Älven har gradvis, sedan 1960-talet, gått mot ett allt näringsfattigare tillstånd. De arealspecifika förlusterna av fosfor och kväve är mycket låga till låga vid Hölleforsen men förlusten av fosfor ökar något i den allra nedersta älvsträckan, vid Indalsälvens delta. De mycket låga fosforhalterna i stora delar av Indalsälven medför att det idag finns ett visst utrymme för ökad fosforbelastning utan att älvens ekologiska status som näringsfattig norrlandsälv hotas.

Påverkan från jord och skogsbruk samt avloppsutsläpp och dagvatten från bebyggda områden utgör idag de största kända föroreningskällorna. Förekomsten av organiskt material och kväve ökar i strömningsriktningen och det finns även en liten tendens till ökning med tiden. Oroväckande i sammanhanget är att syretäring och syrebrist har kunnat påvisas i Midskogs bottenvatten på senare tid. Den utlösande orsaken var två extremt varma somrar men det kan inte uteslutas att en viss ökning av halten organiskt material kan ha spelat en roll i sammanhanget.

Den relativt sett ringa föroreningsbelastningen gör att älven ur ett fysikaliskt/kemiskt perspektiv som regel håller dricksvattenkvalitet. I områden med bebyggelse påverkas dock vattnet av bakterier i sådan omfattning att vattnet periodvis är otjänligt. Särskilt allvarlig är påverkan av tarmbakterier (*E.coli*) som indikerar risk för att sjukdomsframkallande organismer kan förekomma i vattnet. Vattenvårdsförbundets målsättning att Indalsälvens vatten skall hålla dricksvattenkvalitet uppfylls därför inte.

6 Referenser

1. Blomqvist E. (1970). Indalsälven en kraftkälla. Östersund: AB Wisénska bokhandelns förlag.
2. SNV rapport 3108. (1986). Metodbeskrivningar, recipientkontroll vatten. Del 1, undersökningsmetoder för basprogram. Solna: Naturvårdsverket.
3. SNV rapport 4913. (1999). Bedömningsgrunder för miljö kvalitet. Sjöar och vattendrag. Solna: Naturvårdsverket.
4. Örenmark, U. (2000). Utvärdering av mätosäkerhet i kemisk analys. SP Rapport 2000:17. Borås: Sveriges Provnings och Forskningsinstitut, Kemi och Materialteknik.
5. Lagerman, B. (1999). Mätosäkerheter ifrån provningsjämförelsedata. Stockholm: Institutet för tillämpad miljöforskning (ITM).
6. Indalsälvens Vattenvårdsförbund (1999). Recipientkontroll 1996-1998. Strömsund: EM-LAB
7. Ljusnan-Voxnans vattevårdsförbund (2004). Årsrapport 2004. [WWW dokument (PDF)]
URL <http://www.lvvf.se/lvlab/lvvvf/dokument/Årsrapport%202004.pdf>.
8. SOSFS 2003:17. Försiktighetsmått för dricksvatten. Allmänna råd. Stockholm: Socialstyrelsen.