

BOTTENFAUNAN
I
SKÄLDERVIKEN
OCH
SÖDRA LAHOLMSBUKTEN
2023

PETER GÖRANSSON

PAG
2022

Omslagsbilden:

De vanligaste musslorna på de båda stationerna i Skälderviken och södra Laholmsbukten.

Översta raden: Vit pepparmussla *Abra alba* och glansig pepparmussla *Abra nitida*.

Rad 2: Slätkantad nötmussla *Ennucula tenuis* och glänsande nötmussla *Nucula nitidosa*.

Rad 3: till vänster överst korgmussla *Corbula gibba* och därunder rundad myntmussla *Kurtiella bidentata*, till höger mindre knivmussla *Phaxas pellucidus*.

Understa raden: Tvåveckad krok-mussla *Thyasira flexuosa*, islandsmussla *Arctica islandica* och bandad småhjärtmussla *Parvicardium pinnulatum*.

**BOTTENFAUNAN
I SKÄLDERVIKEN OCH SÖDRA LAHOLMSBUKTEN
2023**

Peter Göransson

**Form: Anita Göransson
Foto: Peter Göransson ©**

PAG

Miljöundersökningar

KUSTGATAN 40 B, 252 70 RÅÅ • TELEFON +46 0705-26 10 75

E-MAIL: pag.miljo@gmail.com

HEMSIDA: pagenvironment.com

INNEHÅLLS FÖRTECKNING

SAMMANFATTNING	5
INLEDNING	6
METODIK	9
RESULTAT och DISKUSSION	12
Sediment	12
Sedimentets egenskaper	13
Sedimentets redoxpotential	13
Bottenfauna	13
Skillnader mellan 2022 och 2023 för huvudvariabler	13
Långsiktig utveckling 1997-2023	15
Totalt antal arter	15
Artsammansättning och rödlistade arter	16
Individtäthet	17
Biomassa	18
Status enligt bedömningsgrunder	20
Multidimensionell skalning (MDS) och klusteranalys	21
REFERENSER	24
Appendix. Rådata 2023	26

SAMMANFATTNING

Skälderviken och södra Laholmsbukten är lokalt och storskaligt påverkade av organisk belastning i kombination med kraftigt utbildad skiktning av vattnet. Syrebrist uppstår vid kraftig organisk belastning och kraftig skiktning av vattenpelaren. Detta kan vara mycket negativt för djurvärlden. Höjning av temperaturen i bottenvattnet kan förstärka uppkomsten och varaktigheten av syrebrist men också påverka primärproduktionen och förändra bottenfaunans sammansättning. Påverkan av miljögifter och bottentråning är troligen av mindre betydelse.

Sediment 2023

Under 2023 uppmättes tämligen normala organiska halter jämfört med hela undersökningsperioden 1997-2023. De oxiderande förhållandena i sedimenten var på båda stationerna bättre under 2023 än för perioden 2002-2023.

Bottenfauna 2023

Skillnader mellan 2022 och 2023

Sammanfattningsvis noteras inga signifikanta förändringar av huvudvariabler (antal taxa, individtäthet och biomassa) mellan 2022 och 2023 på båda stationerna.

Tillståndsklassning 2023

Enligt Naturvårdsverkets bedömningsgrunder bedöms bottenfaunans status 2023 som god för station S5 i Skälderviken och som otillfredsställande för station Ly i södra Laholmsbukten.

För station Ly/Lx, i södra Laholmsbukten finns en statistiskt signifikant minskande trend för hela perioden. Statusen utvecklas från måttlig till otillfredsställande. Man bör dock ha i åtanke att positionen för stationen har ändrats under perioden.

Enskilda arter

Inga rödlistade arter påträffades i 2023 års prover. Under perioden 1997-2022 har 5 arter som varit rödlistade påträffats, men ingen rödlistad art har påträffats efter 2008. De rödlistade arterna har alla en nordlig utbredning vilket kan indikera att utvecklingen delvis kan bero på klimatförändringar. Detta har tidigare framförts som skäl till liknande förändringar längs Hallandskusten. Flera sydliga arter har, precis som längs Hallandskusten, ökat på station S5 vilket styrker detta antagande.

Långsiktig utveckling

Långsiktiga minskningar av antal taxa (Station S5 och Ly), individtäthet (Station S5 och Ly) och biomassa (Station S5) är oroande och kan bero på ett flertal faktorer som sämre födobetingelser, syrebrist, klimatförändringar eller en kombination av dessa.

Enligt bedömningsgrunderna uppvisar station S5, i Skälderviken, god status under större delen av perioden 1997-2023. Ingen statistiskt signifikant kan noteras för perioden som helhet betraktad. För station Ly/Lx, i södra Laholmsbukten finns en statistiskt signifikant minskande trend för hela perioden. Statusen utvecklas från måttlig till otillfredsställande. Positionen har dock ändrats.

Klusteranalys och multidimensionell skalning pekar grovt sett på en riktad förändring för station S5 under perioden 1997-2023, medan resultaten för station Ly inte pekar på något tydligt mönster.

INLEDNING

Bakgrund

På uppdrag av Nordvästskånes kustvattenkommitté län har följande undersökning av makrobottenfauna utförts under 2023 på en station i Skälderviken och en station i södra Laholmsbukten. Undersökningen ingår som en del av det regionala samordnade kustkontrollprogrammet som startade 1994.

Bottenfaunaundersökningarna i Nordvästskånes utfördes de första åren, 1997-99, av Peter Göransson (Göransson 1997-1999), och därefter, 2000-2019, av Toxicon/Niras (Toxicon 2001-2019). Under åren 2020-2022 utfördes undersökningarna av Peter Göransson (Göransson 2020, 2021 & 2022).

Bottenfaunan som mått på miljöförhållandena

Bottenfaunan ger ett integrerat långsiktigt mått på miljöförhållandena. Detta beror på att de flesta djuren är stationära och fleråriga vilket innebär att de får utstå varierande miljöförhållanden på samma plats under en lång tidsperiod. Födobasen för djurlivet på havsbotten är plankton vars tillväxt i sin tur gynnas av närsalter som kommer från aktiviteter på land. Bottenfaunan ger alltså ett sammanfattande mått på de snabba förlopp som är karakteristiska för produktionen i ytvattnet och som ofta är svåra att få grepp om.

Bottenfaunan påverkas av ökande organisk belastning enligt den vedertagna Pearson-Rosenberg-modellen (Pearson & Rosenberg 1978). I mycket grova drag innebär denna att faunan gynnas av ökande belastning upp till en viss nivå då antalet arter och den totala biomassan ökar. Över denna belastningsnivå kan syrebrist uppträda vilken påverkar faunan negativt och antalet arter och den totala biomassan sjunker. Vid extrema situationer dominerar någon art kraftigt och den totala individtätheten kan bli onormalt hög. Man brukar räkna med att de känsligaste djuren påverkas negativt vid syrehalter under ca 1 ml/l (15 % mättnad) i bottenvattnet (Rosenberg et al 1991). Syrebrist kan dock uppstå i kraftigt organiskt belastade sediment även om syrehalterna i bottenvattnet är förhållandevis goda. Syrehalten sjunker ofta drastiskt alldeles invid själva bottenytan. Detta är omöjligt att upptäcka vid traditionella provtagningar i vattnet.

Miljögifter kan också ackumuleras i djurens vävnader. Havsbottenarna utgör slutstationer för alla de näringsämnen och miljögifter som hanteras på land. Detta gäller framförallt de djupa ackumulationsbottenarna. En del näringsämnen och miljögifter återcirkuleras dock från bottendjuren till andra organismer. När det gäller miljögifter är det mindre känt hur bottendjuren påverkas. Man känner dock till att reproduktion, tillväxt och dödlighet förändras vid hög exponering. I närheten av belastningskällor dominerar oftast små opportunistiska arter och biomassan blir därför låg. Många bottendjur ackumulerar miljögifter och halterna i djuren är ofta högre än i de omgivande bottenarnas sediment. Djuren är därför värdefulla mätare på föroreningsbelastningen i ekosystemet. Det kan vara helt missvisande att enbart utgå från halterna av föroreningar i sedimenten och det räcker ofta inte heller att mäta halterna i en enda art om man vill ha ett mått på belastningen i ekosystemet (Göransson & Karlsson 2002).

Bottenfaunan påverkas också av temperatur- och salthaltsförhållanden. Antalet arter ökar genomgående med djupet vilket beror på att flertalet marina organismer har höga salthaltskrav. En del arter har dessutom speciella temperaturkrav. På de bottenar som ligger kring det s.k. salthaltsprångskiktet (haloklinen) är svängningarna i temperatur och salthalt ofta plötsliga och dramatiska vilket innebär en fysiologisk stress för botten djuren. Djur som lever på dessa bottenar kan vara särskilt utsatta för syrebrist (Rosenberg et al 1992). Om haloklinen ligger nära botten kan tillgängligheten för syre i det avgränsade bottenvattnet bli mycket liten (Göransson 1990).

Fysikaliska störningar kan dessutom påverka bottenfaunan. Omlagringen av sediment på erosionsbottenar, dumpning och bottenrålning är exempel på detta. Sådana störningar brukar ge ungefär samma effekter som vid hög organisk belastning och resulterar ofta i dominans av små arter som lever vid sedimentytan (Rhoads et al 1978).

Främmande arter som lyckas etablera sig i nya områden kan förändra bottenfaunans struktur och funktion. Ett exempel på detta är introduktionen av havsborstmasksläktet *Marenzelleria* i Östersjön via ballastvatten från handelsfartyg. Dessa maskar dominerar ställvis bottenfaunan i Östersjön och har trängt undan inhemska arter. Dessutom kan maskarnas aktiviteter medföra ökad frigörelse av miljögifter från sedimenten (Hedman 2008) men också fastläggning av fosfor (Norkko et al 2012). En av arterna, *Marenzelleria cf viridis*, har påträffats i låga individtätheter sedan 2002 i Öresund (Göransson P, Börjesson L & M. Karlsson 2003) och sedan 2006 längs Hallandskusten (Göransson 2006).

Data från Skagerack tyder på att bottenfaunans individtäthet genomgår 7-8 åriga svängningar som kan korreleras till klimatet som i sin tur påverkas av tryckskillnader mellan Azorerna och Island, det s.k. NAO (North Atlantic Oscillation)-index (Tunberg 1998). Temperaturen i Skageracks bottenvatten kan korreleras till NAO med ett års eftersläpning. Det tycks också föreligga en korrelation mellan avrinningen från land och NAO och en mycket tydlig negativ korrelation mellan avrinningen och syrehalten i bottenvattnet. Sammantaget pekar resultaten på att ett år med hög avrinning från land leder till att bottenfaunans individtäthet når ett maximum 2 år efteråt.

Det har också visats att bottenfaunans biomassa i danska estuarier hänger samman med belastningen av näringsämnen (Josefson & Rasmussen 2000). Biomassan påverkas positivt och linjärt upp till en mycket hög belastningsnivå varefter ökningen avtar. I vissa fall noteras minskande biomassa vid mycket hög belastning. I vilken grad bottenfaunans biomassa påverkas beror troligen på uppehållstiden i estuariet.

Jämförelser mellan data från början och slutet av 1900-talet tyder på förändrad artsammansättning och mindre biologisk variation i Öresund och Skälderviken numera. Detta kan bero på övergödning och belastning av miljögifter. Förändringarna av artsammansättningen i Öresundsområdet har många paralleller med förändringar i Kattegatt (Göransson 2002).

Det finns flera förutsägelser om att klimatförändringar påverkar bottenfaunan, men hittills finns endast få rapporter som pekar på smärre förändringar. Minskningar av det totala antalet taxa och arter med nordlig utbredning parallellt

med en ökning av arter med sydlig utbredning längs Hallandskusten 1993-2016 kan vara resultatet av klimatförändringar (Göransson 2017). Ökningen av bottenvattnets temperatur är den mest troliga förklaringen. Ökad temperatur kan förändra arternas utbredningsområde men också innebära att primärproduktionen minskar, vilket kan påverka arternas rekrytering och tillväxt. Dessutom kan ökad temperatur öka förekomsten av syrebrist. En sparsam förekomst av arter med arktisk-boreal (nordlig) utbredning varav flera bjälklagsarter och karaktärsarter (som *Haploops*-bottnar och hästmusselbankar) är tecken på minskad variation och kan vara tidiga varningssignaler på ett varmare klimat. Kattegatts nordliga fauna under salthaltssprångskiktet är särskilt utsatt på grund av att många arter har begränsad spridningsförmåga och relativt svag reproduktionsförmåga. Det är alltså inte bara tropiska och arktiska arter som drabbas av ett förändrat klimat. Eftersom många arter i Kattegatt lever på gränsen av sitt utbredningsområde kommer storskaliga förändringar därför att upptäckas i ett tidigt skede. Det är viktigt att skydda relativt ostörda bottenmiljöer i Kattegatt som referensområde för framtida studier, men också för att bevara ett stort antal ekosystemtjänster, biotoper och habitat.

Omfattande trålfiske efter havskräfta förekommer i djupare delar av Kattegatt. En nyligen publicerad studie av trålfiskets påverkan på bottarna i Kattegatt pekar på att bottentrålningen minskar diversiteten men ökar förekomsten av nergrävda ormstjärnor (Sköld et al 2017).

Sammantaget kan alltså bottenfaunan påverkas på många olika sätt men svarar tydligt vid kraftig påverkan. Återkolonisation av en utslagen botten upptäcks dock med viss tidsförskjutning (ca 1/2-1 år) eftersom nyetablerade arter behöver viss tid för att tillväxa till sådan storlek att de erhålles i proverna vid undersökningarna.

Lokala faktorer som påverkar faunan i undersökningsområdet

Bottendjuren i undersökningsområdet påverkas av många olika omvärldsfaktorer. De "naturliga" som salthalt och temperatur tas inte direkt upp här, men har mycket stor betydelse. Det finns dock en ökande lokal trend för temperaturen i bottenvattnet (Niras 2022). De cykliska storskaliga förlopp som styrs av tryckskillnader ute i norra Atlanten är kanske orsaken till många av de förändringar som noteras i resultaten. Denna påverkan bör dock vara ganska likartad över hela området och styr också avrinningen från land.

De föroreningar som följer med vattnet ut i havet på olika ställen orsakar sannolikt skillnader i påverkan mellan olika platser och står här istället i fokus. Det är också främst dessa som vi kan göra något åt lokalt för att förbättra förhållandena i havsmiljön. De faktorer som tas upp är övergödning, miljögifter, och bottentrålning.

Övergödning är förmodligen den faktor som mest storskaligt påverkar faunan i undersökningsområdet. Två typer av påverkan kan därvid förväntas. I områden där syrebrist uppträder kan faunan delvis slås ut under besvärliga år. I områden där goda syreförhållanden råder kan biomassan förväntas öka med ökande övergödning. I båda fallen kan artsammansättningen förändras, vissa arter gynnas medan andra missgynnas. Totalt sett resulterar dock extrema miljöförhållanden oftast i lägre biologisk variation jämfört med ett opåverkat

naturligt tillstånd. Jämförelser mellan faunan vid förra seklets början och slut pekar på lägre biologisk variation i Öresund numera (Göransson 2002).

Undersökningsområdet har utsatts för syrebrist vid flera tillfällen, särskilt under slutet av 1980-talet och i början av 90-talet, men även tillfälligt under senare år. Typiskt är att vatten med hög salthalt ibland tränger upp på relativt grunt vatten och medför en mycket skarp salthaltsskiktning invid botten, vilket innebär jämförelsevis stor risk för syrebrist. Avrinningen från land styr till stor del 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.

De lokala transporter av kväve och fosfor från Vegeå och Rönneå var grovt sett jämförelsevis höga 1995-2007 men därefter på en lägre nivå. I Skälderviken minskar också halterna av kväve och klorofyll medan siktdjupet tenderar att öka (Niras 2021). Gödningseffekten på bottenfaunan borde alltså vara jämförelsevis låg under senare år. Övergödningen kan orsaka syrebrist i bottenvattnet vilket kan betyda att en del av bottenfaunan slås ut. Bottendjurens reproduktion och tillväxt kan däremot också påverkas i positiv riktning av övergödning eftersom djurens basföda är de plankton som produceras med hjälp av de näringsämnen som förs ut till havet.

Under 2021 uppmättes låga syrehalter (<2 ml/l) vid många tillfällen i Skälderviken. Lägst värden, 0,5 ml/l, noterades med sond i december medan mätningar med Winkler låg över denna nivå (Niras 2021). De lägsta värdena i Skälderviken innebär att faunan kan ha påverkats negativt fram till 2022 års provtagning. Förekomsten av bottendjur 2022 bör ge ett sammanfattande mått på effekter av denna syrebrist.

Belastningen av miljögifter är troligen förhållandevis låg i området och det saknas större lokala punktkällor.

Man kan misstänka att bottentrålning påverkar djur negativt som väsentligt sticker upp ovanför sedimentytan. Stationerna S5 och Ly är dock belägna långt innanför trålgränsen och havskräfta förekommer framförallt djupare än 30m.

METODIK

Provtagning

Provtagningarna genomfördes med undersökningsbåten SFC-8702 Robusta från Råå den 19 maj 2023. Under provtagningsdagen var vinden svag från W. Provtagningarna utfördes på samma två positioner som under de närmast föregående åren. I södra Laholmsbukten har proverna tagits på en annan position (Lx) fram till år 1999. Provtagningspositioner och djup anges nedan i tabell 1 samt i figur 1.

Vid provtagningarna användes en modifierad Smith-McIntyre bottenhuggare (Smith-McIntyre 1954) med 0,1 m² provtagningsyta. På varje station togs 5

prover som sållades i 1,0 mm såll. Sållresten konserverades i 96 % etanol med tillsats av 5% glycerol.

Tabell 1. Positioner och djup för bottenfaunastationer i Skälderviken och södra Laholmsbukten 2023.

Station	Tidigare Benämning	Latitud	Longitud	Djup m	Vattenförekomst
S5	-	56 18 930	12 39 130	19	Skälderviken
Ly	-	56 28 565	12 49 778	14	Laholmsbukten

På varje station togs två sedimentprov (0-2 cm). De båda proven slogs samman till ett sammelprov och analyserades med avseende på organisk halt. Sedimentet besiktigades också visuellt vid provtagningarna. Sedimentets lukt och färg kan ge en viss uppfattning om de oxiderade förhållandena. Redoxpotentialen i sedimentet uppmättes vertikalt från sedimentytan och ner till ca 8 centimeters djup.



Figur 1. Sjökort med läge för station S5 i Skälderviken och station Ly i södra Laholmsbukten.

Analysarbete

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

Biomassan bestämdes som våtvikt efter torkning mot läskpapper 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.

Kvalitetssäkring

PAG Miljöundersökningar deltar löpande i interkalibreringar och workshops i ICES/HELCOM: s regi. Metodik och utrustning följer rekommendationer som utarbetats för svenska västkusten (Gröndahl: Provtagning och behandling av huggprover vid svenska västkusten, enligt pmk).

All utrustning kontrolleras avseende funktion före varje provtagningsomgång. Redoxpotentialmätare kalibreras.

Svårbestämda taxa kontrolleras i genomlysningsmikroskop.

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

Alla primärdata lagras på hårddisk som förvaras i brandsäkert kassaskåp. All data levereras till nationell datavärd (SMHI).

Alla djur förs 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 standardavvikelse genomgående använts som spridningsmått.

Skillnader i resultat mellan år testades med t-test (parvis och icke parvis) eller Wilcoxon Signed Ranks Test alternativt Mann-Whitney Rank Sum test. Testerna föregreps av normalfördelningstest och Equal Variance Test (Sokal & Rohlf 1995). Trender testades med linjär regression och redovisas också med klusterdiagram och MDS enligt PRIMER (Clarke & Warwick 1994).

För att illustrera resultatet i form av bedömningsgrunderna (Naturvårdsverket 2007) redovisas statusen för varje station med hjälp av Benthic Quality Index (BQI). Indexet bygger på ES50-värden för olika arter som beräknas för varje enskilt prov.

RESULTAT OCH DISKUSSION

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 bottendjur. Redoxpotentialen i sedimentet ger en uppfattning om hur de oxiderade förhållandena i själva botten varierar i djupled. Detta ger ett visst mått på levnadsbetingelserna för bottenfaunan. Bottendjurens aktiviteter påverkar oxidation och nedbrytning av olika substanser på ett positivt sätt.

Sedimentens egenskaper och karaktär

Vid provtagningstillfället noterades visuellt att det översta sedimentet var oxiderat och hade en gråbrun färg på båda stationerna. På station S5 noterades mörkgrå färg från fem centimeter och neråt. Ingen lukt av svavelväte noterades på någon av stationerna. Den organiska halten låg på drygt 5 % på station S5 och nära 2 % på station Ly (Tab. 2). Detta var ungefär samma resultat som tidigare år på båda stationerna. De uppskattade visuella observationerna av sedimentprofilen ger dock inget helt säkert mått på de oxiderade förhållandena. Resultat från mätningar av redoxpotential ger däremot en bättre uppfattning, eftersom man då erhåller ett riktigt mätvärde.

Tabell 2. Sammanställning av sedimentdata för bottenfaunastationer i Skälderviken och södra Laholmsbukten 2023.

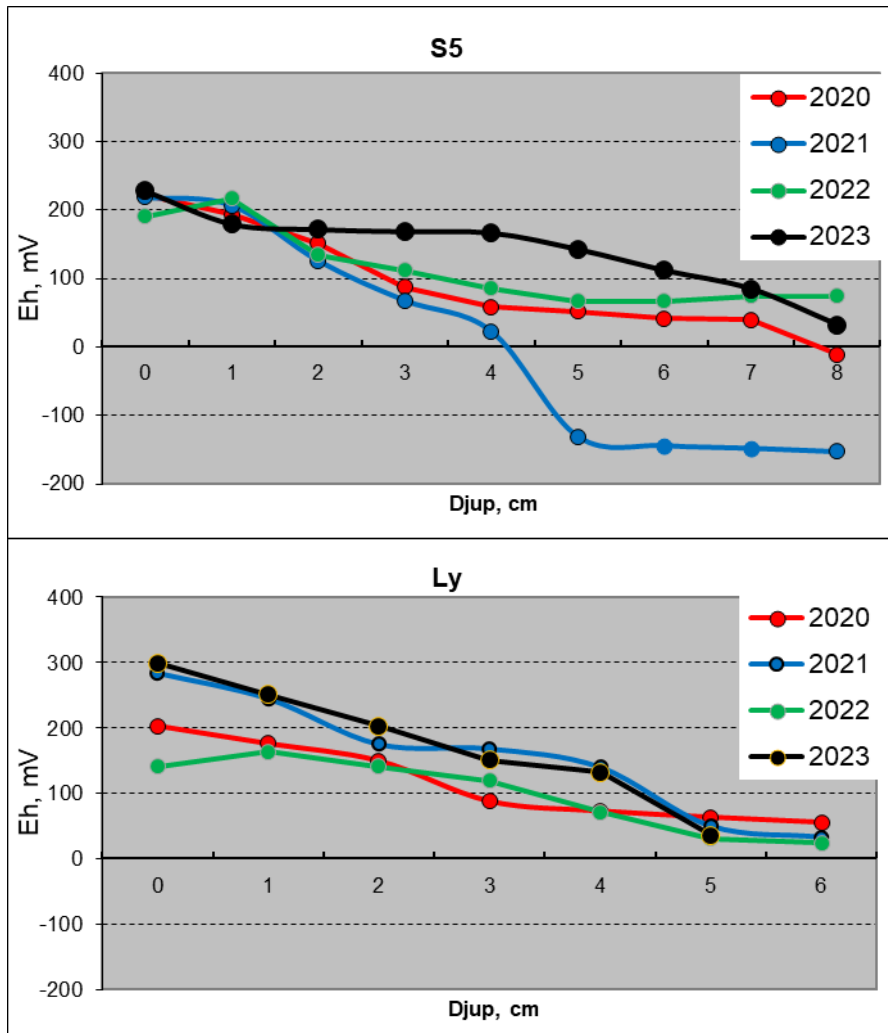
Station	Sedimenttyp	Sedimentprofil	H ₂ S ytligt (+/-)	Glödförlust %	Vattenhalt %
S5	Lerig silt	0-5 gråbrun, 5-8 mörkgrå	-	5,62	47
Ly	Sand	0-3 gråbrun, 3-8 grå	-	1,95	24,2

Under 2023 uppmättes tämligen normala organiska halter jämfört med hela undersökningsperioden 1997-2023. De låga organiska halterna och vattenhalterna på station Ly talar för erosionsbotten med starka vattenrörelser vid botten och ständiga sedimentomlagringar. Den högre organiska halten på station S5 talar för transportbotten med lägre bottenström, mera stabila bottenförhållanden och endast tillfällig omlagring (Håkansson & Rosenberg 1985). Skillnaderna i sedimentmiljö och bottenströmmar (Hansen et al 2003) kan vara avgörande för hur bottendjuren klarar sig vid syrebrist och talar för att djurlivet på station S5 är betydligt mera utsatt än på station Ly.

Sedimentens redoxpotential

De oxiderade förhållandena på de båda stationerna har varit mycket olika under senare år. Mycket dåliga förhållanden har noterats för station S5 medan avsevärt bättre förhållanden har noterats för station Ly (Toxicon/Niras 2019).

För 2023 noteras redoxövergångar på mer än 8 centimeter på båda stationerna (Fig. 2). Detta är mycket bra resultat.



Figur 2. Redoxpotential (Eh, mV) på olika djup i sedimentet på stationerna S5 och Ly 2020- 2023.

Sammanfattningsvis var de oxiderande förhållandena i sedimenten goda på båda stationerna under 2023.

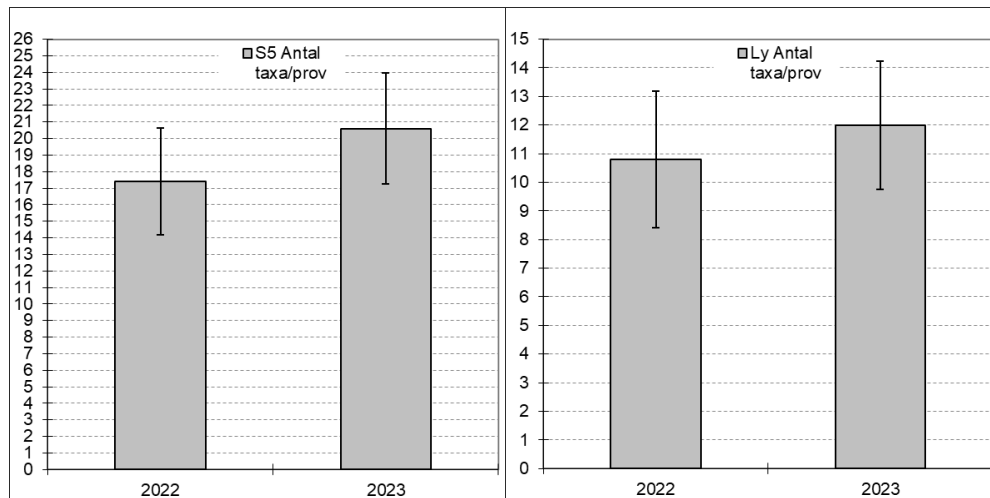
Bottenfauna (Stationsvis sammanställning av data i appendix)

Bottenfaunan ger det bästa sammanfattande måttet på miljöförhållandena och den biologiska mångfalden. De flesta arterna är fleråriga och relativt stationära varför de upplever de starkt varierande miljöförhållanden i Kattegatt som är karakteristiskt för övergångszonen mellan Nordsjön och Östersjön. Den skarpa salthaltsskiktningen i kombination med näringsförhållanden och klimat är sannolikt de faktorer som strukturerar faunan i första hand.

Skillnader mellan 2022 och 2023 för huvudvariabler (totalvärden för antal taxa, individtäthet och biomassa)

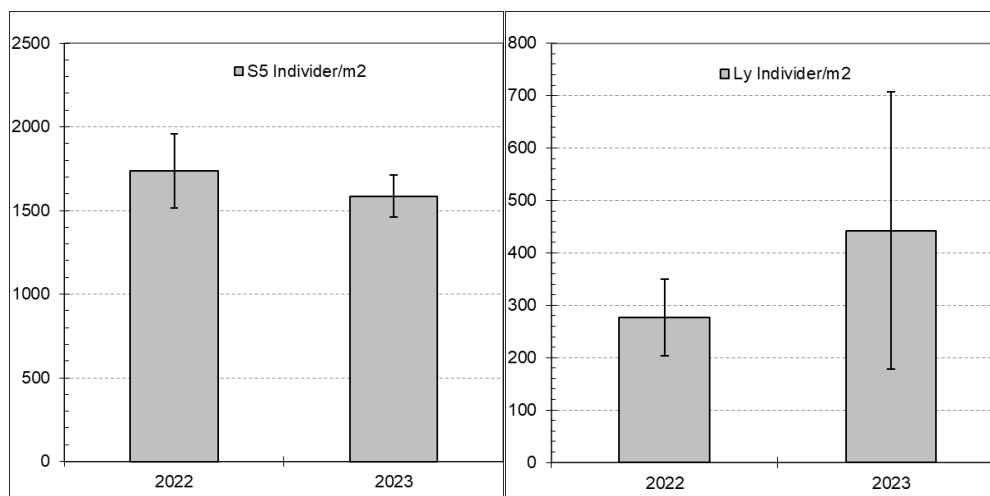
Jämförelse mellan stationer inbördes är meningsfull då samma plats undersöks på samma sätt och vid motsvarande tidpunkt varje år. Därför är detta troligen den mest relevanta jämförelse av resultaten som kan göras.

Antalet arter bör vara lika mellan olika år om ingen större förändring av miljön inträffat. Mellan 2022 och 2023 noterades ingen statistiskt signifikant förändring på någon av stationerna (Fig. 7).



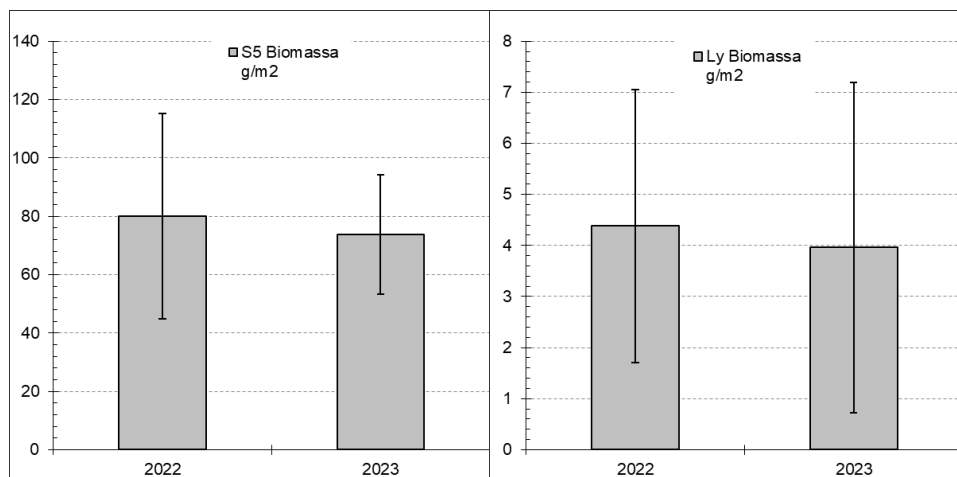
Figur 7. Antal taxa per prov för station S5 i Skälderviken (till vänster) och station Ly i södra Laholmsbukten (till höger) som undersökts 2022 och 2023. Staplar anger standardavvikelser.

Individdtätheten är mindre jämförbar än antalet arter beroende på större naturliga och tillfälliga svängningar. Mellan 2022 och 2023 noterades ingen statistiskt signifikant förändring på någon av stationerna (Fig. 8).



Figur 8. Individdtäthet (ind/m²) för station S5 i Skälderviken (till vänster) och station Ly i södra Laholmsbukten (till höger) som undersökts 2022 och 2023. Staplar anger standardavvikelser.

Biomassan är en tillförlitlig variabel och inte så känslig för tillfälliga fluktuationer som individdtätheten. Problemet här är istället att slumpvis förekommande tunga djur ofta får stort genomslag. Spridningen mellan olika prov blir därför mycket stor. Den största och mest glest förekommande arten, islandsmusslan *Arctica islandica*, har därför inte medräknats vid jämförelsen. Mellan 2022 och 2023 noterades inga statistiskt signifikanta förändringar (Fig. 9).



Figur 9. Biomassa (g/m²) exklusive *Arctica islandica* för station S5 i Skälderviken (till vänster) och station Ly i södra Laholmsbukten (till höger) som undersökts 2022 och 2023. Staplar anger standardavvikelser.

Sammanfattningsvis noteras inga signifikanta förändringar av huvudvariabler mellan 2022 och 2023 på båda stationerna.

Långsiktig utveckling 1997-2023

Totalt antal arter (taxa)

Det totala antalet arter är en viktig variabel eftersom den ger ett direkt mått på den biologiska mångfalden och variationen. Antalet arter ökar naturligt i djupled med salthalten. Om arter försvinner kan detta vara ett allvarligt tecken på miljöförändringar. I vissa skeden av en förändringsprocess, t ex vid övergödning, kan dock antalet arter öka upp till en viss belastningsgräns eller omvänt minska vid reducerad belastning (Pearson & Rosenberg 1978).

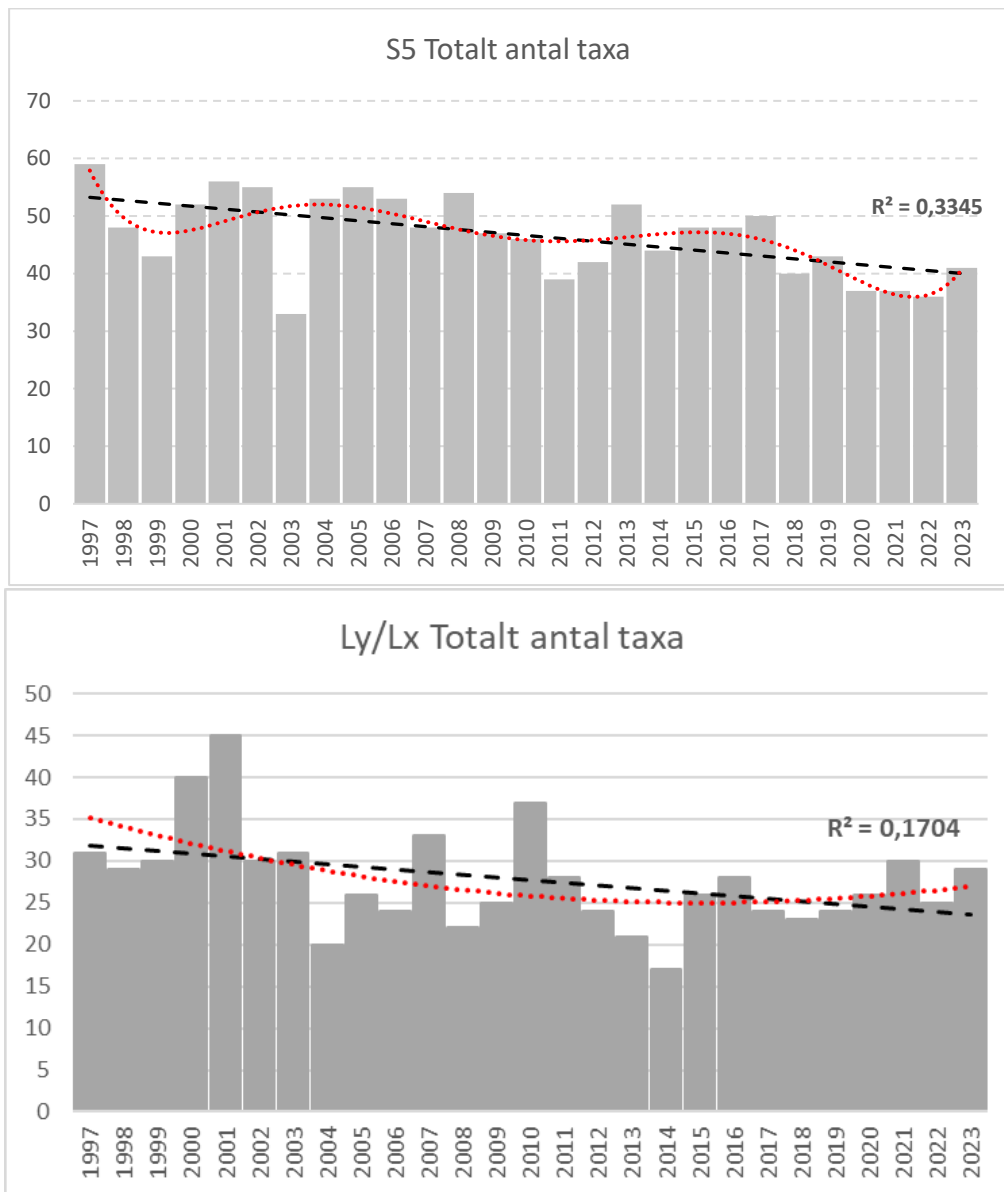
På station S5 påträffades totalt 41 taxa (arter och systematiska grupper) under 2023. Detta var fler än föregående år men innebär ändå att det finns en statistiskt signifikant minskande linjär trend för hela perioden 1997-2023 ($r^2 = 0,335$, $p = 0,002$).

På station Ly/Lx påträffades totalt 29 taxa (arter och systematiska grupper) under 2023. Detta var fler än föregående år men innebär ändå att det finns en statistiskt signifikant minskande linjär trend för hela perioden ($r^2 = 0,170$, $p = 0,032$).

Utvecklingen följer dock närmast olika vågformade polynom på båda stationerna (Fig. 3). På station S5 kan en kraftig nedgång noteras 2002-2003, därefter ökade antalet taxa för att åter minska till 2011 varefter en ökning noteras till 2013. Under de senaste åren har en viss stabilisering skett men på en lägre nivå än tidigare. På station Ly/Lx noteras däremot framförallt nedgångar fram till 2004 och 2014. Även för Ly/Lx kan en viss stabilisering på en relativt låg nivå noteras på senare år. Generellt sett pekar utvecklingen på lägre antal taxa under senare år.

Ett minskat antal taxa kan både bero på minskad (initial fas av övergödning) och ökad övergödning (sen fas av övergödning) enligt Pearson-Rosenbergs modell (Pearson & Rosenberg 1978). Det minskade antalet taxa i Skälderviken kan bero på minskad föda eller försämrade levnadsbetingelser för bottendjuren. Det

senare kan bero på näringsbrist, syrebrist eller klimatförändringar eller en kombination av dessa faktorer. Förhållandena är dock mycket komplexa och området påverkas av storskalig hydrografi och näringsämnen både från lokala och diffusa källor.



Figur 3. Totalt antal taxa på station S5 i Skälderviken (överst) och station Ly i södra Laholmsbukten (underst) 1997-2023. Svart streckad linje anger linjär utveckling, röd punktlinje anger utveckling som polynom.

Artsammansättning och rödlistade arter

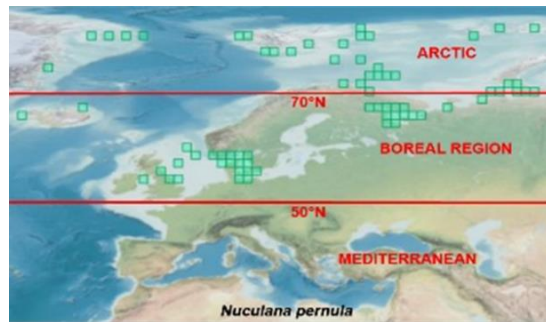
Artsammansättningen på de båda stationerna är mycket olika. Station S5 är ett typisk *Amphiura*-samhälle (eg. *Echinocardium-filiformis* enl. Petersen 1913) som här domineras av ormstjärnan *Amphiura filiformis*, nötmusslan *Nucula nitidosa* och skivmusslan *Abra nitida*. Station Ly är ett ganska typiskt Nordsjösamhälle (Thorson 1968) som på Ly representeras av islandsmusslan *Arctica islandica*, havsborstmasken *Ophelia borealis* och lansettfisken *Branchiostoma lanceolatum*.

Inga rödlistade arter påträffades i 2023 års prover enligt ArtDatabankens rödlista (ArtDatabanken 2020). Under perioden 1997-2023 har 5 arter påträffats som varit rödlistade (Tab. 3). Förutom *Macoma calcarea*, som påträffats på båda stationerna, har samtliga noterats på station S5.

Av sammanställningen framgår framförallt att ingen rödlistad art noterats efter 2008 och att flertalet av dessa arter noterats i början av perioden fram till 2002. De listade arterna har alla en nordlig utbredning vilket kan indikera att utvecklingen antagligen delvis kan bero på klimatförändringar med ökande temperatur. Detta har tidigare framförts som skäl till liknande förändringar längs Hallandskusten (Göransson 2017). Flera sydliga arter (Mediterran-boreala) har dessutom ökat kraftigt på station S5 under perioden, t ex *Nucula nitidosa* och *Diplocirrus glaucus*, vilket styrker detta antagande.

Tabell 3. Sammanställning av rödlistade arter i Skälderviken och södra Laholmsbukten 1997-2023.

Art (Hotkategori enligt ArtDatabanken)	Påträffad, År (antal)	Utbredning
<i>Haploops tubicola</i> (CR, akut hotad)	2000 (1), 2001 (6)	Arktisk-boreal
<i>Musculus niger</i> (EN, starkt hotad)	1997 (1), 1999 (2)	Arktisk-boreal
<i>Nuculana minuta</i> (NT, nära hotad)	2008 (2)	Boreal
<i>Nuculana pernula</i> (VU, sårbar)	1999 (1), 2002 (1)	Arktisk-boreal
<i>Macoma calcarea</i> (rödlistad t om 2015)	2000 (8) 2001 (24)	Arktisk-boreal



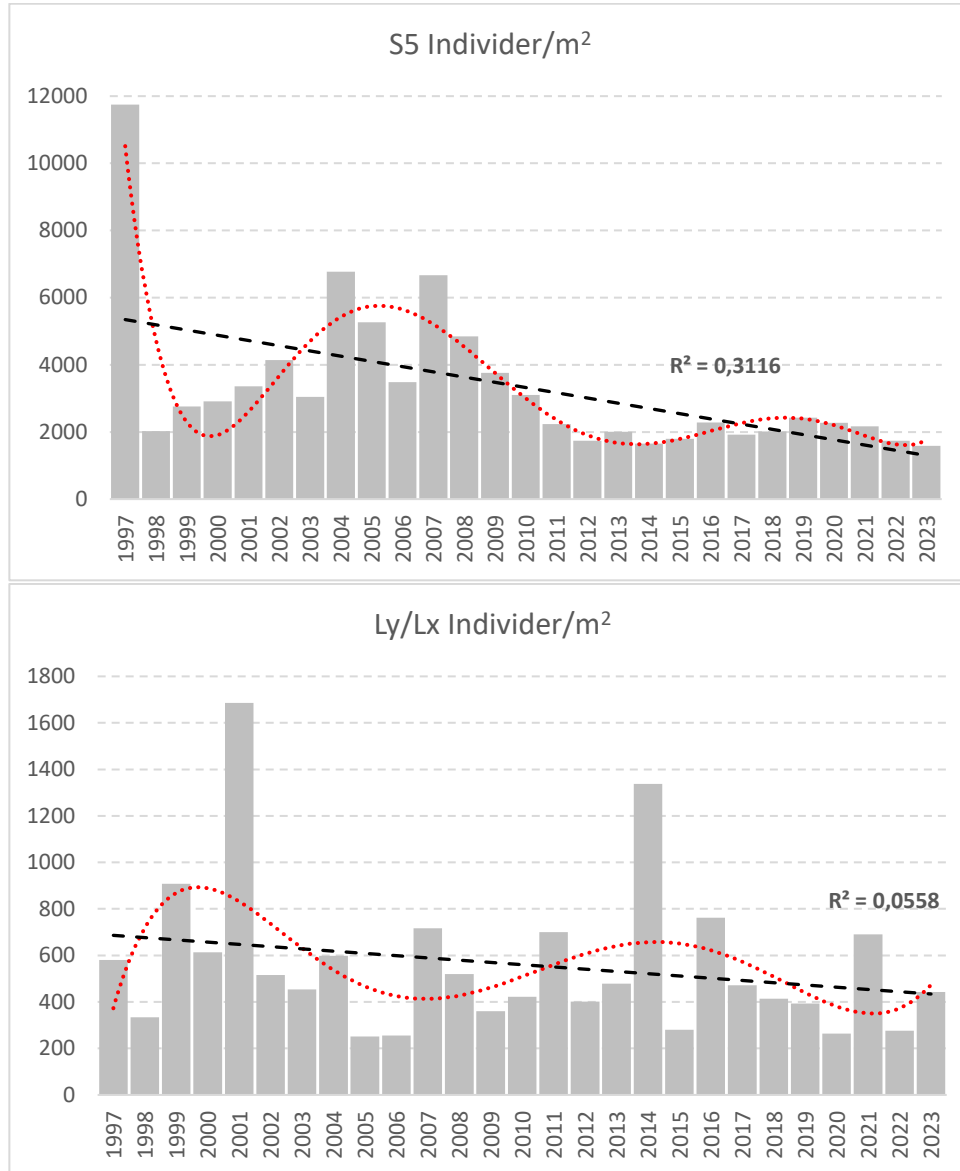
Den stora skaftmusslan *Nuculana pernula* förekom på station S5 1999 och 2002. Arten har inte påträffats i proverna sedan dess. Utbredningen är nordlig och omfattar Arktis och den boreala regionen. Gröna rutor anger olika fynd enligt WORMS 2021.

Introducerade arter

Inga, i modern tid, introducerade arter förekom i proverna.

Individtäthet

Individtätheten är mindre jämförbar än antalet arter beroende på större naturliga och tillfälliga svängningar. Statistiskt signifikant minskad individtäthet för perioden 1997-2023 kan konstateras för station S5 ($r^2 = 0,312$, $p = 0,002$) men inte för station Ly/Lx (Fig. 4).



Figur 4. Individitæthet på station S5 i Skälderviken (överst) och station Ly i södra Laholmsbukten (underst) 1997-2023. Svart streckad linje anger linjär regression, röd punktlinje anger regression som polynom.

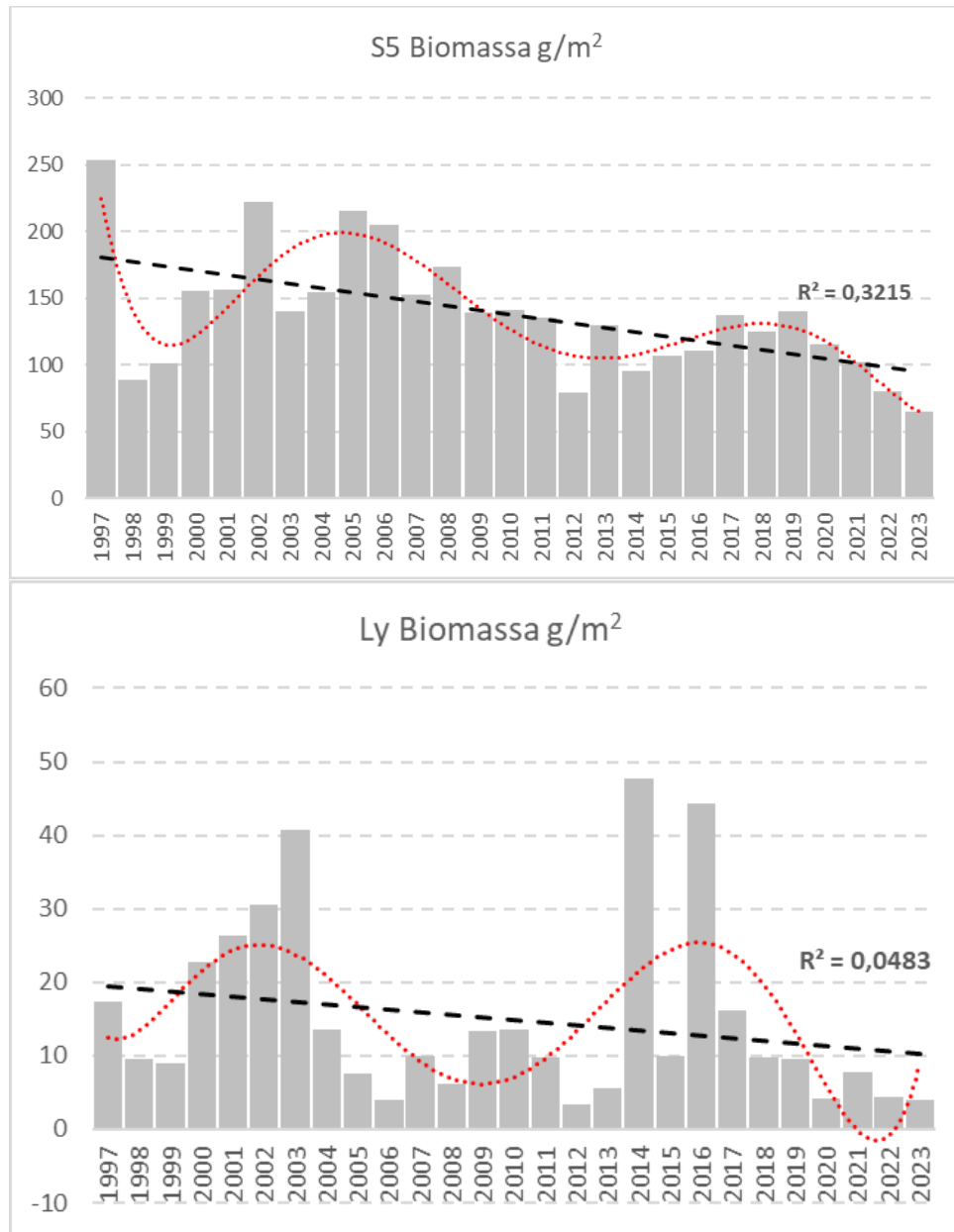
Utvecklingen följer dock närmast olika vågformade polynom på båda stationerna. På station S5 noteras framförallt höga tätheter 1997 och 2004-2008. På station Ly/Lx noteras däremot höga tätheter framförallt 2001 och 2014.

Totalt sett pekar utvecklingen på minskande individtätheter under perioden. Långsamt minskad individtäthet på station S5 kan bero på minskad föda eller försämrade levnadsbetingelser för bottendjuren. De mera instabila resultaten för station Ly/Lx talar för stressade förhållanden som förutom ändrade födobetingelser också kan bero på omlagringar av sediment eftersom botten har karaktär av erosionsbotten.

Biomassa

Biomassan är en tillförlitlig variabel och inte så känslig för tillfälliga fluktuationer som individtätheten. Problemet här är istället att slumpvis förekommande tunga djur ofta får stort genomslag. Spridningen mellan olika prov blir därför mycket stor. Den största och mest glest förekommande arten,

islandsmusslan *Arctica islandica* har därför inte medräknats vid jämförelsen. Statistiskt signifikant minskad biomassa för perioden 1997-2023 kan konstateras för station S5 ($r^2=0,321$, $p=0,002$) men inte för station Ly/Lx (Fig. 5)



Figur 5. Biomassan på station S5 i Skälderviken (överst) och station Ly i södra Laholmsbukten (underst) 1997-2023. Svart streckad linje anger linjär regression, röd punktlinje anger regression som polynom.

Utvecklingen följer dock närmast olika vågformade polynom på båda stationerna. På station S5 noteras framför allt höga biomassor 1997, 2002, 2005 och 2006. På station Ly/Lx noteras höga biomassor 2003, 2014 och 2016.

Totalt sett pekar utvecklingen framförallt på minskande biomassor under perioden. Långsamt minskad biomassa på station S5 kan bero på minskad föda eller försämrade levnadsbetingelser för bottenjuren. De mera instabila resultaten för station Ly/Lx talar för stressade förhållanden som förutom ändrade födobetingelser också kan bero på omlagringar av sediment eftersom botten har karaktär av erosionsbotten.

De långsiktiga minskningarna av antal taxa, individtätet och biomassa är oroande och kan bero på allt sämre födobetingelser, syrebrist, klimatförändringar eller en kombination av dessa faktorer. Förhållandena är dock mycket komplexa och området påverkas av hydrografi och näringsämnen både från lokala och diffusa källor. Skillnaderna i sedimentmiljö och bottenströmmar kan vara avgörande för hur bottendjuret klarar sig vid syrebrist och talar för att station S5 är betydligt mera känslig än station Ly.

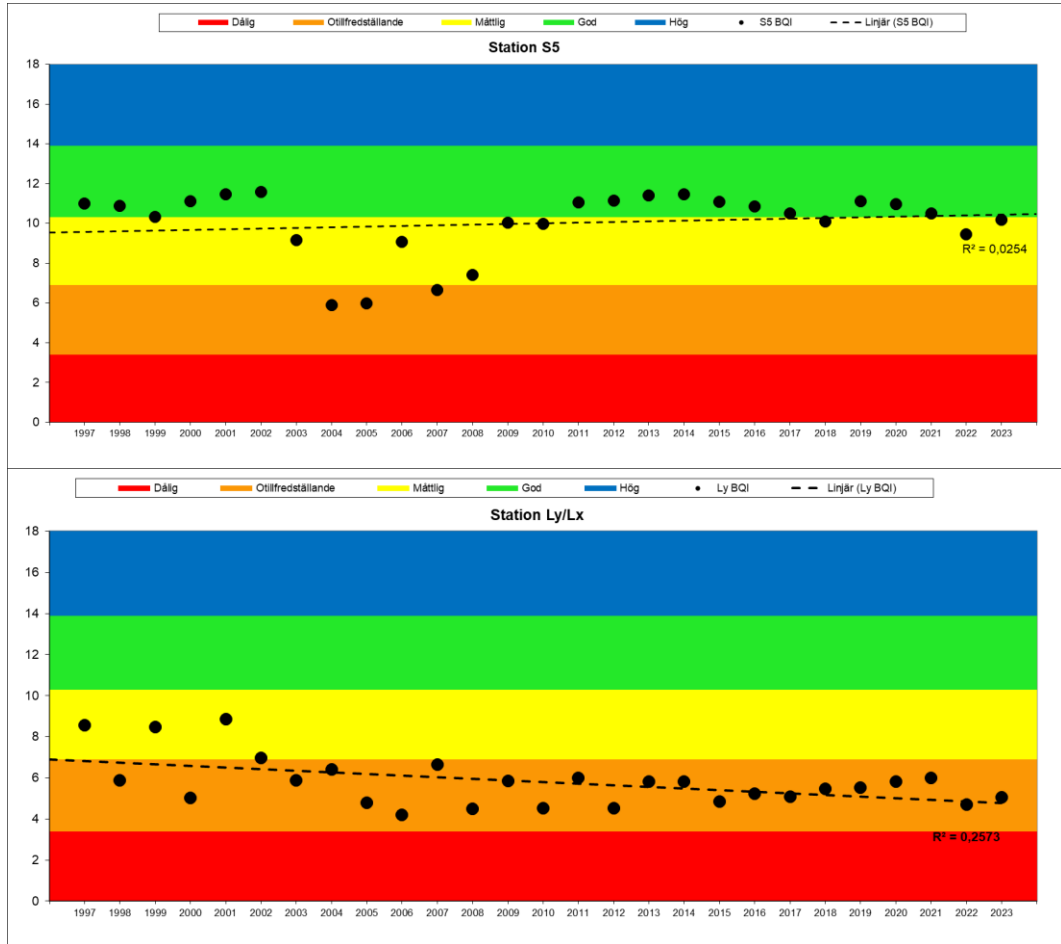
Status enligt bedömningsgrunder

Naturvårdsverkets bedömningsgrunder för bottenfauna har tillämpats (Naturvårdsverket 2007) för bedömning av status för enskilda vattenförekomster enligt EU:s vattendirektiv. Egentligen behövs data från minst fem stationer från en vattenförekomst. För att illustrera resultaten i form av bedömningsgrunderna redovisas dock statusen separat för de båda stationerna. Benthic Quality Index (BQI), som bygger på ES50-värden för olika arter, har beräknats för varje enskilt prov (hugg). Resultaten redovisas i figur 6, där också olika statusgränser lagts in.

Station S5, i Skälderviken, uppvisar god status under större delen av perioden. Under åren 2004-2009 noteras dock lägre värden. Ingen statistiskt signifikant trend kan noteras för hela perioden.

För station Ly/Lx, i södra Laholmsbukten finns en statistiskt signifikant minskande trend för hela perioden ($r^2 = 0,257$, $p = 0,007$). Statusen utvecklas från måttlig till otillfredsställande. Man bör dock ha i åtanke att positionen för stationen har ändrats under perioden.

Resultaten är inte ovanliga för dessa bottnar som regionalt utsätts för ett flertal stressfaktorer då de är belägna i eller strax under salthaltssprångskiktet. Dessutom är BQI-värdena starkt beroende av djupet så att grunda stationer genomgående erhåller lägre värden än djupare stationer. Man bör alltså egentligen inte jämföra stationer på olika djup (Göransson 2019). Dessutom har bottensubstratet betydelse för vilket resultat man erhåller.



Figur 6. Benthic Quality Index (BQI) för station S5 i Skälderviken (överst) och station Ly/Lx i södra Laholmsbukten (underst) 1997-2023. 20-percentil för fem prov. Olika kvalitetsgränser för 5-20 meters djup inlagda. Linjär regression inlagd som streckad linje.

Multidimensionell skalning (MDS) och klusteranalys

Utvärdering av resultaten från perioden 1997-2023 har skett med MDS-ordination 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.

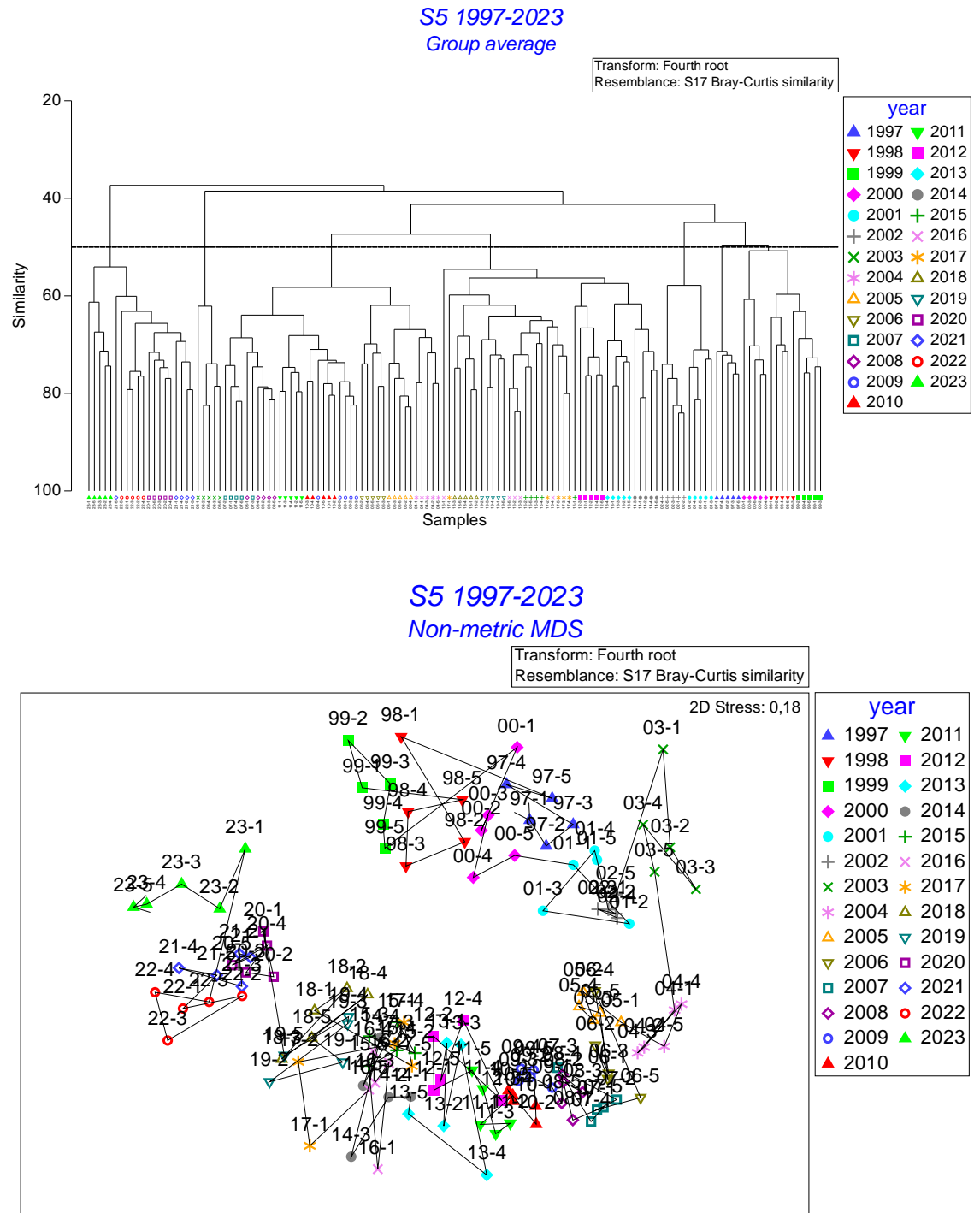
MDS ordination ger däremot inget kvantitativt metriskt mått på skillnader. I den erhållna MDS-plotten kan endast jämförelser göras med relativa mått inom figuren. Stress, som anges i MDS-plottarna, är ett mått på MDS-diagrammens tolkbarhet. Stress $<0,05$ anses ge en mycket bra representation utan förväntad 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.

Station S5

Klusteranalysen visar på stor likhet (omkring 60%) för flertalet prov under hela perioden 1997-2023.

MDS visar på ett tydligt riktat händelseförlopp under perioden. Resultaten fjärrar sig alltmer från starten 1997-2000, kraftigt till en början 2001-2004 men

därefter mera successivt fram till 2023. Möjligen finns en tendens till cirkulärt förlopp långsiktig. Stress för MDS-plotten uppgår till mellan 0,18 vilket dock endast ger en potentiellt användbar bild och detaljer bör därför tolkas med skepsis.

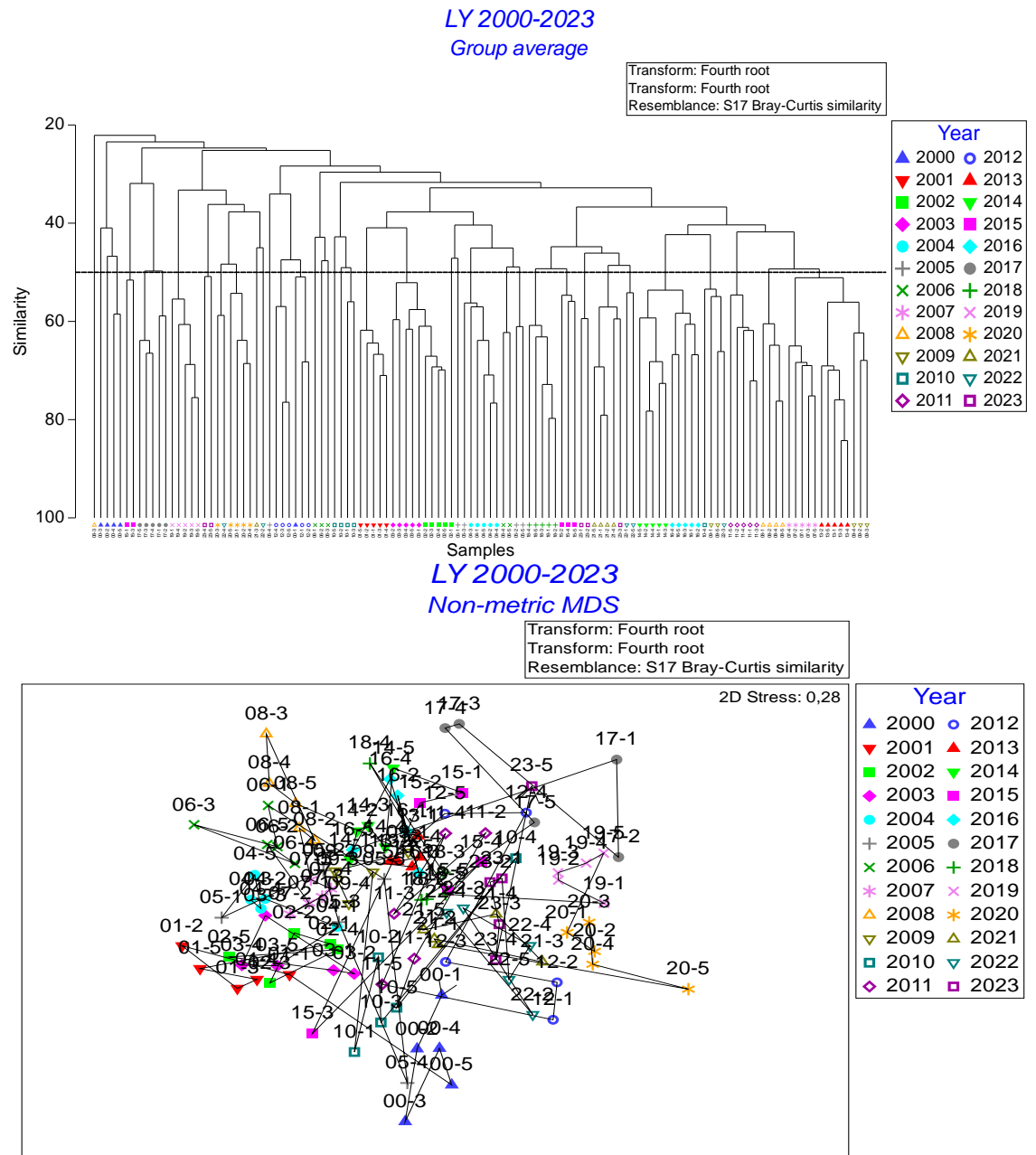


Figur 7. Utvecklingen på station S5 under perioden 1997-2023. Överst klusteranalys och underst MDS baserad på Bray-Curtis likhetskoefficient (dubbelrot-transformerade data).

Station Ly

Klusteranalysen visar på betydligt mindre likhet i resultat (omkring 40%) än för station S5 under hela perioden 2000-2023. Inget tydligt riktat händelseförlopp framgår.

MDS visar inte heller på ett tydligt riktat händelseförlopp under perioden och är svårtolkad. I överensstämmelse med detta uppgår stress för MDS-plotten till så mycket som 0,28. Resultaten kan både bero på att positionen har ändrats under perioden och på kraftiga omlagringar av sediment.



Figur 8. Utvecklingen på station Ly under perioden 2000-2023. Överst klusteranalys och underst MDS baserad på Bray-Curtis likhetskoefficient (dubbelrot-transformerade data).

Om man generaliserar mycket grovt beskriver resultaten på station S5 en riktad förändring under perioden 1997-2023. Resultaten från station Ly visar däremot inte på något tydligt mönster.

REFERENSER

- ArtDatabanken. 2020. <http://www.artdata.slu.se>
- Clarke K.R., Warwick R.M. 1994. Change in marine communities: An approach to statistical analysis and interpretation. *Plymouth Marine Laboratory*.
- Göransson P. 1990. Öresund och Skälderviken. Miljön i Västra Skåne. *SOU 1990:93, 201-214*.
- 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. 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. 2020. Bottenfaunan i Skälderviken och södra Laholmsbukten 2020. *Rapport till Nordvästskånes kustvattenkommitté*.
- Göransson P, Börjesson L & M Karlsson. 2002. Kustkontrollprogram för Helsingborg 2001. *Rapport till Miljönämnden i Helsingborg, Helsingborgs Hamn AB och Kemira Kemi AB 2001*.
- Göransson P, Börjesson L & M Karlsson. 2003. Kustkontrollprogram för Helsingborg 2001. *Rapport till Miljönämnden i Helsingborg, Helsingborgs Hamn AB och Kemira Kemi AB 2002*.
- Göransson P. 2017. Changes of benthic fauna in the Kattegat - An indication of climate change at mid-latitudes? *Estuarine, Coastal and Shelf Science 194: 276-285*.
- Göransson P. 2019. Bottenfaunan längs Hallandskusten 2019. *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*.
- Håkansson L & R Rosenberg. 1985. Praktisk kustekologi. *Snv pm 1987*.

- Josefson A B. & B Rasmussen. 2000. Nutrient retention by benthic macrofaunal biomass of Danish estuaries: importance of nutrient load and residence time. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 50: 205-216.
- Josefson A B & M. Blomqvist. 2015. Long term trends in alpha diversity of benthic macro-invertebrates in the Kattegat are influenced by differences in reproductive traits. *Waters Symposium, Malmö May 6-7 2015*.
- Naturvårdsverket 2007. Handbok 2007:4, bilaga B. Bedömningsgunder för kustvatten och vatten i övergångszon.
- Niras 2021. Undersökningar i Skälderviken och södra Laholmsbukten, *Årsrapport 2020. Nordvästskånes Kustvattenkommitté*.
- Niras 2022. Undersökningar i Skälderviken och södra Laholmsbukten, *Årsrapport 2021. Nordvästskånes Kustvattenkommitté*.
- 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. Kjöbenhavn 1913*.
- Rhoads D C, McCall P L & Y Yingst. 1978. Disturbance and production on the estuarine seafloor. *Am Sci.* 66: 577-586.
- Rosenberg R, Hellman B. & Johansson B. 1991. Hypoxic tolerance of marine benthic fauna. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 79: 127-131.
- Rosenberg R, Loo L-O & Möller P. 1992. Hypoxia, salinity and temperature as structuring factors for marine benthic communities in a eutrophic area. *Neth J Sea Res* 30: 121-129.
- Smith W & McIntyre A D. 1954. A spring-loaded bottom sampler. *J Mar Biol Assoc. U. K.* 33.1954. sid 261.
- Thorson G. 1958. Havet. Danmarks natur. Bind 3. Politikens forlag.
- Toxicon/Niras 2000-2019. Undersökningar i Skälderviken och södra Laholmsbukten, *Årsrapporter 2000-2019. Nordvästskånes Kustvattenkommitté*.
- Tunberg B. 1998. Övervakning av mjukbottenfauna längs Sveriges västkust. Sammanfattande rapport över utvecklingen 1996-1997. Långtidstrender. Klimatpåverkan. *Naturvårdsverket. Kristinebergs Marina Forskningsstation.* 12 sid.
- WORMS. 2021. <https://www.marinespecies.org/>

Appendix. Rådata 2023

Station S5, 2023		Individer/prov					g/prov				
Taxa	Prov nr:	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Anobothrus gracilis		3	4		5		0,02	0,01		0,02	
Apistobranchus tullbergi			1					0,01			
Artacama proboscidea		1	3	3	5	3	0,01	0,09	0,05	0,17	0,09
Chaetozone setosa						1					0,01
Diplocirrus glaucus			2	4	2	2		0,01	0,01	0,01	0,01
Glycera alba			2	1				0,04	0,01		
Glycera rouxii		1					1,61				
Maldane sarsi		1		1			0,01		0,01		
Ophelina acuminata		3		1		1	0,05		0,01		0,01
Pectinaria auricoma		1					0,01				
Pholoe baltica		5	7	7	5	14	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Pholoe pallida			2		1			0,01		0,01	
Phyllodocidae		1					0,01				
Praxillella praetermissa				1					0,01		
Rhodine gracilior		1	2		1	1	0,01	0,02		0,01	0,01
Scalibregma inflatum		1	1				0,01	0,01			
Scoloplos armiger		1					0,01				
Sthenelais limicola		1					0,03				
Terebellides stroemi		4				1	0,1				0,08
Ampelisca brevicornis						1					0,01
Eudorella truncatula				1					0,01		
Harpinia antennaria		1					0,01				
Leucothoe lilljeborgii					4	1				0,01	0,01
Perioculodes longimanus			1					0,01			
Virgularia mirabilis			1	1				0,02	0,02		
Amphiura, armar							5,98	2,85	3,28	5,12	2,68
Amphiura chiajei		1	1	1	1		0,02	0,03	0,04	0,01	
Amphiura filiformis		83	63	73	67	58	1,82	1,08	1,58	1,47	1,09
Abra nitida		1	2		2		0,02	0,05		0,08	
Bela brachystoma			1					0,01			
Chaetoderma nitidulum			6	2	2	1		0,06	0,02	0,03	0,01
Corbula gibba		1	1	1			0,01	0,01	0,01		
Ennucula tenuis		5	6	5	6	5	0,09	0,27	0,03	0,32	0,14
Hyala vitrea		8	4	4	1	11	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02
Mysella bidentata		9	3	4	3	17	0,02	0,01	0,01	0,01	0,04
Nucula nitidosa		17	41	31	22	34	0,49	1,01	0,79	0,53	0,82
Philine aperta		1			1	1	0,02			0,02	0,01
Thyasira flexuosa			1			1		0,01			0,01
Turritella communis		1					0,17				
Nemertea						1					0,01
Phoronis muelleri		20	12	9	14	6	0,12	0,09	0,04	0,14	0,05
Priapulus caudatus						2					1,39

Station Ly, 2023		Individer/prov					g/prov				
Taxa	Prov nr:	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Aricidea cerrutii				7	1	1			0,01	0,01	0,01
Chaetozone setosa			1	1				0,01	0,01		
Eteone longa						1					0,01
Heteromastus filiformis				1					0,01		
Nephtys hombergii		1	1	4	1	2	0,01	0,01	0,04	0,01	0,02
Nephtys longosetosa				1	1	1			0,01	0,01	0,03
Pectinaria koreni					1						0,02
Protodorvillea kefersteini					2						0,01
Pygospio elegans		3	10	4	2		0,01	0,02	0,01	0,01	
Scalibregma inflatum					1						0,01
Scoloplos armiger		28	34	53	10	8	0,05	0,06	0,07	0,02	0,02
Spio filicornis					1						0,01
Spio goniocephala			2			1		0,01			0,01
Terebellidae		1				1	0,01				0,01
Diastylis rathkei		1	1				0,01	0,01			
Phoxocephalus holbolli				2					0,01		
Alcyonidium gelatinosum		1					0,63				
Echinocyamus pusillus			1					0,01			
Abra alba			1	2				0,01	0,02		
Arctica islandica			1	1				11,94	23,14		
Chaetoderma nitidulum		1					0,01				
Corbula gibba		1	1	3	1	1	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01
Mysella bidentata			1	1				0,01	0,01		
Nassarius nitidus				1					0,02		
Nucula nitidosa		1	1				0,05	0,01			
Onchidoris muricata		1					0,02				
Parvicardium pinnulatum		1	1			1	0,11	0,01			0,02
Phaxas pellucida		1		1	3		0,02		0,05	0,3	
Nemertea				1					0,01		