Miljöanalys av Rånefjärden 1997-2004

Johan Wikner
Umeå Marina
Forskningscentrum
Umeå universitet

LÄNSSTYRELSEN
I NORRBOTTENS LÄN
RAPPORTSERIE
NUMMER 8/2005

Erkännanden

Väl genomförda provtagningar och analyser har under många år utförts av Umeå Marina Forskningscentrums personal Carl-Henrik Stangenberg, Amund Lindberg, Siv Huseby, Susanna Minnhagen, Eva-Lena Hörnfeldt, Stina Bäckman och Ann-Louise Liljedahl. Kustebevakningen Region Nord och speciellt besättningen på KBV005 har sett till att fartyget varit på rätt plats vid rätt tidpunkt. Docent Erik Lundberg, UMF, har ansvarat för kvaliteten hos de kemiska mätningarna. Tommy Olofsson, UMF, har också utfört flera av de kemiska analyserna. Kristina Viklund, UMF, har utfört redigering av figurer och rapport. Undersökningarna har finansierats av länsstyrelsen Norrbotten (mätning och utvärdering) och Umeå Marina Forskningscentrum (fartygsmedel och infrastruktur).

Finansierat av Länsstyrelsen i Norrbottens län och Umeå Marina Forskningscentrum, Umeå universitet inom ramen för svensk miljöövervakning.

Umeå Marina Forskningscentrum

på uppdrag av:

LÄNSSTYRELSEN
I NORRBOTTENS LÄN

Länsstyrelsen i Norrbottens län
Rapport 8/2005
Layout: Kristina Viklund, Umeå Marina Forskningscentrum
Omslagsbild: Rånefjärden, sen höst. Foto Carl Henrik Stangenberg/UMF
Tryck: Länsstyrelsen i Norrbottens län.
Upplaga: 30 ex.
Kontaktperson: Malin Kronholm (malin.kronholm@bd.lst.se)

Länsstyrelsen i Norrbottens län
Telefon 0920-960 00
Postadress: 971 86 LULEÅ
Besöksadress: Stationsgatan 5
Internet: www.bd.lst.se

Innehåll

Erkännanden 2
Sammanfattning 4
Inledning 5
Säsongs- och djupvariation 6
Hydrografi 6
Närsalter 6
Syre 7
Klorofyll-a 7
DOC och humus 8
Bakteriell syrekonsumtion och förekomst 8
Skillnad mellan stationer 8
Trender 9
Råneåfjärden 9
Ammonifiering och nitrifikation 9
Gussö- och Fjuksöfjärden 10
Styrka 10
Jämförelse med utsjöstationen A5 11
Tillståndsklassning enligt 11
bedömningsgrunder 11
Förslag på förändringar 12
Metodik 12
Statistik 13
Litteratur 13

Bilaga 1. Tabeller 14
Tabell 2. Test av variablernas fördelningstyp. 14
Tabell 3. Variation mellan stationer, säsonger och djup. 15
Tabell 4. Medianvärden för de tre stationerna över alla djup. 16
Tabell 5. Linjär trend för ytksiktet 0-10 m. 17
Tabell 6. Styrka hos tidserier för ytkskiktet 0-10 m. 18
Tabell 7. Tillståndsklassning för Råneåfjärden. 19
Tabell 8. Tillståndsklassning för Gussö- och Fjuksöfjärden. 19

Bilaga 2: Figurer 20
Säsongs och djupvariation 20
Box-plot mellan stationer 28
Tidsserier 32
Jämförelser mellan områden 36
Hydrografiska profiler 40

Sammanfattning

Vattenkvaliteten har under åren 1997–2004 undersökts vid tre stationer i Råneå fjärdsområdet; Råneå fjärden, Gussöfjärden och Fjuksöfjärden. Mätningarna utgör underlag för miljöövervakning av området, och skall användas för återkommande tillståndsbeskrivning.

I rapporten föreslås modifieringar i mätprogrammet, för att kunna uppnå en bättre och säkrare tillståndsbeskrivning och som en anpassning till Europeiska Unionens ramdirektiv för vatten. De föreslagna modifieringarna omfattar fler biologiska variabler, harmonisering med befintligt utsjöprogram, bättre rumslig täckning och val av mätperioder för anpassning till gällande bedömningsgrunder.

Undersökningen visar att Råneå fjärdsområdet är ett typiskt kustvattenområde i norra Bottenviken, starkt påverkat av sötvatten. Tillståndet avseende näringsnivå är enligt svenska bedömningsgrunder god i området. De höga halter av ammonium som förekommer är en naturlig karaktär för nordvästra Bottenviken, orsakat av älvburet löst organiskt material med en relativt hög kvävehalt. För kustvatten typiska nivåer för klorofyll-a, bakteriell syrekonsumtion och syrehalt stödjer också att produktiviteten i området ligger på förväntad nivå.

Halten av de flesta näringsämnen och nivån på planktonproduktionen är flera gånger högre i det undersökta området än i norra Bottenvikens utsjö. Undantag utgör nitrat som visar något högre värden i utsjön, sannolikt som en konsekvens av bakteriell ammonifiering och nitrifikation.

Det insamlade datamaterialet visar på få signifikanta trender under 8-årsperioden, vilket tolkas som att näringssituationen varit stabil och endast varierat inom naturliga intervall. De enda signifikanta trenderna som påvisats är en minskning av halten löst organiskt kol och humus i Gussö- och Fjuksöfjärden. Den minskade transporten av löst organiskt material från Råneälven är en möjlig förklaring till detta. Tidsseriernas förmåga att upptäcka förändringar motsvarade 0.3 till 15 % $år^{-1}$ beroende på variabel, antaget 80% styrka och 10 år lång dataserie.

Transporten av organiskt bundet fosfor från Råneälven har följaktligen också minskat under senare delen av perioden. Tillförseln av fosfor från älven visades styra halterna av både fosfat och totalfosfor i den mest kustnära fjärden. Råneälven har därmed en avgörande betydelse för regleringen av fosfor som begränsande ämne i Råneå fjärden.

Betydelsen av fosfor som begränsande ämne bekräftas i undersökningen genom snabbt sjunkande fosforhalter i en transekt från kust till utsjö. Halten av kväveföreningar minskar betydligt långsammare. Kvoten mellan kväve och fosfor är hög redan i kustbassängen, där kvoten stämmer väl överens med kvoten i Råneälvens vatten. Mot utsjön ökar värdena till över 100.

Inledning

Länsstyrelsen i Norrbotten har sedan 1997 gett Umeå Marina Forskningscentrum i uppdrag att utföra miljöanalys av Råne-, Gussö- och Fjuksöfjärden avseende vattenkemi och hydrografi. Mätningarna utgör underlag för miljöövervakning av området och skall användas för återkommande tillståndsbeskrivning. I området eller i dess närhet utförs också andra regionala och nationella undersökningar av bl.a. bottenfauna och miljögifter i fisk.

En provtagningsstation har undersökts i varje fjärd. Gussö- och Fjuksöfjärdarna bildar en större sammanhängande fjärd och ligger närmare utsjön. Rånefjärden ligger närmast land där några öar skiljer den från de övriga fjärdarna. Närmaste utsjöstation är A5 som ligger i centrala Bottenviken 54 km från Råneåfjärden.

Provtagning har utförts under samma dag, 5 gånger under perioden mellan maj och november 1997 till 2004. Under 2004 togs ett prov i början av april för att få vinterhalter av näringsämnen. Detta prov har uteslutits från trendanalysen för att få jämförbara år, men ingår i övriga analyser.

Ingående variabler redovisas i tabell 3. Mätning av temperatur och salthalt har utförts kontinuerligt genom hela vattenpelaren. Kemiska variabler har mätts på 3 (RA1 och 2) respektive 4 djup (RA3). Syre har endast mätts på det största djupet på varje station. Klorofyll har mätts med slangprov.

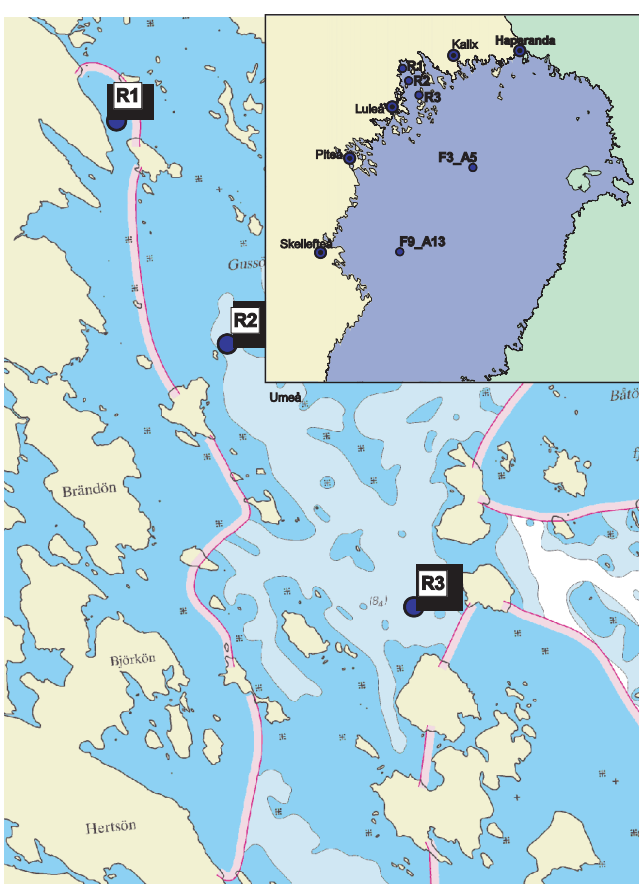
Samtliga analysmetoder följer Helsingforskommissionens riktlinjer inom COMBINE programmet (http://sea.helcom.fi/Monas/CombineManual2/CombineHome.htm). Motsvarande undersökningstyper finns också i Naturvårdsverkets miljöhandbok. Närsaltsanalyser och klorofyll-a har kalibrerats årligen inom internationella kalibreringsprogrammet QUASIMEME. Syrehalter, DOC och bakteriell syrekonsumtion har interkalibrerats mot externa laboratorier. Hydrografiska mätningar med CTD-sond kontrolleras vid varje kryssning mot oberoende kalibrerade termometrar och saltlösningar. Miljöanalysverksamheten vid Umeå Marina Forskningscentrum arbetar inom ett kvalitetssystem enligt SWEDACs anvisning (ISO17025:1999) sedan 1999.

Denna rapport syftar till att utvärdera mätdata från Rånefjärden avseende rumslig och tidsmässig variation, variation mellan stationer och trender hos tidserierna. Dessutom görs en jämförelse med bedömningsgrunder för Kust och Hav samt utsjöstationen A5 i norra Bottenviken. Resultatet från analysen skall bland annat användas för att ge en tillståndsbeskrivning av området och förslag på förbättringar av framtida mätprogram.

Tabell 1. Undersökningslokaler

Lokal	Råne-fjärden	Gussö-fjärden	Fjuksö-fjärden
Beteckning	RA1	RA2	RA3
Latitud[a]	65 48.45	65 43.80	65 38.20
Longitud[a]	22 22.50	22 26.80	22 34.40
GIS N/S X-koordinat	7316468	7308202	7298463
GIS O/V Y-koordinat	1800201	1804303	1811208
Maxdjup	7	12	18
Vattenom-sättnings-klass[b]	II	II	I
Provtag-ningsdjup (m)	1, 4, 8	1, 4, 12	1, 4, 8, 18

[a] WGS84 GG MM.mm (decimalminut).
[b] Vattenomsättningsklass enligt Bedömningsgrunder för Kust och Hav.

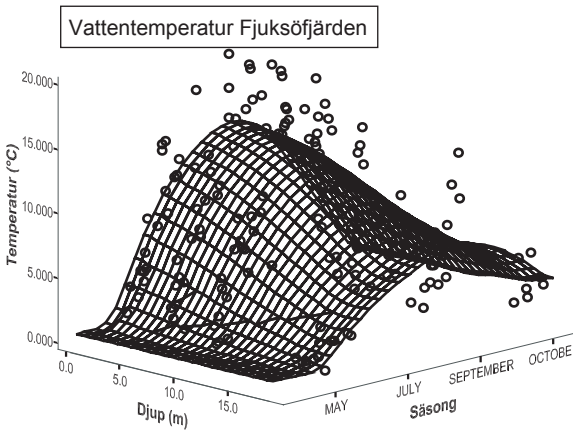


Säsongs- och djupvariation

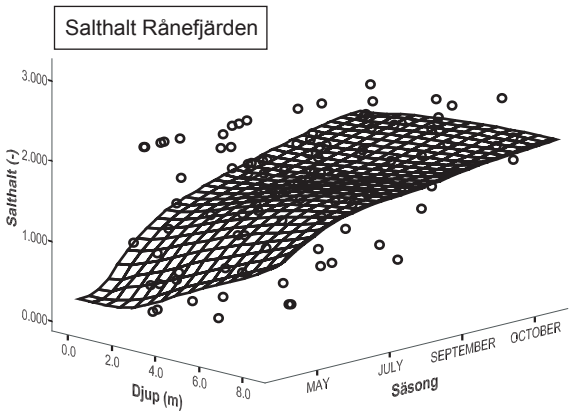
Hydrografi

Säsongsvariationen för temperatur är betydande på samtliga stationer$_{S1}$ (Tabell 3). Säsongsvariationen följer en typisk kurva med högst värden i mitten av augusti. Den anpassade ytan i 3D-figurerna visar ett genomsnitt för alla provtagningsår. Maximal temperatur ligger nära 20°C och minimitemperatur på 0.3°C.

Vattentemperaturen avtar också successivt med djupet på samtliga stationer under de säsonger mätningar utförts (Tabell 3).



En lägre salthalt observeras i genomsnitt på samtliga stationer vid den tidigaste provtagningen i maj, främst i ytskiktet. Detta är en konsekvens av högre sötvattentillflöde och issmältning under våren. Under språngskiktet ökar



salthalten, tydligast på RA3. Variationer om 1 saltenhet kan förekomma mellan högsta och lägsta värden i en och samma vattenpelare. Variationen i salthalt har under perioden varit 0 till 3,15 saltenheter, sett över samtliga lokaler.

Analys av kontinuerliga mätningar av densitet genom vattenpelaren visar att en stabil skiktningen förekommer på RA3 i augusti (bilaga 2). Ytskiktets nedre gräns har varierat mellan 8 och 12 m djup. Ett homogent djupskikt finns dock inte på RA3, eftersom maximala djupet skär genom klinerna. Skiktningen på de övriga stationerna är svagare, även om RA2 visade viss skiktning i augusti 1997.

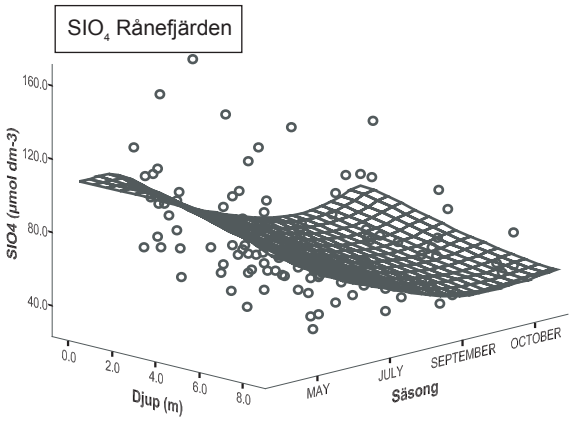
Säsongsvariationen hos pH liknar den för salthalt, med lägst värden under våren. Ingen systematisk djupvariation kan dock visas. Värdena varierar mellan 6,63 och 8,03, vilket är typiskt för kustvatten.

Den hydrografiska karaktären i området gör att aggregering av mätvärden för ytskiktet motsvarande 0-10 m djup väljs för vidare analys. Djupare prover används endast för syrehalter.

Närsalter

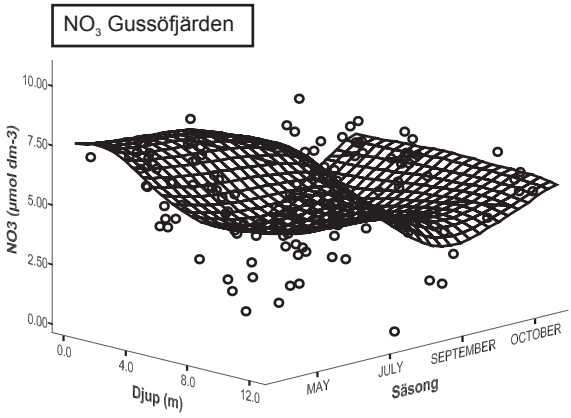
Samtliga närsalter visar signifikant säsongsvariation under den begränsade period av året (april till november) då provtagningar genomförts (Tabell 4). Typisk är att högre halter syns under våren främst i ytskiktet, delvis som en konsekvens av sötvattentillflöde.

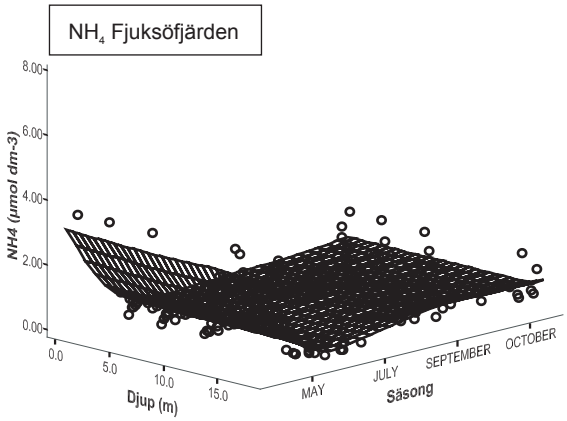
Högre halter av oorganiskt kväve och fosfor under vå-



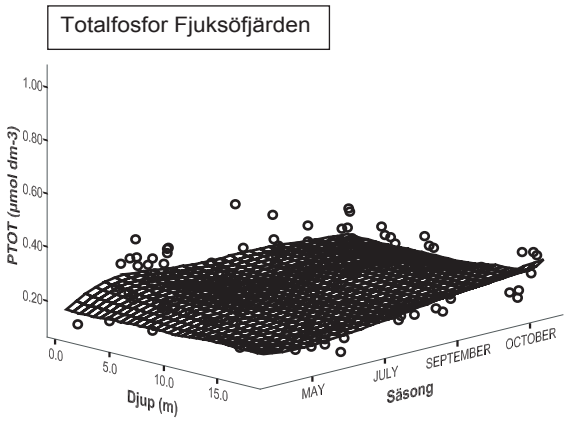
ren beror också på den mineralisering av organiskt bundet kväve och fosfor som dominerar under höst och vinter. För nitrat och fosfat ökar värdena också under hösten. Det enda vinterprov som har tagits (år 2004) visar också på högre vinterhalter för några av närsalterna.

Nitrat visar en av de kraftigare säsongs- och djup variationerna med 3 ggr skillnad i halter mellan högsta värden på våren och lägsta i augusti. Ammonium, däremot, visar en liten säsongsvariation under den produktiva säsongen. Det enda vinterprovet från 2004 att värdena är betydligt högre då.

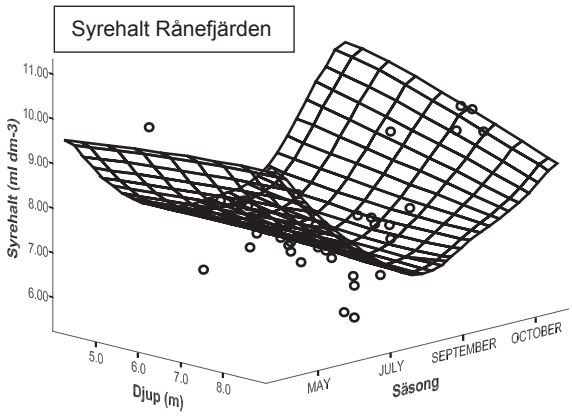




Totalfosfor visar den minsta säsongsvariationen och, framförallt på stationerna i Gussö- och Fjuksöfjärden (RA2 och RA3), ingen variation med djup. Även fosfat, nitrit och humus saknar signifikant djupvariation. Övriga variabler visar en tydlig djupvariation.



Både kvoten av oorganiskt kväve och oorganiskt fosfor (DIN/DIP) samt kvoten total kväve och fosfor (TN/TP) varierar med säsong, medan endast DIN/DIP varierar med djup. För båda variablerna finns en tendens till hög andel kväve i djupaste delen av vattenpelaren och i början av året. En svag ökning av fosfor förekommer i ytvattnet från vår till höst. Detta är sannolikt en effekt av ökad inverkan av sötvatten under sommarhalvåret, medan kväverikt utsjövatten har en större betydelse för kväve/fosfor-kvoten under vintern.

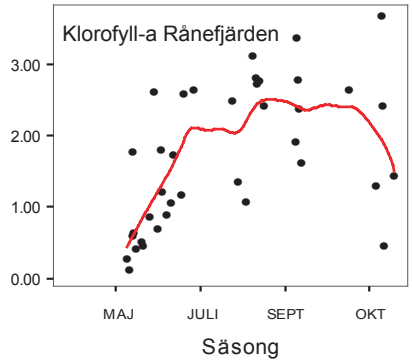


Syre

Syrehalt har endast mätts på de två största djupen på varje station. Samtliga stationer visar en typisk säsongsvariation med lägsta värden under augusti (5,5 ml dm^{-3}, RA1) och högsta i början och slutet av årets mätperiod (11,1 ml dm^{-3}).

Klorofyll-a

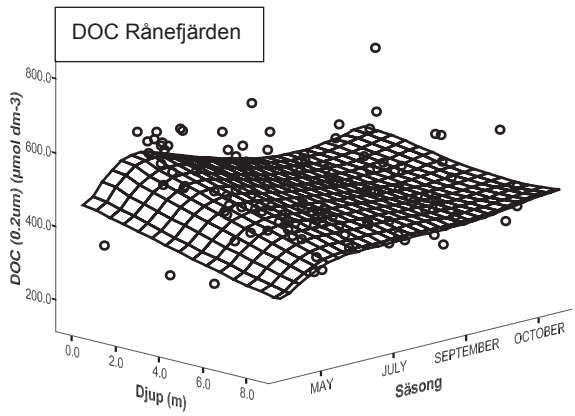
Klorofyll-a provtas med slang 0-5 m (RA1) eller 0-10 m (övriga). Endast säsongs- och stationsskillnader kan därför testas. RA1 visar en säsongsvariation under mätperioden medan den är svagare på de övriga stationerna.



Ökningen av klorofyllhalter på RA1 pågår från slutet av maj till slutet av juli. Ingen tydlig vårblomning kan dock visas på någon av stationerna. Även om provtagningsfrekvensen är låg bör en större, systematiskt återkommande, topp av klorofyll-a ha upptäckts i datamaterialet om den förekommit. Svag vårblomning har också återkommande observerats på intensivstationerna i Örefjärden (N Bottenhavet).

På de övriga stationerna är ökningen under våren mindre, eller har skett före slutet av maj då de första proverna i området normalt tas. En svag tendens till återkommande vårblomning förekommer. Maximala halten är också lägre på de yttre stationerna än RA1.

Klorofyll-a ger en grov indikering på växtplanktonbiomassa, som i sin tur ger en indikering på organiskt produktion av växtplankton i systemet. Man bör därför tolka klorofyll-a med en viss försiktighet. Mer direkta mått på organisk produktion, som koldioxidupptag hos växtplankton eller



syrekonsumtion hos bakterieplankton, saknas dock i mätprogrammet eller har endast mätts vid ett par provtagningar.

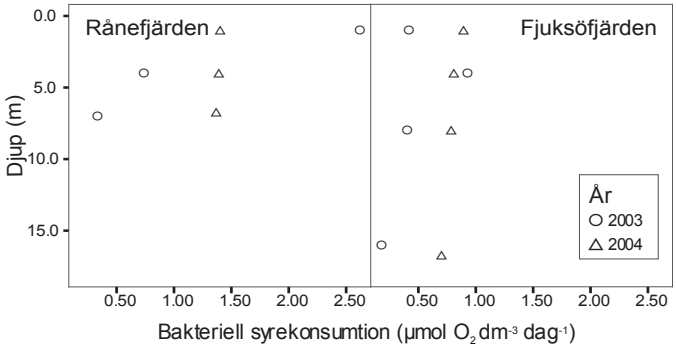
DOC och humus

DOC visar säsongsvariation med något högre värden under senare delen av maj. Detta kan troligen förklaras med att halten DOC i stor utsträckning påverkas av älvtillförsel. Dynamiken är tydligast på den mest kustnära stationen RA1, vilken också visar sjunkande värden med djupet. Ingen signifikant djupvariation kan ses på de två övriga stationerna.

Tendensen är liknande för humusabsorbans, vilken dock endast visar en signifikant säsongsvariation. Kemiskt bestämd humus har dock inte mätts under hela undersökningsperioden, varför viss variation kan ha förbisetts.

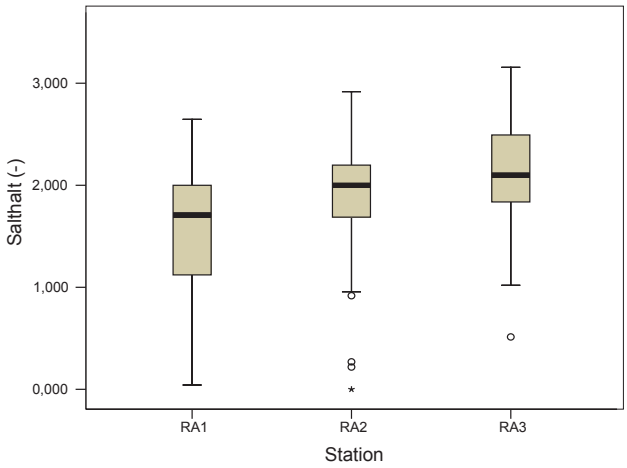
Bakteriell syrekonsumtion och förekomst

Bakterievariablerna har endast mätts i augusti 2003 och 2004. En signifikant djupvariation i bakteriell syrekonsumtion kan förväntas när större data set insamlats. På RA1 skiljde djupvariationen tydligt mellan åren, medan djupprofilerna såg relativt jämförbara ut på RA3. För bakteriehalt är det mer osäkert om en tydlig djupledsvariation kommer att kunna påvisas.



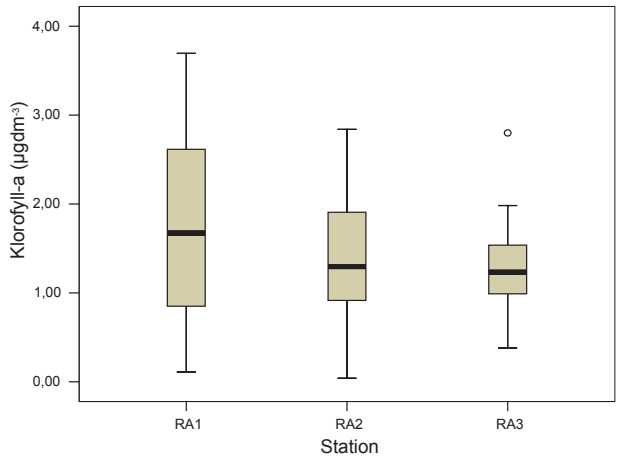
Skillnad mellan stationer

Rånefjärden skiljer sig i flera fall signifikant från Gussö- och Fjuksöfjärden (Tabell4). För temperatur, nitrit och syrehalt förekommer ingen signifikant skillnad mellan stationerna.



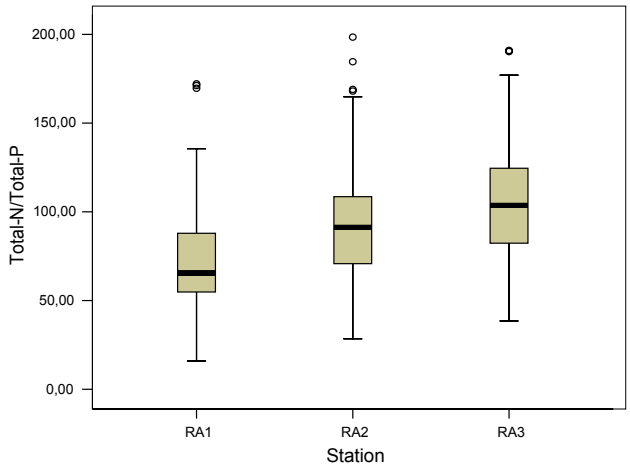
Salthalt och kiselvariationer tyder på en större inverkan av sötvattentillflöde på RA1, i överensstämmelse med RA1:s mer kustnära läge. Salthalten ökar i en gradient från RA1 (medelvärde, 1,64), RA2 (1,94) och RA3 (2,14)$_{S1}$. Se ”Statistik” $_{S2}$ för en förklaring av boxar i figurerna.Övriga variabler där RA1 visar de lägsta värdena är nitrat, pH, DIN/DIP- och total N/P-kvot. Resterande variabler, där signifikanta skillnader kunnat påvisas, har istället högsta värdena vid kuststationen RA1 (Tabell 4). Detta gäller övriga näringsämnen, DOC, humus, klorofyll-a och bakteriell syrekonsumtion$_{S1}$.

Minskande ammonium och ökande nitrat mot utsjön speglar sannolikt en ammonifiering av kväve bundet till löst organiskt material vid kusten. Bildad ammonium nitrifieras i ökande omfattning av nitrifikationsbakterier till nitrat i miljöer närmare öppet hav (se faktaruta ”Ammonifiering och nitrifikation”).



Ökande total-N/P kvoter mot utsjön beror främst på minskande fosforhalter. Resultatet tyder på att fosfor på något sätt fastläggs i kustzonen. Möjliga processer är bildning av levande massa hos högre djur och växter (fisk och makroalger), samt sedimentation, delvis tillsammas med järn.

De högre värdena för fosfor, klorofyll och bakteriell syrekonsumtion vid RA1 förklaras troligen av tillförsel av löst organiskt



bundet fosfor från närliggande Råneälv och mindre vattendrag, samt resuspension från sediment. Som begränsande ämne utgör fosfor sedan grunden för högre biologisk produktion. Däremot är inte kvävehalterna i älvvattnet tydligt högre än i utsjön.

Kväveinnehållet i älvburet löst organiskt material relativt fosfor (>50) är normalt tydligt högre än behovet hos de stora planktongrupperna växtplankton (Redfield kvot 16, Andersson et al. 1996) och bakterier (4, Bratbak 1985). En nettomineralisering av organiskt bundet kväve till oorganiska former (först ammonium) kan därför förväntas (se faktaruta "Ammonifiering och nitrifikation").

Samtidigt är det anmärkningsvärt att kvoten total-N/total-P i älvvattnet (genomsnitt 55 för åren 1997-2004) stämmer väl med kvoten i Rånefjärden, men är tydligt lägre än de yttre stationerna. De höga kväve/fosforkvoterna i utsjön verkar därför skapas av processer i kustzonen snarare direkt orsakade av sammansättningen i älvvatten.

Hög halt av klorofyll-a bör tolkas med viss försiktighet som hög växtplanktonbiomassa. Den högre bakteriella syrekonsumtionen stöder dock att en högre organisk produktion förekommer vid RA1 än på de övriga stationerna.

Ammonifiering och nitrifikation

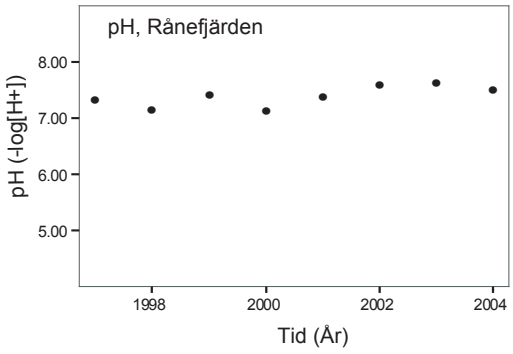
Ammonifiering kallas den process när organiskt bundet kväve bryts loss från organiskt material av bakterier och bildar löslig ammonium ($NH4^+$). Processen sker när kväve i det organiska materialet finns i överskott relativt det behov av kväve som bakterierna har för sin celltillväxt. Processen kan ske i både syresatt och syrefri miljö. Många olika bakteriearter kan bidra till processen.

Nitrifikation utförs av några få bakteriesläkten som Nitrosomonas och Nitrosococcus. De nyttjar energin i ammonium genom att oxidera molekylen till nitrit (NO_2^-). Andra bakterier som Nitrobacter och Nitrococcus kan i sin tur nyttja nitrit som energi källa genom att oxidera den till nitrat (NO_3^-). Processerna kan ske i både syresatt och syrefrimiljö. Sammantaget bidrar processerna till omvandling av organiskt bundet kväve till nitrat, ett par av de många biogeokemiska omvandlingar som kväve kan genomgå. Schematisk kan processen beskrivas som:

Organiskt-N–> kolförening + NH_4^+–> energi + NO_2^-–> energi + NO_3^-

Trender

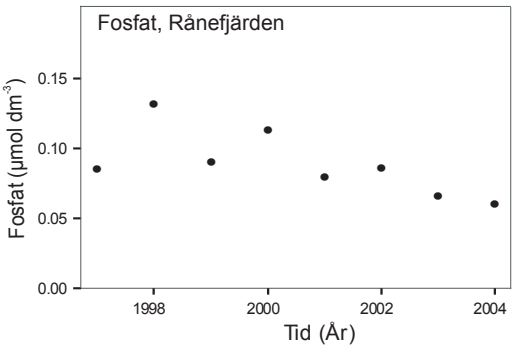
Stationen i Rånefjärden (RA1) utvärderas separat vid trendanalysen medan de övriga utvärderas tillsammans baserat på deras samvariation. Medelvärde för ytskiktet 0-10 m samt år har genomgående använts. Data från april 2004 har uteslutits för att få jämförbara årsmedelvärden.



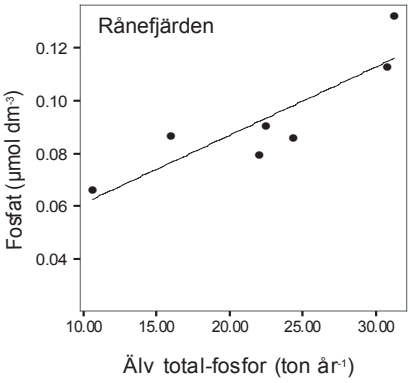
Sammantaget verkar undersökningsområdets tillstånd ha varit relativt stabilt under mätperioden. Endast en minskad påverkan av älvburet löst organiskt material kan säkerställas statistiskt. Tendens till lägre fosforhalter förekommer i Rånefjärden.

Råneåfjärden

I Rånefjärden kunde inga linjära trender visas för perioden 1997-2004 (Tabell 4). Nära signifikanta trender observerades för fosfat (-7,9 % $år^{-1}$) och pH (+0,7 % $år^{-1}$). Ökning av pH var också nära signifikant för Gussö- och Fjuksöfjärden (+0,2 % $år^{-1}$). Tillståndet i Rånefjärden bedöms därmed som stabilt under den övervakade tidsperioden. En trolig påverkan av sötvattentillförsel under de nederbördsrika åren 2000-2002 kan noteras för några variabler. Höjningen av pH sker också under dessa år, i samband med ökande klorofyll-a halter. Högre upptag av CO_2 av växtplankton leder till ökat pH vilket kan vara den troligaste förklaringen.



Indikationen på en minskning av halten fosfat i Rånefjärden kan förklaras med minskning i transporten av total fosfor från Råneälv (R^2=0,76, p=0,01, Databas, SLU, Inst. f. Miljöanalys, Uppsala). Sambandet gällde också för de yttre Fjuksö- och Gussöfjärdarna (R^2=0.92, P=0.003).



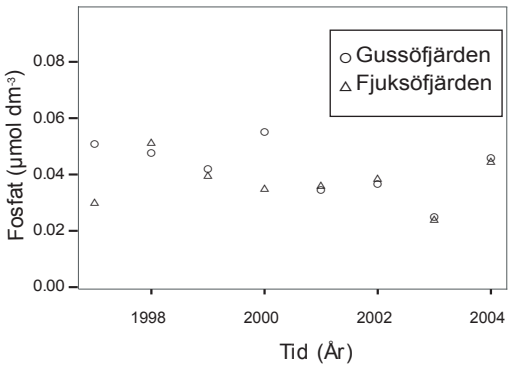
Även transporten av löst organiskt kol verkar ha minskat under samma period, vilket betyder att tillförseln av löst organiskt material generellt sjunkit under perioden.

Transporten av fosfat med Råneälven förklarade däremot inte fosfathalten i fjärdarna. En mineralisering av löst organiskt bunden fosfor via bakterieplankton och protozoer förklarar sannolikt kopplingen mellan älvburet totalfosfor och fosfathalt i kustområdet. Transporten av fosfor i älven (T_{TotP}) styr fosfathalten i fjärden ($[PO_4]$) enligt funktionen: $[PO_4]=0{,}035+0{,}0026\times T_{TotP}$. För de yttre fjärdarna är koefficienterna ungefär hälften så stora, vilket kan tolkas som en minskande påverkan med avstånd från älvmynningen.

Även totalfosforhalten i fjärdarna var signifikant korrelerad till älvtillförseln av totalfosfor på årsbasis ($r>0{,}767$, $p<0{,}044$). Eftersom fosfor generellt anses vara begränsande ämne i Bottenviken (Andersson et al. 1996), har Råneälven därmed en avgörande betydelse för regleringen av halten begränsande ämne i Rånefjärden.

Korrelationen mellan tillförsel av fosfor från land och halten i vattnet visar på en helt annan funktion hos Rånefjärden än Himmerfjärden i norra Egentliga Östersjön (Himmerfjärden, 1997). I Himmerfjärden saknades samband för totalfosfor, medan landtillförseln av kväve bestämde kvävehalten i Himmerfjärden till stor utsträckning. I Himmerfjärden kan lägre halt kol i tillfört löst organiskt material, högre salthalt i kustområdet och högre fosforhalt i havsvattnet vara några förklaringar till dessa skillnader.

Högre klorofyll-a-värden under den senare delen av perioden kan tyda på ett ökat upptag av fosfor och sedimentation



av plankton. Detta kan också ha bidragit till en viss minskning av fosfathalten i fjärden. Upptag hos bakterieplankton eller bindning till järn kan också påverka fosfathalterna.

Gussö- och Fjuksöfjärden

Endast DOC och humus visar en signifikant minskande trend i Gussö- och Fjuksöfjärden (Tabell 5). Tillståndet i stort verkar därmed stabilt även i detta område. Minskningen av DOC och humusämnen beror sannolikt på minskad tillförsel av löst organiskt material från Råneälven. Korrelationen mellan älvburet löst organiskt kol och DOC halt i fjärden var dock inte riktigt signifikant för RA2 och 3 ($p=0{,}101$). Vattenutbyte mellan Gussö- och Fjuksöfjärden och utsjövatten, mer omfattande bakteriell mineralisering eller fotokemisk nedbrytning är andra tänkbara faktorer som påverkar DOC-halten.

En tendens till ökad andel totalkväve jämfört med totalfosfor kunde också visas för fjärdarna ($p<0{,}1$). Den minskade älvtransporten av fosfor under senare delen av undersökningsperioden kan vara en del av förklaringen till detta.

Något motsägelsefullt ökade klorofyllhalten 2001–2003, vilket kan tolkas som en ökad växtplanktonproduktion i området, samtidigt som DOC-halterna minskade. En tänkbar förklaring är att transparensen i vattenpelaren ökat p.g.a. lägre humushalt och därmed ökat tillförseln av solenergi till the fototrofa skiktet. Någon säker förklaring är dock svår att ge.

Ingen signifikant förändring av syrehalterna har dock förekommit som kunde indikera att för hög planktonproduktion förekommit. Halterna ligger nära 8 ml dm^{-3} i genomsnitt, och har inte understigit 5,5 ml dm^{-3} i någon mätning, vilket tyder på en god syresättning av havsområdet. Också de två mätningarna av bakteriell syrekonsumtion tyder på att den bakteriella syrekonsumtionen i Rånefjärden ligger nära den nationella referensstationen i Örefjärden och under motsvarande värden i Gaviksfjärden i Höga kusten-området.

Styrka

Styrka anges som minsta storlek på den trend som kan upptäckas med 80 % sannolikhet i en tidserie om 10 år, med signifikansnivån 5 % (Tabell 6). Styrkan för variabler som ingår i mätprogrammet varierar mellan 0,3 och 15,1 % $år^{-1}$ (medel 4.5 % $år^{-1}$). De flesta värden är jämförbara med de 95 % konfidensintervall som beräknats på annat sätt för linjära trender på 8 års serierna, vilket kan förväntas (Tabell 5).

Viss försiktighet vid tillämpning av styrka som urval för indikatorer bör iakttas, eftersom variabelns respons på miljöstörning också typiskt är positivt korrelerad till styrkan. Detta innebär att en variabel med hög styrka ofta också visar en svag respons på en miljöstörning.

En beräkning av styrka genomfördes baserad på residualvariansen för tidserier som visade nära linjär trend. För icke-linjära tidserier användes residualerna från en kubisk anpassning.

Jämförelse med utsjöstationen A5

Salthalten ökar som väntat från kust mot utsjö (1,48 till 3,00 saltenheter). Också pH ökar från kust till utsjö (7,40 till 7,75). Det senare är en konsekvens av lägre halt av ämnen i kolsyrasystemet och andra buffrande ämnen i sötvatten. Högre förekomst av humussyror i det lösta organiska materialet från älvvatten och relativt hög nedbrytning av organiskt material bidrar också till att sänka pH-värdet.

Temperaturkurvorna ligger på samma nivå på samtliga stationer. Däremot är temperaturökningen snabbare i de två kustområdena än i utsjön under våren och försommaren. Under hösten är nedkylningen snabbare vid kusten än i utsjön.

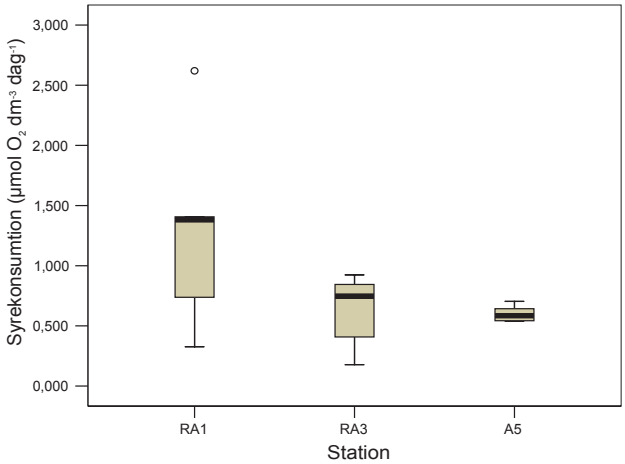
De flesta närsalter visar de högsta värdena vid kusten och minskar utåt, som en konsekvens av älvvattentillförsel och sedimentresuspension. Totalfosforhalterna utmärker sig genom att minska 3 ggr snabbare än totalkväve i gradienten. Processer i kustzonen som fastlägger fosfor måste därför bidra till att öka den relativa kväveförekomsten nära 3 ggr i utsjön. Fastläggning av fosfor i större djurplankton, makroalger och fisk är en sannolik förklaring. Sedimentation av järn-fosforkolloider är inte lika sannolikt som huvudförklaring, eftersom ingen markant sedimentation av dessa verkar förekomma i salthaltsintervallet 1-3 (Gustavsson et al. 2000).

Nitrat visar mindre variationer mellan de olika lokalerna, medan säsongsvariationen är betydande på samtliga lokaler. Nitrit och ammonium saknar också en tydlig gradient. Däremot är variationen inom månad högre för nitrit och ammonium både i Gussö- och i Fjuksöfjärdarna samt utsjön, jämfört med kuststationen. Även DOC och sannolikt humus (begränsat dataset) minskar från kust till utsjö.

Syrehalten visar kraftigast säsongsvariation i kusten där också minimivärdena är lägst. Minimivärdet ökar successivt mot utsjön, där syrehalten visar relativt begränsad säsongsvariation. Det senare är förväntat, eftersom mätningarna utförs på 70-90 m djup i utsjön, att jämföra med 7 m i Rånefjärden.

Klorofyllvärdena är relativt jämförbara i Gussö- och Fjuksöfjärdsområdet jämfört med utsjön. Högsta maxvärden förekommer i Rånefjärden där de är 50 % högre än de övriga två områdena.

Den bakteriella syrekonsumtionen antyder en nära 3 ggr högre respiration av organiskt material vid kusten än utsjön baserat på augustimätningarna 2003 och 2004 ($p<0,05$). Sammantaget visar syrekonsumtionen en gradient från kust till utsjö som liknar gradienten för fosfor.

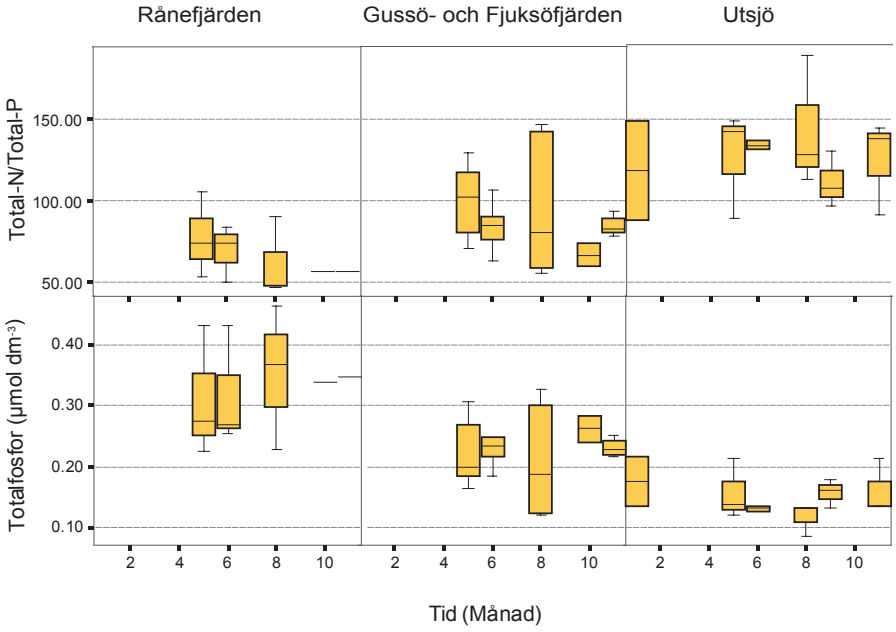


Tillståndsklassning enligt bedömningsgrunder

Näringsstatusen i Rånefjärdsområdet verkar vara överlag god. Totalfosfor och totalkväve förekommer i mycket låga eller låga halter. Syretillgången är god i båda områdena (Tabell 7 och 8).

Klorofyllhalten är låg i Gussö- och i Fjuksöfjärdarna medan den är medelhög i Rånefjärden. Det senare kan bero på att underlaget för kustnära fjärdar var bristfälligt då bedömningsgrundernas upprättades. De uppmätta nivåerna kan väl vara typiska för kustnära grunda fjärdar som Rånefjärden.

De kväveinnehållande oorganiska näringsämnena förekommer i höga eller mycket höga halter, speciellt ammonium. Detta beror sannolikt på Bottenvikskustens speciella karaktär, med stor påverkan från älvburet organiskt material (Wikner et al. 2004). Relativt hög halt av kväve i det organiska materialet gynnar en ammoni-



fiering och nitrifikation (se faktaruta ”Ammonifiering och nitrifikation”). Sammantaget ger detta en naturligt hög halt av oorganiska kväveföreningar i kustområden med hög tillförsel av älvburet organiskt material. Hög halt av dessa ämnen bör därför inte tolkas som en effekt av mänsklig gödning.

Förslag på förändringar

Det genomförda mätprogrammet visar att tidserier med pelagiska variabler av god styrka kan skapas även vid provtagning under några få av produktiva säsongens månader. Samtidigt förloras i styrka hos tidserier jämfört med maximal nivå när antalet provtagningar per år understiger 12 stycken. För översiktlig övervakning av tillstånd bör begränsad provtagning enligt gällande bedömningsgrunder kunna tillämpas. Förhöjda nivåer av ämnen och processer förväntas slå igenom under hela säsonger om de är betydande. Intensifierad miljöanalys bör tillämpas vid behov.

Nedan ges översiktliga kommentarer på möjliga förändringar. Mer precis design av ett optimalt mätprogram kräver tydliga beskrivningar av miljömål, detektionsmål och resursens omfattning. Ytterligare beräkningar behövs därefter för ett optimerat program.

Generellt bör en harmonisering med mätningar av utsjöstationer inom det nationella programmet (HELCOMs riktlinjer) eftersträvas för att medge analys av om trender är storskaligt eller lokalt orsakade. För att möjliggöra jämförelse med bedömningsgrunder bör också mätningar utföras så att angivna tillståndsklasser kan användas. En anpassning till Vattendirektivets riktlinjer bör också ingå.

Fler biologiska variabler och en bättre rumslig täckning av bassänger bör eftersträvas. Växtplankton bör mätas i augusti för harmonisering med vattendirektivet. Makroalger utgör också en rekommenderad variabel i vattendirektivet. Undersökningstypen bakteriell syrekonsumtion bör tillföras som en biologisk indikator på näringsstatus.

Biologiska variabler bör mätas vid 2 tillfällen under augusti i kontrollerande undersökningar. Totalhalter av kväve och fosfor kan mätas både under perioden januari–mars och juli–september vid både kontrollerande och operativa undersökningar. Mätningar för ett typområde bör utföras inom en av dessa månader för att minimera bidraget från säsongsvariation. Oorganiska närsalter bör mätas under perioden januari–mars vid minst 2 tillfällen. Nitrit och nitrat kan då mätas som en summavariabel (jmf. bedömningsgrunder för Kust och Hav). Tillsammans med ammonium är oorganiska närsalter dock relativt svårtolkade på grund av komplexa biokemiska interaktioner. De bör främst ingå i operativa undersökningar.

DOC och kemiskt bestämd humushalt utgör värdefulla förklaringsvariabler som bör ingå vid operativa undersökningar. Kisel är en bra indikator på sötvattentillförsel. Kisel är dock inte ett begränsande ämne i Bottenviken.

Att mäta vattnets ytskikt ner till 10 m bör prioriteras för alla variabler utom syre, vilken fortsättningsvis bör mätas inom 2 m från botten. Provdjup bör väljas enligt HELCOMs riktlinjer 0, 5 och 10 m och integrerade prov över samma djup för klorofyll och växtplankton. Andra djup kan väljas för syre.

Antal stationer som bör mätas i ett undersökningsområde (fjärd, vattenförekomst) beror på vilken skala som områden skall tillståndsbeskrivas, hur många år som skall utgöra underlag för tillståndsvärden och variationen inom området. Ett minimikrav är att ett område (exv. vattentyp) bör undersökas med minst 2 stationer med mätdesign enligt ovan. Om möjligt mäts varje vattenförekomst inom vattentyp årligen. I annat fall slumpas provtagningar ut i vattenförekomster.

Vid målsättning att följa tillståndet i en viss vattenförekomst bör minst 2 mätpunkter per vattenförekomst användas. Detta föreslås för att möjliggöra jämförelser med referensområden. Beroende på storlek av skillnad som man vill kunna upptäcka ökas antalet mätpunkter inom vattenförekomst, och antalet provtagningar under året. En statistisk beräkning av styrkan hos ett mätprogram förutsätter att den rumsliga- och mellanårsvariationen inom området kan ges realistiska värden.

Metodik

Data sammanställdes och kvalitetssäkrades för rimlighet, homogena enheter och rätt precision på värden före analys. Säsongs- och djupvariation hos parametrar utvärderades genom grafisk presentation med 3D- figur och en normal Kernel anpassnings funktion (local linear regression). Bandvidd för både x1 (djup) sattes till 2,0 och x2 (tid) till 1,0.

Kontinuerliga djupprofiler från augusti från tre olika år användes för att bedöma skiktningskaraktär på stationerna. De absoluta salthaltsvärdena är osäkra eftersom halterna ligger under intervallet där konduktivitet kalibreras om till salthalt. Skillnaderna i konduktivitet är dock säkra.

Baserat på variablernas djupfördelning valdes ytskiktet 0-10 m för fortsatta trendanalyser. Data aggregerades över djup och mättillfällen för varje år.

Samtliga variabler analyserades för trend med linjär regression. Variabler som uppvisade icke-linjär dynamik analyserades också med anpassning ett kubiskt polynom för att skatta residualvariansen (resterande variation som inte förklaras av den oberoende variabelns variation): $y(x)=b_0+b_1x+b_2x^2+b_3x^3$

Standardiserade residualer plottades mot beroende variabeln för att kontrollera normalfördelning och överensstämmelse med modellen.

För jämförelse med utsjöstation användes box-figurer för varje månad för åren 1997–1999, då främst oorganiska närsalter mätts under samma tidsperioder. An-

dra perioder användes för bakteriell syrekonsumtion (2003–2004) för att hitta jämförbara data. För kemiskt mätt humus finns relativt få värden mätta i undersökningsområdet, och inga sommarvärden från utsjöstationen.

För tillståndsklassning beräknades medelvärden och 95 % konfidensintervall för juli-augusti och åren 2002–2004 klassning enligt Bedömningsgrunder för Kust och Hav, 1999. För syre används årsminimivärde. Åtta prover utgör underlag i samtliga fall. För oorganiska närsalter (”vintervärde”) används endast ett värde från april 2004.

Statistik

Statistikmjukvaran SPSS® användes för statistiska analyser.

Signifikansnivå (α, risk att felaktigt förkasta nollhypotesen) på 5% används genomgående om inte annat anges.

Normalfördelning testades med Kolmogorov-Smirnov test (>50 prov) eller Shapiro-Wilk test (<50 prov) och stem-and-leaf figur. Variabler som inte klassats som normalfördelade transformerades med naturliga logaritmen före analys.

S1

Skillnader mellan stationer testades med en 2-vägs ANOVA där station, månad och nominellt djup användes som fixa faktorer. Residualer var nära normalfördelade i de flesta fall. Homogenitet mellan felvarianser testades med Levene´s test. Prov med homogena felvarianser jämfördes med Tukey´s HSD post-hoc-test. Prov med icke-homogena varianser jämfördes med Tamhane’s test.

S2

Skillnaden mellan stationer åskådliggörs med box-diagram. Horisontell linje motsvarar medianvärde för mätvärdena och boxen visar området (interkvartilen) där 50 % av alla mätvärden ingår. Dess avgränsning motsvarar nedre och övre kvartil. Vertikala linjer visar området till lägsta respektive högsta värdet inom 1.5 interkvartil längder från boxens nedre respektive övre del. Värden utanför detta område plottas enskilt. Avvikande värden (outliers, ringar) är 1.5 till 3 boxlängder från boxens ändar. Extremvärden (asterisker) är mer än 3 boxlängder från boxens ändar.

Litteratur

Andersson, A., S. Hajdu, P. Haecky, J. Kuparinen and J. Wikner. 1996. Succession and growth limitation of phytoplankton in the Gulf of Bothnia. Mar. Biol. 126:791-801.

Bedömningsgrunder för Kust och Hav. 199. Naturvårdsverkets Rapport 4914.

Gustafsson, Ö., A. Widerlund, P.S. Andersson, J. Ingri, P. Roos och A. Ledin. 2000. Colloid dynamics and transport of major elements through a boreal river- brackish bay mixing zone. Marine Chemistry 71: 1-21.

Bratbak, G. 1985. Bacterial biovolume and biomass estimations. Appl. Environ. Microbiol. 49 (6):1488-1493.

Wikner, J., A. Andersson, S. Johansson och Johannes Sandberg. 2004. Älvburet organiskt kol strukturerar näringsväven i Bottenviken. I Bottniska viken 2003, red. K. Wiklund. Umeå Marina Forskningscentrum, Sverige.

Bilaga 1. Tabeller

Tabell 2. Test av variablernas fördelningstyp.

Kolmogorov-Smirnov testar om normalfördelning förekommer i större provset. Värden under 0,05 tyder på fördelning skild från normal. Stem & Leaf visar grafisk fördelningen hos värdena. Utvärdering av båda dessa tester utmynnar i en antagen fördelning.

Variabel	Kolmogorov-Smirnov	Stem&Leaf plot	Antagen fördelning	Kommentar
Temperatur	<0,01	Icke normal	Icke normal	Alla stationer
Salthalt	<0,05	Nära normal	Normal	RA3 >0,05
pH	>0,2	Nära normal	Normal	RA1 <0,05
Total-fosfor	<0,01	Icke normal	Icke normal	Alla stationer
Total-kväve	>0,05	Normal	Normal	Alla stationer
Fosfat	<0,001	Icke normal	Icke normal	Alla stationer
Nitrat	>0,2	Normal	Normal	Ej RA1
Ammonium	<0,01	Icke normal	Icke normal	Alla stationer
Nitrit	<0,01	Nära normal	Icke normal	RA3 >0,2
Kisel	<0,01	Nära normal	Icke normal	Alla stationer
DIN/DIP	<0,001	Icke normal	Icke normal	Alla stationer
TN/TP	<0,05	Nära normal	Icke normal	RA1,<0,001
Syre	>0,11	Nära normal	Normal	Alla stationer
Klorofyll-a	>0,06	Nära normal	Normal	Alla stationer
DOC	>0,02	Nära normal	Normal	RA3 < 0,001
Humus	<0,05	Nära normal	Icke normal	RA1>0,1
Syrekonsumtion	ND2	ND2	Icke normal	RA1 och RA3
Bakteriehalt	ND2	ND2	Normal	RA1 och RA3

Tabell 3. Variation mellan stationer, säsonger och djup för olika variabler.

Signifikanta skillnader anges med ”Ja”, medan ej signifikanta anges med ”Nej”. Högsta signifikansgräns anges.

Variabel	Säsong	Djup	Station	Kommentar
Temperatur	Ja, <0,001	Ja, <0,001	Nej	Djupvariation beror av säsong
Salthalt	Ja, <0,001	Ja, <0,001	Gradient, <0,001	Djupvariation beror av säsong
pH	Ja, <0,001	Nej	RA1 lägst, < 0,01	Säsongsvariation skiljer mellan månad
Total-fosfor	Ja, <0,01	Nej	Gradient, <0,001	Minskande RA1-RA3
Total-kväve	Ja, <0,001	Ja, < 0,01	RA1 högst, <0,001	Säsongs- och djupvariation beror av station
Fosfat	Ja, <0,001	Nej	RA1 högst, <0,001	
Nitrat	Ja, <0,001	Ja, < 0,001	RA1 lägst, <0,001	Stationsberoende säsongsvariation. Stations och säsongsberoende djupvariation.
Ammonium	Ja, < 0,001	Ja, < 0,05	RA1 högst, <0,01	Stationsberoende säsongsvariation. Säsongsberoende djupvariation
Nitrit	Ja, < 0,01	Nej	Nej	Tamhane ger RA1 högst, <0,05
Kisel	Ja, <0,001	Ja, < 0,05	RA1 högst, <0,001	
DIN/DIP	Ja, <0,001	Ja, <0,001	Gradient, <0,001	Ökande RA1-3, Stationsberoende säsongsvariation
TN/TP	Ja, <0,01	Nej	Gradient, <0,01	Ökande RA1-3
Syre	Ja, <0,001	ND[1]	Nej	
Klorofyll-a	Ja, <0,001	ND[1]	RA1 högst, <0,05	Stationsskillnad endast enligt Tukey HSD.
DOC	Ja, <0,001	Ja, <0,05	RA1 högst, <0,001	Stationsberoende säsongs- och djupvariation.
Humus	Ja, <0,05	Nej	RA1 högst, <0,001	
Syrekonsumtion	ND[2]	-, <0,16	-, <0,1	Sannolikt signifikant vid större dataset.
Bakteriehalt	ND[2]	Nej	-, <0,1	Sannolikt signifikant vid större dataset.

ND[1]: Går ej bestämma pga. olika mätdjup eller att slangprovtagning utförts.
ND[2]: Går ej bestämma pga. att endast prover mätts under 3 : e kvartalet.

Tabell 4. Medianvärden för de tre stationerna över alla djup 1997-2004.

Variabel	RA1	RA2	RA3	Stations-skillnad	Kommentar
Temperatur (°C)	10,1	7,87	7,25	Nej	RA1 högre än RA3 enl. Tamhanes test
Salthalt (-)	1,71	2,00	2,10	Gradient, <0,001	Ökande RA1-3
pH	7,46	7,57	7,63	RA1 lägst, < 0,01	
Total-fosfor (μmol dm^{-3})	0,30	0,21	0,19	Gradient, <0,001	Minskande RA1-3
Total-kväve (μmol dm^{-3})	20,6	19,0	19,1	RA1 högst, <0,001	
Fosfat (μmol dm^{-3})	0,064	0,032	0,029	RA1 högst, <0,001	
Nitrat (μmol dm^{-3})	2,55	5,04	5,45	RA1 lägst, <0,001	
Ammonium (μmol dm^{-3})	0,55	0,32	0,36	RA1 högst, <0,01	
Nitrit (μmol dm^{-3})	0,16	0,14	0,15	Nej	
Kisel (μmol dm^{-3})	61,0	48,6	45,6	RA1 högst, <0,001	
DIN/DIP[a]	42,4	135	191	Gradient, <0,001	
Total-N/Total-P	65,5	91,3	104	Gradient, <0,01	
Syre (ml dm^{-3})	7,57	8,14	8,23	Nej	Tukey HSD ger RA1 lägre än RA3.
Klorofyll-a (μmol dm^{-3})	1,67	1,30	1,23	RA1 högst, <0,05	Ej signifikant enligt Tamhanes test.
DOC (μmol dm^{-3})	458	387	367	RA1 högst, <0,001	
Humus (μg dm^{-3})	35,0	23,2	20,8	RA1, högst, <0,001	
Syrekonsumtion (μmol O_2 dm^{-3} dag^{-1})	1,38	-	0,75	-, <0,1	
Bakteriehalt (μmol C dm^{-3})	3,83	-	2,77	-, <0,1	

[a]DIN, löst oorganiskt kväve; DIP, löst oorganiskt fosfor.

Tabell 5. Linjär trend för ytksiktet 0-10 m baserat på årsmedelvärden 1997-2004.

Ofärgade celler visar signifikant linjär trend under perioden. Ljust grå anger möjlig trend (p< 0,1). Det 95 % -iga konfidensintervallet (95 % CI) anges för trend skattningen.

	RA1			RA2 och RA3		
Variabel	Trend (% $år^{-1}$)	α	±95 % CI (% $år^{-1}$)	Trend (% $år^{-1}$)	α	±95 % CI (% $år^{-1}$)
Temperatur	2,1[m]	0,492	6,9	2,5	0,069	2,2
pH	0,7	0,051	0,7	0,2	0,063	0,2
Salthalt	-2,4 [m]	0,651	12,0	0,1	0,935	2,9
Total-fosfor	-4,3	0,129	6,1	-4,1	0,070	4,1
Total-kväve	-1,0	0,380	2,5	-1,0	0,051	1,0
Fosfat	-7,9	0,061	7,9	-2,5	0,196	5,0
Nitrat	-0,3 [m]	0,953	11,8	-2,0	0,076	2,3
Ammonium	2,7	0,637	13,0	9,6	0,100	11,8
Nitrit	1,8 [m]	0,605	7,1	3,3 [m]	0,058	3,4
Kisel	-1,9 [m]	0,543	7,1	-1,7 [m]	0,421	4,4
DIN/DIP	8,8	0,190	14,6	2,7	0,305	5,4
Total-N/total-P	3,6	0,184	5,8	3,1	0,093	3,7
Syre	0,5	0,374	1,4	4,1	0,362	4,6
Klorofyll-a	7,8 [m]	0,118	10,5	5,8	0,110	9,4
DOC	-1,5	0,378	3,9	-1,7	0,009	1,2
Humus	-4,7	0,311	12,2	-7,3	0,008	4,8

[m]Tidserien följer ej en linjär modell. Lutningskoefficienten ej tillförlitlig. En icke-linjär tolkning förordas

Tabell 6. Styrka hos tidserier för ytkskiktet 0-10 m baserat på årsmedelvärden 1997-2004.

Styrkan anges som trend i % $år^{-1}$ som kan upptäckas med 80 % sannolikhet (1-ß) för en tidserie på 10 år och risk för typ I fel (α) på 5 %. Tidseriens medelvärde anges för att möjliggöra omvandling till absoluta enheter (gäller också trend i tabell 4). Tidsseriens variationskoefficient (±CV) redovisas också.

	RA1			RA2, RA3		
Variabel	Trend (% $år^{-1}$)	Medel-värde	±CV (%)	Trend (% $år^{-1}$)	Medel-värde	±CV (%)
Temperatur (°C)	4,0	9,745	13 [m]	3,5	8,77	12
pH (-log[H+])	0,6	7,40	2	0,3	7,61	1
Salthalt (-)	5,9	1,475	19 [m]	3,8	1,951	12
Totalfosfor (µmol dm-3)	5,1	0,33	17	6,1	0,22	20
Totalkväve (µmol dm-3)	2,0	20,7	7	1,3	18,8	4
Fosfat (µmol dm-3)	6,2	0,089	21	6,7	0,040	22
Nitrat (µmol dm-3)	6,2	2,83	20 [m]	2,9	4,69	10
Ammon. (µmol dm-3)	10,4	0,67	34	15,1	0,51	50
Nitrit (µmol dm-3)	4,1	0,17	14 [m]	1,7	0,15	6 [m]
Kisel (µmol dm-3)	3,3	68,4	11 [m]	5,1	52,2	17 [m]
Syre (ml dm-3)	1,1	7,65	4	1,2	8,02	4
Klorofyll-a (µg dm-3)	7,3	1,71	24 [m]	9,6	1,30	32
DOC (µmol dm-3)	3,1	473	10	1,5	384	5
Humus (µmol dm-3)	4,4	38,0	15	3,4	25,0	11
Syrekonsumtion[1]	-	-	-	7,7	-	-
Bakteriehalt[1]	-	-	-	3,5	-	-

[1]Värden beräknade från tidserier i Örefjärden.

[m]CV och styrka skattade från en en kubisk funktion i modulen Curve Fit i SPSS. Medelvärden för stationerna RA2 och RA3 användes för att tillåta analys.

Tabell 7. Tillståndsklassning för Rånefjärden.

Medelvärdets 95 % konfidensintervall anges (±95 % CI). Tillstånd anger statistisk eller bedömd tillståndsklass enligt Bedömningsgrunder för Kust och Hav. Varje statistisk tillståndsklass omfattar 20 % av mätvärdena från Sverige 1988-1991, och utgör tillsammans därmed totalt fem klasser.

	Medelvärde	±95 % CI	Tillstånd	Kommentar
Totalfosfor (μmol dm^{-3})	0,28	0,013	Mycket låg halt	
Totalkväve (μmol dm^{-3})	19,1	2,0	Låg halt	Ej skild från "Mycket låg halt"
Fosfat (μmol dm^{-3})	0,16	-	Låg halt	
Nitrat+nitrit (μmol dm^{-3})	8,52	-	Medelhög halt	
Ammonium (μmol dm^{-3})	3,60	-	Hög halt	
Syre (ml dm^{-3})	6,15	0,86	God syretillgång	Ej skild från "Troligtvis inga effekter"
Klorofyll-a (μg dm^{-3})	2,67	0,21	Medelhög halt	

Tabell 8. Tillståndsklassning för Gussö- och Fjuksöfjärden.

Värden för RA2 och 3 har behandlats som ett område. Övrigt som i tabell 7.

	Medelvärde	±95 % CI	Tillstånd	Kommentar
Totalfosfor (μmol dm^{-3})	0,16	0,03	Mycket låg halt	
Totalkväve (μmol dm^{-3})	16,5	1,5	Mycket låg halt	
Fosfat (μmol dm^{-3})	0,16	-	Låg halt	
Nitrat+nitrit (μmol dm^{-3})	7,14	-	Låg halt	
Ammonium (μmol dm^{-3})	4,66	-	Mycket hög halt	
Syre (ml dm^{-3})	7,10	0,82	God syretillgång	
Klorofyll-a (μg dm^{-3})	1,95	0,50	Låg halt	Ej skild från "Medelhög halt"

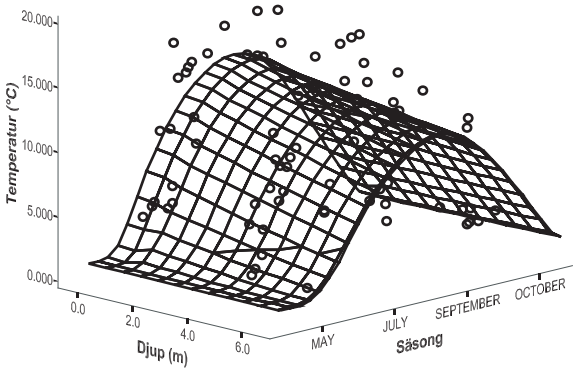
Bilaga 2: Figurer

Säsongs och djupvariation

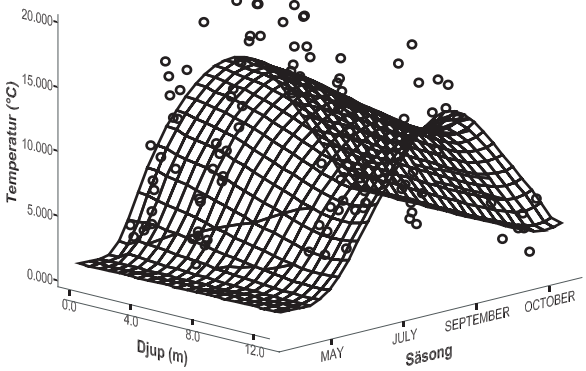
Figurerna baseras på samtliga djup och provtagningstidpunkter. Tidpunkterna utgörs av endast månad och dag för att visa ett genomsnitt av säsongsvariationen under året. Ytan utgör en genomsnittsbild baserad på en Kernelanpassning. För bakterieahlt och bakteriell syrekonsumtion finns endast data för augusti 2003 och 2004.

Vattentemperatur

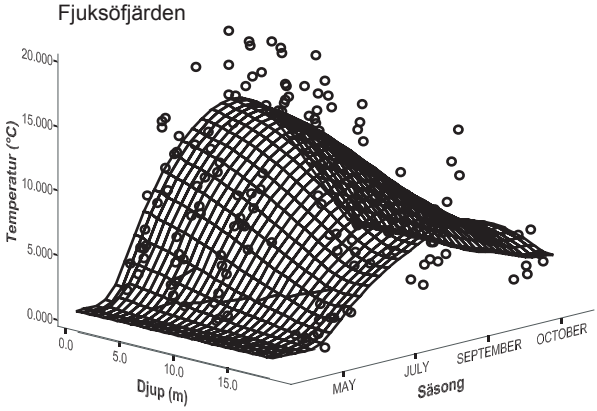
Rånefjärden



Gussöfjärden

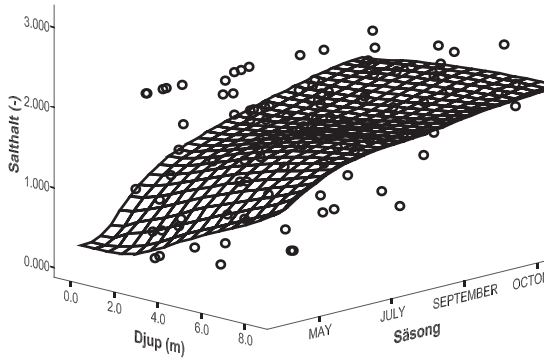


Fjuksöfjärden

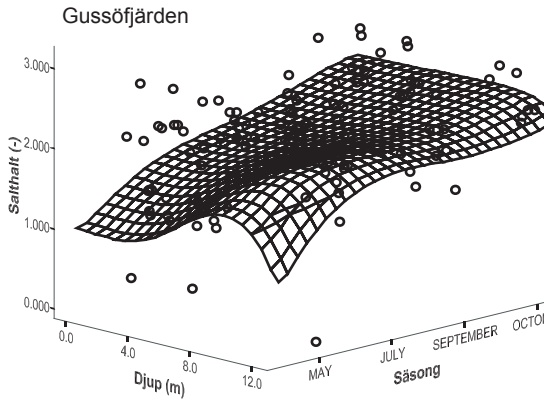


Salthalt

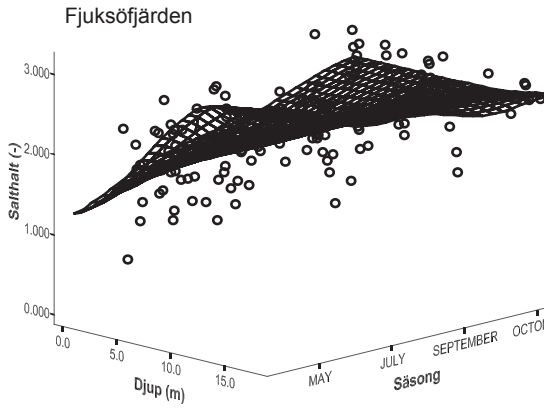
Rånefjärden



Gussöfjärden

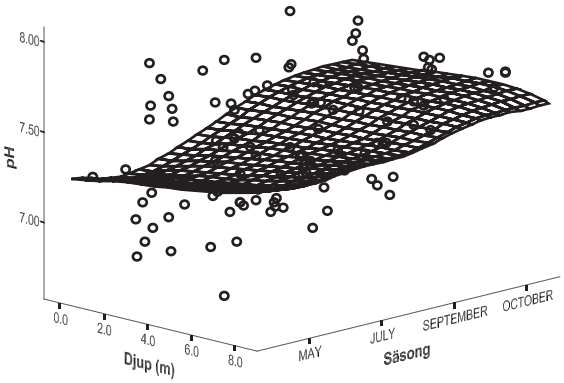


Fjuksöfjärden

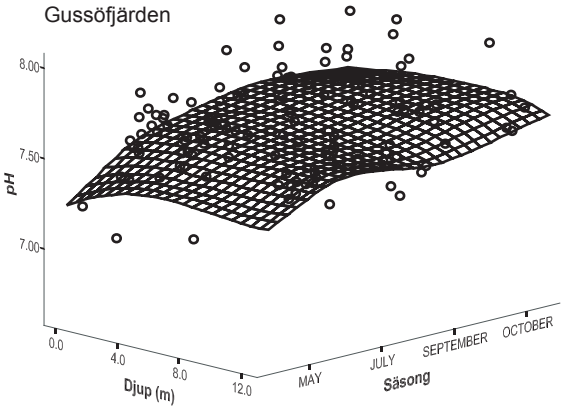


pH

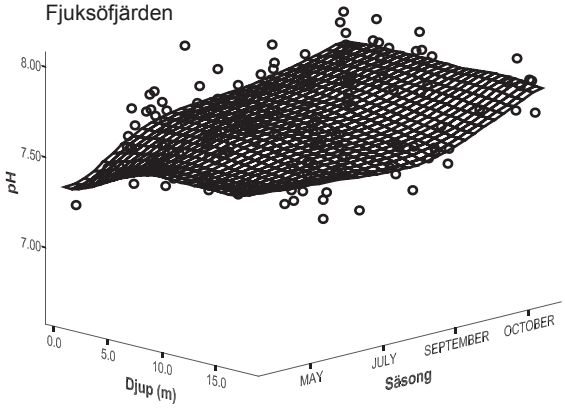
Rånefjärden



Gussöfjärden

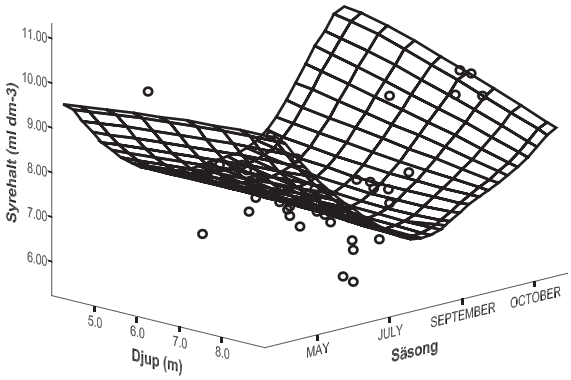


Fjuksöfjärden

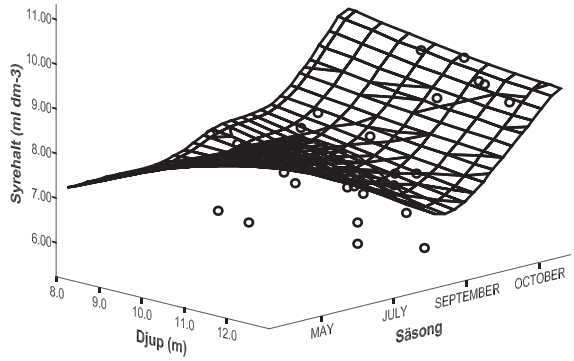


Syrehalt

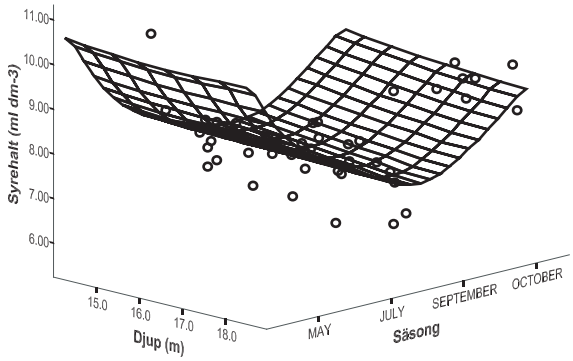
Rånefjärden



Gussöfjärden

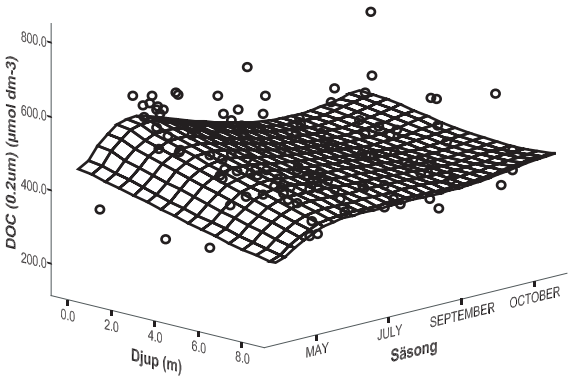


Fjuksöfjärden



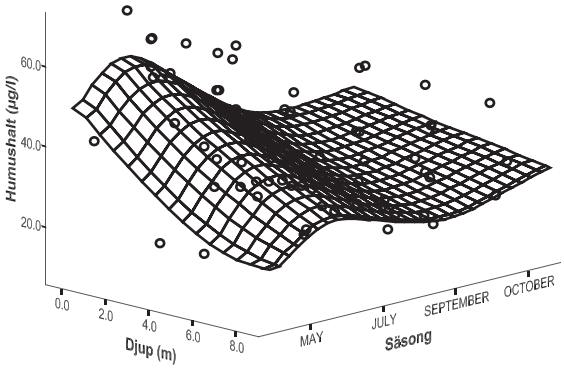
DOC

Rånefjärden

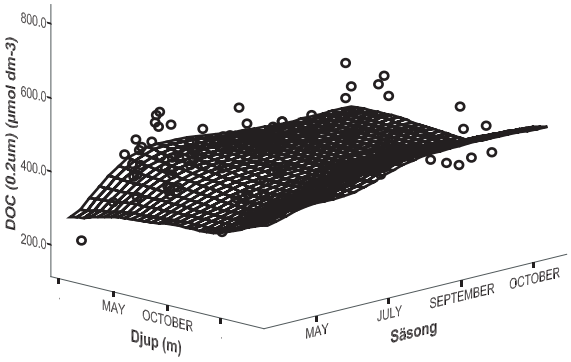


Humushalt

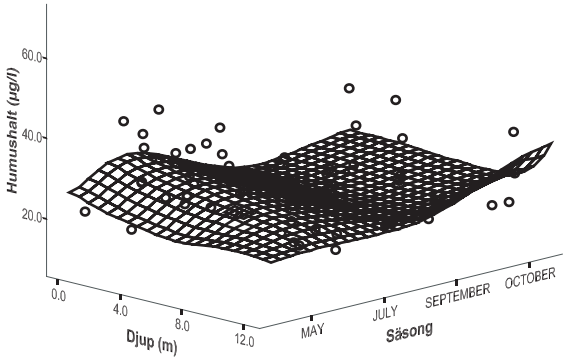
Rånefjärden



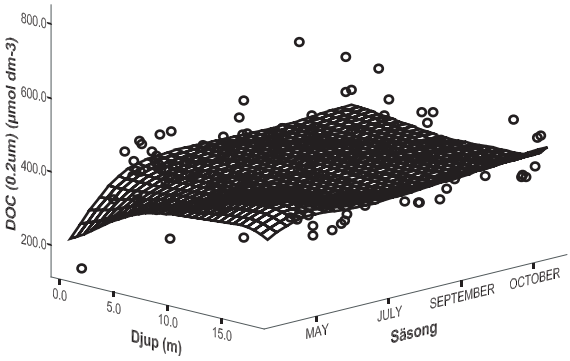
Gussöfjärden



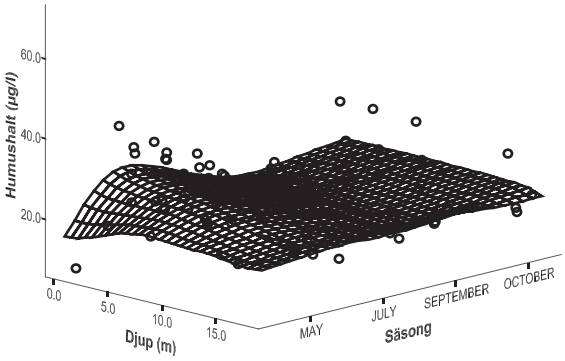
Gussöfjärden



Fjuksöfjärden

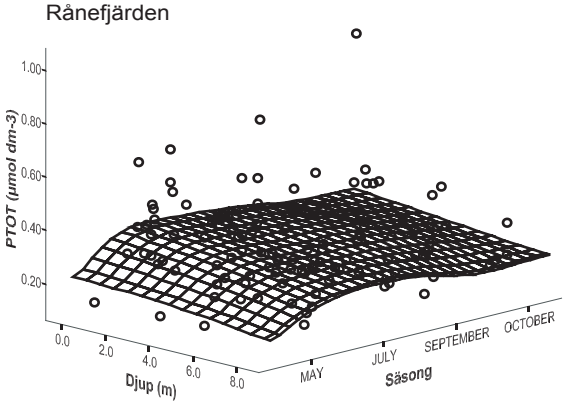


Fjuksöfjärden

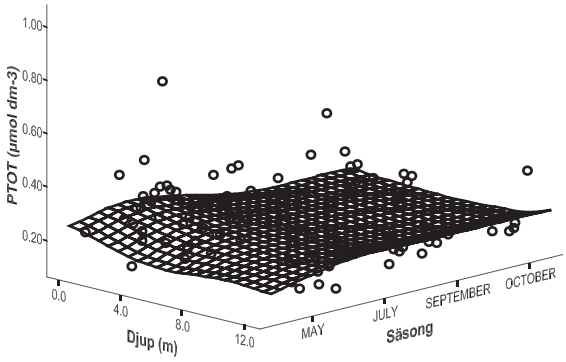


Totalfosfor

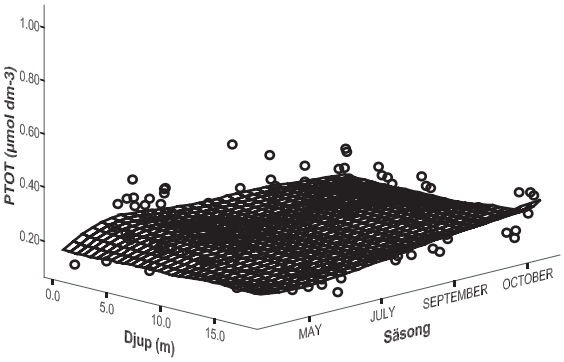
Rånefjärden



Gussöfjärden

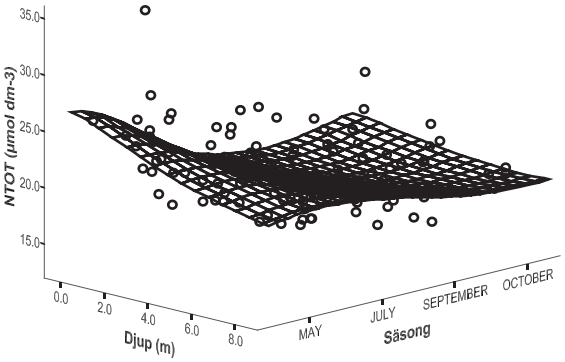


Fjuksöfjärden

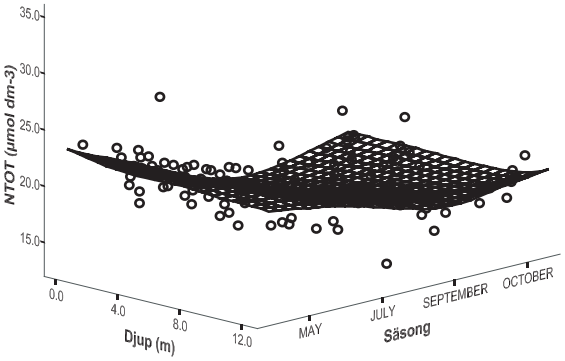


Totalkväve

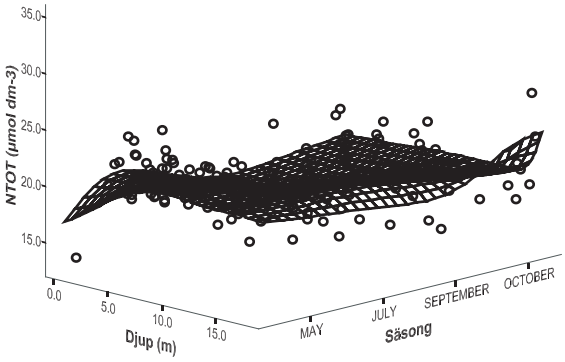
Rånefjärden



Gussöfjärden

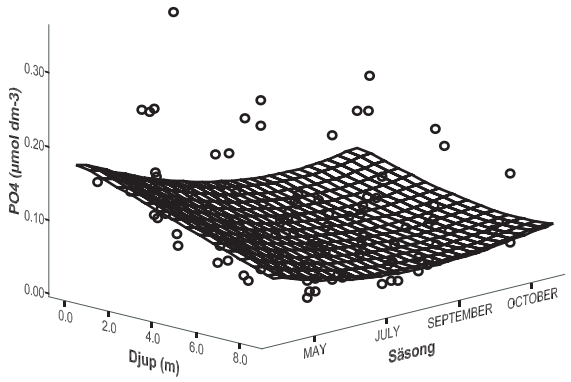


Fjuksöfjärden

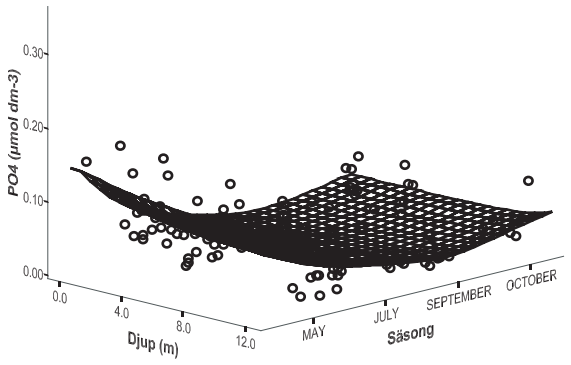


PO_4

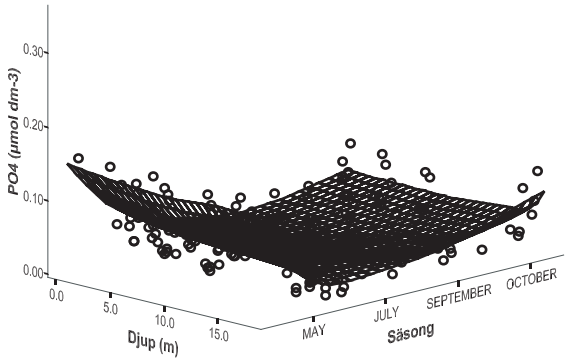
Rånefjärden



Gussöfjärden

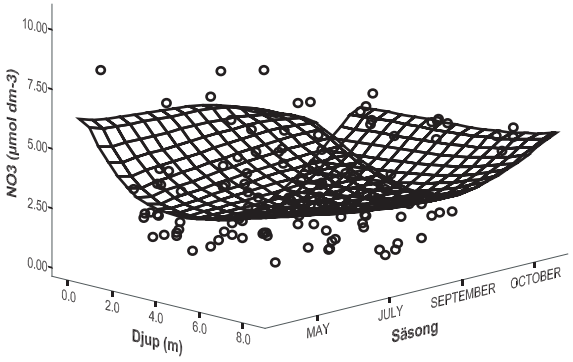


Fjuksöfjärden

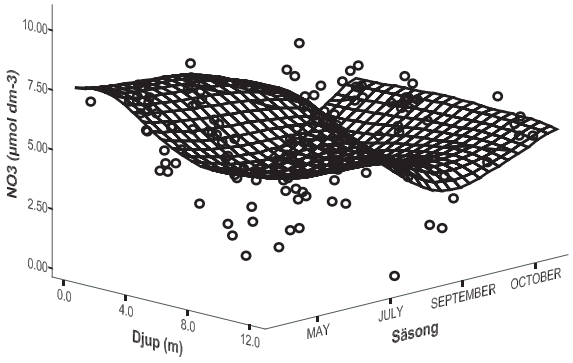


NO_3

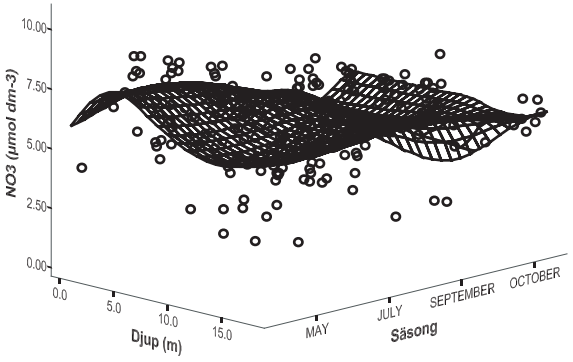
Rånefjärden



Gussöfjärden

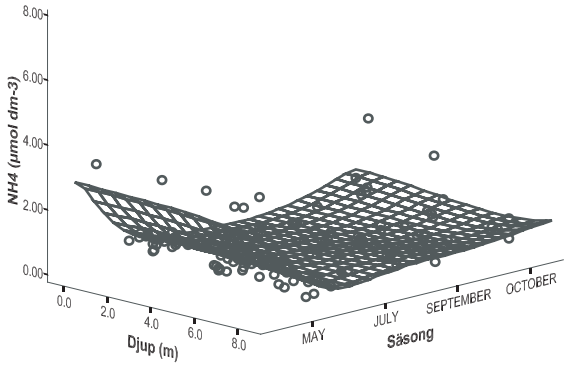


Fjuksöfjärden

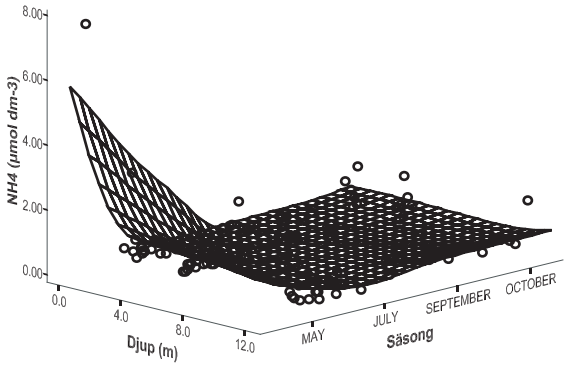


NH_4

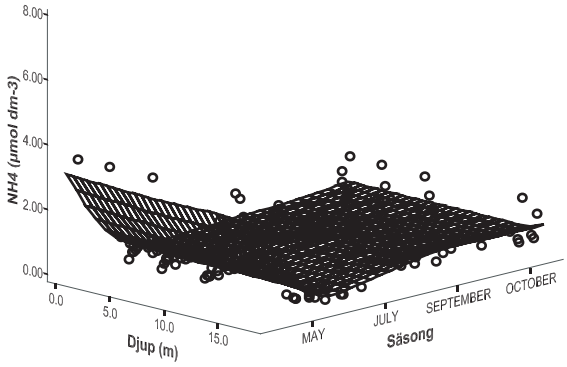
Rånefjärden



Gussöfjärden

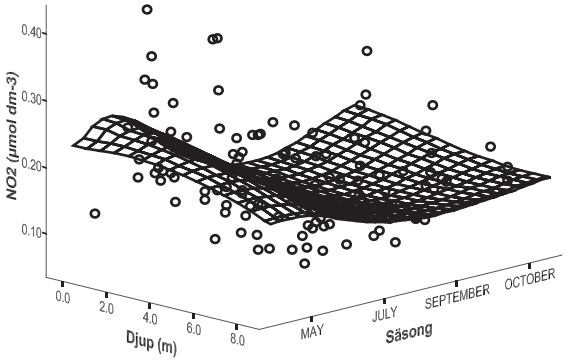


Fjuksöfjärden

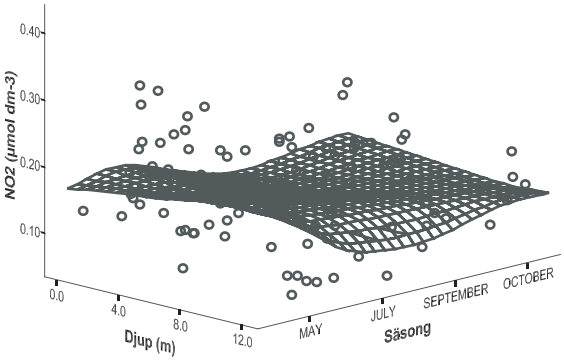


NO_2

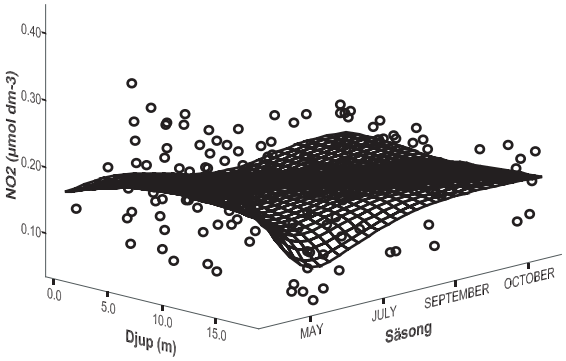
Rånefjärden



Gussöfjärden

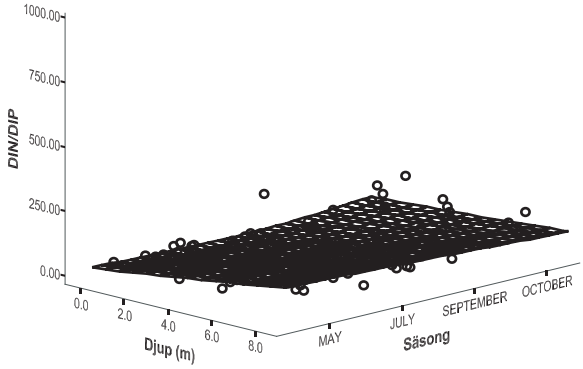


Fjuksöfjärden

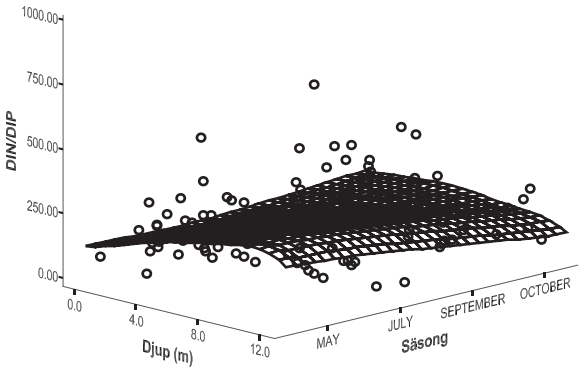


DIN/DIP

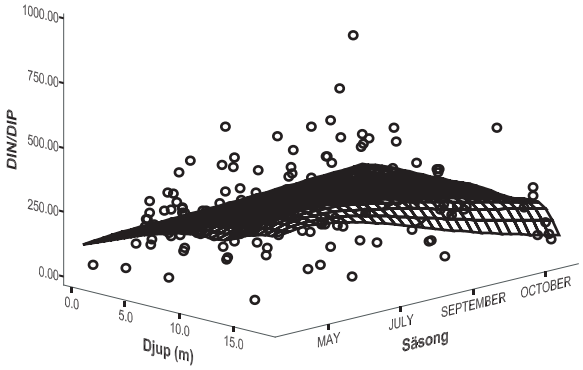
Rånefjärden



Gussöfjärden

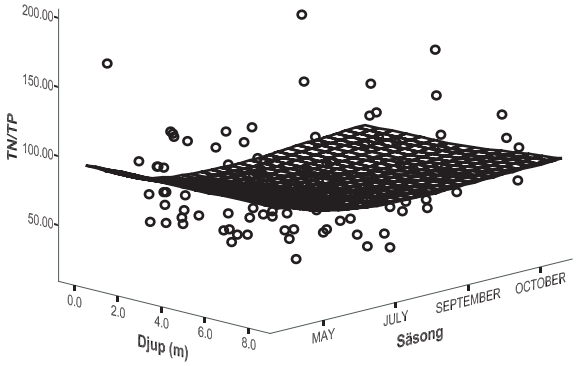


Fjuksöfjärden

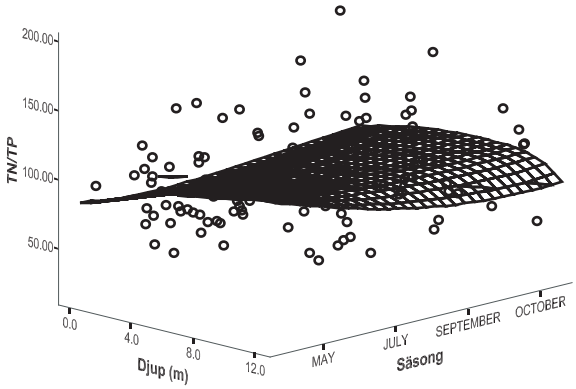


Total-N/Total-P

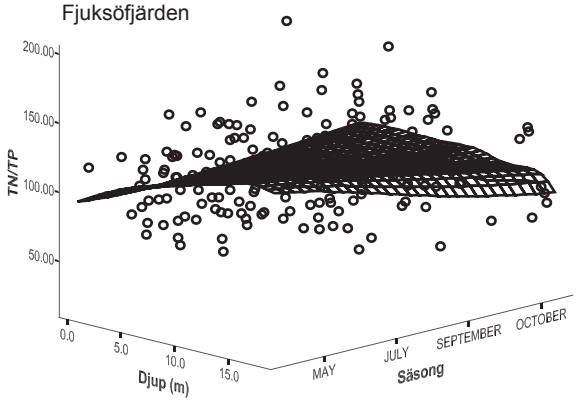
Rånefjärden



Gussöfjärden

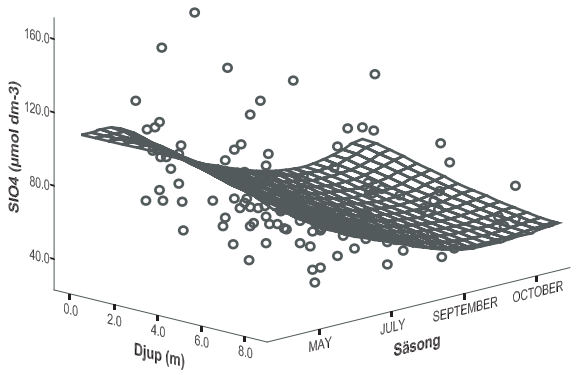


Fjuksöfjärden

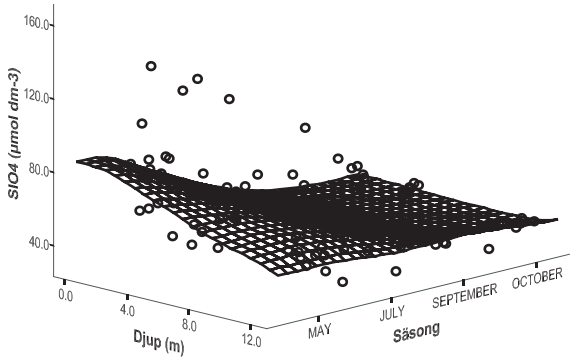


SiO_4

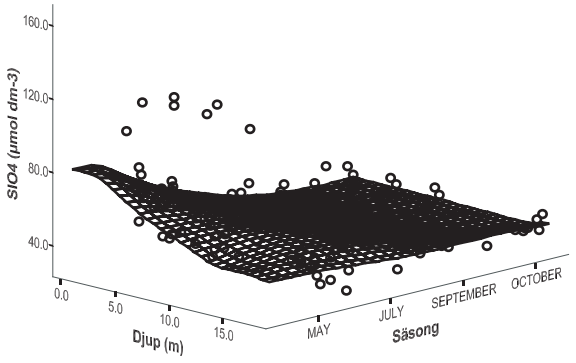
Rånefjärden

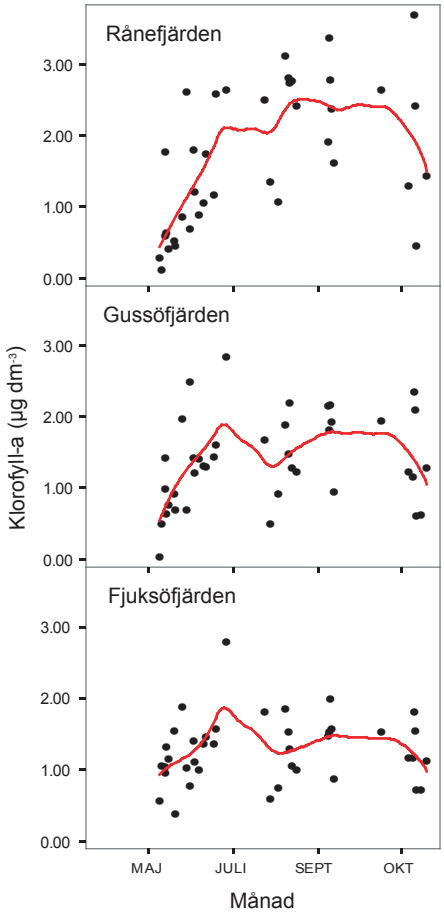


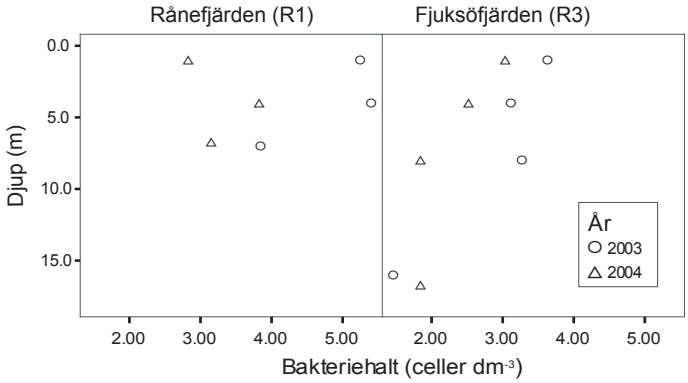
Gussöfjärden

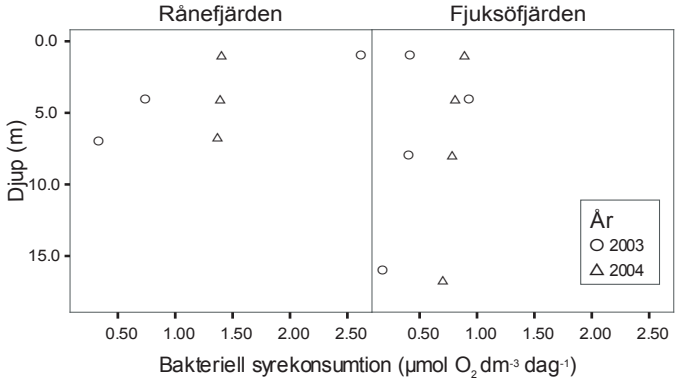


Fjuksöfjärden



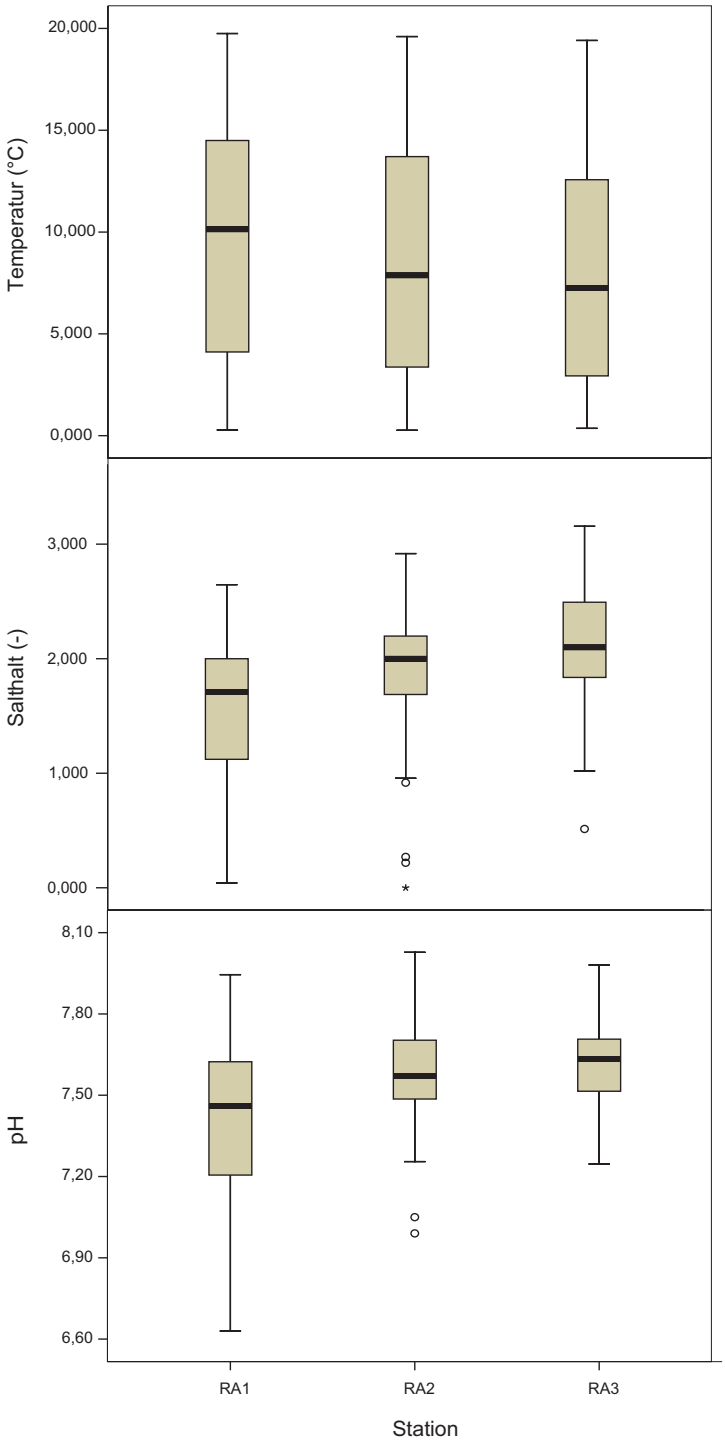


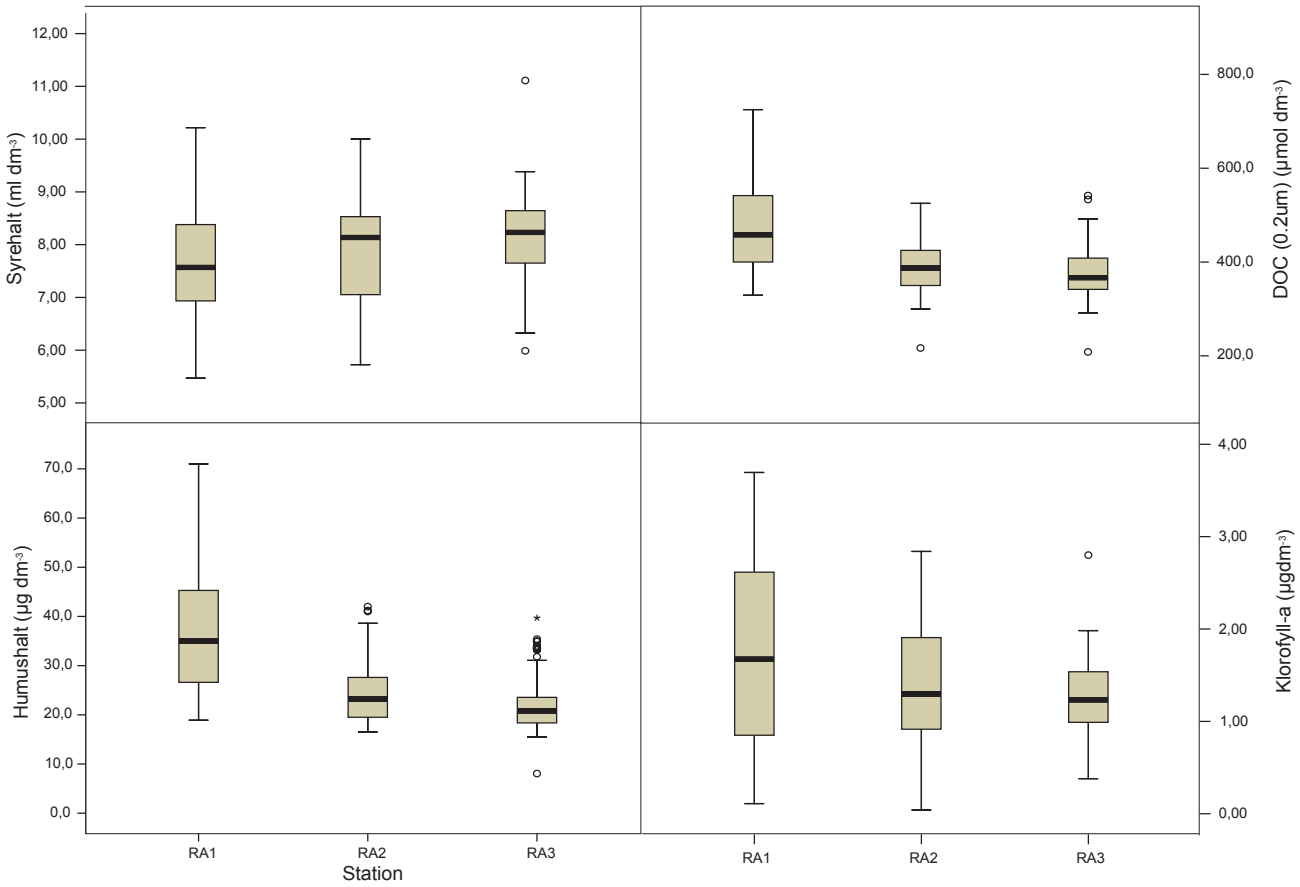


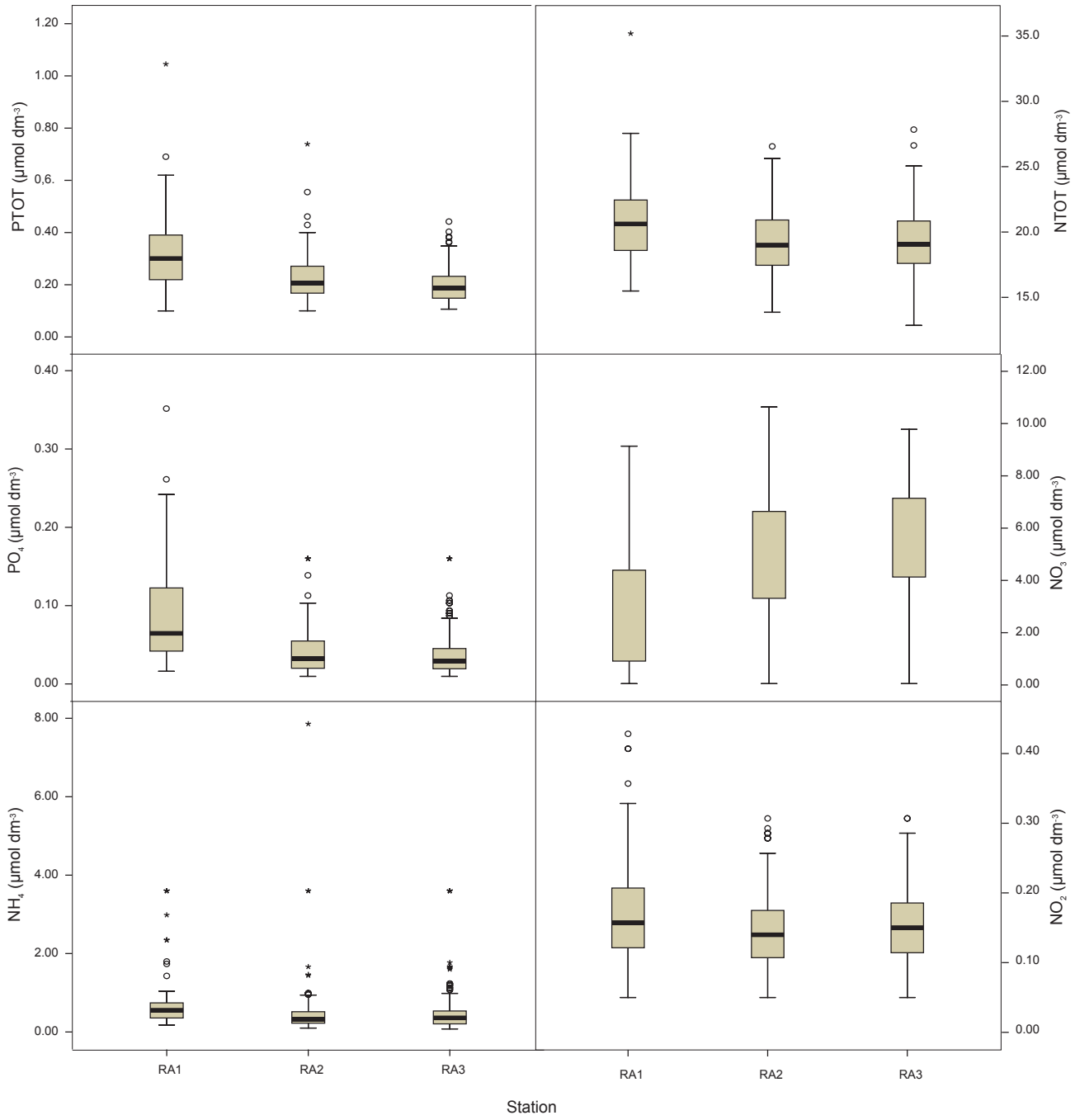


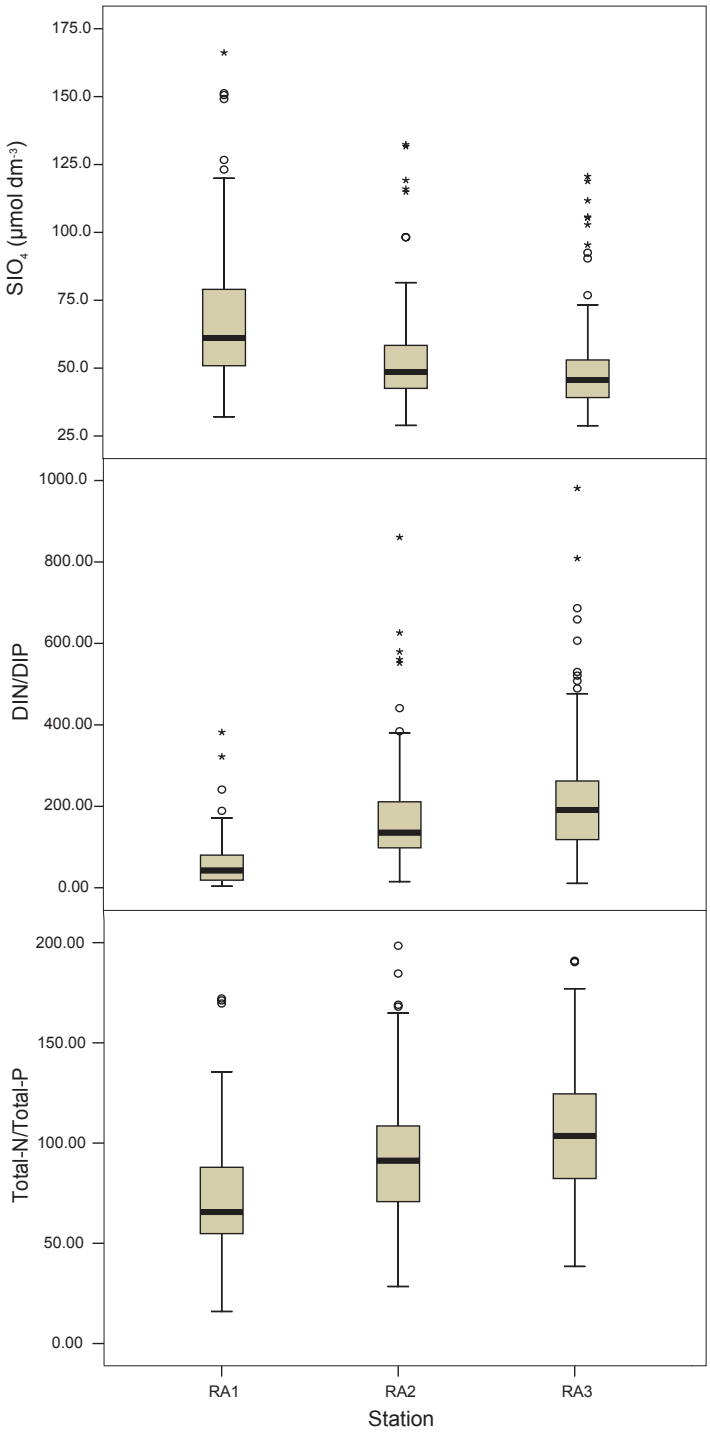
Box-plot mellan stationer

Figurerna baseras på samtliga djup och provtagningstidpunkter. Se avsnittet ”Statistk” för en förklaring av den statistiska betydelsen av boxens delar.



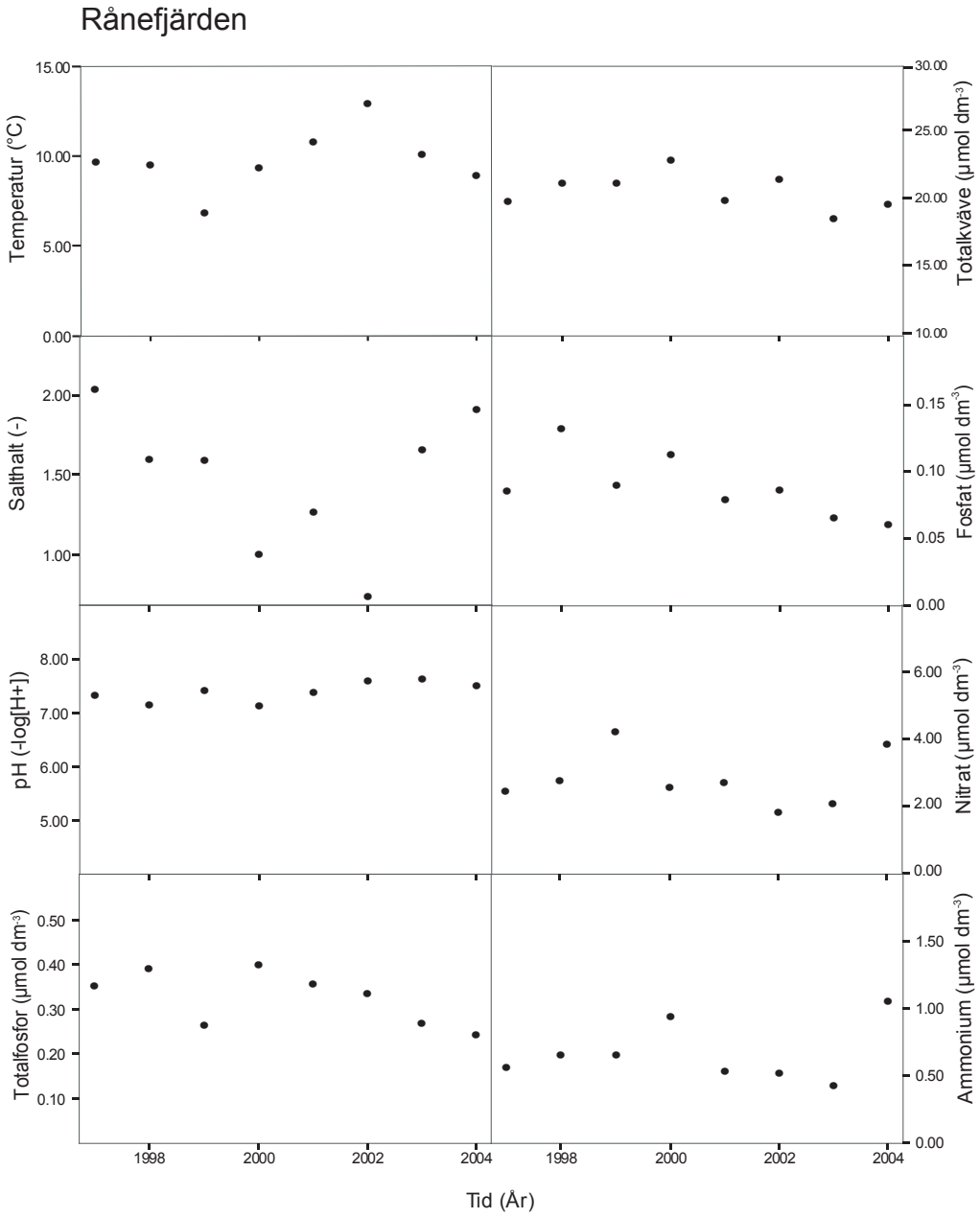

Syrehalt (ml dm-3)
12,00
11,00
10,00
9,00
8,00
7,00
6,00
5,00
DOC (0.2um) (µmol dm-3)
800,0
600,0
400,0
200,0
Humushalt (µg dm-3)
70,0
60,0
50,0
40,0
30,0
20,0
10,0
0,0
Klorofyll-a (µgdm-3)
4,00
3,00
2,00
1,00
0,00
RA1
RA2
RA3
Station
RA1
RA2
RA3


PTOT (µmol dm-3)
NTOT (µmol dm-3)
PO4 (µmol dm-3)
NO3 (µmol dm-3)
NH4 (µmol dm-3)
NO2 (µmol dm-3)
RA1
RA2
RA3
Station

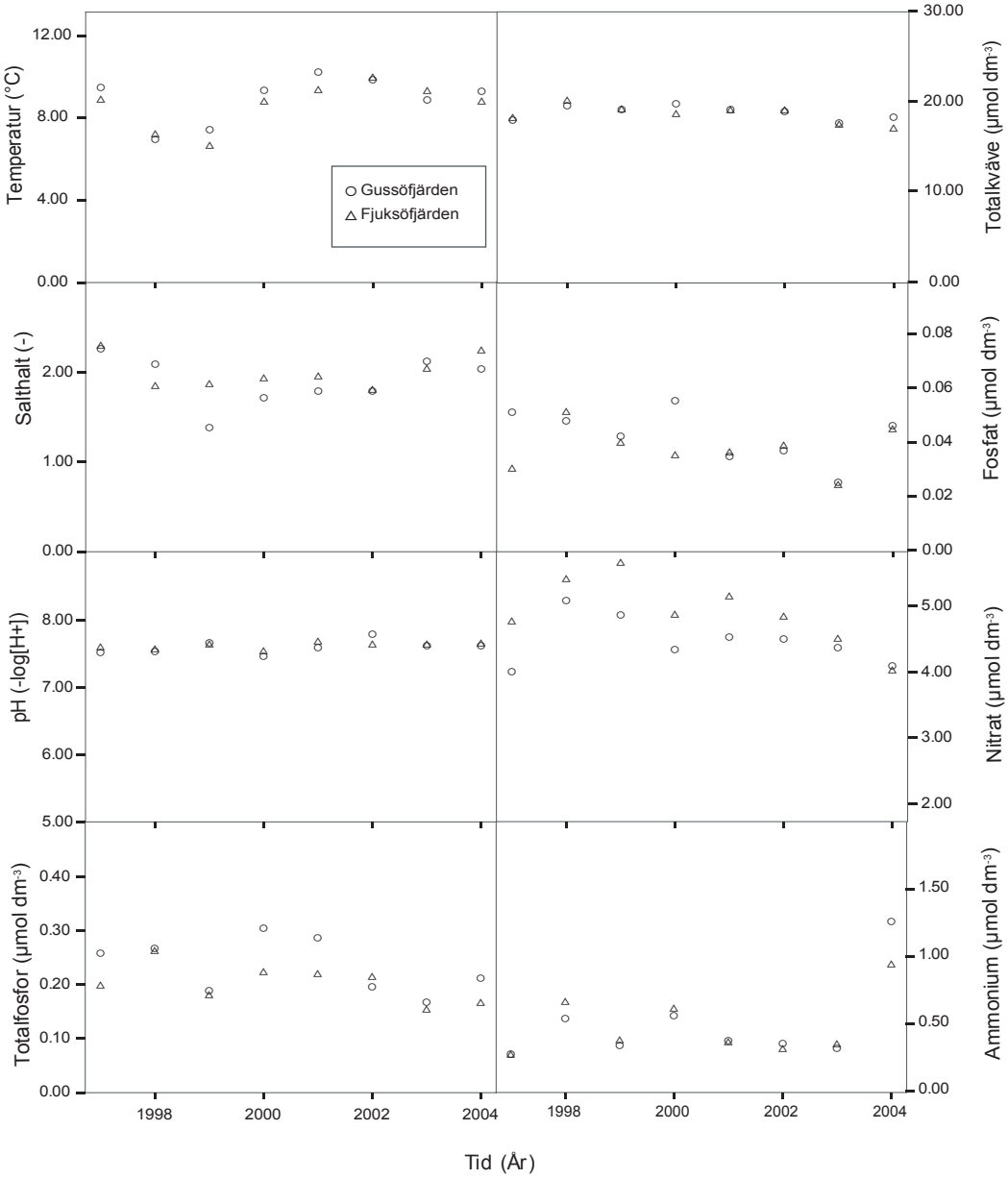

175.0
150.0
125.0
100.0
75.0
50.0
25.0
SIO4 (µmol dm-3)
1000.0
800.00
600.00
400.00
200.00
0.00
DIN/DIP
200.00
150.00
100.00
50.00
0.00
Total-N/Total-P
RA1
RA2
RA3
Station

Tidsserier

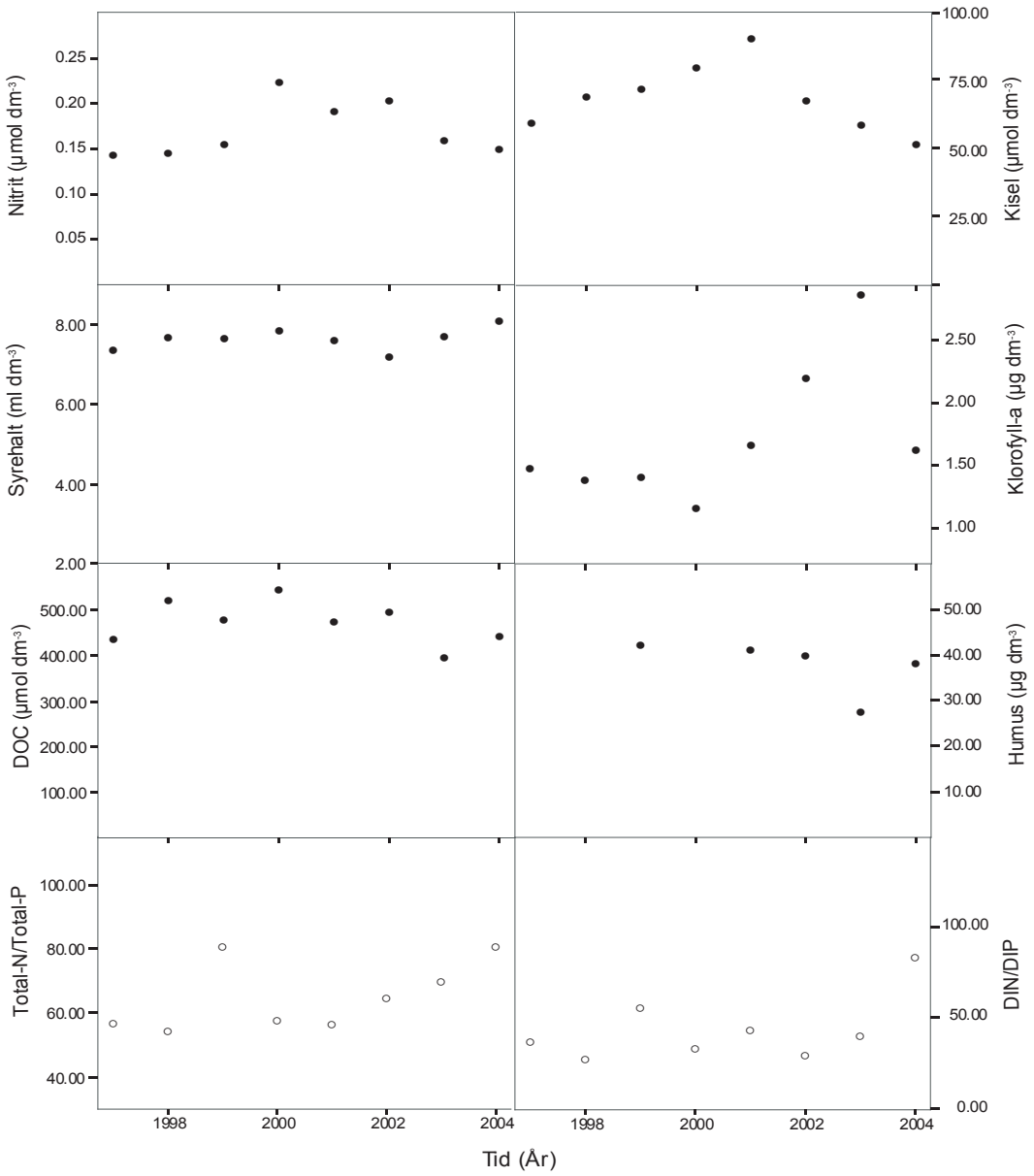
Data utgörs av årsmedelvärden för vattenskiktet 0-10 m. För syre användes genomgående maximala provtagningsdjupet.

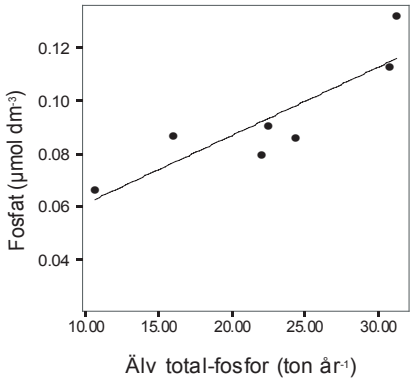


Gussö- och Fjuksöfjärden

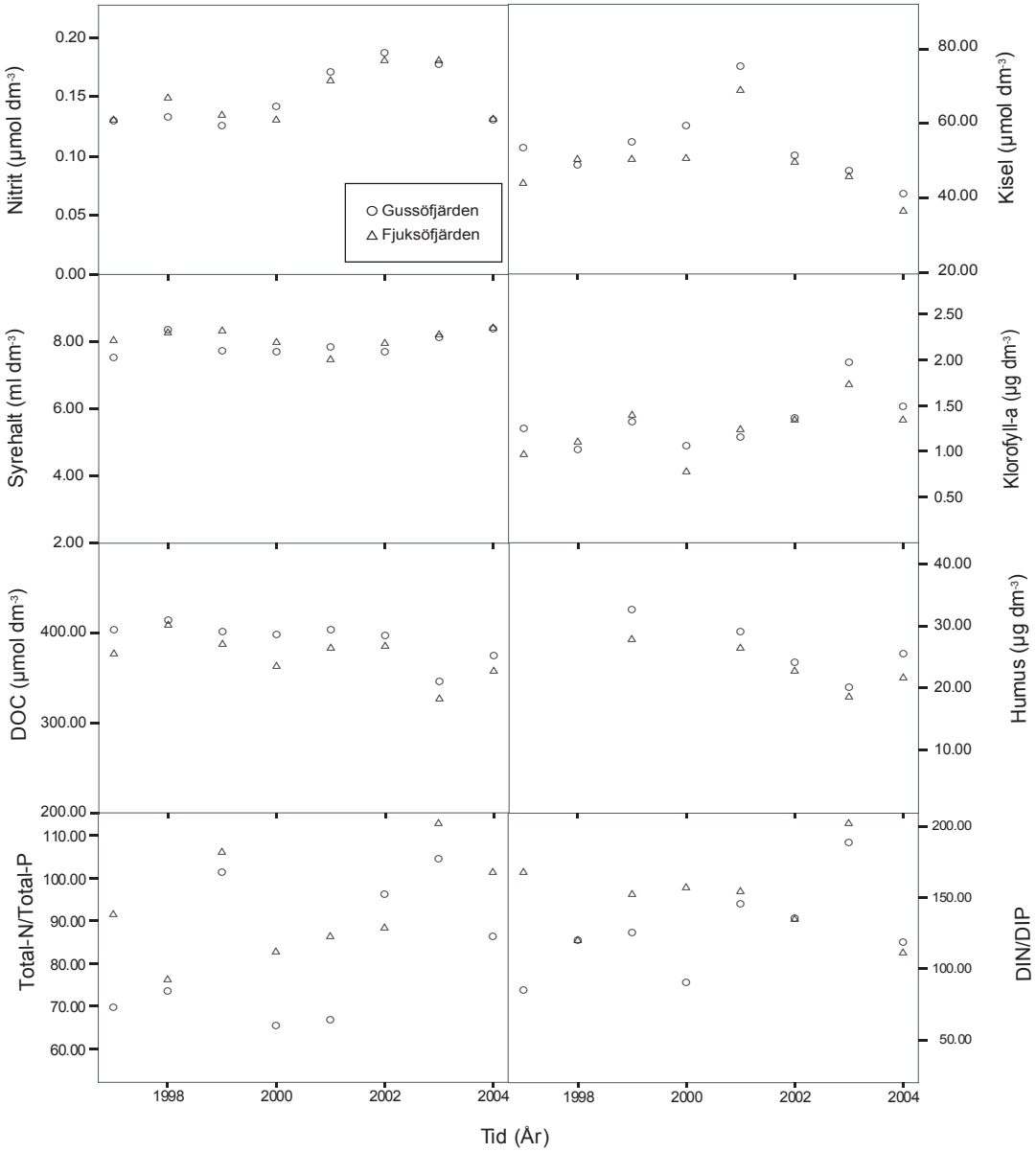


Rånefjärden



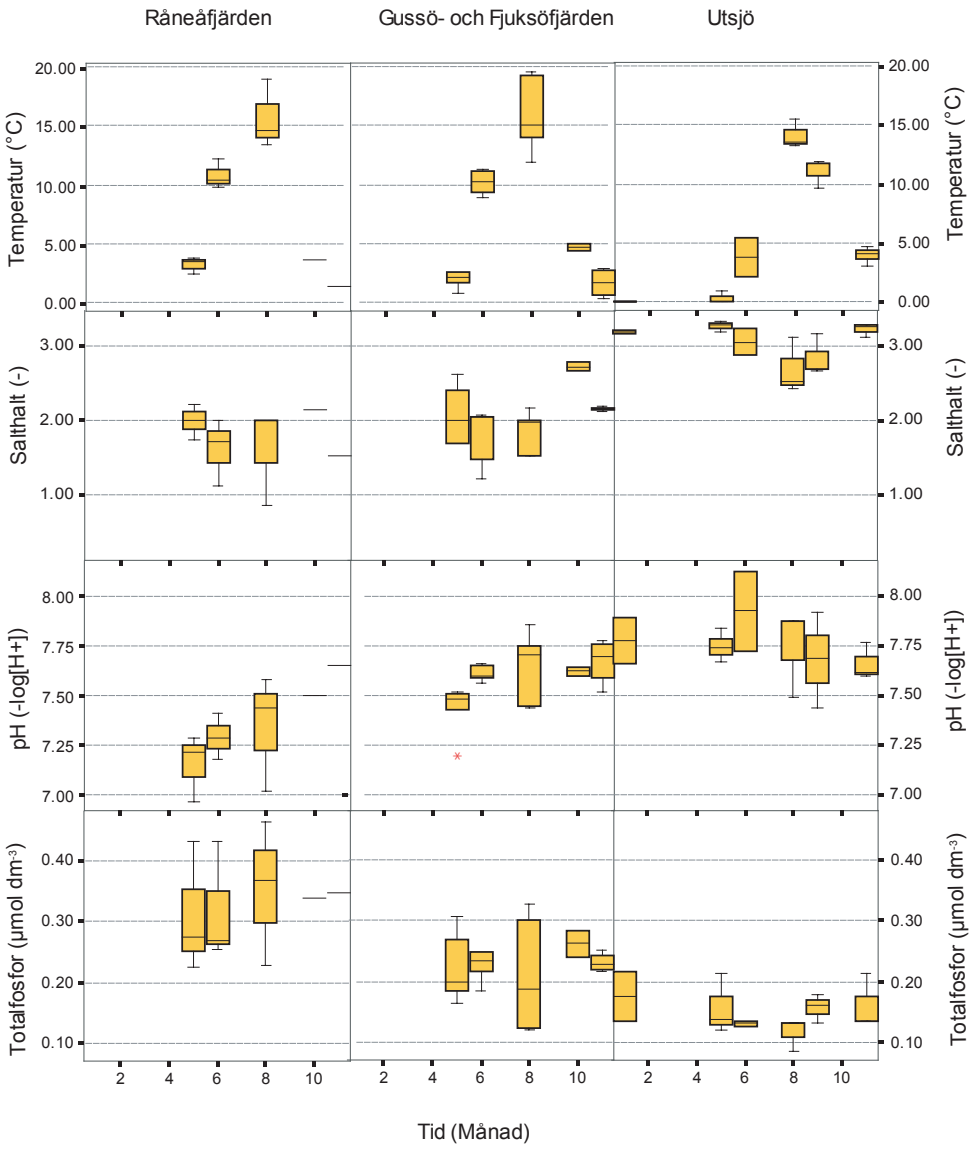


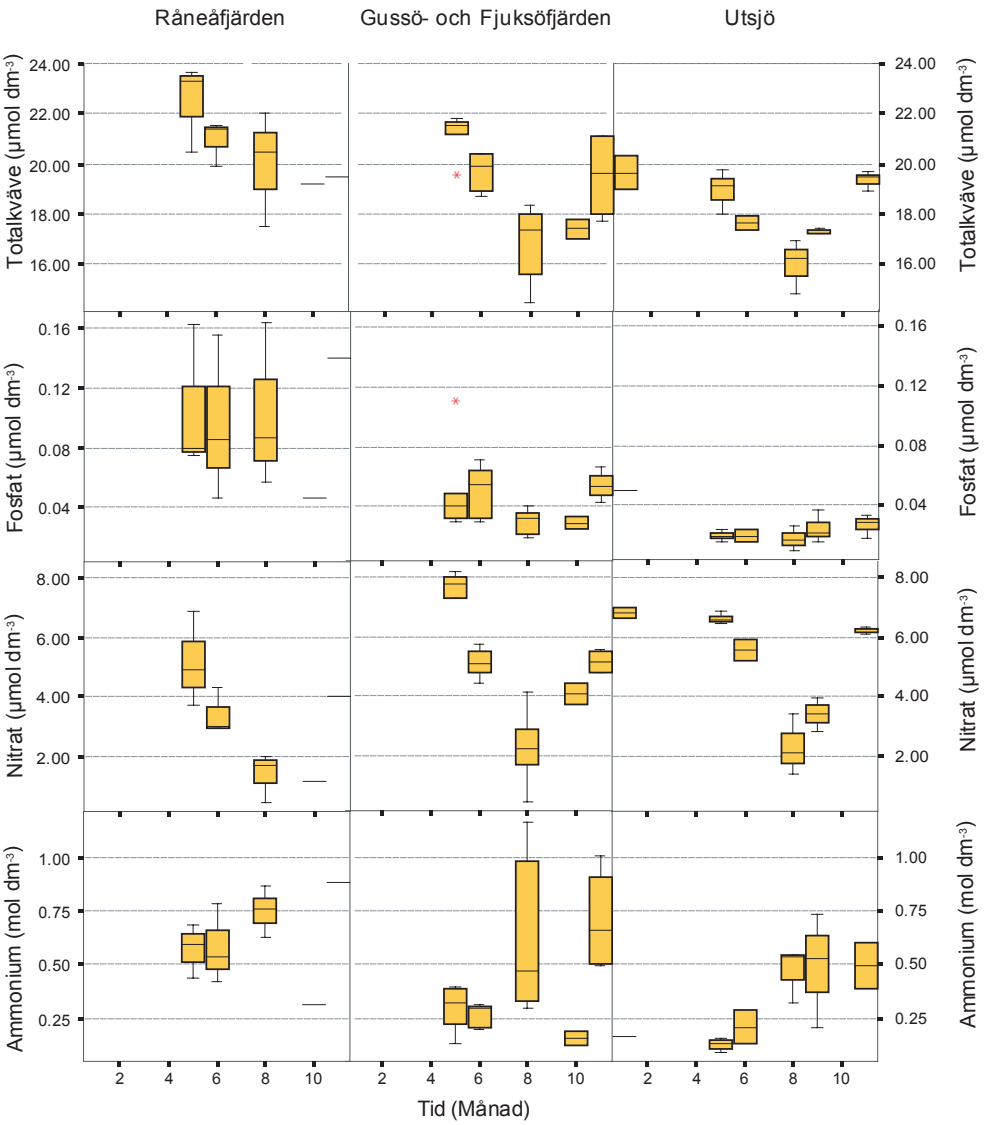
Gussö- och Fjuksöfjärden

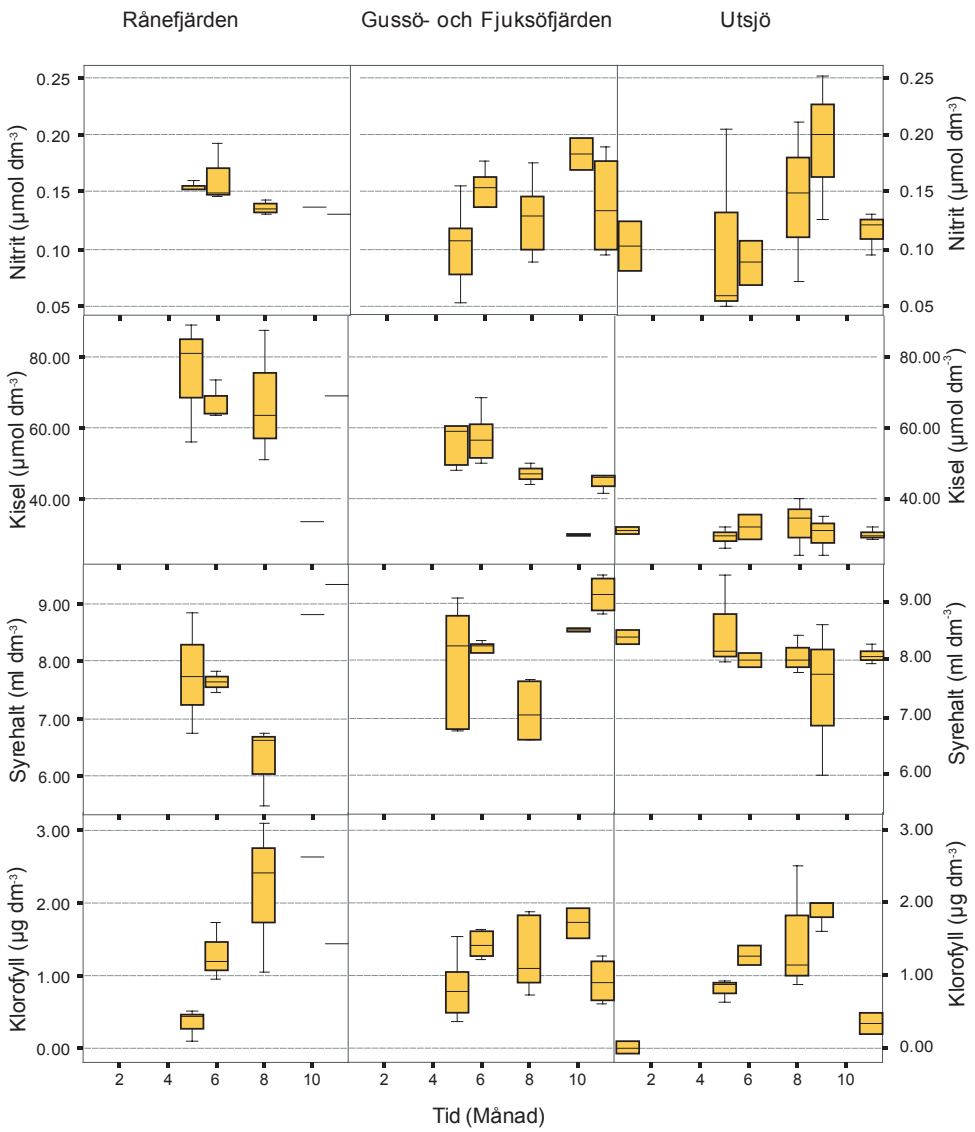


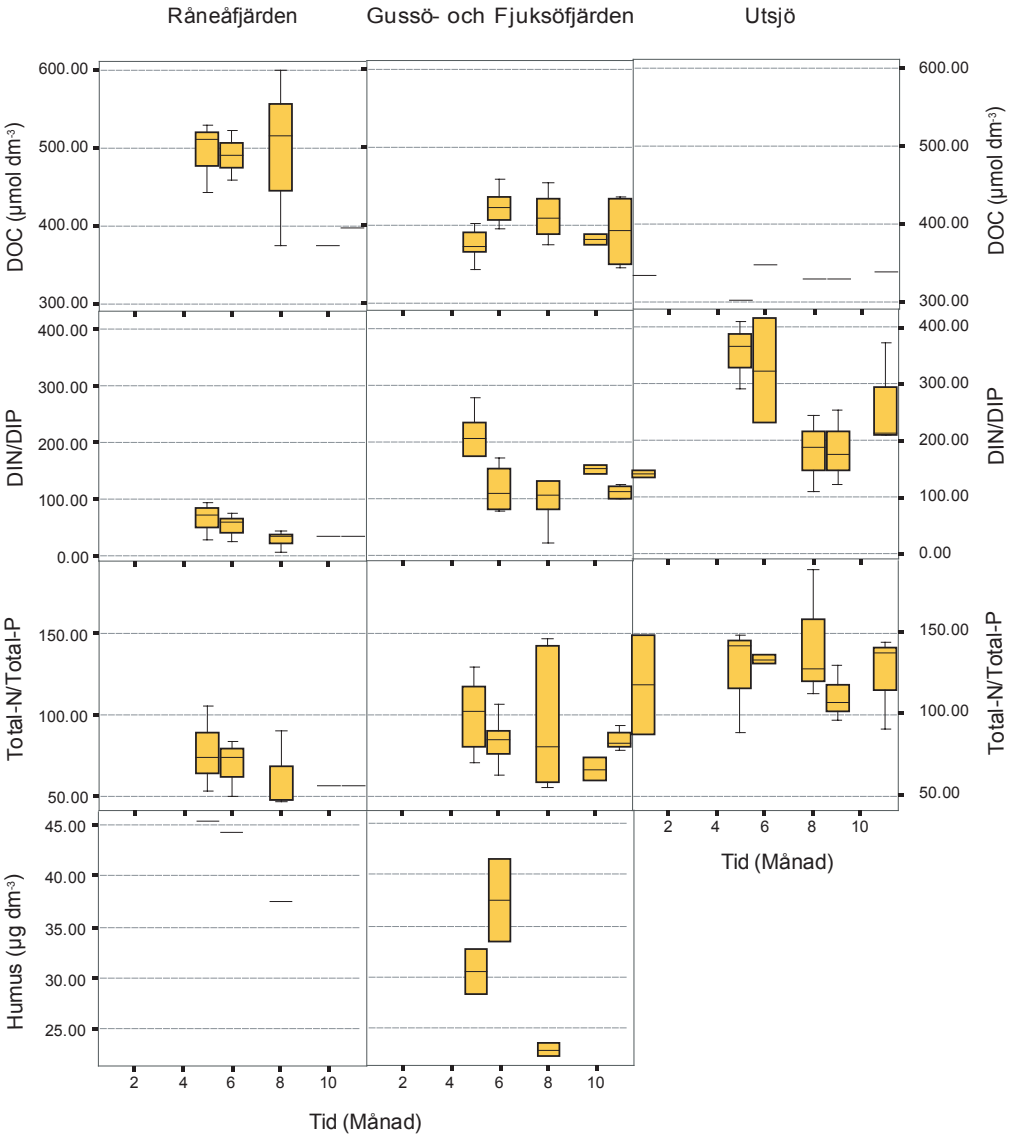
Jämförelser mellan områden

Diskreta data för perioden 1997-1999 och 0-10 m användes i huvudsak för att uppnå god jämförbarhet. För syre användes maximalt djup för respektive station. För bakteriell syrekonsumtion finns endast data för augusti 2003 och 2004.



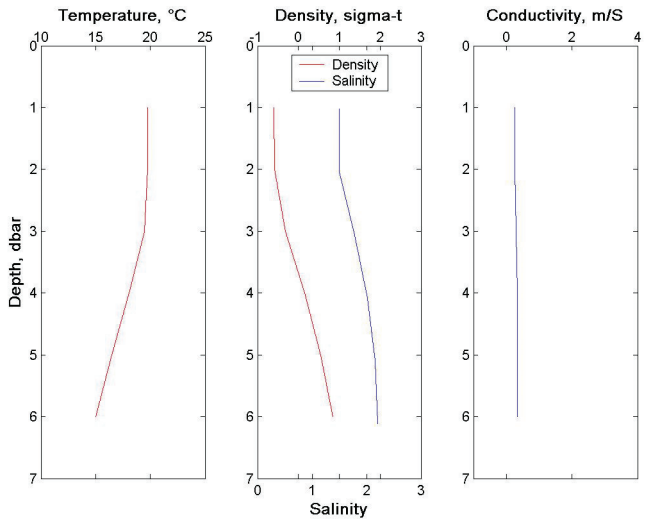

Råneåfjärden
Gussö- och Fjuksöfjärden
Utsjö
Totalkväve (µmol dm-3)
Fosfat (µmol dm-3)
Nitrat (µmol dm-3)
Ammonium (mol dm-3)
24.00
22.00
20.00
18.00
16.00
0.16
0.12
0.08
0.04
8.00
6.00
4.00
2.00
1.00
0.75
0.50
0.25
2
4
6
8
10
Tid (Månad)


Rånefjärden
Gussö- och Fjuksöfjärden
Utsjö
Nitrit (µmol dm-3)
Kisel (µmol dm-3)
Syrehalt (ml dm-3)
Klorofyll (µg dm-3)
0.25
0.20
0.15
0.10
0.05
80.00
60.00
40.00
9.00
8.00
7.00
6.00
3.00
2.00
1.00
0.00
2
4
6
8
10
Tid (Månad)

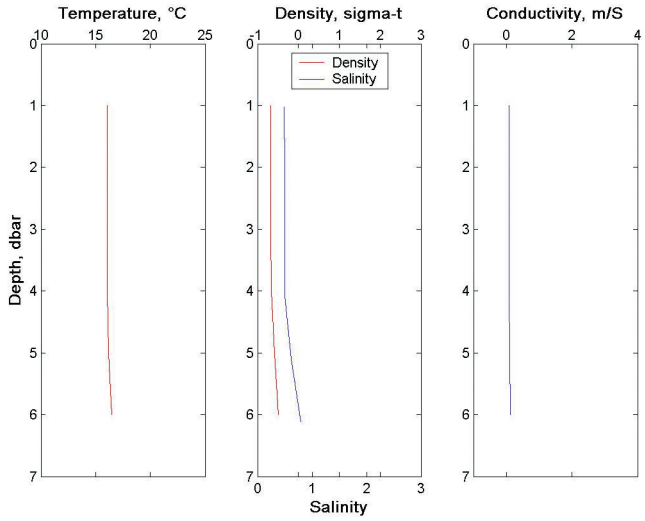

Råneåfjärden
Gussö- och Fjuksöfjärden
Utsjö
DOC (µmol dm-3)
DIN/DIP
Total-N/Total-P
Humus (µg dm-3)
Tid (Månad)

Rånefjärden

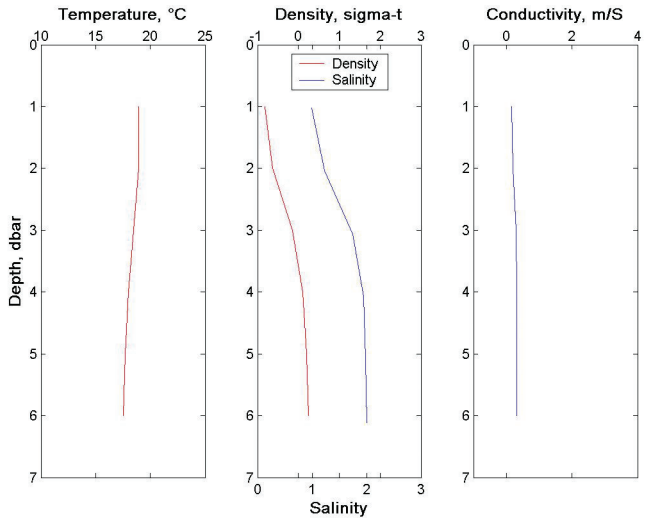
1997-08-06



2000-08-16

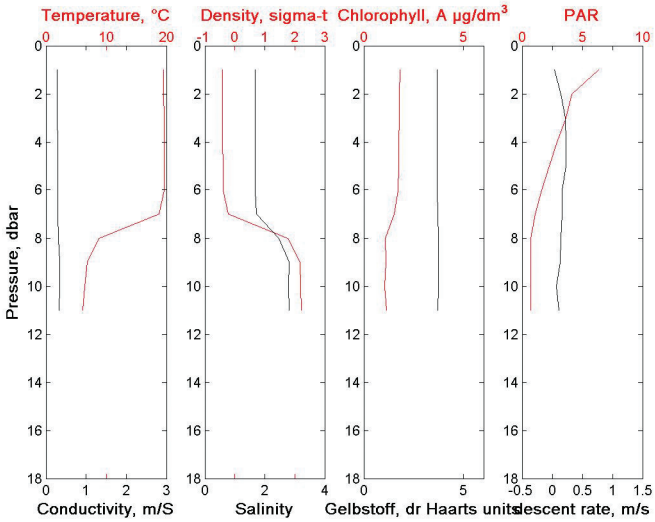


2004-07-28

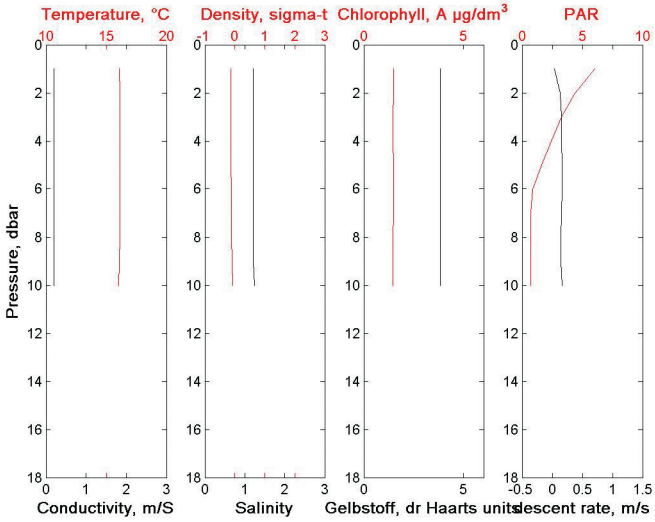


Gussöfjärden

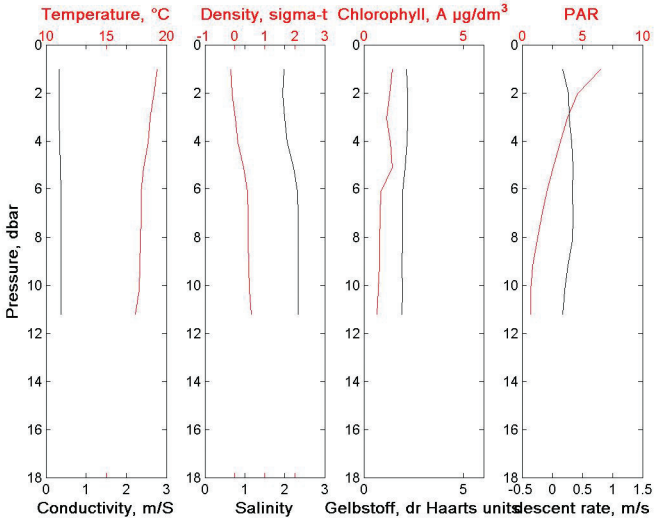
1997-08-06



2000-08-16

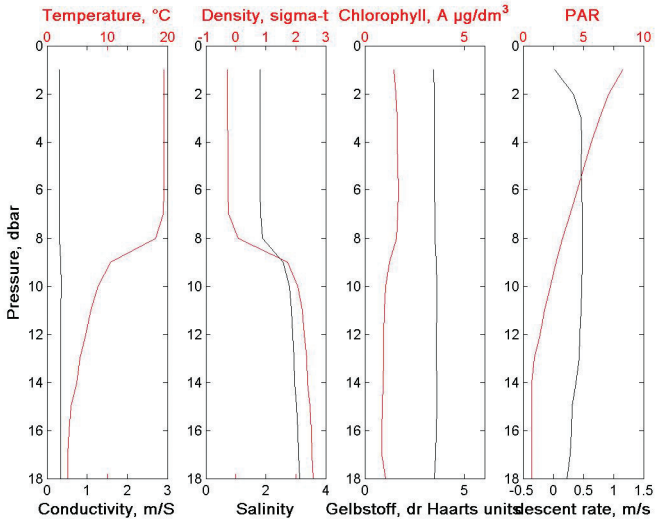


2004-07-28

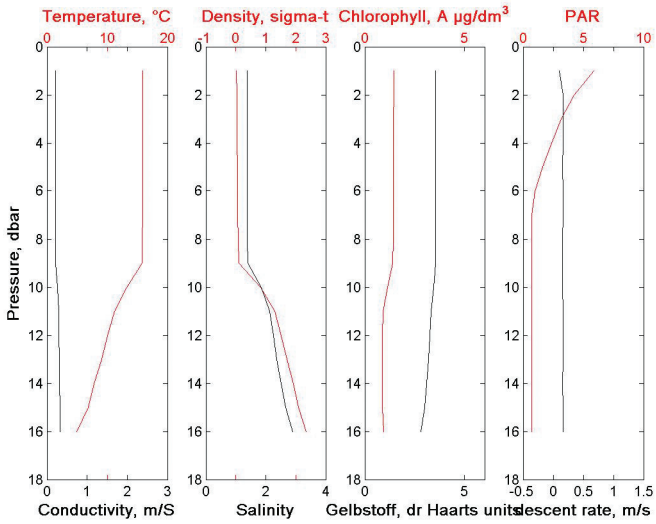


Fjuksöfjärden

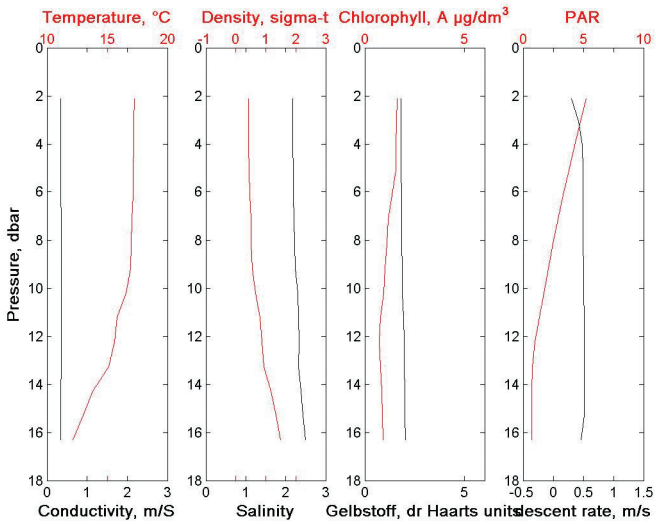
1997-08-06



2000-08-16



2004-07-28



Umeå Marina

Forskningscentrum

Umeå universitet

Norrbyn

910 20 Hörnefors

Telefon 090-786 7974

Telefax 090-786 7995

www.umf.umu.se

Umeå Marina Forskningscentrum

på uppdrag av:

LÄNSSTYRELSEN
I NORRBOTTENS LÄN