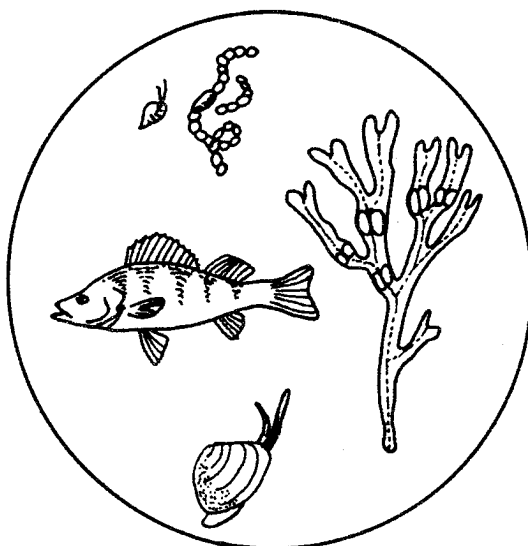


1990-10-17

**FORSKNINGSRAPPORTER
FRÅN
HUSÖ BIOLOGISKA STATION**

No 75 (1990)



Erik Bonsdorff, Katri Aarnio & Annette Lindell

**Bottenfauna och hydrografi i den åländska skärgården 1972-1990:
Mariehamn och Eckerö 1990, samt en totalanalys av den fast-
landsåländska skärgården i relation till eutrofiering.**

*(Zoobenthos and hydrography in the Åland archipelago 1972-1990:
Mariehamn and Eckerö 1990, and the overall situation in relation to
eutrophication.)*

Husö biologiska station
Åbo Akademi

I publikationsserien **Forskningsrapporter från Husö biologiska station** rapporteras forskning utförd i anknytning till Husö biologiska station. Serien utgör en fortsättning på serierna: **Husö biologiska station Meddelanden** och **Forskningsrapporter till Ålands landskapsstyrelse**. Utgivare är Husö biologiska station, Åbo Akademi. Förfrågningar angående serien riktas till stationen under adress: 22220 Emkarby, telefon: 928-37221, telefax: 928-37244 (vinteradress: Åbo Akademi, 20500 Åbo, telefon: 921-654311).

The series **Forskningsrapporter från Husö biologiska station** contains scientific results and processed data from research activities of Husö biological station, Department of biology, Åbo Akademi University. The series is a sequel to the publications: **Husö biologiska station Meddelanden** and **Forskningsrapporter till Ålands landskapsstyrelse**. Inquiries should be addressed to: Husö biological station, Åbo Akademi. Summeradress: SF-22220 Emkarby, Finland, phone: (9)28-37221, telefax: (9)28-37244. Winteradress: SF-20500 Åbo, Finland, phone: (9)21-654311.

Redaktör:

Editor: Ea Maria Blomqvist

Åbo Akademis kopieringscentral - Åbo 1991

ISBN: 951-649-843-4

ISSN: 0787-5460

Bottenfauna och hydrografi i den åländska skärgården 1972-1990: Mariehamn och Eckerö 1990, samt en totalanalys av den fastlands-åländska skärgården i relation till eutrofiering.

(Zoobenthos and hydrography in the Åland archipelago 1972-1990: Mariehamn and Eckerö 1990, and the overall situation in relation to eutrophication.)

Erik Bonsdorff, Katri Aarnio & Annette Lindell
Husö biologiska station; institutionen för biologi, Åbo Akademi
22220 Emkarby, Åland & 20500 Åbo

Abstract

In 1972-73 about 60 stations in the Åland archipelago were studied with regard to zoobenthos and hydrography. These stations represent 4 subareas (I = the northwestern archipelago, II = the Färjsundet-Lumparn system in the east, III = the area off Mariehamn in the south, IV = the Eckerö area in the SW, and ÅI-stations located around Åland in the outer and middle archipelago). The stations also represented gradients from inner, sheltered bays to the open coast with a depth range from 1.5 to 30 m. In 1989-90 all stations were revisited (areas I and II in 1989, and areas III, IV and ÅI-stations in 1990) in order to get a solid up-to-date baseline of the state of the aquatic ecosystem in the archipelago, and also to identify any changes (regional or overall) that may have occurred since the early 1970's. The main subject was the zoobenthos, but to facilitate the interpretation of the biotic data, hydrography and chemistry (transparency, temperature, salinity, pH, oxygen content, chl-a, tot-P and tot-N) and basic sediment characteristics (sediment type and organic content) were included.

The zoobenthos off both Mariehamn and Eckerö have changed less than the previously reported data for the NW archipelago and Färjsundet-Lumparn. On average, however, all areas (excluding the ÅI-stations) show clear signs of eutrophication. An overall analysis shows that since the early 1970's the number of species has decreased significantly, whereas both total abundance and total biomass have increased significantly. This is caused by increased organic loads (i.e. food supply for the zoobenthos) promoting growth rates, and partly reduced oxygen saturation, which affects the species composition and community complexity. A principal component analysis of all parameters and stations involved revealed that oxygen is the key factor for the number of species, whereas tot-N and organic content of the sediment determine the biomass. The same analysis also picked out about 10 stations as being disturbed. These were located in inner bays in all areas, but mainly representing Färjsundet-Lumparn, which hence is classified as risk zone no 1 in the Åland archipelago.

Introduktion

Sommaren 1990 undersöktes bottenfauna och hydrografi i Mariehamnsområdet samt vid Eckerö. Arbetet gjordes som en jämförande studie, där data från 1972-73 jämfördes med nya data (1990). Dessutom utfördes en noggrannare kartering kring Mariehamn, där årets data jämfördes med tidigare uppgifter (1976-1986; BONSDORFF et al. 1986, SUOMALAINEN 1989). Syftet med detta arbete var att dels beskriva dagsläget beträffande allmäntillståndet i skärgårdensvattenmiljö, och dels spåra eventuella smygande långtidsförändringar i skärgårdsvattnen runt Åland. Undersökningen utgör därvid en direkt fortsättning på det arbete som utfördes 1989 (Nordvästra Åland och Lumparn; SANDBERG et al. 1989), samt på tidigare övervakningsstudier av den åländska skärgården där hydrografi och bottenfauna utnyttjats som huvudsakliga studieobjekt. Ett flertal av dessa har tidigare utkommit som rapporter från Husö biologiska station.

Arbetet utfördes utgående från och på Husö biologiska station, och finansierades av Ålands Landskapsstyrelse, Ålands högskola, Maj och Tor Nesslings stiftelse samt av Finlands Akademi (naturvetenskapliga kommissionen).

Undersökningsområden

I början av 1970-talet, då systematiska karteringar av bottenfaunan i den åländska skärgården påbörjades (HELMINEN 1974, 1975, WESTERBERG 1978), indelades viksystemen kring fasta Åland av praktiska skäl i fyra delområden (I-IV; Fig. 1). Därtill kom några standard-lokaler på 20-30 m djup i mellan- och ytterskärgården (Ål-stationer). Dessa delområden och provtagningspunkter har under 1970- och -80-talen återbesökts med oregelbundna intervall, dock så att så många lokaler som möjligt återbesökts under de senaste 15 åren. Under 1989-90 återbesöktes samtliga tidigare besökta stationer i syfte att dels erhålla en enhetlig helhetsbild av nuläget i skärgårdens vattenmiljö, och dels få underlag för en jämförande analys av situationen 1972-73 och 1989-90. Denna rapport behandlar främst detaljresultat från områdena kring Mariehamn och Eckerö. Därtill ges en helhetsanalys av bottenfaunan (i relation till valda omgivningsparametrar) för hela den fastlands-åländska skärgården som en direkt fortsättning på rapporten om läget i den nordvästra skärgården (delområde I) och Färjsundet-Lumparn (område II) 1989 (SANDBERG et al. 1989, ÖSTMAN 1989) .

Mariehamnsområdet

Undersökningsområdet omfattar de två viksystem, som omger Mariehamn (Fig. 2); den relativt smala och djupa Svibyviken på västra sidan och den bredare och grundare Slemmern på östra sidan. Geologi, strand- och botten typer, samt vegetationen i dessa områden har beskrivits av HELMINEN (1974, 1975). Tröskeldjupet till Svibyviken, Mariehamns Västerhamn, är 15 m i den glesa skärgården, och rännan med samma minimidjup fortsätter ända till provplatsen vid stadens elverk (station M2). Från vikens mynning är det bara 5 km till 50 m djupt vatten och 10 km till över 200 m djupt vatten i sydväst i Ålands hav.

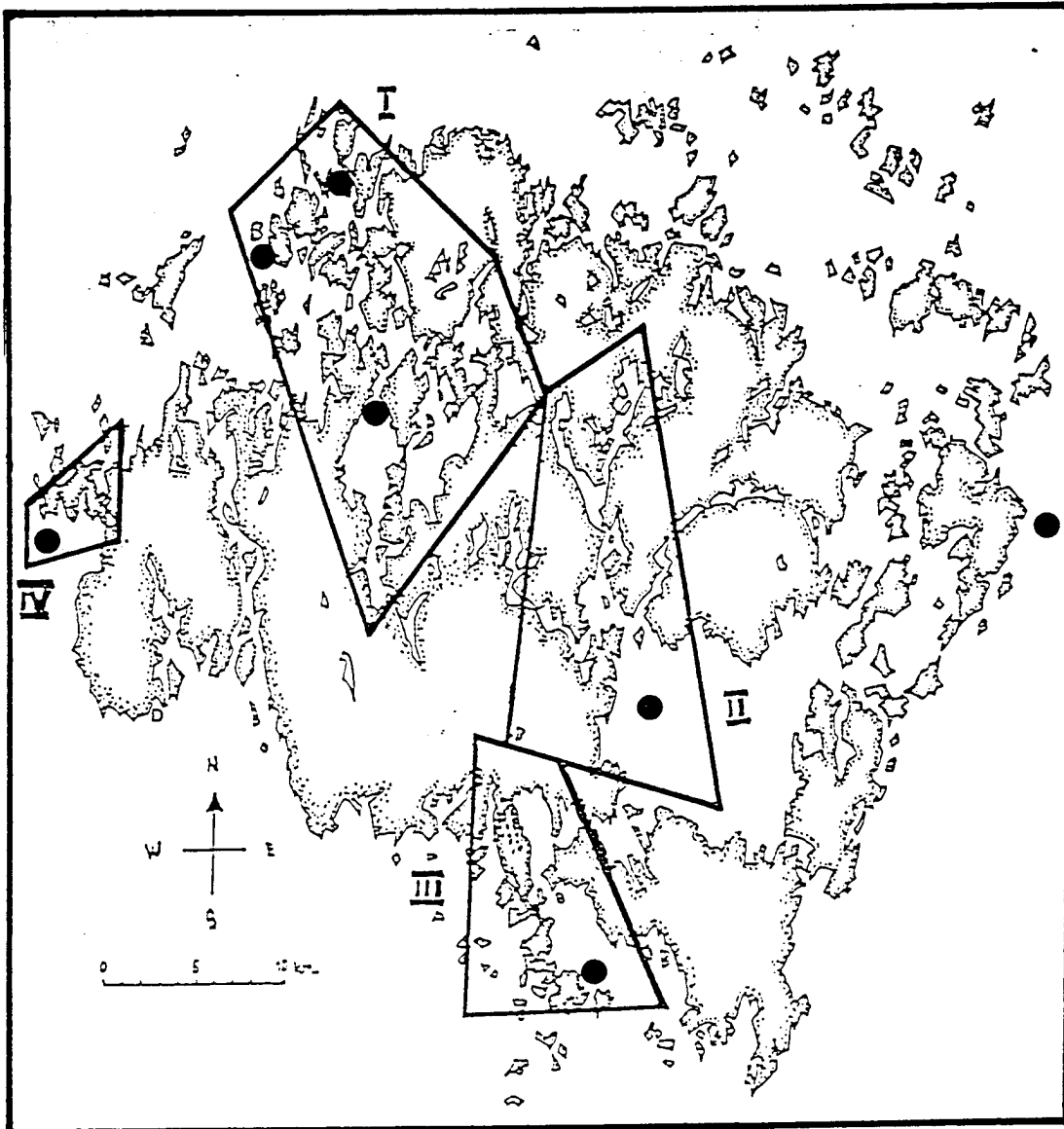


Fig. 1. Översiktskarta över Åland med samtliga provtagningsområden utmärkta: I = Nordvästra Åland, II = Färjsundet-Lumparn, III = Mariehamns-området, IV = Eckerö-området. • = Ål-stationer. *The investigated areas in the Åland archipelago.*

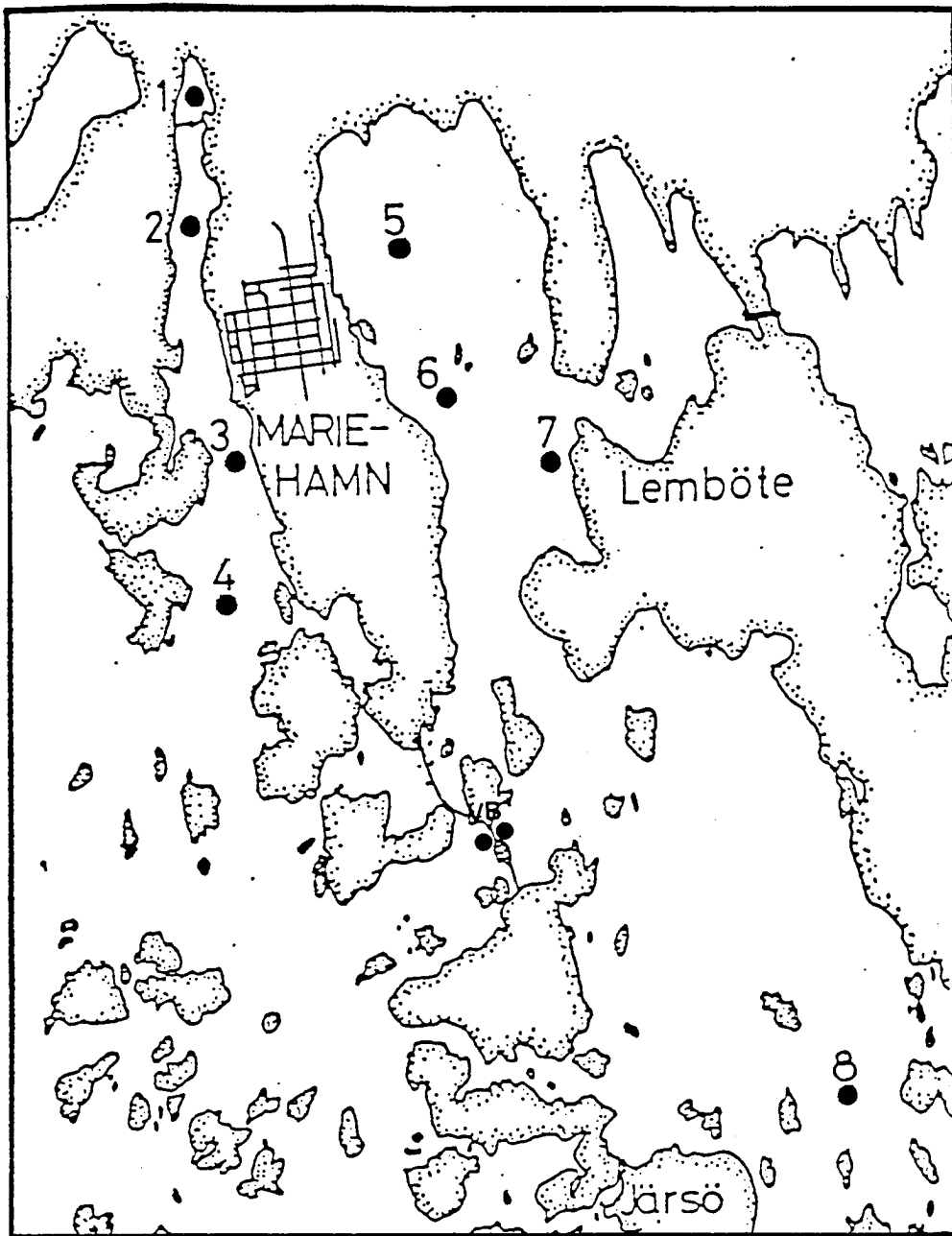


Fig. 2. Mariehamns-området med samtliga provpunkter utprickade.
The Mariehamn area with all stations marked.

Slemmern är betydligt mer avskild från de omgivande större vattnen än den västra delen. Norr om Råttgrund är Slemmern en relativt grund, öppen fjärd med ett max. djup på 6 m. Vid Lembötebergen finns en 28 m djup djupsänka. En ränna med ett minimidjup på 9 m leder österut till Lemströms kanal, som står i förbindelse med Lumparn. Mot söder är tröskeldjupet 6 m mellan Kapellbergen och Nåtö. Brohålet mellan Styrso och Nåtö utgör den viktigaste vattenförbindelsen mellan den västra och östra delen av Mariehamnsområdet.

Sammanlagt 10 stationer besöktes runt Mariehamn (Fig. 2). Dessa är M1 (2 m), M2 (12 m), M3 (23 m) och M4 (15 m) i den västra delen, samt M5 (5 m), M6 (6m), M7 (28 m) och M8 (= Ål-Järsö; 20 - 22 m) i den östra delen. Dessutom besöktes 2 tidigare undersökta (1973), men icke rapporterade, provpunkter vid Nåtö vägbank: VB-W (5 m) och VB-E (5 m).

Eckeröområdet

Käringsund, med stationerna K1 (7 m), K2 (4 m) och K3 (6 m), är beläget mellan Eckerö-landet och Främstö-Mellanö. De enda öarna mot Ålands hav från den södra öppningen, som leder till själva hamnen, är Töllingarna och Signilskärsarkipelagen 7 - 10 km ute till havs. Käringsund fortsätter norrut från hamnområdet som ett turvis bredare och smalare sundparti och öppnar sig sedan till Finbo Söderfjärd i norr.

Signilskärsfjärden har ett medeldjup på 10-30 m (Ål- Eckerö : 23m). Ålands havs stora djup börjar ytterom Signilskär med 280 m 8 km från Signilskär. Gradienten strand-kust-öppet hav (1-230 m djup) har beträffande hydrografi och bottenfauna tidigare beskrivits av BONSDORFF (1988). Inloppet till Käringsund är 8 m djupt, liksom även själva hamnen och bredare partierna längre norrut i sundet. Hamnen bildar en liten djupsänka med mycket mjukt sediment, som är avskild från det övriga sundet av en något grundare rygg. Mellan den södra och den norra delen av sundet finns en sprängd kanal och en grund flada med en uppmuddrad motorbåtsränna, med ett djup på under en meter. Norrifrån leder en 10 m djup ränna genom den grunda Söderfjärden till sundets norra mynning.

Degersand är en exponerad och relativt grund vik på Eckerös södra sida. Djupet varierar från 2-10 m och botten består av relativt fin sand (BLOMQVIST 1979, BLOMQVIST & BONSDORFF 1986). Här besöktes tre stationer, som alla undersökts under 1970- och 80-talen (BLOMQVIST 1979, BONSDORFF 1988): Degersand A (2 m), Degersand B (9,5 m) samt en station ca 2 km utanför (Eckerö södra: 19.7 m).

Metodik

Samtliga stationer lokaliserades med ekolod och detaljängivna landmärken (HELMINEN 1974). Vidare bakgrundsinformation (kartor, positionsangivelser, rådata) upprevaras på Husö biologiska station.

Hydrografi

Vattenprover togs i maj i samband med bottenprovtagningarna vid yta och botten för att mäta följande fysikalisk-kemiska parametrar: temperatur, siktdjup, pH, salinitet (S‰), syremättnad (syre %), klorofyll a ($\mu\text{g/l}$) samt koncentrationen av närsalter (total-fosfor, total-kväve; $\mu\text{g/l}$). Analyserna utfördes enligt SFS-standarder, utom närsaltsanalyserna som bestämdes enligt KOROLEFF (1979). I området kring Mariehamn togs vattenprover även i juli och i augusti för att möjliggöra en beskrivning av utvecklingen i vattenmassan under sommarhalvåret.

Sediment

Sedimentets kvalitet (sand, grus, lera, gyttja) noterades i samband med provtagning av bottenfaunan (Tab. 1), och dess organiska halt (% i ytsedimentet) bestämdes genom mätning av glödningsförlusten (torkning i 60°C i 24 timmar, varefter bränning i 500°C i 3 timmar). Glödningsförlusten kan grovt användas dels som ett mått på sedimentkvaliteten (sand har lägre organisk halt än gyttja), och dels som ett mått på födotillgången för de bottenlevande djuren.

Bottenfauna

Bottenfaunaprover togs med en hämtare av Ekman-Birge typ i två omgångar. I maj togs prover från alla stationer, och sållades genom ett 1.0 mm såll, d.v.s. enligt samma metodik som i Helminen-undersökningen 1972-73 (HELMINEN 1974, 1975, SANDBERG et al. 1989). I augusti togs ytterligare prover från stationerna M1-M8 i Mariehamnsområdet, och då utnyttjades ett 0.5 mm såll som uppföljning på 80-talets provtagningar (BONSDORFF et al. 1986, SUOMALAINEN 1989). Fem replikata prov togs per station, med undantag för stationerna VB-W och VB-E i Mariehamn samt stationen vid Eckerö södra, där enbart ett prov togs. Samtliga prover sorterades levande. Vidare behandling av materialet följer DYBERN et al. (1976).

Numerisk och grafisk analys

För att åskådliggöra resultaten, och möjliggöra direkta jämförelser mellan stationer och år, användes följande numeriska, statistiska och grafiska analysmetoder: För bottenfaunan anges alla data som medelvärden per m^2 . Vid jämförelser i rum (mellan lokaler och områden) och i tid (1972-73 till 1989-90) används t-tester och variansanalys (ANOVA) för att jämföra medeltal. Korrelations- och regressionsanalyser (även "Stepwise regression") utnyttjades för att få fram de abiotiska faktorernas inbördes betydelse för bottenfaunan, samt "Principal Component Analysis" (PCA) för att analysera alla stationers totala likhet/olikhet med varann. I den analysen ingick för varje station förutom biotiska data (art- och individantal, biomassa) även djup, siktdjup, pH, salthalt, syremättnad, totalkväve och -fosfor, samt sedimentets organiska halt. Den grafiska analysen syftar till att åskådliggöra resultaten i översiktsfigurer (främst längs undersökta gradienter). Dessa analyser utfördes med programmen StatView 512+ och Cricket Graph 1.3 för Macintosh-datorer.

Resultat

Mariehamnsområdet

Viksystemen som omger Mariehamn präglas av ett, i jämförelse med exempelvis Lumparn, gott vattenutbyte. I Fig. 3 och 4, samt i Tabell 1 illustreras de fysikalisk-kemiska förhållandena i bottenvattnet, samt halten organiskt material i sedimentet. Beträffande stationerna i Västerhamnen minskar den organiska halten i sedimentet då man går från den innersta stationen utåt. I Slemmern är denna trend ej så tydlig, emedan den organiska halten på stationerna M7 och M8 är högre än på stationerna M5 och M6. Delvis beror detta på att de yttre stationerna är mycket djupare och därigenom ansamlas det organiska materialet lättare.

En trend liknande den ovan beskrivna kan ses för mängden närsalter i bottenvattnet; halterna minskar från de innersta stationerna utåt. Stationerna M3, M4, M8, VB-W och VB-E klassificeras som mesotrofa enligt Vattenstyrelsen (1985) (tot-P 12-23 µg/l). Stationerna M1, M2, M5, M6 och M7 faller innanför gränsen för eutrofi (23-80 µg/l).

För bottenfaunans del visar Fig. 5 och Tabell 2 artantal, abundans och biomassa under åren 1972-73 och 1990. Antalet arter har minskat vid de flesta stationerna sedan 1973 (10 ± 1 arter då mot 9 ± 1 arter nu). Vid stationerna M3, M4 och M5 har artantalet dock ökat något, och vid M8 hållits oförändrad. Abundansen har däremot ökat vid de flesta stationerna, med undantag för M6, M7 och VB-E (2165 ± 503 ind/m² då mot 3203 ± 761 ind/m² nu). Biomassan visar en liknande trend som abundansen, dvs. den har ökat överlag, med undantag för stationerna M1, M6, M7 och VB-E (173 ± 36 g wwt/m² då mot 281 ± 95 g wwt/m² nu). I motsats till nordvästra Åland och Färjsundet-Lumparn har förändringarna kring Mariehamn inte varit statistiskt signifikanta (artantalet kan dock med en <10 % risknivå sägas ha minskat sedan början av 1970-talet).

Eckeröområdet

Kusten vid Eckerö är mer öppen för direkt havsexponering än de övriga undersökta områdena kring Åland, och därmed torde den lokala inverkan bli låg. Inne i Käringsund syns dock effekten av förhöjda fosforhalter (över 30 µg/l mot under 18 µg/l vid Ål-Eckerö) och rätt höga glödningsförluster i sedimentet (Fig. 6 och Tabell 3). Vid stationerna K1, K2 och K3 var det organiska innehållet i sedimentet betydligt högre än vid de övriga stationerna (11.4 % mot 0.7 %). Närsalts-koncentrationerna var relativt jämna på alla stationer. En aning lägre fosforhalter kunde ändå påvisas vid stationerna Ål-E, D:sand A och ES, och enligt Vattenstyrelsen (1985) klassas dessa som mesotrofa. Stationerna K1, K2, K3 och D:sand B faller innanför gränsen för eutrofi.

Beträffande bottenfaunan (Fig. 7 och Tabell 4) visar abundans och biomassa små (insignifikanta) skillnader mellan åren 1973 och 1990 (2815 ± 639 ind/m² då mot 2773 ± 1349 ind/m² nu, samt 145 ± 63 g wwt/m² då mot 142 ± 74 g

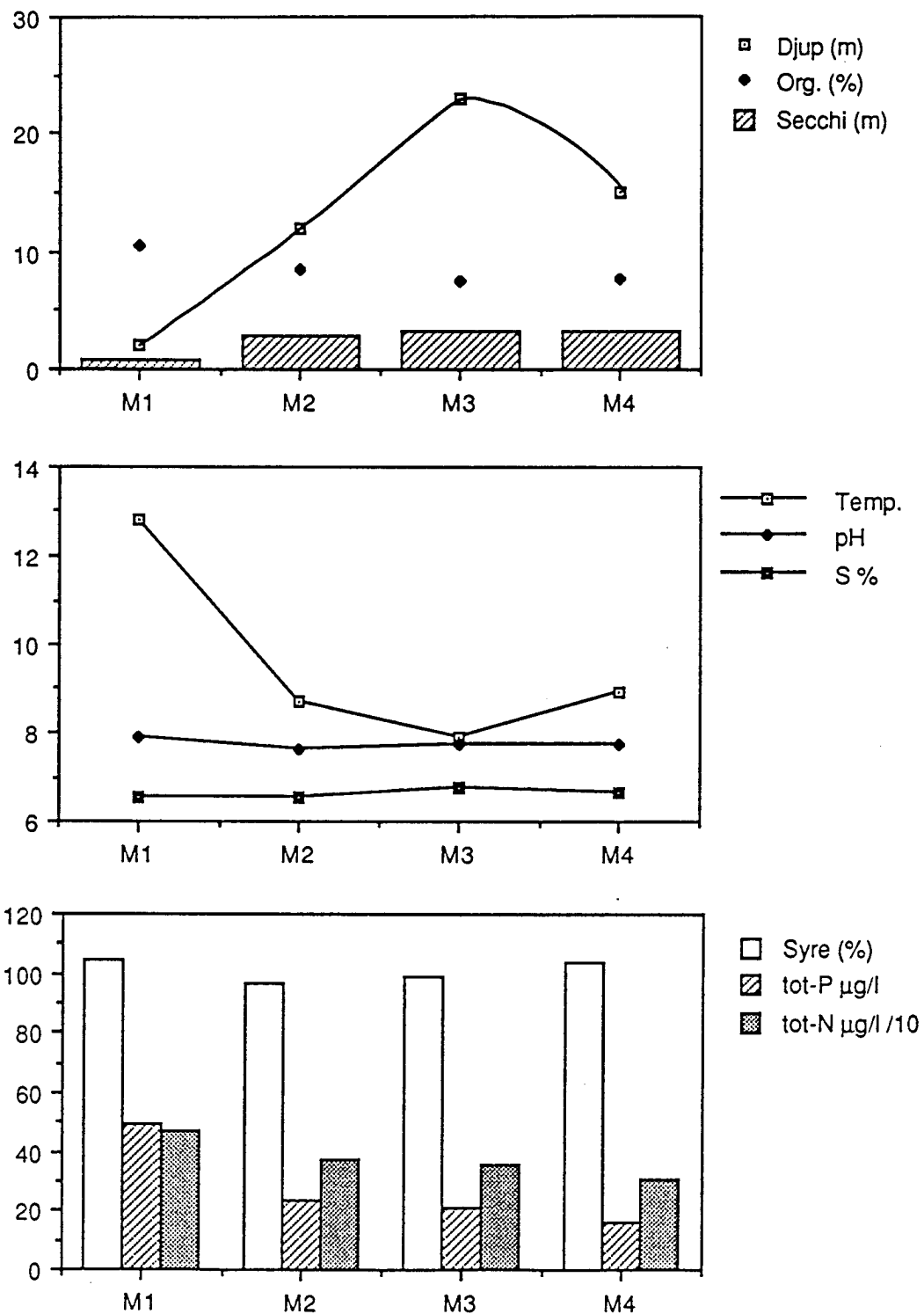


Fig. 3. De fysikalisk-kemiska parametrarna i bottenvattnet och halten organiskt material i sedimentet vid stationerna M1, M2, M3 och M4, maj 1990. *Physical and chemical parameters in the bottom-near water and organic content of the sediment (stations M1-M4), May 1990.*

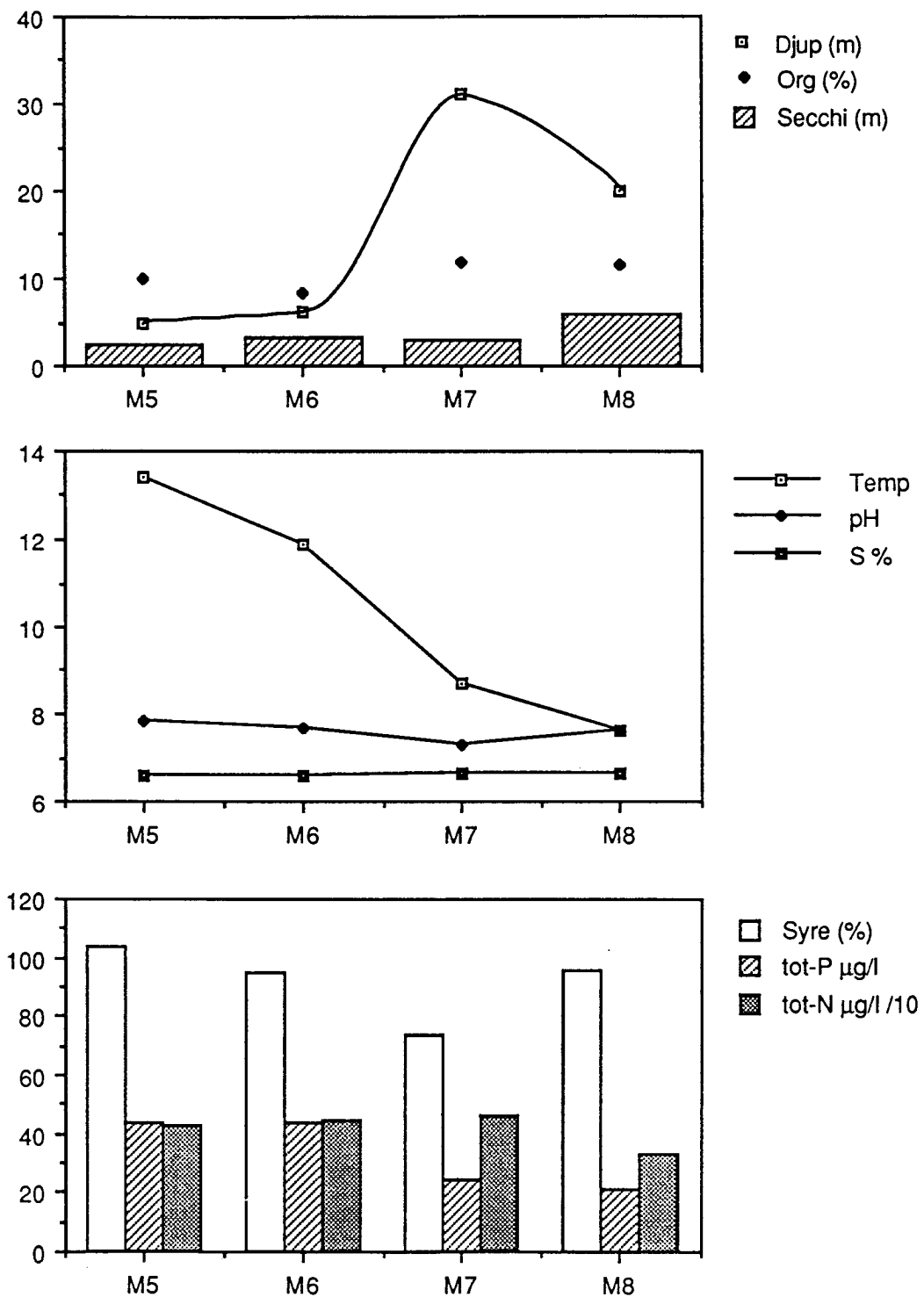


Fig. 4. De fysikalisk-kemiska parametrarna i bottenvattnet och halten organiskt material i sedimentet vid stationerna M5, M6, M7 och M8, maj 1990. *Physical and chemical parameters in the bottom-near water and organic content of the sediment (stations M5 -M8), May 1990.*

Tab. 1.De fysikalisk-kemiska parametrarna i bottenvattnet, halten organiskt material i sedimentet och sedimenttypen på samtliga provpunkter i Mariehamns-området, maj 1990. *Physical and chemical parameters in the bottom-near water, organic content in the sediment and the sediment type in the Mariehamn area, May 1990.*

Stat.	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	VB-W	VB-E
Djup (m)	1.6	12.5	22.0	6.1	5.0	6.1	31.0	20.0	5.0	5.0
Secchi (m)	0.8	2.8	3.2	3.2	2.5	3.2	3.1	5.9	4.6	4.3
t °C	12.8	8.7	7.9	8.9	13.4	11.9	8.7	7.6	11.2	11.3
O2 (mg/l)	11.07	11.20	11.79	12.03	10.82	10.26	8.61	11.44	11.94	11.76
O2 (%)	104.6	96.3	99.3	103.9	103.7	95.0	74.0	95.7	108.8	107.4
pH	7.89	7.63	7.71	7.75	7.82	7.65	7.32	7.62	7.81	7.84
S %	6.53	6.53	6.73	6.66	6.60	6.60	6.66	6.66	6.66	6.53
tot.P (µg/l)	49.33	23.83	21.29	16.46	43.79	43.94	24.70	21.39	15.03	18.44
tot.N (µg/l)	474.15	376.76	353.55	310.31	428.64	448.66	465.50	333.97	343.54	364.47
Chl a (µg/l)	5.32	5.93	3.57	2.70	3.44	5.80	1.62	5.87	1.69	1.69
Org. (%)	10.52	8.20	6.96	3.99	8.93	5.28	11.75	11.8	-	-
Sed.typ	Y	L	YL	S	YL	GL	YL	S(L)	-	-

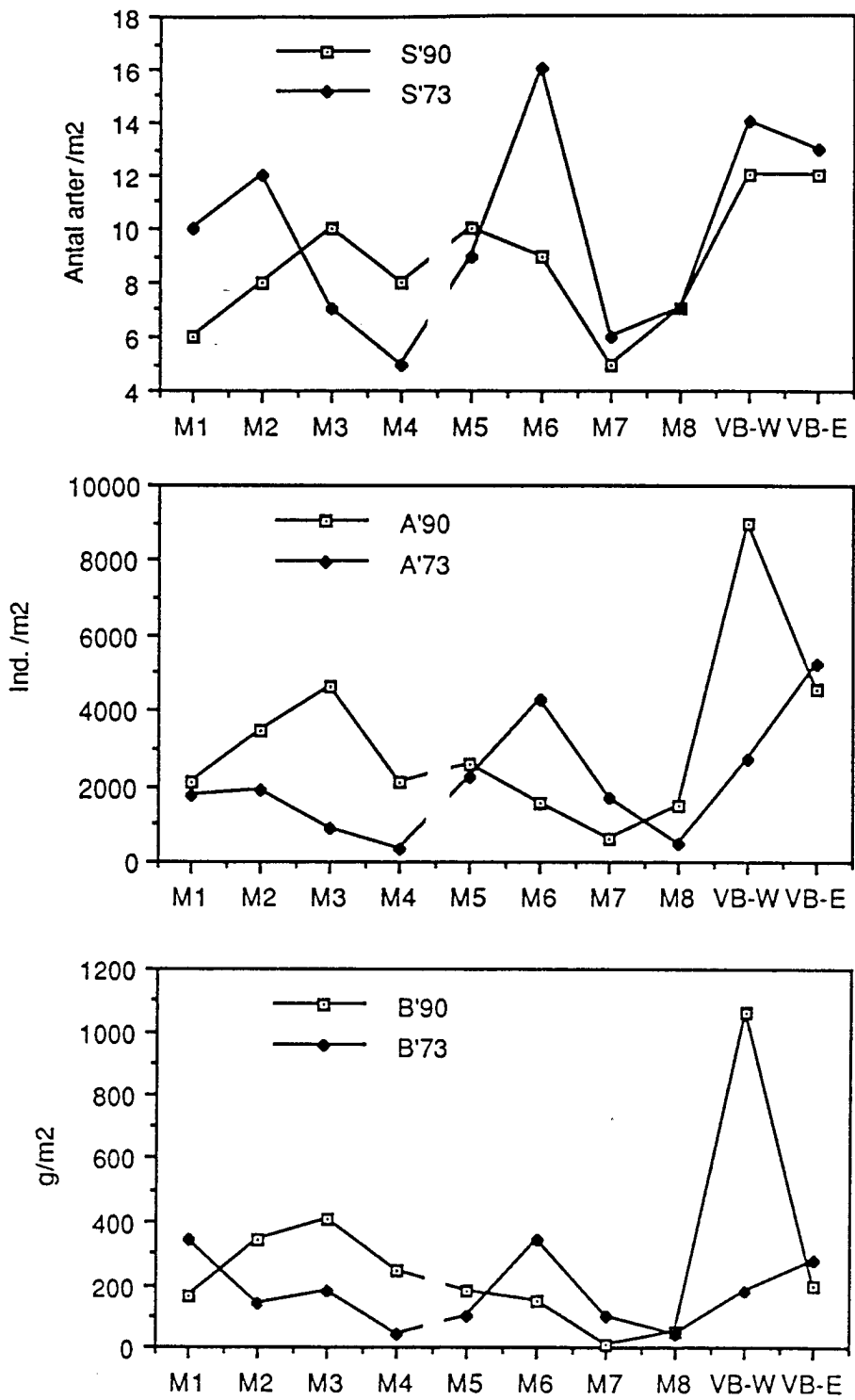


Fig. 5. Bottenfaunans artantal (S), abundans (A) och biomassa (B) i Mariehamnsområdet 1973 och 1990. Number of species (S), total abundance (A) and total biomass (B) in the Mariehamn area, 1973 and 1990.

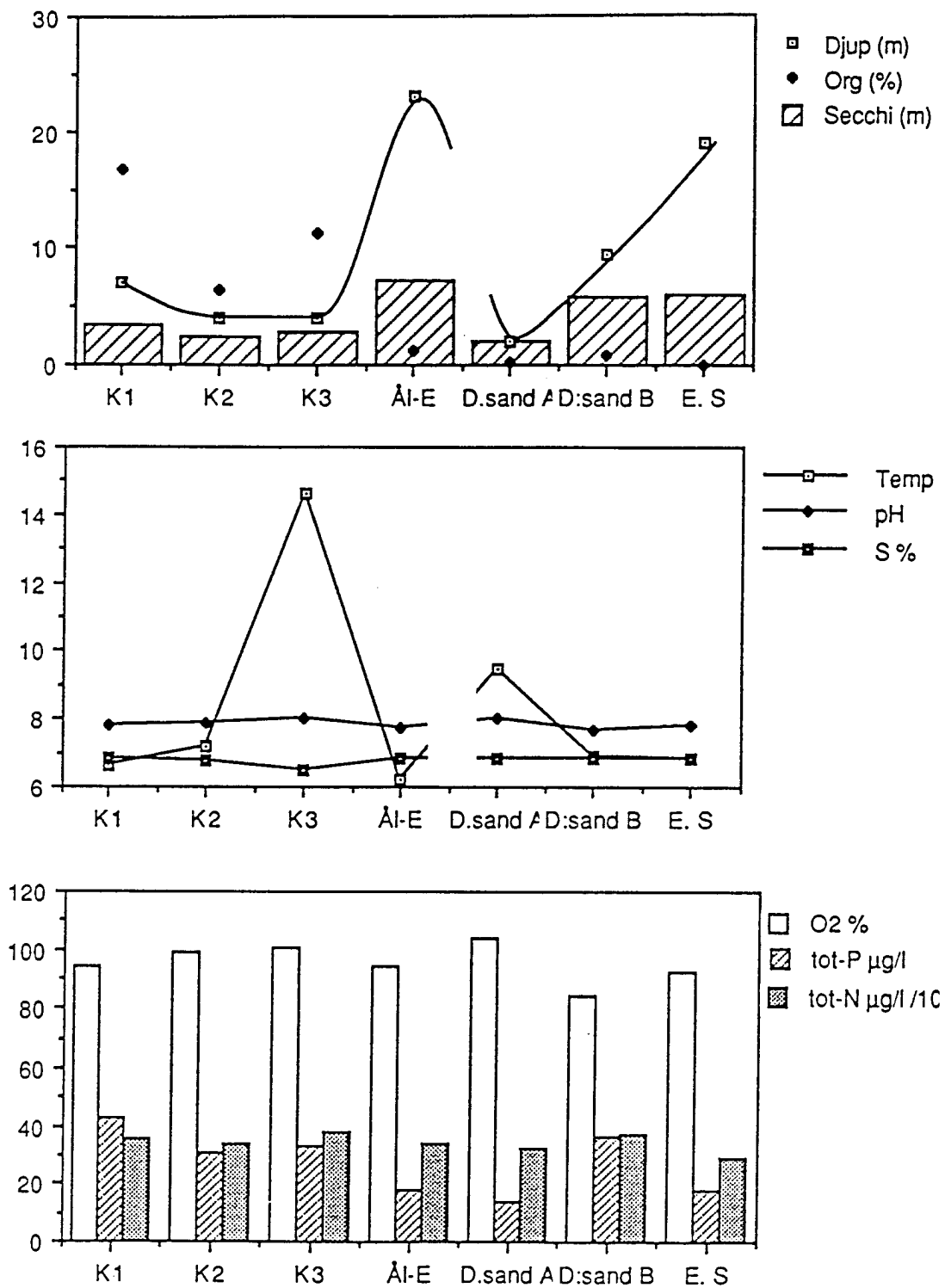


Fig. 6. De fysikalisk-kemiska parametrarna i bottenvattnet och halten organiskt material i sedimentet vid stationerna i Eckerö-området, maj 1990. *Physical and chemical parameters in the bottom-near water and organic content of the sediment in the Eckerö area, May 1990.*

Tab. 2. Bottenfaunans artantal (S), abundans (A) och biomassa (B) på samtliga provpunkter i Mariehamns-området, maj 1990. *Number of species (S), total abundance (A) and total biomass (B) in the Mariehamn area, May 1990.*

Stat.	S	A (ind./m ²)	B (g/m ²)
M1	6	2083	164
M2	8	3460	342
M3	10	4602	407
M4	8	2138	246
M5	10	2581	182
M6	9	1536	151
M7	5	637	7
M8	7	1474	47
VB-W	12	8961	1060
VB-E	12	4567	199

Tab. 3. De fysikalisk-kemiska parametrarna i bottenvattnet, halten organiskt material i sedimentet och sedimenttypen på samtliga provpunkter i Eckerö-området, maj 1990. *Physical and chemical parameters in the bottom-near water, organic content of the sediment and the sediment type in the Eckerö area, May 1990.*

Stat.	K1	K2	K3	ÅI-E	D:sand A	D:sand B	E.S.
Djup (m)	7.0	4.0	4.0	23.0	2.0	9.5	19.7
Secchi (m)	3.5	2.5	2.8	7.2	2.0	5.8	6.0
t °C	6.6	7.2	14.6	6.2	9.5	6.9	6.8
O ₂ (mg/l)	11.5	11.9	10.2	11.7	11.8	10.3	11.3
O ₂ (%)	93.8	98.6	100.4	94.4	103.4	84.6	92.6
pH	7.78	7.86	8.04	7.76	8.03	7.67	7.80
S %	6.86	6.73	6.46	6.86	6.86	6.86	6.86
tot.P (µg/l)	43.02	30.50	33.35	17.78	14.06	36.40	17.73
tot.N (µg/l)	359.92	338.99	378.58	337.16	326.25	375.85	291.66
Org. (%)	16.64	6.40	11.22	1.11	0.20	0.73	-
Sed. typ	L	SG	SL	SQL	S	S	SQL

Tab. 4. Bottenfaunans artantal (S), abundans (A) och biomassa (B) på samtliga provpunkter i Eckerö-området, maj 1990. *Number of species (S), total abundance (A) and total biomass (B) in the Eckerö area, May 1990.*

Stat.	S	A (ind./m ²)	B (g/m ²)
K1	0	0	0
K2	8	5183	335
K3	9	4989	179
ÅI-E	4	920	55
D:sand A	4	1961	3
D:sand B	11	1439	4

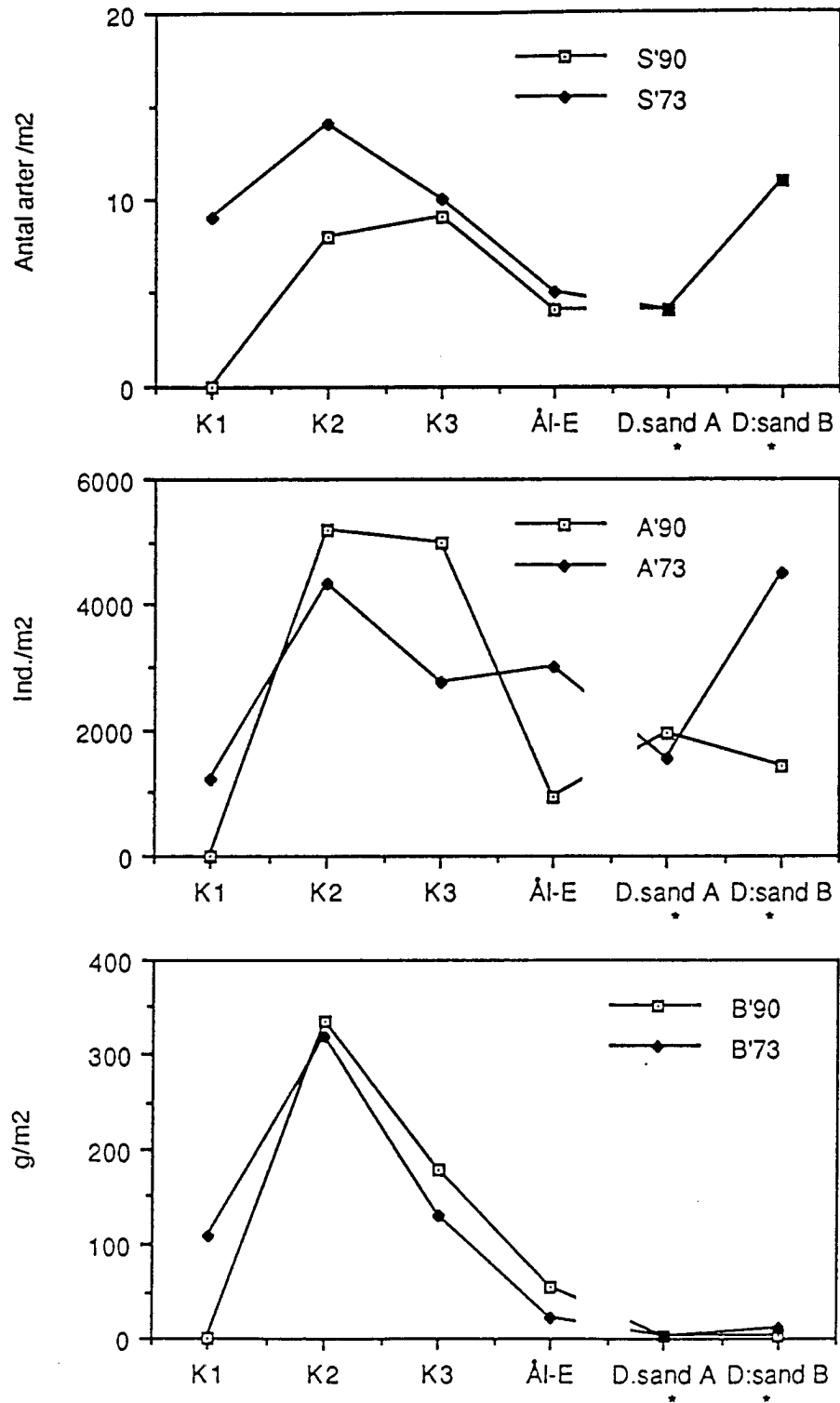


Fig. 7. Bottenfaunans artantal (S), abundans (A) och biomassa (B) i Eckerö-området 1973 och 1990. * = Data från 1982 och 1990. *Number of species (S), total abundance (A) and total biomass (B) in the Eckerö area 1973 and 1990. * = Data from 1982 and 1990.*

wwt/m² nu). På artnivå har däremot en försämring skett även i detta område (10 ± 2 arter då mot 5 ± 2 arter nu; en signifikant minskning). För stationerna i Degersand utnyttjas data från 1982 i analysen, eftersom värden från 1973 saknas. Vid stationen K1 kunde svavelväte påvisas, och därmed fanns inga bottendjur. Vid stationerna K2, K3 har artantalet minskat, medan abundansen och biomassan har ökat. Vid Ål-Eckerö har artantal och abundans minskat, medan biomassan har ökat.

Mariehamnsområdet sommarsäsongen 1990

I det följande ges en något mer detaljerad analys av tillståndet i vattenområdena kring Mariehamn dels som en säsongstudie 1990, och dels som en långtidsanalys 1979-90. Ur Tabell 5 framgår de hydrografiska förhållandena i yt- och bottenvatten under tre provtagningstidpunkter. Syreförhållandena var goda under hela undersökningsperioden, fränsett station M7, där syrehalten avsevärt försämrades under sommarens lopp. Den 31.7. var mängden syre i bottenvattnet under 2 mg/l, vilket anses vara gränsen för vad bottenfaunan kan tåla. Närsaltsförhållandena i både yt- och bottenvatten illustreras i Fig. 8 för de tre provtagningstidpunkterna. Mängden fosfor var relativt konstant hela tiden, men en viss minskning registrerades i gradienten från de inre stationerna utåt. De högsta värdena uppmättes i allmänhet den 4.7, men ingen större skillnad kunde påvisas mellan yt- och bottenvattnet. Vid station M1 var fosforhalten i ytvattnet dock betydligt högre den 4.7. (hypertroft: 156 µg/l), än på de övriga stationerna. Det samma gällde för bottenvattnet vid M7 den 31.7. (207 µg/l). Halten kväve var också relativt jämn både i tid och rum, med en viss ökning mot sensommaren. De höga närsalterna på vissa lokaler under delar av sommaren måste anses utgöra varningssignaler på en generellt tilltagande grad av eutrofiering även i denna del av skärgården.

Beträffande bottenfaunan är området kring Mariehamn relativt väl kartlagt även tidigare (se t. ex. SUOMALAINEN 1989), och i Fig. 9 visas utvecklingen i artantal, abundans och biomassa för stationerna i Västerhamn åren 1976-1990. Datat visar ett relativt stabilt läge på alla stationer, och variationerna indikerar naturliga fluktuationer. BONSDORFF et al. (1986) påvisade den lokala positiva effekten av Mariehamns då nya reningsverk. Vid en rumslig jämförelse framgår att såväl artantal som abundans är relativt lika, medan biomassan är märkbart förhöjd på stationerna M2 och M3. Motsvarande utveckling för Slemmern under perioden 1979-90 visas i Fig. 10. Antalet arter har bibehållits relativt stabilt, med en viss minskning vid M5 och M7 och en liten ökning vid M6 och M8. Abundansen har minskat på alla andra stationer utom på M6 där den var avsevärt högre. Biomassan var här överlag lägre 1990 än 1979, vilket antas ha samband med att Mariehamns reningsverk då körde igång, med reducerade närsaltsutsläpp som följd.

Diskussion

En stor del av det direkta närsaltstillskottet till Östersjön härstammar från land, vilket leder till att koncentrationerna är högre i kustvattnen än i det öppna havet. I skärgården accentueras detta ytterligare av direkta utsläpp från t.ex. fiskodlingar i vattnet. Därmed förväntas även de biologiska effekterna vara större i kustzonen. Den

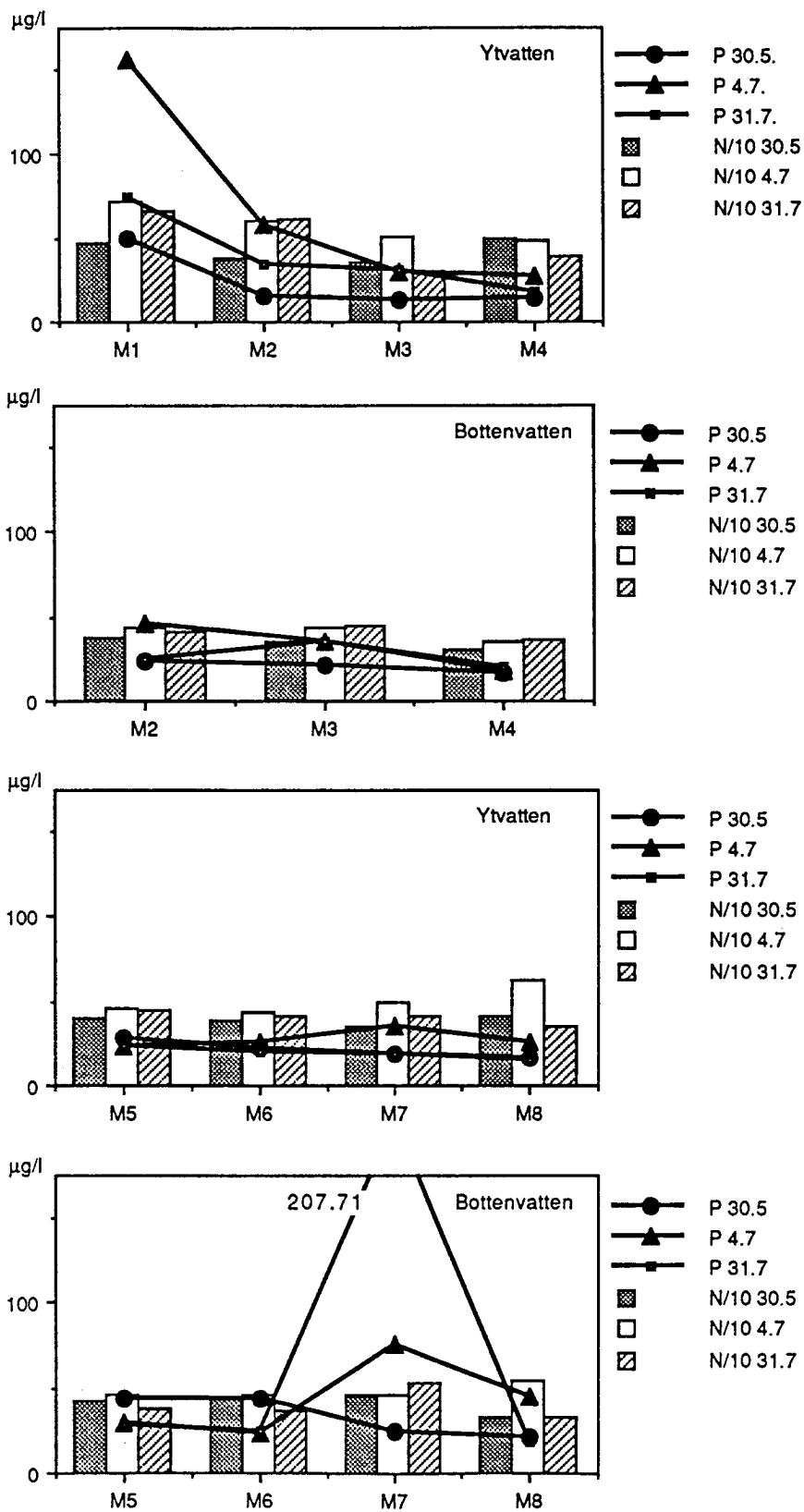


Fig. 8. Mängden närsalter i yt- och bottenvattnet i Mariefhamns-området 30.5, 4.7 och 31.7.1990. The nutrient content in surface- and bottom-near water in the Mariefhamn area 30.5, 4.7 and 31.7.1990.

Tab. 5. De hydrografiska parametrarna i yt- och bottenvattnet på alla stationer i Mariehamns-området under hela undersökningsperioden (30.5, 4. och 31.7.1990).
The hydrographical parameters in the surface and bottom-near water in the Mariehamn area 30.5, 4.7 and 31.7.1990.

	Station M1			Station M2		
	30.5.-90	4.7.-90	31.7.-90	30.5.-90	4.7.-90	31.7.-90
Vid ytan:						
Siktdjup (m)	0.8	0.7	1.0	2.8	1.9	2.3
Temperatur (°C)	12.8	18.0	18.9	9.9	17.0	17.1
pH	7.89	8.06	8.21	7.76	8.47	8.40
Salinitet (‰)	6.53	6.56	6.04	6.60	6.56	5.97
Syrehalt (mg/l)	11.07	8.16	10.30	11.97	10.26	11.40
Syremättnad (%)	104.6	86.3	110.9	105.8	106.3	118.4
Klorofyll a (µg/l)	5.32			1.62		
tot P (µg/l)	49.33	156.06	74.07	15.90	58.49	33.81
tot N (µg/l)	474.15	717.66	664.37	379.03	600.70	610.67
Vid botten:						
Temperatur (°C)				8.7	16.3	16.2
pH				7.63	8.09	7.99
Salinitet (‰)				6.53	6.56	6.06
Syrehalt (mg/l)				11.20	9.25	10.02
Syremättnad (%)				96.3	94.4	102.0
Klorofyll a (µg/l)				5.93		
tot P (µg/l)				23.83	46.48	25.11
tot N (µg/l)				376.76	437.33	415.89
	Station M3			Station M4		
	30.5.-90	4.7.-90	31.7.-90	30.5.-90	4.7.-90	31.7.-90
Vid ytan:						
Siktdjup (m)	3.2	3.0	2.2	3.2	3.0	3.4
Temperatur (°C)	9.4	16.2	17.2	9.4	16.2	17.0
pH	7.84	8.23	8.39	7.92	8.25	8.32
Salinitet (‰)	6.66	6.64	5.99	6.73	6.64	5.81
Syrehalt (mg/l)	12.34	9.73	11.70	12.64	9.70	10.80
Syremättnad (%)	107.9	99.1	121.7	110.5	98.8	111.9
Klorofyll a (µg/l)	4.32			1.69		
tot P (µg/l)	13.25	30.09	31.11	14.11	26.99	17.93
tot N (µg/l)	353.55	503.77	297.12	492.80	486.93	388.60
Vid botten:						
Temperatur (°C)	7.9	16.0	15.7	8.9	14.8	14.0
pH	7.71	8.12	7.75	7.75	8.06	7.89
Salinitet (‰)	6.73	6.69	5.93	6.66	6.56	6.17
Syrehalt (mg/l)	11.79	9.22	8.61	12.03	9.20	9.26
Syremättnad (%)	99.3	93.5	86.8	103.9	91.0	90.0
Klorofyll a (µg/l)	3.57			2.70		
tot P (µg/l)	21.29	35.74	35.90	16.46	18.13	20.22
tot N (µg/l)	353.55	442.34	448.66	310.31	359.06	366.30

	Station M5			Station M6		
	30.5.-90	4.7.-90	31.7.-90	30.5.-90	4.7.-90	31.7.-90
Vid ytan:						
Siktdjup (m)	2.5	3.5	3.2	3.2	3.8	3.5
Temperatur (°C)	13.4	16.5	18.3	13.2	16.5	18.9
pH	7.80	8.09	8.25	7.82	7.98	8.20
Salinitet (%)	6.53	6.69	5.86	6.53	6.69	5.93
Syrehalt (mg/l)	11.01	9.54	10.19	10.98	9.66	9.90
Syremättnad (%)	105.6	97.8	108.4	104.8	99.1	106.6
Klorofyll a (µg/l)	8.56			5.33		
tot P (µg/l)	28.11	23.58	23.99	22.92	25.46	19.92
tot N (µg/l)	398.15	460.08	448.20	394.96	435.96	415.89
Vid botten:						
Temperatur (°C)	13.4	16.5	18.3	11.9	16.4	16.3
pH	7.82	8.09	8.05	7.65	8.05	7.81
Salinitet (%)	6.60	6.76	6.06	6.60	6.83	6.08
Syrehalt (mg/l)	10.82	9.54	9.46	10.26	9.63	8.70
Syremättnad (%)	103.7	97.8	100.6	95.0	98.5	88.8
Klorofyll a (µg/l)	3.44			5.80		
tot P (µg/l)	43.79	29.84	28.11	43.94	23.68	24.95
tot N (µg/l)	428.64	460.08	382.22	448.66	456.45	362.19
	Station M7			Station M8		
	30.5.-90	4.7.-90	31.7.-90	30.5.-90	4.7.-90	31.7.-90
Vid ytan:						
Siktdjup (m)	3.1	4.2	4.0	5.9	4.8	5.5
Temperatur (°C)	12.9	16.6	18.6	11.9	16.4	18.4
pH	7.79	7.95	8.21	7.80	7.92	8.74
Salinitet (%)	6.60	6.76	5.93	6.46	6.69	5.97
Syrehalt (mg/l)	11.01	9.84	9.90	11.30	10.43	10.21
Syremättnad (%)	104.3	100.6	105.9	104.6	106.7	108.8
Klorofyll a (µg/l)	1.42			2.09		
tot P (µg/l)	19.36	35.44	18.95	16.30	25.77	15.90
tot N (µg/l)	354.01	495.12	413.59	410.44	625.28	352.64
Vid botten:						
Temperatur (°C)	8.7	9.8	10.2	7.6	10.8	11.4
pH	7.32	7.11	7.03	7.62	7.32	7.60
Salinitet (%)	6.66	6.69	5.79	6.66	6.83	6.19
Syrehalt (mg/l)	8.61	2.59	1.46	11.44	6.67	8.26
Syremättnad (%)	74.0	22.9	13.0	95.7	60.3	75.6
Klorofyll a (µg/l)				5.87		
tot P (µg/l)	24.70	76.20	207.71	21.39	45.06	18.90
tot N (µg/l)	465.50	460.99	534.67	333.97	538.81	328.98
	Station VB-W		Station VB-E			
	30.5.-90	4.7.-90	30.5.-90	4.7.-90		
Vid ytan:						
Siktdjup (m)	4.6	3.8	4.3	4.2		
Temperatur (°C)	11.4	16.0	11.5	16.6		
pH	7.83	8.10	7.81	8.13		
Salinitet (%)	6.60	6.64	6.60	6.76		
Syrehalt (mg/l)	11.68	10.38	11.54	9.94		
Syremättnad (%)	107.0	105.2	105.9	102.1		
Klorofyll a (µg/l)						
tot P (µg/l)	18.13	20.17	16.96	25.87		
tot N (µg/l)	378.58	436.88	401.33	377.72		
Vid botten:						
Temperatur (°C)	11.2	16.0	11.3	16.6		
pH	7.81	8.09	7.84	8.07		
Salinitet (%)	6.66	6.56	6.53	6.69		
Syrehalt (mg/l)	11.94	10.10	11.76	9.95		
Syremättnad (%)	108.8	102.4	107.4	102.3		
Klorofyll a (µg/l)	1.69		1.69			
tot P (µg/l)	15.03	21.39	18.44	20.93		
tot N (µg/l)	343.54	364.51	364.47	386.81		

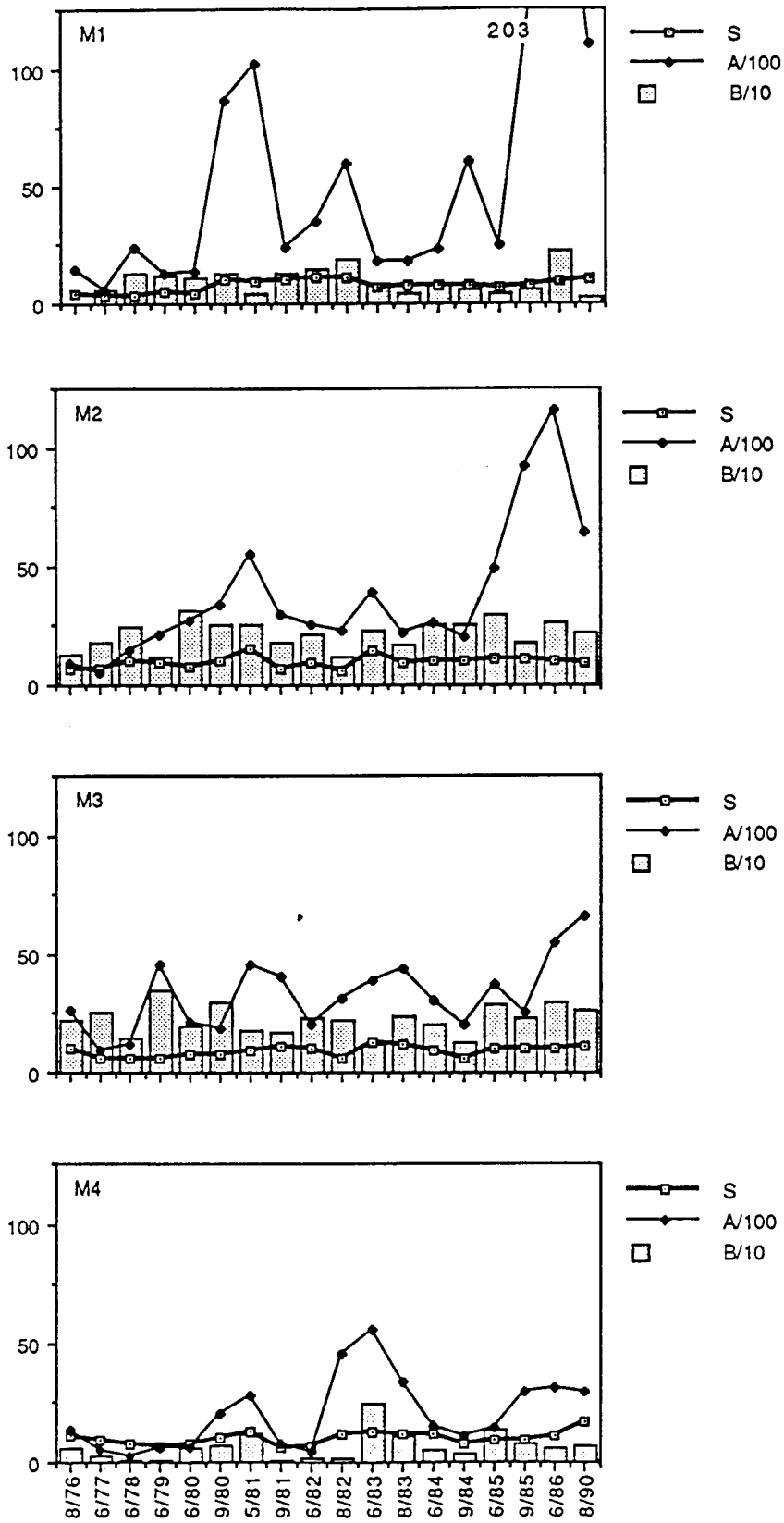


Fig. 9. Bottenfaunans artantal (S), abundans (A) och biomassa (B) vid stationerna M1, M2, M3 och M4 under åren 1976-1990. Number of species (S), total abundance (A) and total biomass (B) (stations M1-M4) in 1976-1990.

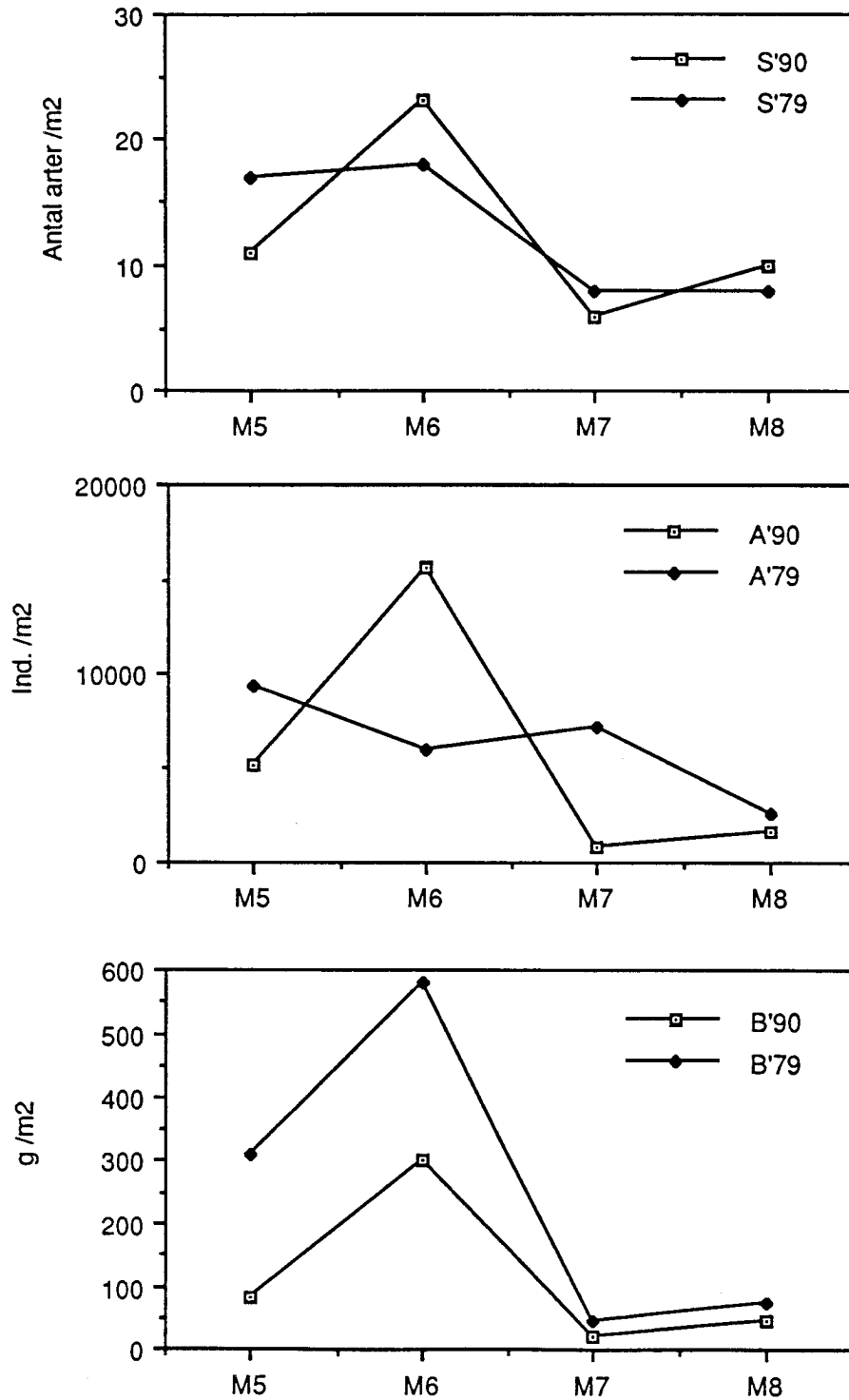


Fig. 10. Bottenfaunans artantal (S), abundans (A) och biomassa (B) vid stationerna M5, M6, M7 och M8 åren 1979 och 1990. *Number of species (S), total abundance (A) and total biomass (B) (stations M5-M8) in 1979 and 1990.*

genom naturlig frigöring ökade närsaltskoncentrationen under vintern leder till en intensivare vårblomning, varvid sedimenteringen av organiskt material ökar. Detta organiska material orsakar i sin tur på sikt en högre produktion av bottenfaunan, och även en ökad syrekonsumention, vilket i mest drastiska fall kan leda till lokal syrebrist. Sådana förhållanden orsakar förändringar i sammansättning och mängdförhållanden hos bottenfaunan, som m.a.o. kan utnyttjas direkt som ett mått på vattenmiljöns kvalitet. Då de flesta bottenfaunans medlemmar är m.l.m. stationära och relativt långlivade (oftast över 1 år), kan man säga att bottenfaunan utgör en integrerad spegel på miljötillståndet i tid och rum. På artnivå kan t. ex. storleks- eller åldersfördelningen hos östersjömusslan (*Macoma balthica*) användas som mått på det rådande miljötillståndet. Dessa musslor har dels en distinkt rekryteringsperiod (försommaren), och blir dels långlivade (i normala fall upp till 6-7 år). Med en medeltillväxt på ca 3 mm per år kan man alltså i en och samma population se effekter av mångåriga fysikalisk-kemiska processer i vatten- och sedimentmiljön. I Fig. 11 visas storleksfördelningen för musslorna i Mariehamnsområdet på våren (1.0 mm såll), och de flesta stationerna uppvisar då efter vintern ett naturligt fördelningsmönster med både små och vuxna musslor. Stationerna M6, M7 och M8 avviker dock från mönstret såtillvida, att antingen de yngsta generationerna är underrepresenterade (M6; utebliven rekrytering senaste år), eller att någon eller några generationer saknas (M7 och M8), vilket visar på utebliven rekrytering tidigare år. Mönstret är exakt det samma under sensommaren (Fig. 12), och för Mariehamns del verkar det som om de östra vikarna är mera ur balans än de på västra sidan. För stationerna kring Eckerö (Fig. 13) ser *Macoma* på stationerna K2 och K3 i Käringsund ut att vara i naturtillstånd, medan Ål-Eckerö (djup sandbotten) uppvisar ett rubbat populationstillstånd. I Degersand saknas de stora individerna, vilket är vanligt på exponerade sandbottnar (BONSDORFF 1988).

I Mariehamnsområdet och kring Eckerö kan man även se att det skett förändringar i hela bottenfaunasamhället, främst genom ett minskat artantal och ökad abundans och biomassa. Dessa förändringar är dock icke, i motsats till områdena i nordväst och i Färjsundet-Lumparn, statistiskt signifikanta, men indikerar en begynnande eutrofiering i dessa områden. Om man jämför med NW-Åland och Lumparn (SANDBERG et al. 1989) är tillståndet i Mariehamn och Eckerö bättre, vilket tyder på att den lokala eutrofieringen (jord- och skogsbruk, kommunala avlopp, fiskodling) har en stor betydelse trots en generellt ökande eutrofieringsnivå i Östersjön bl. a. via luftburna kväveföreningar (se översikt i: AMBIO, Vol. XIX, no. 3, 1990: "Marine eutrophication").

Då man gör en totalutvärdering av tillståndet i skärgårdsvattnen 1989-90, och jämför läget 15-20 år tidigare (1972-73), kommer vissa uppenbara trender fram. Dels står det klart att - trots en betydande extern närsaltsbelastning - den omedelbara orsaken till många av de förändringar som rapporterats (SANDBERG et al. 1989) är försakade av lokala utsläppskällor. Dels visar det sig att man kan gruppera de undersökta delområdena längs en eutrofieringsgradient kring fasta Åland. Detta illustreras i Tabell 6, där data från alla ca. 60 undersökta lokaler (1989-90) sammanfattas. Det står klart att ytter- (och delvis mellan-) skärgården ännu mår rätt bra (Ål-punkterna och område III/IV ur Fig. 1), medan områdena I och II (d.v.s. nordvästra skärgården och Färjsundet-Lumparn) mår sämre. Detta illustreras även i Fig. 14, där den övre figuren visar på en dramatisk

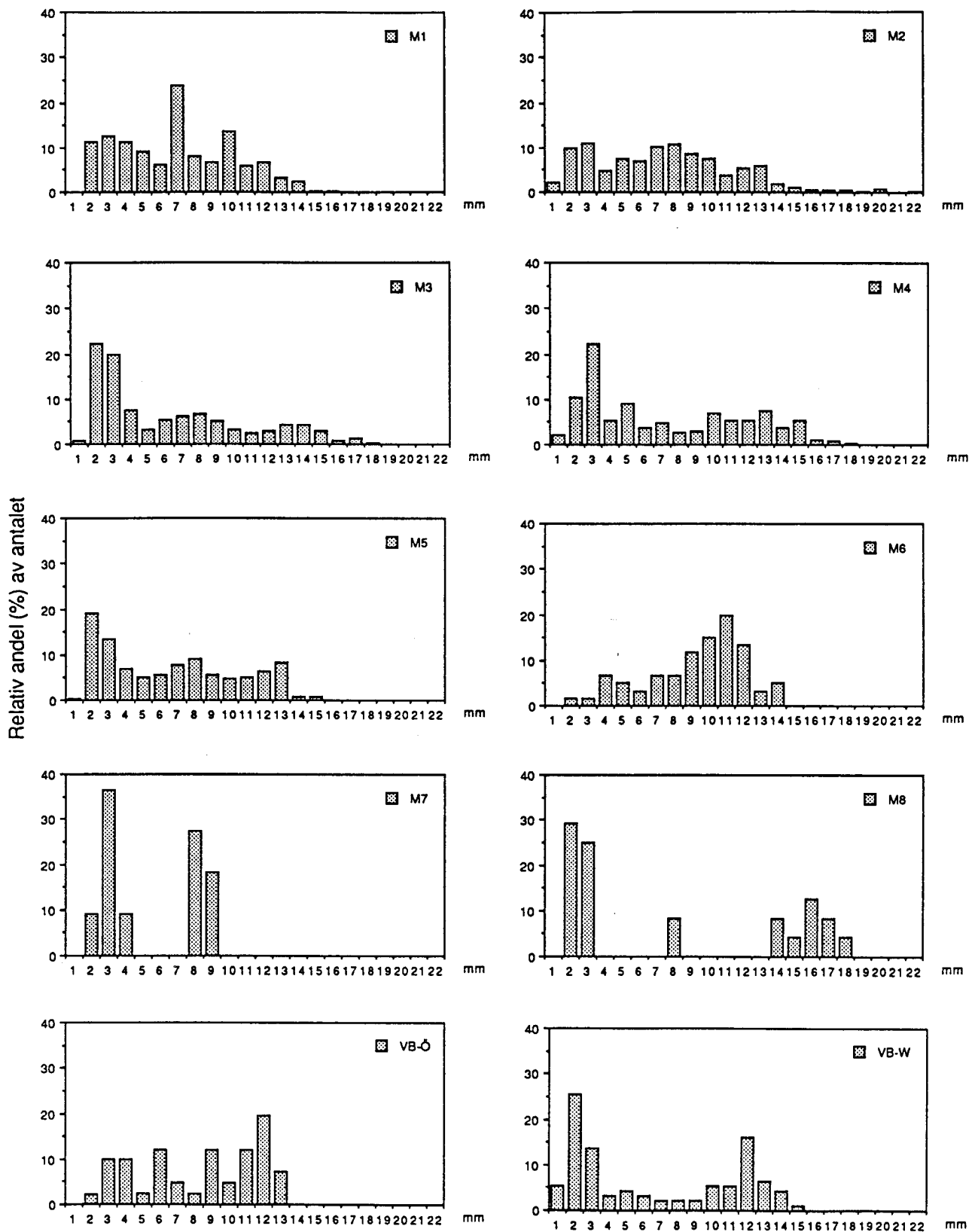


Fig. 11. Längdfördelningen hos *Macoma balthica* i Mariehamnsområdet 1990 (1.0 mm såll). The relative size-distribution of *Macoma balthica* in the Mariehamn area 1990 (1.0 mm screen).

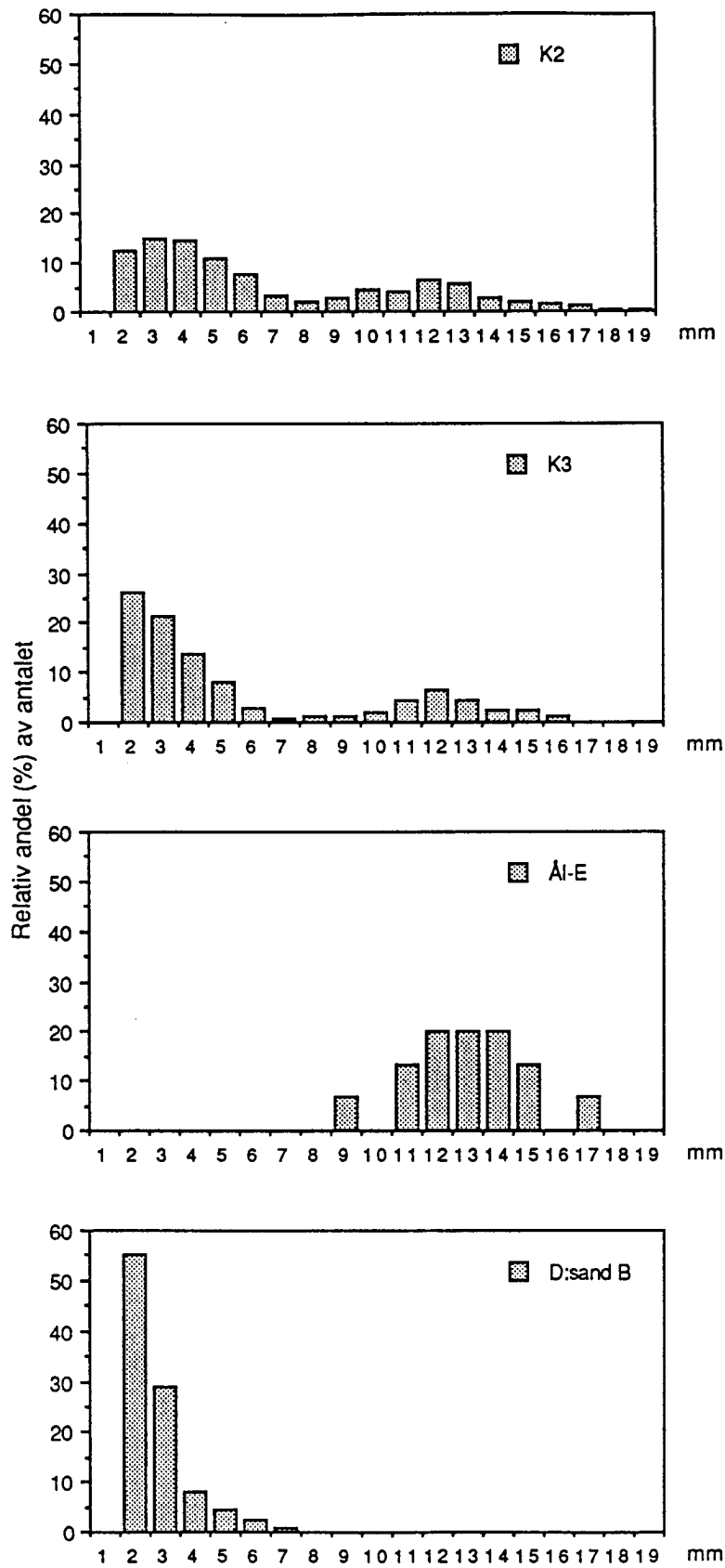


Fig. 12. Längdfördelningen hos *Macoma balthica* i Eckerö 1990 (1.0 mm såll).
The relative size-distribution of *Macoma balthica* in the Eckerö area (1.0 mm screen).

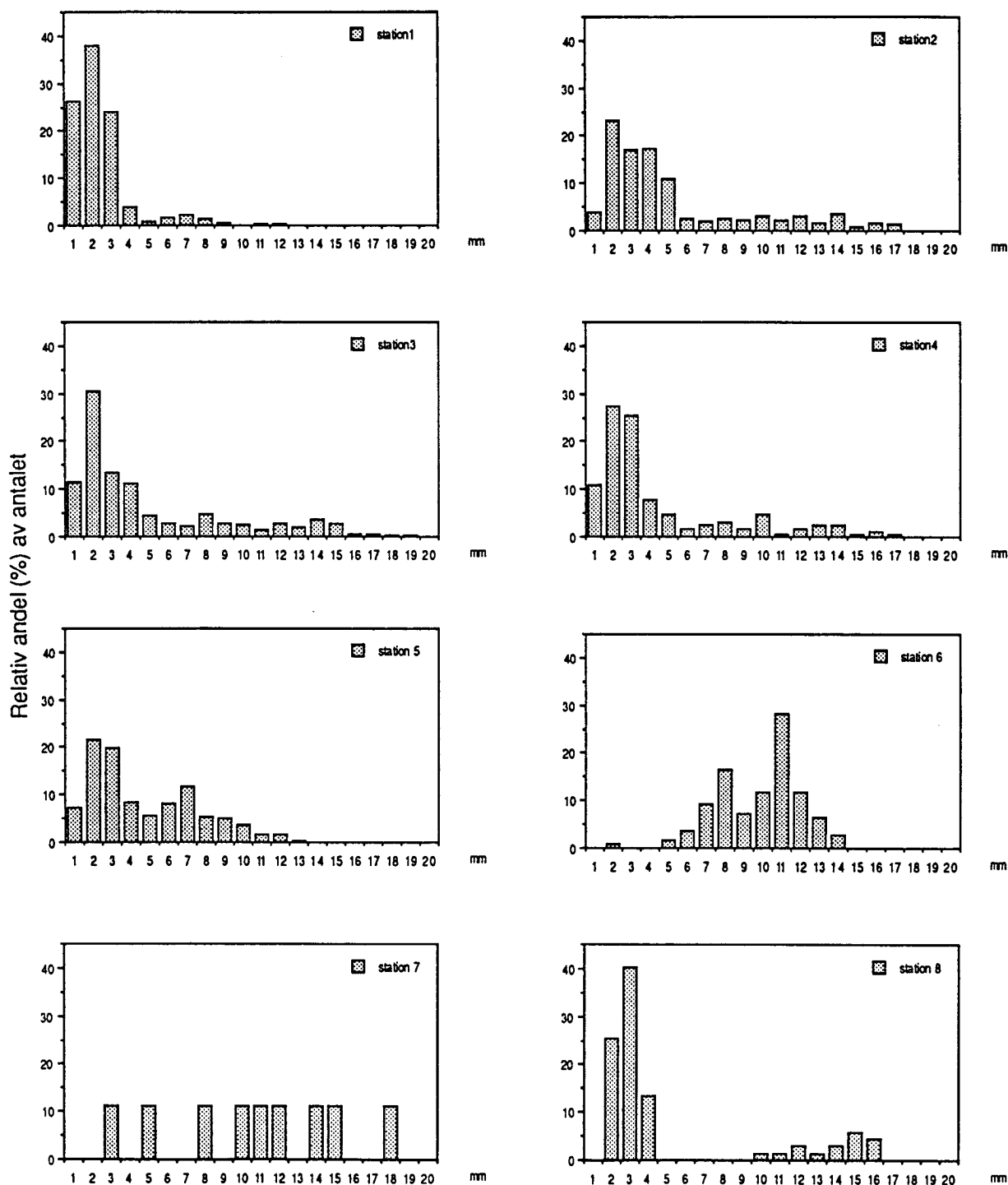


Fig.13. Längdfördelningen hos *Macoma balthica* i Mariehamnsområdet 1990 (0.5 mm såll). The relative size-distribution of *Macoma balthica* in the Mariehamn area 1990 (0.5 mm screen).

ökning i mängderna närsalter (fosfor och kväve) i bottenvattnet längs ovan nämnda gradient. Samma trend återspeglas i den nedre bilden i Fig. 14, som för bottenfaunan (antalet arter, mängden individer och den totala biomassan) följer ett "klassiskt" mönster (PEARSON & ROSENBERG 1978): Från en rätt stabil nivå svarar djursamhället på den gradvis ökande näringstillgången först med en kraftig ökning i produktivitet (och även mångfald), som sedan övergår i en snabb försämring (utarmning) av bottenfaunan. Detta tar sig i allmänhet uttryck i form av reducerat artantal och förhöjd abundans och biomassa (Fig. 15). I Fig. 15 jämförs bottenfaunan i hela den åländska skärgården från 1972-73 med läget 1989-90. I den övre bilden visas samtliga stationer, och förändringarna för alla samhällsparametrar (arter, individer, biomassa) är statistiskt signifikanta. Den nedre figuren visar motsvarande jämförelse för Ål-stationerna i ytter- och mellanskärgården, och där framgår det att artsammansättningen inte ändrats, men väl produktionsförhållandena (ökningar både i individantal och biomassa). Dessa analyser ger vid handen att den åländska skärgården som helhet betraktad befinner sig i den fas av eutrofieringsförloppet där organismsamhällets komplexitet reduceras, medan den ökade tillgången på näring (via ökade närsaltsmängder och följaktligen ökad primärproduktion) gett ökade antal och biomassor.

Om vi granskar situationen 1989-90 närmare, finner vi vid analys av alla undersökta parametrar (abiotiska och biotiska) samtidigt, att vissa entydiga mönster framträder. För det första visar en faktoriell PCA-analys och stegvis regressionsanalys att syremättnaden i bottenvattnet är den viktigaste förklarande faktorn vad beträffar artsammansättningen, medan mängden kväve i vattnet (som ett mått på näringsstatus) tillsammans med vattnets salinitet (som varierar från skyddade innervikar till exponerad kust) är den primärt avgörande faktorn för biomassan (produktionen). Dessa samband är statistiskt signifikanta, och kan inte anses slumpartade. En mångdimensionell grafisk PCA-analys grupperar art-, individantal och biomassa som inbördes beroende med syre och pH som de viktigaste determinanderna längs den första axeln, och kväve och sedimentets organiska halt som viktigaste determinander längs den andra axeln. Detta visar dels att bottenfaunan utgör ett mycket lämpligt undersökningsobjekt m.l.m. oberoende av korttidsfluktuationer i miljön, och dels att den biotiska delen av ekosystemet är ytterst känslig för förändringar i syre (och pH), samt näringstillskott (närsalter, organisk halt i sedimentet).

Om vi slutligen ser på resultatet av en PCA-analys där för varje enskild provtagningslokal samtliga mätparametrar beaktats samtidigt, kommer stationerna att grupperas i ett mångdimensionellt koordinatsystem så, att de lokaler som mest avviker från alla de övriga med lätthet kan illustreras i ett tvådimensionellt system (Fig. 16). Figuren visar i detta fall att växelverkan mellan de styrande omgivningsparametrarna och de levande organismerna är någorlunda i balans i största delen av skärgården med vissa markanta undantag. Dessa undantag kan indelas i två kategorier. Dels är det frågan om några stationer i de innersta vikarna i nordväst (Ivarskärsfjärdens innersta del, Urkan; stationerna V och Y2), en station vid Mariehamn (M7), och en i Käringsund (K1). Dessa har alla mycket låga syrehalter i bottenvattnet (åtminstone periodvis), och låga biomassor. Dels är det frågan om ett flertal lokaler i systemet Färjsundet-Lumparn (stationerna L3, L5,

Tab. 6. Medel- och sammanslagna data (fysikalisk-kemiska, biotiska) för de undersökta delområdena 1989-90, samt en indelning i "eutrofieringszoner". Omr. III/IV = Mariehamn och Eckerö, omr. I = nordvästländska skärgården, omr. II = Lumparn-Färjsundet. Mean- and summary data (physical, chemical and biological) from the areas investigated in 1989-90.

PARAMETER:	Ål-station:	Omr. III/IV:	Omr. I:	Omr. II:	Σ-data:	Total variation:	
Djup (m)	22.1	10.8	12.7	10.8	11.9	1.8 - 30.0	
Sikt djup (m)	4.6	3.6	2.5	2.5	2.9	0.8 - 7.2	
pH	7.66	7.76	7.93	7.61	7.78	7.01 - 8.67	
Syre (%)	84.77	97.74	93.48	80.54	90.35	93.7 - 125.8	
Tot-P (µg/l)	23.13	28.33	36.27	62.19	39.77	14.06 - 254.01	
Tot-N (µg/l)	350.81	376.02	454.21	494.71	442.65	247.00 - 893.36	
Org. % i sed.	5.84	7.92	6.86	9.32	8.25	0.2 - 30.35	
Artantal (S)	6.5	8.1	6.5	3.8	6.1	0 - 18	
ind./m ² (A)	2060	3000	1954	1599	2587	0 - 20310	
g wwt/m ² (B)	146.0	233.8	119.4	67.3	130.6	0 - 1060	
	----->	ÖKANDE EUTROFIERING			----->	medeltal	min - max

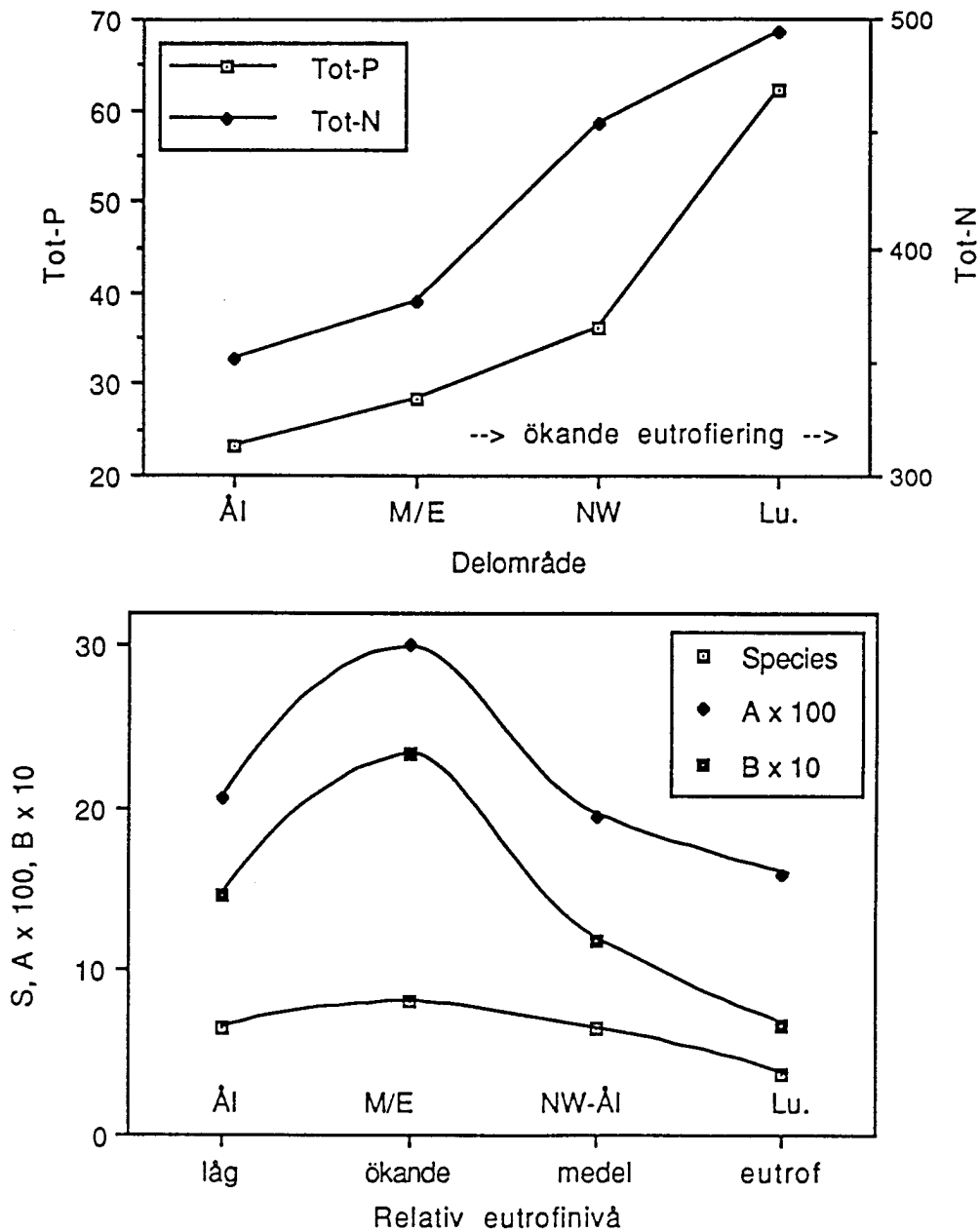


Fig.14. Tillståndet i vattenmiljön kring fasta Åland 1989-90. Den övre figuren visar närsaltshalterna (tot-P, tot-N) från ytter- och mellan-skärgården till de hårdast belastade systemet (Färjsundet-Lumparn). I den undre figuren illustreras bottenfaunan längs samma gradient. Ål = Ål-punkter, M/E = Mariehamn och Eckerö, NW = nordvästra skärgården, Lu = Färjsundet/Lumparn. S = artantal, A = abundans, B = biomassa. *Schematic division of the investigated sub-areas according to increasing eutrophication. The upper graph shows the basic nutrient levels (tot-P, tot-N), and the lower graph shows the zoobenthos along the same gradient (S = number of species, A = abundance, B = biomass).*

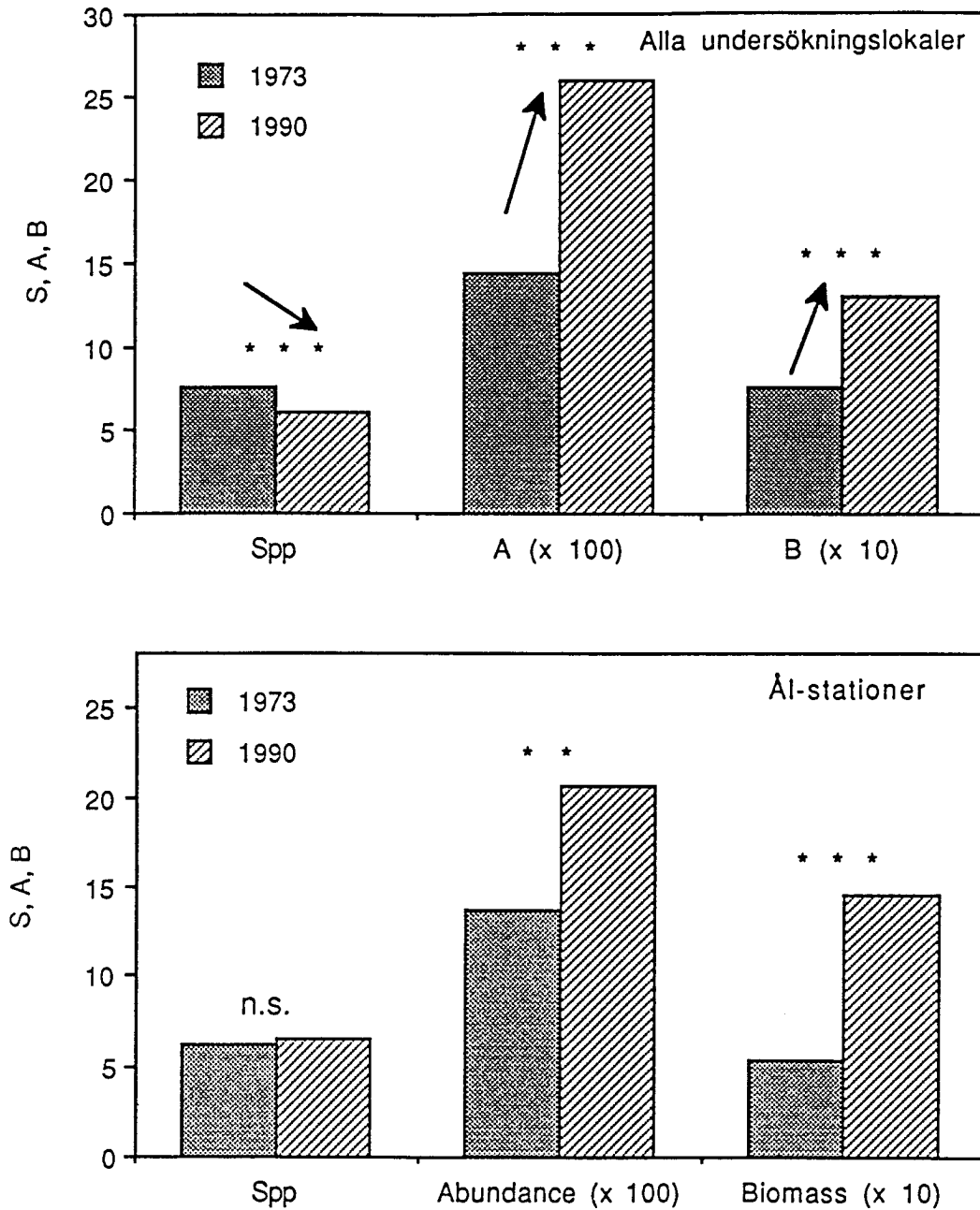


Fig. 15. En totalanalys av bottenfaunan på samtliga undersökta lokaler (övre bilden) och Ål-punkterna (undre bilden) 1972-73 och 1989-90. **, *** = signifikant ; n.s. = icke-signifikant skillnad. S, A, B som i Fig. 14. A summary of the zoobenthos data from 1972-73 and 1989-90; all stations (upper graph) and Ål-stations (lower graph).

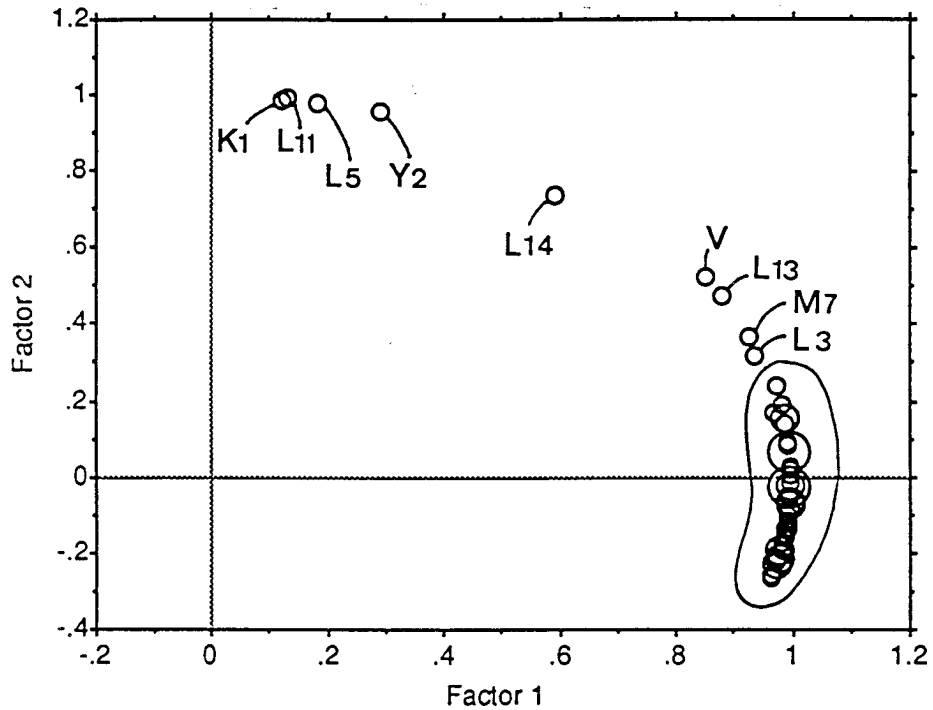


Fig. 16. Resultatet av en PCA-analys över samtliga undersökta abiotiska och biotiska parametrar på alla stationer 1989-90. Figuren visar vilka stationer som klart avviker från alla andra områden. *The results of a PCA-analysis including all parameters (abiotic and biotic) from all stations investigated in 1989-90.*

L11, L13, L14), vilket illustrerar att stora delar av det systemet är rubbat ur sin "ekologiska balans" (vilket även framgick ur SANDBERG et al. 1989).

På basen av materialet i denna rapport och den här citerade rapporten av SANDBERG et al. (1989) står det alltså klart att skärgårdens ekosystem har förändrats under de senaste 15 åren. Även om dessa förändringar delvis måste tillskrivas den allmänna förändringstrenden i Östersjön (AMBIO Vol. XIX, no. 3, 1990), står det lika klart att den största effekten på miljön åstadkoms av lokala utsläpp. Dessa är (utan rangordning) fiskodling, avrinning från jord- och skogsbruk (inklusive utdikningar), kanalgrävningar till diverse insjösystem (Vargsundet, Kyrksunden mfl.), samt kommunala och industriella utsläpp (vilket syns tydligt exempelvis i Bruksviken).

Som konkret åtgärdsförslag bör därför alla redan existerande belastningskällor gås igenom, och utsläppen minimeras (enkla och billiga åtgärder finns), samt inga nya utsläppsformer tillåtas om den sammanlagda belastningen på vattenmiljön då kan antas öka. Därtill föreslår vi att denna typ av helhetsanalys utförs förslagsvis vart femte år så, att vissa riskområden och samtliga Ål-stationer om möjligt uppföljs oftare. Undersökningen 1989-90 visar även att bottenfaunan fortfarande kan anses vara en mycket god indikator på vattenmiljöns tillstånd, och i kombination med förhållandevis enkla hydrografiska och kemiska analyser blir helhetsbilden tillförlitlig. Under sommaren 1990 ingick dessutom klorofyllhalten i vattnet som ett mått på produktiviteten, och då erfarenheterna av numerisk analys omfattande flere mätparametrar är goda, kan denna analysmetod väl medtas i en uppföljning av denna kartering. PCA-analysen visade vidare att syre (och pH), näringsstatus (kväve, men även fosfor), samt den organiska halten i sedimentet (som ett mått på födotillgång) alla är viktiga parametrar med stort förklaringsvärde då faunaresultaten skall uttolkas.

På basen av denna kartering 1989-90 kan följande områden klassas som riskområden, där förbättringsåtgärder vore att rekommendera:

- 1) Färjsundet-Lumparn (där öppna Lumparn än så länge klarat sig rätt väl, medan de viksystem som mynnar till Lumparn är ekologiskt ur balans),
- 2) delar av den nordvästäländska skärgården, där förändringarna i bottenfauna från 1970-talet till 1989 varit genomgripande. Här står orsakerna till problemen igen att finna dels i de innersta vikarna (där Ivarskärsfjärden kan komma att bli hotat av syrebrist då kontakten med Vargsundet och all jordbruksavrinning den vägen når fjärdsystemet), och dels i den fiskodlingsverksamhet, som bedrivs i mellanskärgården. Hela denna del av skärgården borde, om möjligt, skonas från fiskodling, och avrinningen från jord- och skogsbruk borde fås under kontroll. Att notera är att den nordvästra skärgården har en särställning bland de åländska skärgårdsområdena som referensområde och monitoringsystem även i ett internationellt sammanhang.
- 3) delar av Mariehamns Österhamn, där bottenpogografien skapar förutsättningar för syrebrist, med lokalt stora effekter som följd, samt
- 4) de innersta delarna av Käringsund, där fosforbelastningen uppenbart är alltför hög.

Referenser

- AMBIO, Vol. XIX nr. 3, 1990: Special Issue: Marine Eutrophication.
- BLOMQUIST, E. M. 1979. Inventering av makrofyttvegetation och makrofauna samt sandens fördelning på två åländska sandbottenområden - Sandö sund, Vårdö och Degersand, Eckerö. - Husö biol. stat. Forskn. rapp. till Ålands Landskapsstyrelse, N. S. no. 1: 1-20.
- BLOMQUIST, E. M. & E. BONSDORFF, 1986. Spatial and temporal variations of benthic macrofauna in a sandbottom area on Åland, northern Baltic Sea. - *Ophelia*, Suppl. 4: 27-36.
- BONSDORFF, E. 1988. Zoobenthos and problems with monitoring; an example from the Åland area. - *Kieler Meeresforsch., Sonderh.* 6: 85-98.
- BONSDORFF, E., E. LEPPÄKOSKI & C.-S. ÖSTERMAN, 1986. Patterns in post-impact successions of zoobenthos following physical and chemical disturbance in the northern Baltic Sea. - *Publ. Water Res. Inst. Finland* 68: 117-121.
- DYBERN, B. I., H. ACKEFORS & R. ELMGREN, 1976. Recommendations on methods for marine biological studies in the Baltic Sea. - *BMB Publ. No.* 1: 1-98.
- HELMINEN, O. 1974. Bottenfaunan i den åländska skärgården I-IV. - Specialarbete för bilaudatur i allmän biologi, ekologisk linje, Åbo Akademi (del I och II).
- HELMINEN, O. 1975. Bottenfaunan i den åländska skärgården. - *Husö biol. stat. Medd.* 17: 43-71.
- KOROLEFF, F. 1979. Meriveden yleisimmät analyysimenetelmät. - *Meri* 7: 1-60.
- PEARSON, T. & R. ROSENBERG, 1978. Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. - *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 16: 229-311.
- SANDBERG, E., K. AARNIO & E. BONSDORFF, 1989. Bottenfaunans utveckling i nordvästra Åland och i Lumparn-området - en jämförelse av situationen 1972-73 och 1989. - *Husö biol. stat. Forskn. rapp. till Ålands Landskapsstyrelse nr.* 71: 1-44.
- SUOMALAINEN, S. 1989. En sammanställning av stationens recipientundersökningar i Mariehamns Västerhamn 1983-1986. - *Husö biol. stat. Forskn. rapp. till Ålands Landskapsstyrelse nr.* 72: 1-27.
- WESTERBERG, J. 1978. Benthic community structure in the Åland archipelago (N. Baltic) represented by samples of different sizes. - *Kieler Meeresforsch., Sonderh.* 4: 53-60.
- ÖSTMAN, M. 1989. Belastningen i Lumparn 1989. - *Husö biol. stat. Forskn. rapp. till Ålands Landskapsstyrelse nr.* 73: 1-20.

Forskningsrapporter till Ålands landskapstyrelse: (forts.)

No 63 1988 TOIVOLA, D., J. ERIKSON & J. MERILUOTO: Förekomsten av toxiska blågrönalger i åländska insjöar.

No 64 1990 LAURÉN-MÄÄTTÄ, C. & R. RÄISÄNEN: Undersökning av vattenmiljön vid Brännholmens fisk, Andersö 1988.

No 65 1988 SANDBERG, E.: Undersökning av Bruksviken 1988.

No 66 1988 AARNIO, K. & T. ÖSTMAN: Undersökning av Kyrksunden i Sund: vattenkvalitet, planktonsammansättning och fiskbestånd.

No 67 1988 BLOMQVIST, E.M., E. LEPPÄKOSKI & E. SANDBERG: Verksamhetsberättelse för år 1987.

No 68 1989 TOIVOLA, D., J. MERILUOTO & J. ERIKSSON: Undersökning av förekomsten av toxiska blågrönalger i Långsjön och Markusbölefjärden.

No 69 1989 BLOMQVIST, E.M., E. LEPPÄKOSKI & E. SANDBERG: Verksamhetsberättelse för år 1988.

No 70 1989 ÖSTMAN, T.: Kartering av vattenvegetation i Lumparn 1989.

No 71 1989 SANDBERG, E., K. AARNIO & E. BONSDORFF: Bottenfaunans utveckling i nordvästra Åland och i Lumparnområdet - en jämförelse av situationen 1972-73 och 1989.

No 72 1989 SUOMALAINEN, S.: En sammanställning av stationens recipientundersökningar i Mariehamns Västerhamn 1983-1986.

No 73 1989 ÖSTMAN, M.: Belastningen i Lumparn 1989.

No 74 1989 T. LINDHOLM, M. KARLSSON & J. MERILUOTO: Undersökningar av Östra Kyrksundet 1989.

Fr.o.m. **No 75 (1990)** har rapportserien "Forskningsrapporter till Ålands landskapsstyrelse" bytt namn till "Forskningsrapporter från Husö biologiska station" och försetts med abstract och figurtexter på engelska. Samtidigt har utgivandet av tidskriften "Husö biologiska station Meddelanden" upphört.

From no 75 (1990) onwards the report series "Forskningsrapporter till Ålands landskapsstyrelse" is named "Forskningsrapporter från Husö biologiska station" and is provided with an abstract and figure legends in english. Hereby also the publishing of the journal "Husö biologiska station Meddelanden" is terminated.

Forskningsrapporter från Husö biologiska station:

No 75 1990 BONSDORFF, E., K. AARNIO & A. LINDELL: Bottenfauna och hydrografi i den åländska skärgården 1972-1990: Mariehamn och Eckerö 1990, samt en totalanalys av den fastlandsåländska skärgården i relation till eutrofiering.

(Zoobenthos and hydrography in the Åland archipelago 1972-1990: Mariehamn and Eckerö 1990, and the overall situation in relation to eutrophication.)

(Detta nummer) *(Present no)*

ISSN 0787-5460

ISBN 951-649-843-4

Åbo 1991

Åbo Akademis kopieringscentral