

Programområde: **Kust och hav**

Undersökningstyp: **Mjukbottenlevande makrofauna, trend- och områdesövervakning**

**Författare:** Se avsnittet ”Författare och övriga kontaktpersoner”

## **Bakgrund och syfte med undersökningstypen**

Syftet med denna undersökningstyp är att upptäcka både långsiktiga och kortsiktiga förändringar (mellan år) i samhällen av större bottenlevande djur (makrofaunasamhällen) på mjuka havsbottnar. Makrofauna definieras som de djur som vid sällning av bottenprov kvarhålls i ett säll med 1 mm maskvidd.

Förändringar i makrofaunasamhällena på mjukbottnar kan ge information om sådana miljöhot som eutrofiering, spridning av miljögifter och klimatförändringar. I ett fullt utbyggt övervakningsprogram kan eventuella förändringar i djurlivet på mjukbottarna kopplas till lokala, regionala eller storskaliga miljöförändringar. Undersökningstypen är användbar för att följa olika områdets utveckling och status i förhållande till miljömålen *Giftfri miljö*, *Ingen övergödning* och *Hav i balans samt levande kust och skärgård*.

Syftet med denna undersökningstyp är således inte i första hand att övervaka biologisk mångfald. Inom havsområden med samordnad regional övervakning baserad på denna undersökningstyp ger den emellertid ändå värdefull information som komplement till undersökningar som syftar till att direkt undersöka den biologiska mångfaldens utveckling.

## **Samordning**

Fartygstid är kostsam och det är därför lämpligt att samordna provtagningarna av mjukbottenlevande makrofauna med andra miljöövervaknings- eller forskningsprojekt. Man måste dock beakta att utvecklingen av bottenfauna – individtäthet och biomassa – har en cyklisk variation över året. Därför är det viktigt att de årliga provtagningarna sker vid samma årstid, vilket enligt rekommendationerna i HELCOM:s miljöövervakningsprogram bör vara under våren (2, 3). Provtagningen av bottenfaunan bör alltid kompletteras med beskrivning av sedimentet samt på djupa stationer även med provtagning av syrehalten i bottenvattnet. Analys av sedimentet kan vara befogad på vissa stationer för att följa förändringarna över tiden.

Vid utvärdering av data om tillståndet hos den mjukbottenlevande makrofaunan är det värdefullt att ha tillgång till tidsserier av data om syrehalten i det bottennära vattnet, helst då

*Handledning för miljöövervakning*

*Undersökningstyp*

från sensommar och tidig höst när syrehalter normalt är som lägst. Det är även bra att ha tillgång till data om vattentemperatur, salthalt, sedimentation och halter av näringsämnen samt förekomst av plankton och bottenlevande fisk i området.

## **Strategi**

De bottenlevande djuren (bottenfaunan) intar något av en särställning vad gäller deras lämplighet som testorganismer i miljöövervakningsprogram. Just för att de lever på botten, det område som först drabbas av syrebrist vid hög belastning av organiskt material, är botten-djuren en utsatt organismgrupp. Även från miljögiftsynpunkt är det bottenfaunan som befinner sig i ett mycket utsatt läge. De flesta miljögifter tas upp i plankton eller adsorberas till finkornigt material och sjunker därmed snabbt ner till och ackumuleras på botten (i sedimentytan). Särskilt kräftdjur har visat sig vara känsliga för miljögifter. Bottenfaunan utgör dessutom en viktig länk mellan växtplankton och bottenlevande fisk. Tillståndet i samhällena av bottenlevande djur kan därför ge information både om förändringar i växtplanktonsamhället i den fria vattenmassan (pelagialen) och om förändringar i fiskpopulationernas storlek. En viktig förutsättning för att använda bottenlevande djur som indikatorer i miljöövervakningsprogram är att de undersökta organismernas biologi är känd. I detta avseende är utgångsläget gott för den svenska miljöövervakningen, eftersom biologin för de arter av makrofauna som finns i våra vatten är väl känd.

Vidare är de bottenlevande djuren relativt långlivade, med livscyklar som omfattar två år eller mer, vilket gör att de påverkas av miljöförändringar över en ganska lång tid. Genom att dokumentera samhällsstrukturen hos den relativt stationära mjukbottenfaunan är det möjligt att upptäcka lokala förändringar. För att kunna avgöra om en förändring är av lokal, regional eller storskalig karaktär krävs emellertid information om strukturen hos bottenfauna på flera stationer och i flera områden.

Man kan peka på följande för- och nackdelar med att använda mjukbottenlevande makrofauna i miljöövervakningen:

### *Fördelar*

- Djuren är relativt stationära, vilket är viktigt vid studier av lokala effekter.
- Djuren är relativt långlivade, vilket gör att man kan ha en låg provtagningsfrekvens.
- Djuren har välkänd taxonomi och många personer i Sverige är kunniga inom området.
- Den kvantitativa provtagningsmetoden är väl utarbetad och etablerad.
- Det finns stor kunskap om effekterna på mjukbottenfaunan av belastning med organiskt material men även om effekterna av metaller och klororganiska ämnen.

### *Nackdelar*

- För provtagning krävs tillgång till en stor båt med vinschutrustning (tung och skrymmande provtagningsutrustning).
- För bottenområden med ett stort antal djurarter blir sorterings- och artbestämningsarbetet kostsamt och tidskrävande.

Den marina miljöövervakningen är främst inriktad på att kartlägga miljöhoten eutrofiering och förekomst av miljögifter i havet. Att bottenfaunan påverkas av eutrofieringen och hur detta sker är känt sedan länge. Begreppet miljögift är däremot mer diffust och hanteras idag främst genom att man mäter förekomst av kända giftiga ämnen (t.ex. DDT, PCB, dioxiner, PAH, etc.). Förekomsten av hormonliknande ämnen är däremot ett relativt nyligen upptäckt miljöproblem och i framtiden kommer troligen fler ämnen än de som nu är kända att visa sig ha "hormonfunktion" i miljön. Eftersom sådana ämnen kan ge effekter vid mycket låga koncentrationer är det av största vikt att det finns biologiska övervakningsprogram som kan fånga upp tidiga signaler på förändringar som kan härröra från sådana substanser. Beteende- och reproduktionsförändringar slår igenom relativt snabbt på arternas populationsdynamik när störningar i reproduktionen leder till minskande populationer för de drabbade arterna. Alternativt kan variationen i tidsserien förändras.

Övervakning av makrofaunan på mjuka botten ingår som en del i HELCOM:s övervakningsprogram för Östersjöområdet (3). Sverige har anmält att man årligen samlar in och bearbetar bottenfaunaprover från totalt 139 stationer i Bottniska viken, Egentliga Östersjön, Kattegatt och Skagerrak. Stationerna är belägna ute till havs respektive i kustzonen. I dagsläget ingår 170 fasta stationer inom det samordnade regionala och nationella programmet i Bottniska viken, varav 100 stationer är belägna i kustområdena.

Artsammansättning, individantal och biomassa hos mjukbottenlevande makrofauna används också för klassning av olika bottenområden enligt Naturvårdsverkets *Bedömningsgrunder för Miljö kvalitet: Kust och hav* (19).

## Statistiska aspekter

Ett grundläggande krav inom miljöövervakningens kontroll- eller övervakningsprogram är att resultaten skall vara testbara. Ett miljöövervakningsprogram skall således gå att utvärdera med statistiska tester för att avgöra om förändringar förekommer. Dessutom är det viktigt att tolkningen av resultaten blir entydig, utan "confounding" eller sammanblandning mellan olika förklaringar. För att kunna testa om eventuella förändringar sker på lokal, regional eller storskalig nivå krävs därför att man har tillgång till parallellprov (replikater) på motsvarande geografiska skalor (24).

Vad gäller bottenfaunaprogrammen saknas ofta en sådan utvärderingsvänlig strategi. I det stora flertalet program använder man sig av enskilda stationer som övervakningsobjekt och eventuella förändringar kan sålunda endast relateras till dessa enskilda stationer med enstaka referensstationer som jämförelsematerial. Den relativt stora naturliga variation som förekommer mellan olika år i fysikalisk-kemiska variabler och i olika organismer (biota) bidrar till att ge en sådan uppläggning av övervakningsprogrammen låg statistisk styrka. Det tar alltså lång tid innan förändringar som avviker från den naturliga variationen kan påvisas. Därför är det viktigt att miljöövervakningsprogrammen utformas för att utan onödigt dröjsmål kunna producera svar på frågan om vilken geografisk skala eventuella förändringar förekommer på. Om en station i ett referensområde avviker från de övriga antyder detta att det finns en naturlig orsak, som beror på interaktioner mellan arterna (konkurrens eller predation). Om förändringarna gäller ett helt område, jämfört med övriga områden i regionen, får man söka förklaringen till förändringarna i det område som avviker. I fall någon variabel (art)

*Handledning för miljöövervakning*

*Undersökningstyp*

förändras likartat i alla områden är detta ett tecken på en mer storskalig förändring, som sannolikt inte är kopplad till samspelet mellan arterna på botten utan beror på att något mer omfattande håller på att hända i regionen.

Med dagens övervakningsprogram, där adekvata referenser ofta saknas, kan en förändring endast tolkas i termer av trender. Om en trend upptäcks kvarstår dock frågan om denna trend bara förekommer i undersökningsområdet och kanske i närliggande områden eller om det rentav är en storskalig trend. Ur ett miljöpolitiskt perspektiv är det viktigt att veta vilken geografisk omfattning en miljöförändring har, eftersom detta styr sökandet efter orsakerna samt vilka beslut om åtgärder som skall fattas. För att få fram ett ordentligt beslutsunderlag krävs därför ytterligare undersökningar i större geografisk skala. Om ett miljöövervakningsprogram inte är konstruerat för att direkt kunna ge svar på denna typ av fråga behövs ytterligare tid för att belägga på vilken geografisk skala förändringarna förekommer. Om det sedan visar sig att förändringen endast var lokal har många år slösats bort, år som istället skulle ha kunnat användas för att lokalisera problemet på hemmaplan och därmed vidta åtgärder. Inom miljöövervakningen får man normalt räkna med ett relativt långt tidsperspektiv innan det går att belägga eventuella trender som motiverar uppföljning med åtgärder. Det är därför väsentligt att välja en strategi där man med ett statistiskt test på data från det befintliga programmet direkt kan relatera en eventuell förändring till rätt geografisk nivå eller rätt område.

Ett hugg per station rekommenderas i såväl artfattiga som i artrika områden (25). Beräkningar med ett hugg per station har visat att det behövs ca 20 stationer per område, för områden med en yta upp till 150 km<sup>2</sup>, för att uppnå acceptabel statistisk styrka med ett program som avser att upptäcka förändringar orsakade av diffusa utsläpp. Om resurserna medger fler än 20 stationer har de statistiska utvärderingarna visat att det är värdefullare att skapa fler undersökningsområden än att utöka stationsnätet inom ett område. Målsättningen med programmet är inte att få ett så säkert mått på djurens täthet som möjligt för det enskilda området. Det är en avvägning mellan säkerheten på skattningen inom området och behovet av områdesreplikering. I de fall det finns minst tre provtagningsområden per havsbassäng kan stationsnätet med fördel utökas om resurserna medger detta. Inom områden med mer direkt påverkan, recipienter, kan det vara motiverat med årlig provtagning på tio stationer (ett hugg per station), eftersom de förändringar som man avser belysa i dessa program inte är att betrakta som diffusa och de effekter man behöver kunna påvisa är större än de inom den regionala och nationella monitoringen.

### ***Plats-/stationsval***

Föroreningar i löst form adsorberas till stor del på finfraktionen av uppslammat (suspenderat) material som sjunker ner och ansamlas på ackumulationsbottnar. De tidigaste effekterna på bottenfaunan får man således på dessa "lugna" bottnar. Man skall dock vara medveten om att ackumulationsbottnarna inte nödvändigtvis återspeglar situationen i hela skärgårds- eller kustområdet. Speciellt stora effekter av belastning av organiskt material får man i fjordar ("tröskelfjordar"), av vilka det finns ett flertal längs den svenska kusten. I dessa vikar är vattenutbytet nedanför tröskeldjupet litet under stora delar av året. Det kan därför ge en snedvriden bild av miljösituationen längs kusten om man enbart väljer sådana stationer för sina bottenundersökningar. För att åskådliggöra den allmänna miljösituationen på mjukbottnarna i ett område bör man dock inte bara ta med ackumulationsbottnar, eftersom det kan

*Handledning för miljöövervakning*

*Undersökningstyp*

ge en förvrängd bild. I stället måste stationerna spridas över hela området, men samtidigt skall man undvika bottnar där det inte går att göra kvantitativ provtagning (då huggarens grävdjup är mindre än grävdjupet för de organismer som lever där).

Syftet med undersökningstypen om mjukbottenlevande makrofauna är, som nämnts, att kunna belägga trender i samhället av botten djur inom ett begränsat område. En riktlinje vid val av stationer är att välja områden med så homogena bottenförhållanden som möjligt. Homogena bottnar finner man bäst i centrum av sammanhängande bottenytor på ett och samma djup. Valet av provtagningsstationer bör man först göra utifrån den information man får från sjökort och ekolod. Det är viktigt med homogena förhållanden, eftersom endast ett hugg per provpunkt rekommenderas. Det är därför mycket viktigt att detta enda hugg på varje provpunkt blir av hög kvalitet. Om misstanke finns att huggaren t.ex. tagit snett, eller om provvolymen avviker markant från tidigare provtagningar, bör hugget göras om.

Man måste också vara medveten om att en bottenfaunaförändring på de valda stationerna inte nödvändigtvis betyder att en motsvarande förändring har skett på de stationer i området som har ett annat djup eller annan botten typ än de som omfattas av provtagningen i området. Resultaten kan extrapoleras till bottenfaunasamhällen på liknande djup och botten substrat i det aktuella skärgårds- eller kustområdet. Däremot är det inte säkert att resultaten går att extrapolera till andra botten typer. Strategin är inte utformad för att övervaka den totala biologiska mångfalden i området, eftersom endast ett begränsat antal arter finns på de botten typer man kan undersöka. Om syftet är att fastställa helhetsituationen beträffande miljön, eller att definiera den biologiska mångfalden i området, bör man göra en kartering av hela området.

Provtagningsstationerna bör om möjligt förläggas till två olika botten typer (strata) inom skärgårdsområdet. En lämplig uppdelning kan göras med avseende på vattendjup, med gränser satt vid sommartermoklinens djup. Förhållandena för botten djuren skiljer sig därför markant mellan dessa två strata. För nationellt ändamål finns även behov att följa utvecklingen på djupare bottnar utanför kusten. Av den anledningen är det önskvärt med en samordning mellan övervakningen i skärgårdsområdena och motsvarande undersökningsområden utanför dessa områden (gäller egentligen de nationella stationerna).

Av skäl som angetts ovan bör ackumulationsbottnar föredras. I områden med öppen kust kan det dock vara omöjligt att hitta tillräckligt stora områden med ackumulationsbottnar ovanför sommartermoklinen. I detta fall kan transportbottnar (d.v.s. bottnar där perioder med ackumulation avlöses av perioder med resuspension eller borttransport av sedimenterat material) användas, men det är fortfarande viktigt att sedimenten på samtliga provpunkter är så lika som möjligt.

Resultatet från det treåriga projekt som genomfördes längs Norrlandskusten 1995–1997 visade att ca 20 stationer per område, med ett hugg per station, är att rekommendera för nationell och regional övervakning. Denna dimensionering bygger dock på att flera undersökningsområden finns tillgängliga för utvärdering. Längs Norrlandskusten finns idag tre kustområden (bottenfauna) i Bottenhavet och två i Bottenviken. För recipientkontrollen, där en mer direkt påverkan kan förväntas, har motsvarande beräkningar visat att det kan vara tillräckligt med tio stationer (ett hugg per station) inom en begränsad recipient, givet att provtagningen görs årligen.

## Mätprogram

Antalet referensområden inom en havsbassäng är avhängigt av bassängens storlek eller kuststräckans längd. En lämplig provtagningsstrategi för mjukbottenfauna är att använda 3–4 referensområden per havsbassäng (t.ex. Bottenviken eller Bottenhavet). Utformningen av recipientkontroll i enlighet med undersökningstypen för trend- och områdesövervakning av mjukbottenlevande makrofauna bygger på att bottenfaunaprogrammen inom den regionala eller nationella miljöövervakningen har utformats i enlighet med undersökningstypen. Detta är en förutsättning för att det skall finnas referensdata vid utvärderingen av data från recipientkontrollen.

### **Variabler**

De insamlade bottendjuren bestäms normalt till art. För vissa svårbestämda grupper anges högre taxonomisk nivå, såsom släkte eller familj.

Vid bottenfaunaundersökningarna räknas varje art (taxon) som två variabler, en för individtäthet (abundans) och en för biomassa (våtvikt av formalinkonserverade djur). Dessutom räknas den totala individtätheten respektive totala biomassan (medelvärde av summan av alla individer per m<sup>2</sup>) som egna variabler. Vid utvärderingen av resultaten kan taxa föras samman (aggregeras) i olika grupper beroende på deras födosätt, taxonomisk gruppstillhörighet eller föroreningskänslighet. Dessa grupper utgör då nya variabler.

Antalet taxa som registreras på en lokal/inom ett område utgör en variabel. Observera dock att man vid jämförelse mellan lokaler/områden där olika antal hugg har tagits måste räkna ut medelantalet taxa per hugg för att få en korrekt jämförelse.

Vid nedbrytningen av organiska material som sjunkit ner på botten förbrukas syre. När syret i bottenvattnet tar slut bildas i stället svavelväte, en giftig gas med lukt av ruttna ägg. Genom att lukta på sedimentet är det enkelt att avgöra huruvida svavelväte förekommer eller ej. För övervakning av mjukbottenlevande makrofauna är syrehalten i bottenvattnet relevant på större djup, där vattencirkulationen under våren inte har någon nämnvärd inverkan för tillförsel av nytt syre. Att enbart ta prover på syrehalten inomskärs på grundare botten än 30 meter är därför föga meningsfullt.

Bottensubstratet har stor betydelse för djursamhällets sammansättning på olika lokaler. En enkel bedömning, som görs genom att iakttä och känna på sedimentet, säger mycket om vilken fauna man kan förvänta sig att finna där. Den mängd sediment man får i ett bottenfaunahugg är en grov men användbar klassificering av sedimentets hårdhet. Denna variabel bör alltid föras in i databasen för att eventuellt utvärderas om sammansättningen av djursamhället förändras. Den allmänna sedimentbeskrivningen i fält är också viktig för att avgöra om man befinner sig på samma plats som vid tidigare besök på samma station.

Storleksfördelningen på dominerande taxa är en mycket användbar variabel för att förklara variationer i individtäthet och biomassa. Med hjälp av storleksfördelningen kan man utläsa förändringar i tillväxten, om djuren fortplantat sig tidigare eller senare än normalt eller t.o.m. har hoppat över fortplantningen ett helt år. Att bottendjuren blir köns mogna tidigare än normalt förekommer ibland vid ökad födotillgång och kan därför vara ett tecken på ökad belastning av organiskt material. Att studera storleksfördelning kan även användas som en

*Handledning för miljöövervakning*

*Undersökningstyp*

Version 1:2 2016-12-08

fristående variabel för att uppskatta dödligheten för en eller flera åldersklasser. Graden av dödlighet i ett djursamhälle kan visa på effekter av toxiska substanser. Storleksanalyser är dock inte en obligatorisk del av denna undersökningstyp.

Tabell 1. Översiktstabell med variabler och tidsperioder, m.m.

Område	Företeelse	Determinand (Mätvariabel)	Metodmoment	Enhet / klassade värden	Prioritet	Frekvens och tidpunkter	Referens till provtagnings- eller observationsmetodik)	Referens till analysmetod	
Station (Latitud och Longitud <sup>1)</sup> )	Provtagningstillfälle	Datum och klockslag		ÅÅÅÅ- MM-DD tt:mm	1	vid varje provtagningstillfälle			
	Prov	Area (d.v.s. area som skärs ut av bottenhuggaren)		m <sup>2</sup>	1	för varje prov	Leonards- son 2004		
		Volym		liter	1	för varje prov	Leonards- son 2004		
		Djup till botten		m	1	för varje prov	Ekolod		
	Lista över Bottenfauna, arter eller lägsta taxonomiska nivå	Antal i prov	Såll: maskvidd 1,0 mm			1	årligen våren	Leonards- son 2004	Leonards- son 2004
		Biomassa i prov, Våtvikt			g	1	årligen våren	Leonards- son 2004	Leonards- son 2004
	Botten- substrat	Sedimentlukt <sup>2</sup>			Ingen lukt/ Svavelväte	1	vid varje provtagningstillfälle	Leonards- son 2004	
		Sedimentfärg			Klassat	2	Utvalda stationer	Leonards- son 2004	Rock Color Chart (5)
		Substrattyp <sup>3</sup>			Observera att kornstorleken har ändrats <sup>4</sup>	1	vid varje provtagningstillfälle	Leonards- son 2004	Se klassificering i undersökningstypen <i>Sediment – basundersökning</i>
		Sedimenttextur <sup>5</sup>							
		Redoxpotential				mV	2		

Handledning för miljöövervakning

Undersökningstyp

Område	Företeelse	Determinand (Mätvariabel)	Metodmoment	Enhet / klassade värden	Prioritet	Frekvens och tidpunkter	Referens till provtagnings- eller observationsmetodik)	Referens till analysmetod	
		Vattenhalt		%	2	Utvalda stationer	Leonards-son 2004	Dybern <i>et al.</i> 1976	
		Glödgningsförlust		%		Utvalda stationer	Leonards-son 2004	Dybern <i>et al.</i> 1976	
	Vatten (Bottenvatten)	Provtagningsdjup från botten				2	Utvalda stationer, årligen våren el. sensommaren	Leonards-son 2004	
		O <sub>2</sub> -halt			mg/l	2 <sup>6</sup>		Leonards-son 2004	SS-EN 25813 SS-EN 25814
		Temperatur			Cel (= °C)	2		Leonards-son 2004	
		Salinitet			PSU	2		Leonards-son 2004	HELCOM 2001
		Våghöjd	Uppskattat värde	m	1	Vertikalt avstånd mellan vågdal och vågtopp		Handbok för väderobservationer. SMHI, 1979	
	Luft	Vindriktning (16 gradig skala)			Kod, t ex NNE	2	vid varje provtagnings-tillfälle	Leonards-son 2004	
		Vindhastighet			m/s	2		Leonards-son 2004	

<sup>1</sup> Grader och decimala minuter (WGS-84 dGPS, tre minut-decimaler önskvärt)

<sup>2</sup> Lukt från bottenfaunaprov under sållning

<sup>3</sup> Alternativt kan typen av bottensubstrat, Sandblandad lera, anges som "företeelse", Förekomst i prov som mätvariabel och Ja som klass.

<sup>4</sup> Övergång till ny skala bör framgå av dataserien.

<sup>5</sup> Beroende på hur subjektiv en uppgift är kan man överväga att ange den som anmärkning.

<sup>6</sup> Analys av syrgashalt i bottenvatten är endast motiverat på stationer med djup större än 30 m under vårprovtagning eftersom värcirkulationen syresatt vattenmassan effektivt ned till dessa djup.

För indelning av sedimenten efter kornstorlek och andra egenskaper hänvisas till Leonardsson 2004.



### **Frekvens och tidpunkter**

Traditionellt har man samlat in botten djur på hösten, när deras biomassa är som störst (biomassamaximum) eller på våren när den är som minst (biomassaminimum). Inom HELCOM:s övervakningsprogram rekommenderas att provtagningen görs på våren. Sommaren är olämplig som provperiod, eftersom det då sker omfattande nyrekrytering av djur till bottenarna. Våren är att föredra av praktiska skäl (mer gynnsamma vind-, temperatur- och isförhållanden). Man måste dock hålla i minnet att den meteorologiska våren inträffar vid olika tidpunkter i olika havsområden – april i södra Östersjön motsvarar juni i Bottenviken.

För att faktiska förändringar skall kunna upptäckas inom rimlig tid är årlig provtagning att föredra framför provtagning med flera års mellanrum. Tiden det tar att påvisa en trend är avsevärt längre vid periodiserad provtagning. Vid provtagning med längre tidsintervall riskerar man dessutom att missa tillfälliga effekter till följd av produktions- eller processförändringar. Till följd av sämre upplösning av den naturliga mellanårsvariationen är dessutom risken stor att resultaten påvisar falska förändringar.

### **Observations/provtagningsmetodik**

Se *Metodbeskrivning för provtagning och analys av mjukbottenlevande makrovertebrater i marin miljö* (4).

### **Utrustningslista**

Se *Metodbeskrivning för provtagning och analys av mjukbottenlevande makrovertebrater i marin miljö* (4).

### **Tillvaratagande av prov, analysmetodik**

Se *Metodbeskrivning för provtagning och analys av mjukbottenlevande makrovertebrater i marin miljö* (4).

### **Fältprotokoll**

Se *Metodbeskrivning för provtagning och analys av mjukbottenlevande makrovertebrater i marin miljö* (4).

### **Bakgrundsinformation**

I samband med bottenfaunaundersökningar bör man bestämma sedimentets basegenskaper (se undersökningstypen Sediment - basundersökning).

För att kunna tolka resultaten är dessutom värdefullt att ha tillgång till följande uppgifter:

- Meteorologiska data, såsom månadsmedelvärden av lufttemperatur, nederbörd och vindar
- Hydrografiska data, såsom vattentemperatur, salthalt och syrehalt på olika djupnivåer under året.
- Data om biologin in den öppna vattenmassan (pelagialen), t.ex. planktonbiomassa, klorofyll, primärproduktion och sedimentation.
- Data om bottenlevande fisk – förändringar i samhällenas sammansättning och mängd.
- Data om variationer i föroreningsbelastningen på det undersökta området.

## Kvalitetssäkring

Genom att strikt följa standardiserad metodik (1, 4), genom internkontroller (rekommenderade kvalitetssäkringsrutiner) på laboratoriet, genom att i utvärderingsarbetet identifiera s.k. "outliers" (värden som starkt avviker från de förväntade), samt genom att delta i nationella och internationella interkalibreringar, kvalitetssäkras man sin undersökning och sitt arbete (20, 21).

Vad som skall uppmärksammas i samband med provtagningen framgår av Leonardssons metodbeskrivning (4), se även (1, 3). Det är mycket värdefullt att ha tillgång till personal med lång erfarenhet av undersökningar av detta slag då man genom jämförelse av bottensedimentets beskaffenhet kan avgöra om stationerna lokaliserats korrekt.

De olika momenten i sorterings- och analysarbetet finns beskrivna i Leonardssons metodbeskrivning (4). För arbetet med att artbestämma djuren är det av stor vikt att ha tillgång till personer som har god kännedom om vilka bottenlevande djurarter som förekommer i det aktuella havsområdet. Internkontroller av sorteringspersonalens kompetens kan göras genom att man sparar sällresterna och låter någon annan person än den som sorterat gå igenom resterna. Alternativt gås hela provet igenom, djuren räknas och återförs därefter till sällresterna, varefter provet sorteras av annan person. Dessa kontroller utförs givetvis i form av stickprovskontroller.

Vid undersökningar av bottenlevande makrofauna torde räkningen av de utsorterade djuren vara en mycket liten felkälla. Däremot har det vid interkalibreringar visat sig att variationerna i våtviktsbestämningen kan vara stora (15). Det är utomordentligt viktigt att metodbeskrivningen följs minutiöst. Även här kan internkontroller genomföras genom att samma djur vägs av flera personer. Vid valet av djur för internkontroll av vägningar bör man inte använda sig av sköra djur som exempelvis maskar, eftersom de lätt går sönder vid hanteringen. Kräftdjur och musslor är därför att föredra.

Interkalibreringar måste göras nationellt mellan de laboratorier som arbetar i samma eller angränsande havsområden. Dessutom organiserar HELCOM internationella interkalibreringar inom ramen för kommissionens övervakningsprogram.

Eventuella felaktigheter kan bero av bestämmingslitteraturen och det rekommenderas därför att rapporterade data åtföljs av uppgifter om vilken bestämmingslitteratur som använts.

## Databehandling, datavärd

För varje undersökning/undersökningsområde skall följande rapporteras:

1. Projekt/uppdragsgivare
2. Klartextbenämning av undersökningsområdet (Referensområde, recipient)
3. Havsområde
4. Provtagningsår
5. Undersökningstyp(er)
6. Undersökningsansvarig
7. Lista över provpunkter innefattande

*Handledning för miljöövervakning*

*Undersökningstyp*

- a) Stationskod (kod för varje provpunkt)
  - b) Provpunktens läge (fasta koordinater i latitud och longitud)
8. För varje provtagningstillfälle skall följande rapporteras:
- a) Provtagningsansvarig (Collector)
  - b) Stationskod (kod för varje provpunkt)
  - c) Koordinater för provpunkten vid provtagningstillfället (latitud och longitud)
  - d) Datum och klockslag (centraleuropeisk standardtid)
  - e) Provtagningsdjup (djupintervall om djupet varierar under provtagningen)
  - f) Förekomst av svavelvätedoft
  - g) Sedimentbeskrivning (subjektiv bedömning)
  - h) Våghöjd (m)
  - i) Aktuell mätning av huggarens area
9. Frivilliga stödvariabler såsom vindhastighet, temperatur, salt- och syrehalt i bottenvattnet
10. För varje prov skall följande rapporteras:
- a) Individantal per hugg (prov)
  - b) Biomassa (f.n. gram formalinvikt) per hugg (prov)
  - c) Stationskod (kod för varje provpunkt)
  - d) Provnummer (numrerat för varje provpunkt och provtagningstillfälle)
  - e) Provvolymer (liter)
  - f) Sällfraktion (om fler än en fraktion samlats in)
  - g) För varje taxon:
    - a. individantal per m<sup>2</sup>
    - b. biomassa (f. n. gram formalinvikt) per m<sup>2</sup>

Medelvärde och relevanta spridningsmått för individtäthet och biomassa av funna arter eller djurgrupper anges för den aggregeringsnivå (provpunkt, djupområde, geografiskt delområde) som är av intresse för undersökningen. Därutöver kan man beräkna mångfaldsindex (diversitet) och biotiska index. Resultaten bearbetas vidare och presenteras grafiskt.

En förteckning över datavärden finns att hitta på Naturvårdsverkets webbplats under adressen <http://www.naturvardsverket.se/tillstandet-i-miljon/miljoovervakning/miljoovervakningsdata/>

## Rapportering, utvärdering

Den hierarkiska (nästade) variansanalysen ANOVA används lämpligen för att testa resultaten från provtagningarna av bottenfauna. De resultat som lämpar sig för variansanalys är det totala antalet individer per ytenhet (individtätheten; abundansen), den totala biomassan samt individtäthet och biomassa för de vanligaste arterna. Även antalet arter kan analyseras med hjälp av variansanalys. För att kunna utvärdera data från ett område på ett relevant sätt krävs att man samtidigt inkluderar data från samtliga referensområden inom havsbassängen. Vid variansanalysen anges område som en randomiserad faktor och tiden (år) som en fix faktor. Station anges som en randomiserad faktor, som är nästad inom område. Dessa data finns

tillgängliga via den nationella databasen för den marina miljöövervakningen i Sverige (Database on Marine Biological Monitoring Data, BIOMAD), som administreras av Institutionen för systemekologi vid Stockholms universitet. (se webbplatsen, f.n. <http://www.ecology.su.se/dbbm/index.shtml>).

Data om individtätthet och biomassa skall inledningsvis utvärderas art för art (taxon för taxon) för samtliga taxa. Dock kan arter som inte uppvisar någon förändring eventuellt nämnas kortfattat i rapporteringen, efter överenskommelse med beställaren, för att fokusera på de arter eller grupper som uppvisar avvikande tidsutveckling. Om artrikedomen är stor kan utvärderingen begränsas till dominerande arter/grupper. I artrika områden rekommenderas multivariatanalys (PRIMER; se referens 8, 10, 24, 25). Summa individtätthet och biomassa, liksom artantal, skall alltid utvärderas. Olika arter/taxa är olika känsliga för föroreningar och kan efter föroreningskänslighet indelas i olika grupper (7, 14, 16, 18, 19). Resultaten bör utvärderas mot bakgrund av denna kunskap. Vid utvärderingen skall man använda sig av ovannämnda bakgrundsinformation samt kunskaperna om den naturliga variationen hos bottenfaunasamhällena. Gedigna kunskaper om vilka miljökrav olika taxa har, deras föroreningskänslighet samt vilka naturliga variationer som förekommer är en förutsättning för riktig utvärdering av data.

Vid den statistiska bearbetningen beräknas först basstatistik (basic statistics), som omfattar medelvärden, standard error (medelfel), occurrence (förekomst) och dominans. Dessa siffror redovisas för varje enskilt undersökningsområde. För jämförelser mellan olika undersökningsområden, samt mellan olika tidpunkter för samma område, används i första hand parametriska tester såsom ANOVA och "repeated measures"-ANOVA (9, 22). För samtliga tester redovisas även statistisk styrka för att man skall kunna bilda sig en uppfattning om säkerheten i testens utfall. För närmare information om statistik styrkeanalys, se t.ex. (11, 13).

När man fått fram tidsserier av någorlunda längd bör en statistisk tidsserieanalys göras (6). Här ingår olika sätt att uppskatta en eventuell trend samt att prognostisera en framtida tidsutveckling. Dessa metoder finns i de flesta statistiska programpaket. En icke-parametrisk regressions-analys som rekommenderas är Mann-Kendall.

Data bör redovisas dels i tabellform för varje undersökningsområde och provtagningstillfälle (basstatistik enligt ovan), dels kan data redovisas samlat för större områden (kust, utsjö, inom havsbassäng etc.) och olika djupintervall (0–30 m, 30–70 m, mer än 70 m). Dessutom skall tidsutvecklingen redovisas i diagramform (stapel- eller kurvdiagram med spridningsmått inlagda) för de arter som uppvisar ett avvikande mönster jämfört med andra områden i havsbassängen. Även storskaliga trender bör belysas i figurform genom att man redovisar resultaten från samtliga områden i havsbassängen.

## **Kostnadsuppskattning**

I genomsnitt krävs 5–10 persontimmars arbetstid fr.o.m. provtagning t.o.m. datainlagring för varje prov (bottenhugg) av mjukbottenlevande makrofauna (taget med 0,1 m<sup>2</sup> van Veen-huggare), beroende på artikedom och individtätthet. Material- och resekostnaderna beräknades i januari 2002 uppgå till ca 600 kr per hugg (fartygskostnader, utvärderingskostnader och förvaltningspåslag ej inräknat).

## Övrigt

I samband med provtagning och sällning grumlas vattnet kring fartyget. Det är därför viktigt att mätningar av sedimentationen inte genomförs i omedelbar närhet av bottenfauna-stationerna. Man skall inte heller sätta ut sedimentationsfällor under den tid då bottenprovtagningen äger rum.

## Författare och övriga kontaktpersoner

*Programområdesansvarig, Naturvårdsverket:*

Sverker Evans

Miljöövervakningsenheten

Naturvårdsverket

106 48 Stockholm

Tel: 08– 698 13 02

E-post: Sverker.Evans@naturvardsverket.se

*Författare och expert, Institutionen för ekologi och geovetenskap:*

Kjell Leonardsson

Institutionen för ekologi och geovetenskap

Umeå universitet

901 87 Umeå

Tel: 090– 786 77 03

E-post: Kjell.Leonardsson@eg.umu.se

## Referenser

### Metodreferenslista

1. BIN B R06 - Inventering av makroskopisk mjukbottenfauna med van Veen-hämtare i havet. *i: Recipientkontroll vatten metodbeskrivningar : Del 1 : Undersökningsmetoder för basprogram. : Solna : Statens naturvårdsverk (Rapport / Naturvårdsverket ; 3108).*
2. HELCOM, 1988. Guidelines for the Baltic Monitoring Programme for the third stage. Biological Determinands. (Baltic Sea Environment Proceedings ; 27 D), s. 91-100.
3. HELCOM, 2001. Manual for Marine Monitoring in the Combine Programme of HELCOM. Updated 2003.  
<http://sea.helcom.fi/Monas/CombineManual2/CombineHome.htm>
4. Leonardsson, K., 2004. Metodbeskrivning för provtagning och analys av mjukbottenlevande makrovertebrater i marin miljö. Umeå universitet, Institutionen för ekologi och geovetenskap, 26 s.  
[http://www.naturvardsverket.se/upload/02\\_tillstandet\\_i\\_miljon/miljoovervakning/undersokn\\_typ/hav/metod\\_makrofauna.pdf](http://www.naturvardsverket.se/upload/02_tillstandet_i_miljon/miljoovervakning/undersokn_typ/hav/metod_makrofauna.pdf)
5. Rock-Color Chart Committee. 1991. Rock-color chart. – Boulder, Colo.: [Distributed by] Geological Society of America.
6. SS-EN 25813. Vattenundersökningar - Bestämning av halten löst syre - Titrimetrisk metod. – Stockholm : SIS , 1987 (Svensk standard ; SS 028114). *Ersatt av:*

*Handledning för miljöövervakning*

*Undersökningstyp*

Vattenundersökningar – Bestämning av halten löst syre – Jodometrisk metod. – Stockholm : SIS, 1993 (Svensk standard ; SS-EN 25813).

7. **SS-EN 25814** Vattenundersökningar – Bestämning av halten löst syre – Elektrokemisk metod. – Stockholm : SIS, 1993. (Svensk standard ; SS-EN 25814)

### *Rekommenderad litteratur*

8. Andersson, G., Jorner, U., & Ågren, A., 1994. Regressions- och tidsserieanalys med och utan datorstöd. Lund : Studentlitteratur, 276 s.
9. Anger, K. 1977. Benthic Invertebrates as Indicators of Organic Pollution in the Western Baltic Sea. *Int. Revue ges. Hydrobiol.* 62, 245-254.
10. Carr, M. R. 1993. User Guide to PRIMER (Plymouth Routines in Multivariate Ecological Research). Plymouth Marine Laboratory, United Kingdom, 51 s.
11. Clarke, G. M. 1980. *Statistics and Experimental Design*. Edward Arnold, London, 188 s.
12. Clarke, K. R. & Ainsworth, M., 1993. A method of linking multivariate community structure to environmental variables. *Marine Ecology Progress Series* 92, 205-219.
13. Cohen, J. 1988. *Statistical power analysis for the behavioural sciences*. Hilldale, N.J. : Lawrence Erlbaum Associates, Publishers
14. Dybern, B. I., Ackefors, H., & Elmgren, R., 1976. Recommendations on methods for marine biological studies in the Baltic Sea. (Publication / The Baltic Marine Biologists BMB : 1), 98 s.
15. Fryer, R. J. & Nicholson, M. D., 1993. The power of a contaminant monitoring programme to detect linear trends and incidents. *ICES J. mar. Sci.*, 50: 161-168.
16. Järvekülg, A. 1970. Bottom fauna as an indicator of pollution of the marine benthos in the vicinity of Tallinn. *Estonian Contributions to the International Biological Programme I*, Academy of Sciences of the Estonian S.S.R., Estonian Committee for IBP, Tartu, 1970, 158-193.
17. HELCOM, 1990. Third Biological Intercalibration Workshop. 27-31 August 1990. Visby, Sweden. (Baltic Sea environment proceedings ; 38), 153 s.
18. Leppäkoski, E. 1975. Assessment of degree of pollution on the basis of macrozoobenthos in marine and brackish-water environments. *Acta Acad. Aboensis, Ser. B, Vol. 35, nr 2*, 90 pp.
19. Naturvårdsverket, 1999. *Bedömningsgrunder för miljö kvalitet. Kust och hav*. Stockholm : Naturvårdsverket (Rapport / Naturvårdsverket ; 4914).
20. Pearson, T. & Rosenberg, R., 1978. Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 16, 229-311.

*Handledning för miljöövervakning*

*Undersökningstyp*

21. Rygg, B. 1986. Miljøkvalitetskriterier for marine områder. 2: Forurensningsvirkninger på bløtbunnfaunasamfunn. – Oslo : Norsk institutt for vannforskning (NIVA-rapport ; 1890),42 s.
22. **SS-EN ISO/IEC 17025** Allmänna kompetenskrav för provnings- och kalibreringslaboratorier (ISO/IEC 17025:1999). – Stockholm :SIS, 2000 (Svensk standard ; SS-EN ISO/IEC 17025).
23. SWEDAC, 1994. Styrelsens för teknisk ackreditering allmänna föreskrifter för ackrediterade laboratorier samt allmänna råd. STAFS 1994:1.
24. Underwood, A. J. 1997. Experiments in ecology : their logical design and interpretation using analysis of variance. Cambridge University Press, Cambridge, 504 s.
25. Van der Meer, J. 1997. Sampling design of monitoring programmes for marine benthos: a comparison between the use of fixed versus randomly selected stations. *Journal of Sea Research* 37, 167-179.
26. Warwick, R.M. 1988. The level of taxonomic discrimination required to detect pollution effects on marine benthic communities. *Mar. Pollut. Bull.*, 19: 259-268.
27. Warwick, R. M. & Clarke, K. R., 1991. A comparison of some methods for analysing changes in benthic community structure. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 71, 225-244.

## **Uppdateringar, versionshantering**

Version 1:1. 2004-09-29. Reviderad

Version 1:2. Uppdatering med HaV-logotyp och korrigerade kontaktpersoner.