

Christer Lännergren/VV  
 Stockholm Vatten  
 Tel 08 5221 2454  
 christer.lannergren@stockholmvatten.se

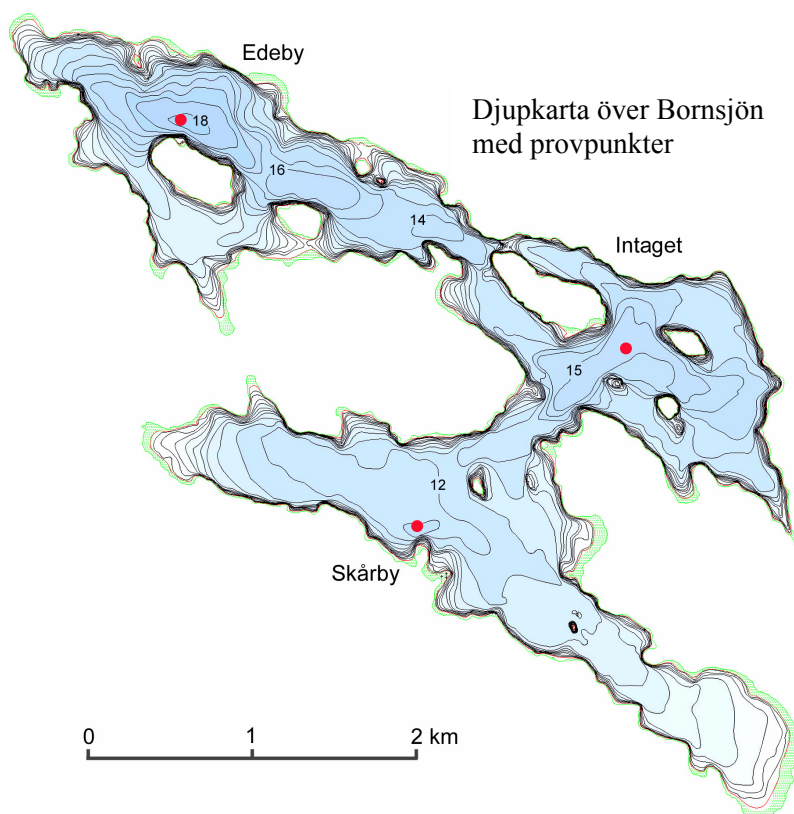
## Bornsjön – undersökningar till juli 2006

Undersökningarna i Bornsjön har fortsatt efter det program som löpt i stort sett oförändrat sedan början av 1990-talet. Den senaste avrapporteringen, som var relativt fyllig, gjordes 2003 och beskrev utvecklingen i Bornsjön till och med 2002. I den föreliggande ganska kortfattade rapporten, som ska ses som ett komplement till den tidigare, redovisas utvecklingen fram till juli 2006.

### Provtagning

Bornsjön består av tre bassänger, som är åtskilda av ganska djupt belägna trösklar. Prover har tagits vid en punkt i vardera bassängen 8-10 gånger per år – 2004 betydligt tätare vid Edeby och Intaget pga försök med utpumpning av bottenvatten från Edeby. Provtagningspunkterna visas på kartan nedan, provtagningsdjup och parametrar framgår av nedanstående tabeller.

<i>Provtagningsdjup, m.</i>			<i>Analyserade parametrar</i>	
Edeby	Intaget	Skårby		
0	0	0	Siktdjup	Totalfosfor
5	5	5	Temperatur	Fosfatfosfor
7	7	7	Konduktivitet	Totalkväve
10	10	10	Syre	Nitrit+nitratkväve
12	12	12	Svavelväte	Ammoniumkväve
14	14		Klorofyll a	Kisel
17				



## Temperatur och syre

Temperaturskiktningen är stabil under sommar och tidig höst. Språngskiktet ligger först på ca 5 m och sjunker sedan gradvis fram till höstomblandningen som inträffar i september-oktober (Fig 1).

Efter etableringen av språngskiktet minskar syreinnehållet med i storleksordningen 0,10-0,14 mg L<sup>-1</sup> dag<sup>-1</sup> utan tydliga förändringar sedan början av 1990-talet (Fig 2). Syrehalterna är låga efter juli-augusti (Fig 3, 4 A och B). Svavelväte har undantagsvis påträffats på 17 m djup i den nordvästra bassängen (Edeby). Bottenvattnet i den nordöstra bassängen (Intaget) har sedan 1987 luftats med ett Limno-aggregat, som inte stör den vertikala skiktningen, vilket har hindrat uppkomsten av mycket låga syrehalter. 2004 avbröts luftningen pga försöken med utpumpning av bottenvatten från Edeby. Låga syrehalter förekom då på 10 m och innehållet var i det närmaste uttömt från början av augusti på 12 och 14 m djup (Fig 3, 4 B).

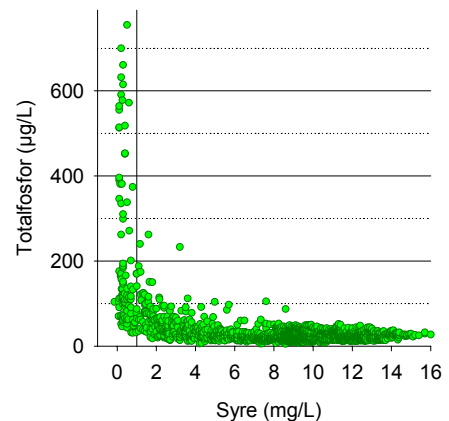
## Fosfor

### Halter

Fosforinnehållet i ytvattnet (0-5 m) varierar kraftigt under året med de högsta halterna efter höstomblandningen när de stora mängderna som frigörs från botten vid låga syrehalter kommer ut i vattnet. De högsta halterna ökade efter 90-talet från ca 30 µg/L till nära 50 µg/L 2000-2002. Därefter har halterna sjunkit något – ett undantag var 2004 med höga halter särskilt vid Intaget som en följd av låga syrehalter pga av den avbrutna luftningen (Fig 5).

Halterna av totalfosfor i augusti har inte visat någon tendens mot högre eller lägre värden sedan början av 90-talet.

Genomsnittet för de tre provpunkterna har varit 15 µg/L, vilket enligt Naturvårdsverkets bedömningsgrunder<sup>1</sup> innebär måttligt höga halter (klass 2: 12,5-23 µg/L).



Sambandet mellan syreinhåll och fosforhalter.

Halterna har varit höga i bottenvattnet, upp till knappt 800 µg/L. Sambandet med syre är starkt, och alla halter >300 µg/L har förekommit vid en syrehalt <1 mg/L (Fig 6, figuren ovan).

### Mängder

Pålitliga mängdberäkningar kan inte göras för den södra bassängen. Arealen är stor och halterna varierar troligen mellan de olika delarna pga inflödet från sydväst där vatten från ungefär 2/3 av tillrinningsområdet kommer med Sigmadiket.

I den nordöstra bassängen (Intaget) var de största totalfosformängderna under 90-talet 6-700 kg och ökade till ca 900 kg 2000-2001. Mängderna var stora 2004, i samband med höstcirkulationen drygt 1200 kg. Ökningen i början av 2000-talet var större i den nordvästra bassängen (Edeby), från som mest under 90-talet ca 800 kg till ca 1200 kg 2000-2001. Mängderna i båda bassängerna har minskat efter 2001 men är fortfarande större än under 90-talet (Fig 7 A och B).

Mängden fosfatfosfor har visat ungefär samma förändringar som totalfosfor. Variationerna under året är dock betydligt större. Under vårbloomingen tar planktonalgerna upp hela vattenmassans fosfatinhåll. Under hösten ökar fosfatmängden mycket kraftigt – vid Intaget med 400-600 kg och vid Edeby med 600-1000 kg, den största ökningen 2000-2002 (Fig 7 A och B).

<sup>1</sup> Bedömningsgrunder för miljö kvalitet – Sjöar och vattendrag, Rapport 4913 (1999).

Totalfosforhalten kan bedömas antingen för augusti enbart eller för perioden maj-oktober. Det senare är inte lämpligt i Bornsjön pga den kraftiga ökningen vid höstcirkulationen, som de flesta år inträffar i oktober. För totalkväve finns bara alternativet maj-oktober med (den felaktiga) motiveringen att totalkväve är mer variabelt under säsongen än totalfosfor.

## Kväve

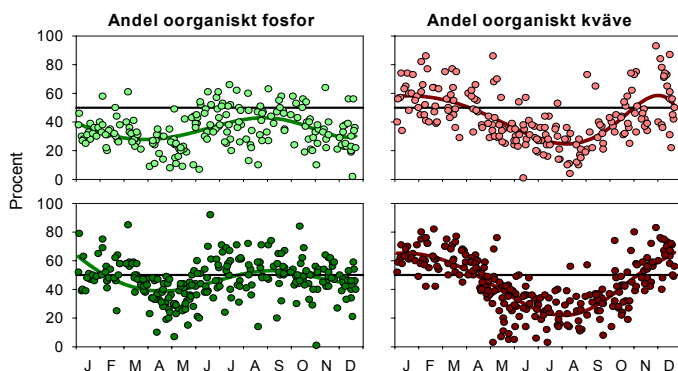
### Halter

Halterna av totalkväve i ytvattnet varierar betydligt mindre under året än totalfosforhalterna. Halterna har varit relativt konstanta sedan början av 90-talet med i genomsnitt för perioden maj-oktober 370 µg/L, liksom fosfor en måttligt hög halt (klass 2: 300-625 µg/L) enligt Naturvårdsverkets bedömningsgrunder (Fig 8).

Variationerna i ytvattnets innehåll av oorganiskt kväve (nitrit+nitratkväve + ammoniumkväve) är stora, från över 200 µg/l före vegetationsperioden till nära 0 under sommaren. Jämfört med 1990-talet (1995-98) har halterna under 2000-talet varit högre både i februari och efter vegetationsperioden i november (Fig 9).

### Mängder

Det totala kväveinnehållet i de två norra bassängerna minskade något i slutet av 1980-talet och har därefter med små förändringar varit ca 8000 ton i vardera bassängen. Nitrit+nitratkväve är den dominerande formen av oorganiskt kväve. På samma sätt som fosfatfosfor är mängderna mycket variabla och har i båda bassängerna ökat med upp till 4000 ton efter höstcirkulationen.



Variationer under året av andelen oorganiskt fosfor (fosfat) och kväve (ammonium, nitrit och nitrat) som procent av totalmängderna i Bergaholmsdicket (överst) och Oxelbydicket. Figur 13 B i Lännergren C.: Bornsjöns tillflöden – Provtagningar till och med 2005 MV-0639 (2006).

Det är stor skillnad mellan tidpunkten för ökningen av nitrit+nitrat och ökningen av fosfatfosfor. Fosfatmängden ökar direkt vid höstcirkulationen varefter mängden minskar innan vårbloomingen börjar. Ökningen av nitrit+nitratkväve kommer ungefär en månad senare och fortsätter över årsskiftet (Fig 10). Förklaringen till skillnaderna är dels att bara små mängder kväve frigörs från botten (huvudsakligen som ammonium) och att höstcirkulationen därför inte medför någon dramatisk ökning av kvävemängderna i vattnet, och dels att halterna av oorganiskt kväve, i motsats till fosfat, är höga i tillrinningen under senhöst och vinter (figuren till vänster).

## Förhållandet kväve-fosfor

Medianvärdet för förhållandet mellan totalhalterna av kväve och fosfor i ytvattnet (0-5 m) har sedan 1992 varit 14:1 i februari, 24-26:1 under perioden juni-augusti och bara 11:1 i november då fosforhalterna är höga efter höstomblandningen (Fig 11). Naturvårdsverkets bedömningsgrunder anger 15-30:1 som ett balanserat förhållande och den låga kvoten i februari och november tyder på kvävebrist. Kvävebrist antyds också av förhållandet mellan oorganiskt kväve och fosfatfosfor med ett medianvärde i februari-mars av ca 5,2-5,4:1 – långt under 7,2:1 som är det förhållande i vilket en standardalg behöver kväve och fosfor – och i oktober-november bara 1,0-2,5:1 (Fig 11).

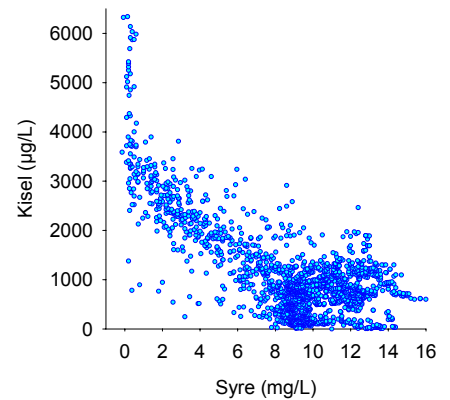
Det är däremot svårt att påvisa kvävebrist under vegetationsperioden med de vattenkemiska provtagningarna. Ett överskott av oorganiskt kväve har vanligen funnits i ytvattnet samtidigt som fosfatinnehållet varit uttömt. Den motsatta situationen har bara kunnat påvisas vid enstaka tillfällen, främst under hösten i den södra bassängen (Skårby) som påverkas mest av utflödet från Sigmadicket, det största vattendraget i Bornsjöns tillrinningsområde (Fig 12).

## Kisel

Kiselhalterna i ytvattnet minskar kraftigt under vår försommar, som mest (2001) från ca 2000 till 100 µg/L. Låga halter, som kan antas vara begränsande för tillväxthastigheten, är relativt ovanliga – halter <30 µg/L har sedan 1995 bara förekommit 2004 och 2006, i maj och augusti (Fig 13).

Halterna i ytvattnet har visat samma förändringar som fosforhalterna, med en ökning från 1990-talet till höga värden i början på 2000-talet och därefter en minskning (Fig 13). Förändringarna har varit särskilt tydliga i den södra bassängen (Skårby).

Bottenvattnet har innehållit betydligt högre halter, de högsta, över 4000 µg/l, när syreinhålllet varit i det närmaste uttömt (Fig 14, figuren till vänster).



Sambandet mellan syreinhåll och kiselhalter.

## Klorofyll a och siktdjup

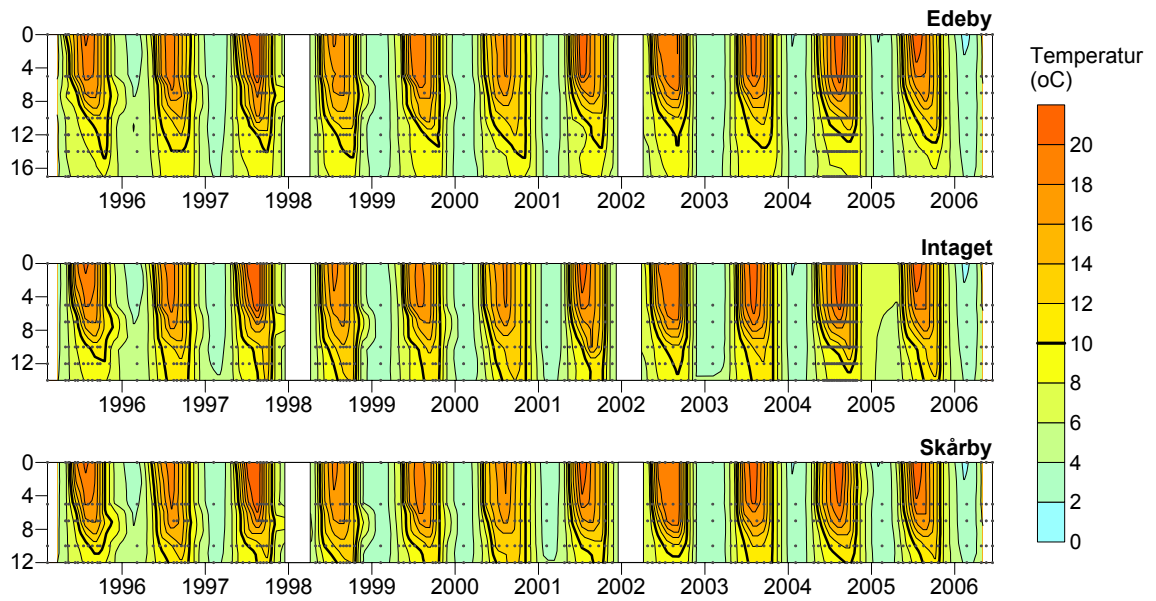
Klorofyllinnehållet ökade oregelbundet från senare delen av 1990-talet till höga halter 1999-2001 och har sedan minskat (Fig 15). Halterna har tillfälligt varit mycket höga under april-augusti, medianvärdena har emellertid varit förvånansvärt lika för alla månader från februari till november (tabellen till höger).

Bedömning av klorofyllhalter kan göras både för perioden maj-oktober och enbart för augusti. Enligt båda bedömningarna var halterna i de flesta fall *höga* 2000-2002 och därefter i allmänhet *måttligt höga* (Fig 15).

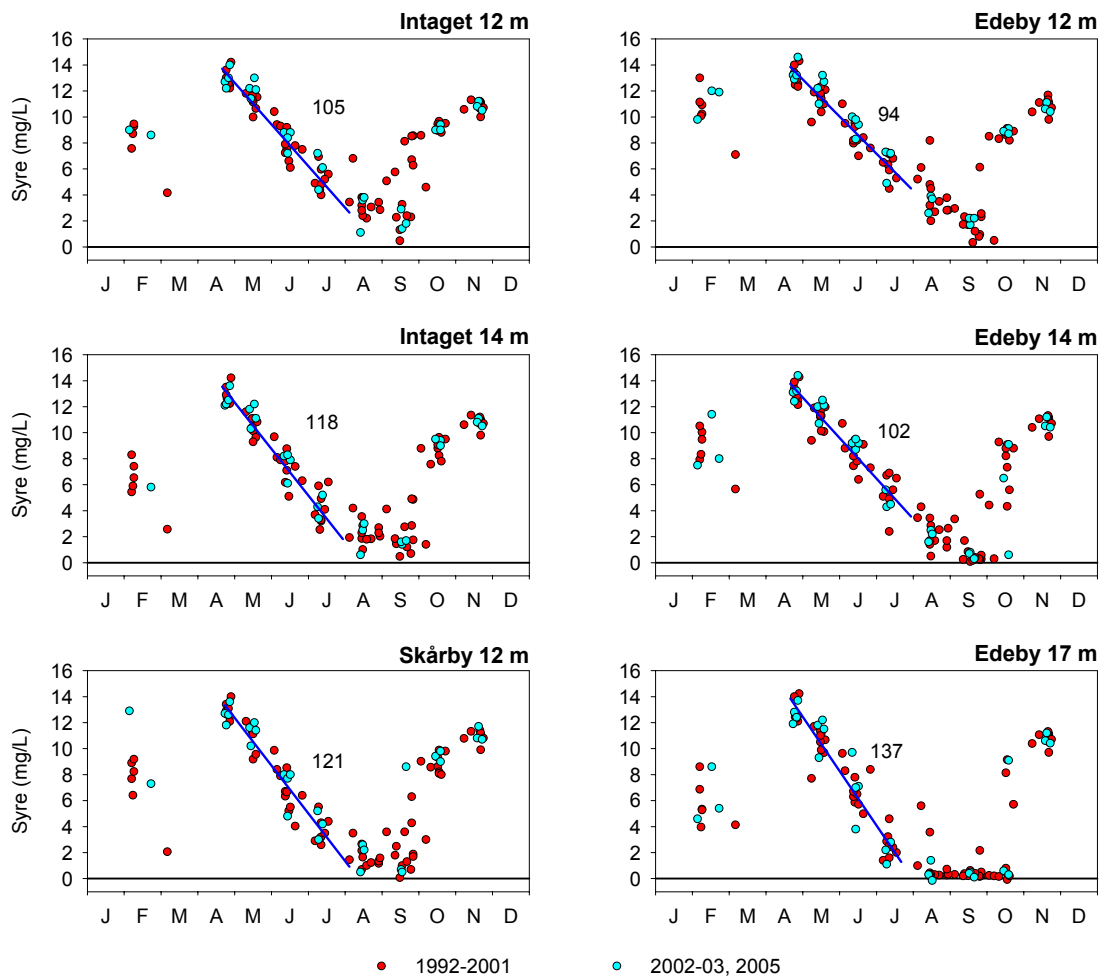
Siktdjupet, som till stor del beror på mängden planktonalger, minskade från början av 1990-talet till början av 2000-talet. Efter 2002 har siktdjupet ökat, främst i den nordöstra bassängen (Intaget). Med undantag av Intaget där siktdjupet var *stort* 2005, har variationerna under senare år varit inom gränserna för *måttligt siktdjup* enligt Naturvårdsverkets bedömningsgrunder (Fig 16).

Klorofyllhalter, medianvärden 1995-juni 2006

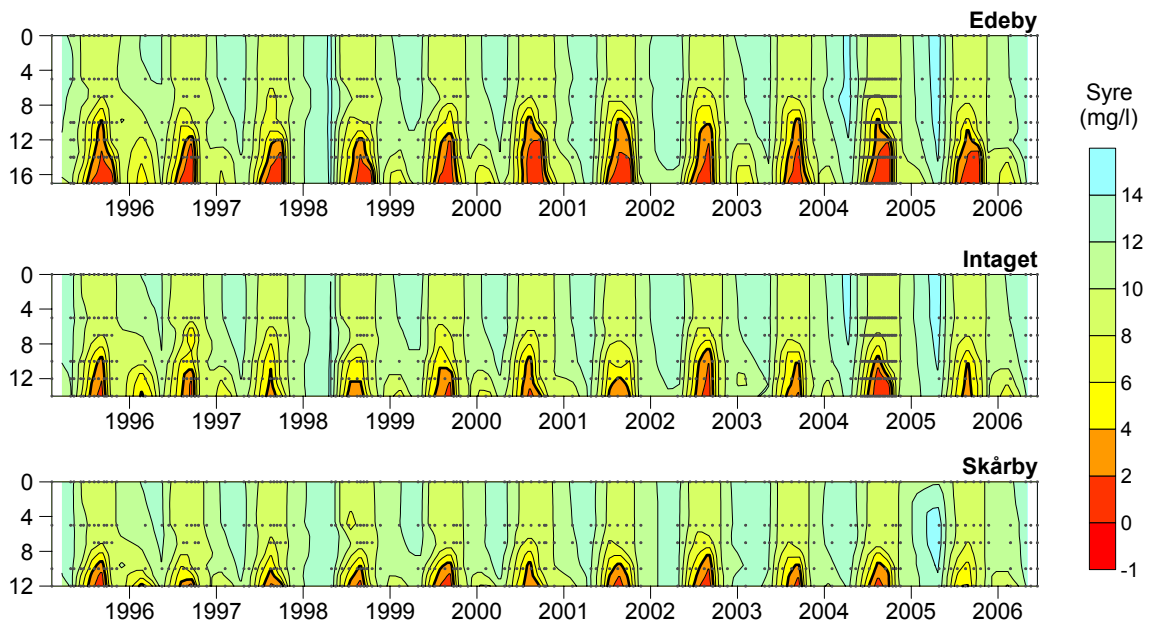
Månad	Klorofyll a (µg/L)
Feb	3,9
April	4,8
Maj	4,2
Juni	3,3
Juli	4,1
Aug	3,4
Sept	3,6
Okt	3,4
Nov	3,8



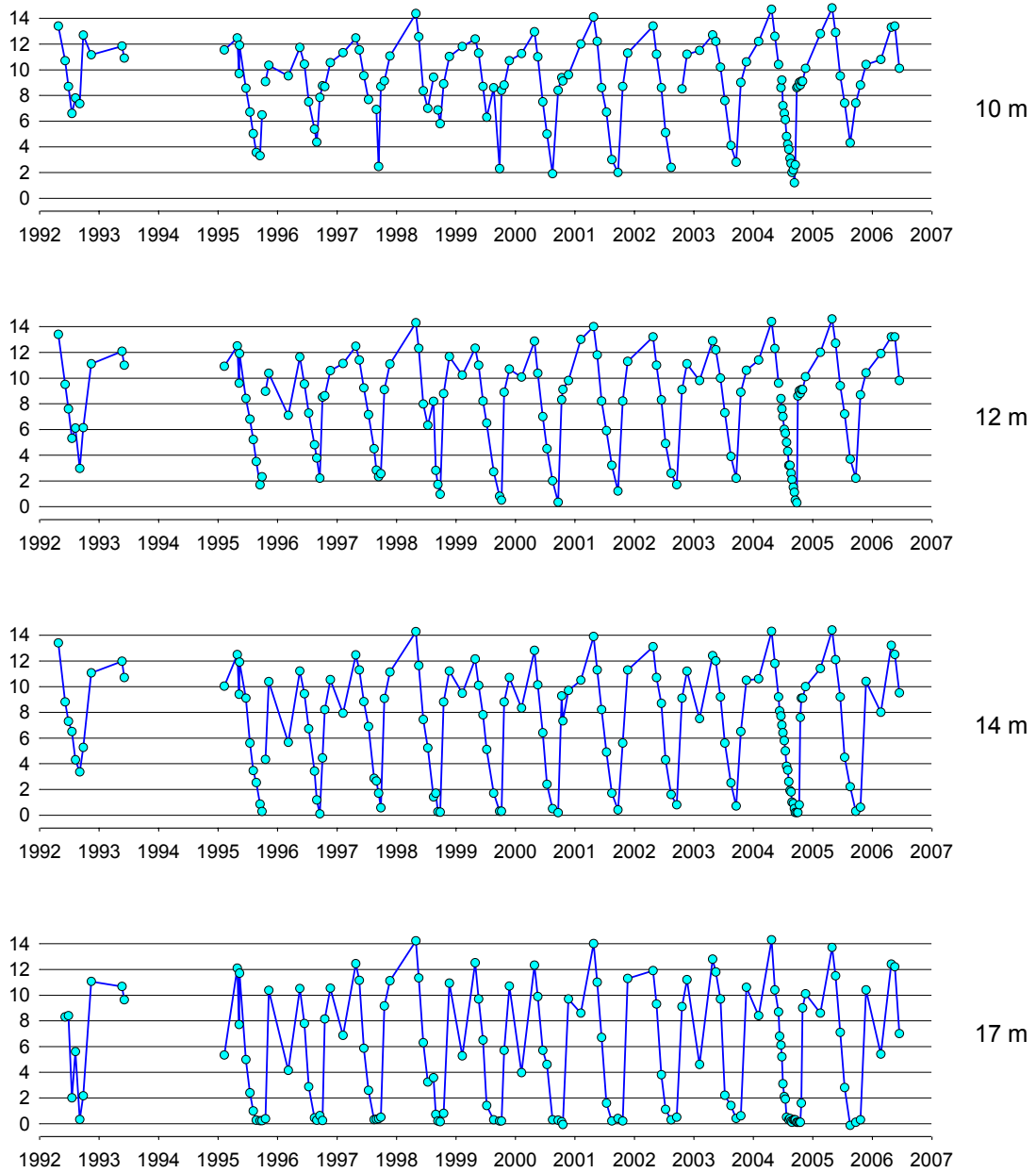
Figur 1. Temperatur (°C) 1995-2006.



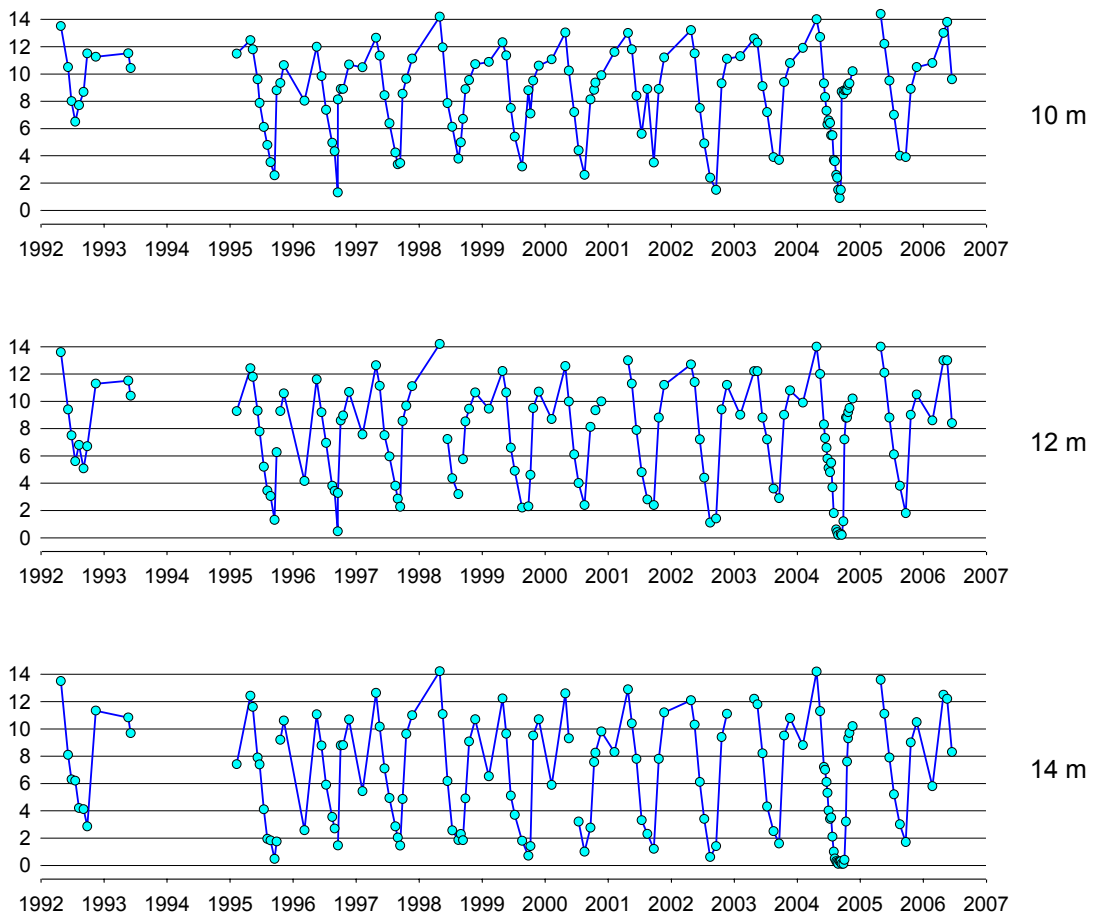
Figur 2. Förändring under året av bottenvattnets syreinhåll. Siffrorna anger syretäringshastigheten som  $\mu\text{g L}^{-1} \text{dag}^{-1}$  under perioden med linjär minskning.



Figur 1. Syrehalter (mg/L) 1995-2006.

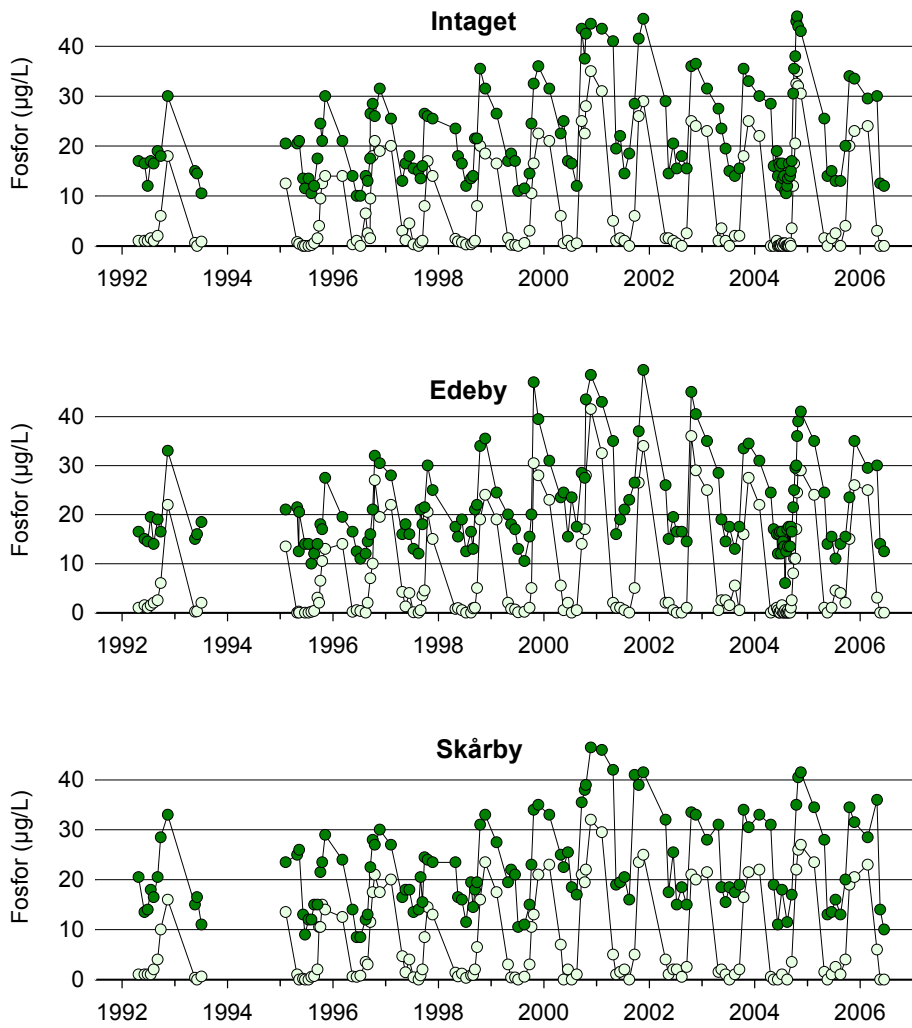


Figur 4 A. Syrehalter på 10-17 m djup vid Edeby.

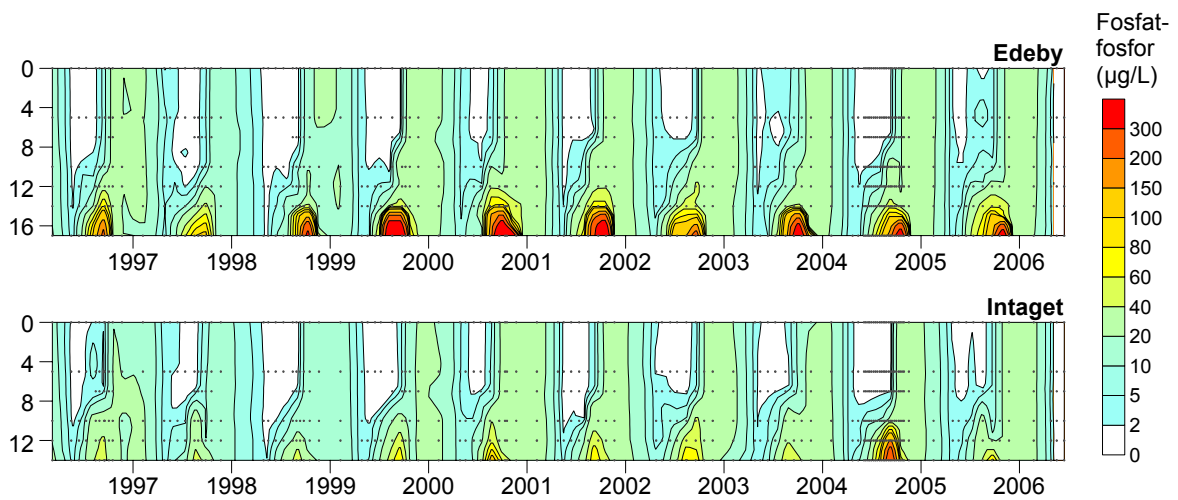


**Figur 4 B.** Syrehalter på 10-14 m djup vid Intaget.

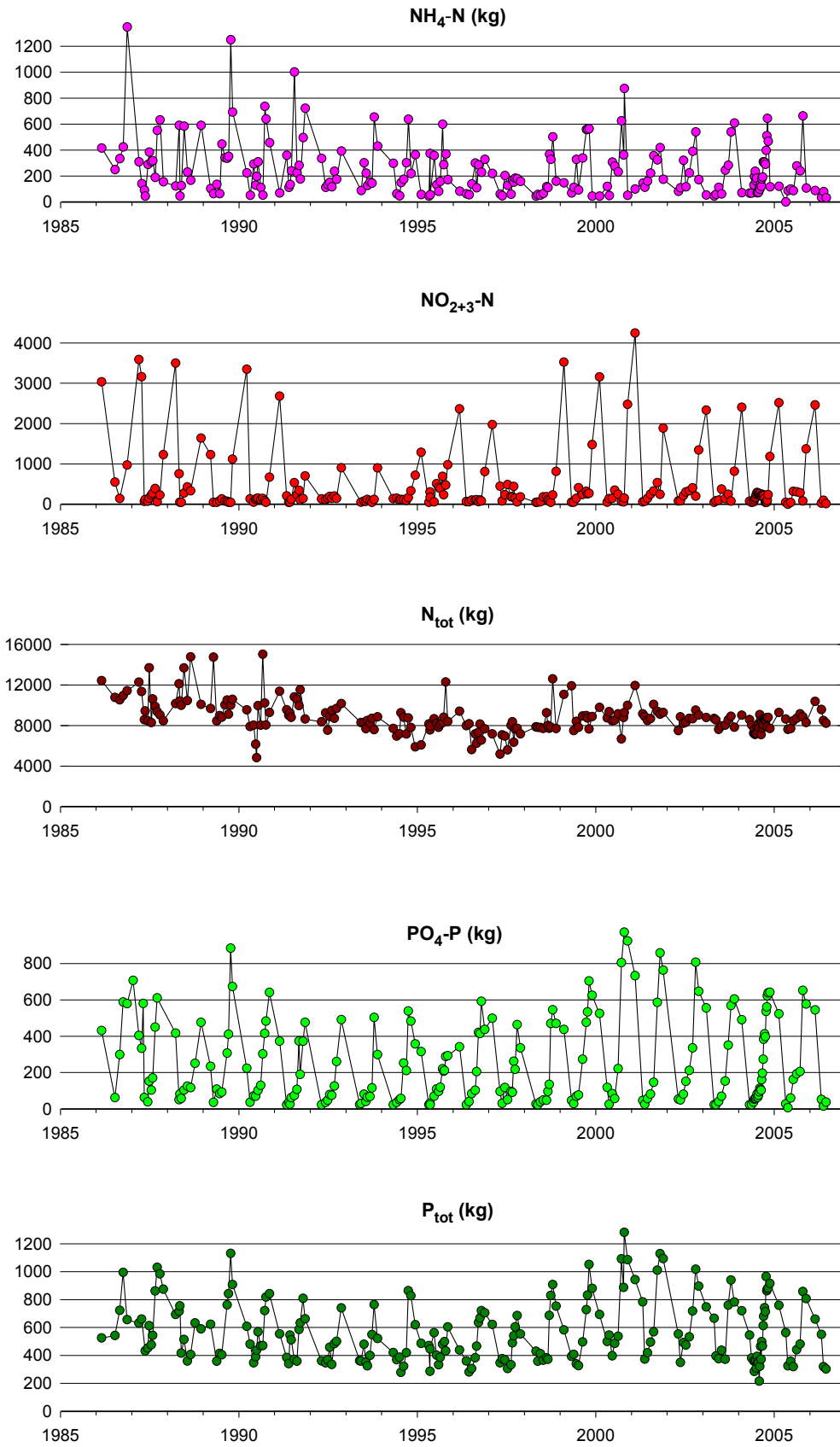




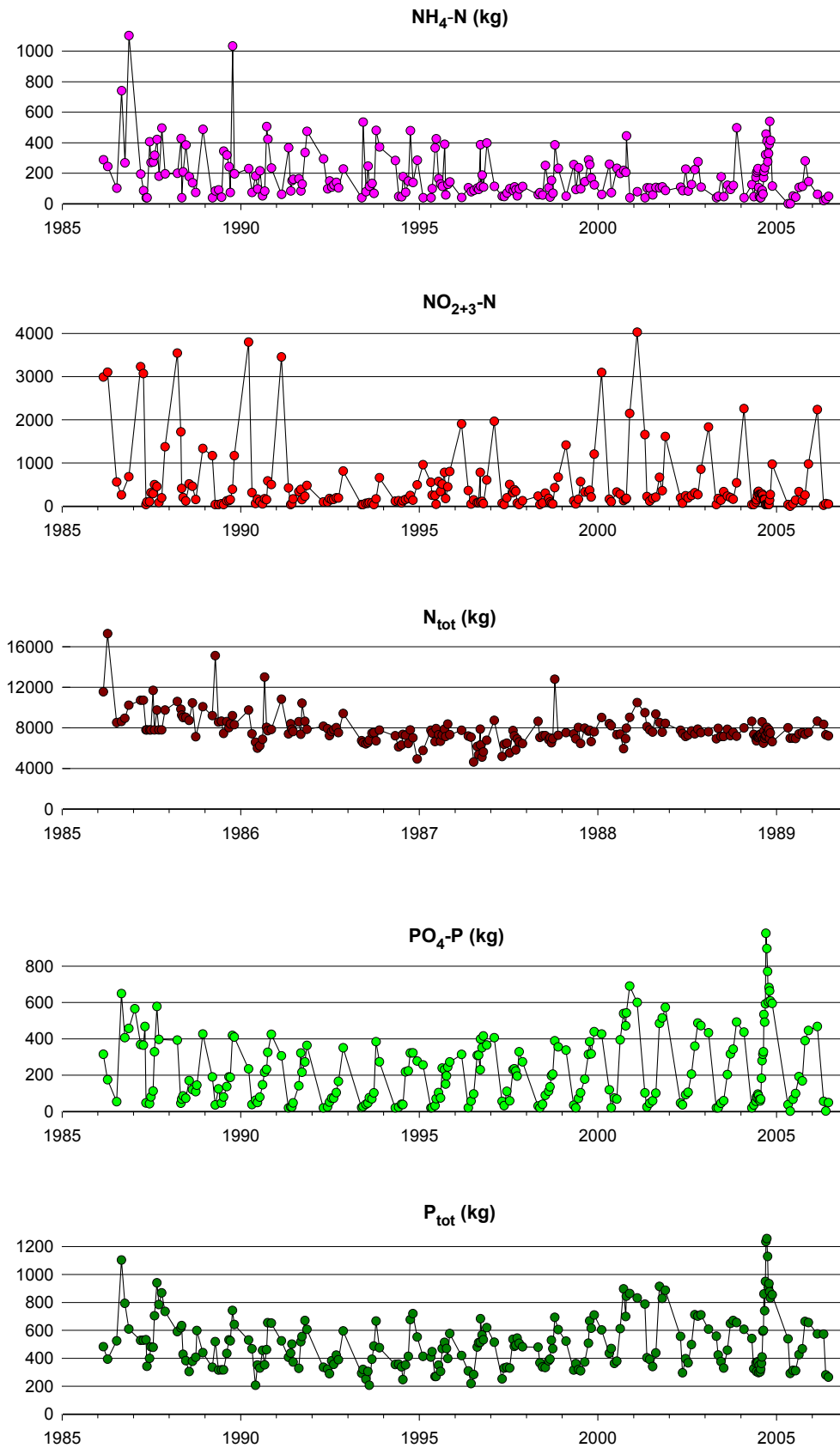
Figur 5. Total- och fosfatfosforhalter ( $\mu\text{g/L}$ ) i ytvattnet 0-5 m



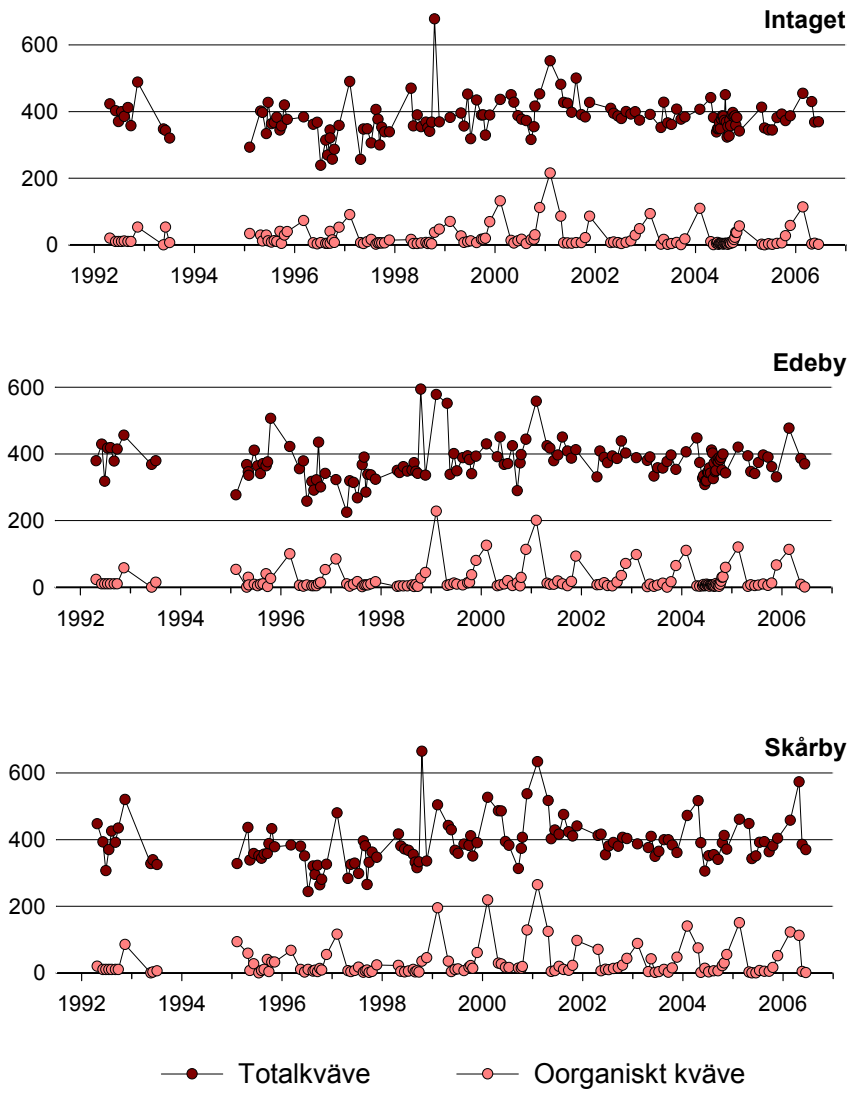
Figur 6. Fördelningen av fosfatfosfor vid Edeby och Intaget 1996-2006.



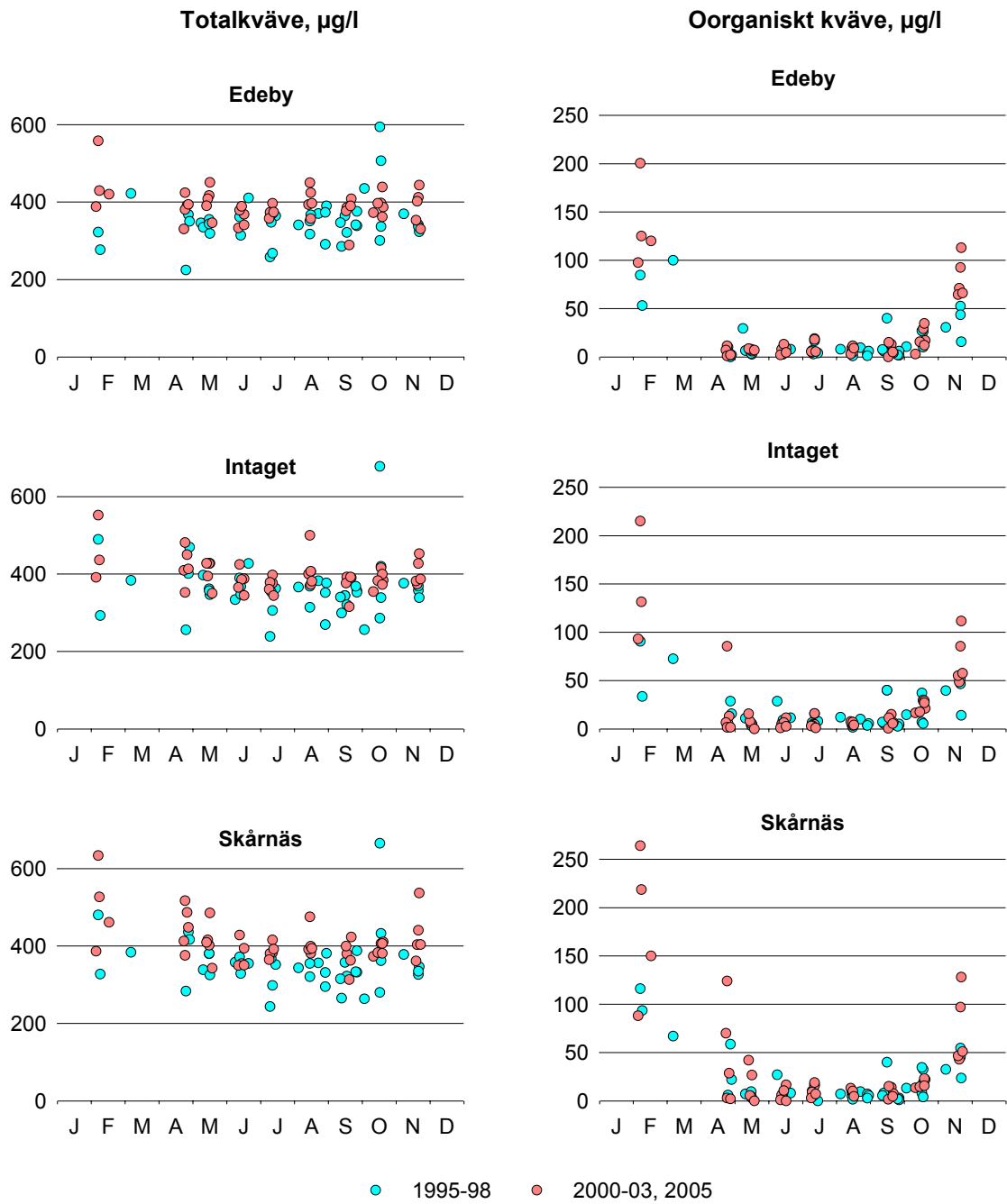
Figur 7 A. Mängder (kg) av kväve och fosfor i hela vattenmassan 0-17 m vid Edeby.



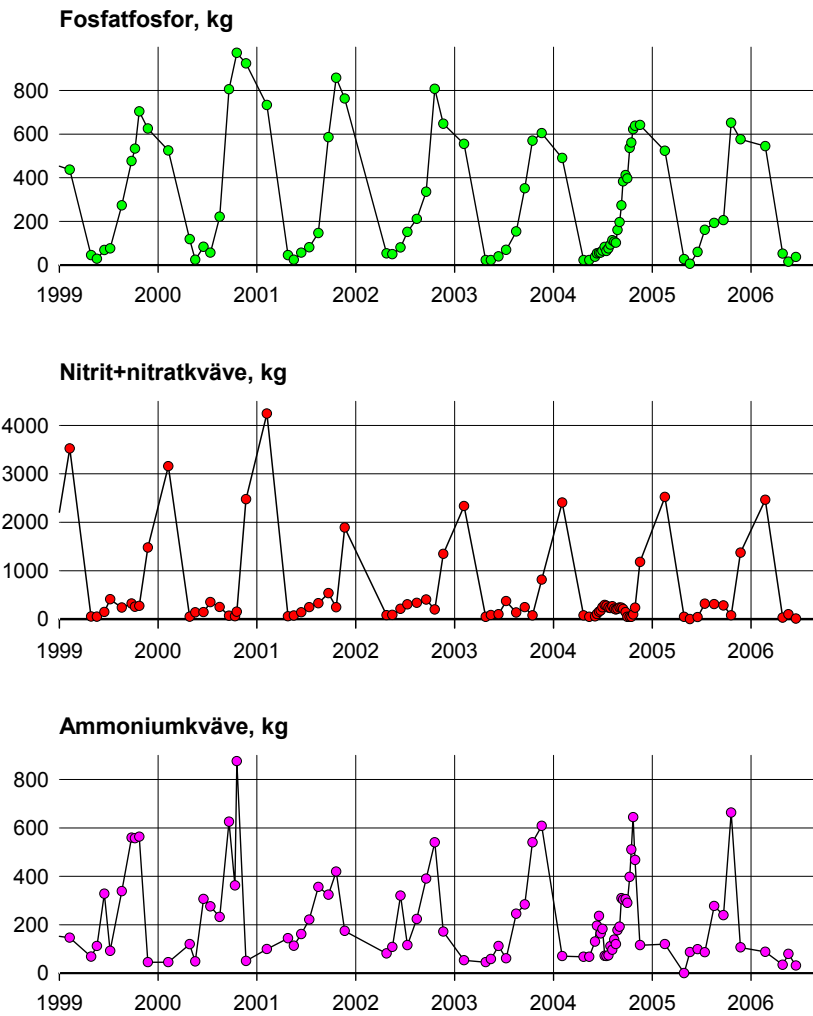
Figur 7 B. Mängder (kg) av kväve och fosfor i hela vattenmassan 0-16 m vid Intaget.



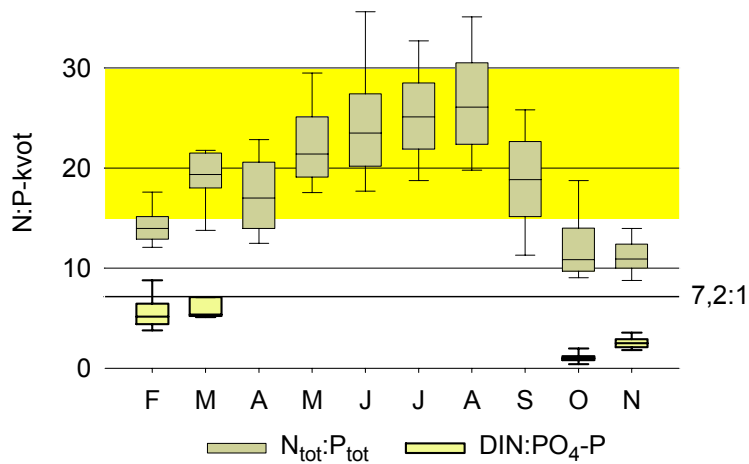
**Figur 8.** Halter av totalkväve och oorganiskt kväve (nitrit+nitratkväve + ammoniumkväve) i ytvattnet 0-5 m.



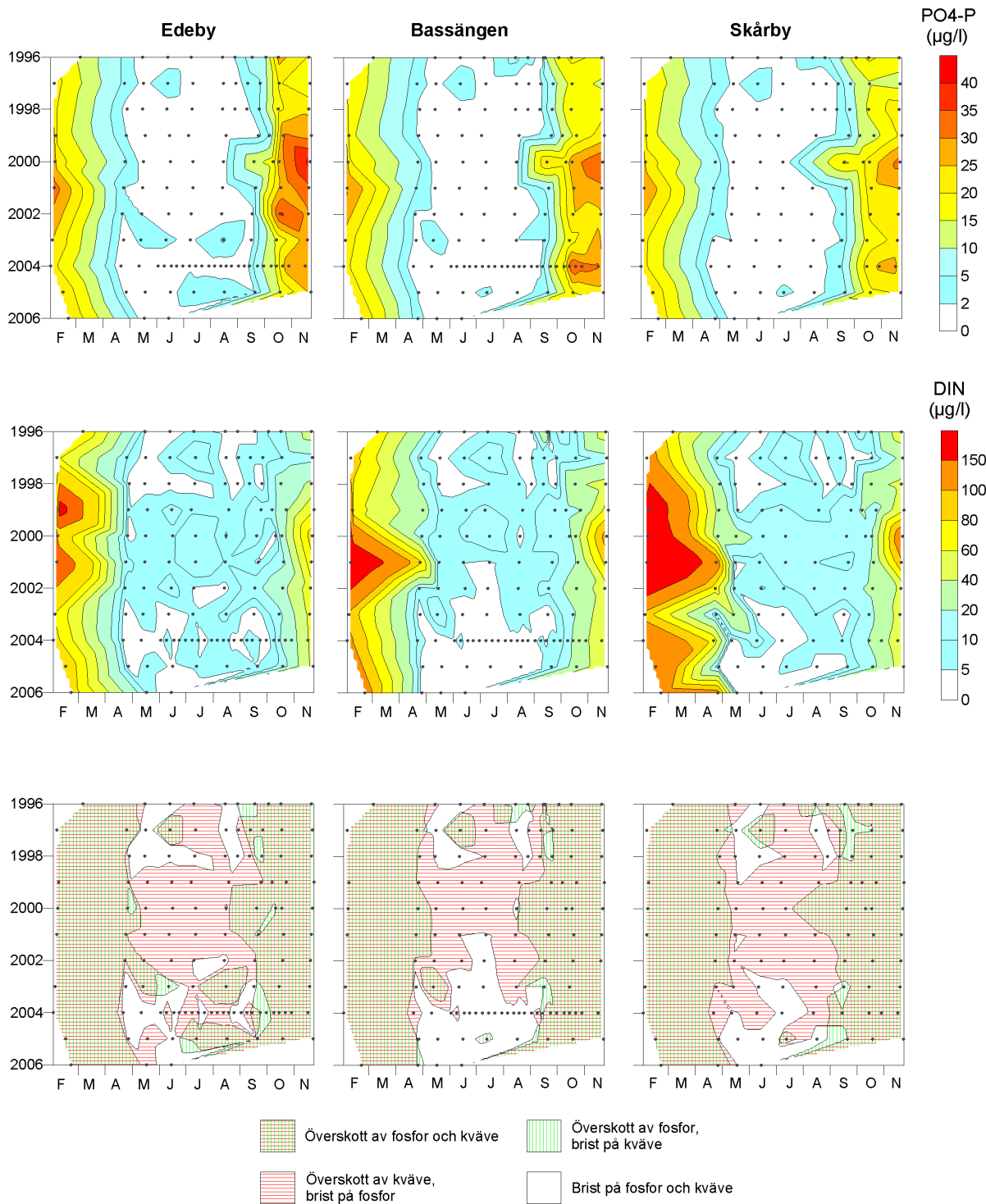
**Figur 9.** Årsvariationer i ytvattnet 0-5 m av totalkväve och oorganiskt kväve (nitrit+nitratkväve + ammoniumkväve) 1995-98 och 2000-03, 2005.



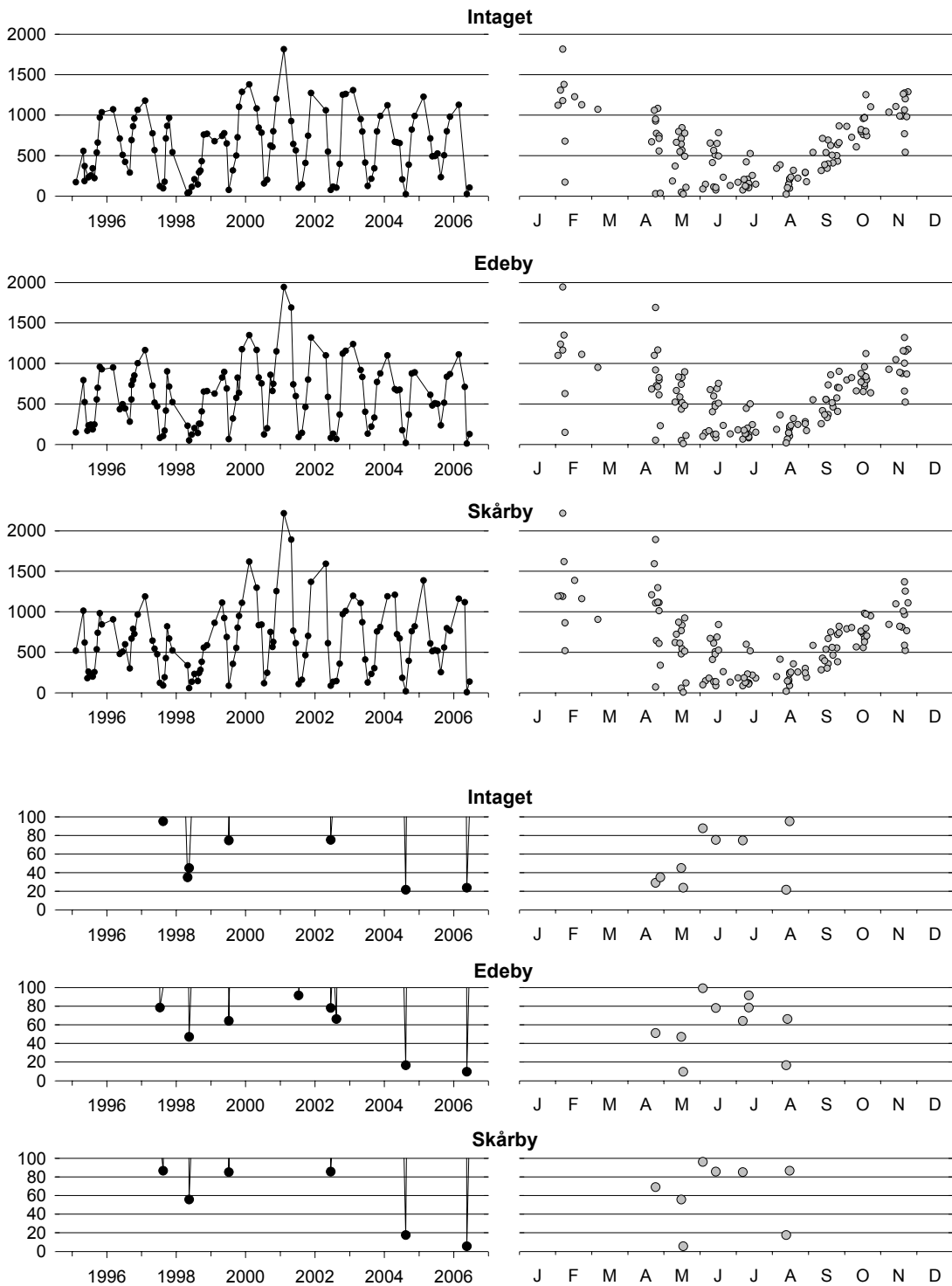
**Figur 10.** Fosfatfosfor, nitrit+nitratkväve och ammoniumkväve – mängder i hela vattenmassan i den nordvästra bassängen (Edeby) 0-17 m.



**Figur 11.** Förhållandet mellan kväve och fosfor i vikt, totalhalter och halter av oorganiska fraktioner. Det gula fältet anger balanserat förhållande för totalhalter och värdet 7,2:1 för de oorganiska fraktionerna.

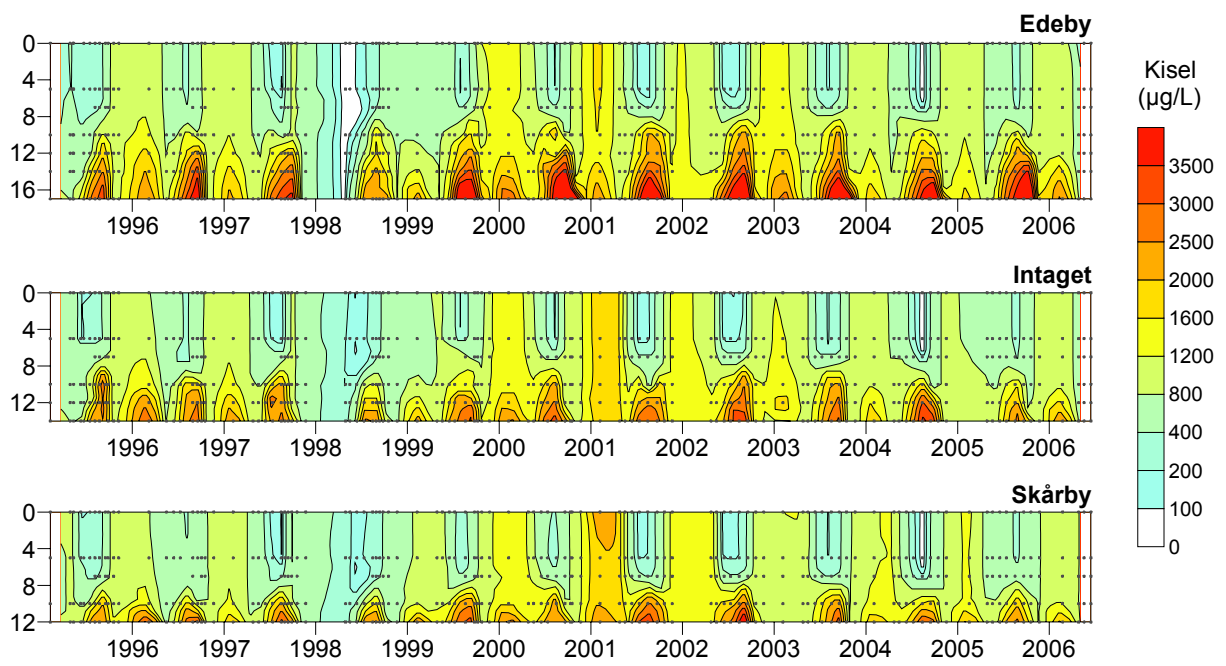


**Figur 12.** Fördelningen av fosfatfosfor och oorganiskt kväve i ytvattnet 0-5 m. De tre nedre diagrammen visar begränsande ämne genom kombination av isolinjerna 2 µg/L fosfatfosfor och 5 µg/L oorganiskt kväve.

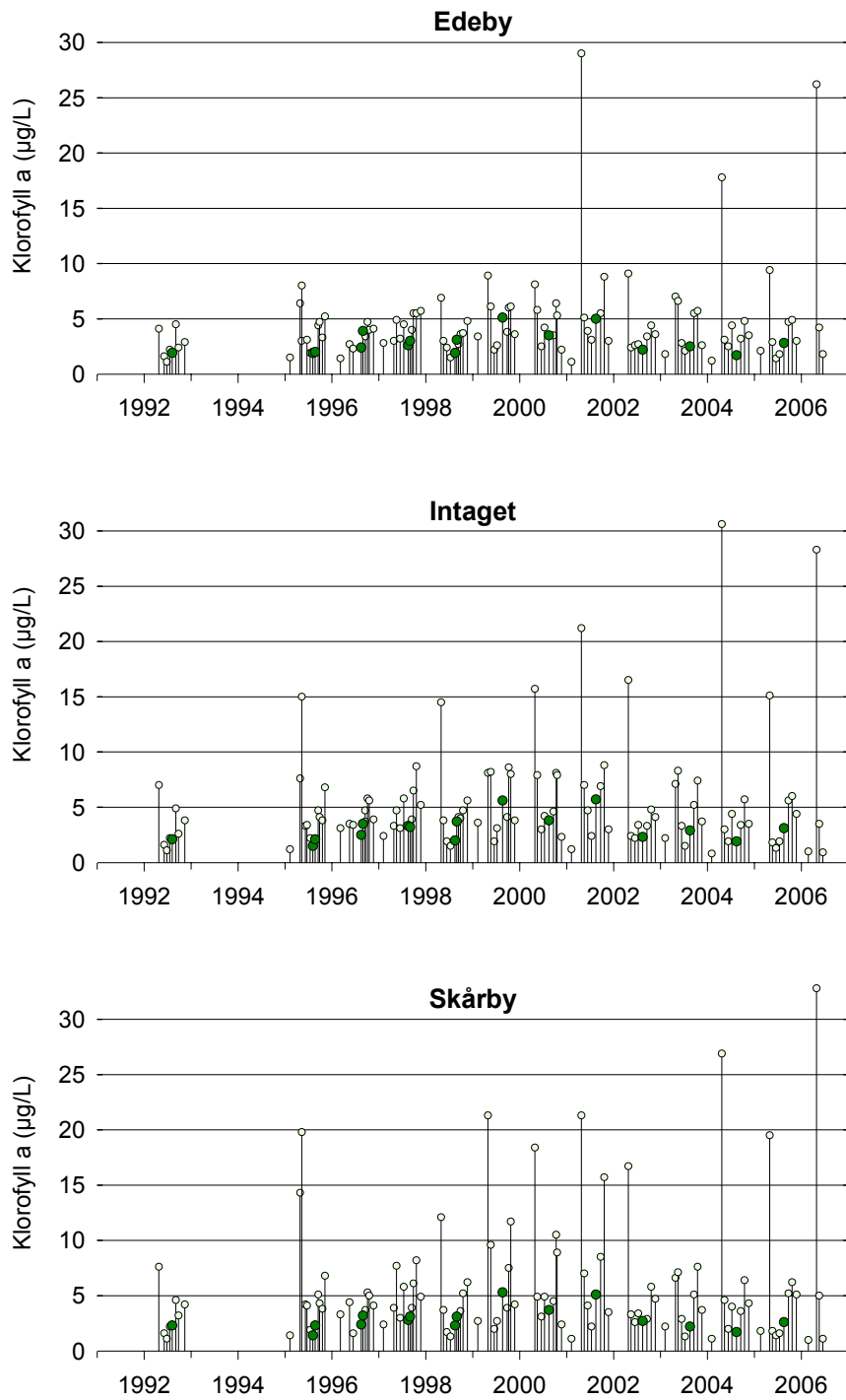


**Figur 13.** Kiselhalter i ytvattnet 0-5 m, halter 1995-2006 samt förändringar under året, alla värden 1995-2006 (de sex undre diagrammen med förstord skala).

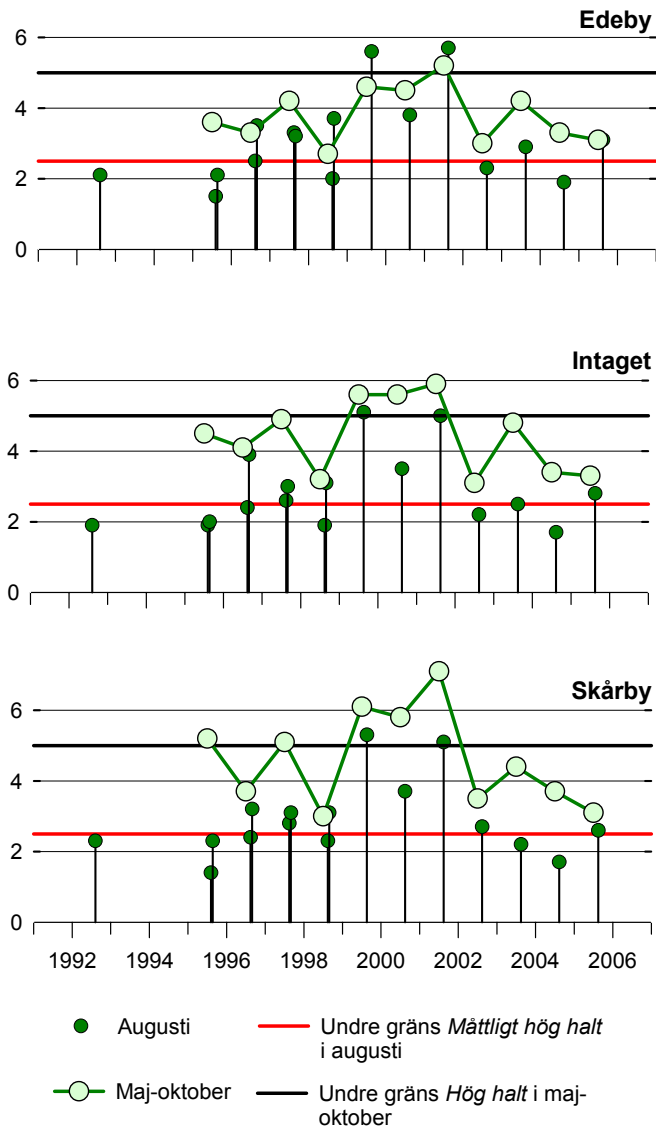




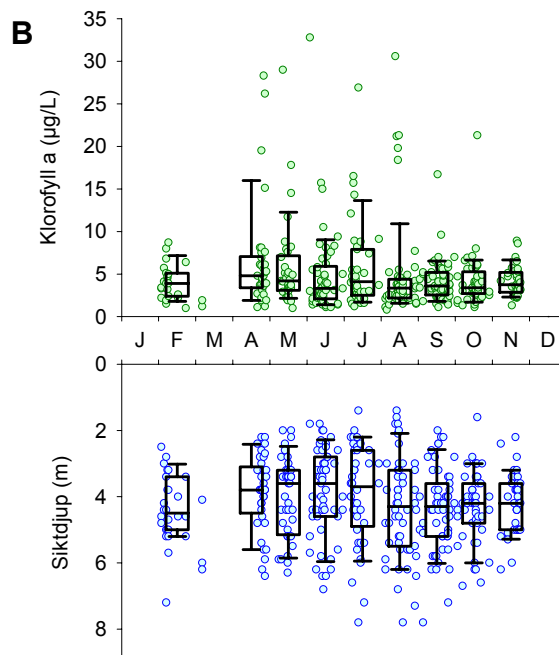
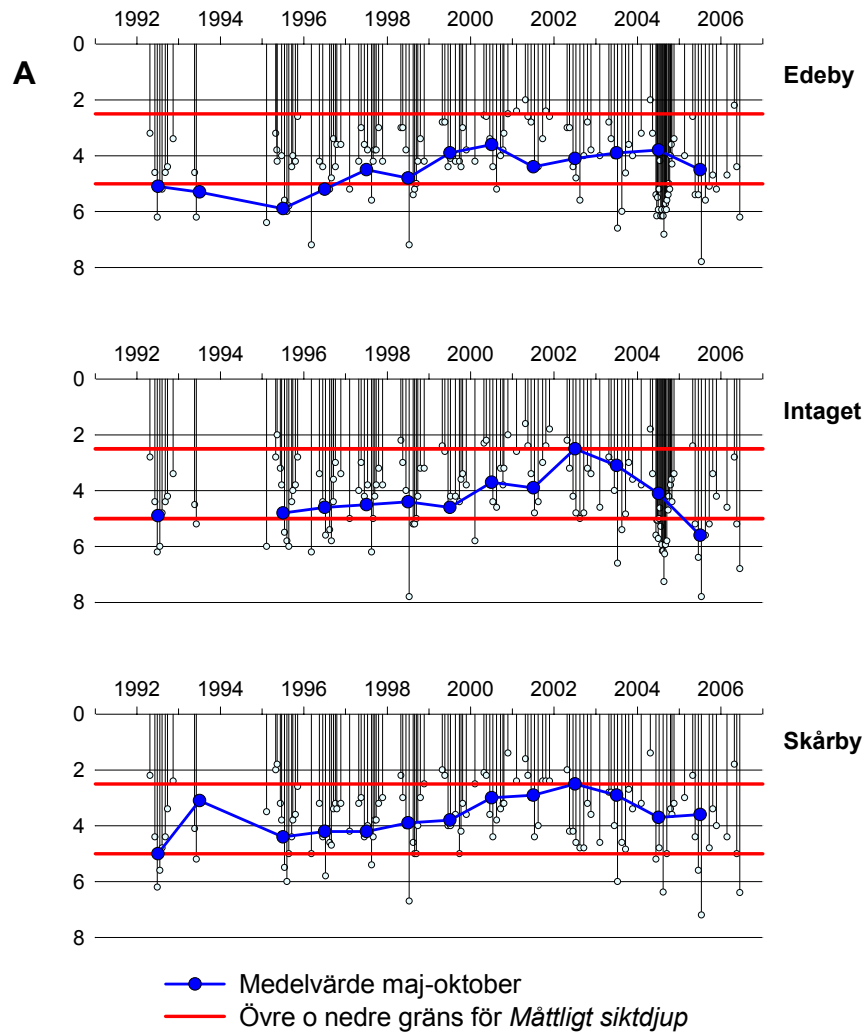
Figur 14. Kiselhalter ( $\mu\text{g/L}$ ) 1995-2006.



**Figur 15 A.** Klorofyllhalter ( $\mu\text{g/L}$ ) 1992-2006, samtliga värden och halter i augusti (mörka symboler).



Figur 15 B. Klorofyllhalter i augusti och genomsnitt maj-oktober i förhållande till Naturvårdsverkets bedömningsgrunder för sjölar och vattendrag (Rapport 4913, 1999).



Figur 16. (A) Sikt djup 1992-2006, samtliga värden och genomsnitt maj-oktober med gränser för måttligt sikt djup enligt Naturvårdsverkets bedömningsgrunder, (B) Sikt djup och klorofyll *a*.