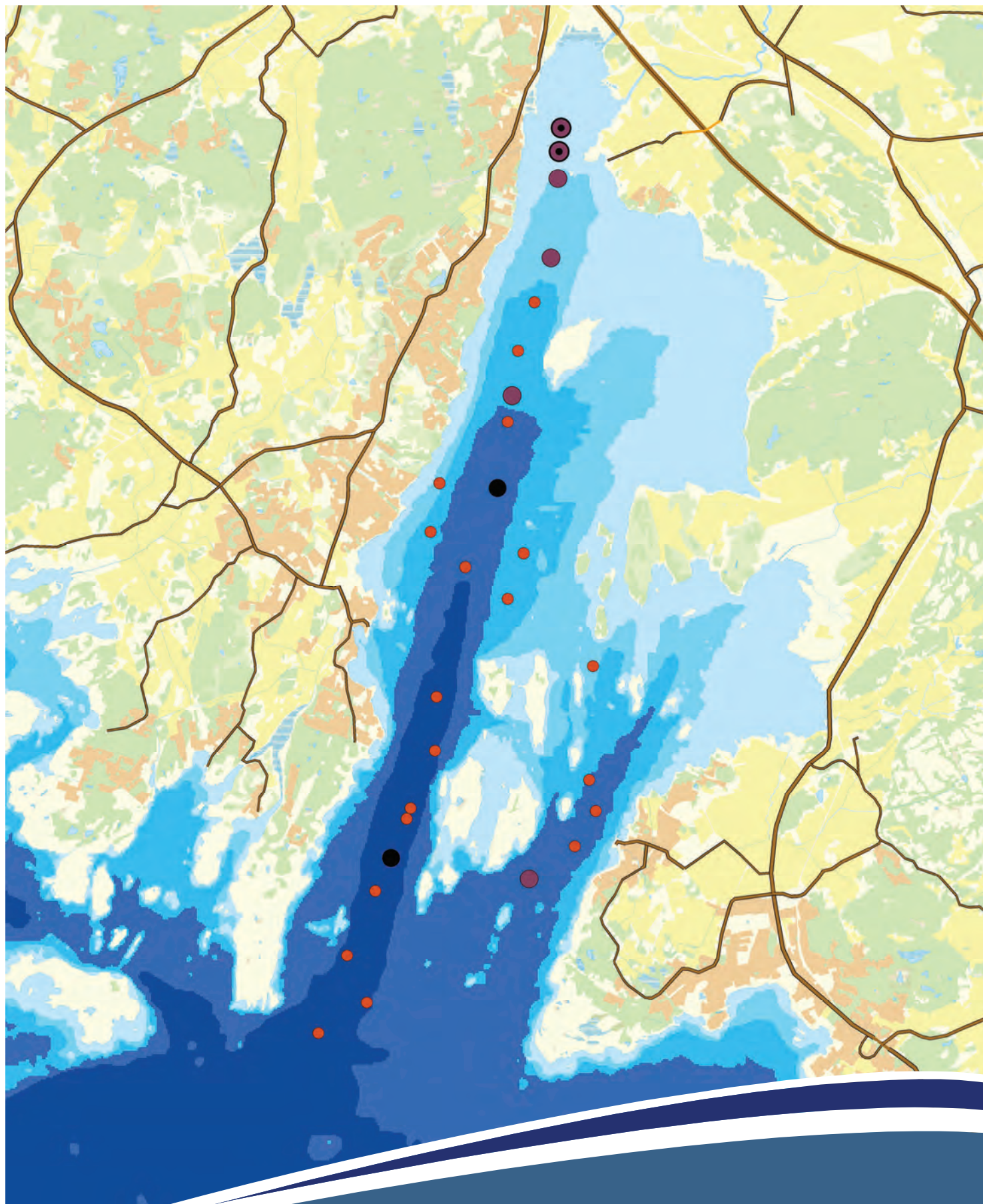


Bottenfaunaundersökningar i Kungs- backafjorden 1969-2009

- med en återblick till 1930-talet



LÄNSSTYRELSEN
HALLANDS LÄN



Bottenfaunaundersökningar i Kungsbackafjorden 1969-2009
- med en återblick till 1930-talet

Länsstyrelsen i Hallands län
Enheten för naturvård & miljöövervakning
Meddelande 2015:8
ISSN 1101 - 1084
ISRN LSTY-N-M--15/8--SE

Kartor (omslag och sidan 17)
© Länsstyrelsen i Hallands län
© Lantmäteriet Geodatasamverkan – GSD Sverigekartan
© Lantmäteriet Geodatasamverkan – GSD Nordenkartan
© Lantmäteriet Geodatasamverkan – GSD LM Topografiska Webbkartan (WMS-tjänst)
© Lantmäteriet Geodatasamverkan – GSD LM Översiktskarta
© Naturvårdsverket – NV SAKU
© Sjöfartsverket – Sjökort

Tryckt av Taberg Media Group, Taberg, 2015
Foto på omslagets baksida: Bergslagsbild AB (© Länsstyrelsen i Hallands län)
Foto på sidan 3: Eva Ölundh
Alla övriga foton: © Peter Göransson

Bottenfaunaundersökningar i Kungsbackafjorden 1969-2009 - med en återblick till 1930-talet

Peter Göransson¹ & Ingemar Olsson²

¹**PAG**

Miljöundersökningar
Kustgatan 40 B, 252 70 Råå TELEFON +46 42-263969
E-post: pag.miljo@bredband.net
Hemsida: pag.nu

²**Firma Consort**

Hanhals kyrkväg 234,439 73 Fjärås TELEFON +46 0300-540464
E-post: ingemar.olsson36@bredband.net

Förord

Denna rapport om Kungsbackafjordens bottenfauna under perioden 1969-2009 är en ytterst värdefull kunskapssammanställning av hur tillståndet utvecklats under 40 år i fjorden. Det är också en beskrivning av bottenfaunasamhället på Kungsbackafjordens mjukbottnar.

Undersökningar av mjukbottenfaunan med bottenhuggare initierades av Ingemar Olsson 1969 då den äldsta provtagningsstationen började övervakas. Därefter startades ytterligare övervakningsstationer och från och med 1981 har åtta provtagningsstationer övervakats kontinuerligt med 1-3 års mellanrum. Två av stationerna ingår sedan 1993 i Hallands kustvattenkontroll. Från 2005 är Kungsbackafjorden ett marint naturreservat och övriga stationer ingår nu i Länsstyrelsens uppföljning av reservatet. Sedan 2007 har kompletterande bottenhugg tagits för att få en bättre rumslig bild av fjorden. Sammantaget ger framförallt de långa tidsserierna ett ovärderligt kunskapsunderlag till exempel för förvaltningen av Kungsbackafjordens naturreservat. Ett särskilt tack till Ingemar Olsson för hans tidiga initiativ och kontinuerliga provtagningar under åren innan naturreservatet bildades. Ett tack även till Peter Göransson och Ingemar Olsson för att de sammanställt och utvärderat 40 års provtagning. Deras engagemang har bidragit till att Kungsbackafjorden är ett av västkustens bäst undersökta havsområden när det gäller mjukbottnars bottenfauna.

Bo Gustafsson
Marinbiolog
Länsstyrelsen i Hallands län



Undersökningar av Kungsbackafjorden sträcker sig långt bak i tiden. Här studerar Ingemar Olsson primärproduktionen i Kungsbackafjorden våren 1970.

Innehållsförteckning	Sida
Förord	3
Sammanfattning.....	6
Abstract.....	7
Inledning.....	9
- Bakgrund	
- Undersökningsområdet	
- Antropogena faktorer som påverkar bottenfaunan	
- Lokala faktorer som påverkar faunan i undersökningsområdet	
- Miljögifter, bottentrålning och temperaturpåverkan m.m.	
Metodik.....	14
- Provtagning av grundområdesfauna	
- Provtagning av mjukbottenfauna på större djup	
- Analysarbete	
Resultat och diskussion	20
- Hydrografi	
- Sediment	
- Sedimentens redoxpotential och visuella observationer	
Bottenfauna.....	26
- Faunakarakteristik	
- Totalt antal arter (taxa)	
- Individtäthet	
- Biomassa	
- Kompletterande insamling med bottenskrapa	
- Artsammansättning, fauna-associationer	
- Grundområden	
- Faunan på djupare belägna mjukbottnar	
- Rödlistade och andra särskilt intressanta arter	
- Införda arter	
Fisksamhällen	47
Bedömning av naturvärden.....	48
Kungsbackafjorden då och nu – en återblick till 1930-talet.....	49
Utvecklingen i Kungsbackafjorden 1969-2009.....	52
- Trendanalyser för huvudvariabler	
- Bracksamhälle (1-2 meters djup)	
- <i>Macoma</i> -samhälle (2-9 meters djup, ovan haloklinen)	
- <i>Abra</i> -samhälle (15-16 meters djup, i haloklinen)	
- <i>Amphiura</i> -samhälle (27 meters djup, under haloklinen)	
- Samvariationer	

Trendanalyser för djurens medelstorlek	60
- Brackvattenssamhälle (1-2 meters djup)	
- <i>Macoma</i> -samhälle (2-9 meters djup, ovan haloklinen)	
- <i>Abra</i> -samhälle (15-16 meters djup, i haloklinen)	
- <i>Amphiura</i> -samhälle (27 meters djup, under haloklinen)	
Multidimensionell skalning	67
- Brackvattenssamhälle (1-2 meters djup)	
- <i>Macoma</i> -samhälle (2-9 meters djup, ovan haloklinen)	
- <i>Abra</i> -samhälle (15-16 meters djup, i haloklinen)	
- <i>Amphiura</i> -samhälle (27 meters djup, under haloklinen)	
Diversitetsindex	72
- Brackvattenssamhälle (1-2 meters djup)	
- <i>Macoma</i> -samhälle (2-9 meters djup, ovan haloklinen)	
- <i>Abra</i> -samhälle (15-16 meters djup, i haloklinen)	
- <i>Amphiura</i> -samhälle (27 meters djup, under haloklinen)	
Födogrupper	82
- Brackvattenssamhälle (1-2 meters djup)	
- <i>Macoma</i> -samhälle (2-9 meters djup, ovan haloklinen)	
- <i>Abra</i> -samhälle (15-16 meters djup, i haloklinen)	
- <i>Amphiura</i> -samhälle (27 meters djup, under haloklinen)	
Enskilda taxa (arter och obestämda grupper)	90
- Brackvattenssamhälle (1-2 meters djup)	
- <i>Macoma</i> -samhälle (2-9 meters djup, ovan haloklinen)	
- <i>Abra</i> -samhälle (15-16 meters djup, i haloklinen)	
- <i>Amphiura</i> -samhälle (27 meters djup, under haloklinen)	
Jämförelse mellan olika djup – taxa som förekommer	96
i hela djupintervallet (1-27 meters djup)	
Speciell analys av förhållandena vid stationerna N5 och 74	100
Förslag till tolkning av utvecklingen i hela Kungsbackafjorden	106
Referenser	109
Appendix. Påträffade taxa 1969-2009	114

Sammanfattning

Denna sammanställning av de senaste 40 årens undersökningar av bottenfaunan i Kungsbackafjorden har skett på uppdrag av Länsstyrelsen i Hallands län.

Den omväxlande miljön i fjorden skapar förutsättningar för en art- och individrik bottenfauna som växlar starkt i karaktär med djupet och bottenytan. De grundaste bottenarterna karaktäriseras av en individrik brackvattenfauna och djupare vidtar en fauna som är typisk för stora delar av Västkusten och huvudsakligen domineras av filtrerande musslor. Bottenarterna kring salthaltssprångskiktet domineras typiskt av "fjordsamhället", som är ett särskilt viktigt födosöksområde för bottenlevande fiskar. De djupaste bottenarterna, väl under salthalts-språngskiktet, domineras typiskt av ormstjärnor. De grunda bottenarterna kan hänföras till EU:s habitatdirektiv, Natura 2000. Kungsbackafjorden har dessutom genomgående kvaliteter genom sin stora biologiska variation och som uppväxt- och födosöksområde för fiskar och fåglar.

Vid undersökningar 1969-2009 har 376 taxa av makrofauna påträffats i området. Sex av dessa arter är rödlistade av ArtDatabanken, nämligen musslorna *Abra prismatica*, *Mya truncata*, *Macoma calcarea*, *Moerella pygmaea* och *Musculus niger* samt havstulpanen *Balanus crenatus*.

Den införda amerikanska havsborstmasken *Marenzelleria cf. viridis* som påträffades för första gången i Kungsbackafjorden 2006 har noterats varje år därefter. Masken har dock endast påträffats i låga individtätheter från knädjupt vatten och ut till 9 meters djup.

Utvecklingen av bottenfaunan i Kungsbackafjorden 1969-2009 kan tolkas utifrån ett antal aspekter. Kunskapen om åtskilliga stressfaktorer är begränsad. Den mest sannolika förklaringen till noterade, avtagande trender är dålig rekrytering och minskad födotillgång, som ett resultat av ökande temperatur och minskande tillgång på kväve. Temperaturökningarna 1971-2009 uppgår till 2°C i ytvattnet samt 1, 4°C i bottenvattnet och ligger på en nivå som kan innebära förändringar i det marina ekosystemet. En minskande andel av arktisk-boreala arter har också noterats på två stationer. Försurningspåverkan på rekryteringen kan inte uteslutas eftersom låga pH-värden tidvis har uppmätts i bottenvattnet, speciellt under 2000-talet. Förhållandet mellan temperatur och pH kan indikera en klimatförändring.

Åtskilliga resultat indikerar att den organiska belastningen har minskat inom flertalet av de olika habitaterna. Endast bottenarter på mellandjup, där botten träffas av språngskiktet mellan Kattegatts yt- och bottenvattnet, är undantagna från denna minskning. Belastningen har här med stor sannolikhet dubbelt ursprung, dels i form av algrester, dels i form av finfördelat organiskt material transporterat dit av språngskiktets interna vågor. Nyckelfaktorerna för ekosystemets försämring är här exponeringsgraden och låg syrgashalt. Det kan ta åtskilliga år för faunan på mellandjup att återhämta sig.

I fjordens inre del verkar faunan främst vara påverkad av den lokala belastningen. Ansträngningar som utförts för att minska belastningen under senare år har troligen varit mycket positiva. Den lokala belastningen har en tämligen direkt effekt på individtätheten av opportunistiska arter. Nämnade ansträngningar är naturligtvis också

positiva för fjordens yttre delar som dock står under ett mera betydande inflytande från omgivande hav.

Bottentrålning förekommer inte i fjorden. Därför kan direkt påverkan av trålning uteslutas till skillnad från i Kattegatt. Här har förekomsten av rovfiskar minskat avsevärt, vilket kan misstänkas ha påverkat även fjordens ekosystem.

Vid en i huvudsak kvalitativ jämförelse med L. A. Jägerskiölds resultat från provtagningar omkring 1930 tycks bottenförhållanden i Kungsbackafjorden inte ha förändrats storskaligt, men en svag förekomst av tidigare påträffade arktisk-boreala arter och rikare förekomst av sydliga arter indikerar en förändring av biodiversiteten, vilket kan betraktas som tidiga varningssignaler på ett varmare klimat.

Abstract

This report on monitoring of the benthic macrofauna in the Kungsbackafjord from 1969 to 2009 has been conducted on behalf of the Administrative County Council of Halland. It is quite unique to Sweden with such a long series of benthic fauna data.

The changing environment of the fjord creates opportunities for a benthic fauna relatively rich in species and individuals. This fauna is changing considerably in relation to depth and the type of sediment. The bottoms of the shallowest parts of the fjord are characterized by an abundant brackish water fauna. On greater depths this fauna is succeeded by a fauna typical to a large part of the Swedish west-coast, principally dominated by filter-feeding bivalves. The sediments around the halocline are dominated by the *Abra*-community which is of special importance as a feeding area for benthic species of fish. The deepest bottoms well below the halocline are typically dominated by the *Amphiura*-community. The fjord is a Nature 2000 area according to the EU Habitat Directive. The whole Kungsbackafjord additionally also has high qualities with regard to large biological diversity which is of great importance as a feeding and nursery area for fishes and birds.

The results are based on investigations of the sediment, the number of species, the abundance, the biomass, the individual size, the feeding types and the biodiversity of the fauna. The development during the period 1969-2009 have been studied by means of trend analyses of the main parameters of the fauna, the individual average size, multidimensional scaling (MDS) and separate taxa.

The years 2006 and 2007 both the infauna and the epibenthic fauna were investigated at six stations. Generally the results were in accordance with what is valid to other stations along the coast of Halland.

At investigations 1969-2009 at least 376 species/taxonomic groups have been identified in the area. Six of these species are red listed according to the Swedish Species Information Centre, i.e. the bivalves *Abra primatica*, *Mya truncata*, *Macoma calcarea*, *Moerella pygmaea*, *Musculus niger* and the barnacle *Balanus crenatus*.

The introduced American polychaete *Marenzelleria cf viridis*, which was found for the first time in 2006 has after that year been annually recorded. Its abundance has, however, been low in a depth interval from half a meter to nine meter.

The development of the benthic fauna in the fjord during the period 1969-2009 can be interpreted as a result of a decreased organic load at most of the stations. Only stations at intermediate depths constitute exceptions from this rule depending on the fact that the load is of different origin and impacting the bottom fauna in different ways.

More in detail there are several common indications of a decreased organic load in the innermost part of the Kungsbackafjord, especially observed as a decreased abundance of small opportunistic species. In the middle and outer, eastern parts of the fjord at intermediate depths, there are common indications of deteriorations above all observed as a decreased diversity and a decreased size of the benthic individuals. A special analysis has been performed as regards the two stations concerned. Several evident signs of recovery have been found at the outermost, deepest station. More stable main parameters and an increased abundance of species, which are related to a healthy bottom fauna simultaneously with decreased abundances of species characteristic to a high organic load have been found here. In the inner part of the fjord the fauna seems to be influenced by the local input. Measures taken to abate this load during later years have been quite effective. These measures are of course also positive to the outer parts of the Kungsbackafjord, but this part is most probably more under the regime of the open Kattegat waters.

The eight stations of the fjord can most probably be ascribed to different stages. Tentatively, most of the innermost, shallow stations were earlier to be found in a high input state, as there were during this period mass occurrences of small opportunistic species. The stations at intermediate depths seem to be in deterioration state, as opportunists have been frequently found and the main parameters seem to decrease during later years. The deepest station seems to change in a narrow interval, where the number of species, the biomass and the abundance decrease. This decrease, however, reflects a state of recovery and not a state of deterioration.

Values for the Benthic Quality Index (BQI), which index is used by the Swedish Environmental Protection Board to classify the status of the benthic fauna indicate that the two innermost stations at a depth of 5-9 meters have exhibited a not satisfactory to a bad status. At two stations at a depth of 15-16 meters the status has been bad to good and at the outermost stations at a depth of about 25 meters the conditions have been classified from not satisfactory to good.

Top-down effects discerned in the Kattegatt have also been observed in the fjord.

Comparisons to Jägerskiöld's mainly qualitative investigations from about 1930 indicate that the environmental bottom conditions have not been changed from a large scale perspective, but indicate that certain faunal changes have taken place. The present results indicate fewer observations of the organic pollution indicator *Capitella capitata*, but even of red listed species. A smaller occurrence of arctic-boreal and typical species is alarming.

Inledning

Bakgrund

Denna rapport över bottenfaunan i Kungsbackafjorden har utförts på uppdrag av Länsstyrelsen i Hallands län. Undersökningarna har finansierats av Rahmnska Stiftelsen, Länsstyrelsen och Kungsbacka kommun. Det huvudsakliga syftet har varit att följa förändringar av bottenfaunan som speglar havsmiljön i stort. I syftet ingår även att identifiera trender vad gäller individtäthet, biomassa och bottensamhällets sammansättning samt relatera förändringarna till vattendjup, sedimentfaktorer, salthalt, vattnets skiktning, cirkulation och mänsklig påverkan. I denna ingår eutrofiering, föroreningar, nytilkomna arter och klimatförändringar. Även förekomsten av rödlistade arter har följts. Rapporten sammanfattar samtliga undersökningar av bottenfaunan, som utförts i Kungsbackafjorden.

Rapporten bygger på resultat från undersökningar av mjukbottenfaunan i Kungsbackafjorden under perioden 1966-2009 som utförts av Ingemar Olsson (Olsson, 1966-2005) och av Peter Göransson 1993-2009 (Göransson, 1993-2009). Två av stationerna i Kungsbackafjorden faller inom ramen för det samordnade kustkontrollprogrammet för Hallandskusten som startade 1993. Grundområdesfaunan har undersökts 2006 och 2007.

L. A. Jägerskiöld var troligen den förste som undersökte bottenfaunan i Kungsbackafjorden (Jägerskiöld 1971). Provtagningarna utfördes redan 1928, 1929 och 1937 i huvudsak med bottenskrapa på samma platser som numera undersöks med bottenhuggare. Resultaten från dessa tidiga undersökningar och dagens är därför inte jämförbara kvantitativt, men vissa jämförelser av arters förekomst då och nu kan indikera förändringar i artsammansättning. Detta är särskilt intressant ur ett övergödningssperspektiv eftersom våra dagars jordbruk med stora insatser av handels- och konstgödsel först kom igång på allvar efter andra världskriget. Dessutom har storskaligheten med stora brukningsenheter och stora djurbesättningar ökat kraftigt sedan Jägerskiölds dagar. Även det moderna storskaliga skogsbruket kan ge upphov till stora läckage av näringsämnen till havet. Kommunerna har dock efterhand uppfört ett stort antal avloppsreningsverk längs kuster och vattendrag och reningstekniken har förbättrats avsevärt under de senaste decennierna vilket har minskat näringsläckaget från samhällena.

Undersökningsområdet

Kungsbackafjorden är belägen på den mellersta delen av svenska västkusten. Fjordens totala yta uppgår till 50 km². Den bentiska zonen sträcker sig från de grunda bottarna i den innersta fjorddelen ner till 34 meters djup i fjordmynningen. Bottensubstratet varierar från sandiga-grusiga sediment i strandnära områden till finkorniga ackumulationsbottar i den djupare delen av fjorden. Eftersom det inte finns någon tröskel i fjordmynningen påverkas fjorden i hög grad av ytvattnet i Kattegatt. Detta vatten påverkas i sin tur i hög grad av den söderifrån kommande Baltiska strömmen med en salthalt av ca 20 PSU. Det råder marina förhållanden i den djupaste fjorddelen med en salthalt på ca 34 PSU. På nivån 10-20 meters djup finns en haloklin, som rör sig vertikalt beroende på inflödet av baltiskt vatten och vindförhållanden (Rydberg,

1982). Haloklinen utmärks av interna vågor, vilka ute i Kattegatt kan nå en våghöjd på åtskilliga meter. Vågorna rör sig med en hastighet på ca 1 meter per sekund och har avgörande betydelse för fjordens vattenutbyte. Bottenfaunan i haloklinen måste anpassa sig till och kunna uthärda olika stressfaktorer i den krävande miljön (Rosenberg *et al*, 1992).

Vattendjup, vattnets stratifiering, strömmar, bottensubstrat och dess innehåll av organiska ämnen är av stor betydelse för bottenfaunans sammansättning, individtäthet och biomassa. Bottendjupet stratifierar faunan, eftersom salthalten ökar med stigande djup. Låga salthalter och salthaltsväxlingar ger en avsevärd fysiologisk stress för marina djur och resulterar i lågt artantal och låg biomassa. Starka strömmar innebär en hög förekomst av filtrerare, medan svaga strömmar ger en dominans av depositionsätare. En stratifiering av vattnet är negativt för det vertikala vattenutbytet. Bottnar på haloklinnivån 10-20 meter är ofta stressade beroende på salthalts- och temperaturväxlingar samt på låga syrgashalter. Ökad temperatur kan här negativt påverka syrgashalten. En kraftigare stratifiering av vattnet, vilken hindrar transporten av syre från yt- till bottenvattnet, en kraftigare nerbrytning av sedimenterat organiskt material i sedimentet och minskad löslighet för syre i vattnet är samtliga faktorer, som försämrar syrgasförhållandena.



Kungsbackafjordens mynning. Till vänster Fjordskär med dess fyr. Till höger Ytre och Inre Lön, Ramnö och Vindö.

Antropogena faktorer som påverkar bottenfaunan

Eutrofiering och miljögifter

Eutrofiering kan förorsaka syrebrist i bottenvattnet och i sedimenten, vilket kan leda till att bottenfaunan försvinner. Reproduktionen såväl som tillväxten hos djuren gynnas av tillförsel av näringsämnen, eftersom dessa är grunden för plankton, som i sin tur utgör föda för bottenfaunan.

Alltsedan 1980-talet har Kattegatt påverkats av eutrofiering. Tillförseln av näringsämnen från land är grunden för den lokala transporten till kustvattnet. En nyligen genomförd beräkning indikerar emellertid betydande minskningar av kväve- och fosfortillförseln från vattendragen under de senaste årtiondena, speciellt till den svenska västkusten (Fölster *et al* 2012). Tillförseln av kväve och fosfor till Kungsbackafjorden har varit måttlig under 2000-talet jämfört med 1970-, 1980- och 1990-talet (Stibe 2011, Länsstyrelsen i Hallands län). För närvarande transporteras ca 620 ton kväve och ca 20 ton fosfor till fjorden (Erlandsson *et al* 2009). Dessutom påverkas Kungsbackafjorden av tillförsel av näringsämnen från havet utanför och av atmosfärisk deposition.

En sammanställning av näringsutvecklingen längs hela svenska västkusten visar minskande trender för kväve, fosfor och silikat i Kattegatt under perioden 1975-2005 (Andersson & Andersson 2006). Med hänsyn till detta bör eutrofieringseffekterna på bottenfaunan ha minskat under senare år.

Organiska tennföreningar, som är mycket giftiga för marina organismer, har ganska nyligen förbjudits som tillsats i båtbottnfärger. Nivån på förekomsten av traditionella xenobiotika har också minskat i kustvattnet i ett längre perspektiv, men nya ämnen som perfluorerade substanser, inger farhågor (Bignert *et al* 2011). Nyligen har även påträffats plastfragment i den marina miljön, mikroplaster, som utgör ett nytt orosmoment.

Lokala faktorer som påverkar faunan i undersökningsområdet

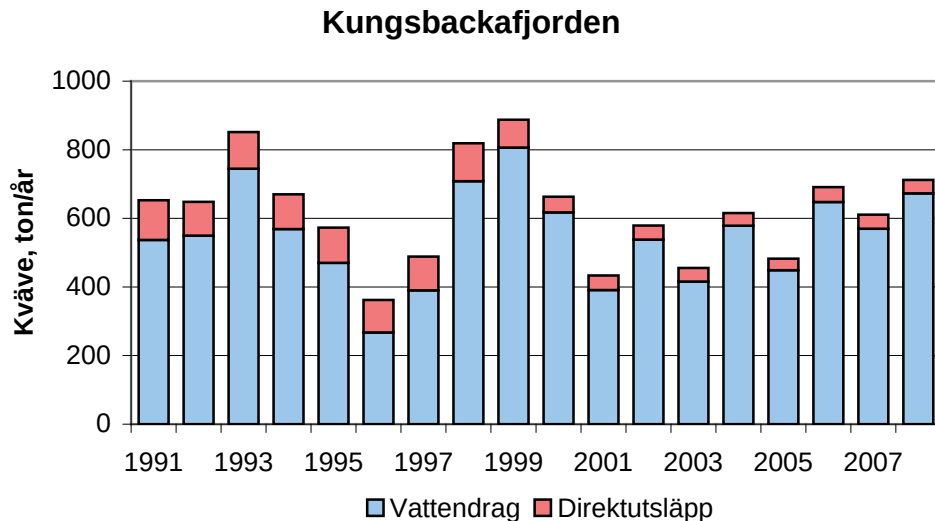
Övergödning

Kattegatt är sedan 1980-talet känt för att vara påverkat av övergödning (eutrofiering). Avrinningen från land styr till stor del den lokala transporten av näringsämnen till havet. Vattendragen har här en nyckelroll eftersom de för med sig stora mängder näringsämnen, framförallt kväve men även fosfor och kisel. Näringsrikt vatten från Nordsjön, Öresund och Östersjön påverkar också den regionala havsmiljön.

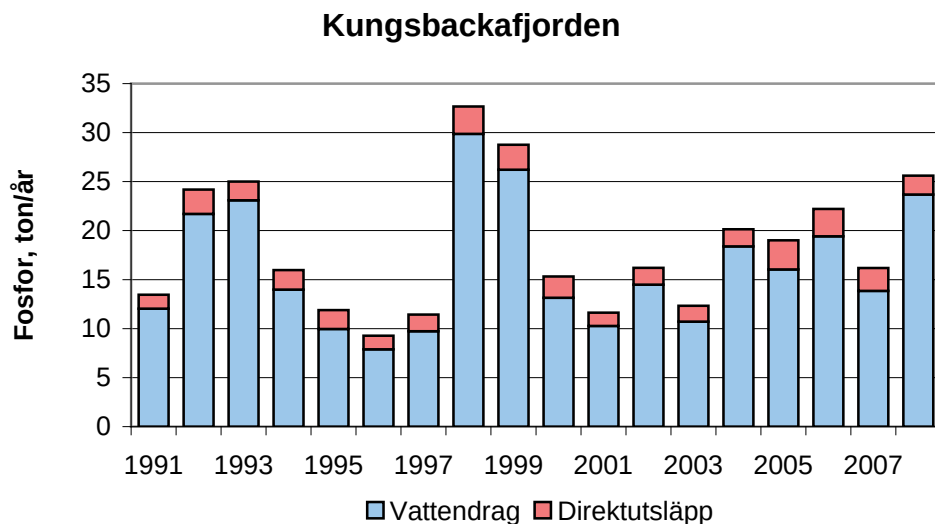
Eutrofiering kan förorsaka syrebrist i bottenvattnet och i sedimenten, vilket kan leda till att bottenfaunan försvinner. Reproduktionen såväl som tillväxten hos djuren gynnas av tillförsel av näringsämnen, eftersom dessa är grunden för plankton, som i sin tur utgör föda för bottenfaunan. Miljöfaktorer, primärproduktion och zooplankton studerades 1969-1970 på station N5 i Kungsbackafjorden (Olsson & Ölundh, 1974). Den årliga primärproduktion beräknades till 100 g kol per kvadratmeter.

En sammanställning av kväve- och fosfortransporter från lokala vattendrag till Kungsbackafjorden för perioden 1991-2008 (Stibe 2009, länsstyrelsen i Hallands län), visar att kväveutflödet till Kungsbackafjorden var särskilt högt 1993, 1998 och 1999. Avsevärt lägre transporter noteras 1996, 1997, 2001, 2003 och 2005. Mönstret är likartat för fosfor men 1998 och 1999 framstår som än mer extrema, figur 1 och 2. Mycket grovt sett har de lokala transporterna via vattendragen varit jämförelsevis låga under större delen av 2000-talet. Kungsbackafjorden påverkas dock även av näringsämnestransporter från omgivande hav. Dessa är svåra att kvantifiera men kan vara avsevärt större än det lokala bidraget.

Sammantaget pekar alltså utvecklingen både i själva Kungsbackafjorden och i det utanförliggande Kattegatt på minskade halter av näringsämnen under senare år. I detta perspektiv borde övergödningseffekterna på bottenfaunan vara jämförelsevis lägre under de senaste åren jämfört med slutet av 1990-talet.



Figur 1. Transporten av totalkväve i ton från lokala vattendrag (Kungsbackaån och Rolfsån) och direktutsläpp (reningsverk) till Kungsbackafjorden under åren 1991-2008 (Stibe 2009).



Figur 2. Transporten av totalfosfor i ton från lokala vattendrag (Kungsbackaån och Rolfsån) och direktutsläpp (reningsverk) till Kungsbackafjorden under åren 1991-2008 (Stibe 2009).

Syrehalter i bottenvattnet har uppmätts månadsvis från och med 1993 på två stationer i Kungsbackafjorden. De två stationerna ligger dels centralt i fjorden, N5(63) på 16 meters djup och dels i dess yttre del, N6(69) på 27 meters djup. De uppmätta syreförhållandena var under hösten 2002 de sämsta som noterats för perioden 1993-2008. På station N5 uppmättes 1,21 ml/l som lägst och på station N6, noterades 1,9 ml/l som minimum. Detta visar att syrehalterna kan sjunka till kritiska värden för faunan. Man anser att halter under 2 ml/l med varaktighet på några veckor kan innebära att känsliga bottendjur dör. I detta sammanhang bör det framhållas att mätningarna i vattnet endast ger en ögonblicksbild av förhållandena eftersom provtagning endast sker en gång per månad. Bottendjuren ger däremot ett sammanfattande mått på effekter av syrebrist. Återetablerandet av tidigare utslagna arter kan ta mer än ett år.

Danska mätningar visar också att den mest omfattande syrebristen i Kattegatt under senare år inträffade 2002. Därefter har arealen med kraftig syrebrist varit mindre och huvudsakligen omfattat inre danska farvatten, framförallt Bälthavet (Anon. 2006)

Miljögifter, bottentrålning, temperaturpåverkan och främmande arter.

Sulfatmassafabriken Södra Cell Värö (Värö Bruk) utgjorde tidigare den största utsläppskällan för organiska klorföreningar. Under senare år har emellertid, massafabriken minskat sådana utsläpp väsentligt. Användningen av klor/klordioxid upphörde redan 1993.

Omfattande trålfiske förekommer längs Hallandskusten. Det är främst bottentrålning efter havskräfta som kan skada bottenarna men detta är inte aktuellt inne i Kungsbackafjorden.

Kärnkraftverket Ringhals varmvattenutsläpp berör undersökningsområdets periferi. Kylvatten med övertemperaturer späds dock snabbt och bör endast påverka ett förhållandevis litet område närmast kraftverket. Numera diskuteras även en allmän höjning av temperaturen på grund av ökad växthuseffekt. Detta kan påverka artsammansättningen långsiktigt i fjorden. Främst kan det förväntas att arter med sydlig utbredning ökar eller tillkommer medan arter med nordlig utbredning minskar eller försvinner. Ökad temperatur i vattnet minskar också dess förmåga att lösa syre vilket kan innebära högre frekvens och varaktighet av syrebrist i bottenvattnet.

I fjorden har några främmande arter påträffats bl.a. den amerikanska havsborstmasken *Marenzelleria cf viridis*, som förekommit sedan 2006 på 0,5-9 meters djup i den inre delen av fjorden (Göransson 2010). Den har endast förekommit i låga individtätheter och har sannolikt inte nämnvärt påverkat ekosystemet. Den lever djupt ner i sedimentet och man kan inte utesluta en interspecifik interaktion mellan *Marenzelleria cf viridis* och musslan *Macoma balthica* (Kotta *et al* 2003). Kammaneten *Mnemiopsis leidyi*, som lever i västra Atlantens kustvatten, påträffades först 2006 vid svenska västkusten (Anon. 2012). Arten kan ha stor betydelse för ekosystemet genom stor predation på zooplankton.

Sammantaget är övergödningen troligen den faktor som påverkat bottenfaunan mest under de sista decennierna. Organiska tennföreningar som använts i båtbottnfärger är extremt giftiga för många bottenjur och kan ha påverkat vissa arter negativt.

METODIK

Provtagning av grundområdesfauna

Provtagningar har under 2006 genomförts vid Rabben (Torkelstorp) och Tjolöholm samt under 2007 vid Hanhals, Hanhalsholme, Ulkehall och Ölmanäs. Provtagningarna genomfördes i september under de båda åren. Provtagningspositioner anges i tabell 1 samt i figur 3.

Tabell 1. Positioner, sedimentkaraktär och vegetation på provtagningslokaler för grundområdesfauna i Kungsbackafjorden september 2006 och 2007.

Station År	Latitud	Longitud	Ytsubstrat	Sedimentprofil I cm	Vegetation
Rabben 2006	5726250	1205700	Siltig finsand	0-2 brungrå, 2-15 grå,svarta stråk	30% fläckvis Ruppia, fintrådiga grönalger
Tjolöholm 2006	5723846	1206059	Grusig finsand	0-2 brungrå, 2-15 grå,svarta stråk	30% fläckvis Ruppia
Hanhals 2007	5726450	1205000	Finsand	0-10 brungrå	-
Hanhalsholme 2007	5726696	1204450	Siltig finsand	0-10 gråsvart	Fläckvis ålgräs, överväxt av fintrådiga alger (25%)
Ulkehall 2007	5723800	1206500	siltig finsand	0-3 brungrå, svart under	-
Ölmanäs 2007	5721803	1204828	Finsand	0-3 brungrå, grå under	-

Vid provtagningarna av infauna användes en Haps-corer cylinder (Kanneworff & Nicolaisen 1973) med 0,0125 m² provtagningsyta. Det var en målsättning att trycka ner cylindern till 15 cm djup i botten men ibland lyckades inte detta på grund av det hårda substratet. Provtagningsdjupet i sedimentet har dock uppgått till minst 10 cm. På varje lokal togs 10 slumpvisa prov som sållades i 1,0 mm såll. Sållresten fixerades i 4 % formaldehydlösning buffrad med natriumtetraborat (borax).



På väg in till provtagning i östra delen av Kungsbackafjorden. Skären Bräkorna passeras.

Vid provtagningarna av mobil epifauna användes en fallfälla (Rosenberg et al 1984) med 0,5 m² provtagningsyta. På varje lokal togs 10 slumpvisa prov enligt gängse metodik. Fallfällan håvades ända tills 10 tomma prov erhöles i följd. Proverna fixerades i 4 % formaldehydlösning buffrad med natriumtetraborat (borax). Endast större kräftdjur och fiskar har ansetts utgöra mobil epifauna. Havsborstmaskar, snäckor, musslor, märlkräftor, gråsuggor, pungräkor och tagghudingar har uteslutits.

Fem separata slumpvisa sedimentprov togs också med Haps-corer cylindern. De översta 2 centimetrarna avskiktades och frystes. Dessutom besiktigades sedimentet visuellt vid provtagningarna. Sedimentets lukt och färg kan ge en viss uppfattning om de oxiderade förhållandena.

Provtagning av mjukbottenfauna på större djup

Åtta stationer har undersökts vid ett flertal tillfällen under perioden 1969-2009. Två stationer på 1,5-2,0 meters djup (60A² och 60A³) har undersökts 1979-2008. Fyra stationer i djupintervallet 4-15 m (60A, 60B, 61A och 74) har undersökts vid ett flertal tillfällen 1979-2002 och varje år 2005-2009. De båda stationerna N5(63) och N6(69) som numera ingår i det årliga samordnade kontrollprogrammet för Hallandskusten har undersökts vid ett flertal tillfällen 1969/74-1990 och varje år 1993-2009 (Olsson 1969-2002 & Göransson 1993-2009). Under 2007 och 2008 undersöktes 17 stationer (KU2-23, KU=Kungsbackafjorden, Göransson 2007d & 2008b). Provtagningarna har utförts i april-juni. Positioner och djup anges i tabell 2 samt i figur 3. På station 60 B förekommer vanligen ålgräs, annars är bottenarna i stort sett vegetationslösa.

Vid flertalet provtagningar användes en modifierad Smith-McIntyre bottenhuggare (Smith-McIntyre 1954) med 0,1 m² provtagningsyta på flertalet stationer. På stationerna 60A2 och 60A3 användes däremot en mindre huggare med provyta 0,045 m². På de 8 stationer som undersökts vid ett flertal tillfällen under perioden 1969-2009 togs 5 prover som sållades i 1,0 mm såll. På de stationer som undersökts vid ett tillfälle 2007 och 2008 togs ett prov. Sållresten fixerades i 4 % formaldehydlösning buffrad med natriumtetraborat (borax). Proverna från Kungsbackafjorden har däremot vid 1965-2002 års provtagningar konserverats i 70 % etanol.

På varje station togs två ytsedimentprov (0-2 cm). De båda proven slogs samman till ett sammelprov och analyserades med avseende på organisk halt och vattenhalt. Sedimentet besiktigades också visuellt vid provtagningarna. Redoxpotentialen i sedimentet uppmättes på stationerna 60A, 60B, 61A, N5 (63) och N6 (69) enligt anvisningar från interkalibrering för västkusten 1994. Mätningarna utfördes på två separata bottenprov.

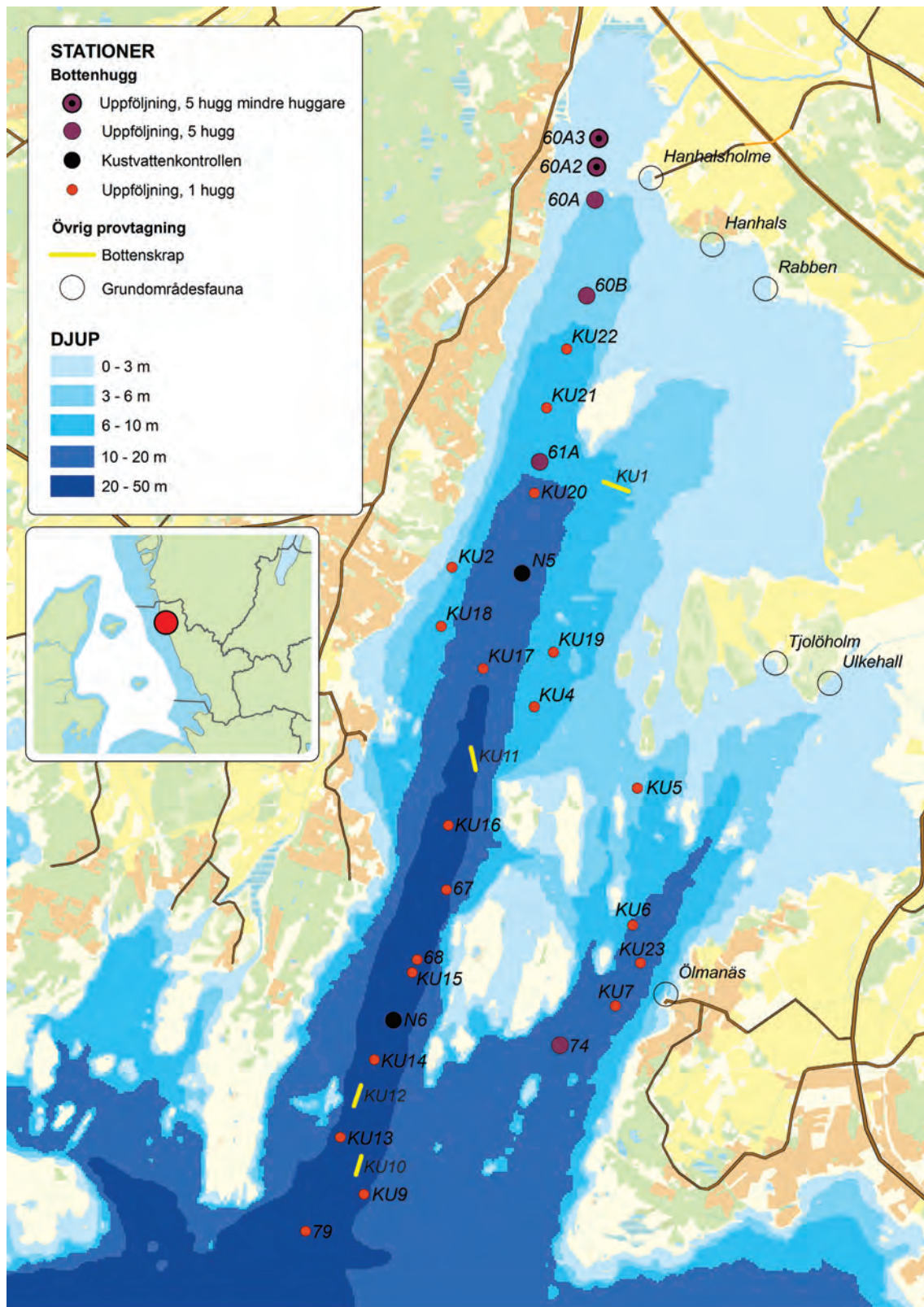
Längs 4 linjer utfördes 0,2-0,5 m långa bottenskrap i juli 2007. Provtagningarna genomfördes framförallt på mjukbottnar med grövre blandat substrat med triangelskrapa 50 cm sida och 25 mm maskvidd i en fart ≤ 1 knop. Provtagningspositioner och djup för bottenskrap anges i tabell 3 samt i figur 4.

Tabell 2. Positioner, djup och sedimentkaraktär för djupa bottenfaunastationer i Kungsbackafjorden som undersökts under våren/försommaren 1969/81-2009. Ytsubstrat, sedimentprofil och undersökningsperiod.

Station	Latitud	Longitud	Djup (m)	Ytsubstrat	Sedimentprofil 2006	Tidsperiod n = antal år
60A ³	5727111	12 03 664	1,5	Siltig sand	0-3 brungrå, svart under	1979-2008 n=14
60A ²	5726934	12 03 651	2,0	Siltig sand	0-3 brungrå, svart under	1979-2008 n=14
60A	5726730	1203650	4	Sandig silt	0-3 brungrå, svart under	1974-2009 n=20
60B	5726135	1203602	5	Sandig silt	0-3 brungrå, svart under	1974-2009 n=20
KU2	5724418	1202193	5	Siltig sand	0-3 gråbrun, svart	2007
KU5	5723101	1204427	5	Siltig sand	0-3 gråbrun, mgrå	2007
KU22	5725800	1203400	7	Lerig silt	0-2 gråbrun, mörkgrå	2008
KU4	5723577	1203206	7	Silt	0-2 gråbrun, svart	2007
KU19	5723920	1203400	8	Lerig silt	0-2 gråbrun, svart	2008
KU21	5725430	1203200	8	Lerig silt	0-1 gråbrun, svart H ₂ S	2008
61A	5725095	1203146	9	Silt	0-2 brungrå, svart under	1981-2009 n=16
KU18	5724050	1202100	9	Lerig silt	0-1 gråbrun, svart	2008
KU6	5722251	1204441	11	Lerig silt	0-2 gråbrun, svart	2007
KU20	5724900	1203100	11	Lerig silt	0-1 gråbrun, svart	2008
KU7	5721748	1204282	13	Lerig silt	0-2 gråbrun, mgrå	2007
KU23	5722020	1204550	13	Lerig sandig silt	0-2 gråbrun, mörkgrå	2008
74	5721490	1203670	15	Finsand, silt	0-3 brungrå, svart under	1981-2009 n=16
N5(63)	5724400	1203000	16	Silt, org mtr	0-2 brungrå, svart	1974-2009 n=28
KU17	5723800	1202600	17	Sandig silt	0-1 gråbrun, svart	2008
KU9	5720514	1201499	21	Siltig sand	0-2 gråbrun, mgrå	2007
KU16	5722820	1202280	24	Lerig silt	0-2 gråbrun, svart	2008
67	5722420	1202290	25	Silt	-	1969
68	5721980	1201990	25	Silt	-	1968
N6(69)	5721600	1201750	27	silt	0-4 gråbrun, grå	1969-2009 n=29
KU15	5721900	1201940	29	Lerig silt	0-1 gråbrun, mörkgrå	2008
KU13	5720860	1201200	32	Lerig silt	0-3 gråbrun, mörkgrå	2008
KU14	5721350	1201550	34	Silt	0-3 gråbrun, mörkgrå	2008
79	5720270	1200850	35	Silt	-	1969

Tabell 3. Positioner, djup och bottenkaraktär för bottenkräp i Kungsbackafjorden 2007.

Station	Latitud	Longitud	Latitud	Longitud	Djup (m)	Ytsubstrat	Vegetation
KU1	5724988	1203890	5724937	1204179	5-7	Lera	-
KU10	5720634	1201396	5720750	1201449	25-27	Lera	-
KU11	5723172	1202565	5723307	1202499	23-24	Lera	-
KU12	5721188	1201410	5721059	1201338	33-34	Lera	-



Figur 3. Kungälvfjärden med djupförhållanden och provtagningspunkter. Den infällda bilden visar Kungälvfjärdens läge längs den svenska delen av Kattegattkusten.

Analysarbete

I laboratoriet sorterades, räknades och artbestämdes makrofaunan (djur > 1 mm) under preparermikroskop. Svårbestämda arter detaljgranskades i genomlysningmikroskop.

Biomassan bestämdes som våtvikt efter torkning mot läskapper och mollusker vägdes med skal. Sjöborrar punkterades först och tömdes på vätska innan vägning. Alla djur fördes slutligen etiketterade över i 80 % etanol för slutförvaring på Zoologiska Museet i Lund.

Vid bottenskrap artbestämdes flertalet taxa direkt vid provtagningen och minst ett exemplar av varje fixerades i 4 % formalin. I laboratoriet verifierades bestämningarna och djuren fördes över i 80 % etanol.

Kvalitetssäkring

PAG Miljöundersökningar deltar löpande i interkalibreringar och workshops i ICES/HELCOM: s regi. Metodik och utrustning följer rekommendationer som utarbetats för Svenska västkusten.

All utrustning kontrolleras avseende funktion före varje provtagningsomgång.

Svårbestämda taxa kontrollerades i genomlysningmikroskop.

Under vägningsproceduren kontrolleras att antalet taxa och antalet individer överensstämmer med laboratorieprotokollen.

Alla primärdata har lagrats på CD-rom som förvaras i brandsäkert kassaskåp.

Alla djur har förts artvis etiketterade till Zoologiska Museet i Lund för slutförvaring. Det senare utgör en kvalitetsgaranti, men innebär också att materialet sparas i en miljöbank så att eventuella fortsatta studier eller analyser kan utföras.

Statistisk bearbetning av data

Vid den statistiska bearbetningen av data har standard error genomgående använts som spridningsmått. För att få en uppfattning om faunans mångformighet och jämnhet har tre olika index använts. Diversiteten (d) har beräknats enligt Margalefs diversitetsindex (Fisher et al 1943 och Margalef 1957):

$$d = \frac{(S - 1)}{\ln i}$$

där S = antalet arter i provet och i = antalet individer i provet.

Shannon-Wieners diversitetsindex (H') har beräknats enligt Pielou (1969):

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$$

där p_i = andelen individer av varje art av det totala individantalet

Benthic Quality Index (BQI) har beräknats enligt Rosenberg et al (2004) som är Naturvårdsverkets nya bedömningsgrunder för bottenfaunan i Västerhavet. BQI bygger på känslighetsvärden (ES50-värden) för olika arter som beräknas för varje enskilt prov.

Anledningen till att använda flera index är svårigheten att erhålla ett relevant enskilt mått på biologisk mångformighet. Härvidlag är Margalefs index mest känsligt för artantalet medan Shannon-Wiener-indexet tar mer hänsyn till fördelningen av individer. Benthic Quality Index utgår främst från artsammansättningen och antalet arter.

Trender testades med linjär regression. Icke parametriska korrelationer har utförts enligt Spearman.

Utvärdering av resultaten från perioden 1969-2009 har också skett med MDS-ordination och klusteranalys samt ANOSIM-test och SIMPER-test på dubbelrottransformerade data och Bray-Curtis likhetskoefficient enligt PRIMER (Clark & Warwick 1994). Likhetskoefficienten ger sammanvägda mått på hur lika observationerna är avseende artsammansättning och individtäthet. MDS ordinationen ger däremot inget kvantitativt metriskt mått på skillnader. I den erhållna MDS-plotten kan endast relativa jämförelser göras. Jämte MDS-plottarna har klusterdiagram baserade på Bray-Curtis likhetskoefficient lagts in för att vidimera tolkningen av resultaten. Stress, som anges i MDS-plottarna, är ett mått på MDS-diagrammens tolkbarhet. Stress <0,05 anses ge en mycket bra representation utan förväntad feltolkning medan stress <0,1 ger en bra representation utan förväntad feltolkning. Stress <0,2 ger endast en potentiellt användbar bild och detaljer bör tolkas med skepsis. Stress >0,3 indikerar däremot att punkterna i diagrammet är mer eller mindre slumpmässigt placerade.

Förutom MDS används ANOSIM (Analysis of Similarity) som mått på skillnad mellan olika stationer och grupper av stationer. Global R är ett mått på skillnaden mellan alla ingående grupper i analysen. R är ett mått på skillnaden mellan två olika grupper. Då $R > 0,75$ anses grupperna väl separerade, då $R > 0,5$ anses grupperna överlappande men skilda och då $R < 0,25$ är grupperna knappt separerade.

SIMPER (Similarity of percentages) används för att visa på de arter som procentuellt mest bidrar till likheter inom stationer eller grupper av stationer. De taxa som bidrar till mer än 2/3 likhet i artsammansättningen redovisas

Resultat och diskussion

Hydrografi

Eftersom hydrografi och närsalter endast har undersökts i Kungsbackafjorden under de senaste årtiondena redovisas värden för Kattegatt för hela undersökningsperioden på 40 år (1969-2009). Statistiska förändringar för hydrografi resp. närsalter för perioden 1971-2009 framgår av tabell 4.

Tabell 4. Förändringar vad avser hydrografi och närsalter i Kattegatt 1971-2009) Lineär regression av årsmedelvärden för sex stationer (Andersson, SMHI, per. comm.).

Variabel	Regressions Coefficient r^2	Signifi- kansnivå p	Förändring per år ° C, μ M	Total förändring 1971-2009 ° C, μ M
Temperatur, 0-10m	0.417	<0.001	+ 0.0517	+ 2.02
Temperatur, >25m	0.491	<0.001	+ 0.0355	+ 1.38
pH, 0-10m	0.249	<0.001	- 0.0044	- 0.17
pH, >25m	0.322	<0.001	- 0.0067	- 0.26
Syre, 0-10m	0.154	0.013	- 0.007	- 0.27
Syre, >25m	0.136	0.021	- 0.008	- 0.30
PO ₄ -P, 0-10m	0.269	<0.001	- 0.003	- 0.18
TOT-P, 0-10m	0.227	0.002	- 0.007	- 0.27
TOT-P, >25m	0.250	<0.001	- 0.009	- 0.35
NO ₃ , >25m	0.164	0.011	+ 0.048	+ 1.87
DIN, 0-10m	0.141	0.019	- 0.028	- 1.10
SiO, 0-10m	0.166	0.010	- 0.061	- 2.38

Resultaten indikerar förhöjd temperatur, sänkt pH och minskad totalfosforhalt i yt- och bottenvatten i ett 40-årigt perspektiv i den angränsande delen av Kattegatt. Samtliga närsalter dvs., nitrat, fosfat och kisel har minskat i ytvattnet. Temperaturhöjningen uppgår till 2° i ytvattnet och till 1.4 ° bottenvattnet, vilket är relativt mycket, speciellt i bottenvattnet.

I Kungsbackafjorden har hydrografi och närsalter studerats på de båda stationerna N5 och N6 under perioden 1994-2009. Temperaturen ökar, kvävehalten minskar och totalfosfor ökar i ytvattnet, medan syrehalterna minskar i bottenvattnet. Växtplanktonprover tas inte inne i Kungsbackafjorden, men antalet celler visar en minskande trend på kustnära stationer längs Hallandskusten (Hultcrantz & Skjevik, 2011).

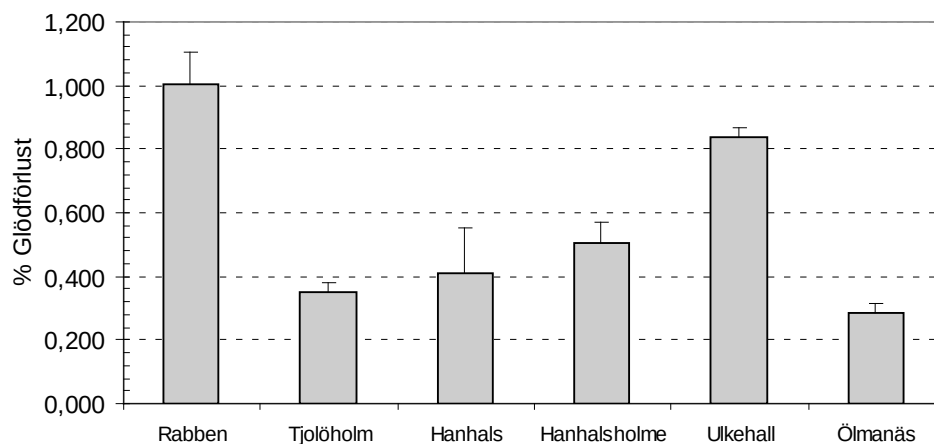
Sediment

Sedimentens egenskaper ger en bild av hur partiklar ackumuleras eller transporteras samt hur de oxiderade förhållandena varierar. I skilda typer av sediment finns också olika slags botten djur. Redoxpotentialen i sedimentet ger en uppfattning om hur de oxiderade förhållandena i själva botten varierar i djupled. Detta ger ett visst mått på förhållandena för bottenfaunan. Bottendjurens aktiviteter påverkar de oxiderade förhållandena och nedbrytningen av olika substanser på ett positivt sätt.

Sedimentens egenskaper och karaktär

Grundområden

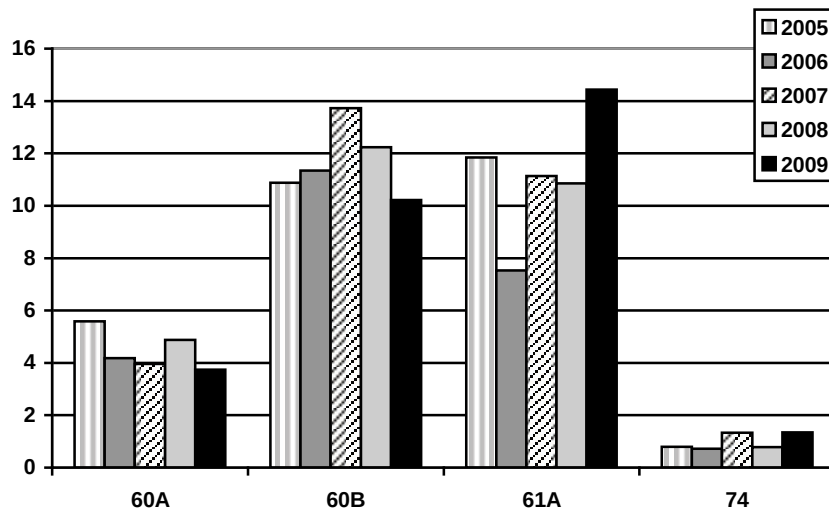
Den organiska halten i de sex grunda bottnarna uppgick i medeltal till 0,6 %, figur 4, vilket kan jämföras med 0,6 % (n=50) 2006 och 1,0 % (n=109) för övriga grunda bottnar längs Hallandskusten 2006 respektive 2007. Spridningen mellan olika prov inom varje provområde var liten och speglar de relativt homogena förhållandena på dessa bottnar. Medelvärdena för glödförlust och vattenhalt (24 %) innebär att bottnarna kan karaktäriseras som erosionsbottnar (Håkansson & Rosenberg 1984). Denna typ av bottnar är ofta exponerade för vindar och vågor och har en jämförelsevis fattigare fauna än skyddade vikar.



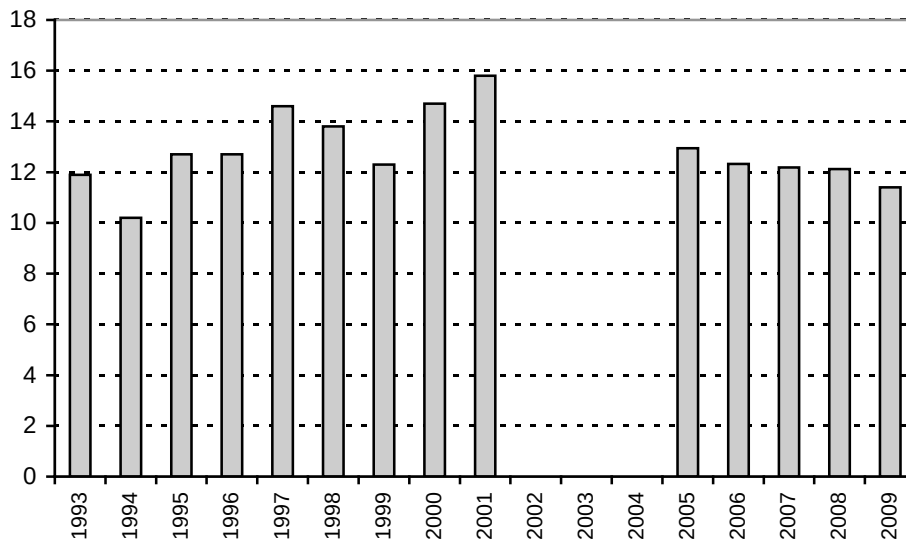
Figur 4. Ytsedimentets glödförlust (% av torrsubstans) på grunda bottnar i Kungsbackafjorden 2006 (Rabben och Tjolöholm) och 2007 (Övriga). Medelvärden av fem prov och standardavvikelsen.

Djupare bottnar

Sedimentens organiska halt varierade avsevärt på de djupare stationerna, figur 5-7. Stationerna 60B och 61A kan i det närmaste betraktas som ackumulationsbottnar med organisk halt uppmätt som glödförlust mellan 8 och 12 %. Station 60A kan betraktas som en transportbotten med glödförlust omkring 5 % och station 74 bör hänföras till kategorin erosionsbottnar med glödförlust understigande 1 % av torrsubstansen. Station N5(63) uppfyller kraven på ackumulationsbotten med glödförlust över 10 %. Den djupaste stationen på 27 meters djup, N6(69), kan också i det närmaste hänföras till den senare kategorin.

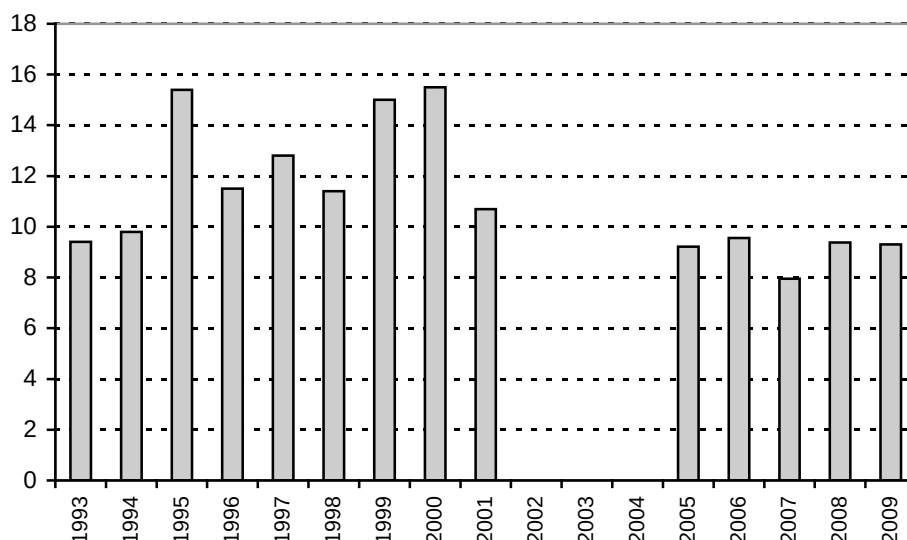


Figur 5. Ytsedimentets glödförlust (% av torrs substans) under perioden 2005-2009 på 4 stationer i Kungsbäckafjorden (4-15 m). Samlingsprov.



Figur 6. Glödförlust i ytsediment (% av torrs substans) under perioden 1993-2009 på station N5 i haloklinen (16 m). Samlingsprov. Åren 2002-2004 utfördes ingen provtagning av sediment.

Bottendynamiken är troligen avsevärd på stationerna 60A, 60B och 74, där småpartiklar endast sedimenterar tillfälligt. Genomgående något lägre organisk halt erhöles 2006 jämfört med föregående år på dessa stationer. För perioden 1993-2001 finns däremot en signifikant ökande trend för station N5 ($r^2 = 0,618$, $p < 0,012$), under de sista åren har dock lägre halter noterats vilket innebär att det inte finns någon signifikant trend för hela perioden 1993-2009. Inga signifikanta trender finns för station N6 men jämförelsevis låga halter noteras för 2000-talet vilket kan vara en indikation på förhållandevis låg organisk belastning.



Figur 7. Glödförlust i ytsediment (% av torrsubstans) under perioden 1993-2009 på station N6 under haloklinen (27 m). Samlingsprov. Åren 2002-2004 utfördes ingen provtagning av sediment.

Sedimentens redoxpotential och visuella observationer

Vid provtagningarna av de grunda bottenarna 2006 noterades visuellt att det översta sedimentet var oxiderat och hade en gråbrun till brungrå färg ner till endast 2 centimeters djup vid Rabben och Tjolöholm, därunder föreföll sedimentet sämre oxiderat, tabell 5. Vid provtagningarna 2007 noterades att det översta sedimentet var oxiderat och hade en gråbrun till brungrå färg ner till minst 3 centimeters djup på tre av de fyra lokalerna. Vid Hanhalsholme var sedimentet mörkt ända upp i sedimentytan vilket indikerar sämre förhållanden. På denna lokal var det fläckvisa ålgräset delvis överväxt av fintrådiga alger som tidigare på säsongen kan ha förekommit i större mängd och kvävt botten.

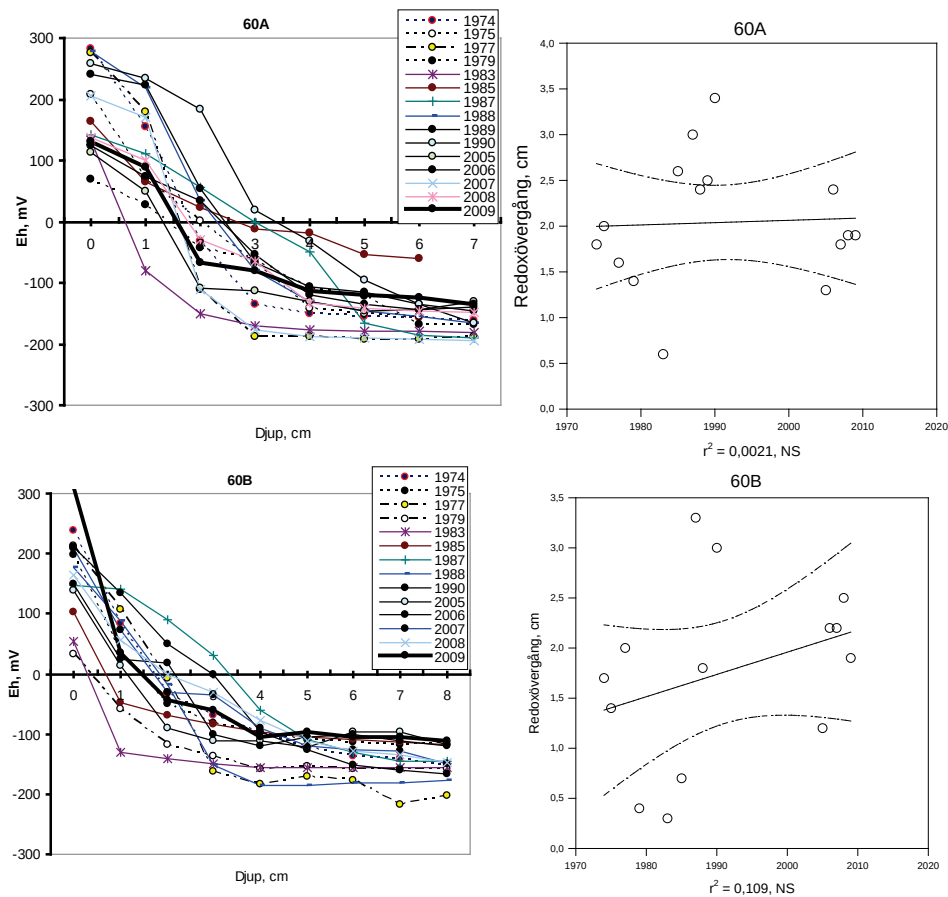
Tabell 5. Positioner, sedimentkaraktär och vegetation för provtagningslokaler för grundområdesfauna i Kungsbackafjorden 2006 (Rabben och Tjolöholm) och 2007 (övriga).

Station	Latitud	Longitud	Ytsubstrat	Sedimentprofil	Vegetation
Rabben	5726730	1203650	Siltig finsand	0-2 brungrå, 2-15 grå,svarta stråk	30% fläckvis Ruppia, fintrådiga grönalger
Tjolöholm	5723846	1206059	Grusig finsand	0-2 brungrå, 2-15 grå,svarta stråk	30% fläckvis Ruppia
Hanhals	5726696	1204450	Finsand	0-10 brungrå	-
Hanhals-holme	5726450	1205000	Siltig finsand	0-10 gråsvart	Fläckvis ålgräs, överväxt av fintrådiga alger (25%)
Ulkehall	5723800	1206500	siltig finsand	0-3 brungrå, svart under	-
Ölmanäs	5721803	1204828	Finsand	0-3 brungrå, grå under	-

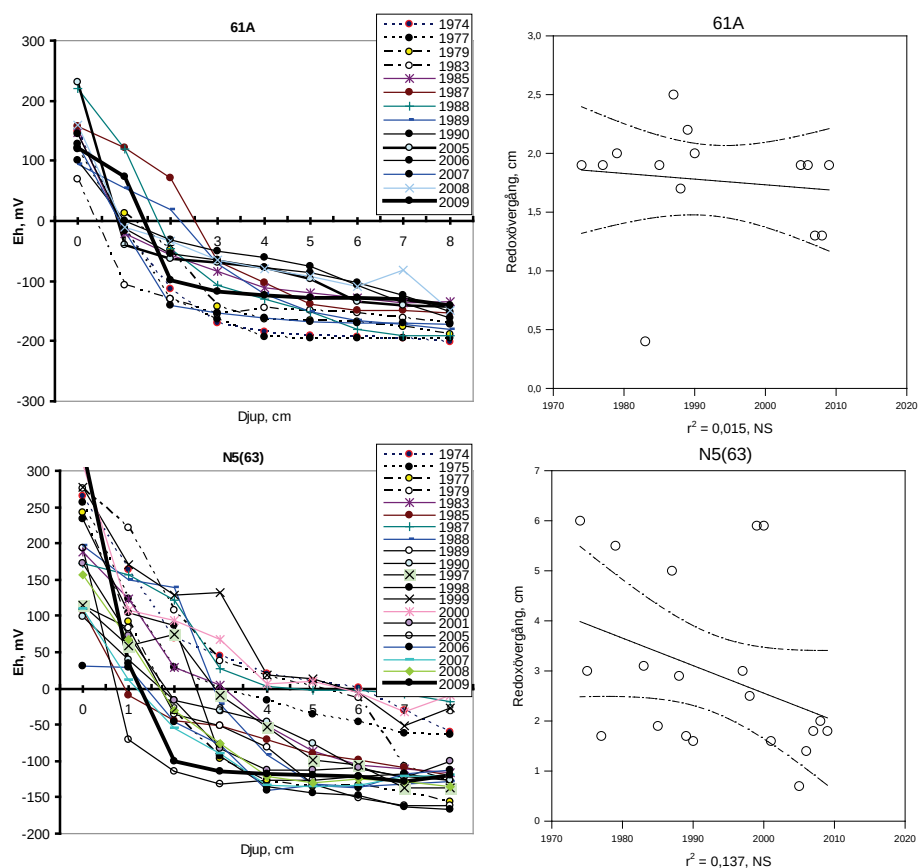
Vid provtagningarna av de djupare belägna bottenarna har varierande resultat noterats. Det översta sedimentet har varit oxiderat och haft en gråbrun till brungrå färg ner till mellan 1 och 4 centimeters djup på flertalet stationer, tabell 5. Detta är förhållandevis

lite jämfört med stationer längre ut i det öppna Kattegatt och beror troligtvis på det något mera skyddade läget i fjorden vilket innebär att jämförelsevis mer organiskt material sedimenterar.

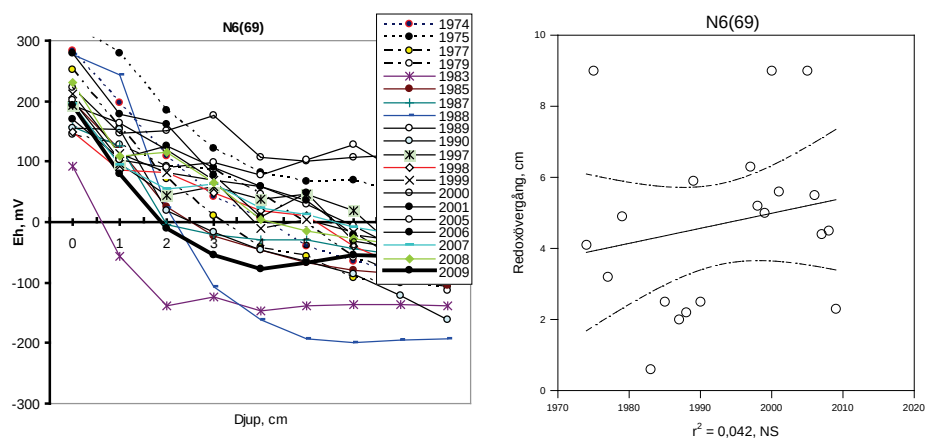
Det finns svaga, men inte statistiskt signifikanta, tendenser till långsiktiga förbättringar av de oxiderade förhållandena i sedimentet på stationerna 60B och N6, figur 8-10. Däremot finns en viss tendens till försämring för station N5, även om den inte heller är statistiskt signifikant, figur 9.



Figur 8. Redoxpotential (Eh, mV) på olika djup i sedimentet på station 60A (överst) och station 60B (underst) samt redoxövergångar (djup i sediment ner till ± 0 mV) för perioden 1974-2009.



Figur 9. Redoxpotential (Eh, mV) på olika djup i sedimentet på station 61A (överst) och station N5 (63) (underst) samt redoxövergångar (djup i sediment ner till ± 0 mV) för perioden 1974-2009.



Figur 10. Redoxpotential (Eh, mV) på olika djup i sedimentet på station N6(69) samt redoxövergång (djup i sediment ner till ± 0 mV) för perioden 1974-2009.

Bottenfauna

Faunakarakteristik

Grundområden

Exponeringsgraden och inslaget av vegetation har stor betydelse för faunans sammansättning, individtäthet och biomassa på grundområden (Rosenberg et al 1984). Generellt gäller att skyddade lokaler med betydande inslag av vegetation har en avsevärt rikare fauna än exponerade och vegetationslösa lokaler.

De sex lokalerna i Kungsbackafjorden bör, som flertalet grundområdeslokaler längs Hallandskusten, betraktas som exponerade. På två lokaler, Rabben och Tjolöholm, förekom fläckvis vegetation, *Ruppia* sp. med täckningsgrad ca 30 %. Vid Tjolöholm påträffades dessutom sparsamt med fintrådiga grönalger (ca 10 % täckningsgrad). Vid Hanhalsholme var det fläckvisa ålgräset övervuxet av fintrådiga alger.



Grundområdeslokalen vid Hanhals i inre Kungsbackafjorden kan betraktas som måttligt exponerad för vågor.

Den organiska halten i de sex grunda bottenarna låg alla under 2 % vilket innebär att bottenarna kan karaktäriseras som erosionsbottenar (Håkansson & Rosenberg 1984). Bottenarna kan dock betraktas som måttligt exponerade eftersom de ligger inne i en fjord och dessutom i skydd för direkt vågexponering från flera väderstreck.

Infaunan i dessa bottenar uppvisar under 2006 och 2007 resultat som ligger i samma storleksordning som för övriga Hallandskusten (9 taxa, 2329-2369 ind/m² och 54-59 g/m²) även om biomassan är något lägre, tabell 5. Antalet taxa är något högre än för Helsingborgskusten 2006 och 2007, 7 respektive 4 stycken (Errestad & Karlfelt 2006, Truedsson, Ohlsson & Persson 2007) och 8 taxa längs Hallandskusten 1980-82

(Rosenberg et al 1984). Individtätheten var dock avsevärt högre längs Helsingborgskusten 2006 men lägre 2007, 6435 individer/m² respektive 1364 individer/m² (Errestad & Karlfelt 2006, Truedsson, Ohlsson & Persson 2007). Längs Hallandskusten 1980-82 låg medelvärdet på 5668 individer/m² (Rosenberg et al 1984). 2006 års medelvärde för Hallandskusten bör alltså betraktas som lågt för området. Biomassan var högre längs Helsingborgskusten 2006 men lägre 2007, 92 g/m² respektive 33 g/m² (Errestad & Karlfelt 2006, Truedsson, Ohlsson & Persson 2007). 1980-82 låg biomassan i medeltal endast på 17 g/m² (Rosenberg et al 1984). 2006-2007 års medelvärden för den grunda infaunan i Kungsbackafjorden bör alltså betraktas som normala till höga för området.

Tabell 6. Faunakarakteristik för grundområdesfaunan (Brackvattensamhället) i Kungsbackafjorden baserad på undersökningar utförda 2006 och 2007. Medelvärde, standard error och range för antal taxa, individtäthet och biomassa samt dominerande taxa.

	Totalt antal taxa	Total Individtäthet Individer/m ²	Total Biomassa g/m ²	Dominerande taxa
Infauna	9 ± 2 (5-14)	2864 ± 874 (152-6272)	40 ± 14 (1-94)	<i>Hydrobia ulvae</i> , <i>Hediste diversicolor</i>
Mobil epibentisk fauna	4 ± 1 (2-6)	16 ± 2 (6-22)	4 ± 1 (3-7)	<i>Crangon crangon</i> , <i>Pomatoschistus microps</i>

Resultaten för den mobila epibentiska faunan i Kungsbackafjorden ligger också i samma storleksordning som för övriga Hallandskusten 2006-2007 (4-5 taxa, 10-12 ind/m² och 3-5 g/m²). Lika många taxa, 5 stycken, påträffades i medeltal längs Helsingborgskusten 2006-2007 (Errestad & Karlfelt 2006, Truedsson, Ohlsson & Persson 2007) och längs Hallandskusten 1980-82 (Rosenberg et al 1984). Individtätheten var dock betydligt högre längs Helsingborgskusten 2006, 37 individer/m² (Errestad & Karlfelt 2006). Vid undersökningar längs Hallandskusten 1980-82 påträffades 20-25 individer/m² (Rosenberg et al 1984). Biomassan låg på samma nivå som längs Helsingborgskusten 2006, 5 g/m², Errestad & Karlfelt 2006). Sammantaget är 2006-2007 års värden för den mobila epibentiska faunan från Kungsbackafjorden tämligen normala jämfört med tidigare och med motsvarande botten i Öresund under samma år. Individtätheterna framstår dock som förhållandevis låga.

Djupare belägna mjukbottnar

Djup, strömmar, skiktning av vattenpelaren, bottenstrukturer och organisk halt samt förekomst av vegetation har stor betydelse för faunans sammansättning, individtäthet och biomassa. Djupet har stor betydelse eftersom salthalten ökar med djupet. Låga salthalter och förändringar av salthalt utgör en kraftig fysiologisk stress för marina djur och resulterar främst i lågt antal arter och biomassa. Stark ström innebär hög representation av filtrerare medan låg strömhastighet innebär att depositionsätare dominerar. Skiktning av vattenpelaren är negativt för den vertikala vattenomsättningen. Bottnar som ligger nära salthaltssprångskiktet (haloklinen) på 10-15 meters djup stressas ofta av plötsliga förändringar i salthalt och temperatur samt är särskilt utsatta för syrebrist. Bottenstrukturer är ofta ett resultat av strömförhållandena. Vid stark ström dominerar grova substrat och vid låga strömhastigheter avsätts finpartiklar mera permanent och bildar ackumulationsbottnar. Detta kan uppmätas i form av organisk halt. Helt olika slags djurvärld är anpassad till dessa

ytterlighetsförhållanden. Förekomsten av vegetation skapar en tillkommande dimension och medför en avsevärt rikare bottenfauna än på vegetationslös mjukbotten. Inslaget av vegetation minskar kraftigt under 10 meters djup även om sparsam vegetation förekommer ner till ca 15 meters djup. Detta beror främst på att solljuset avtar med djupet.

De 28 stationerna i Kungsbackafjorden är belägna mellan 1,5 och 35 meters djup och är spridda över hela fjorden, tabell 7. Detta innebär stora skillnader i omvärldsförhållanden med varierande salthalt, temperatur, strömmar och bottenstrukturer. Den organiska halten varierar mellan 1 och 15 % och täcker därmed in vad som brukar finnas i marina miljöer. Det finns alltså goda förutsättningar för att finna många olika arter och stora variationer i individtäthet och biomassa. Bottenfaunans biomassa och individtäthet speglar ofta primärproduktionen men påverkas också av en rad andra faktorer. Syrebrist är den enskilda faktor som brukar vara mest negativ för faunan.

Antalet taxa per prov varierar mellan 6 och 35 för de 28 stationerna. Det totala antalet taxa för 5 prov varierar mellan 14 och 52 i medeltal och ökar med djupet. Individtätheten varierar mellan 28 och 22796 individer/m². Genomgående höga tätheter noteras för de allra grundaste och några av de djupaste stationerna. För en del enstaka stationer i djupintervallet 5-29 meter noteras däremot avvikande låga värden. Biomassan exklusive stora djur varierar mellan 2 och 430 g/m². Höga biomassor noteras framförallt för stationer under haloklinen. Detta beror på jämförelsevis stor förekomst av tagghudingar vilket är naturligt. För en del enstaka stationer i djupintervallet 7-29 meter noteras däremot avvikande låga värden vilket framförallt noterats under de senaste åren. Detta kan bero på dålig rekrytering eller påverkan av syrebrist. Visuella observationer av sedimentet pekar också på särskilt besvärliga syreförhållanden på stationerna N5, KU15, KU17, KU18, KU20 och KU21.

Det är svårt att direkt jämföra stationerna i Kungsbackafjorden med övriga från Hallandskusten, främst på grund av skillnader i djup. Närmast kan dock station N6 (27 m) jämföras med station N14 (30 m) utanför Falkenberg. I Öresund finns två stationer utanför Helsingborg på samma djup som N6. Värdena från station N6 ligger i samma storleksordning som dessa övriga stationer, tabell 8.

Tabell 7. Faunakarakteristik för bottenfauna från 1,5-35meters djup i Kungsbackafjorden baserad på undersökningar utförda 1969-2009. Medelvärde, standard error och range för antal taxa, individtäthet och biomassa exklusive enstaka stora djur samt dominerande taxa.

Station	Djup (m)	Totalt antal taxa	Antal taxa per prov	Total Individtäthet Individer/m ²	Total Biomassa g/m ²	Dominerande taxa
60A ^a	1,5	14 ± 1 (9-21)	7 ± 1 (5-11)	5016 ± 684 (1945-11704)	43 ± 7 (7-88)	<i>Hydrobia ulvae</i> , <i>Oligochaeta</i> indet
60A ^c	2,0	14 ± 1 (10-28)	7 ± 1 (4-11)	5517 ± 2002 (937-29229)	44 ± 9 (5-116)	<i>Hydrobia ulvae</i> , <i>Oligochaeta</i> indet
60A	3,8	19 ± 1 (13-32)	10 ± 1 (5-18)	4862 ± 1230 (220-21256)	77 ± 21 (5-392)	<i>Hydrobia ulvae</i> , <i>Oligochaeta</i> indet
KU5	4,6	10	10	300	23	<i>Scoloplos armiger</i> , <i>Chironeminae</i> indet
60B	4,9	22 ± 1 (12-33)	11 ± 1 (6-19)	3863 ± 1354 (298-22796)	32 ± 7 (4-136)	<i>Oligochaeta</i> indet
KU2	5,7	18	18	2570	21	<i>Mytilus edulis</i> , <i>Bittium reticulatum</i> , <i>Corbula gibba</i>
KU22	7,0	9	9	500	6	<i>Scoloplos armiger</i>
KU4	7,3	17	17	1360	16	<i>Scoloplos armiger</i> , <i>Bittium reticulatum</i> , <i>Abra alba</i>
KU19	8,0	9	9	780	5	<i>Corbula gibba</i>
KU21	8,0	8	8	4510	82	<i>Corbula gibba</i>
61A	8,7	18 ± 1 (12-25)	9 ± 1 (5-13)	2223 ± 727 (244-9904)	17 ± 3 (3-54)	<i>Corbula gibba</i> , <i>Oligochaeta</i> indet
KU18	9,0	8	8	640	4	<i>Scoloplos armiger</i> , <i>Corbula gibba</i>
KU6	10,6	6	6	150	2	<i>Corbula gibba</i>
KU20	11,0	14	14	3800	23	<i>Hydrobia ulvae</i>
KU7	12,8	11	11	290	2	<i>Bittium reticulatum</i>
KU23	13,0	13	13	450	5	<i>Scoloplos armiger</i> , <i>Corbula gibba</i>
74	14,7	26 ± 2 (13-51)	12 ± 1 (7-26)	605 ± 96 (208-1634)	12 ± 2 (2-21)	<i>Scoloplos armiger</i>
N5(63)	16,0	28 ± 2 (7-53)	14 ± 1 (2-28)	1628 ± 280 (48-4954)	47 ± 12 (0,3-264)	<i>Abra alba</i> , <i>Corbula gibba</i>
KU17	17,0	14	14	340	3	<i>Scoloplos armiger</i>
KU9	20,8	27	27	1660	9	<i>Amphiura filiformis</i> , <i>Mysella bidentata</i> , <i>Nucula nitidosa</i>
KU16	24,0	10	10	510	36	<i>Corbula gibba</i>
67	25,0	27	27	3544	82	<i>Amphiura filiformis</i> , <i>Mysella bidentata</i> , <i>Maldane sarsi</i>
68	25,0	35	35	3970	74	<i>Amphiura filiformis</i> , <i>Mysella bidentata</i> , <i>Maldane sarsi</i>
N6(69)	27,0	52 ± 2 (35-71)	26 ± 1 (14-41)	3244 ± 344 (794-8330)	164 ± 17 (46-430)	<i>Amphiura filiformis</i> , <i>Mysella bidentata</i> , <i>Maldane sarsi</i>
KU15	29,0	7	7	80	3	<i>Amphiura filiformis</i> , <i>Nucula nitidosa</i>
KU13	32,0	18	18	690	27	<i>Amphiura filiformis</i> , <i>Hyala vitrea</i>
KU14	34,0	21	21	750	20	<i>Amphiura filiformis</i> , <i>Hyala vitrea</i>
79	35,0	31	31	3194	41	<i>Amphiura filiformis</i> , <i>Mysella bidentata</i>

Tabell 8. Jämförande faunakarakteristik för 4 bottenfaunastationer på 27-30 meters djup i Kattegatt (N6 och N14) och Öresund (HA och P4) baserad på undersökningar utförda 1969-2009. Medelvärde, standard error och range för antal taxa, individtätet och biomassa exklusive enstaka stora djur samt dominerande taxa.

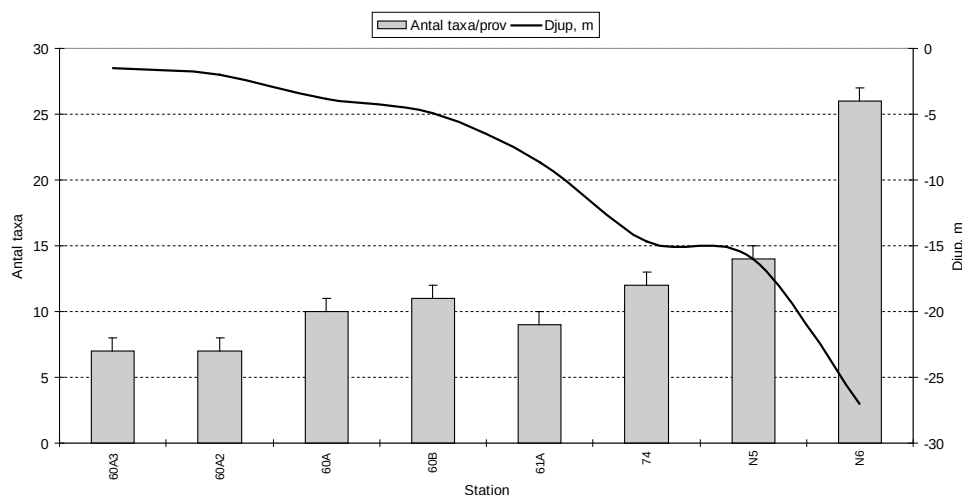
Station	Djup (m)	Totalt antal taxa	Antal taxa per prov	Total Individttätet Individder/m ²	Total Biomassa g/m ²	Dominerande taxa
N6(69)	27	52 ± 2 (35-71)	26 ± 1 (14-41)	3244 ± 344 (794-8330)	164 ± 17 (46-430)	<i>Amphiura filiformis</i> , <i>Mysella bidentata</i> , <i>Maldane sarsi</i>
N14	31	58 ± 10 (41-83)	30 ± 6 (18-44)	1756 ± 569 (996-2708)	106 ± 36 (53-191)	<i>Amphiura filiformis</i> , <i>Amphiura chiajei</i> , <i>Hyala vitrea</i>
HA	27	75 ± 5 (54-94)	38 ± 2 (25-51)	3146 ± 50 (1480-7310)	304 ± 116 (68-1252)	<i>Haploops spp</i> , <i>Ophiura robusta</i> , <i>Anobothrus gracilis</i>
P4	28	63 ± 7 (44-105)	26 ± 3 (16-41)	1046 ± 33 (410-3230)	110 ± 30 (29-323)	<i>Galathea oculata</i> , <i>Ophiura affinis</i> , <i>Spisula elliptica</i>

I det nedanstående görs en jämförelse mellan antalet taxa, individtäteten och biomassan för de åtta stationer som undersökts vid ett flertal tillfällen under 40-årsperioden 1969-2009. Detta syftar till att ge en bild av hur faunan varierar i djupled i fjorden.

Totalt antal arter (taxa)

Antalet taxa (arter och grupper av obestämda arter) ökar generellt med djupet, figur 11. Spridningen i resultat inom stationerna är låg.

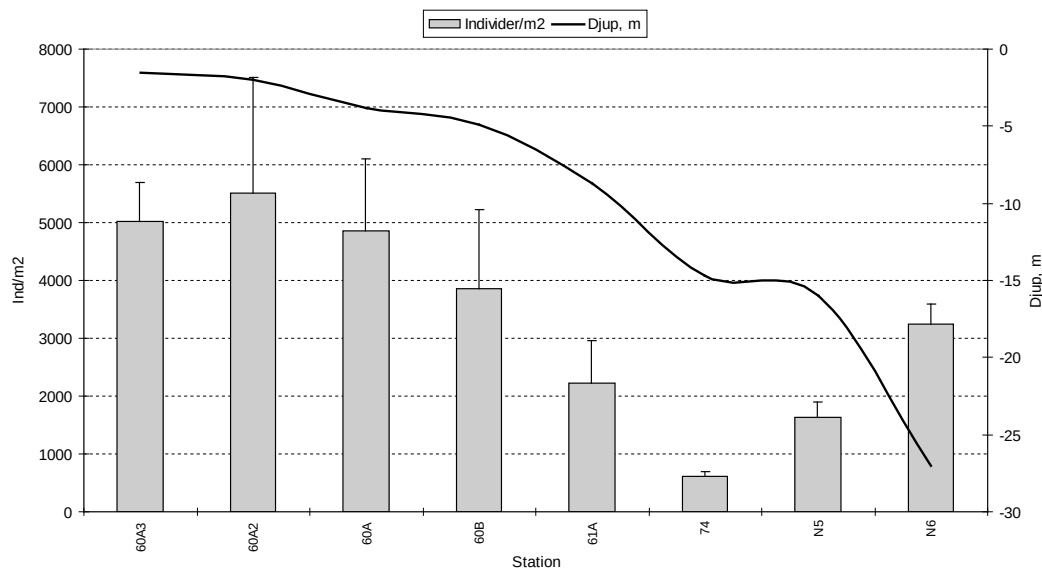
Nedanför salthaltssprångskiktet på ca 15 meters djup är ökningen av antalet taxa kraftigast. Detta är naturligt eftersom salthalten ökar med djupet och den kraftigaste ökningen sker i språngskiktet. Stabiliteten ökar också i djupled och skapar möjligheter för en marin, salthaltskrävande fauna, att etablera sig. Station 61A, på 10 meters djup, avviker något med relativt få taxa. Detta gäller även stationerna 74 och N5 som borde hysa fler arter med tanke på djupet. Det är svårt att säkert kunna ge en förklaring till det avvikande mönstret men resultatet kan bero på negativ påverkan av syrebrist. Uppmätta redoxpotentialvärden på stationerna 61A och N5 styrker detta antagande.



Figur 11. Antal taxa per prov för 8 bottenfaunastationer på olika djup i Kungsbackafjorden 1969-2009. Medelvärde och standard error.

Individtäthet

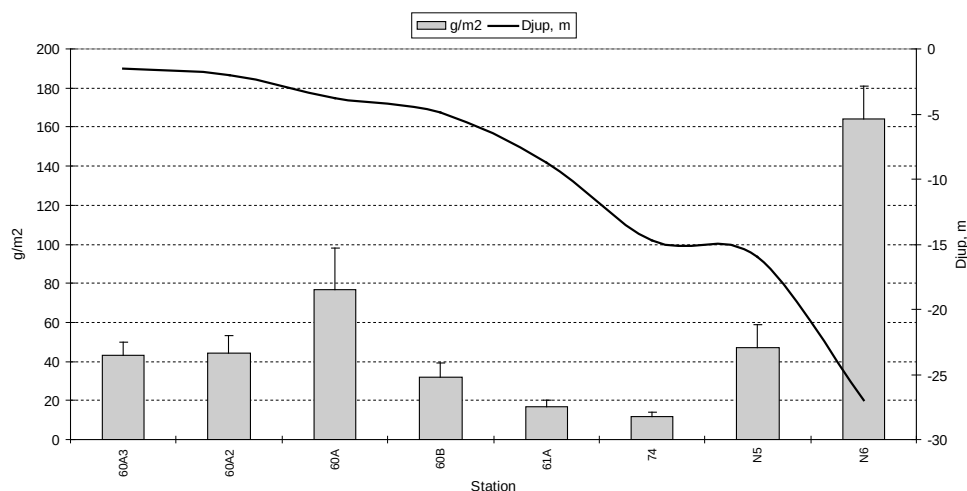
De tydligt högsta individtätheterna fanns på de grundaste bottenarna längst in i fjorden, ett avtagande med djupet ner mot språngskiktet och en ökning under språngskiktet kan också konstateras, figur 12. Detta beror troligen på jämförelsevis goda närings- och rekryteringsförhållanden, framförallt längst in i fjorden. De låga tätheterna på mellandjupsbottenar kan bero på stress i form av syrebrist och salthalts- och temperaturvariationer. Spridningen inom stationerna är hög för stationer ovan haloklinen vilket speglar de stora variationer som förekommer naturligt.



Figur 12. Total individtäthet (individer/m²) för 8 bottenfaunastationer på olika djup i Kungsbackafjorden 1969-2009. Medelvärde och standard error.

Biomassa

Vid jämförelser av biomassan har lyrsjöborre *Brissopsis lyrifera*, islandsmussla *Arctica islandica* och hästmussla *Modiolus modiolus* uteslutits eftersom de är stora och förekommer enstaka och slumpvis. Biomassan var högst på den djupaste stationen, figur 13. Spridningen är hög för station 60A vilket speglar de stora variationer som förekommer på denna grunda station. På alla de grundare stationerna var biomassan blygsam. Den höga biomassan på den djupaste stationen beror till stor del beror på rik förekomst av tagghudingar som brukar dominera under haloklinen. Station 61A och 74 avviker framförallt med lägst biomassa vilket kan bero på stressade förhållanden med återkommande syrebrist vilket innebär svåra förhållanden för faunan. På station 74 är substratet mycket grovt vilket brukar resultera i låga biomassor.



Figur 13. Total biomassa (g/m^2) exklusive stora djur för 8 bottenfaunastationer på olika djup i Kungsbackafjärden 1969-2009. Medelvärde och standard error.



Lyrsjöborre *Brissopsis lyrifera* (överst till vänster), islandsmussla *Arctica islandica* (överst till höger) och hästmussla *Modiolus modiolus* (underst) finns i de djupaste bottnarna i Kungsbackafjärden. Eftersom de förekommer enstaka och slumpvis har de uteslutits vid jämförelser av biomassan mellan olika stationer.

Kompletterande insamling med bottenskrapa

Fyra bottenskrap genomfördes 2007 inom olika djupintervall från 5 m och ner till 34 m, tabell 9. Det grundaste skrapet var artrikast med bland annat ett flertal små arter av kräftdjur och mossdjur. I de 3 skrap som utfördes djupare än 23 meter djup erhöles flest arter av tagghudingar, vilket är naturligt med tanke på läget under haloklinen.

De kompletterande provtagningarna med bottenskrapa innebar att artlistan för området kunde utökas med ett antal arter, framförallt av tagghudingar Echinodermata, mossdjur Bryozoa och nässeldjur Cnidaria. Inga ovanliga eller rödlistade arter erhöles dock, ej heller någon införd art.

Tabell 9. Förekomst av djurarter i bottenskrap från olika djupintervall i Kungsbackafjorden 2007. (1 = 1 individ, 2 = 2 individer, 3 = ≥ 3 individer)

STATION	KU1	KU10	KU11	KU12
Taxa Djup	5-7	25-27	23-24	33-34
CNIDARIA				
cf Hydractinia carnea	3			
Abietinaria abietina				1
ANNELIDA				
Harmothoe imbricata	2			
Sphaerodorum flavum		1		
Spirorbis spirorbis	3			
Spirorbis tridentatus	1			
MOLLUSCA				
Leptochiton asellus			2	
Hinia reticulata	2			
Turritella communis		1		
Buccinum undatum				1
Mytilus edulis	3			
Arctica islandica				1
ARTHROPODA				
Balanus crenatus	1			
Gammarus cf locusta	3			
Idotea baltica	2			
Palaemon adspersus	3			
Homarus gammarus	2			
Macropipus depurator		1		
Carcinus maenas	3			
BRYOZOA				
Electra pilosa	3			
Electra crustulenta	3			
Tubulipora sp			1	
Escharella immersa		3	3	
Alcyonidium gelatinosum	1			
Alcyonidium hirsutum	3	3	3	
Bowerbankia imbricata	3			
ECHINODERMATA				
Asterias rubens	3			
Brissopsis lyrifera		1		1
Ophiothrix fragilis			1	
Ophiopholis aculeata			2	
Ophiura texturata				1
Ophiura albida		3	3	

Artsammansättning, fauna-associationer (samhällen)

Som tidigare nämnts finns många faktorer som har stor betydelse för faunans sammansättning. Framförallt har djupet stor betydelse eftersom salthalten, som många marina arter är beroende av, ökar med djupet. Carl Georg Johannes Petersen upptäckte redan i början av 1900-talet att artsammansättningen var likartad på samma djup på olika platser. Han kallade detta djursamhällen som benämndes efter karakteristiska eller dominerande arter (Petersen 1913). Dessa samhällen eller associationer kan betraktas som olika typer av naturmiljöer på havsbotten. De olika naturtyperna övergår successivt i varandra och gränserna är därför inte knivskarpa. En statistisk utvärdering har utförts för att undersöka hur stor likhet som finns mellan stationerna i Kungsbackafjorden och i vilken mån de kan grupperas i olika samhällen.

De statistiska analyserna har delats upp med tanke på att olika metodik tillämpats på grunda och djupa bottenar och att detta innebär skillnader i resultat som inte är helt jämförbara. Först presenteras likheter mellan stationerna för mobil epifauna, därefter för infaunan på grunda bottenar och djupare bottenar samt slutligen för bottenkräpet på olika djup.

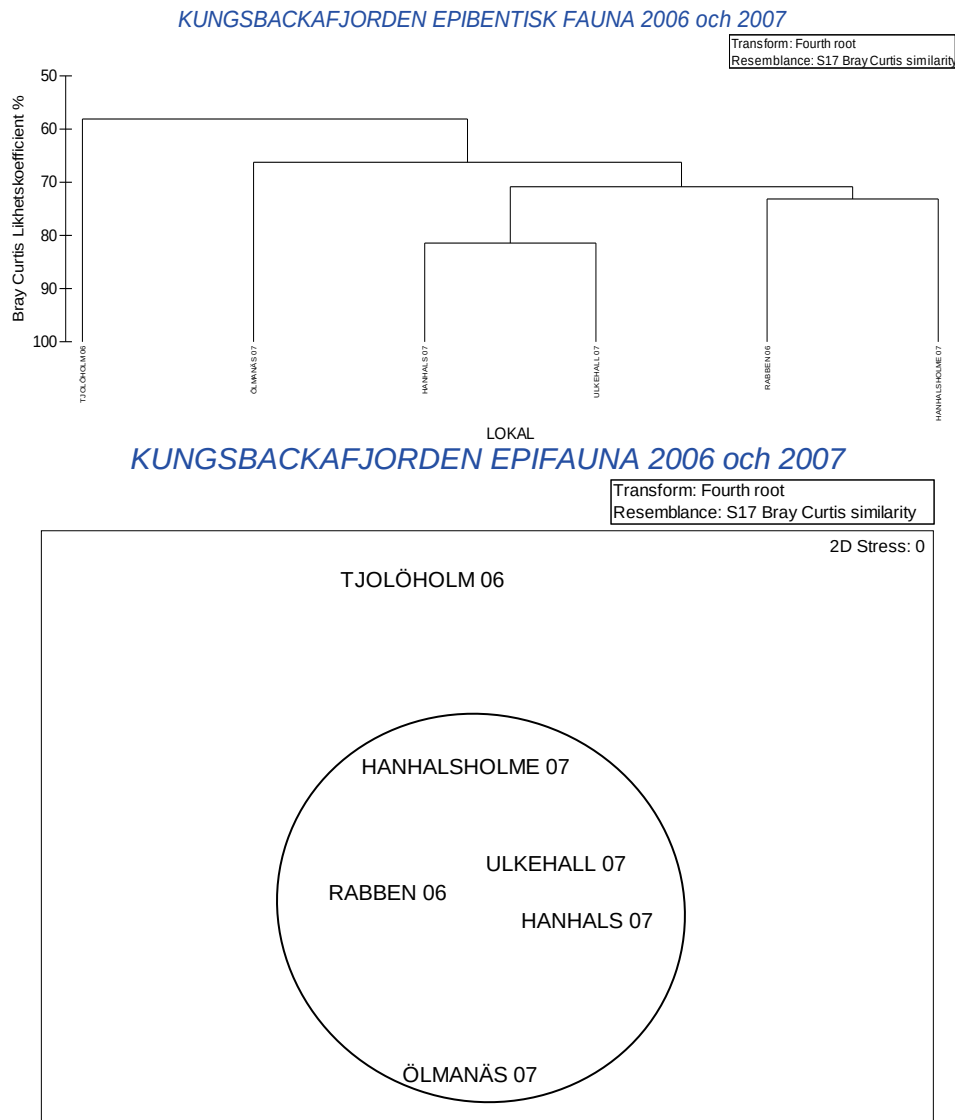
De 28 stationerna i Kungsbackafjorden är belägna mellan 1,5 och 35 meters djup och är spridda över hela fjorden. Detta innebär stora skillnader i omvärldsförhållanden med varierande salthalt, temperatur, strömmar och bottensubstrat. Det finns alltså goda förutsättningar för att finna många olika arter och samhällen inom området.

Grundområden

Faunan på grunda, knädjupa bottenar tillhör brackvattensamhället (Muus 1967). De mycket speciella omvärldsbetingelserna som beror på den omedelbara närheten till land sätter sin speciella prägel på faunan och innebär att den skiljer sig i flera avseenden från det något djupare *Macoma*-samhället. De flesta arterna i brackvattenfaunan har bottenlevande larver och är anpassade till de strandnära säsongsväxlingarna och utgör viktig föda för fiskar och fåglar (Göransson 1999b).

Mobil epibentisk fauna

Den mobila epifaunan i Kungsbackafjorden, som undersökts 2006 och 2007, är mycket likartad, figur 14. De sex lokalerna uppvisar en likhet på nära 60 % och fem av de sex uppvisar en likhet på nära 70 %. MDS-plottens stress på 0,0 ger en mycket bra representation utan förväntad feltolkning.



Figur 14. Likheter mellan stationer för mobil epifauna i Kungsbackafjorden 2006 och 2007. Överst klusteranalys och nederst MDS baserad på Bray-Curtis likhetskoefficient (dubbelrottransformerade data). Inringade stationer har likhet >60 %.

Två arter dominerar stort på alla lokaler, sandräka *Crangon crangon* (4,4-10,6 individer/m²) och lerstubb *Pomatoschistus microps* (0,6-11,8 individer/m²), tabell 10. Övriga arter fanns endast på någon eller några av lokalerna och främst i tätheter under en individ per kvadratmeter. Bergstubb *Pomatoschistus pictus*, som endast fanns endast vid Tjolöholm, nådde dock upp till 1,6 individ per kvadratmeter. Här fanns också tångräkan *Palaemon adspersus*. Dessa två senare arter är det som främst skiljer denna lokal från de fem övriga.

Vid Rabben påträffades en ung sjötunga *Solea solea*. Detta var det enda exemplaret av denna art som påträffades på grundområdeslokalerna längs Hallandskusten 2006 och 2007. Inga ovanliga eller rödlistade arter påträffades. Ej heller påträffades någon införd art i den mobila epibentiska faunan..

Tabell 10. Artsammansättning och individtäthet (individer/m²) vid olika lokaler för mobil epibentisk fauna i Kungsbackafjorden.

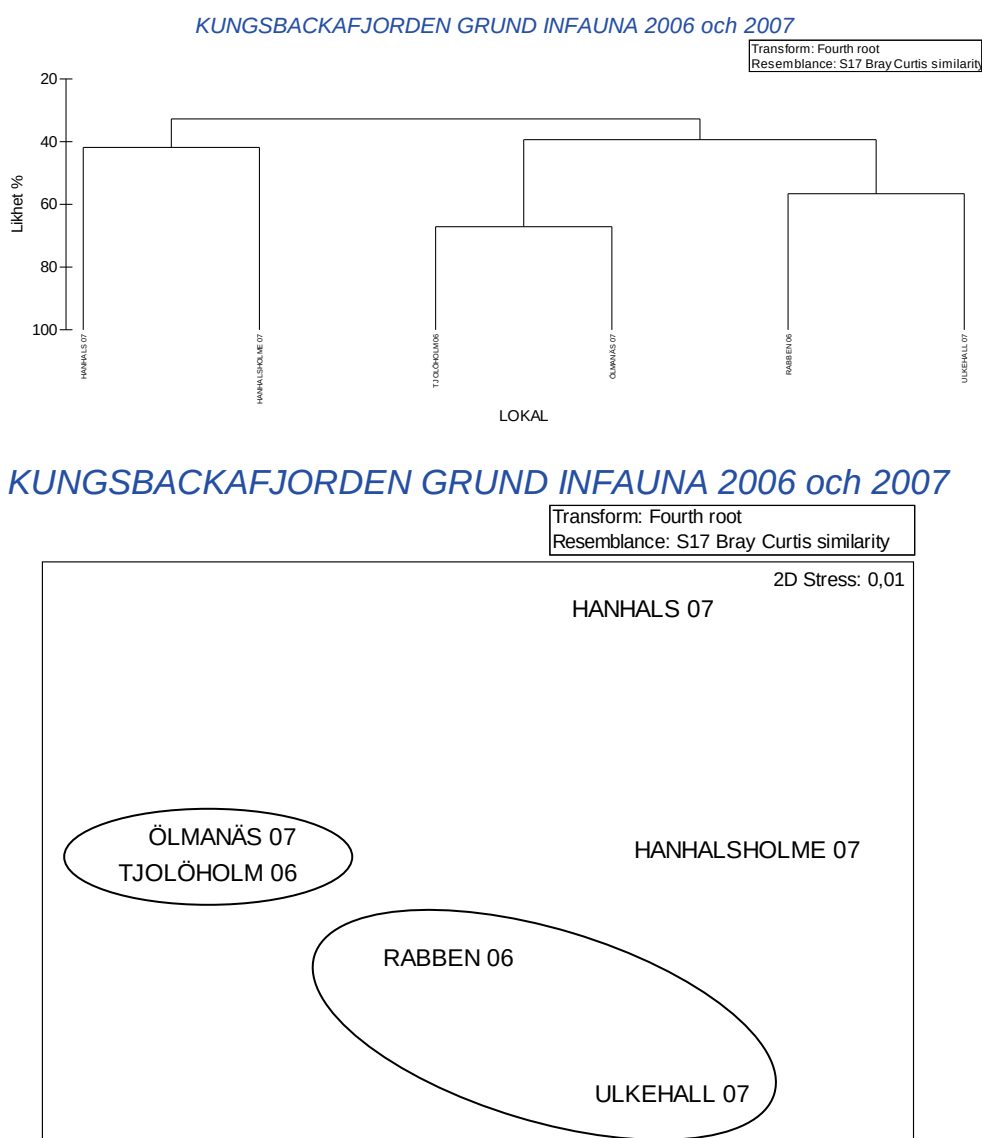
Mobil Epibentisk Fauna	INDIVIDTÄTHET Individer/m ²						
ART	RABBEN	TJOLÖHOLM	HANHALS	HANHALSHOLME	ULKEHALL	ÖLMANÄS	MEDELVÄRDE
<i>Carcinus maenas</i>	0,2	0,0	0,2	0,0	1,2	0,2	0,3
<i>Crangon crangon</i>	4,6	8,8	10,6	7,8	10,4	4,4	7,8
<i>Gasterosteus aculeatus</i>	0,0	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0	0,1
<i>Palaemon adspersus</i>	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
<i>Palaemon elegans</i>	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Pleuronectes platessa</i>	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,6	0,1
<i>Pomatoschistus microps</i>	11,8	3,0	9,8	8,8	8,2	0,6	7,0
<i>Pomatoschistus pictus</i>	0,0	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3
<i>Solea solea</i>	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TOTALT	17,0	13,8	21,6	16,6	19,8	5,8	15,8



Sandräka *Crangon crangon* (till vänster) och lerstubb *Pomatoschistus microps* (till höger) dominerar epifaunan på grunda bottnar i Kungsbackafjorden. Sjtungan *Solea solea* (underst) är en av flera konsumtionsfiskar som växer upp på dessa grunda bottnar.

Grund infauna

Infaunan på de grunda bottnarna i Kungsbackafjorden 2006 och 2007 kan grovt sett delas upp i tre olika associationer som vardera inrymmer två stationer, figur 15. MDS-plottens stress på 0,01 ger en mycket bra representation utan större feltolkning.



Figur 15. Likheter mellan stationer för grund infauna i Kungsbackafjorden 2006 och 2007. Överst klusteranalys och nederst MDS baserad på Bray-Curtis likhetskoefficient (dubbelrottransformerade data). Inringade stationer har likhet > 60 %.

Skillnaden mellan de tre grupperna av stationer är stor även om signifikansnivån är låg, tabell 12.

Tabell 11. Skillnad i artsammansättning och individtäthet mellan olika lokaler. ANOSIM-test, PRIMER (Dubbelrottransformerade data, Bray-Curtis index)

Skillnad mellan olika grupper	Global R/R	Signifikans-nivå %
Alla grupper (Global R)	0,833	7
Ulkehäll-Rabben vs Tjolöholm-Ölmanäs (R)	1,00	33
Ulkehäll-Rabben vs Hanhals-Hanhalsholme (R)	0,75	33
Tjolöholm-Ölmanäs vs Hanhals-Hanhalsholme (R)	1,00	33

De arter som dominerar de olika grunda associationerna är främst havsborstmasken *Hediste diversicolor* och tusensnäckan *Hydrobia ulvae*, tabell 12-14. Detta är också typiskt för brackvattenfaunan i Öresund (Göransson 1999b). Något överraskande

domineras faunan i innersta Kungsbackafjorden (Hanhals och Hanhalsholme) av havsborstmasken *Marenzelleria cf viridis* som är införd från Nordamerika. För övrigt skiljs associationerna av skillnader i förekomst av fåborstmaskar *Oligochaeta* indet, havsborstmasken *Heteromastus filiformis* och Östersjömusslan *Macoma balthica*.

Tabell 12. Procentuell likhet i artsammansättning för lokal Ulkehall och Rabben (Medellikhet: 57 %). SIMPER-test, PRIMER (Dubbelrottransformerade data, Bray-Curtis index)

Taxa	Likhet %	Bidrag %	Kumulativ %
<i>Hediste diversicolor</i>	17	31	31
<i>Hydrobia cf ulvae</i>	15	26	57
<i>Oligochaeta</i> indet	11	19	76

Tabell 13. Procentuell likhet i artsammansättning för lokalerna Tjolöholm och Ölmanäs (Medellikhet: 67 %). SIMPER-test, PRIMER (Dubbelrottransformerade data, Bray-Curtis index)

Taxa	Likhet %	Bidrag %	Kumulativ %
<i>Hydrobia cf ulvae</i>	27	41	41
<i>Heteromastus filiformis</i>	9	14	55
<i>Macoma balthica</i>	8	12	67

Tabell 14. Procentuell likhet i artsammansättning för lokalerna Hanhals och Hanhalsholme (Medellikhet: 42 %). SIMPER-test, PRIMER (Dubbelrottransformerade data, Bray-Curtis index)

Taxa	Likhet %	Bidrag %	Kumulativ %
<i>Marenzelleria cf viridis</i>	19	47	47
<i>Hediste diversicolor</i>	11	26	73



Havsborstmasken *Hediste diversicolor* (till vänster) och tusensnäckan *Hydrobia ulvae* (till höger) dominerar infaunan på grunda bottenar i Kungsbackafjorden. *Hediste* är särskilt värdefull föda för många fiskar och vadarfåglar.

Faunan på djupare belägna mjukbottnar

Tabell 15. Skillnad i artsammansättning och individtäthet mellan olika grupper av stationer (samhällen). ANOSIM-test, PRIMER (Dubbelrottransformerade data, Bray-Curtis index).

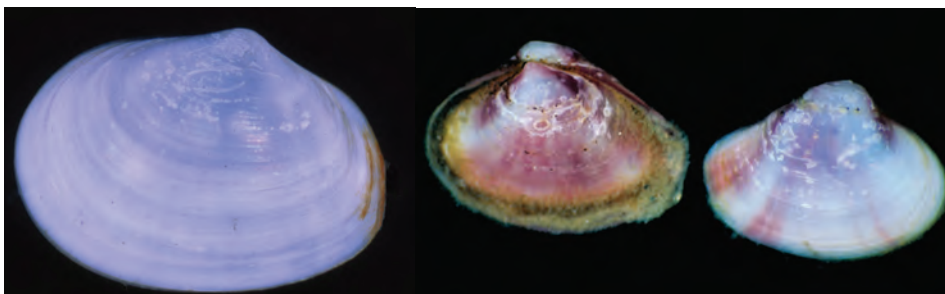
Skillnad mellan olika grupper	Global R/R	Signifikansnivå %
Alla grupper (Global R)	0,716	0,1
Amphiura vs Abra (R)	0,663	0,1
Amphiura vs Macoma (R)	0,961	0,1
Abra vs Macoma (R)	0,576	0,1

De arter som dominerar *Macoma*-samhället, på mellan 3 och 6 meters djup, är främst fåborstmaskar *Oligochaeta* indet., tusensnäckan *Hydrobia ulvae*, blåmusslan *Mytilus edulis*, östersjömusslan *Macoma balthica*, slemmaskar Nemertini indet. och havsborstmasken *Scoloplos armiger*, tabell 16. Detta är också typiskt för *Macoma*-samhället i Öresund, med undantag för fåborstmaskar, istället brukar havsborstmasken *Pygospio elegans* dominera (Göransson 1999b). Det senare kan bero på det mera skyddade läget i Kungsbackafjorden vilket innebär större ackumulation av organiskt material, något som passar fåborstmaskarna.

Tabell 16. Procentuell likhet i artsammansättning för *Macoma*-samhället (Medellikhet 38 %) PRIMER (Dubbelrottransformerade data, Bray-Curtis index).

Taxa	Likhet %	Bidrag %	Kumulativ %
<i>Oligochaeta</i> indet	9	23	24
<i>Hydrobia cf ulvae</i>	5	14	37
<i>Mytilus edulis</i>	3	7	45
<i>Macoma balthica</i>	3	7	52
Nemertini indet.	3	6	58
<i>Scoloplos armiger</i>	2	6	64

De arter som dominerar *Abra*-samhället, på mellan 6 och 17 meters djup, är främst havsborstmasken *Nephtys hombergii*, korgmusslan *Corbula gibba*, fåborstmaskar *Oligochaeta* indet., havsborstmasken *Scoloplos armiger*, slemmaskar Nemertini indet och musslan *Abra alba*, tabell 17. Denna artsammansättning skiljer sig från *Abra*-samhället i Öresund där förutom *Abra alba*, havsborstmaskarna *Terebellides stroemi* och *Rhodine gracilior* samt musslorna *Macoma calcarea*, *Musculus niger* och *Astarte montagui* brukar dominera (Göransson 1999b). Fåborstmaskar sätts där i samband med kraftig organisk belastning. Deras stora representation i Kungsbackafjordens mellandjupsbotten är därför också troligen en indikation på kraftig organisk belastning. Som nämnts tidigare innebär det mera skyddade läget i Kungsbackafjorden en större ackumulation av organiskt material än i det strömmande Öresund.



Musslan *Abra alba* (till vänster) och korgmusslan *Corbula gibba* (till höger) är karakteristiska för botten på mellan 6 och 17 meters djup i Kungsbackafjorden.

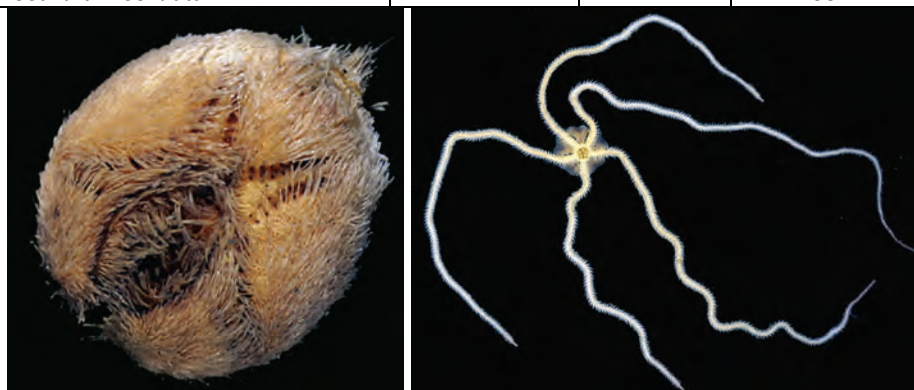
Tabell 17. Procentuell likhet i artsammansättning för *Abra*-samhället (Medellikhet 33 %) PRIMER (Dubbelrottransformerade data, Bray-Curtis index)

Taxa	Likhet %	Bidrag %	Kumulativ %
<i>Nephtys hombergii</i>	5	16	16
<i>Corbula gibba</i>	5	14	30
Oligochaeta indet	4	12	42
<i>Scoloplos armiger</i>	3	9	51
Nemertini indet.	3	8	59
<i>Abra alba</i>	2	5	64

Infaunan på de djupaste belägna bottenarna i Kungsbackafjorden som tillhör *Amphiura*-samhället domineras av en lång rad arter, i främsta rummet ormstjärnan *Amphiura filiformis* och den samlevande musslan *Mysella bidentata*, tabell 18. Den stora mångfalden av arter beror på de höga salthalterna och de mer stabila omvärldsförhållandena. Vid jämförelse med motsvarande bottenar i Öresund framkommer stora likheter i artsammansättning vilket pekar på liknande omvärldsbetingelser. Ungefär hälften av dominanterna i Kungsbackafjorden utgör också ett dominerande inslag på Öresunds djupa bottenar och samtliga vanliga arter i Kungsbackafjorden är också vanliga i Öresund.

Tabell 18. Procentuell likhet i artsammansättning för *Amphiura*-samhället (Medellikhet 43 %) PRIMER (Dubbelrottransformerade data, Bray-Curtis index)

Taxa	Likhet %	Bidrag %	Kumulativ %
<i>Amphiura filiformis</i>	4	9	9
<i>Mysella bidentata</i>	3	7	16
<i>Abra nitida</i>	2	6	22
<i>Maldane sarsi</i>	2	5	27
<i>Hyala vitrea</i>	2	4	31
<i>Amphiura chiajei</i>	2	4	35
<i>Ophiura albida</i>	1	4	39
<i>Glycera alba</i>	1	3	42
<i>Sphaerodorum gracilis</i>	1	3	45
<i>Nucula nitidosa</i>	1	3	48
Nemertini indet	1	3	51
<i>Scoloplos armiger</i>	1	3	54
<i>Artacama proboscidea</i>	1	2	56
<i>Goniada maculata</i>	1	2	58
<i>Corbula gibba</i>	1	2	60
<i>Pholoe minuta/baltica</i>	1	2	62
<i>Priapulus caudatus</i>	1	2	64
<i>Echinocardium cordatum</i>	1	2	66



Sjöborren *Echinocardium cordatum* (till vänster) och ormstjärnan *Amphiura filiformis* (till höger) är karakteristiska för mjukbottenar från 20 meters djup och neråt i yttre delen av Kungsbackafjorden.

Rödlistade och andra särskilt intressanta arter

Vid undersökningar under perioden 1968-2009 har minst 376 taxa påträffats i Kungsbackafjorden (Appendix 1) som kan fördelas på 14 högre systematiska grupper, tabell 19.

Tabell 19. Påträffade bottendjur i Kungsbackafjorden 1969-2009 fördelade på olika systematiska huvudgrupper.

SYSTEMATISK GRUPP	Antal taxa
PORIFERA, Svampdjur	1
CNIDARIA, Nässeldjur	11
PLATYHELMINTHES, Plattmaskar	2
NEMERTINI, Slemmaskar	2
ASCHELMINTHES, Nematoder	2
PRIAPULIDA, Korvmaskar	2
ANNELIDA, Havsborstmaskar, fåborstmasklar	128
SIPUNCULIDA, Stjärnmaskar	8
MOLLUSCA, Snäckor, musslor	87
ARTHROPODA, Kräftdjur, havsspindlar	102
PHORONIDA	1
BRYOZOA, Mossdjur	8
ECHINODERMATA, tagghudingar	18
CHORDATA, Sjöpungar och lansettfisk	4
TOTALT	376

ArtDatabankens Rödlista tar upp vilka arter som riskerar att försvinna från Sverige och varför arterna är hotade (ArtDatabanken 2010). Sverige följer fr.o.m. 2000 års rödlista Internationella naturvårdsunionens (IUCN) kategorier och kriterier för rödlistning, som bygger på en prognos för arternas risk att dö ut i Sverige. De arter som uppfyller kriterierna för någon av kategorierna *Nationellt utdöd* (RE), *Akut hotad* (CR), *Starkt hotad* (EN), *Sårbar* (VU), *Nära hotad* (NT) eller *Kunskapsbrist* (DD) benämns *rödlistade*.

Sex bottendjur i Kungsbackafjorden är rödlistade enligt ArtDatabankens helt nya lista över hotade marina evertebrater. Detta gäller musslorna *Abra prismatica*, *Mya truncata*, *Macoma calcarea*, *Moerella pygmaea* och *Musculus niger* samt havstulpanen *Balanus crenatus*, tabell 20.

Abra prismatica förekom endast med enstaka exemplar de sista 3 åren av undersökningsperioden 1969-2009, på relativt grunda stationer i Kungsbackafjorden. Från skandinaviska vatten är arten känd från norra Norge (Finnmark) söderut utmed kusten till södra Nordsjön, Skagerrak och Kattegatt. Arten fanns rikligt representerad i material från inventeringen av utsjöbankarna Röde bank och Stora Middelgrund 2004. Artens miljö, i synnerhet den mer kustnära, är utsatt för omfattande sedimentation, vilket musslan genom sitt levnadssätt kan vara känslig för. Från att tidigare ha varit fläckvis vanlig i Kosterområdet tycks arten ha minskat under senare tid (ArtDatabanken 2005). *Abra prismatica* har inte rapporterats från det övriga (samordnade) kontrollprogrammet för Hallandskusten 1993-2009.

Havstulpanen *Balanus crenatus* har endast rapporterats med några få individer på station 60B under 2008. Denna havstulpan har rödlistats på grund av man misstänker att den minskat och den klassificeras som DD, kunskapsbrist. *Balanus crenatus* har inte

rapporterats från det samordnade kontrollprogrammet för Hallandskusten 1993-2009. Dessa stationer ligger dock på relativt djupt vatten och består av mjukbottnar som inte passar arten.

Macoma calcaria har påträffats med enstaka exemplar i större delen av fjorden under perioden 1999-2009. Med tanke på att arten påträffats på flera stationer i hela Kungsbackafjordens sträckning kan man misstänka att arten har en tämligen god status i området. *Macoma calcaria* förekommer i skandinaviska vatten längs norska kusten och utmed Sveriges västkust in till södra Östersjön, där den har sin östgräns vid Bornholmsbassängen. Arten trivs i kalla vatten, och temperaturen bör ej överstiga 11° annat än tillfälligtvis. Den lever ganska djupt nedgrävd i mjuka bottenar och är troligtvis mindre känslig för trålning än andra arter, men preferensen för kallt vatten gör den känslig för temperaturökningar till följd av klimatförändringar eller kylvattenutsläpp. Inga uppgifter eller misstanke om minskning i Kattegatt eller Öresund föreligger, men arten tycks ha minskat starkt i Kosterområdet. Eftersom inga riktade eftersök gjorts, behövs mer kunskap om artens status (ArtDatabanken 2005). *Macoma calcaria* har påträffats ett fåtal gånger med enstaka exemplar på två stationer inom det samordnade kontrollprogrammet för Hallandskusten 1993-2009.

Moerella pygmaea har endast rapporterats från station 74 vid två tillfällen, 2007 och 2009. Arten förekommer i Nordostatlanten från norra Norge ner till Västafrika. Utbredningen inkluderar Medelhavet och Brittiska öarna. I svenska vatten är arten sällsynt förekommande i Skagerrak och Kattegatt. Under utsjöbanksinventeringen 2004-2005 påträffades arten på flera av de undersökta bankarna i Kattegatt. Arten lever på blandad botten och i skalsand men är liten och kan därmed vara förbisedd. Inga direkta hot mot arten är kända, men den typ av botten där arten är vanlig på hotas av eutrofiering. Mer kunskap behövs.

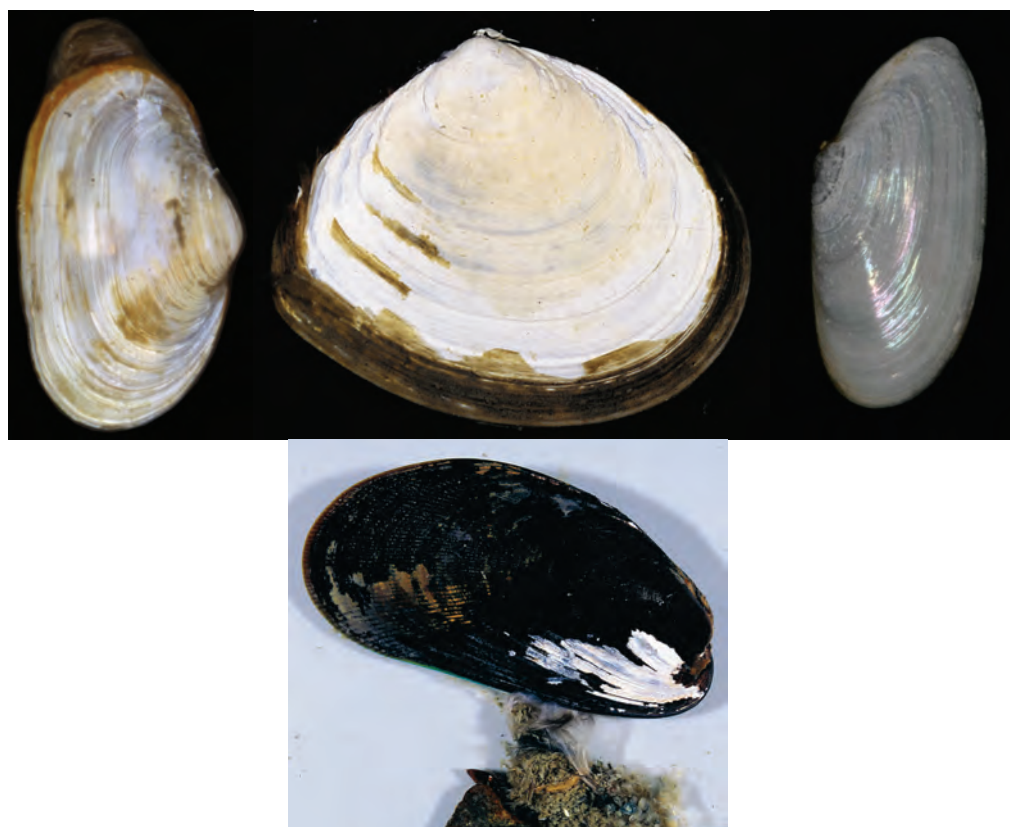
Svartmussla, *Musculus niger* har påträffats med enstaka exemplar på stationerna 60B (1979), N5 (1981), N6 (1999 och 2000) och KU2 (2006). *Musculus niger* är en art med huvudsakligen arktisk-cirkumpolär utbredning som i vårt närområde förekommer i kallare vatten i Skagerrak, Kattegatt och Öresund. Dock förekommer den inte norr om Väderöarna där temperaturen är för hög. Arten förekommer i regel under 25 meters djup, på blandade bottenar med sand och lera, ibland också grus. På svenska sidan av Öresund förekommer arten norr om Limhamnströskeln, och har de senaste tio åren rapporterats regelbundet därifrån, på bottenar strax under språngskiktet. Arten verkar således ha ganska begränsad utbredning kring haloklinen, vilket gör den känslig för syrebrist. Framtida syrebrist i Kattegatt befaras, liksom en ökad vattentemperatur. Detta i kombination med begränsad och fragmenterad utbredning i svenska vatten gör att arten väntas minska. Direktutvecklande larver begränsar därtill artens möjligheter till återkolonisation (ArtDatabanken 2005). Utanför Kungsbackafjorden har *Musculus niger* endast påträffats två gånger med ett exemplar på en station utanför Falkenberg inom det samordnade kontrollprogrammet för Hallandskusten 1993-2009.

Mya truncata har främst förekommit på grunda stationer längst in i fjorden under perioden 1981-2002. I början av perioden förekom relativt höga individtätheter men under senare år har arten uteblivit helt i proverna. Man kan därför befaras att den minskat kraftigt. *Mya truncata* betecknas som sårbar. Arten har under senare år gått tillbaka kraftigt i Kattegatt, framförallt i kustnära områden men även längre ut.

Möjligen beror detta på återkommande syrebrist i Kattegatt. Musslan tycks även ha minskat i Öresund. Artens minskning under de senaste 20 åren bedöms uppgå till minst 30 % av den ursprungliga populationstätheten (ArtDatabanken 2005). *Mya truncata* har tidigare påträffats med några få individer på en av de stationer som ingår i det reguljära samordnade kontrollprogrammet för Hallandskusten under perioden 1993-2006 och i Vendelsöområdet samt i området Klosterfjorden-Balgö-Getterön.

Tabell 20. Förekomst av rödlistade arter i Kungsbackafjorden 1969-2009. Förekomstår, individtätthet och hotkategori enligt Artdatabanken 2010.

Art	Station-År	Individer/m2	Hotkategori enligt Artdatabanken
<i>Abra prismatica</i>	KU20-08, 60B-09, 61A-07, 61A-08, 74-08, N5-08	2-78	Missgynnad, NT
<i>Balanus crenatus</i>	60B-08	4	Kunskapsbrist, DD
<i>Macoma calcarea</i>	KU9-07, 60A-07, 61A-09, 74-07, N5-99, N6-98, 03	2-10	Kunskapsbrist, DD
<i>Moerella pygmaea</i>	74-07, 74-09	16-30	Kunskapsbrist, DD
<i>Musculus niger</i>	KU2-07, 60B-79, N5-81, N6-99, 00.	2-20	Sårbar, VU
<i>Mya truncata</i>	60A2 1983-2002 60A3 1981-2002 60A-88, 60A-93, 60B-83, 60B-93, 61A 1983-2002, 74 1985-1993, N5-87, N5-90.	2-1392	Sårbar, VU



Musslorna *Mya truncata* (överst, till vänster), *Macoma calcarea* (överst, mitten), *Abra prismatica* (överst till höger) och *Musculus niger* (underst) är rödlistade arter som påträffats i Kungsbackafjorden.

Bland mindre ovanliga arter som inte är rödlistade kan nämnas att havsborstmasken *Spio goniocephala* fanns med enstaka exemplar på station 74 under 2009. Denna havsborstmask har troligen ett mycket begränsat utbredningsområde, nämligen Öresund och Kattegatt (Hartmann-Schröder 1996).

Även havsborstmasken *Pholoe pallida*, som fanns med enstaka exemplar på station N6 under perioden 1994-2009, är ovanlig. Utbredningsområdet är troligen mycket begränsat, nämligen norra Nordsjön, Kattegatt och norra Öresund (Hartmann-Schröder 1996).

Oslo-Paris kommissionen (OSPAR) har nyligen upprättat en lista med hotade och/eller minskande arter och habitat i Nordostatlanten (OSPAR 2004). I Kungsbackafjorden förekommer en art på denna lista, islandsmusslan *Arctica islandica*, som minskar i Nordsjöområdet. Förekomsten i Kungsbackafjorden är tämligen gles och förekomsten är begränsad till stationer från och med 9 meters djup.



Islandsmusslan *Arctica islandica* som har rapporterats minska i Nordsjöområdet är vanlig på flera ställen längs Hallandskusten och förekommer i Kungsbackafjorden.

Sammanfattningsvis har flertalet av de rödlistade eller ovanliga arterna förekommit glest vid få eller enstaka tillfällen. Musslan *Mya truncata* förekom dock regelbundet och med relativt höga individtätheter 1981-2002, men att den inte påträffats därefter ger viss anledning till oro.

Införda arter

Den amerikanska havsborstmasken *Marenzelleria* cf *viridis* påträffades under 2006 för första gången i Kungsbackafjorden. Arten fanns med enstaka individer i proverna från inte mindre än 4 av 6 grunda stationer från knädjupt vatten och ut till 9 meters djup (Rabben 2 st, 60A 3 st, 60B 1 st och 61A 1 st), tabell 21. Under 2006 påträffades även *Marenzelleria* cf *viridis* med enstaka exemplar utanför Kungsbackafjorden i grundområdesfaunan i Vendelsöområdet och området Klosterfjorden-Balgö-Getterön (Göransson 2007 & 2007b).

Tabell 21. Förekomsten av den nordamerikanska havsborstmasken *Marenzelleria cf viridis* i Kungsbackafjorden 2007-2009. Redovisning med stigande djup (nedåt i tabellen).

Stationer 2006 Individdensitet	Stationer 2007 Individdensitet	Stationer 2008 Individdensitet	Stationer 2009 Individdensitet
Rabben 16 ind/m ²	Hanhals 80 ind/m ² Hanhalsholme 288 ind/m ² 60A, 16 ind/m ²	60A2, 75 ind/m ² 60A3, 167 ind/m ² 60A, 4 ind/m ² 60B, 2 ind/m ²	60A, 34 ind/m ²

Under 2007 påträffades *M. cf viridis* i samtliga prover vid Hanhalsholme (1-8 individer) och med enstaka exemplar i flertalet prover från Hanhals. Båda dessa är grundområdeslokaler. Dessutom fanns masken i prover från station 60A. Under 2008 fanns masken i tre prover från station 60A2, i samtliga fem prover från station 60A3, i två prover från station 60A och i ett prov från station 60B. Vid 2009 års undersökningar, som inte omfattade grundområden och stationerna 60A2 och 60A3, fanns masken endast i prover från station 60A.



Havsborstmasken *Marenzelleria viridis* är en amerikansk art som påträffades i Kungsbackafjorden för första gången 2006.

Havsborstmaskar av släktet *Marenzelleria* påträffades för första gången i Östersjön 1985. Dessa maskar har troligen spridits med ballastvatten från fartyg. Det har senare visat sig att det är frågan om inte mindre än tre arter som invaderat Östersjön och Västkusten (Bastrop & Blank 2006). Den enda art som rapporterats från Västkusten är *Marenzelleria viridis* (Strömberg & Persson 2005), varför det sannolikt är tal om denna art även i Kungsbackafjorden. Utvecklingen de senaste åren talar inte för någon massutveckling i Kungsbackafjorden. Den kan dock förekomma mycket djupt i sedimentet och därför undgå bottenprovtagaren.

Fisksamhällen

Provfisken i Kungsbackafjorden som utförts 2011 av Sveriges Lantbruksuniversitet visar att fisksamhället i området är tydligt influerat av limnisk miljö i de inre delarna av fjorden och en mer strikt marin miljö längre ut i fjorden. Diversiteten i området är förhållandevis hög, mycket beroende på att just två akvatiska ytterligheter möts. Totalt fångades 23 fiskarter varav 17 marina och fyra limniska arter (abborre, id, löja och mört). De fem mest förekommande arterna var: gulål (129 individer), stensnultra (74), skrubbskädda (72), skärsnultra (45) och torsk (42). Av samtliga arter fångades 69 % på 0-6 meters djup, 25 % på 6-10 meters djup och endast 6 % på 10-20 meters djup.

Torsken i områden hade en medellängd på 24,8 cm vilket indikerar på att torsken främst använder området som uppväxt- och födosöksområde och samtliga är mellan ett och två år gamla.

Familjen flatfiskar utgörs av skrubbskädda, rödspotta och äkta tunga. Skrubbskäddan är som mest förekommande i fjordens inre delar där vattnet är varmast och sötast.

Rödspotta och äkta tunga trivs mer i fjordens djupare delar där vattnet är av mer marin karaktär.

Skall man peka ut något som är utöver det normala om man jämför med liknande inventeringsfisken i norra Halland, Göteborg och södra Bohuskusten är det mängden strandkrabbor som är betydligt lägre än vad man normalt skulle kunna förvänta sig. Vanligtvis ser man en ökning i förekomst av dessa så kallade mesopredatorer när predationstrycket är lågt från större predatorer. Eftersom fiskmesopredatorerna, främst snultror, smörbultar, simpbor och tånglake inte indikerar på en liknande relativt låg förekomst är det säkerligen Kungsbackafjordens bottenbeskaffenhet som gjort att strandkrabborna inte når lika hög täthet som i andra liknande områden. Det finns relativt stora grunda sandbottenområden med förhållandevis låg makroalgstäckning i Kungsbackafjorden, dvs. områden som strandkrabban inte föredrar i lika stor utsträckning som mer vegetationsrik klipp- och stenbotten där de lättare kan finna skydd (Bergström & Karlsson 2015).

Bedömning av naturvärden

I detta avsnitt görs en bedömning av de naturvärden som finns i området enbart med utgångspunkt från insamlade data. Man bör vara uppmärksam på de relativt sett få tagna proven som främst tagits på mjukbottnar och att området därför helt säkert innehåller en lång rad ytterligare arter som inte redovisas här.

De låga organiska halterna i de undersökta grunda knädjupa bottenarna i området pekar på betydande vattenrörelser. Här ligger de organiska halterna under 1 %. På 4 meters djup ligger de ofta på ca 5 % vilket pekar på tillfällig sedimentation av finpartiklar. I inre delen av fjorden kan man dock redan på 5 meters djup finna ackumulationsförhållanden med organiska halter omkring 8-12 %. I centrala delen av fjorden finns ett område på 16 meters djup med ännu högre ackumulation och här har den organiska halten i sedimentet varierat mellan 10 och 16 % under perioden 1993-2009. I yttre delen av fjorden finns även erosionsbottnar på samma djup (< 1 % organisk halt). På större djup i yttre delen av fjorden avtar strömmarna och här tillåts åter småpartiklar ackumulera.

Den omväxlande miljön i fjorden skapar alltså förutsättningar för en förhållandevis art- och individrik bottenfauna som växlar starkt i karaktär med djupet och botten typen, tabell 22. Salthalten ökar med djupet medan strömhastigheten avtar. Detta innebär att det totala antalet arter och inslaget av depositionsätare ökar med djupet.

De grundaste bottenarna karakteriseras av en brackvattenfauna som domineras av tusensnäckan *Hydrobia ulvae*, rovborstmasken *Hediste diversicolor*, sandräkan *Crangon crangon* och lerstubben *Pomatoschistus microps*. Därunder vidtar en fauna som är typisk för stora delar av Västkusten och huvudsakligen domineras av filtrerande musslor. Här förekommer också vadehavsmusslan *Scrobicularia plana* vilket är typiskt för näringsrika bottenar i tidvattenområden eller nära flodmynningar, så kallade estuarier.



Vadehavsmusslan *Scrobicularia plana* är typisk för näringsrika bottenar i tidvattenområden eller nära flodmynningar, så kallade estuarier, är vanlig i inre Kungsbackafjorden.

Bottenarna kring haloklinen domineras typiskt av *Abra*-samhället, som också kallas fjordsamhället. Dessa bottenar är särskilt viktiga födosöksområden, främst för flatfiskar, och musslan *Abra alba* har en mycket snabb tillväxt. Förekomsten av

bytesdjur varierar dock starkt mellan olika år på dessa bottenar på grund av den stora variationen i omvärldsbetingelser.

De djupaste bottenarna, under haloklinen, domineras typiskt av ormsjärnan *Amphiura filiformis* och sjöborren *Echinocardium cordatum*. Förhållandena är här avsevärt stabilare och faunan varierar också betydligt mindre än omkring och ovanför haloklinen.

Brackvattensamhället i Kungsbackafjorden kan hänföras till EU:s habitatdirektiv (Natura 2000). Kungsbackafjorden har dessutom genomgående stora kvaliteter genom sin stora biologiska variation och som uppväxt- och födosöksområde för fiskar och fåglar.

Tabell 22. Sammanställning av naturtyper på olika stationer i Kungsbackafjorden 2008.

Djup m	Samhälle (Muus 1967, Petersen 1913) Biotop (Nordiska Ministerrådet 2001)	Stationer	Lokala typer	Ovanliga arter Rödlistade arter OSPAR 2004	Särskild betydelse för fiske mm. Natura 2000. OSPAR 2004
0-2	Brackvattensamhälle Sandbottenar (0-10m)	60A3 60A2	<i>Hediste</i> , <i>Hydrobia</i> , <i>Oligochaeta</i> <i>Crangon</i> , <i>Pomatoschistus</i>	<i>Mya truncata</i>	Uppväxt- och födosöksområde för fiskar. Natura 2000 (1140)
3-5	<i>Macoma</i> -samhälle Mjukbottenar (silt/lera 0-6m)	60A 60B KU5	<i>Hydrobia</i> <i>Scrobicularia</i> <i>Oligochaeta</i> <i>Cerastoderma</i> <i>Macoma</i>	<i>Abra prismatica</i> <i>Balanus crenatus</i> <i>Macoma calcarea</i> <i>Musculus niger</i> <i>Mya truncata</i>	Uppväxt- och födosöksområde för fiskar.
6-16	<i>Macoma/Abra</i> -samhälle Mjukbottenar (silt/lera 6-15m)	61A KU2, KU4, KU6, KU7 KU18-23 N5	<i>Corbula</i> <i>Scoloplos</i> <i>Abra alba</i>	<i>Abra prismatica</i> <i>Macoma calcarea</i> <i>Musculus niger</i> <i>Mya truncata</i> <i>Arctica islandica</i> (OSPAR)	Särskilt viktigt födosöksområde för fiskar.
15-17	<i>Venus (Chamelea)</i> -samhälle Sandbottenar (0-20m)	74, KU17	<i>Scoloplos</i>	<i>Abra prismatica</i> <i>Macoma calcarea</i> <i>Moerella pygmaea</i> <i>Musculus niger</i> <i>Mya truncata</i> <i>Spio goniocephala</i> <i>Arctica islandica</i> (OSPAR)	Viktigt födosöksområde för fiskar.
21-29	<i>Echinocardium-filiformis</i> Mjukbottenar (silt/lera 20-30m)	KU9 KU15 KU16 67, 68, N6	<i>Amphiura filiformis</i> , <i>Mysella bidentata</i> , <i>Nucula nitidosa</i> , <i>Maldane sarsi</i> , <i>Echinocardium</i>	<i>Macoma calcarea</i> <i>Musculus niger</i> <i>Pholoe pallida</i>	Hög biomassa. Födosöksområde för fiskar
32-34	<i>Brissopsis-chiajei</i> Mjukbottenar (silt/lera >30m)	KU13 KU14 79	<i>Amphiura</i> <i>filiformis</i> <i>Hyal</i> <i>vitrea</i>	<i>Pholoe pallida</i>	Födosöksområde för fiskar

Kungsbackafjorden då och nu – en återblick till 1930-talet

Om man jämför med L. A. Jägerskiölds resultat från provtagningar omkring 1930 när det gäller artsammansättningen i fjorden framkommer en del intressanta likheter och skillnader. Eftersom Jägerskiöld framförallt använde bottenskrapa vid sina provtagningar är hans resultat inte direkt jämförbara kvantitativt med resultaten från perioden 1969-2009. Därför tas främst fasta på indikatorarter, rödlistade arter och andra arter som kan misstänkas ha försvunnit eller tillkommit sedan 1930-talet.

Man kan gruppera Jägerskiölds stationer i flera djupintervall och botten typer. Jägerskiölds station 260 på 3,5 meters djup motsvarar i grova drag de nuvarande stationerna 60A och 60B. Jägerskiöld anger botten som lera med ålgräs 1928. Dagens

observationer pekar på sandig silt med ålgräs, alltså likartade förhållanden som på 1930-talet. Bland mera intressanta arter fick Jägerskiöld den rödlistade musslan *Mya truncata* i sitt bottenskrap men däremot inte havsborstmasken *Capitella capitata*, som anses som en i det närmaste universell föroreningsindikator. Under perioden 1974-2009 har *Mya truncata* påträffats vissa år, dock inte sedan 2002. *Capitella capitata* har däremot förekommit tämligen frekvent men minskat något på senare år. Mot bakgrund av detta, och med reservation för skillnader i provtagningsmetodik, kan en viss försämring ha inträtt av denna botten, främst med tanke på väsentlig förekomst av en välkänd föroreningsindikator och svag förekomst av en rödlistad art.

Jägerskiölds station 261 på 9,5 meters djup motsvarar i grova drag den nuvarande stationen 61A. Jägerskiöld anger botten som ganska styv lera med ålgräs 1928. Dagens observationer anger silt men utan ålgräs, alltså en ett något lösare sediment utan vegetation. Jägerskiöld redovisar inte havsborstmasken *Capitella capitata* från sitt prov, ej heller någon rödlistad art. Under perioden 1981-2009 har däremot *Capitella capitata* förekommit relativt frekvent men har minskat något på senare år. Mot bakgrund av detta har en kraftig försämring inträtt av denna botten, främst med tanke på viss förekomst av en välkänd föroreningsindikator och avsaknad av ålgräs. Området kan idag bedömas som ett ackumulationsområde för finfördelat organiskt material.

För Jägerskiölds stationer 271, 272 och 273 i djupintervallet 9-13 meter anges botten bestå av sand och sten. Här fanns havsborstmasken och föroreningsindikatorn *Capitella capitata* på den grundaste stationen 1928. Vidare fanns musslorna *Arctica islandica*, *Macoma calcarea* och *Mya truncata*. 2007 besöktes 2 stationer, KU6 och KU7, i samma djupintervall. Inte någon av de uppräknade arterna Jägerskiöld fann i sina prover återfanns. Eftersom observationerna på stationerna KU6 och KU7 endast skett vid ett tillfälle bör man dock vara försiktig med långtgående slutsatser vid jämförelser mellan 1930-talet och nutid.

Jägerskiölds station 274 på 14-14,5 meters djup motsvarar i grova drag den nuvarande station 74. Jägerskiöld anger botten som hård, troligen blockbotten. Dagens observationer pekar på helt andra förhållanden, finsand och silt, alltså mjukbotten. Jägerskiöld fick islandsmusslan *Arctica islandica* i sitt prov 1928. Denna mussla minskar i Nordsjöområdet enligt Oslo-Paris kommissionen (OSPAR 2004) även om den numera förekommer tämligen rikligt längs övriga Hallandskusten. Under perioden 1981-2009 har *Arctica islandica* däremot endast förekommit i Kungsbackafjorden vid 3 årliga provtagningsstillfällen av 16. Mot bakgrund av ovanstående, och med reservation för skillnader i provtagningsmetodik, kan en viss försämring ha inträtt, främst med tanke på misstanke om ökad sedimentation och svag förekomst av en minskande art.

Jägerskiölds station 263 på 17 meters djup motsvarar i grova drag den nuvarande stationen 63 (N5 inom det samordnade programmet). Jägerskiöld anger botten som gytta (mud) med lukt av svavelväte från sina två provtagningar 1929 och 1937. Dagens observationer är i stort sett desamma. Bland mera intressanta arter fick Jägerskiöld de rödlistade musslorna *Mya truncata* och *Musculus niger* i sina bottenskrap men däremot inte föroreningsindikatorn *Capitella capitata*. Under perioden 1974-2009 har *Mya truncata* påträffats 3 gånger vid 25 provtagningar. *Musculus niger* har inte alls påträffats vid dessa tillfällen. *Capitella capitata* har däremot förekommit under flertalet år. Mot bakgrund av ovanstående, och med

reservation för skillnader i provtagningsmetodik, kan en viss försämring ha inträtt, främst med tanke på väsentlig förekomst av en välkänd föroreningsindikator numera och mycket svag eller utebliven förekomst av två rödlistade arter.

För Jägerskiölds stationer 264, 265 och 266 på 19-22 meters djup anges botten bestå av lera och sten. Här fanns bland annat musslan *Musculus niger* och sjöpennan *Virgularia mirabilis* på 1930-talet. 2007 besöktes 1 station, KU9, i samma djupintervall. Inte någon av de uppräknade arterna Jägerskiöld hade i sina prover återfanns. Däremot påträffades den rödlistade musslan *Macoma calcarea* under 2007. Eftersom observationerna på station KU9 endast skett vid ett tillfälle bör man dock vara försiktig med långtgående slutsatser vid jämförelser mellan 1930-talet och nutid.

För Jägerskiölds stationer 267 och 268 i djupintervallet 23-27 meter anges botten bestå av lera. Här fanns sjöpennan *Virgularia mirabilis*, borrsnäckan *Euspira pallida*, musslorna *Nuculana pernula*, *Arctica islandica*, *Musculus niger* och *Mya truncata* samt sjöstjärnan *Leptasterias danica*. 2007 besöktes 2 stationer i samma djupintervall, KU10 och KU11. Inte någon av de uppräknade arterna Jägerskiöld hade i sina prover återfanns. Eftersom observationerna på stationerna KU10 och KU11 endast skett vid ett tillfälle bör man dock vara försiktig med långtgående slutsatser vid jämförelser mellan 1930-talet och nutid.

Jägerskiölds station 269 på 29-30 meters djup motsvarar i grova drag den nuvarande stationen 69 (N6 inom det samordnade programmet). Jägerskiöld anger botten som mjuk lera med tunt svavelvätepåverkat lager vid sina 5 provtagningsstillfällen 1928, 1929 och 1937. Dagens observationer pekar på ungefär likartade bottenförhållanden men utan väsentlig påverkan av svavelväte. Bland mera intressanta arter noterar Jägerskiöld den rödlistade snäckan *Euspira pallida*. Dessutom fick han snäckan *Turritella communis* och musslorna *Nuculana minuta* och *Nuculana pernula* i sina prover. Samtliga är ovanliga i området numera. Föroreningsindikatorn *Capitella capitata* fanns däremot också i Jägerskiölds prover. Olsson (1969) kunde på grundval av uppgifter från Jägerskiölds kvantitativa bottenfaunaprover erhålla från Naturhistoriska museet i Göteborg konstatera att de båda ormstjärnorna *Amphiura filiformis* och *A. chiajei* hade ökat signifikant i förekomst under perioden 1937 – 1964. Detta kan bero på ökad näringstillförsel till de djupa bottenarna fram till 1960-talet.

Under perioden 1968-2009 har *Euspira pallida* inte påträffats någon gång vid 30 provtagningar. *Turritella communis* har påträffats 6 gånger vid dessa tillfällen, främst i början av perioden. Musslorna *Nuculana minuta* och *Nuculana pernula* har förekommit vid 5 respektive 7 tillfällen. Föroreningsindikatorn *Capitella capitata* har förekommit vid 10 tillfällen, med tydlig tonvikt på början av perioden. Mot bakgrund av ovanstående, och med reservation för skillnader i provtagningsmetodik, kan en viss förändring ha inträtt, främst med tanke på utebliven förekomst av rödlistade arter och svag förekomst av flera karaktärsarter som påträffades omkring 1930. Allt mindre förekomst av föroreningsindikatorn *Capitella capitata* i kombination med liten förekomst av svavelväte i botten tyder dock på viss förbättring av de oxiderade förhållandena under de senaste åren.

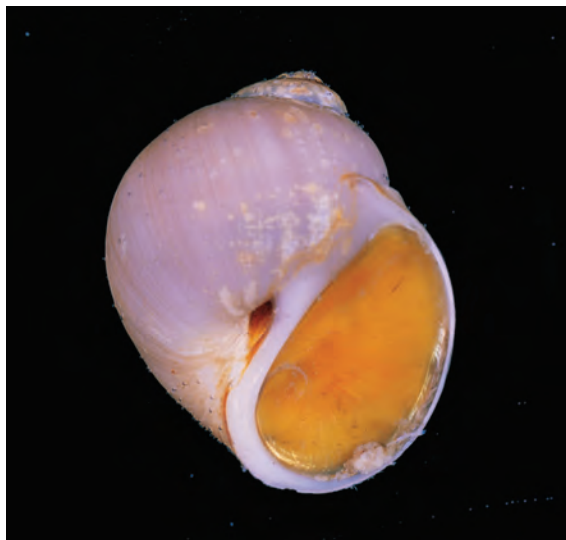
För Jägerskiölds station 279 i djupintervallet 37-38 meter anges botten bestå av mörk lera med svavelvätedoft. Här fanns 1929 bland annat musslan *Nuculana pernula*. Ett skrap utfördes 2007 i djupintervallet 33-34 meter. Musslan *Nuculana pernula*

återfanns inte men däremot påträffades en islandsmussla *Arctica islandica*. Eftersom observationerna 2007 endast skett vid ett tillfälle bör man vara försiktig med långtgående slutsatser av jämförelser mellan 1930-talet och nutid.

Observationerna från perioden 1969-2009 styrker i flera fall misstankarna om att förändringar av faunan har ägt rum sedan Jägerskiölds tid. Dagens observationer pekar på färre observationer av föroreningsindikatorn *Capitella capitata*. Detta är mycket glädjande och kan antyda mindre förekomst av syrebrist. Musslorna *Mya truncata* och *Nuculana pernula* och snäckan *Euspira pallida* verkar dock ha minskat eller försvunnit. Likaså verkar detta gälla för sjöpenann *Virgularia mirabilis*.

Sammanfattningsvis tyder jämförelserna med resultaten från omkring 1930 på att bottenförhållandena i Kungsbackafjorden inte förändrats storskaligt, men att det finns indikationer på ökad organisk belastning och sedimentation sedan dess. Under senare år kan möjligen skönjas vissa förbättringar av de oxiderade förhållandena i fjordens yttre del.

Svag förekomst eller frånvaro av rödlistade arter och svag förekomst av en del karaktärsarter antyder lägre biologisk variation numera och är mera oroande. Detta stämmer väl överens med observationer från Öresund (Göransson 2002 & 2004). Frånvaron av vissa arter av snäckor och musslor behöver inte nödvändigtvis sammanhålla med ändrade övergödnings- eller klimatförhållanden. Miljögifter, till exempel organiska tennföreningar som använts i båtbottnfärger, kan även misstänkas ha med detta att göra.



På 1930-talet fann L. A. Jägerskiöld borrsnäckan *Euspira pallida* i yttre Kungsbackafjorden. Denna snäcka har däremot inte påträffats vid upprepade provtagningar under perioden 1969-2009.

Utvecklingen i Kungsbackafjorden 1969-2009

Trendanalyser för huvudvariabler

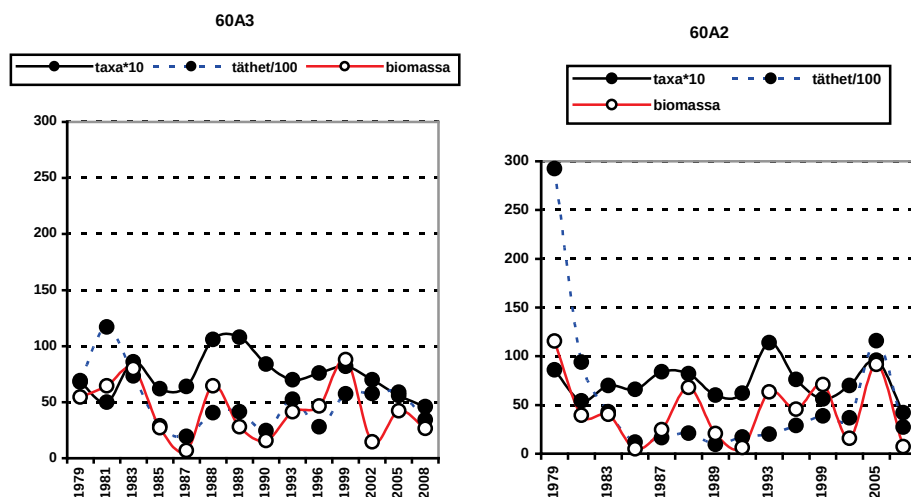
Utvecklingen 1969-2009 presenteras i separata diagram för de 8 djupare belägna stationerna. Huvudvariablerna, totala antalet taxa, individtätheten och biomassan har sammanställts för hela undersökningsperioden. Regressionsanalyser har genomförts

för samtliga variabler (24 st) för hela perioden. I de fall där det föreligger en signifikant trend ($p < 0,05$) presenteras denna separat för varje variabel i grafisk form. Samvariationer har studerats med hjälp av korrelationer (Spearman, 84 st) för perioden 1981-2008, den period varifrån det finns data för samtliga 8 stationer.

Presentationen har delats upp i samhällen eftersom stationerna finns i olika djupintervall och kan betraktas som helt olika miljöer som påverkas på olika sätt av omvärldsfaktorerna. Stationerna är belägna i brackvattensamhället (1-2 meter), *Macoma*-samhället (2-9 meter, ovan haloklinen), *Abra*-samhället (15-16 meter, i haloklinen) och *Amphiura*-samhället (27 meter, under haloklinen).

Brackvattensamhället (1-2 meters djup)

Utvecklingsmönstret för de båda grundaste stationerna längst in i Kungsbackafjorden, 60A3 och 60A2, är tämligen likartat även om det finns skillnader, figur 17. Individtätheten är extremt hög i inledningen av perioden 1979-2008 men minskar kraftigt under de närmaste åren. Relativt stora svängningar förekommer därefter på den grundaste stationen, 60A3. Antalet taxa och biomassan förändras på en avsevärt mindre skala. De extremt höga individtätheterna pekar troligen på mycket hög organisk belastning i början av perioden.



Figur 17. Antal taxa per prov, individtätheten ($\text{ind}/0,01\text{m}^2$) och biomassan (g/m^2) för stationerna 60A3 (1,5 m) och 60A2 (2,0 m) i inre Kungsbackafjorden under perioden 1979-2008.

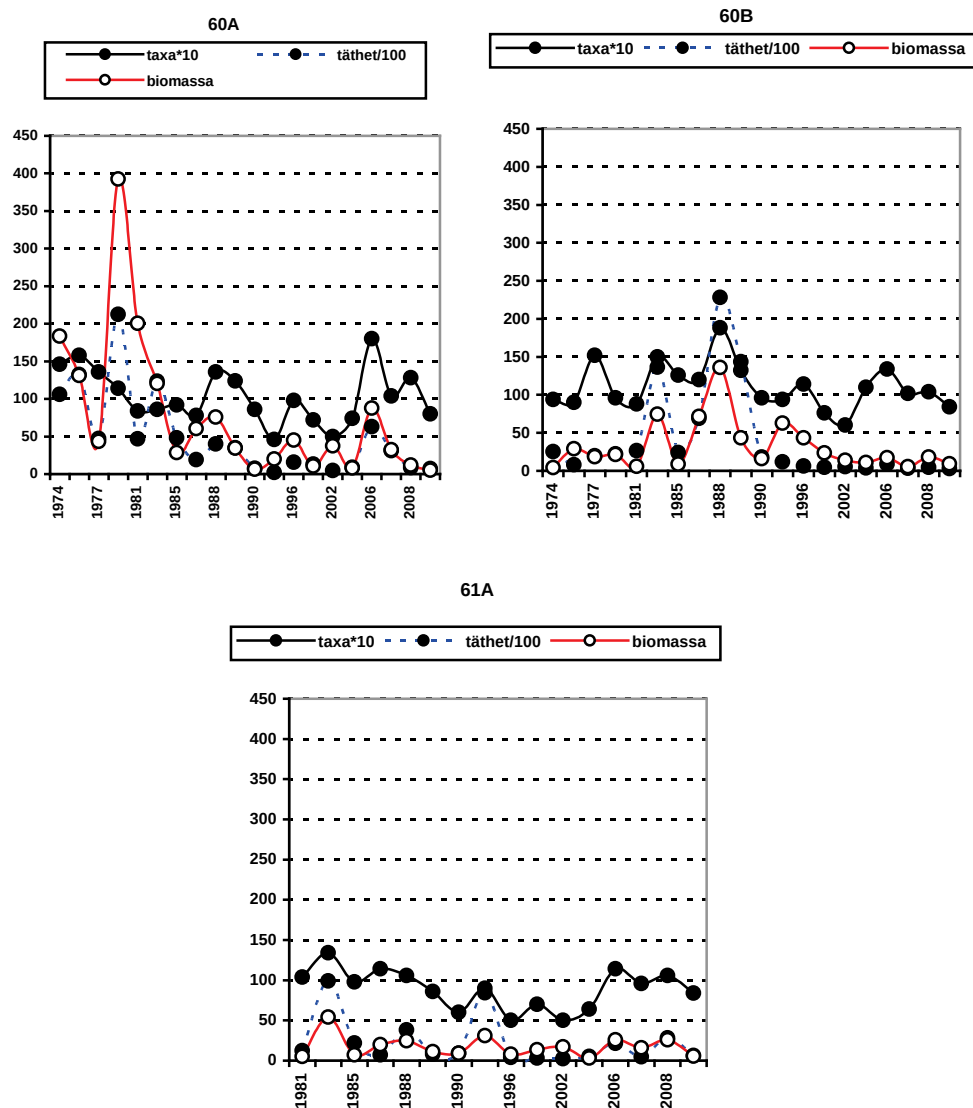
Inga statistiskt signifikanta trender kan noteras för de två stationerna i inre Kungsbackafjorden för hela perioden 1979-2008.

Macoma-samhälle (2-9 meters djup, ovan haloklinen)

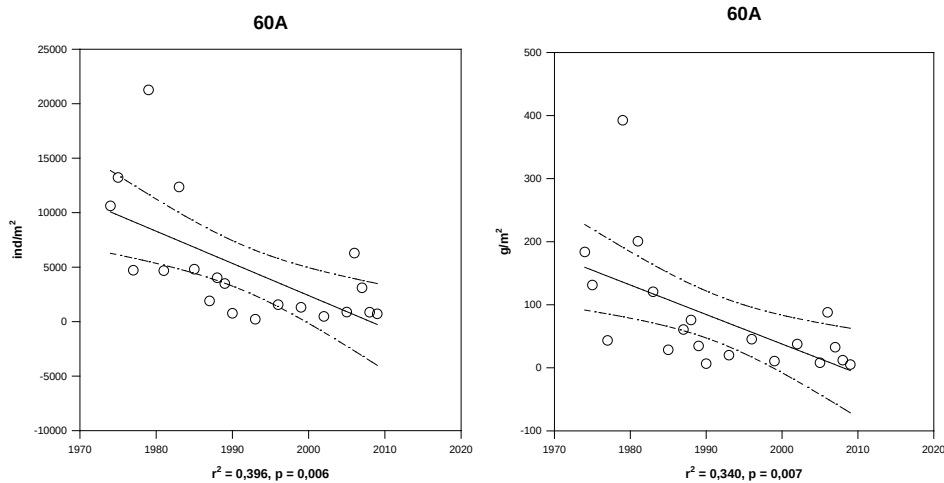
Utvecklingsmönstret för de tre något djupare stationerna lite längre ut i Kungsbackafjorden, 60A, 60B och 61A, skiljer sig något från varandra. Mycket kraftiga svängningar i biomassa och individtäthet sker vid något olika tidpunkter. Framförallt sker detta under den första tioårsperioden på den innersta stationen 60A, men verkar vara förskjutet något senare på den mellersta stationen 60B och är mera

utsträckt i tiden på den yttersta stationen 61A, figur 18. De kraftiga svängningarna i biomassa och individtätet pekar på stressade förhållanden.

Två statistiskt signifikanta trender kan noteras för de tre stationerna för hela 35-årsperioden 1974-2009 (stationerna 60A och 60B) och 28-årsperioden 1981-2006 (station 61A), vilket redovisas i figur 19. Både individtäteten och biomassan minskar signifikant på station 60A.



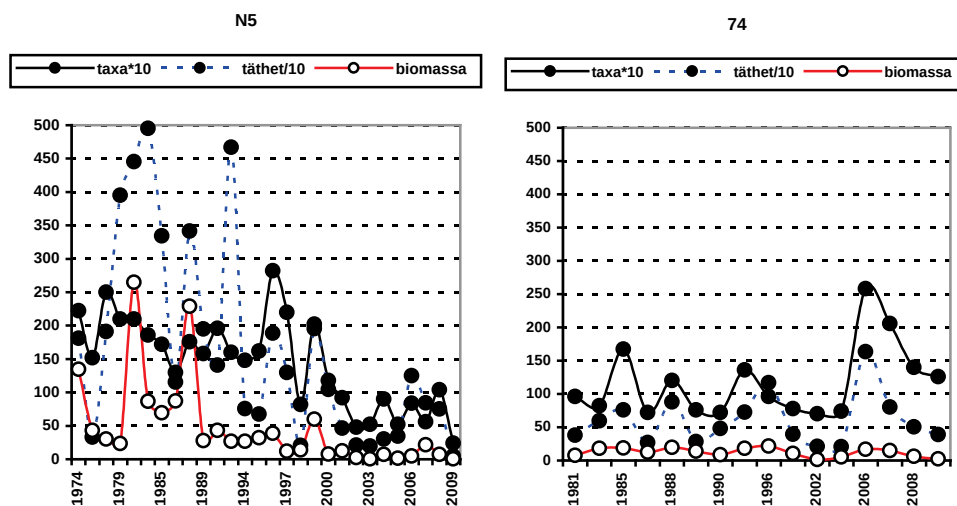
Figur 18. Antalet taxa, individtäteten (ind/m^2) och biomassan (g/m^2) för stationerna 60A (4 m) och 60B (5 m) och 61A (9 m) i Kungsbackafjorden under perioderna 1974/81-2009.



Figur 19. Utvecklingen av individtätheten och biomassan på station 60A under perioden 1974-2009. Linjär regression.

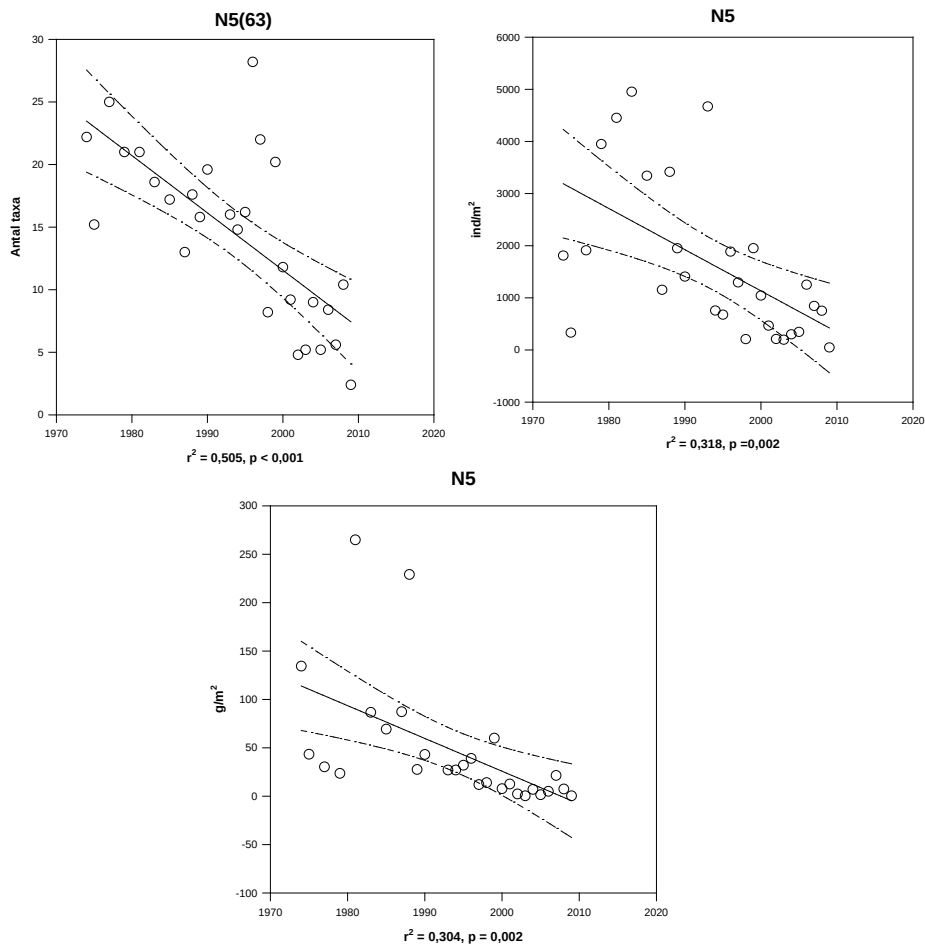
***Abra*-samhälle (15-16 meters djup, i haloklinen)**

Utvecklingsmönstret för den mellersta, ganska skyddade station N5, skiljer sig från den yttre, mera exponerade station 74, i fjordmynningen. Mycket kraftiga svängningar framförallt under 1970- och 1980-talet är tydliga på station N5 medan jämnare resultat har noterats för station 74. På senare år har synnerligen låga värden för samtliga variabler noterats för station N5, figur 20. Svängningarna har varit färre på station 74 och förändringarna har också varit mindre. De kraftiga svängningarna i samtliga variabler på station N5 pekar på mycket stressade förhållanden. Mätningar av sedimentets redoxpotential visar också på tidvis närmast anoxiska förhållanden i ytsedimentet. Den organiska belastningen är mycket hög på station N5 och sedimentet består till stora delar av delvis nedbrutet växtmaterial.



Figur 20. Antalet taxa, individtätheten (ind/m²) och biomassan (g/m²) för stationerna N5 (16 m) och 74 (15 m) i mellersta och yttre Kungsbackafjorden under perioderna 1974-2009 och 1981-2009.

Tre statistiskt signifikanta trender kan noteras för de två stationerna i mellersta och yttre Kungsbackafjorden för 35-årsperioden 1974-2009, figur 21. Samtliga tre variabler minskar signifikant på station N5.

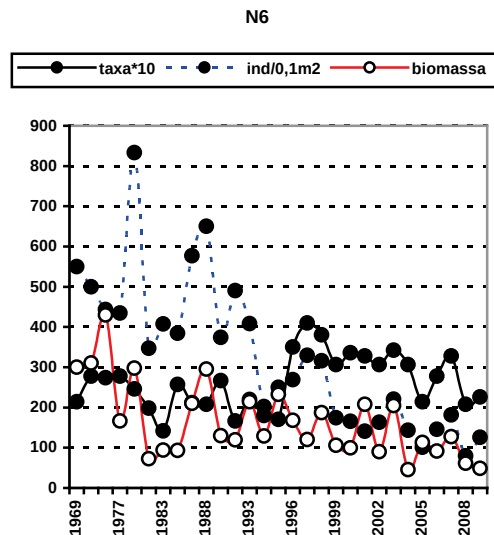


Figur 21. Utvecklingen antalet taxa, individtätheten och biomassan på station N5 och under perioden 1974-2009. Linjär regression.

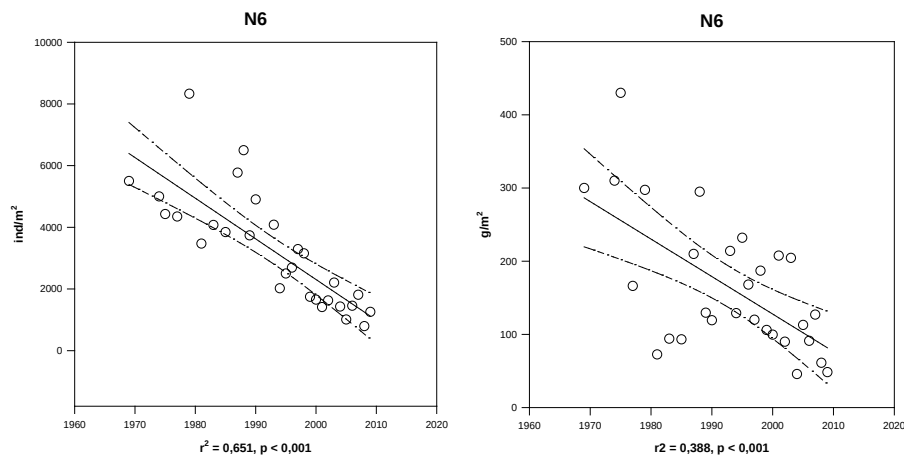
***Amphiura*-samhälle (27 meters djup, under haloklinen)**

Utvecklingsmönstret för den djupaste stationen, N6, i Kungsbackafjordens mynning skiljer sig framförallt från de övriga stationerna genom ett tydligt riktat förändringsmönster. Mycket kraftiga svängningar i individtäthet och biomassa är tydliga under de första 25 åren, därefter verkar förhållandena stabiliseras, figur 22.

I Kungsbackafjordens mynning är ackumulationen av organiskt material troligen mindre påtaglig än i den inre delen. Stationen är också djupare belägen under salthaltssprångskiktet vilket innebär att det lokala inflytandet troligen är mindre än inne i fjorden. De kraftiga svängningarna inledningsvis pekar på stressade förhållanden fram till 2000-talet.



Figur 22. Antalet taxa, individtätheten (ind/0,1m²) och biomassan (g/m²) för station N6 (27 m) i Kungsbackafjorden under perioden 1969-2009.



Figur 23. Utvecklingen av individtätheten och biomassan på station N6 under perioden 1969-2009. Linjär regression.

Individtätheten och biomassan minskar statistiskt signifikant för station N6 i fjordens mynning för 40-årsperioden 1969-2009, vilket är den längsta undersökningsperioden för de 8 stationerna i Kungsbackafjorden, figur 23.

Sammanfattningsvis kan under de senaste 28 till 40 åren 1969/81-2008/2009 konstateras enbart minskande trender för individtätheten och biomassan på de 8 stationerna i Kungsbackafjorden. Antalet taxa minskar på en station i den mellersta delen av fjorden. Individtätheten och biomassan minskar på tre av åtta stationer. Trenderna berör större delen av djupintervallet från 2 meters djup ner till en station på 27 meters djup väl under salthaltssprångskiktet. Trenderna berör också samtliga delar av fjorden, från fjordens inre del och ut till mynningen. Trenderna är ganska lika för flera stationer, med jämförelsevis kraftiga svängningar med omväxlande extremt höga värden och extremt låga värden fram till och med 1990-talet och därefter väsentligt lägre värden.

Det är svårt att helt säkert uttala sig om vad de minskande trenderna beror på men liknande trender finns för flera stationer i Kattegatt för perioden 1993-2007 (Göransson 2007). På några stationer kring haloklinen i Kungsbackafjorden, framförallt N5, kan nedgångarna troligen kopplas till hög organisk belastning och reducerade förhållanden i sedimentet. Övriga trender är svårare att förstå men det kan dock vara frågan om lokalt eller storskaligt minskande övergödning. Framförallt minskad biomassa pekar på detta. De extrema individtätheterna på flera stationer under 1980- och 1990-talen tyder däremot på mycket hög organisk belastning då.

Varför minskar bottenfaunan? Detta är mycket svårt att ge ett säkert svar på men två faktorer som säkerligen storskaligt påverkar bottenfaunan i området är tillgången på föda och förekomsten av syrebrist. Stor tillgång på föda gynnar bottenfaunans reproduktion och tillväxt medan däremot kraftig syrebrist kan slå ut djurlivet. Under 1980- och 1990-talen var den organiska belastningen troligen mycket hög vilket resulterade i omväxlande massförekomster av opportunistiska arter och utslagningar i stora delar av fjorden, men därefter har troligen den organiska belastningen minskat. Födobetingelserna och rekryteringen av unga bottendjur kan också ha varit ovanligt dåliga under de senaste åren. Detta skulle kunna bero på mindre förekomst av växtplankton. En dansk sammanställning av utvecklingen i södra Östersjön, Bälthavet, Öresund och Kattegatt visar också att växtplanktonbiomassan minskat under perioden 1979-2006. Detta kan främst bero på minskad belastning av kväve men även på ökad temperatur (Henriksen 2009). Klimatförändringar tycks alltså påverka produktionen av växtplankton som är bottendjurens föda. Ökad temperatur kan också dessutom på sikt påverka artsammansättningen av bottendjur och syreförhållandena i bottenvattnet. En kraftigare skiktning av vattenpelaren som förhindrar syretransporten från ytvatten till bottenvattnet, högre nedbrytningshastighet vid botten och minskad löslighet för syre är faktorer som tillsammans försämrar syreförhållandena om temperaturen ökar.

Även om den lokala transporten av kväve inte minskat tydligt tyder förändringar av faunan i innersta delen av fjorden på att lokala åtgärder varit betydelsefulla eftersom förekomsten av opportunistiska arter minskat markant. Näringsämnesbelastningen kommer dock inte enbart från lokala källor utan i stor grad även från långväga källor men halterna av näringsämnen i de yttre delarna av Kattegatt har minskat under de senaste 30 åren (Andersson & Andersson 2006).

Bottenfaunans utvecklingsmönster i Kungsbackafjorden verkar däremot inte stämma tydligt överens med det klimatbetingade s.k. NAO-indexet, som innebär en periodicitet på ca 8 år. Troligen överlagras utvecklingstrenden mot minskad organisk belastning dessa cykler.

Samvariationer

Antalet taxa samvarierar statistiskt signifikant i 2 fall (varav 1 positiv och en negativ samvariation), individtätheten i 5 fall (alla positiva) och biomassan i 6 fall (alla positiva), vilket redovisas i tabell 23-25. Totalt sett är detta utfall (>15 %) mer än vad som kan förväntas av slumpen.

Både djupa och grunda stationer samvarierar vilket pekar på att utvecklingen i hela fjorden till viss del påverkas av gemensamma faktorer.

Station	60A2	60A	60B	61A	74	N5	N6
60A3	0,742 0,00287 **	0,137 0,643 NS	-0,104 0,723 NS	0,0714 0,806 NS	-0,324 0,269 NS	0,297 0,313 NS	-0,385 0,186 NS
60A2		-0,00549 0,978 NS	-0,445 0,121 NS	-0,165 0,578 NS	-0,231 0,435 NS	-0,00549 0,978 NS	-0,522 0,0637 NS
60A			0,659 0,0132 *	0,33 0,261 NS	0,253 0,392 NS	0,533 0,0575 NS	0,291 0,323 NS
60B				0,467 0,102 NS	0,253 0,392 NS	0,571 0,0391 NS	0,786 <0,001 ***
61A					0,527 0,0605 NS	0,687 0,00866 **	0,473 0,0977 NS
74						0,566 0,0414 *	0,352 0,229 NS
N5							0,505 0,0739 NS

Tabell 25. Korrelationstabell (Spearman) för bottenfaunans biomassa i Kungsbackafjorden 1981-2008. Översta värdet = korrelationskoefficient, mittersta = p, signifikansvärde, * = $p < 0,05$, ** = $p < 0,01$, *** = $p < 0,001$, NS = Icke signifikant

Station	60A2	60A	60B	61A	74	N5	N6
60A3	0,703 0,00651 **	0,253 0,392 NS	0,223 0,447 NS	0,0165 0,949 NS	0,346 0,236 NS	0,341 0,244 NS	0,0714 0,806 NS
60A2		0,0604 0,835 NS	0,347 0,236 NS	0,033 0,906 NS	0,143 0,629 NS	0 0,993 NS	0,434 0,132 NS
60A			0,325 0,269 NS	0,203 0,493 NS	0,335 0,252 NS	0,648 0,0155 *	0,0385 0,892 NS
60B				0,748 0,00249 **	0,569 0,0391 *	0,245 0,403 NS	0,691 0,0079 **
61A					0,187 0,528 NS	0,044 0,878 NS	0,192 0,516 NS
74						0,434 0,132 NS	0,61 0,0254 *
N5							0,137 0,643 NS

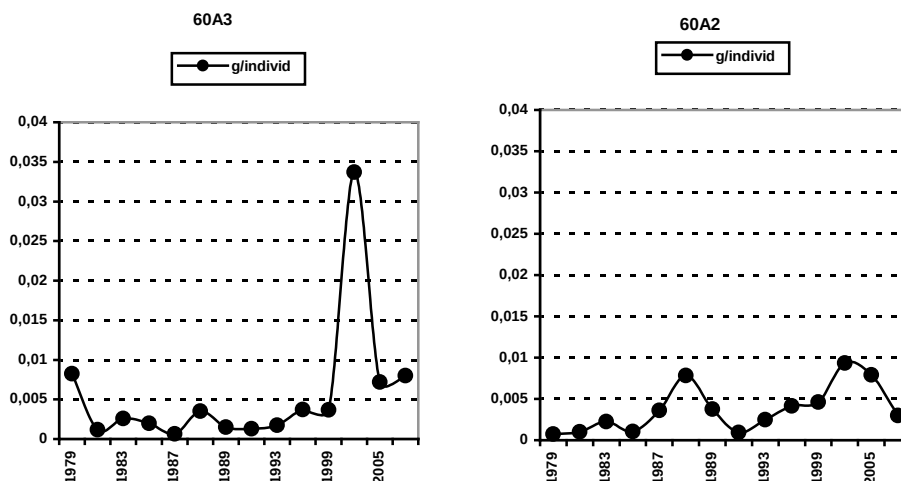
Trendanalyser för djurens medelstorlek

Utvecklingen i området 1969-2009 presenteras i separata diagram för de 8 djupare belägna stationerna. Medelstorleken, vikt/individ, har framräknats och sammanställts för de enskilda stationerna under hela undersökningsperioden. Regressionsanalyser har genomförts för samtliga variabler (10 st) för perioden. I de fall då det föreligger en signifikant trend ($p < 0,05$) presenteras denna separat i grafisk form. Presentationen har som tidigare delats upp i samhällen. Stora och slumpvis förekommande arter har uteslutits (*Buccinum undatum*, *Mytilus edulis*, *Modiolus modiolus*, *Scrobicularia plana*, *Mya arenaria*, *Arctica islandica*, *Polybius depurator* och *Brissopsis lyrifera*).

Samvariationerna har studerats med hjälp av korrelationer (Spearman, 28 st) för perioden 1981-2008, den period varifrån det finns data för samtliga 8 stationer.

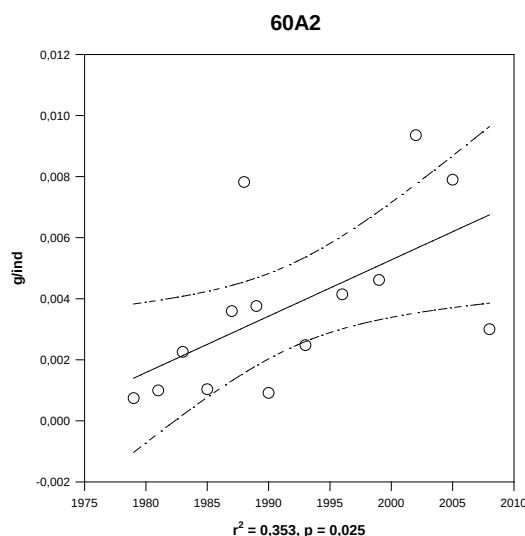
Brackvattensamhälle (1-2 meters djup)

Utvecklingsmönstret för de båda grundaste stationerna längst in i Kungsbackafjorden, 60A3 och 60A2, är mycket grovt sett, likartat även om det finns skillnader, figur 24. Individstorleken är genomgående låg i inledningen av perioden 1979-2008 och har en tendens att öka i dess slut. Gemensamma höga värden noteras framförallt 1988 och 2002.



Figur 24. Medelstorlek (g/individ) för bottenfaunan på stationerna 60A3 (1,5 m) och 60A2 (2,0 m) i inre Kungsbackafjorden under perioden 1979-2008.

En statistiskt signifikant trend kan noteras för de två stationerna i inre Kungsbackafjorden för 26-årsperioden 1979-2008, figur 25. Individstorleken ökar signifikant på den yttre stationen 60A2.



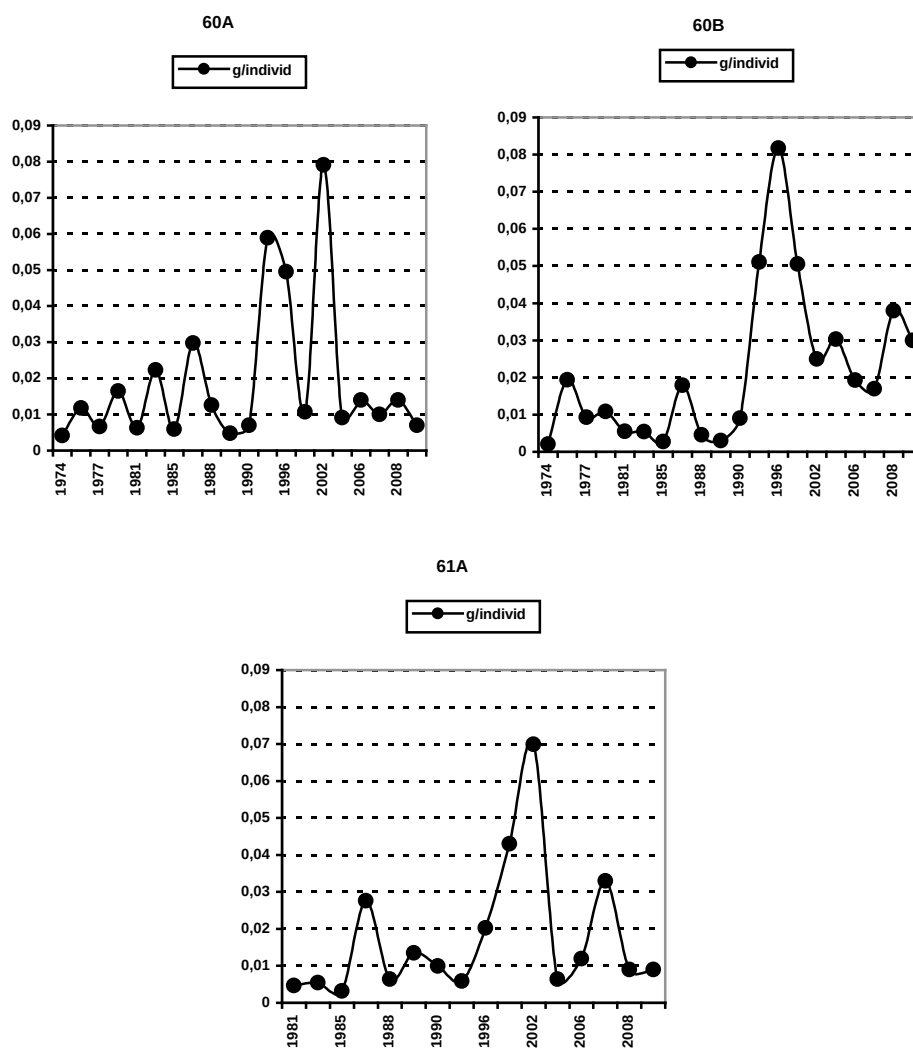
Figur 25. Utvecklingen av individstorleken på station 60A2 under perioden 1979-2008. Linjär regression.

Macoma-samhälle (2-9 meters djup, ovan haloklinen)

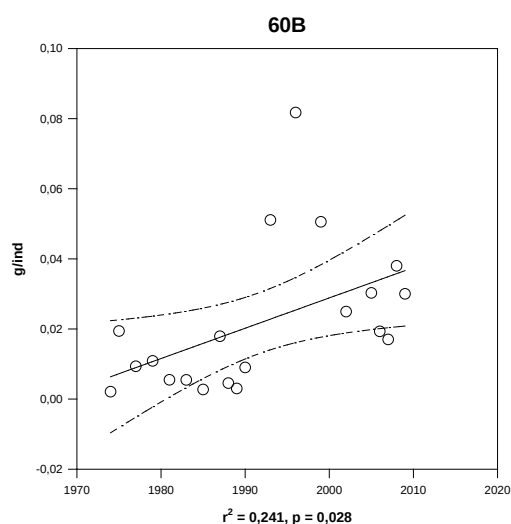
Utvecklingsmönstret för de tre något djupare stationerna lite längre ut i Kungsbackafjorden, 60A, 60B och 61A, är mycket grovt sett, likartat även om det finns skillnader, figur 26. Individstorleken är genomgående låg i inledningen av perioden 1979-2006 och har en tendens att öka i slutet av perioden. Denna tendens finns, som framgått, även på de innersta, grundaste, stationerna i fjorden. Gemensamma höga värden noteras framförallt för åren 1987, 1996 och 2002.

En statistiskt signifikant trend kan noteras för de tre stationerna under 35-årsperioden 1974-2009 (stationerna 60A och 60B) och för 28-årsperioden 1981-2009 (station 61A),

vilket redovisas i figur 27. Medelstorleken ökar signifikant på station 60B under perioden 1981-2009.



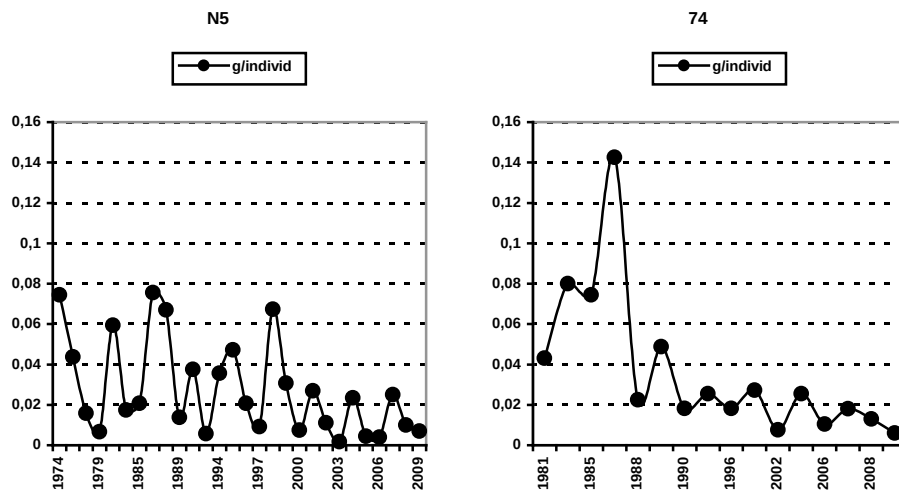
Figur 26. Individstorleken (g/individ) för stationerna 60A (4 m), 60B (5 m) och 61A (9 m) i Kungsbackafjorden under perioderna 1974/81-2009.



Figur 27. Utvecklingen av individstorleken (g/individ) för station 60B under perioden 1974-2009. Linjär regression.

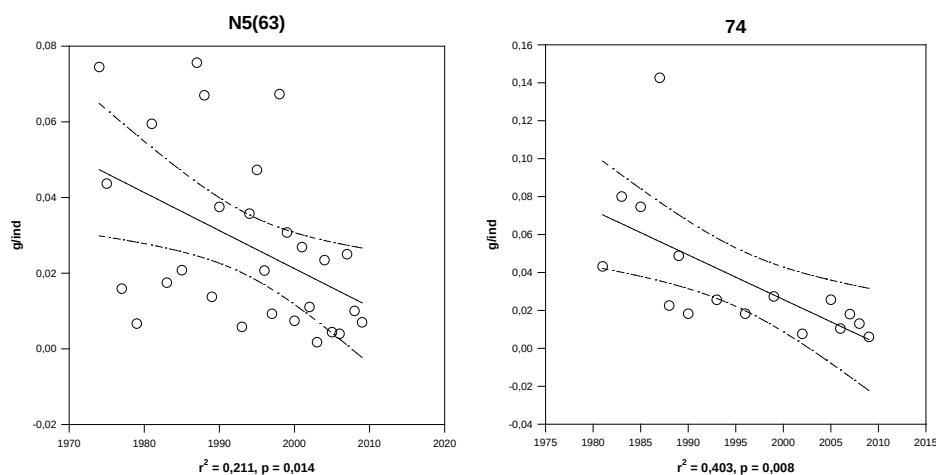
***Abra*-samhälle (15-16 meters djup, i haloklinen)**

Utvecklingsmönstret för den mellersta, ganska skyddade station N5, skiljer sig något från den yttre, mera exponerade station 74, i fjordmyrningen. Mycket kraftiga svängningar har varit karaktäristiskt för station N5 under perioden 1974-2009. På senare år har mycket låga värden noterats, figur 28. Svängningarna har varit något färre och mindre kraftiga på station 74 men det finns en tendens till minskande medelstorlek på båda stationerna. Gemensamma höga värden finns 1987 och 1999 samt gemensamma låga värden finns 2002 och 2006.



Figur 28. Individstorlek (g/individ) för stationerna N5 (16 m) och 74 (15 m) i mellersta och yttre Kungsbackafjorden under perioderna 1974-2009 och 1981-2009.

Statistiskt signifikanta minskande trender kan noteras för båda stationerna i mellersta och yttre Kungsbackafjorden för 35-årsperioden 1974-2009 respektive 28-årsperioden 1981-2009, figur 29.

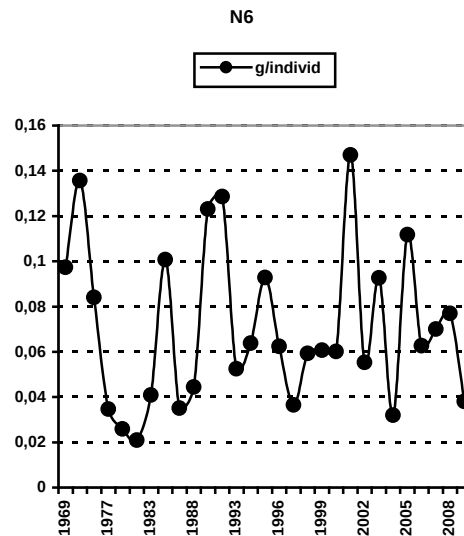


Figur 29. Utvecklingen av individstorleken (g/ind) på stationerna N5 och 74 under perioderna 1974-2009 respektive 1981-2009. Linjär regression.

***Amphiura*-samhälle (27 meters djup, under haloklinen)**

Inget tydligt utvecklingsmönster för individstorleken finns för den djupaste stationen, N6, i Kungsbackafjordens mynning. Kraftiga svängningar i medelstorlek är

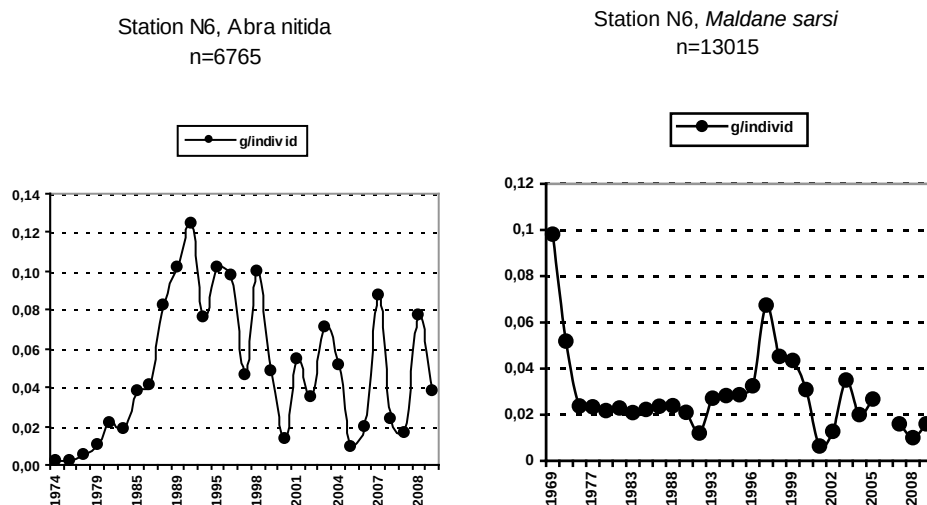
karaktäristiskt för hela perioden, figur 30. Låga värden noteras för flera år i början av perioden, särskilt 1979 och 1981, och höga värden noteras i slutet av perioden, särskilt 2001. Detta kan dock antyda en svag tendens till ökad medelstorlek.



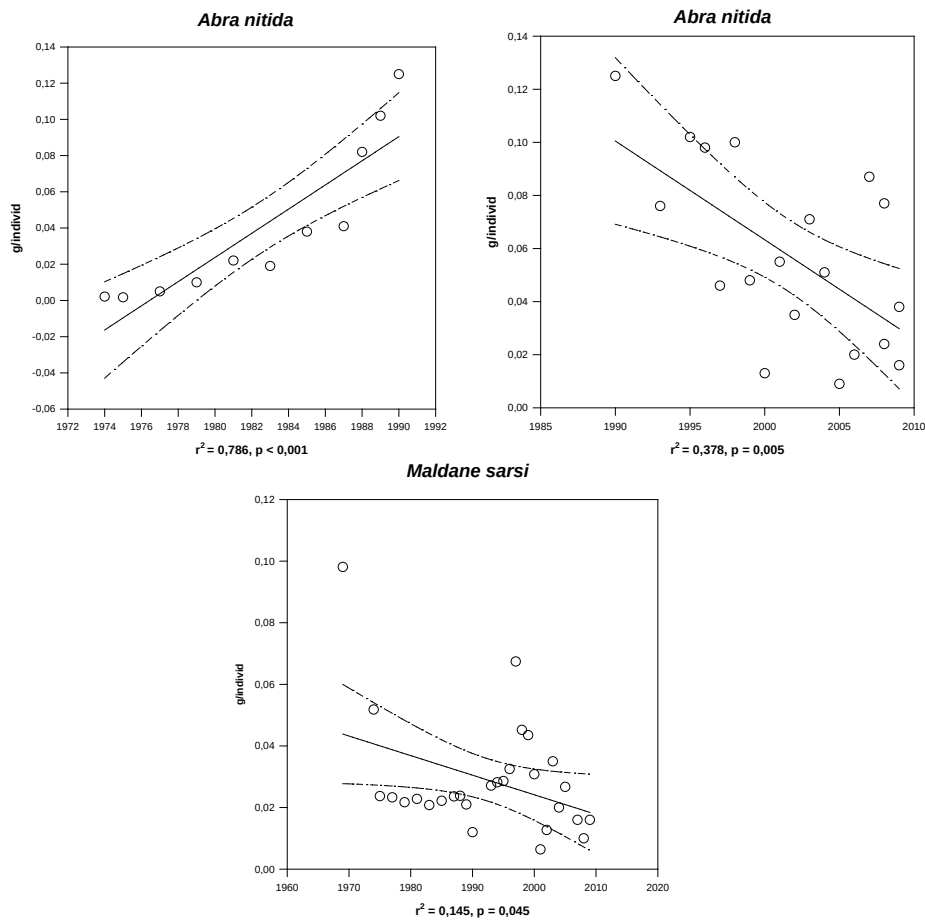
Figur 30. Utvecklingen av individstorleken (g/individ) för station N6 (27 m) i Kungsbackafjorden under perioden 1969-2009.

Om man ser till vissa enskilda dominerande depositionsätare finns antydning om en riktad utveckling under perioden. Här har valts två taxa med stort datamaterial och där det är troligt att metodiken (vägningen) inte skiljer sig på ett betydelsefullt sätt mellan olika utförare. De arter som valts är musslan *Abra nitida* (n = 6451) och havsborstmasken *Maldane sarsi* (n = 13004), figur 45.

Dessa båda arter har en något olika statistiskt signifikant förändring i medelstorlek under perioden 1969-2009. *Abra nitida* ökade kraftigt i storlek 1969-1990 och minskade därefter svagt fram till 2009. *Maldane sarsi* har minskat svagt under hela perioden, figur 31 och 32. Tillväxten hos dessa arter beror sannolikt på födotillgången (den organiska belastningen) under olika år.



Figur 31. Individstorleken (g/individ) för musslan *Abra nitida* och havsborstmasken *Maldane sarsi* på station N6 (27 m) i yttre Kungsbackafjorden under perioden 1969-2009.



Figur 32. Individstorleken (g/individ) för musslan *Abra nitida* och havsborstmasken *Maldane sarsi* på station N6 (27 m) i yttre Kungsbackafjorden under perioden 1969-2009. Överst *Abra nitida* 1969-1990 (till vänster) och 1990-2009 (till höger). Underst *Maldane sarsi* 1974-2009.

Statistiskt signifikanta trender i medelstorlek kan sammanfattningsvis noteras för mer än hälften av stationerna i Kungsbackafjorden. För två stationer över haloklinen noteras ökningarna och för två stationer i haloklinen noteras minskningar samt för den enda stationen under haloklinen finns en tendens till ökad storlek.

Positiva samvariationer kan konstateras i 2 fall och berör grunda stationer i Brackvatten- och *Macoma*-samhällena, tabell 26. Dessa stationer har en mycket likartad artsammansättning som väsentligt skiljer sig från den djupare faunan. En negativ samvariation föreligger mellan den grundaste stationen, 60A3 och den medeldjupa station 74.

Tabell 26. Korrelationstabell (Spearman) för bottenfaunans medelstorlek i Kungsbackafjorden 1981-2008. Översta värdet = korrelationskoefficient, mittersta = p, signifikansvärde, * = $p < 0,05$, ** = $p < 0,01$, *** = $p < 0,001$, NS = Icke signifikant

Station	60A2	60A	60B	61A	74	N5	N6
60A3	0,665 0,0122 *	0,385 0,186 NS	0,418 0,148 NS	0,286 0,332 NS	-0,61 0,0254 *	-0,582 0,0347 NS	0,231 0,435 NS
60A2		0,363 0,214 NS	0,302 0,304 NS	0,588 0,0327 NS	-0,297 0,313 NS	-0,269 0,362 NS	0,0275 0,921 NS
60A			0,632 0,0193 *	0,379 0,192 NS	-0,357 0,221 NS	-0,214 0,469 NS	-0,44 0,126 NS
60B				0,451 0,116 NS	-0,473 0,0977 NS	-0,374 0,199 NS	-0,022 0,935 NS
61A					-0,335 0,252 NS	0,022 0,935 NS	0,159 0,591 NS
74						0,33 0,261 NS	-0,319 0,278 NS
N5							-0,401 0,166 NS

Det är intressant att år 2002 noterades de högsta medelvärdena på 4 av de fem stationerna ovan haloklinen medan genomgående låga värden noterades på de tre stationerna i och under haloklinen. Detta kan vara en indikation på att stationer i olika djupintervall påverkas olika av organisk belastning. Hög belastning är vanligtvis positivt för faunans tillväxt på grunda bottenar eftersom syrebrist sällan uppstår ovan haloklinen. Däremot kan hög belastning vara ödesdigert på bottenar i och under haloklinen där syreförhållandena lätt blir ansträngda. År 2002 är känt som det år då syreförhållandena var som sämst i Kattegatt.

Ökande medelstorlek på de innersta bottenarna kan vara ett positivt tecken på att miljöförhållandena håller på att förbättras ovan haloklinen i Kungsbackafjorden eftersom detta är ett resultat av att små kortlivade opportunistiska arter minskar medan större mera långlivade arter ökar. Det motsatta gäller troligen bottenarna i och under haloklinen. Minskad medelstorlek har tidigare satts i samband med ökad organisk belastning (Göransson 2002).

Om man ser till två enskilda depositionsätare, vars tillväxt sannolikt beror på storleken av den organiska belastningen, ökade tillväxten stadigt under 1980- och 1990-talen på den djupaste botten varefter det finns en viss tendens till minskad tillväxt. Detta kan tolkas som om den organiska belastningen även minskat på den djupaste botten under de senaste åren.

Förändringar i djurens medelstorlek kan alltså tolkas på olika sätt beroende på vilket utvecklingsskede bottenfaunan befinner sig i. Om faunan har ett stort inslag av små opportunistiska arter, som vid extremt hög organisk belastning eller efter en syrebrist, kan ökad medelstorlek ses som ett positivt tecken. Om faunan framförallt består av relativt stora arter, som vid medelhög belastning, kan en minskad storlek ses som ett tecken på minskad belastning, på grund av minskad tillväxt.

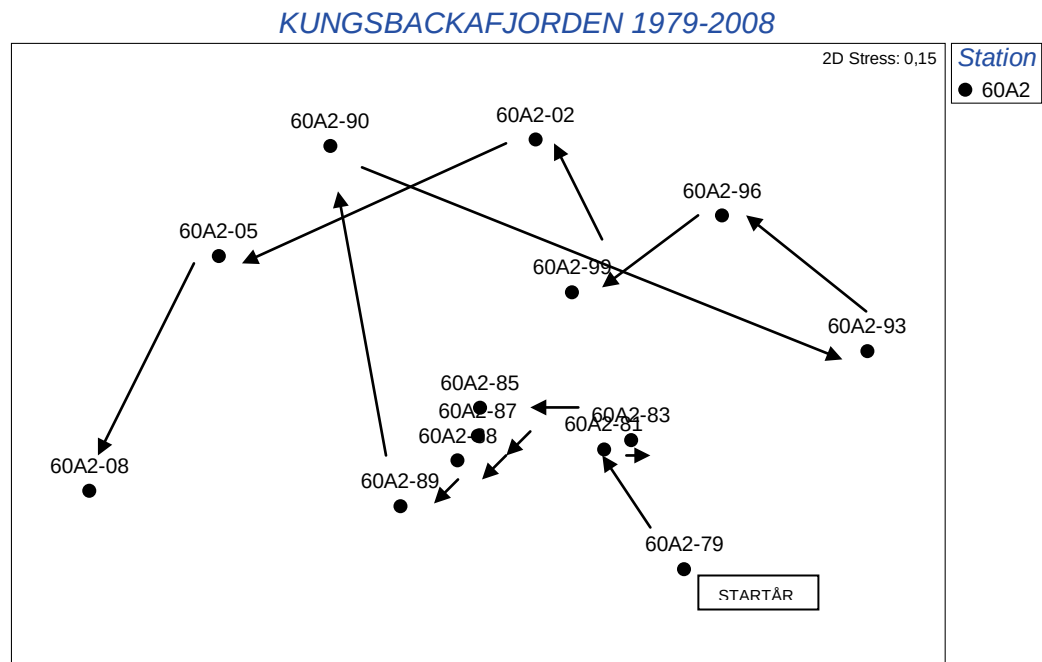
Multidimensionell skalning (MDS)

Utvecklingen för enskilda stationer under perioden 1969-2009 presenteras med hjälp av MDS-ordination på dubbelrottransformerade data och Bray-Curtis likhetskoefficient enligt PRIMER (Clark & Warwick 1994). Presentationen har, som tidigare, delats upp i de samhällen som finns i olika djupintervall.

Brackvattensamhälle (1-2 meters djup)

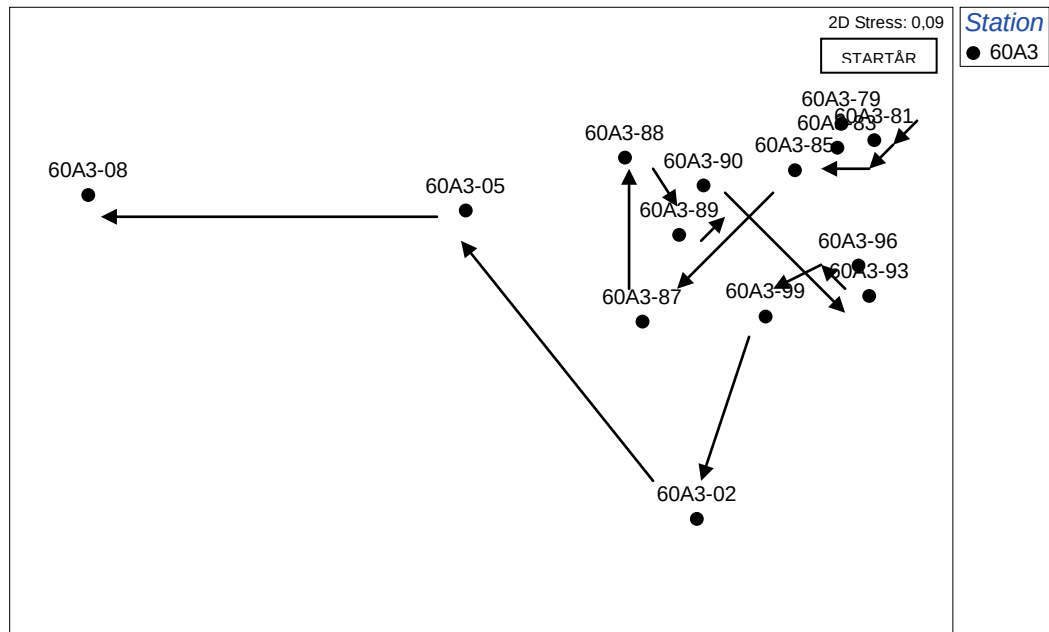
Utvecklingen för de båda grundaste stationerna i Kungsbackafjorden, 60A3 och 60A2, har varit likartad, figur 33 och 34.

Båda stationerna tycks befinna sig i ett jämviktsläge fram till 1990-talet varefter större förändringar sker och resultaten fjärrar sig allt mer från startåret. Stress för MDS-plottarna uppgår till mellan 0,09 och 0,15 vilket endast ger en potentiellt användbar bild och detaljer bör därför tolkas med skepsis.



Figur 33. Utvecklingen på station 60A2 under perioden 1979-2008. MDS baserad på Bray-Curtis likhetskoefficient (dubbelrottransformerade data).

KUNGSBACKAFJORDEN 1979-2008

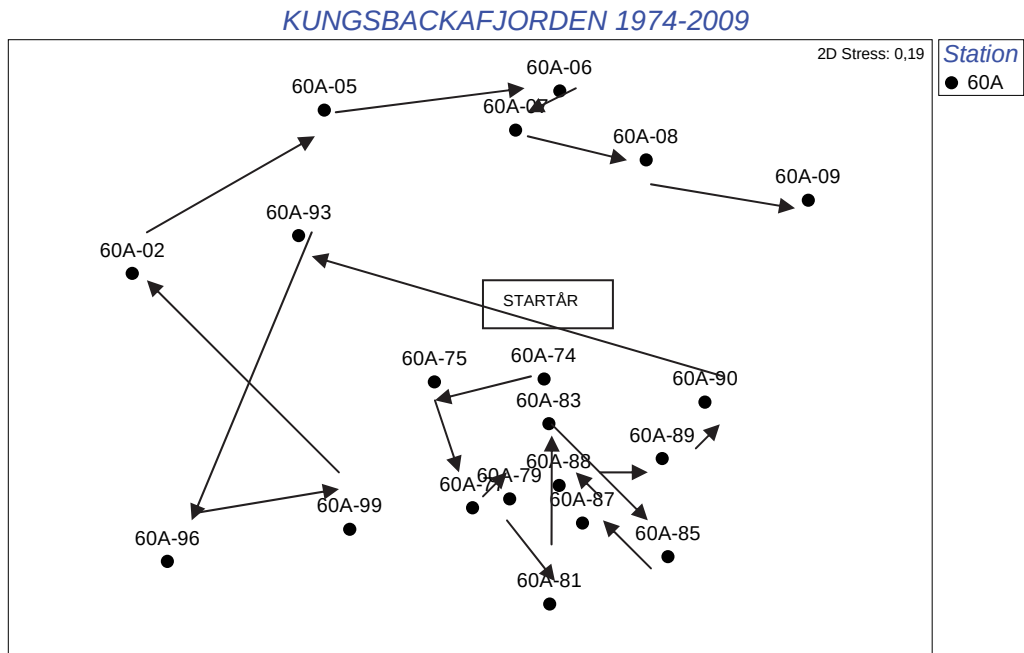


Figur 34. Utvecklingen på station 60A3 under perioden 1979-2008. MDS baserad på Bray-Curtis likhetskoefficient (dubbelrottransformerade data).

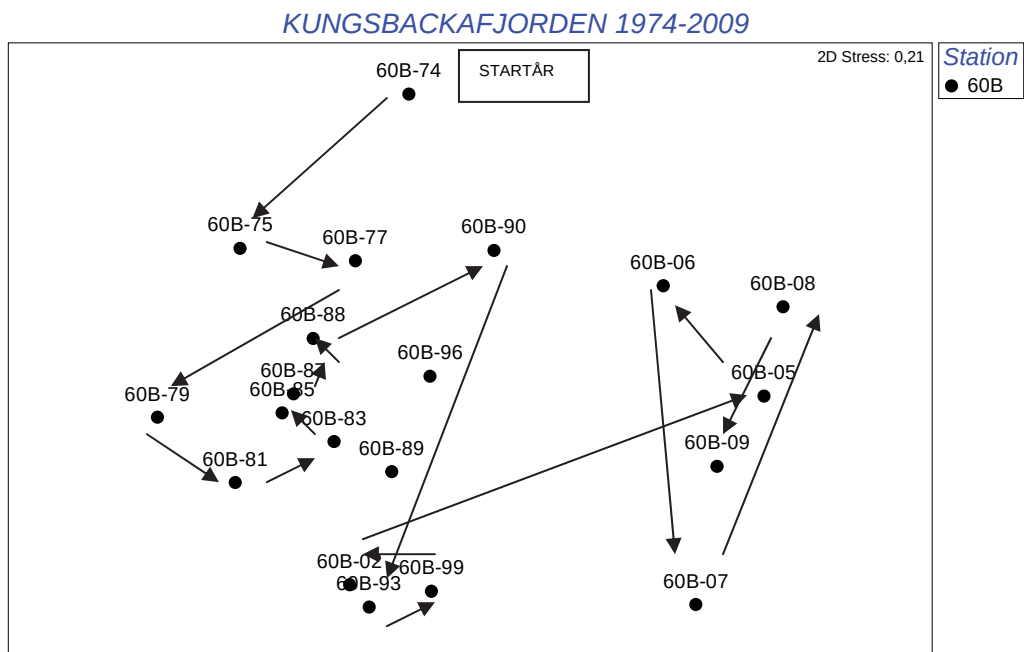
Macoma-samhälle (2-9 meters djup, ovan haloklinen)

Utvecklingsmönstret för de tre något djupare stationerna lite längre ut i Kungsbackafjorden, 60A, 60B och 61A, är något olika, även om det finns vissa gemensamma drag, figur 35-37. På den innersta stationen 60A verkar förändringarna vara helt gemensamma med de båda grundaste stationerna, 60A3 och 60A2, det vill säga små förändringar fram till 1990 och därefter väsentligt större. Särskilt stora förändringar har inträffat under 2000-talet. På station 60B, lite längre ut i fjorden, sker stora förändringar under hela perioden, särskilt i inledningen och i slutet, från och med 2005. Det senare verkar även gälla för station 61A, där förändringarna snarast verkar öka med åren. För samtliga tre stationer gäller att de sista årens resultat ligger långt från startåret.

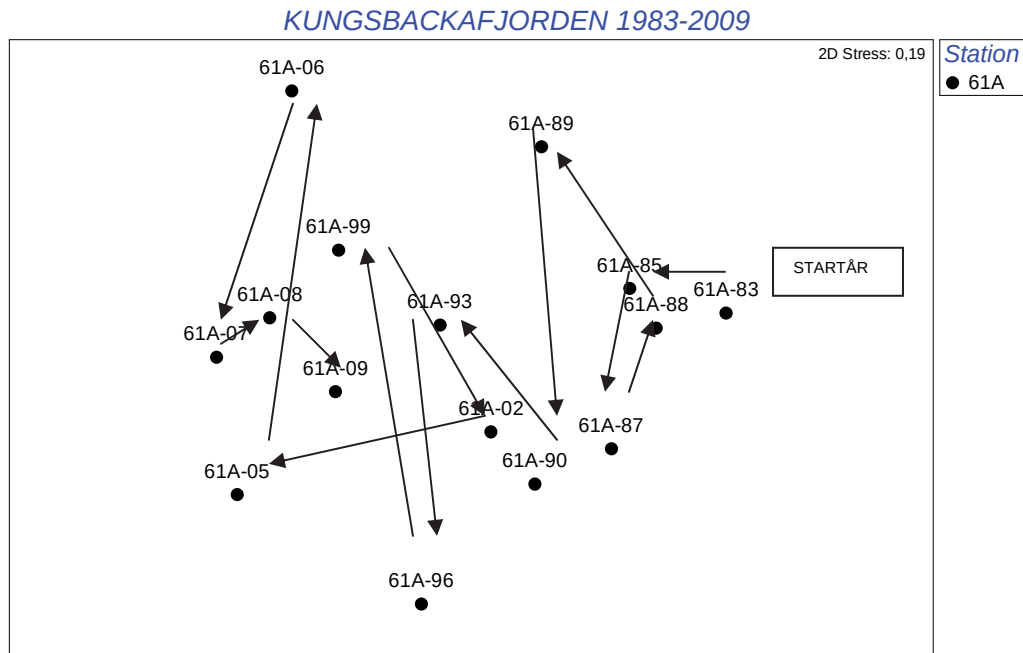
Stress för MDS-plottarna uppgår till mellan 0,19 och 0,21 vilket endast ger en potentiellt användbar bild och detaljer bör därför tolkas med skepsis.



Figur 35. Utvecklingen på station 60A under perioden 1974-2009. MDS baserad på Bray-Curtis likhetskoefficient (dubbelrottransformerade data).



Figur 36. Utvecklingen på station 60B under perioden 1974-2009. MDS baserad på Bray-Curtis likhetskoefficient (dubbelrottransformerade data).



Figur 37. Utvecklingen på station 61A under perioden 1981-2009. MDS baserad på Bray-Curtis likhetskoefficient (dubbelrottransformerade data).

***Abra*-samhälle (15-16 meters djup, i haloklinen)**

Mycket kraftiga förändringar har varit karaktäristiskt för båda stationerna i haloklinen, figur 38 och 39.

Station 74, i fjordmynningen, verkar utvecklas kring ett jämviktsläge fram till 2000-talet, därefter sker större förändringar skilda från resultaten på 1980- och 1990-talen. Utvecklingsmönstret för den mellersta, ganska skyddade station N5, skiljer sig något från den yttre, mera exponerade station 74. På station N5 sker endast smärre förändringar under de första åren, 1993-97, därefter sker en reversibel förändring 1998-99, varefter flera stora förändringar sker. Resultaten från 2000-talet verkar tydligt skilda från 1980- och 1990-talen, precis som för station 74.

Stress för MDS-plottarna uppgår till mellan 0,14 och 0,17 vilket endast ger en potentiellt användbar bild och detaljer bör därför tolkas med skepsis.



Figur 38. Utvecklingen på station 74 under perioden 1981-2009. MDS baserad på Bray-Curtis likhetskoefficient (dubbelrottransformerade data).

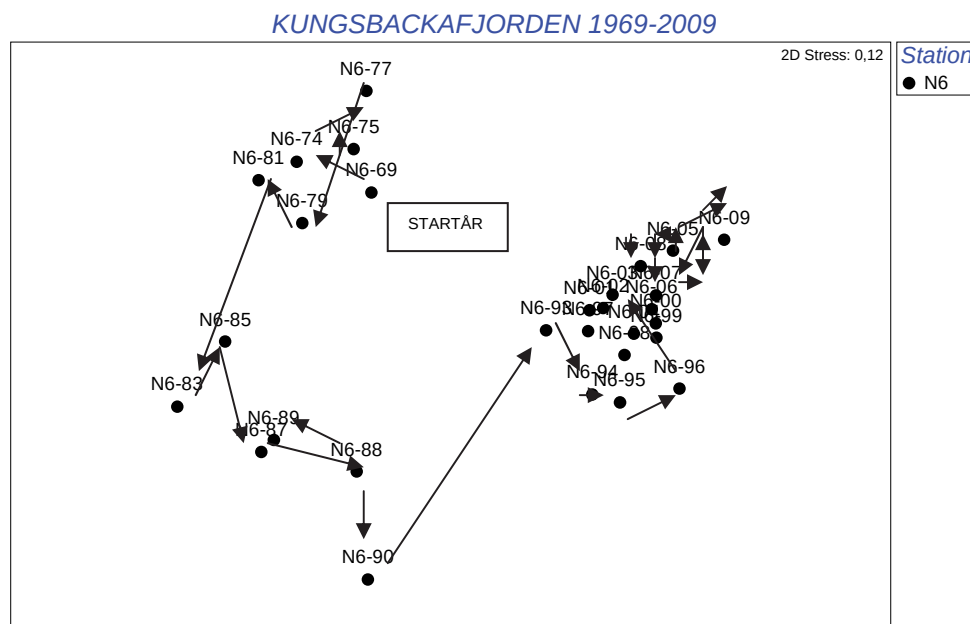


Figur 39. Utvecklingen på station N5 under perioden 1974-2009. MDS baserad på Bray-Curtis likhetskoefficient (dubbelrottransformerade data).

Amphiura-samhälle (27 meters djup, under haloklinen)

På station N6 sker förändringar kring vad som kan betraktas som ett jämviktsläge 1968-81, varefter en serie stora förändringar sker med kulmen 1993, figur 40. Under de följande åren äger endast smärre förändringar rum vilket tyder på stabilisering. Under perioden 1994-2009 tycks alltså förändringarna ske kring ett nytt jämviktsläge.

Stress för MDS-plotten uppgår till 0,12 vilket endast ger en potentiellt användbar bild och detaljer bör därför tolkas med skepsis.



Figur 40. Utvecklingen på station N6 under perioden 1969-2009. MDS baserad på Bray-Curtis likhetskoefficient (dubbelrottransformerade data).

Om man generaliserar mycket grovt förändras stationerna på ett likartat sätt inom respektive djupintervall. Detta kan bero på att de påverkas på samma sätt av samma faktorer. Sammantaget innebär förändringarna under hela perioden att bottnar ovan haloklinen förändras kraftigast efter 1990 och uppvisar helt andra resultat under 2000-talet jämfört med startåret. Station 61A verkar däremot gå mot ökad instabilitet under hela perioden. Stationerna i haloklinen, 74 och N5, förändras kraftigt under hela perioden och särskilt under 2000-talet. Den enda stationen under haloklinen, N6, uppvisar två jämviktslägen under perioden varav det senare verkar innebära ökad stabilitet.

Diversitetsindex

Utvecklingen i området 1969-2009 presenteras i separata diagram för de 8 regelbundet besökta stationerna. Tre diversitetsindex nämligen, Shannon-Wieners index, Margalefs index och Benthic Quality Index (BQI) har framräknats och sammanställts för de enskilda stationerna under hela undersökningsperioden.

För att illustrera resultaten i relation till statusgränserna enligt Naturvårdsverkets nya bedömningsgrunder särredovisas dessutom Benthic Quality Index (BQI).

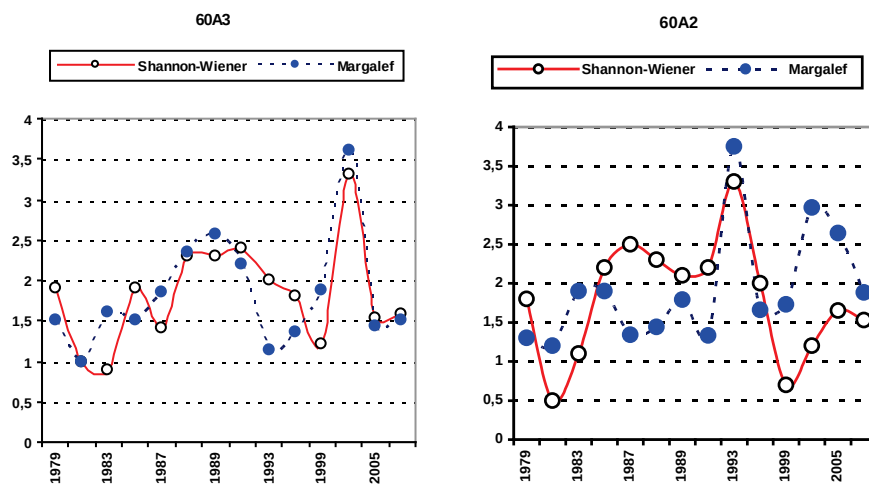
Regressionsanalyser har genomförts för samtliga variabler (24 st) för perioden. I de fall att det föreligger en signifikant trend ($p < 0,05$) presenteras denna separat i grafisk form. Presentationen har, som tidigare, delats upp i samhällen.

Samvariationer har studerats med hjälp av korrelationer (Spearman, 84 st) för perioden 1981-2008, den period varifrån det finns data för samtliga 8 stationer.

Brackvattensamhälle (1-2 meters djup)

Utvecklingsmönstret för de båda grundaste stationerna längst in i Kungsbackafjorden, 60A3 och 60A2, är mycket likartat även om det finns skillnader, figur 41. De olika indexen följer ett likartat mönster. Det finns en tendens till ökande värden på båda stationerna men det finns inga statistiskt signifikanta trender för hela perioden 1979-2008.

BQI bör inte tillämpas på stationer grundare än 5 meters djup och har därför inte framräknats för stationerna 60A3 och 60A2.

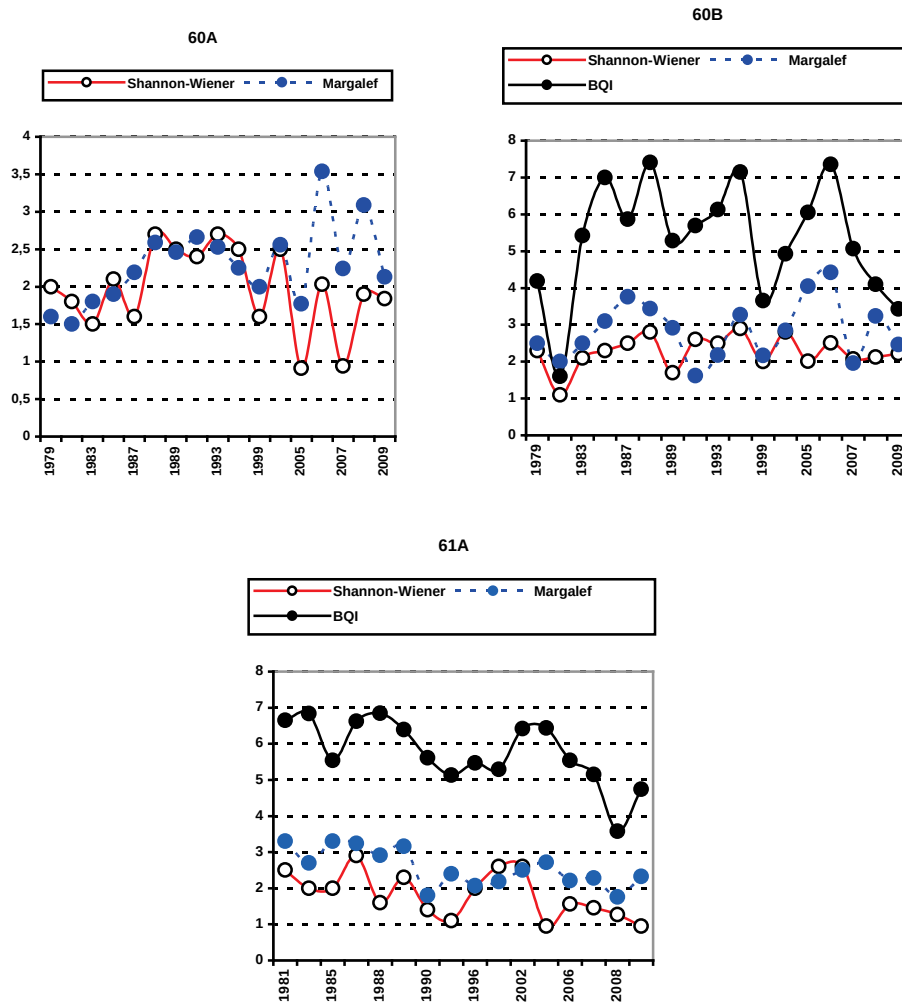


Figur 41. Två diversitetsindex för bottenfaunan på stationerna 60A3 (1,5 m) och 60A2 (2,0 m) i inre Kungsbackafjorden under perioden 1979-2008.

Macoma-samhälle (2-9 meters djup, ovan haloklinen)

Det finns en viss skillnad i utvecklingsmönstret för de tre något djupare stationerna lite längre ut i Kungsbackafjorden, 60A, 60B och 61A, figur 42. De olika indexen förändras likartat men BQI uppvisar störst svängningar i resultat. BQI bör inte tillämpas på stationer grundare än 5 meters djup och har därför inte framräknats för station 60A.

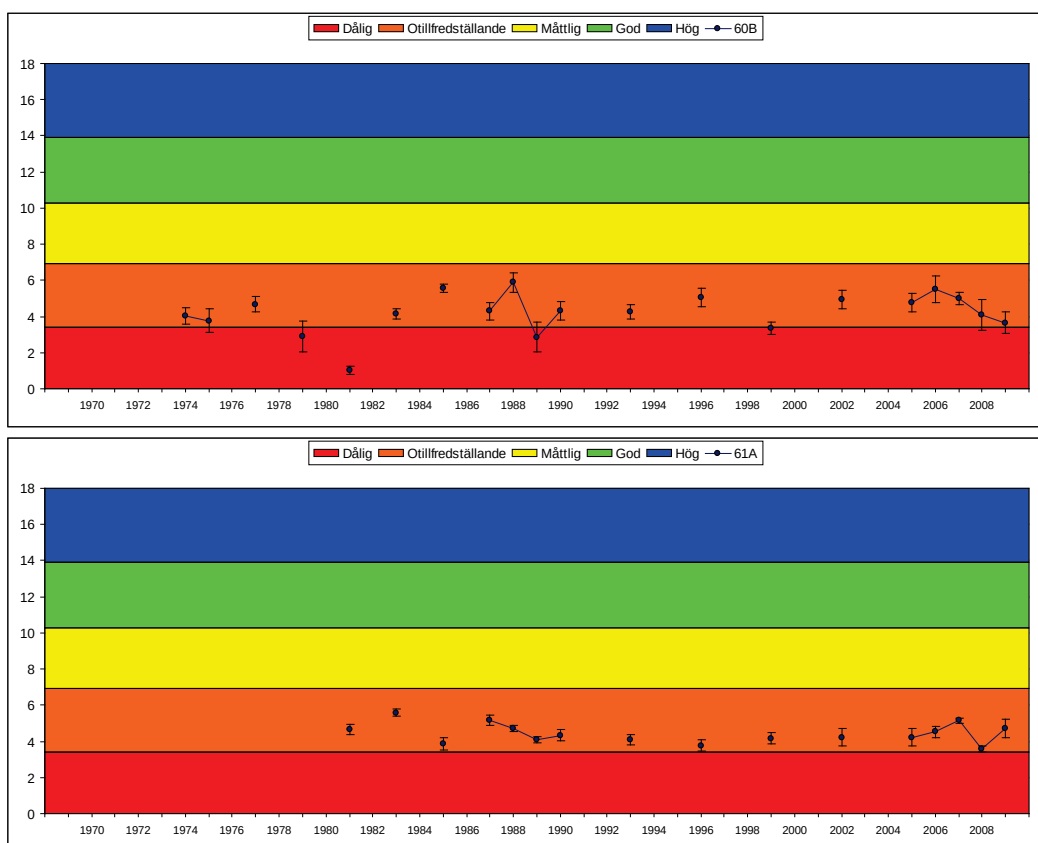
Det finns en tendens till ökande värden för de två innersta stationerna, 60A och 60B, medan det finns en tendens till minskande värden på den yttersta stationen, 61A (fig.54).



Figur 42. Diversitetsindex för stationerna 60A (4 m) och 60B (5 m) och 61A (9 m) i Kungsbäckafjärden under perioderna 1974/81-2009.

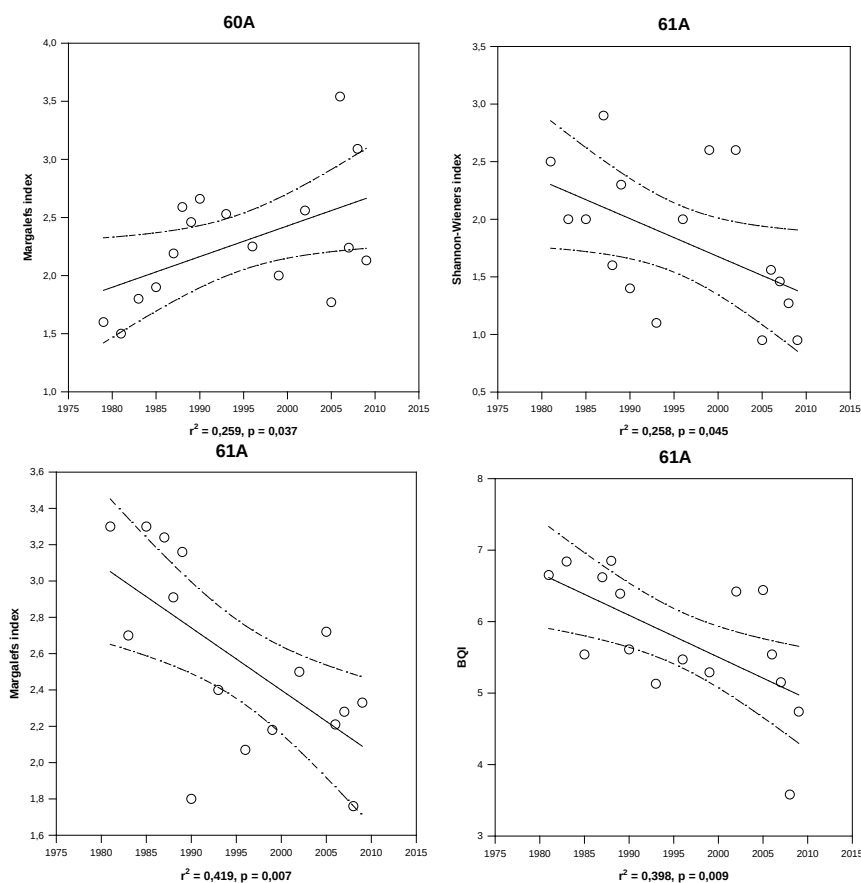
Om man utgår från Naturvårdsverkets nya bedömningsgrunder är förhållandena otillfredsställande på stationerna 60B och 61A, vilket redovisas i figur 43. Under nästan hela perioden 1974-2009 ligger Benthic Quality Index (BQI) på denna nivå. Under några år på 1980-talet faller BQI till och med inom ramen för vad som kan betecknas som dålig status på station 60B.

Det är frågan om BQI riktigt passar för att värdera dessa grunda bottnar vars fauna är tämligen artfattig och till stor del består av stresstoleranta arter, vilket är naturligt på grunt vatten.



Figur 43. Benthic Quality Index (BQI) för stationerna 60B (5 m) och 61A (9 m) i Kungsbackafjärden under perioderna 1974/81-2009 i relation till olika klassgränser.

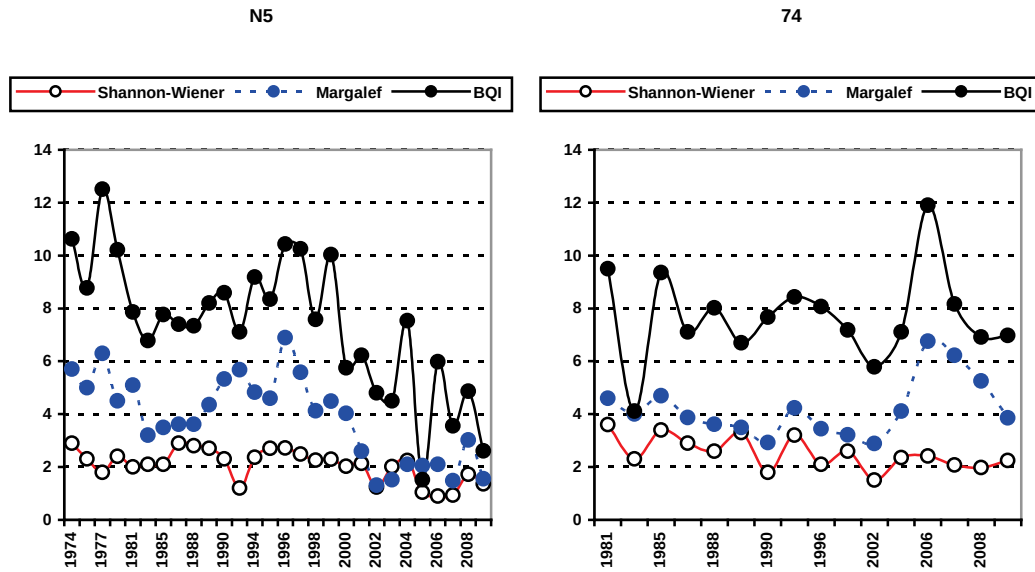
Fyra statistiskt signifikanta trender kan också noteras för de tre stationerna under 35-årsperioden 1974-2009 (stationerna 60A och 60B) och 28-årsperioden 1981-2009 (station 61A), vilket redovisas i figur 44. Margalefs index ökar signifikant på station 60A medan alla tre indexen minskar på station 61A.



Figur 44. Utvecklingen av Margalefs index för station 60A och utvecklingen av Margalefs index, Shannon-Wieners index och BQI för station 61A under perioden 1974-2009 respektive 1981-2009. Linjär regression.

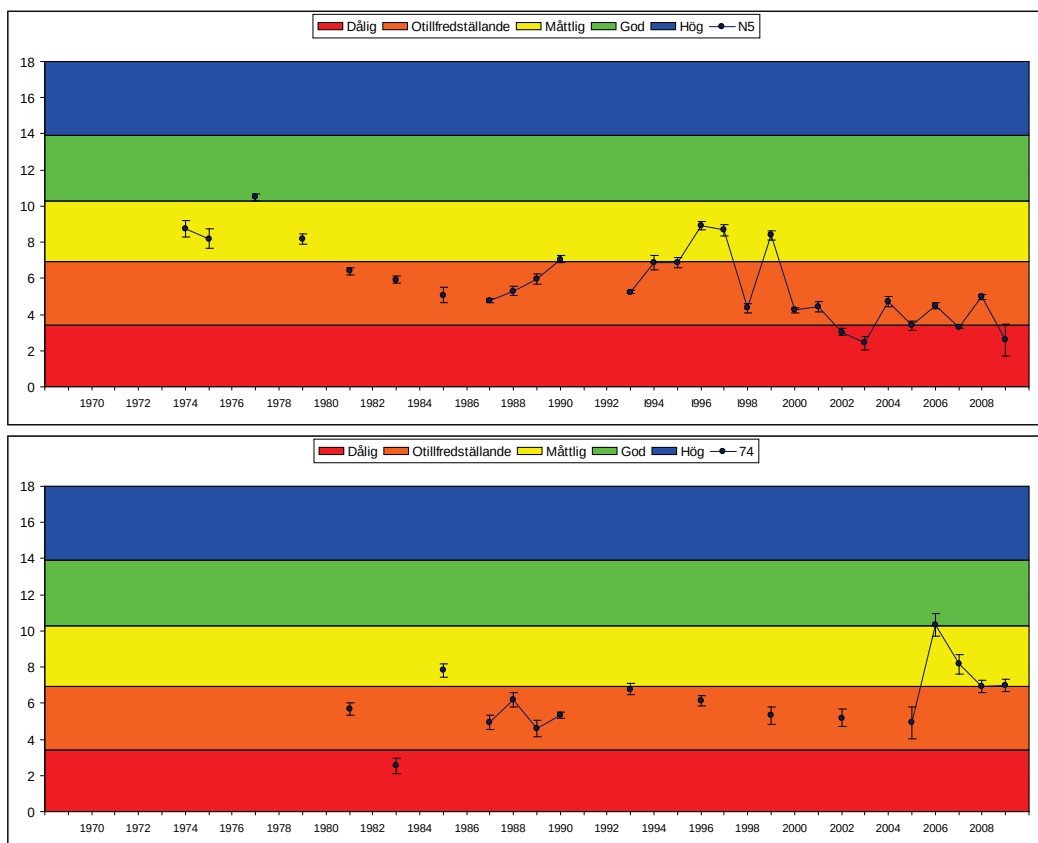
***Abra*-samhälle (15-16 meters djup, i haloklinen)**

Utvecklingsmönstret för den mellersta, ganska skyddade station N5, skiljer sig något från den i östra fjordmynningen mera exponerade station 74. Det finns en tendens mot allt lägre värden för station N5 under perioden 1974-2009 medan detta inte är så tydligt för station 74, figur 45. De olika indexen förändras likartat men BQI svänger kraftigast mellan olika år.



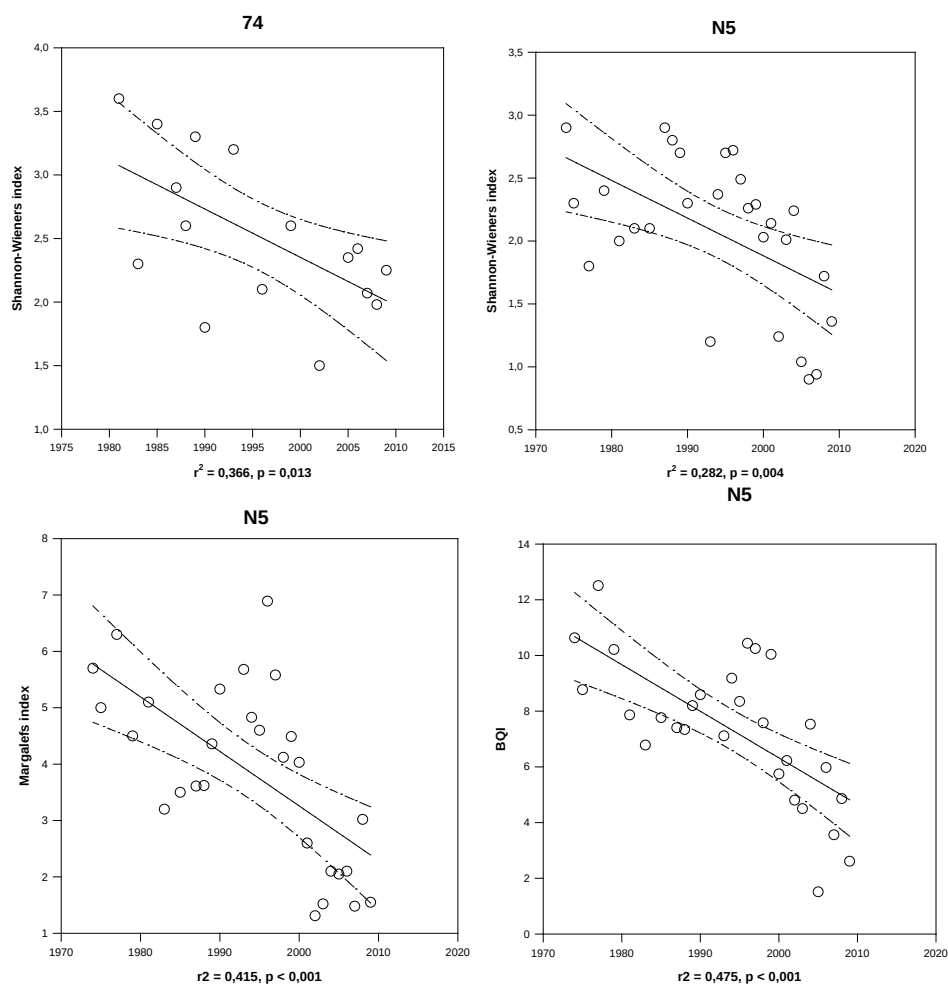
Figur 45. Tre diversitetsindex för stationerna N5 (16 m) och 74 (15 m) i mellersta och yttre Kungsbäckafjorden under perioderna 1974-2009 och 1981-2009.

Om man utgår från Naturvårdsverkets bedömningsgrunder har förhållandena på station N5 utvecklats från måttlig status till dålig under perioden 1974-2009, vilket redovisas i figur 46. Ett nästan omvänt förlopp kan noteras för station 74. Det är frågan om BQI riktigt passar för att värdera dessa mellandjupsbottnar vars fauna är till stor del består av stresstoleranta arter. Dessa arter dominerar dock ofta naturligt på bottnar kring salthaltssprångskiktet.



Figur 46. Benthic Quality Index (BQI) för stationerna N5 (16 m) och 74 (15 m) i mellersta och yttre Kungsbackafjorden under perioderna 1974-2009 och 1981-2009 i relation till olika klassgränser.

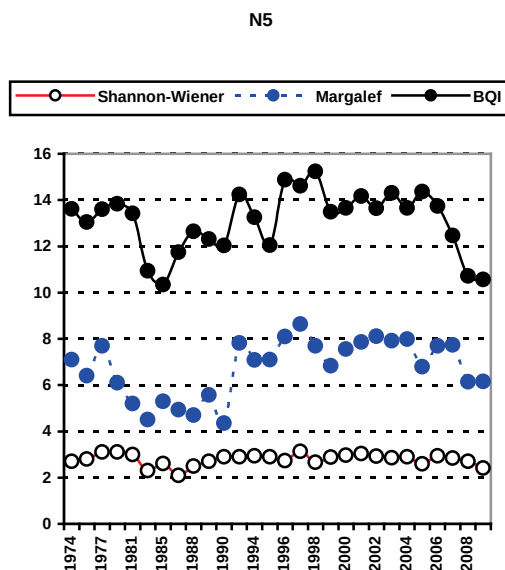
Shannon-Wieners index minskar statistiskt signifikant 1981-2009 på station 74 medan samtliga tre diversitetsindex minskar statistiskt signifikant för station N5 under perioden 1974-2009, figur 47.



Figur 47. Utvecklingen 1981-2009 av Shannon-Wieners index på station 74 och 1974-2009 för tre diversitetsindex på station N5. Linjär regression.

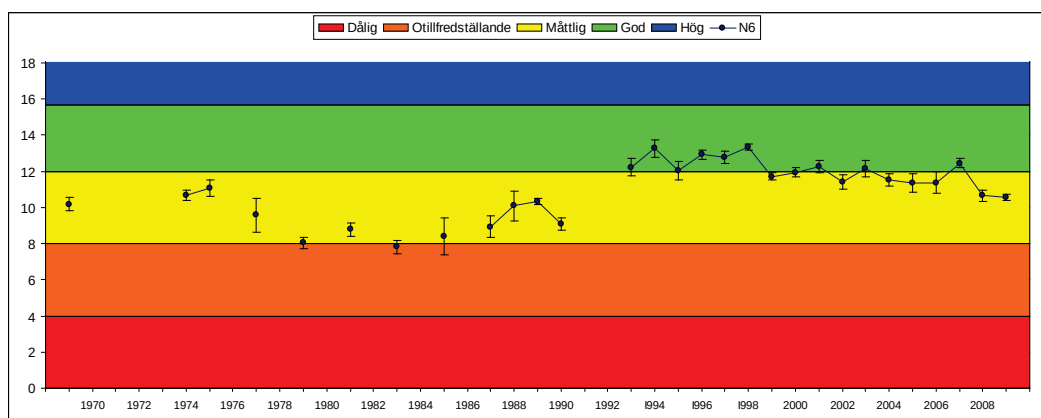
***Amphiura*-samhälle (27 meters djup, under haloklinen)**

Det finns en tendens till ökad diversitet för den djupaste stationen, N6, i Kungsbackafjordens mynning under perioden 1974-2009, figur 48. Margalefs index och BQI förändras på ett mycket likartat sätt.



Figur 48. Tre diversitetsindex för station N6 (27 m) i Kungsbackafjorden under perioden 1974-2009.

Om man utgår från Naturvårdsverkets nya bedömningsgrunder har förhållandena på station N6 utvecklats från måttlig status under 1970- och 1980-talen till god status några år på 1990-talet samt återgått till måttlig status under 2000-talet, vilket redovisas i figur 49. BQI är troligen ett av flera bra mått på förhållandena på denna mjukbotten väl under haloklinen.



Figur 49. Benthic Quality Index (BQI) för station N6 (27 m) i Kungsbackafjorden under perioden 1969-2009 i relation till olika klassgränser.

Margalefs index och BQI ökar statistiskt signifikant för station N6 i yttre Kungsbackafjorden för 35-årsperioden 1974-2009, figur 50.

Samvariationer för diversitetsindex

Tabell 27. Korrelationstabell (Spearman) för Shannon-Wieners index avseende bottenfaunan i Kungsbackafjorden 1981-2008. Översta värdet = korrelationskoefficient, mittersta = p, signifikansvärde, * = $p < 0,05$, ** = $p < 0,01$, *** = $p < 0,001$, NS = Icke signifikant

Station	60A2	60A	60B	61A	74	N5	N6
60A3	0,493 0,0813 NS	0,784 < 0,001 ***	0,572 0,0391 NS	-0,183 0,541 NS	-0,299 0,313 NS	0,0523 0,849 NS	0,294 0,323 NS
60A2		0,508 0,0739 NS	0,51 0,0704 NS	-0,296 0,313 NS	0,168 0,565 NS	0,329 0,261 NS	-0,324 0,269 NS
60A			0,568 0,0414 *	-0,138 0,643 NS	-0,00832 0,964 NS	0,178 0,553 NS	0,349 0,236 NS
60B				-0,112 0,709 NS	-0,537 0,0545 NS	0,281 0,342 NS	-0,0262 0,921 NS
61A					0,19 0,516 NS	0,44 0,126 NS	0,0693 0,806 NS
74						0,102 0,723 NS	-0,0772 0,792 NS
N5							-0,392 0,179 NS

Tabell 28. Korrelationstabell (Spearman) för Margalefs index avseende bottenfaunan i Kungsbackafjorden 1981-2008. Översta värdet = korrelationskoefficient, mittersta = p, signifikansvärde, * = $p < 0,05$, ** = $p < 0,01$, *** = $p < 0,001$, NS = Icke signifikant

Station	60A2	60A	60B	61A	74	N5	N6
60A3	-0,0344 0,906 NS	0,47 0,0977 NS	-0,00275 0,978 NS	-0,051 0,863 NS	-0,674 0,0103 *	-0,325 0,269 NS	-0,16 0,591 NS
60A2		0,00275 0,978 NS	0,146 0,616 NS	-0,134 0,656 NS	0,171 0,565 NS	-0,465 0,102 NS	0,556 0,0464 *
60A			-0,0165 0,949 NS	-0,602 0,0271 *	-0,286 0,332 NS	0,0604 0,835 NS	0,044 0,878 NS
60B				0,204 0,493 NS	0,203 0,493 NS	-0,423 0,143 NS	0,126 0,669 NS
61A					0,311 0,286 NS	-0,168 0,565 NS	-0,294 0,313 NS
74						-0,176 0,553 NS	-0,137 0,643 NS
N5							-0,022 0,935 NS

Tabell 29. Korrelationstabell (Spearman) för Benthic Quality Index avseende bottenfaunan i Kungsbackafjorden 1981-2008. Översta värdet = korrelationskoefficient, mittersta = p, signifikansvärde, * = $p < 0,05$, ** = $p < 0,01$, *** = $p < 0,001$, NS = Icke signifikant

Station	61A	74	N5	N6
60B	0,0934 0,751 NS	0,327 0,261 NS	0,00549 0,978 NS	0,143 0,629 NS
61A		-0,157 0,591 NS	-0,22 0,458 NS	-0,0769 0,792 NS
74			0,446 0,121 NS	0,182 0,541 NS
N5				0,0549 0,849 NS

Sammanfattningsvis pekar förändringarna av diversitetsindexen på ökad diversitet ovan och under haloklinen medan diversiteten på botten nära och i haloklinen minskar.

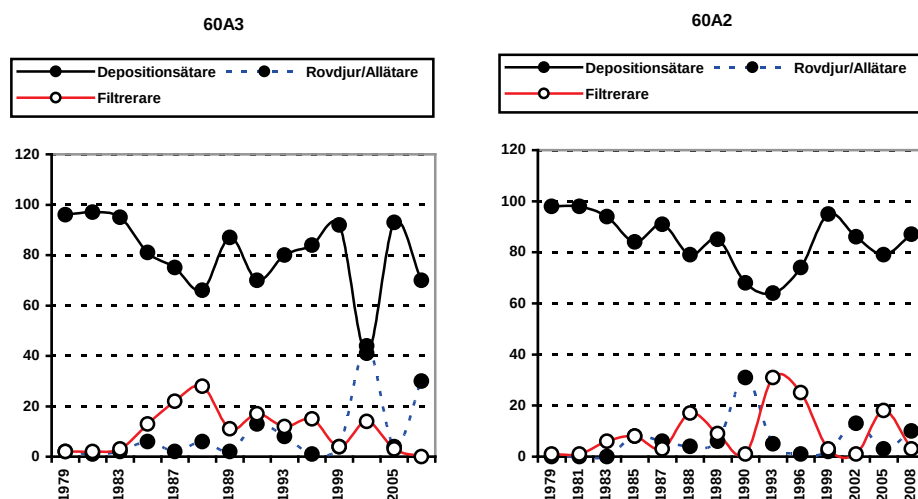
Födogrupper

Utvecklingen i området presenteras i separata diagram för de 8 regelbundet provtagna stationerna för perioden 1969-2009. Tre olika födogrupperns andel av individtätheten har räknats fram och sammanställts för de enskilda stationerna under hela undersökningsperioden. Regressionsanalyser har genomförts för samtliga variabler (24 st) under perioden. I de fall att det föreligger en signifikant trend ($p < 0,05$) presenteras denna separat i grafisk form. Presentationen har som tidigare delats upp i samhällen.

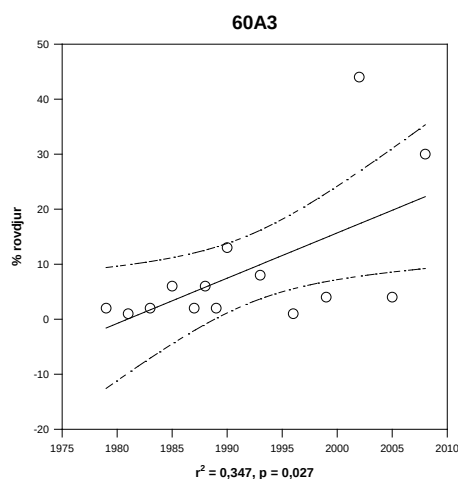
Samvariationer har studerats med hjälp av korrelationer (Spearman, 84 st) för perioden 1981-2008, den period varifrån det finns data för samtliga 8 stationer.

Brackvattensamhälle (1-2 meters djup)

Utvecklingsmönstret för de båda grundaste stationerna längst in i Kungsbackafjorden, 60A3 och 60A2, är mycket likartat även om det finns skillnader, figur 51. Det finns en svag tendens till minskad andel depositionsätare och ökad andel suspensionsätare och rovdjur på båda stationerna under perioden. Ökningen av rovdjur är statistiskt signifikant för station 60A3, figur 52.



Figur 51. Olika födogruppers procentuella andel av individtätheten på stationerna 60A3 (1,5 m) och 60A2 (2,0 m) i inre Kungsbackafjorden under perioden 1979-2008.



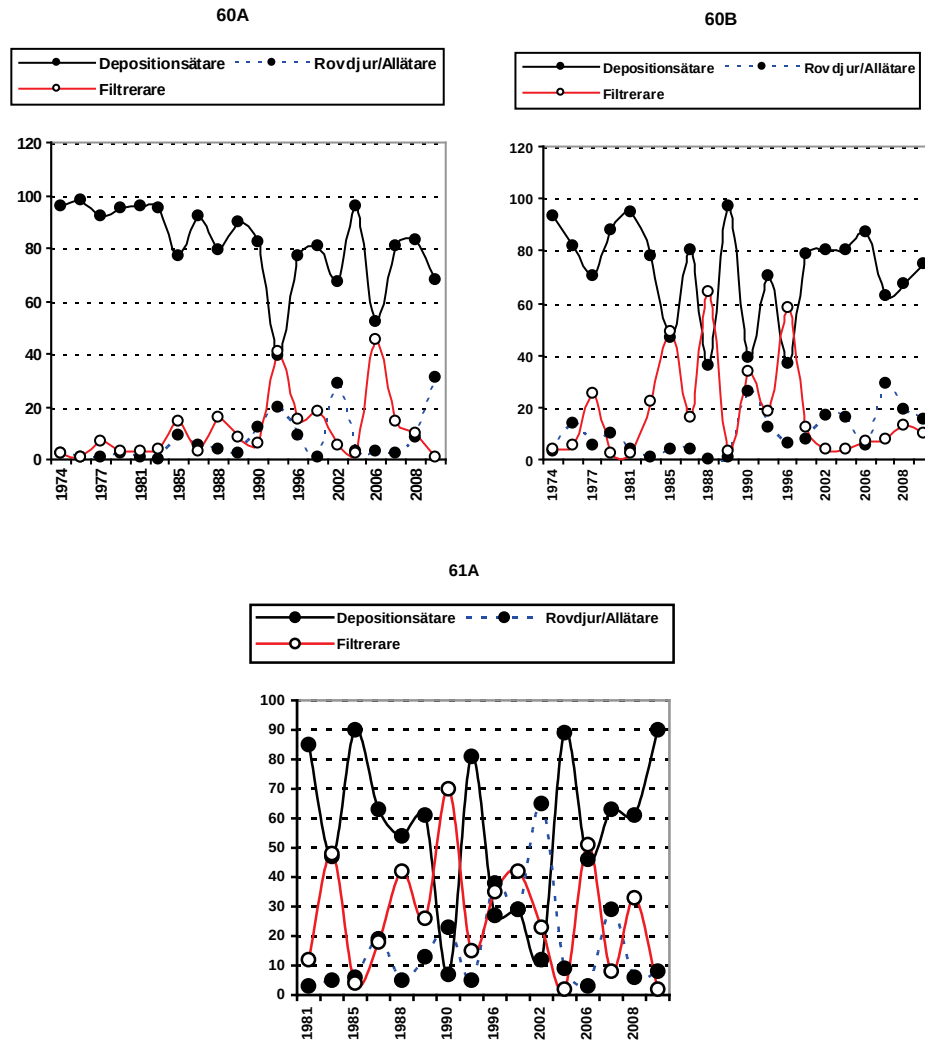
Figur 52. Procentuella andelen rovdjur av totala individtätheten på stationerna 60A3 (1,5 m) i inre Kungsbackafjorden under perioden 1979-2008.



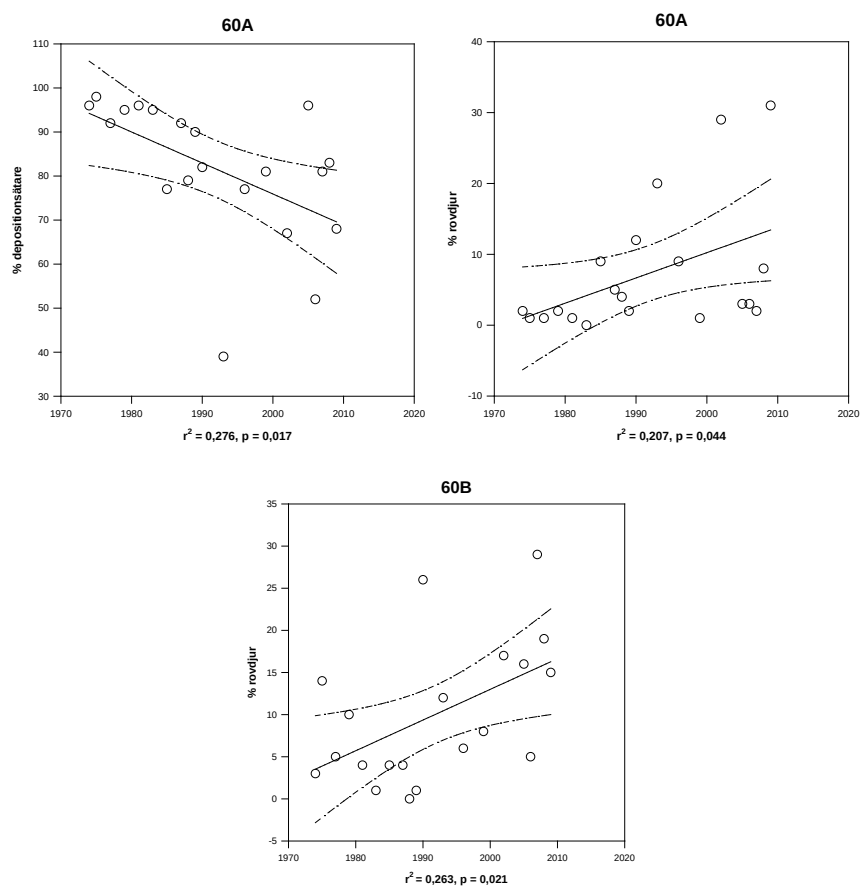
Typiska rovlevande havsborstmaskar i Kungsbackafjorden. Till vänster överst *Harmothoe imbricata*, till vänster underst *Goniada maculata* och till höger *Hediste diversicolor*.

Macoma-samhälle (2-9 meters djup, ovan haloklinen)

Utvecklingsmönstret för de två av de tre något djupare stationerna lite längre ut i Kungsbackafjorden, 60A och 60B är mycket likartat medan 61A skiljer sig något från de övriga, figur 53. För de två innersta stationerna, 60A och 60B, finns en tendens till minskande andel depositionsätare och ökad andel suspensionsätare. Denna tendens finns framförallt under 1980- och 1990-talen. På den yttersta stationen, 61A sker stora svängningar under hela perioden. Minskningen av depositionsätare på station 60A samt ökningen av rovdjur på station 60A och 60B är statistiskt signifikanta, figur 54.



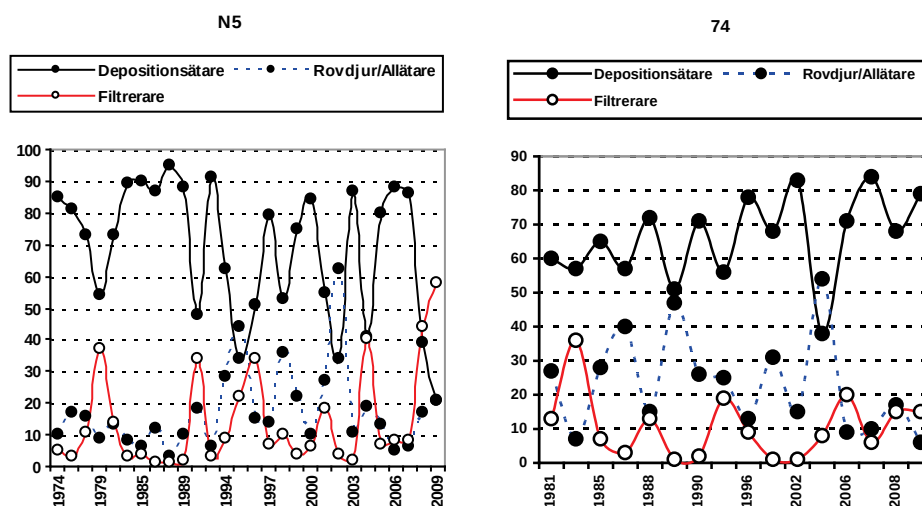
Figur 53. Olika födogrupperns procentuella andel av individtätheten på stationerna 60A (4 m) och 60B (5 m) och 61A (9 m) i Kungsbackafjorden under perioderna 1974/81-2009.



Figur 54. Procentuella andelen depositionsätare och rovdjur på station 60A (4 m) och andelen rovdjur på station 60B (9 m) under perioden 1974-2009.

Abra-samhälle (15-16 meters djup, i haloklinen)

Utvecklingsmönstret för den mellersta, ganska skyddade station N5, skiljer sig något från den yttre, mera exponerade station 74 i den östra fjordmyningen. Kraftiga svängningar karaktäriserar utvecklingen på de båda stationerna och möjligen finns en tendens mot allt kraftigare svängningar under senare år, figur 55. Ingen statistiskt signifikant trend kan noteras för någon av stationerna för hela perioden.

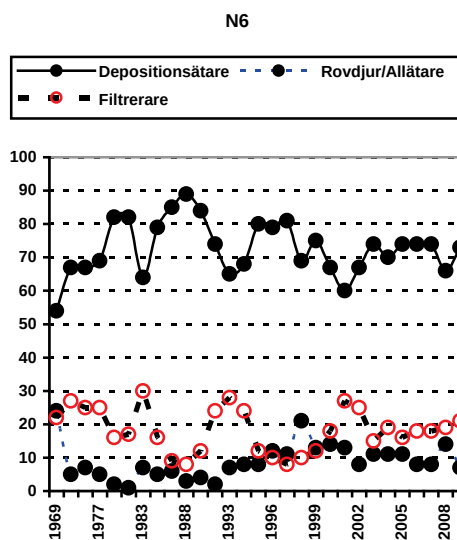


Figur 55. Olika födogrupperns procentuella andel av individtätheten på stationerna N5 (16 m) och 74 (15 m) i mellersta och yttre Kungsbackafjorden under perioderna 1974-2009 och 1981-2009.

Amphiura-samhälle (27 meters djup, under haloklinen)

Det finns en svag tendens till minskad andel depositionsätare och ökad andel suspensionsätare och rovdjur för den djupaste stationen, N6, i Kungsbackafjordens mynning för perioden 1974-2009, figur 56.

Ingen av förändringarna är dock statistiskt signifikant.



Figur 56. Olika födogrupperns andel av individtätheten på station N6 (27 m) i Kungsbackafjorden under perioden 1969-2009.

Depositionsätare samvarierar i 5 fall, suspensionsätare i 1 fall och rovdjur i hela 7 fall. Samvariationer för depositionsätare berör framförallt stationer på mellandjup medan samvariationer för rovdjur berör alla djupintervall utom det allra djupaste, tabell 30-32.



Typiska depositionsätande havsborstmaskar i Kungsbackafjorden. Överst *Artacama proboscidea*. Underst till vänster *Pectinaria auricoma* (med sitt rör) och till höger *Brada inhabilis*.

Tabell 30. Korrelationstabell (Spearman) för depositionsårtare i Kungsbackafjorden 1981-2008. Översta värdet = korrelationskoefficient, mittersta = p, signifikansvärde, * = $p < 0,05$, ** = $p < 0,01$, *** = $p < 0,001$, NS = Icke signifikant

[illegible]

Tabell 31. Korrelationstabell (Spearman) för filtrerare i Kungsbackafjorden 1981-2008. Översta värdet = korrelationskoefficient, mittersta = p, signifikansvärde, * = $p < 0,05$, ** = $p < 0,01$, *** = $p < 0,001$, NS = Icke signifikant

Station	60A2	60A	60B	61A	74	N5	N6
60A3	0,106	0,234	0,607	0,245	-0,319	-0,413	-0,454
	0,723	0,424	0,0254	0,403	0,278	0,154	0,111
	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS
60A2		0,42	0,376	-0,203	0,364	-0,266	-0,248
		0,148	0,199	0,493	0,214	0,372	0,403
		NS	NS	NS	NS	NS	NS
60A			0,485	0,3	0,0706	-0,0847	-0,141
			0,0892	0,304	0,806	0,778	0,629
			NS	NS	NS	NS	NS
60B				0,421	0,319	-0,0861	-0,192
				0,143	0,278	0,764	0,516
				NS	NS	NS	NS
61A					-0,0097	0,0264	0,0262
					0,964	0,921	0,921
					NS	NS	NS
74						0,0684	0,327
						0,821	0,261
						NS	NS
N5							0,292
							0,323
							NS

Tabell 32. Korrelationstabell (Spearman) för rovdjur i Kungsbackafjorden 1981-2008. Översta värdet = korrelationskoefficient, mittersta = p, signifikansvärde, * = $p < 0,05$, ** = $p < 0,01$, *** = $p < 0,001$, NS = Icke signifikant

Station	60A2	60A	60B	61A	74	N5	N6
60A3	0,775 <0,001 ***	0,643 0,0167 *	0,609 0,0254 *	0,149 0,616 NS	-0,154 0,603 NS	0,218 0,458 NS	0,178 0,553 NS
60A2		0,703 0,00651 **	0,516 0,067 NS	0,383 0,186 NS	0,132 0,656 NS	0,242 0,414 NS	-0,0593 0,835 NS
60A			0,571 0,0391 *	0,384 0,186 NS	-0,226 0,447 NS	0,169 0,565 NS	0,0772 0,792 NS
60B				0,44 0,126 NS	0,036 0,892 NS	0,716 0,00528 **	0,422 0,143 NS
61A					0,0831 0,778 NS	0,706 0,00651 **	0,41 0,154 NS
74						0,011 0,964 NS	-0,135 0,643 NS
N5							0,429 0,137 NS

Sammanfattningsvis kan 4 statistiska förändringar konstateras för de undersökta perioderna när det gäller olika födogrupperns andelar av individtätheten i Kungsbackafjorden. Framförallt ökar andelen rovdjur på de grundaste stationerna längst in i fjorden och här minskar också andelen depositionsätare på en station. Det senare kan vara resultatet av minskad organisk belastning.

Enskilda taxa (arter och obestämda grupper)

Utvecklingen för dominerande taxa på de enskilda stationerna presenteras för hela undersökningsperioden 1969-2009. Regressionsanalyser har genomförts för samtliga variabler (24 st) under perioden. I de fall att det föreligger en signifikant trend ($p < 0,05$) presenteras denna separat i grafisk form. Presentationen har som tidigare delats upp i samhällen. Slutligen studeras utvecklingen i hela djupintervallet för några dominerande taxa. Samvariationer har studerats med hjälp av Spearman korrelationer för perioden 1981-2008, den period varifrån det finns data för samtliga 8 stationer.

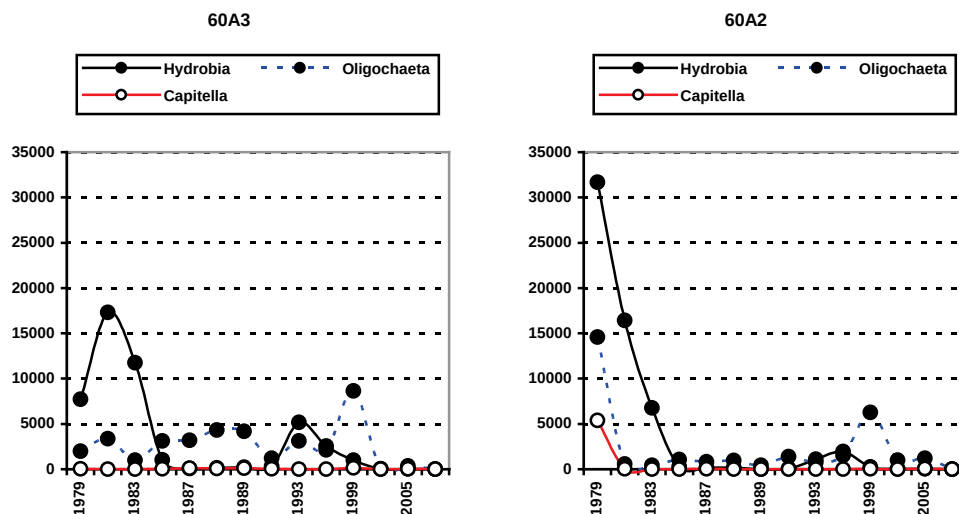
Brackvattensamhälle (1-2 meters djup)

Utvecklingsmönstret för de båda grundaste stationerna längst in i Kungsbackafjorden, 60A3 och 60A2, är mycket grovt sett, likartat även om det finns skillnader, figur 57.

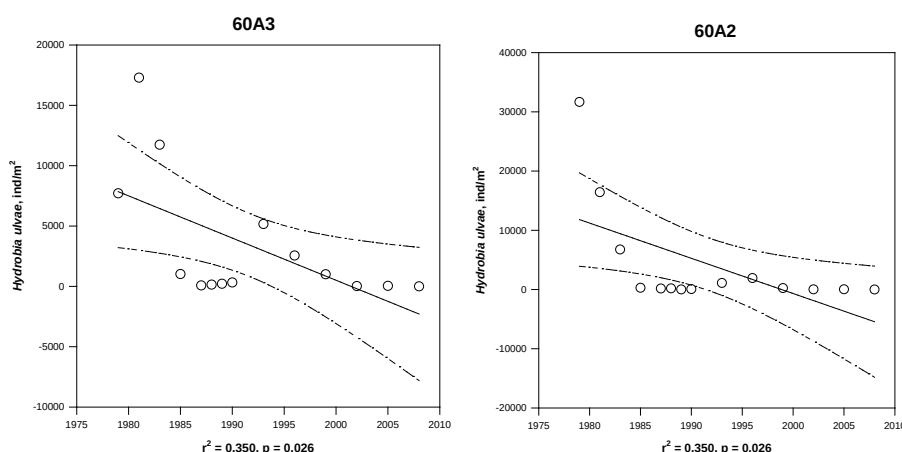
Snäckan *Hydrobia ulvae*, havsborstmasken *Capitella capitata* och marina daggmaskar Oligochaeta dominerade bilden de fem första åren. Alla dessa kan betraktas som småväxta, depositionsätande opportunister, och förekommer vid extremt hög organisk belastning som ibland innebär reducerade förhållanden ända upp i sedimentytan.

Härefter kom en femårsperiod då den något större depositionsätande havsborstmasken *Scoloplos armiger* och slemmaskar Nemertini, som är rovdjur, ökade i betydelse.

Under den sista tioårsperioden har också filtrerande musslor som *Cerastoderma edule/glaucum* blivit ett vanligt inslag. Två statistiskt signifikanta trender kan noteras för de två stationerna i inre Kungsbackafjorden för 26-årsperioden 1979-2008. Individtätheten för snäckan *Hydrobia ulvae* minskar signifikant på båda stationerna, figur 58.



Figur 57. Individtäthet (ind/m²) för *Hydrobia ulvae*, *Oligochaeta indet* och *Capitella capitata* (överst) på stationerna 60A3 (1,5 m) och 60A2 (2,0 m) i inre Kungsbackafjorden under perioden 1979-2008.

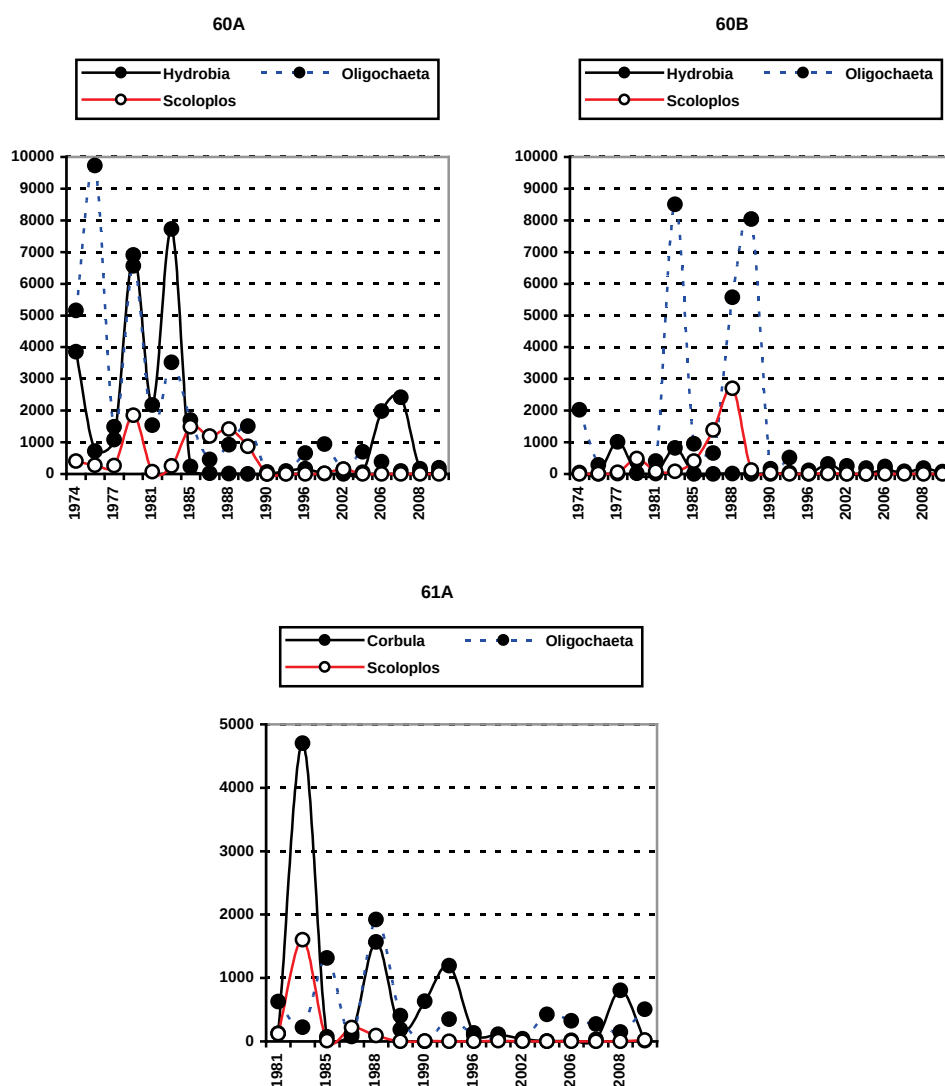


Figur 58. Utvecklingen av individtätheten (ind/m²) för *Hydrobia ulvae* på stationerna 60A3 (1,5 m) och 60A2 (2,0 m) i inre Kungsbackafjorden under perioden 1979-2008.

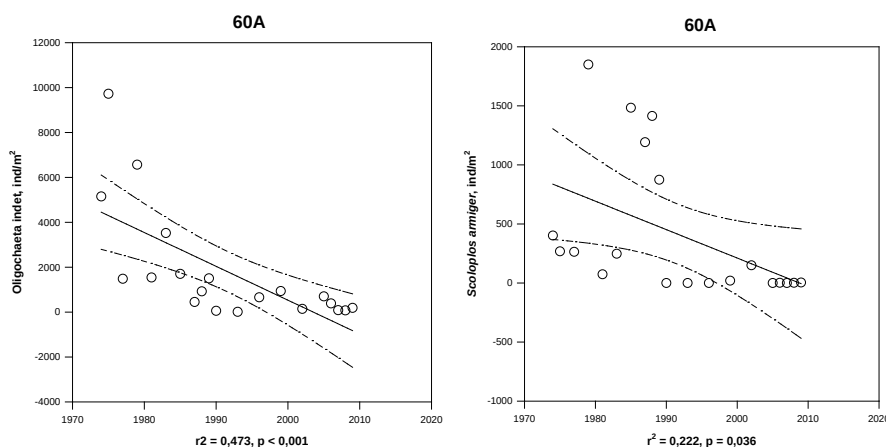
Macoma-samhälle (2-9 meters djup, ovan haloklinen)

Utvecklingsmönstret för de tre något djupare stationerna lite längre ut i Kungsbackafjorden, 60A, 60B och 61A, är mycket grovt sett, likartat även om det finns skillnader, figur 59. Under 1970-, 1980-, och 1990-talen finns höga individtätheter, framförallt av depositionsätande opportunister, som minskar på 2000-talet. På de innersta stationerna 60A och 60B representeras dessa av *Hydrobia ulvae* och *Oligochaeta*, precis som på de grundaste bottarna 60A3 och 60A2, men även av havsborstmasken *Scoloplos armiger*. På den yttersta stationen, 61A, är det frågan om *Oligochaeta*, *Scoloplos armiger* och *Corbula gibba*. Åren 1983, 1988 och 1993 är gemensamma toppår för alla tre stationerna. Härefter är dessa arters individtätheter relativt låga. Denna tendens finns även på de innersta, grundaste stationerna, i fjorden.

Två statistiskt signifikanta trender kan noteras för de tre stationerna under 35-årsperioden 1974-2009 vilken redovisas i figur 60 för gruppen Oligochaeta och *Scoloplos armiger* som minskar på station 60A.



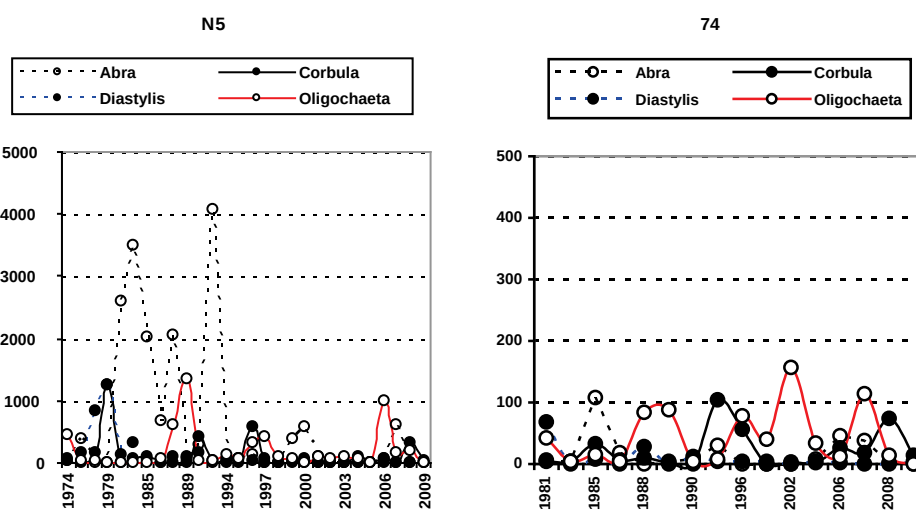
Figur 59. Individdensitet (individer/m²) för *Hydrobia ulvae*, *Oligochaeta indet*, *Scoloplos armiger* och *Corbula gibba* på stationerna 60A (4 m) och 60B (5 m) och 61A (9 m) i Kungsbackafjorden under perioden 1974/81-2009.



Figur 60. Utvecklingen av individtäteten (individer/m²) för *Oligochaeta indet* och *Scoloplos armiger* på station 60A under perioden 1974-2009. Linjär regression.

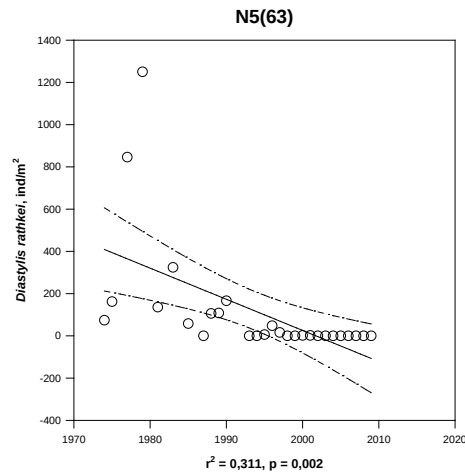
***Abra*-samhälle (15-16 meters djup, i haloklinen)**

Utvecklingsmönstret för den mellersta, ganska skyddade station N5, skiljer sig något från den yttre, mera exponerade station 74, i den östra fjordmynningen, figur 61. Framförallt har individtäteterna varit genomgående lägre på station 74, men det finns också skillnader i förändringsmönster. Marina daggmaskar *Oligochaeta* och korgmusslor *Corbula gibba* tenderar till att öka i betydelse under perioden på station 74 vilket inte verkar vara fallet på station N5. På båda stationerna tenderar dock musslan *Abra alba* och kommakräftan *Diastylis rathkei* att minska i betydelse.



Figur 61. Individttäteten (individer/m²) för *Abra alba*, *Oligochaeta indet*, *Diastylis rathkei* och *Corbula gibba* på stationerna N5 (16 m) och 74 (15 m) i mellersta och yttre Kungsbackafjorden under perioderna 1974-2009 och 1981-2009.

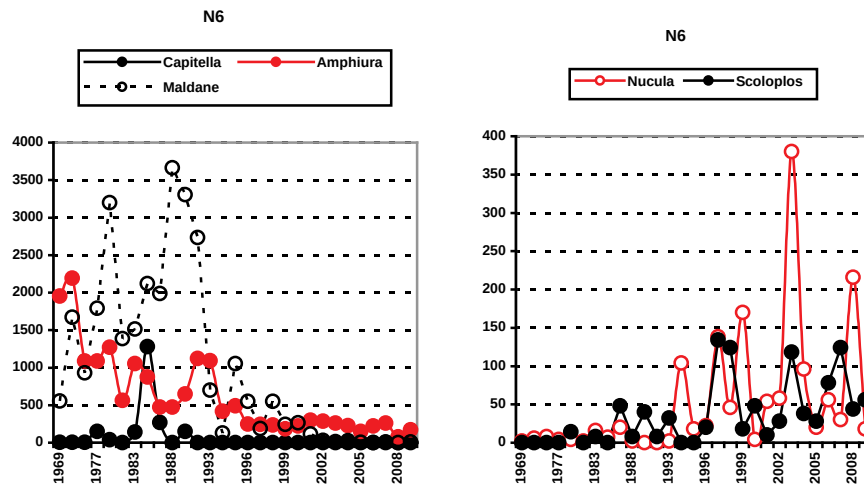
En statistiskt signifikant minskande trend kan noteras för kommakräftan *Diastylis rathkei* på station N5, figur 62. Denna art är känslig för syrebrist (Karlsson et al 2002) och har helt försvunnit från station N5 i samband med kraftig organisk belastning.



Figur 62. Utvecklingen av individtätheten (individer/m²) för *Diastylis rathkei* på station N5 under perioden 1974-2009. Linjär regression.

***Amphiura*-samhälle (27 meters djup, under haloklinen)**

Ett ovanligt tydligt utvecklingsmönster finns för den djupaste stationen, N6, i Kungsbackafjordens mynning. Ett regimskifte verkar ha ägt rum under den studerade 40-årsperioden 1969-2009. Ormstjärnan *Amphiura filiformis* och havsborstmasken *Maldane sarsi* dominerade stort från 1969 och långt in på 1990-talet då även föroreningsindikatorn *Capitella capitata* fanns med i bilden, därefter har betydelsen av havsborstmasken *Scoloplos armiger* och nötmusslan *Nucula nitidosa* ökat avsevärt, figur 63.



Figur 63. Individtätheten (individer/m²) för *Capitella capitata*, *Amphiura filiformis* och *Maldane sarsi* (till vänster) samt *Nucula nitidosa* och *Scoloplos armiger* (till höger) på station N6 (27 m) i Kungsbackafjorden under perioden 1969-2009.

Förändringarna av individtätheten för fyra av de dominerande arterna, *Amphiura filiformis*, *Maldane sarsi*, *Scoloplos armiger* och *Nucula nitidosa*, är signifikanta för 40-årsperioden, figur 64.

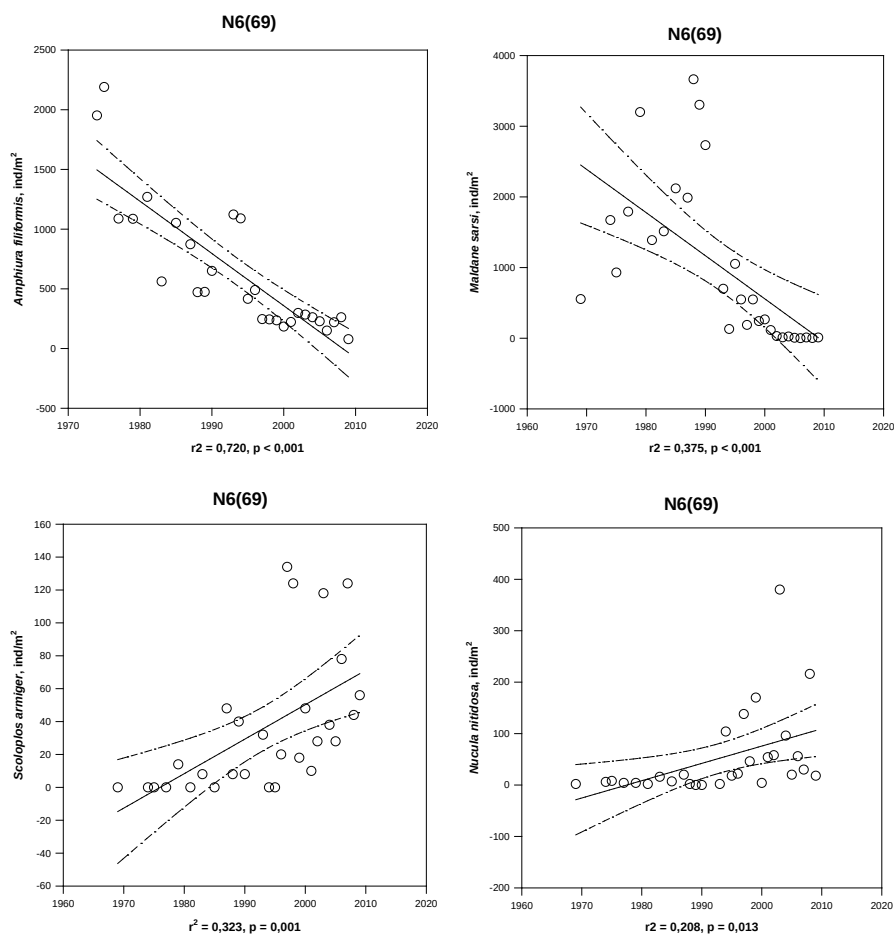


Fig. 64. Utvecklingen av individtätheten för *Amphiura filiformis*, *Maldane sarsi*, *Scoloplos armiger* och *Nucula nitidosa* på station N6 i yttre Kungsbackafjorden under perioden 1969-2009. Linjär regression.



Ett regimskifte har ägt rum på den djupaste botten på 27 meters djup i yttre Kungsbackafjorden. Ormstjärnan *Amphiura filiformis* och havsborstmasken *Maldane sarsi* dominerade stort från 1969 och långt in på 1990-talet då även föroreningsindikatorn *Capitella capitata* fanns med i bilden (överst), därefter har dessa arter minskat och förekomsten av nötmusslan *Nucula nitidosa* och havsborstmasken *Scoloplos armiger* har ökat avsevärt (underst).

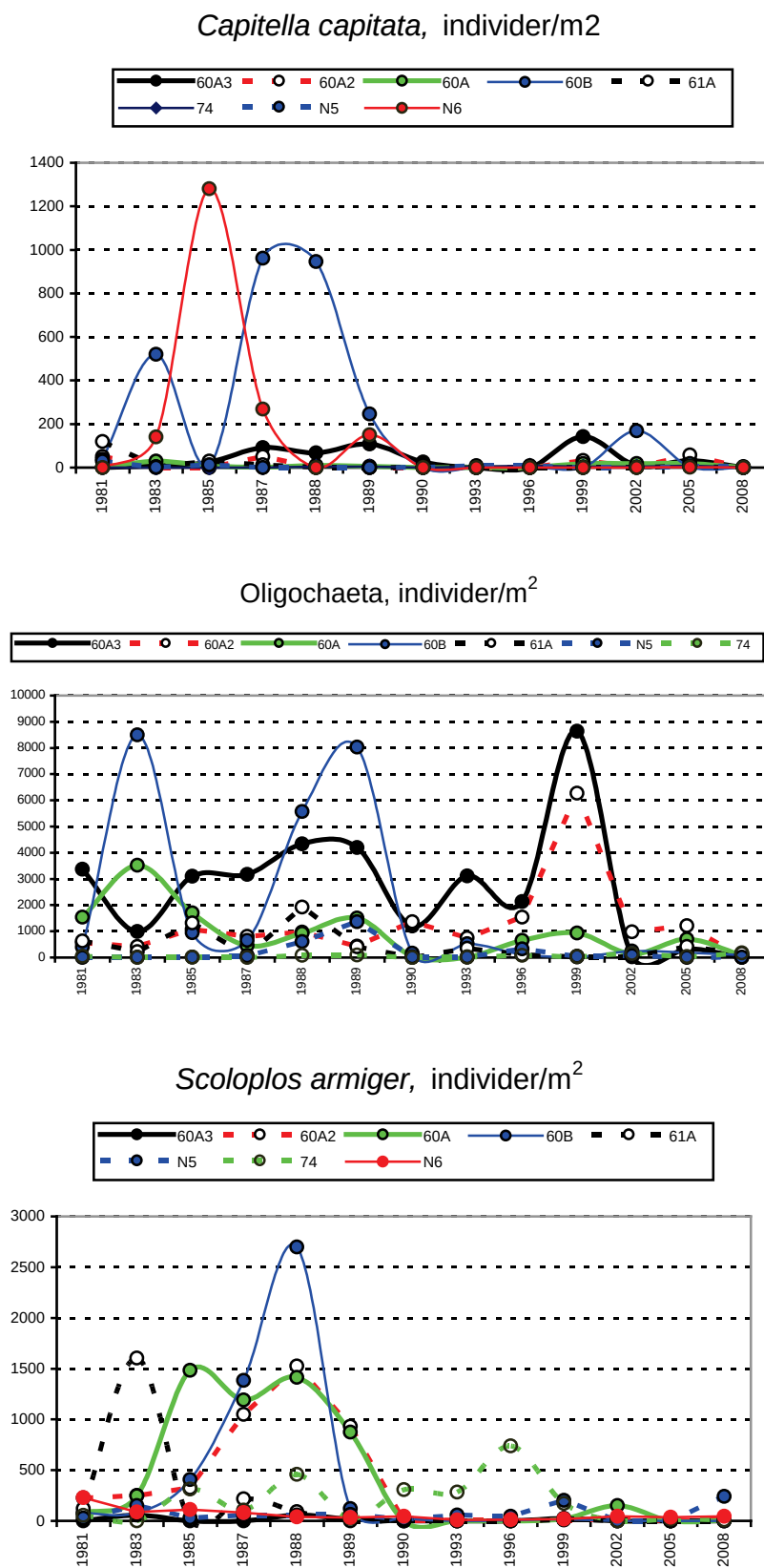
Jämförelse mellan olika djup – taxa som förekommer i hela djupintervallet (1-27 meters djup)

Här redovisas en jämförelse av utvecklingen på olika djup med hjälp av tre taxa som förekommer frekvent i hela djupintervallet 1-27 meter, figur 65. Dessa taxa kan betraktas som föroreningsindikatorer när de förekommer i extrema individtätheter och kan därför utgöra ett mått på den organiska belastningen. Ett flertal tydliga maxima finns för dessa olika taxa under perioden 1981-2009, varav flera överensstämmer, framförallt 1983, 1985, 1987, 1988 och 1999. Dessa maxima berör framförallt de innersta stationerna i Kungsbackafjorden, 60A3, 60A2, 60B och 60A. För *Oligochaeta* är dessutom 1993 ett starkt år på de innersta stationerna 60A3 och 60A2 och för *Scoloplos armiger* är 1996 ett starkt år för station 74. Sett ur lokalt belastningsperspektiv är åren 1999 och 1993 högtintressanta eftersom belastningen av kväve då var maximal för perioden 1991-2008, figur 1 och 2.

Skillnaden i förekomst mellan de olika arterna ligger främst i att *Capitella capitata* och *Scoloplos armiger* endast dominerade under 1980-talet medan *Oligochaeta* utgjort ett periodvis dominerande inslag under hela perioden. Detta mönster är en ytterligare indikation på att den organiska belastningen har minskat eftersom *Capitella capitata* är den mest välkända föroreningsindikatorn. Larvutvecklingen hos denna art kan till och med gynnas av kraftigt organiskt belastade sediment där syrebrist lätt uppstår.

Höga individtätheter av *Oligochaeta* har framförallt förekommit på de innersta stationerna i fjordbotten. *Scoloplos armiger* har förekommit med högst individtätheter på stationer i djupintervallet 3-9 meter. *Capitella capitata* har däremot förekommit i höga tätheter i hela djupintervallet 1-27 m.

Det finns alltså tecken på att den lokala belastningen har en tämligen direkt effekt på individtätheten av opportunistiska arter, framförallt i den inre delen av fjorden. De mellersta och yttre stationerna (74, N5 och N6) verkar inte påverkas i så stor grad. Det är troligt att de i högre grad influeras av diffus, storskalig belastning.



Figur 65. Individdensiteten (individer/m²) för *Capitella capitata*, *Oligochaeta* indet och *Scoloplos armiger* på 8 stationer på 1-27 meters djup i Kungsbackafjorden under perioden 1969/81-2005/2008.

Enskilda taxa samvarierade ganska lite. *Capitella capitata* samvarierade i två fall och Oligochaeta samvarierade inte i något fall. I dessa fall är det frågan om negativa samvariationer, ökning på den ena stationen motsvaras av en minskning på den andra. Havsborstmasken *Scoloplos armiger* samvarierade dock positivt i sex fall, alla på bottnar ovan haloklinen, tabell 33-35.

Tabell 33. Korrelationstabell (Spearman) för havsborstmasken *Capitella capitata* i Kungsbackafjorden 1981-2008. Översta värdet = korrelationskoefficient, mittersta = p, signifikansvärde, * = $p < 0,05$, ** = $p < 0,01$, *** = $p < 0,001$, NS = Icke signifikant

Station	60A2	60A	60B	61A	74	N5	N6
60A3	0,254 0,392 NS	0,472 0,0977 NS	0,387 0,186 NS	0,026 0,921 NS	0,0638 0,821 NS	-0,723 0,00421 **	0,43 0,137 NS
60A2		0,34 0,244 NS	0,182 0,541 NS	0,477 0,0934 NS	0,0716 0,806 NS	-0,0859 0,764 NS	0,068 0,821 NS
60A			0,496 0,0813 NS	0,302 0,304 NS	0,0879 0,764 NS	-0,412 0,154 NS	0,309 0,295 NS
60B				0,455 0,111 NS	-0,185 0,528 NS	-0,446 0,121 NS	0,503 0,0739 NS
61A					-0,564 0,0414 *	0,273 0,352 NS	0,46 0,107 NS
74						-0,139 0,643 NS	-0,321 0,278 NS
N5							-0,0615 0,835 NS

Tabell 34. Korrelationstabell (Spearman) för fåborstmaskar Oligochaeta indet i Kungsbackafjorden 1981-2008. Översta värdet = korrelationskoefficient, mittersta = p, signifikansvärde, * = $p < 0,05$, ** = $p < 0,01$, *** = $p < 0,001$, NS = Icke signifikant

Station	60A2	60A	60B	61A	74	N5
60A3	0,154 0,603 NS	0,346 0,236 NS	0,242 0,414 NS	0,297 0,313 NS	-0,0718 0,806 NS	0,386 0,186 NS
60A2		-0,121 0,682 NS	-0,511 0,0704 NS	-0,313 0,286 NS	-0,171 0,565 NS	0,154 0,603 NS
60A			0,495 0,0813 NS	0,527 0,0605 NS	-0,0497 0,863 NS	-0,218 0,458 NS
60B				0,538 0,0545 NS	-0,238 0,424 NS	0,0992 0,737 NS
61A					0,133 0,656 NS	-0,22 0,458 NS
74						0,388 0,179 NS

Tabell 35. Korrelationstabell (Spearman) för havsborstmasken *Scoloplos armiger* i Kungsbackafjorden 1981-2008. Översta värdet = korrelationskoefficient, mittersta = p, signifikansvärde, * = $p < 0,05$, ** = $p < 0,01$, *** = $p < 0,001$, NS = Icke signifikant

Station	60A2	60A	60B	61A	74	N5	N6
60A3	0,481 0,0892 NS	0,419 0,148 NS	0,471 0,0977 NS	0,412 0,154 NS	-0,0522 0,863 NS	0,505 0,0739 NS	-0,111 0,709 NS
60A2		0,93 <0,001 ***	0,809 <0,001 ***	0,575 0,0369 *	-0,00277 0,978 NS	0,226 0,447 NS	0,399 0,166 NS
60A			0,802 <0,001 ***	0,573 0,0391 *	-0,0139 0,949 NS	0,146 0,616 NS	0,543 0,0517 NS
60B				0,662 0,0132 *	0,347 0,236 NS	0,146 0,616 NS	0,406 0,16 NS
61A					-0,0368 0,892 NS	0,0877 0,764 NS	0,662 0,0122 NS
74						-0,105 0,723 NS	-0,322 0,269 NS
N5							-0,229 0,435 NS

Däremot fanns många samvariationer mellan dessa tre taxa på några stationer, tabell 36. På stationerna 60A och 60B fanns 2-3 positiva samvariationer i dessa arters utveckling. På station 61A fanns en positiv samvariation och på station N5 en negativ samvariation. Resultatet kan möjligen spegla olika konkurrens- och näringsförhållanden på de olika stationerna. På stationerna 60A, 60B och 61A verkar det inte finnas någon större konkurrens mellan de tre taxa eftersom de samvarierar positivt. På station N5 samvarierar *Capitella capitata* och *Oligochaeta* negativt, vilket kan tyda på viss konkurrens mellan dessa taxa. Detta kan bero på kraftigare syrebrist i sedimentet på station N5 som *Capitella capitata* är något tåligare mot. Alternativt ger högre salthalt på station N5 *Capitella capitata* en relativ fördel eftersom den är mera marin. På de grundare stationerna torde råda omvända konkurrensförhållanden när det gäller salthalten, och syrebristen är mindre uttalad i sedimenten. Där är näringsförhållandena troligtvis också bättre på grund av högre primärproduktion. Man kan spekulera mycket i dessa förhållanden men trots allt kan det konstateras att vissa mönster kan urskiljas som skulle kunna studeras vidare för att förstå hur bottenjursekosystemet fungerar i Kungsbackafjorden.

Tabell 36. Korrelationstabell (Spearman) för samvariationer av individtätheten mellan havsborstmaskarna *Capitella capitata* och *Scoloplos armiger* samt fåborstmaskar *Oligochaeta* i Kungsbackafjorden 1981-2008. k = korrelationskoefficient, p = signifikansvärde, * = $p < 0,05$, ** = $p < 0,01$, *** = $p < 0,001$, NS = Icke signifikant

Taxa:	Capitella-Oligochaeta	Capitella-Scoloplos	Oligochaeta-Scoloplos
60A3	NS	NS	NS
60A2	NS	NS	NS
60A	k=0,606, p=0,027*	NS	k=0,585, p=0,035*
60B	k=0,725, p=0,004**	k=0,711, p=0,006**	k=0,660, p=0,013*
61A	NS	k=0,614, p=0,024*	NS
74	NS	NS	NS
N5	k=-0,642, p=0,017*	NS	NS
N6	Oligochaeta saknas	NS	Oligochaeta saknas

Sammantaget kan vissa mönster urskiljas för tre små dominerande depositionsätare som är vanliga i ett stort djupintervall i Kungsbackafjorden. Havsborstmaskarna *Capitella capitata* och *Scoloplos armiger* har främst dominerat under 1980-talet medan fåborstmaskar *Oligochaeta* har dominerat periodvis under hela perioden 1981-

2008 och främst i fjordbotten. *Capitellas* tillbakagång kan troligen tolkas positivt eftersom den är den mest kända föroreningsindikatoren.

Speciell analys av förhållandena vid stationerna N5 och 74

Stationerna N5 och 74 är speciella i den betydelsen att de är belägna på djupet 15-16 m, som påverkas av språngskiktet mellan Kattegatts yt- och bottenvatten. Det är unikt att sådana, språngskiktspåverkade stationer undersökts under en längre period.

Språngskiktet rör sig i vertikalled i första hand beroende på mängden "Östersjövatten" i Kattegatt. Språngskiktet ligger dock sällan djupare än 20 m eller grundare än 10 m.

Läget påverkas också av vindarna över Kattegatt (Rydberg, 1982). Språngskiktet utmärks av interna vågor med en våghöjd som i Kattegatt kan uppgå till flera meter.

Vågorna rör sig med en hastighet av ca 1 m per sekund och har avgörande betydelse för fjordens vattenomsättning. Kungsbackafjordens yta uppgår till 50 km², varav djupintervallet 10-20 m täcker 23.5 % av fjordens yta. Om man antar att intervallet 15-20 m täcker hälften av denna nivå uppgår den av språngskiktet träffade ytan till 6 km², en avsevärd bottenyta där bottenfaunan kan utarmas, vilket kan ge upphov till försämrade fiskproduktion. Vidare träffas botten i fjorden av en inåtgående kompensationsström vid botten. Bottenfaunan, som lever i språngskiktet måste således vara stresstolerant och anpassad till en krävande miljö.

Resultat för station N5 (63), 1990-2009

Sedimentförhållanden

I.M.M. AB utförde i maj 1992 en maringeologisk undersökning av Kungsbackafjorden (i.M.M. AB, 1992). Vid station N5 erhöles en sedimentpropp på 48 cm, som i toppskiktet 0-2 cm bestod av brun lergyttja och därunder fanns en grå lergyttja. Stationen låg i ett typiskt ackumulationsområde, dvs. där finmaterial med en falldiameter < 0,006 mm kan deponeras kontinuerligt. Stationen uppfyller idag, med en glödförlust på över 10 %, kraven för en ackumulationsbotten. Vid station N5 finns en viss tendens till försämring av redoxförhållandena. Redoxövergången ner till ± 0 mV har under åren närmat sig sedimentytan, från 4-5 cm upp till 1-2 cm. I ytsedimentet har noterats närmast anoxiska förhållanden.

Bottenfauna

Tabell 37 visar att under hela undersökningsperioden 1990-2009 dominerade sedimentätare på N5 med undantag för det sista året då *Corbula gibba* uppvisade ett dominansvärde på hela 61 %. Denna station hade ett signifikant korrelationsvärde jämfört med station 61A vid Kalvö vad gäller förekomsten av rovdjur. En statistiskt signifikant trend för minskande individtäthet för kommakräftdjuret *Diastylis* utmärker station N5.

Tabell 37. Dominansvärden i procent för arter på station N5 under perioderna 1993-2000 resp. 2001-2009. Medelvärde är baserat på de minst fem tillfällen (n), i ett fall fyra, då arten förekommit med ett dominansvärde ≥ 1.0 %. D = depositionsätare, S = suspensionsätare, R = Rovdjur

Perioden 1990-2000

Art	Födotyp	Medelvärde	Variationsvidd	Antal tillfällen
<i>Abra alba</i>	D	34	3-88	n=5
<i>Oligochaeta</i> indet.	D	23	8-40	N=5
<i>Trochochaeta multisetosa</i>	D	18 ----- S:a 75	7-35	n=5
<i>Corbula gibba</i>	S	11	5-30	n=6
<i>Nephtys hombergii</i>	R	8	2-13	n=5

Perioden 2001-2009

Art	Födotyp	Medelvärde	Variationsvidd	Antal tillfällen
<i>Oligochaeta</i> indet.	D	37	13-80	n=9
<i>Abra alba</i>	D	21	4-72	n=4
<i>Corbula gibba</i>	D	20 ----- S:a 78	3-61	n=8
<i>Nephtys hombergii</i>	C	15	4-55	n=8

Station N5 karakteriseras sammantaget under undersökningsperioden 1974-2009 av det s.k. *Abra*-samhället och då främst av havsborstmasken *Nephtys hombergii*, korgmusslan *Corbula gibba*, fåborstmaskar *Oligochaeta* indet., havsborstmasken *Scoloplos armiger*, slemmaskar *Nemertini* indet. och musslan *Abra alba*. Fåborstmaskar utmärker mellandjupsbotten med kraftig organisk belastning. År 1999 började borstmasken *Capitella capitata* uppträda i botten sedimentet och då med ett dominansvärde på 14.3 %. Som framgått har antalet taxa, individtätheten och biomassan minskat signifikant på station N5. Här har vidare individstorleken avtagit. I följande tabell visas vilka arter som individmässigt har dominerat faunan, dels under perioden 1990-2000 och dels 2001-2009. Under den förra tidsperioden varierade artantalet mellan 21 och 51, medan antalet arter under den senare perioden varierade mellan 6 och 20. Detta indikerar starkt att något hände i miljön alldeles i början på 2000-talet.

Följande kan framhållas när de två perioderna jämförs mera i detalj:

Under den förra perioden dominerar sedimentätare klart (75 %) med främst musslan *Abra alba* och fåborstmaskar *Oligochaeta* indet. samt under den senare perioden av *Oligochaeta* indet. Denna grupp började uppvisa förhöjda dominansvärden i slutet av 1990-talet. Musslan *Abra alba* kan närmast betraktas som en selektiv sedimentätare, men kan även skaffa sig föda som filtrerare. Födösättet bestäms av tillgången på föda och bottenströmmens hastighet (Rosenberg, 1993). Tabell 31 kommenteras enligt det följande:

- Havsborstmasken *Trochochaeta multisetosa* förekommer inte under den senare perioden.
- Musslan *Corbula gibba*, som är filtrerare uppvisar högre dominansvärden under den senare perioden

- Perioden 1993-2000 var sedimentätarnas andel i medeltal något högre än under perioden därefter, då *Corbula gibba* 1999 uppvisade ett dominansvärde på 61 %.
- Rovborstmaskens dominansvärde var under den senare av perioderna mer än fördubblat.

Figur 39 visar utvecklingen på station N5 under perioden 1974-2009 med MDS. Det framgår med all tydlighet att runt år 2000 skedde en kraftig förändring av bottenfaunan i negativ riktning. Det finns tydliga förändringsmönster på stationen under perioden 1969-2009 i form av:

- Samtliga huvudvariabler (antal taxa, biomassa och individtätet) minskar
- Minskande medelvikt per individ
- Stora förändringar av MDS under senare år
- Samtliga diversitetsindex minskar
- Kommakräftdjuret *Diastylis rathkei* försvinner

I figur 46 visas BQI för stationerna N5 och 74. Endast år 1977 låg BQI-värdet vid N5 inom klassgränsen god och därefter finns en avtagande trend. Efter 2002 har klassen varit otillfredsställande till dålig.



Den lilla tunnskaliga musslan *Abra alba* (t. v) som trivs i bottenar med högt organiskt innehåll kan förekomma i höga individtätheter på station N5. Musslan *Fabulina fabula* (t.h) trivs i grovkorniga bottenar och är mer typisk för station 74.

Resultat för station 74, 1990-2009

Sedimentförhållanden

Provtagningen av I.M.M. AB år 1982 gav en sedimentpropp på endast 12 cm. Överst i sedimentet fanns ett tunt skikt med grönbrun till brun siltig sand och under 2 cm fanns det gråsvart, siltig sand och en kraftigt reducerad miljö (jfr tabell 2). Bottenen betecknades som en erosionsbotten, där glödförlusten idag understiger 1 % av torrsubstansen.

Bottenfauna

Provtagning på denna station påbörjades 1981. Under 1990-talet skedde provtagning vart tredje år. Aktuella dominansvärden för perioden 1990-2009 visas i tabell 38.

Tabell 38. Dominansvärden i procent för arter på station 74 under perioderna 1990-1999 och 2002-2009. År 2001 utfördes ingen provtagning. Medelvärde är baserat på de minst fyra tillfällen (n) då arten förekommit med ett dominansvärde ≥ 1.0 %. D = depositionsätare, S = suspensionsätare, R = Rovdjur.

Perioden 1990-1999

Art	Födotyp	Medelvärde	Variationsvidd	Antal tillfällen
<i>Scoloplos armiger</i>	D	53	39-65	n=4
<i>Nephtys hombergii</i>	R	16	10-23	n=4

Perioden 2002-2009

Art	Födotyp	Medelvärde	Variationsvidd	Antal tillfällen
<i>Scoloplos armiger</i>	D	37	9-54	n=5
<i>Oligochaeta</i> indet.	D	26	3-73	n=4
		S:a 63		
<i>Nephtys hombergii</i>	R	11	2-37	n=5

Borstmasken *Scoloplos armiger* uppvisar en klar dominans under båda perioderna, men år 2002 dominerade *Oligochaeta* indet. Av tabellen ovan framgår att sedimentätare har dominerat bottenfaunan under båda perioderna. Genomsnittligt uppvisar station 74 den lägsta individtätheten och den lägsta biomassan, figur 7.

Faunan på station 74 tillhör tillsammans med station N5 *Abra*-samhället men uppvisar jämnare resultat än N5. Individstorleken har minskat signifikant. Faunan verkar ha utvecklats kring ett jämviktsläge fram till 2000-talet och därefter sker större förändringar skilda från resultaten från 1980- och 1990-talen. Denna förändring speglas väl i MDS-plotten. År 2002 verkar vara en brytpunkt. Marina daggmussor och korgmusslor *Corbula gibba* tenderar att öka i betydelse, medan musslan *Abra alba* och kommakräftan *Diastylis rathkei* tenderar att minska. BQI-värdet, figur 46, var speciellt lågt 1983 (dålig status) för att efter 2006 öka till måttlig status. Man kan konstatera att de båda BQI-kurvorna för N5 och 74 i viss utsträckning är varandras spegelbilder.

Tolkning av faunaförändringarna vid stationerna N5 och 74

Station N5

Miljöförhållanden

Som framgått ovan är denna station belägen på ett djup som träffas av både språngskiktets interna vågor och den inåtgående bottenströmmen. Tydligt har ackumulationen av mer eller mindre sönderdelat organiskt material ökat med tiden, vilket speglas av de försämrade redoxförhållandena, figur 9. Såväl vågorna och bottenströmmen kan vara transportörer av sådant material. Vidare ligger N5 i ett ackumulationsområde och här hamnar resterna av de fintrådiga alger som vissa somrar kan uppträda i stora mängder, speciellt inom de stora grundområdena i fjorden. Nilsson och Rosenberg (1999) genomförde i juni 1999 en analys av bottenmiljön i Kungsbackafjorden med hjälp av en sedimentprofilkamera. Det mest anmärkningsvärda med undersökningen var den stora förekomsten och utbredningen av lösdrivande

vegetation på bottenarna. I hela 43 % av bilderna påträffades lösdrivande tång och sjögräs samt övrig vegetation, som begravts nere i botten. I djuprännan belägen mellan Kalvö och Gottskär (fjordens mellandel) klassificerades bottenarna som dåliga till kraftigt påverkade. I totalt 65 % av bilderna inom detta område var botten täckt av lösdrivande alger eller också var stora mängder alger begravda i sedimentet. Ungefär 37 % av fjorden är grundare än 3 meter. Enligt SMHI (2006) uppvisar näringsämnena totalfosfor, totalkväve och kisel en sjunkande trend under en 30-årsperiod, men tillförseln av totalkväve och totalfosfor till fjorden är fortfarande betydande.

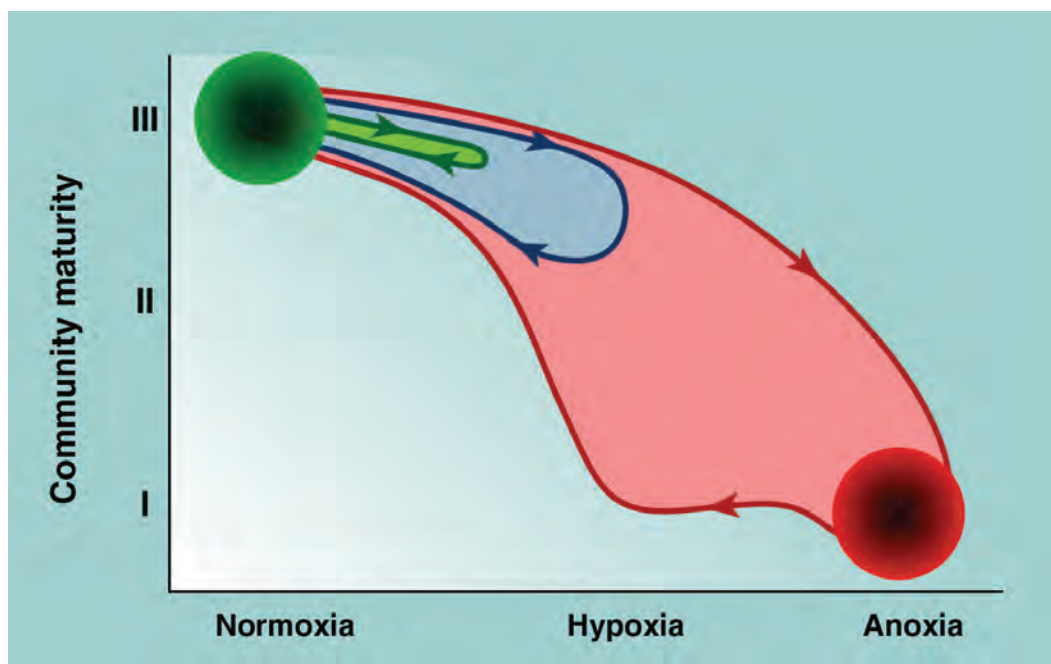
Under senare tid har toppredatorernas roll i ekosystemet alltmer uppmärksammas och en "top-down" effekt har påvisats (Heck & Valentine 2007). Överfiske har orsakat en dramatisk minskning av både biomassa och medelstorlek hos i princip alla stora rovfiskar i svenska kustvatten. I Västerhavet har till exempel beståndet av torsk minskat med över 90 % sedan 1970-talet och medelstorleken av den fångade fisken har halverats. Den ökade mängden algmattor tycks vara kopplad till denna förändring av kustekosystemen. Ett område som påverkas av både övergödning och överfiske innebär få rovfiskar men många små rovdjur och därmed få algbetare, som små algätande kräftdjur och snäckor. Följden blir en stor produktion av påväxtalger. Den stora förekomsten av algmattor i Kungsbackafjorden kan sannolikt vara en effekt av för få stora rovfiskar som torsk och kolja i Västerhavets ekosystem.

Emellertid drabbas botten i ackumulationsområdet vid N5 av ytterligare tillskott av organiskt material på grund av tillförseln dit genom de interna vågorna och inåtgående bottenströmmar. I och med att mindre rovfiskar ökat i förekomst har djurplankton minskat och växtplankton ökat. I Östersjön har denna process lett till kraftiga algblomningar. Intressant i sammanhanget vad gäller fångst- och beståndsutveckling för torsken i Kattegatt är att kring år 2000 var fiskeridödligheten för torsk 3-5 år gammal som högst, mängden lekmogen fisk låg under gränsvärdet och ungfiskrekryteringen (ettårig fisk) var mycket låg (Fiskeriverket, 2010). Som framgått ovan skedde i början på 2000-talet en halvering av bottenfaunans artantal vid N5.

Botten vid N5 kan således sägas ha drabbats dubbelt av det förändrade ekosystemet i Kattegatt och Kungsbackafjorden.

Speciellt efter år 2000 har bottenfaunan förändrats kraftigt på station N5 och man kan säga att brytpunkten eller tröskelvärdet passerades år 2001, då antalet arter halverades. Exempelvis noterades endast färre än 10 arter åren 2002 och 2003. Efter år 2001 har faunan inte förmått att återhämta sig. De dominerande arterna under 2000-talet var *Oligochaeta* indet., *Abra alba*, *Corbula gibba* och *Nephtys hombergii*. Rosenberg (1977) redovisar i ett arbete makrofaunans förändringar längs en minskande syregradient i Byfjorden utanför Uddevalla. På 11 meters djup, någon meter ovanför den anoxiska miljön, var borstmaskarna *Polydora ciliata* (43 %) och *Scalibregma inflatum* (13 %) samt musslan *Corbula gibba* (10 %) de mest dominerande. Därefter kom arterna *Abra alba* och *Philine* sp. Bottenfaunan på N5 befinner sig idag i ett tillstånd enligt figur 66, som utmärks av en stor organisk belastning, där bottendjuren inte förmår bryta ner allt det organiska material som ansamlas. En anledning är att bioturbationen minskat avsevärt i omfattning.

Diaz & Rosenberg (2008) tar i sitt arbete upp konsekvenserna för marina ekosystem, då syrebristen breder ut sig, figur 66. I de fall, där redoxsprångskiktet höjer sig upp mot sedimentytan elimineras de arter, som lever djupare ner i sedimentet och därmed försämras bioturbationen med åtföljande kontroll av porvattnets kemi. Minskad bioturbation leder också till att sedimenthabitatet, nitrifikationen och denitrifikationen förändras. Det som sker i anoxisk miljö är att i stället för att kvävgasen avlägsnas genom denitrifikation, avger sedimentet i stället ammoniakföreningar och fosfor, vilka kan stimulera ytterligare produktion. Den negativa processen blir därmed självaccelererande. Nedanstående figur visar ett generaliserat mönster för hur ett bottenfaunasamhälle reagerar på avtagande syrehalt., dvs. från normoxia, via hypoxia till anoxia. Återhämningsprocessen från ett stadium med allvarlig syrebrist skiljer sig från den snabbare försämringsprocessen på grund av fördröjningar i återhämtningssuccessionen (hysteresisprocess).



Figur 66. Generaliserad bild över hur den bottenlevande faunan reagerar på hypoxia (minskande syrehalt) enligt Diaz & Rosenberg (2008). När syrehalten har sjunkit till < 0.7 ml/liter och fortsätter att sjunka med tiden inträder massdöd av bentiska organismer både från en fauna i jämvikt (stadium III) och stadium I med opportunisterna (röd färg). Om anoxia (inget syre finns) uppträder elimineras benthos. Återhämtningsvägen från stadiet med svår syrebrist skiljer sig från försämringen på grund av att den är långsammare vad gäller successionsdynamiken. Om bottenfaunan utsätts för en mindre syrebrist (hypoxia) är dödligheten måttlig och återhämtningen är närmare responsprocessen (blå färg) eftersom faunan då kan återhämta sig från mellanstadiet för succession (stadium II). Om faunan utsätts för intermediär syrebrist blir återhämtningen mindre krävande för faunan (grön färg), Diaz och Rosenberg (2008).

Läget för station N5 i Kungsbackafjorden är allvarligt eftersom bottenfaunan här befinner sig i ett stadium långt från mognad. Det finns nu bevis för fullständig denitrifikation hos bottenlevande foraminiferer bl.a. inom fam. *Nonionidae*, vilka påträffats på station N5. Dessa kan överleva i syrefria miljöer och "andas" då t.ex. nitrat. Genom denna process motverkas den självaccelererande gödningseffekt som syrefria sediment kan ge upphov till. Olsson (1976) visade i ett arbete att foraminiferen

Ammotium cassis är en karaktärsart för språngskiktsmiljöer. Den nämnda arten förekommer i språngskiktet i Kungsbackafjorden

Sammanfattningsvis befinner sig bottenfaunan på station N5 i ett stadium som det kommer att ta lång tid att lämna i riktning mot sundare förhållanden. Nyckelfaktorerna för graden av ekosystemets försämring är exponeringsgraden och syrgaskoncentrationen (Diaz & Rosenberg (2008)). Som framgått ovan har de låga syrgashalterna vid N5 dubbla orsaker. Det kan ta flera år för faunan att återhämta sig från besvärande syrebrist. Den organiska belastningen med dubbelt ursprung kommer att vara fortsatt hög.

Station 74

Faunaförändringarna vid station 74 har inte varit lika drastiska, som vid N5, sannolikt beroende på bättre syrsatt bottenvatten och sediment. Detta utmärks av relativt packad sand. Fåborstmasken *Oligochaeta* indet. dominerade kraftigt år 2002, vilket tyder på en rikare förekomst av organiskt material. Bottenfaunaförhållandena förbättrats under senare år. Detta kan i enlighet med figur 66 tolkas som att botten inte har drabbats i lika hög grad som N5 av hypoxia. Sannolikt har dödligheten varit mindre och faunans återhämtning blev därmed snabbare, eftersom den befann sig i det mindre påverkade mitsuccesionsstadium II.

Förslag till tolkning av utvecklingen i hela Kungsbackafjorden 1969-2009

Ett förslag till sammanvägd tolkning av resultaten från trend- och MDS-analyserna för hela perioden presenteras i tabell 39. Förslaget bygger på statistiskt signifikanta förändringar av trender och utvecklingsmönster.

Övergripande kan man tolka förändringarna som om den organiska belastningen har gått ner på flertalet stationer. Endast stationer på mellandjup, i haloklinen, är undantagna. Detta kan bero på att belastningen har olika ursprung och drabbar stationerna på olika sätt vid olika tidpunkter. Minskningar av individtäthet och biomassa på många stationer längs övriga Hallandskusten (Göransson 2009) pekar också i samma riktning.

Mera i detalj finns gemensamma tecken på minskad belastning i fjordens inre del (stationerna 60A3, 60A2, 60A och 60B) framförallt i form av minskad förekomst av små opportunistiska arter. På mellandjup, i fjordens mellersta och yttre del, (framförallt på stationerna N5 och 74, men i viss mån även 61A) finns gemensamma tecken på försämringar, framförallt i form av minskad diversitet och minskad individstorlek. Flera tydliga tecken på förbättringar finns på den yttersta, djupaste stationen. Stabilare huvudvariabler och ökad förekomst av arter som förknippas med goda tillstånd parallellt med minskad förekomst av arter som kan sättas i samband med hög organisk belastning är sådana.

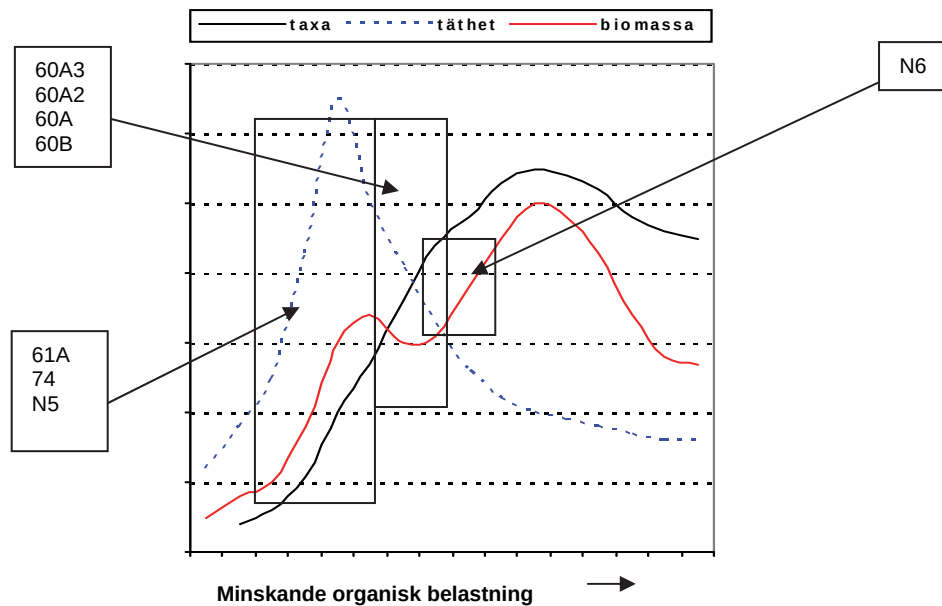
I fjordens inre del verkar faunan vara tydligt påverkad av den lokala belastningen. Ansträngningar som utförts för att minska belastningen under senare år har alltså varit mycket positiva. Dessa ansträngningar är naturligtvis också positiva för fjordens yttre delar som dock troligen står under ett mera betydande inflytande från omgivande hav.

De minskningar av näringsämnesshalter som konstaterats för yttre delar av Kattegatt har troligen även haft betydelse för den positiva utvecklingen på den yttersta, djupaste stationen i fjorden. Den negativa utvecklingen på de båda mellandjupsstationerna är svårare att förklara, men beror troligen på lokala ansamlingar av makrovegetation samt på intransport av organiskt material ansamlad i haloklinens övre del. En viktig transportmekanism härvidlag är de interna vågornas rörelser in mot fjordens mellersta del. Minskad belastning av näringsämnen borde leda till relativt sett högre produktion av ålgräs och makroalger än av växtplankton.

Tabell 39. Förändringsmönster för 8 bottenfaunastationer i Kungsbackafjorden under perioden 1969/1981-2008/2009. Statistiskt signifikanta förändringar av trender och MDS-mönster. Grön färg markerar positiv tolkning av förändring (tecken på minskad organisk belastning). Röd färg markerar negativ tolkning av förändring (tecken på ökad organisk belastning).

Station	Djup m	Huvudvariabler (Antal taxa, biomassa individdensitet)	Medelvikt g/indiv	MDS mönster	Diversitet (M=Margalef SW=Shannon Wiener BQI=Benthic Quality)	Enskilda taxa Födogrupper (Dep= Depositionsätare)
60A3	1,5			Stora förändringar från 1990		<i>Hydrobia</i> minskar Rovdjur ökar
60A2	2,0		Ökande storlek	Stora förändringar från 1990		<i>Hydrobia</i> minskar
60A	3,8	Individdensiteten minskar från extremvärden, Biomassan minskar		Stora förändringar från 1990	M ökar	Oligochaeta och <i>Scoloplos</i> minskar Dep. minskar Rovdjur ökar
60B	4,9		Ökande storlek	Stora förändringar hela perioden		Rovdjur ökar
61A	8,7			Ökad instabilitet	Alla diversitetsindex minskar	
74	14,7		Minskande storlek	Stora förändringar, spec senare år	SW minskar	
N5(63)	16,0	Alla variabler minskar	Minskande storlek	Stora förändringar, spec senare år	Alla diversitetsindex minskar	<i>Diastylis rathkei</i> minskar
N6(69)	27,0	Biomassan och individdensiteten minskar		Två jämviktslägen, från 1993 stabilare	Margalef ökar BQI ökar	<i>Amphiura</i> , <i>Maldane</i> minskar. <i>Nucula</i> , <i>Scoloplos</i> ökar.

De sammantagna resultaten kan relateras till övergödningsförhållandena. Pearson-Rosenbergs modell (Pearson & Rosenberg 1978) beskriver hur den organiska belastningen påverkar antalet taxa, individdensiteten och biomassan hos bottenfaunan, figur 67. De 8 stationerna i Kungsbackafjorden befinner sig troligen i olika utvecklingsskeden. Förslagsvis har flertalet av de inre grunda stationerna befunnit sig i ett högt belastningsintervall eftersom massförekomster av opportunister förekommit frekvent. Mellandjupsstationerna verkar däremot befinna sig på "utförsbacken" eftersom opportunister förekommit frekvent och alla huvudvariabler tycks minska de senaste åren. Den djupaste stationen tycks befinna sig i ett snävt intervall där biomassan och individdensiteten minskar.



Figur 67. Pearson-Rosenbergs modell för hur den organiska belastningen påverkar antalet taxa, individtätheten och biomassan hos bottenfaunan. Inlagda rektanglar anger lägesförslag för utvecklingen av faunan på 8 stationer i Kungsbackafjorden under perioden 1969/81-2008/2009. Omritad efter Pearson & Rosenberg 1978.

Förhållandena i mellersta Kungsbackafjorden är alltså extrema och ligger långt till vänster i Pearson-Rosenbergs modell. Flertalet av de övriga stationerna är däremot avsevärt mindre belastade, de bör därför ligga långt till höger i modellen. Minskningar av individtäthet och biomassa, ökad diversitet samt stabilisering av resultat tyder alltså på minskad organisk belastning. Belastningen beror både på lokala förhållanden och långväga transport av näringsämnen och organiskt material.

Erkännanden

Författarna vill rikta ett varmt tack till Rahmnska Stiftelsen för ekonomiskt stöd under många år. Utan detta stöd hade inte undersökningarna kunnat påbörjas. Vi vill även tacka f.d. Gatukontoret (numera Teknik), Kungsbacka kommun för värdefullt stöd. Vi är stort tack skyldiga Länsstyrelsen i Hallands län som har bekostat en stor del av undersökningarna 1993-2009 samt framtagandet av denna rapport.

Referenser

- Andersson P M & L S Andersson. 2006. Long term trends in the seas surrounding Sweden. Part one – nutrients. *SMHI. Oceanography No 34*.
- Anon. 2006. www.dmu.dk
- ArtDatabanken. 2005. <http://www.artdata.slu.se/rodlista/index.cfm>
- Bergström, L. & Karlsson, M. 2015. Djupstratifierat provfiske med småryssjor 0:1. Havs- och Vattenmyndigheten 2015.
- Clarke K.R., Warwick R.M. 1994. Change in marine communities: An approach to statistical analysis and interpretation. Plymouth Marine Laboratory.
- Diaz R.J. & Rosenberg R. 2008. Spreading dead zones and consequences for marine ecosystems. *Science* vol. 321 pp. 929-929
- Errestad E & J Karlfelt. 2006. Grunda bottnar längs Helsingborgskusten 2006. *Rapport till Miljönämnden i Helsingborg*.
- Fiskeriverket 2010. Fiskbestånd och miljö i hav och sötvatten. Resurs- och miljööversikt 2010.
- Grimås U, Jacobsson A & E Neuman. 1988. Biologiska och radioekologiska undersökningar vid Ringhals kärnkraftverk 1968-1987. Laboratoriet för miljökontroll. *Naturvårdsverket Rapport 3463*.
- Göransson P. 1996a. Undersökning av bottenfaunan vid Hallandskusten 1996. *Rapport till länsstyrelsen i Hallands län*.
- Göransson P. 1997. Bottenfaunan i Skälderviken, södra Laholmsbukten och längs Hallandskusten 1997. *Rapport till länsstyrelsen i Hallands län och Nordvästskånes Kustvattenkommitté*.
- Göransson P. 1998. Bottenfaunan i Skälderviken, södra Laholmsbukten och längs Hallandskusten 1998. *Rapport till länsstyrelsen i Hallands län och Nordvästskånes Kustvattenkommitté*.
- Göransson P. 1999. Bottenfaunan i Skälderviken, södra Laholmsbukten och längs Hallandskusten 1999. *Rapport till länsstyrelsen i Hallands län och Nordvästskånes Kustvattenkommitté*.
- Göransson P. 1999b. Förslag till operationella miljömål för bottenfaunan i Öresund. Öresundsvattensamarbetet.
- Göransson P. 1999c. Det långa och korta perspektivet i södra Kattegatt - bottendjurens berättelse från två provpunkter. *Fauna och Flora* 94:3, 125-138.

- Göransson P. 2000. Bottenfaunan längs Hallandskusten 2000. *Rapport till länsstyrelsen i Hallands län.*
- Göransson P. 2001. Bottenfaunan längs Hallandskusten 2001. *Rapport till länsstyrelsen i Hallands län.*
- Göransson P. 2002. Petersen's benthic macrofauna stations revisited in the Öresund area (southern Sweden) and species composition in the 1990's – signs of decreased biological variation. *Sarsia* 87:263-280.
- Göransson P. 2002b. Bottenfaunan längs Hallandskusten 2002. *Rapport till länsstyrelsen i Hallands län.*
- Göransson P. 2003. Bottenfaunan längs Hallandskusten 2003. *Rapport till länsstyrelsen i Hallands län.*
- Göransson P. 2004. Bottenfaunan längs Hallandskusten 2004. *Rapport till länsstyrelsen i Hallands län.*
- Göransson P. 2005. Bottenfaunan längs Hallandskusten 2005. *Rapport till länsstyrelsen i Hallands län.*
- Göransson P. 2006. Bottenfaunan längs Hallandskusten 2006. *Rapport till länsstyrelsen i Hallands län.*
- Göransson P. 2006b. Bottenfauna och sediment utanför Lerkil 2006. *Rapport till Förvaltningen för Teknik, Kungsbacka kommun.*
- Göransson P. 2007. Bottenfaunan längs Hallandskusten 2007. *Rapport till länsstyrelsen i Hallands län.*
- Göransson P. 2007b. Bottenfaunan i området Klosterfjorden-Balgö-Getterön 2006. *Rapport till länsstyrelsen i Hallands län.*
- Göransson P. 2007c. Bottenfaunan i Vendelsöområdet 2006. *Rapport till länsstyrelsen i Hallands län.*
- Göransson P. 2008. Bottenfaunan längs Hallandskusten 2006. *Rapport till länsstyrelsen i Hallands län.*
- Göransson P. 2009. Bottenfaunan längs Hallandskusten 2006. *Rapport till länsstyrelsen i Hallands län.*
- Göransson P. & S. B. Johnson. 1993. Undersökning av bottenfaunan vid Hallandskusten 1993. *Rapport till länsstyrelsen i Hallands län.*
- Göransson P. & S. B. Johnson. 1994. Undersökning av bottenfauna vid Hallandskusten 1994. *Rapport till länsstyrelsen i Hallands län.*

- Göransson P. & S. B. Johnson. 1995. Undersökning av bottenfaunan vid Hallandskusten 1995. *Rapport till länsstyrelsen i Hallands län*.
- Hansen JLS, Josefson AB & J Carstensen. 2003. Opgørelse af skadevirkninger på bundfaunaen efter iltsvindet i 2002 i de inre danske farvande. *Faglig rapport fra DMU, nr 456*.
- Hartmann-Schröder G. 1996. Polychaeta. Die Tierwelt Deutschlands. 58 Teil. *Gustav Fischer Verlag. Jena 1996*.
- Heck Jr K. L. & J.F. Valentine. 2007. The primacy of top-down effect in shallow benthic ecosystems. *Estuaries and coasts*. Vol 30. No 3. p371-381.
- Henriksen P. 2009. Long-term changes in phytoplankton in the Kattegat, the Belt Sea, the Sound and the western Baltic Sea. *J Sea Res* 61:114-123.
- Håkansson L. & R. Rosenberg. 1985. Praktisk kustekologi. Naturvårdsverket. *Snv pm 1987*.
- Nilsson H. C. & R. Rosenberg 1999. Analys av bottenmiljön i Kungsbackafjorden 1999. Marine Monitoring AB vid Kristineberg.
- i.M.M. AB 1992. Maringeologisk undersökning av Kungsbackafjorden. Anders Liljestrand, projektledare.
- Jennerborg L. H. 2006. Mobil epibentisk fauna i grunda kustområden år 2005. *Rapport till Bohuskustens Vattenvårdsförbund*.
- Jägerskiöld L. A. 1971. A survey of the marine benthonic macro-fauna along the Swedish west coast 1921-1938. Ed. Hubendick B, Hyle G & Swärd S. *Zoologica* 6. *Kungl Vetenskaps- och Vitterhets-samhället. Göteborg 1971*.
- Kanneworff E. & W. Nicolaisen. 1973. The "Haps" a frame-supported bottom corer. *Ophelia*, 10: 119-129.
- Karlsson K, Rosenberg R & E Bonsdorff. 2002. Temporal and spatial large scale effects of Eutrophication and oxygen deficiency on benthic fauna in Scandinavian and Baltic Waters – a review. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann Rev.* 40:427-489.
- Margalef R. 1958. Information theory in ecology. *Gen. syst.* 3: 36-71.
- Muus B. J. 1967. The fauna of Danish estuaries and lagoons. Diss. København 1966.
- Olsson, I. 1966. Marineekologiska undersökningar i Kungsbackafjorden med särskild hänsyn till bottenfaunan. *Licentiatavhandling i zoologi vid Uppsala Universitet*
- Olsson, I. 1969. Marineekologiska undersökningar i Kungsbackafjorden. *Naturhistoriska Museums Årstryck*, 27-54.

- Olsson I. 1976. Distribution and ecology of the foraminiferan *Ammotium cassis* (parker) in some Swedish estuaries. *Zoon* 4:137-147.
- Olsson, I. 1978 Undersökning av bottenfaunan på fyra stationer i Kungsbackafjorden i juni 1977. *Rapport till Kungsbacka kommun*.
- Olsson, I. 1981 Undersökning av bottenfaunan på sex stationer i Kungsbackafjorden i juni 1979. *Rapport till Kungsbacka kommun*.
- Olsson I. 1983. Undersökning av bottenfaunan på åtta stationer i Kungsbackafjorden i maj 1981. *Rapport till Kungsbacka kommun*.
- Olsson I. 1987. Undersökning av bottenfaunan på åtta stationer i Kungsbackafjorden i juni 1983 och i maj 1985. *Rapport till Kungsbacka kommun*.
- Olsson I. 1993. Bottenfaunaundersökningar i Kungsbackafjorden 1987 –1990. *Rapport till Kungsbacka kommun*.
- Olsson I. 1996. Bottenfaunaundersökningar i Kungsbackafjorden 1993. *Rapport till Kungsbacka kommun*.
- Olsson I. 1998. Bottenfaunaundersökningar i Kungsbackafjorden 1996. *Rapport till Kungsbacka kommun*.
- Olsson I. 2000. Bottenfaunaundersökningar i Kungsbackafjorden 1999. *Rapport till Kungsbacka kommun*.
- Olsson I. 2005. Bottenfaunaundersökningar i Kungsbackafjorden 2002. *Rapport till Kungsbacka kommun*.
- Olsson, I. & J. Börjesson. 1976. Undersökningar avseende bentisk vegetation och bottenfauna i Kungsbackafjorden 1974 och 1975. *Rapport till Kungsbacka kommun*.
- OSPAR 2004. Initial OSPAR List of threatened and/or declining species and habitats. *Ospar convention for the protection of the marine environment of the north-east Atlantic. Agreement reference number 2004-06*.
- Pearson T H & Rosenberg R. 1978. Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann Rev.* 16: 229-311
- Petersen C G J. 1913. Havets bonitering II. Om havbundens dyresamfund og disses betydning for den marine zoogeografi. *Den danske biologiske station XXI. Kjøbenhavn 1913*.
- Pielou E C. 1969. An introduction to mathematical ecology. *Wiley interscience. N. Y.* 1969.

- Rosenberg R. 1977. Benthic macrofaunal dynamics, production and dispersion in an oxy-deficient estuary of west Sweden. *J.exp. mar. Biol. Ecol.*, Vol. 26, pp.107-133.
- Rosenberg R. 1993. Suspension feeding in *Abra alba* (Mollusca) *Sarsia* 78:119-121.
- Rosenberg R (red), Möller P, Pihl L, Olafsson E, Persson L-E, Hansson S, Thorman S, Wiederholm S & K Müller. 1984. Biologisk värdering av grunda svenska havsområden. Fisk och bottendjur. *Statens Naturvårdsverk PM 1911*.
- Rosenberg R, Hellman B. & Johansson B. 1991. Hypoxic tolerance of marine benthic fauna. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 79: 127-131.
- Rosenberg R, Blomqvist M, Nilsson H C, Cederwall H & A Dimming. 2004. Marine quality assessment by use of species-abundance distributions: a proposed new protocol within the European Union Framework Directive. *Mar. Poll. Bull.* 49: 728-739.
- Rydberg, L. 1982. Något om Kungsbackafjordens vatten utbyte och närsaltbalans. Röda serien, Göteborg
- Schultze L. 1997. Samordnad kustvattenkontroll i Halland 1994-1996. Sammanfattning av resultat. *Länsstyrelsen i Hallands län*.
- SMHI, 2006. Långtidstrender I havet runt Sverige – näringsämnen.
- Smith W & McIntyre A D. 1954. A spring-loaded bottom sampler. *J Mar Biol Assoc. U. K.* 33.1954. sid 261.
- Sokal R R & F J. Rohlf. 1995. Biometry. The principles and practice of statistics in biological research. Third edition. W H Freeman and company.
- Stibe L. 2007. Näringsämnestillförseln till Kungsbackafjorden. Grafiska sammanställningar. Länsstyrelsen i Hallands län.
- Truedsson, Ohlsson & Persson. 2007. Grunda bottnar längs Helsingborgskusten 2006. *Rapport till Miljönämnden i Helsingborg*.
- Tunberg B. 1998. Övervakning av mjukbottenfauna längs Sveriges västkust. Sammanfattande rapport över utvecklingen 1996-1997. Långtidstrender. Klimatpåverkan. *Naturvårdsverket. Kristinebergs Marina Forskningsstation*. 12 sid.
- Waldock M J, J E Thain & M E Waite. 1987. The distribution and potential toxic effects of TBT in UK estuaries during 1986. *Appl. Organomet. Chem.* 1: 287-301
- www. DMU. dk. Danmarks Miljøundersøgelser. Udbredelse av iltsvind. Medio september & medio oktober 2003.
- VBB. 1987. Spridning och utspädning i recipienten av Värö bruks avloppsvatten. 12 sid. *Rapport till Värö bruk*.

Appendix. Påträffade taxa 1969-2009

Taxa

<i>Abietinaria abietina</i>	<i>Astyra</i> sp
<i>Abra alba</i>	<i>Athanas nitescens</i>
<i>Abra nitida</i>	<i>Atylus swammerdami</i>
<i>Abra prismatica</i>	<i>Balanus crenatus</i>
<i>Acanthocardia echinata</i>	<i>Balanus improvisus</i>
<i>Acteon tornatilis</i>	<i>Bathyporeia guilliamsoniana</i>
<i>Aglaophamus agilis</i>	<i>Bittium reticulatum</i>
<i>Akera bullata</i>	<i>Bivalvia</i> indet
<i>Alcyonaria indet</i>	<i>Bowerbankia imbricata</i>
<i>Alcyonidium gelatinosum</i>	<i>Brada inhabilis</i>
<i>Alcyonidium hirsutum</i>	<i>Brada villosa</i>
<i>Alitta virens</i>	<i>Branchiostoma lanceolatum</i>
<i>Alvania beani</i>	<i>Brissopsis lyrifera</i>
<i>Ampelisca brevicornis</i>	<i>Buccinum undatum</i>
<i>Ampelisca gibba</i>	<i>Bylgides elegans</i>
<i>Ampelisca macrocephala</i>	<i>Bylgides sarsi</i>
<i>Ampelisca</i> sp	<i>Calliopius laeviusculus</i>
<i>Ampelisca tenuicornis</i>	<i>Calliopius</i> sp
<i>Ampharete acutifrons</i>	<i>Capitella capitata</i>
<i>Ampharete baltica</i>	<i>Capitella giardi</i>
<i>Ampharete goesi</i>	<i>Capitellidae</i> indet
<i>Ampharete grubei</i>	<i>Caprella linearis</i>
<i>Ampharetidae</i> indet	<i>Caprella septentrionalis</i>
<i>Amphipoda</i> indet	<i>Caprellidae</i> indet
<i>Amphitrite cirrata</i>	<i>Carcinus maenas</i>
<i>Amphiura chiajei</i>	<i>Caryophyllia smithii</i>
<i>Amphiura filiformis</i>	<i>Cauleriella killariensis</i>
<i>Amphithoe rubricata</i>	<i>Cerastoderma edule</i>
<i>Anapagurus</i> sp	<i>Cerastoderma glaucum</i>
<i>Angulus</i> sp	<i>Cerianthus lloydii</i>
<i>Angulus tenuis</i>	cf <i>Hydractinia echinata</i>
<i>Anobothrus gracilis</i>	cf <i>Merona cornucopia</i>
<i>Anoplodactylus petiolatus</i>	<i>Chaetoderma nitidulum</i>
<i>Aora gracilis</i>	<i>Chaetozone setosa</i>
<i>Aoridae</i> indet	<i>Chamelea striatula</i>
<i>Aphrodita aculeata</i>	<i>Cheirocratus</i> sp
<i>Aporrhais pespelicani</i>	<i>Chironomidae</i> indet
<i>Apseudes spinosus</i>	<i>Chone duneri</i>
<i>Arctica islandica</i>	<i>Cirratulidae</i> indet
<i>Arenicola marina</i>	<i>Conchoecia elegans</i>
<i>Argissa hamatipes</i>	<i>Corbula gibba</i>
<i>Aricidea cerrutii</i>	<i>Corella parallelogramma</i>
<i>Aricidea</i> sp	<i>Corophium affine</i>
<i>Aricidea suecica</i>	<i>Corophium bonelli</i>
<i>Artacama proboscidea</i>	<i>Corophium insidiosum</i>
<i>Asciacea</i> indet	<i>Corophium volutator</i>
<i>Asciella aspersa</i>	<i>Crangon crangon</i>
<i>Astacilla longicornis</i>	<i>Crangon</i> sp
<i>Astarte borealis</i>	<i>Crisia eburnea</i>
<i>Asterias rubens</i>	<i>Crustacea</i> indet
<i>Asteroidea</i> indet	<i>Cyathura carinata</i>
<i>Astropecten irregularis</i>	<i>Cylichna cylindracea</i>

Decapoda indet	Harmothoe imbricata
Decipula tenella	Harmothoe impar
Dexamine spinosa	Hediste diversicolor
Diaphana minuta	Hesionidae indet
Diastylis lucifera	Heteromastus filiformis
Diastylis rathkei	Hippomedon denticulatus
Diastylis sp	Homarus gammarus
Diplocirrus glaucus	Hyala vitrea
Dynamena pumila	Hydractinia carnea
Dyopedos sp	Hydrobia ventrosa
Echinocardium cordatum	Idotea balthica
Echinocyamus pusillus	Idotea chelipes
Edwardsia sp	Idotea granulosa
Electra crustulenta	Isopoda indet
Electra pilosa	Jaera albifrons
Ennucula tenuis	Jassa sp
Escharella immersa	Labidoplax buskii
Erichthonius difformis	Lagisca extenuata
Eteone barbata	Laonice bahusiensis
Eteone flava	Lepidonotus squamatus
Eteone foliosa	Leptasterias muelleri
Eteone longa	Leptocheirus pilosus
Eteone sp	Leptochiton asellus
Eudorella truncatula	Leptopentacta elongata
Eugyra arenosa	Leucon nasica
Eulalia bilineata	Leucon sp
Eumida bahusiensis	Leucothoe lilljeborgi
Fabricia sabella	Levinsenia gracilis
Fabulina fabula	Limea loscombii
Flabelligera affinis	Liocarcinus depurator
Galathowenia oculata	Liocarcinus navigator
Gammarellus angulosus	Lipobranchus jeffreysii
Gammarellus homari	Littorina littorea
Gammaropsis nitida	Littorina obtusata
Gammarus duebeni	Littorina saxatilis
Gammarus locusta	Macoma balthica
Gammarus sp	Macoma calcarea
Gastropoda indet	Macropodia rostrata
Gastrosaccus spinifer	Maera loveni
Gattyana amondseni	Magelona allenii
Gattyana cirrosa	Magelona mirabilis
Gibbula cineraria	Malacobdella grossa
Gibbula tumida	Maldane sarsi
Gitana sarsi	Mangelia attenuata
Glycera alba	Marenzelleria cf viridis
Glycera rouxii	Mediomastus fragilis
Glycera sp	Megamphopus cornutus
Glycinde nordmanni	Meganyctiphanes norvegica
Golfingia procera	Melinna cristata
Golfingia sp	Melita palmata
Goniada maculata	Melita sp
Haliclona urceolus	Metridium senile
Halicryptus spinulosus	Microdeutopus gryllotalpa

Microdeutopus sp	Ophiura ophiura
Modiolarca subpicta	Ophiura sp
Modiolus modiolus	Opisthobranchia indet
Moerella pygmaea	Ostracoda indet
Monoculodes carinatus	Owenia fusiformis
Monoculodes packardii	Oweniidae indet
Musculus discors	Pagurus sp
Musculus niger	Palaemon adspersus
Mya arenaria	Paraonis fulgens
Mya truncata	Pariambus typicus
Mysella bidentata	Parvicardium ovale
Mysidacea indet	Parvicardium scabrum
Mysis mixta	Pasiphaea tarda
Mytilus edulis	Pectinaria auricoma
Nassarius incrassatus	Pectinaria belgica
Nassarius nitidus	Pectinaria koreni
Nassarius pygmaeus	Perinereis cultrifera
Neanthes succinea	Peringia ulvae
Nematoda indet	Perioculodes longimanus
Nemertini indet	Phascolion strombus
Neomysis integer	Phascolion tuberculosum
Nephtys caeca	Phascolosoma margaritaceum
Nephtys ciliata	Phaxas pellucidus
Nephtys hombergii	Pherusa plumosa
Nephtys incisa	Philine aperta
Nephtys longosetosa	Philine catena
Nephtys sp	Philine scabra
Neptunea antiqua	Philocheras bispinosus
Nereididae indet	Philomedes brenda
Nereimyra punctata	Pholoe baltica
Nereis pelagica	Pholoe cf baltica
Nereis sp	Pholoe pallida
Notomastus latericus	Pholoe sp
Nucula nitidosa	Phoronis muelleri
Nucula nucleus	Photis sp
Nucula sulcata	Phoxocephalus holbolli
Nuculana minuta	Phyllodoce groenlandica
Nuculana pernula	Phyllodoce maculata
Octocorallia indet	Phyllodoce rosea
Odostomia conoidea	Phyllodocidae indet
Odostomia scalaris	Pista cristata
Oedicerotidae indet	Platyhelminthes indet
Oligochaeta indet	Platynereis dumerilii
Onchnesoma steenstrupi	Podocerospis nitida
Onoba sp	Polinices montagui
Ophelia borealis	Polinices pulchella
Ophelina acuminata	Polychaeta indet
Ophiocten affinis	Polycirrus medusa
Ophiodromus flexuosus	Polydora ciliata
Ophiopholis aculeata	Polydora cornuta
Ophiothrix fragilis	Polydora quadrilobata
Ophiura albida	Polynoidae indet

Polyplacophora indet
Pontocrates altamarinus
Pontocrates arenarius
Pontonema vulgare
Pontophilus norvegicus
Pontoporeia sp
Praunus flexuosus
Praxillella praetermissa
Priapulus caudatus
Prionospio fallax
Processa sp
Pseudopolydora antennata
Pseudopolydora pulchra
Pusillina inconspicua
Pusillina sarsi
Pycnogonum littorale
Pygospio elegans
Retusa obtusa
Rhodine loveni
Rhodine sp
Rhodine gracilior
Rissoa membranacea
Sabella pavonina
Scalibregma inflatum
Scionella lornensis
Scolelepis squamata
Scoletoma fragilis
Scoloplos armiger
Scrobicularia plana
Sipuncula indet
Sphaerodorum flavum
Spio filicornis
Spio gonioccephala
Spionidae indet
Spiophanes bombyx
Spiophanes kroeyeri
Spirorbis spirorbis
Spirorbis tridentatus
Spisula sp
Spisula subtruncata
Streblospio schrubbsoli
Tellinomya ferruginosa
Tellina sp
Tellina tenuis
Terebellides stroemi
Tharyx killariensis
Thracia phaseolina
Thyasira equalis
Thyasira flexuosa
Thyasira sarsi
Thyasira sp
Thysanocardia procera
Trichobranchus roseus
Trochochaeta multisetosa
Tubificoides benedeni
Tubulipora sp
Turbellaria indet
Turritella communis
Vargula norvegica
Westwoodilla caecula
Vitreolina philippi

