

Programområde:	<b>Kust och hav</b>
Undersökningstyp:	<b>Mjukbottenlevande makrofauna, kartering</b>

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

## **Bakgrund och syfte med undersökningstypen**

Undersökningstypen ger underlag för bedömning av miljötillståndet i kust- och havsområden respektive för att inventera ett enskilt område från natur- eller produktionssynpunkt. Den är användbar för att fastställa ett områdes status i förhållande till miljömålen *Giftfri miljö*, *Ingen övergödning* och *Hav i balans samt levande kust och skärgård*. Undersökningstypen används för att fastställa utbredningen av syrefria och påverkade bottenar i recipienter, för övervakning av biologisk mångfald (artrikedom), samt för att göra uppskattningar av ett områdes produktionsförhållanden.

## **Samordning**

Undersökningstypen kan med fördel kombineras med andra karteringar som utförs från fartyg, framför allt karteringar av sedimentförhållanden och utbredningen av syrefria bottenar.

Önskvärda stödvariabler till undersökningar av mjukbottenlevande makrofauna är:

- syrehalt, salthalt och temperatur i det botten nära vattnet (bör inte mätas enbart vid provtagningen av bottenfauna, utan under en längre tid innan),
- sedimentbeskaffenhet (färg, vattenhalt, glödförlust, redoxförhållanden, kornstorlek),
- sedimentation (kvantifiering av nedfall till botten av organiskt material, mätt under en längre tid innan provtagningen av bottenfauna görs),
- väder (stormar, isförhållanden, temperaturförhållanden som rått under en längre tid före provtagningen).

## **Strategi**

Större mjukbottenlevande djur (makrofauna) är lämpliga och beprövade organismer att studera vid miljöövervakning, eftersom dessa djur är känsliga för belastning av organiskt material, metaller och miljögifter (25,14). Makrofauna definieras som de djur som vid sållning av bottenprov kvarhålls i ett såll med 1×1 mm maskvidd. Genom att följa tillståndet hos den relativt stationära och långlivade mjukbottenlevande makrofaunan kan man göra en

koppling till om det skett några förändringar av de lokala förhållandena på den undersökta platsen.

Undersökningar av mjukbottenlevande makrofauna görs också inom ramen för Helsingfors-kommissionens övervakning av den marina miljön (COMBINE-programmet). Likaså används också denna typ av bottenundersökningar för klassning av bottenområden enligt Naturvårdsverkets Bedömningsgrunder för miljö kvalitet: Kust och hav.

Föroreningar adsorberas till stor del på finfraktionen av det partikulära material som ansamlas på ackumulationsbottnar. De tidigaste effekterna på bottenfaunan får man således på dessa bottnar. Effekterna av belastningen av organiskt material är speciellt hög i fjordar ("tröskelfjordar"), av vilka det finns ett flertal längs den svenska kusten. I dessa fjordar är nämligen vattenutbytet nedanför tröskeldjupet litet under stora delar av året vilket gynnar uppkomsten av syrgasbrist. 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 mjukbottarna i ett område bör man dock inte bara ta med ackumulationsbottnar, eftersom det kan ge en förvrängd bild. I stället måste stationerna spridas över hela området. De rörliga arterna av bottendjur flyr ofta från områden med låga syrehalter, d.v.s. det är inte enbart dödlighet som orsakar frånvaro av bottendjur i ett område.

Det krävs normalt ett färre antal provpunkter för att fastställa utbredning av olika påverkanszoner (klassning i enlighet med EG:s Ramdirektiv för vatten, 20) i en recipient, med en gradient räknad från en utsläppspunkt, än för att göra miljöbeskrivningar, artinventeringar eller för att övervaka den biologiska mångfalden i samma område (se nedan: Plats-/stationsval). I samband med undersökning av påverkanszoner behövs data från referensområden; alternativt kan historiska data användas. För detta ändamål kan data från undersökningar av kust- och skärgårdsområden inom ramen för den nationella miljöövervakningen användas, förutsatt att karteringen genomförs vid samma årstid som trendövervakningen, d.v.s. under våren. För Norrlandskustens del går det även att använda sig av den regionala miljöövervakningen. Om man vill göra en sensommarkartering för att undersöka exempelvis syreförhållandena i bottenvattnet kan emellertid inte trendmaterialet utnyttjas. I dessa fall måste referensstationerna besökas på nytt under sensommaren. När det finns historiska data (t.ex. förundersökningar gjorda inför en industrietablering) från samma årstid kan dessa möjligen användas som referens (bakgrundsvärden).

## **Statistiska aspekter**

Det behövs uppgifter om både geografiska och tidsmässiga variationer i de bottenlevande djursamhällena för att det ska vara möjligt att koppla eventuella förändringar i ett specifikt område till mänsklig (antropogen) påverkan i området. Storleken på den naturliga variationen är avgörande för möjligheterna att kunna påvisa förändringar. Om de naturliga variationerna är små ökar detta möjligheterna att dra korrekta slutsatser. Eftersom en viss del av variationen orsakas av antalet provpunkter (replikat) i kombination med antalet referensområden, är det viktigt att man vid val av provtagningsstrategi inte bygger in större variation än nödvändigt.

Ett hugg per provpunkt är det normala vid karteringar. Antalet provpunkter per stratum (se nedan: "Plats- och stationsval") är beroende av områdets storlek och heterogenitet samt hur noggrann man vill vara för att fastställa påverkansgränser. Provpunkterna fördelas slumpvis

*Handledning för miljöövervakning*

*Undersökningstyp*

*MJUKBOTTENMAKROFAUNAKARTERINGKUSTOHAV*

inom strata, alternativt kan stationerna förläggas i ett regelbundet rutnät (s.k. grid). En pilotstudie kan behöva göras för att beräkna hur många provpunkter som behövs inom varje stratum. För att få likartad procentuell säkerhet i medelvärdeskattningen för respektive stratum beräknas antalet prov per stratum ( $N_i$ ) enligt:

$$N_i = \left( \frac{CV_i}{D} \right)^2,$$

där CV är variationskoefficienten för respektive stratum och D anger önskad precision. Ett lågt D-värde är önskvärt och  $D < 0,2$  bör eftersträvas, vilket innebär att SE (standard error, medelvärdes medelfel) utgör mindre än 20 procent av medelvärdet. Tidigare har det hävdats att det för provtagning med ett hugg per provpunkt och med provpunkterna slumpvis fördelade skulle krävas ett orimligt stort antal prover för att uppnå önskad precision. Senare undersökningar har dock visat att så inte behöver vara fallet (28,18) och att denna provtagningsstrategi tvärtom har visat sig vara överlägsen (29). För att få en godtagbar säkerhet i medelvärdena vid skattning av den totala biomassan, uppdelat enbart på strata över, respektive under temperatursprångskiktet (termoklinen), torde minst 20–30 prov behöva tas inom varje stratum. Om målsättningen med undersökningen däremot är att fastställa påverkansgränser kan det räcka med 10–20 prover per stratum, eftersom man då vid analysen använder sig av hela den insamlade datamängden. Även om variationen är relativt stor mellan provpunkterna så uppvägs detta av att skillnaden mellan strata (placerade längs en föroreningsgradient, se nedan) är så mycket större – förutsatt att det finns några sådana skillnader.

### **Plats-/stationsval**

Syftet med provtagningen är avgörande för vilken provtagningsstrategi man skall använda sig av. Vid karteringar undersöks normalt hela det område som skall karteras, oavsett vattendjup, sedimentbeskaffenhet, avstånd till utsläppskälla etc. I speciella fall undersöks kanske endast vissa djupområden eller vissa botten typer. Eftersom sammansättning och individtäthet hos faunan varierar beroende på djup, sedimentbeskaffenhet, avstånd till utsläppskälla och andra faktorer, minskar variabiliteten i mätresultaten om det undersökta området delas in i delområden, bestämda av dessa faktorer. Detta kallas stratifierad provtagning och de olika delarna av det undersökta området benämns strata. Ett djup som alltid bör inkluderas som avskiljare mellan två strata är temperatursprångskiktets (termoklinens) maximala djup. I djupa områden med ett utvecklat salthaltssprångskikt (haloklin) bör detta utgöra ytterligare en gräns. Vad gäller sedimentbeskaffenhet utgår man lämpligen från en indelning i erosions-, transport- och ackumulationsbottnar. Om syftet med undersökningen dessutom är att jämföra resultaten från det aktuella undersökningsområdet med resultat från andra områden krävs dels tillgång till data från fler än ett referensområde, dels att det finns resultat från flera tillfällen (år).

Syftet med undersökningen avgör hur stratifieringen (utplaceringen av provpunkterna) bör göras. Om målsättningen är att undersöka eventuell påverkan från mänsklig verksamhet stratifieras (indelas) området efter avstånd från utsläppspunkten (förväntad påverkansgrad), botten typ och djup. Om det finns andra ändamål med karteringen, t.ex. att göra områdeskattningar, behöver man inte väga in avståndsaspekten. Huggen slumpas ut i geografiska koordinater (latitud/longitud) inom respektive botten typ och om det finns tidigare utslumpade stationer i området så bör dessa helst inkluderas.

*Handledning för miljöövervakning*

*Undersökningstyp*

*MJUKBOTTENMAKROFAUNAKARTERINGKUSTOHAV*

## Mätprogram

### Variabler

Insamlade bottendjur bestäms normalt till art. För vissa grupper, där artbegreppet är oklart, bestäms djuren till lägsta möjliga taxonomisk nivå

Vid bottenfaunaundersökningarna räknas varje taxon som två variabler, en för individtätthet (abundans) och en för biomassa (våtvikt av formalinkonserverade djur). Enligt HELCOM:s manual för miljöövervakningen i Östersjöområdet (4) rekommenderas torrsvikt och askfri torrsvikt, men den precisionsökning som detta ger försvarar inte merkostnaden för dessa variabler. Dessutom räknas den totala individtättheten och biomassan (medelvärde av summan av alla individer per m<sup>2</sup>) som egna variabler. Vid utvärderingen av resultaten kan taxa föras samman i olika grupper beroende på djurens födosätt, taxonomisk grupptillhörighet eller föroreningskänslighet. Dessa grupper utgör då nya, sekundära variabler.

Antalet taxa som erhålls i ett område/stratum utgör en variabel. Observera dock att man vid jämförelse mellan områden/strata med olika stort antal provpunkter måste räkna ut medelantalet taxa per provpunkt för att få en korrekt jämförelse. Chansen att finna sällsynta arter ökar nämligen med antalet provpunkter. Observera att man vid multivariat analys (MDS, se "Utvärdering") skall inkludera samtliga arter.

Eventuell förekomst av svavelvätelukt i sedimentet skall noteras vid provtagningen. Förekomst av det giftiga svavelvätet indikerar syrebrist i sedimentet och kan förklara frånvaron av makrofauna på sådana bottenar.

Tabell 1. Översiktstabell för variabler och tidsperioder m.m.

Område	Företeelse	Determinand (Mätvariabel)	Metodmoment	Enhet / klassade värden	Prioritet	Frekvens och tidspunkter	Referens till provtagnings- eller observationsmetodik	Referens till analysmetod	
Station	Provtagningsstillfälle	Datum och klockslag							
	Prov (olika typer av prov registreras var för sig)	Area (d.v.s area som skärs ut av bottenhuggaren, Huggararea)		cm <sup>2</sup>	1	Före och efter varje provtagningsperiod			
		Volym		liter	1	Årligen, våren			
		Djup till botten		m					
	Arter eller andra Taxa av Bottenfauna	Antal i prov	<i>Exempelvis:</i> Säll, maskvidd 1x1 mm			1	Årligen, våren	6, 8	6, 8
		Biomassa i prov, Våtvikt			g	1	Årligen, våren	6, 8	6, 8
	Taxa	Antal				1	Årligen, våren	6, 8	6, 8
Dominerande Arter av Bottenfauna	Antal (av varje storleksklass)				2	Årligen, våren	6	6	

Handledning för miljöövervakning

Undersökningstyp

MJUKBOTTENMAKROFAUNAKARTERINGKUSTOHAV

Område	Företeelse	Determinand (Mätvariabel)	Metodmoment	Enhet / klassade värden	Prioritet	Frekvens och tidpunkter	Referens till provtagnings- eller observationsmetodik	Referens till analysmetod
	Botten-substrat	Sedimentlukt	<i>Huggar- eller hämtartyp registreras för varje prov</i>	Svavelväte Ingen lukt	1	Årligen, våren	6, 8	
		Sedimentfärg		<b>Enl Munsell-systemet</b>	2			9
		Sedimenttyp <sup>1</sup>			1			6
		Kornstorlek		% för varje mätt fraktion	2			1
		Redoxpotential (på olika djup i sedimentet)		mV	2			2
		Vattenhalt		%	1			2,11
		Glödningsförlust		%	1			2,11
	Vatten	Våghöjd	Uppskattat värde	m	1	Årligen, våren	6	
		O2-halt		ml/l				12
		Temperatur		Cel (°C)				
		Salinitet		PSU				13
	Luft	Vindriktning (16-gradig skala)		N, NNE, NE, ENE, E o.s.v.	1	Årligen, våren	6	
		Vindhastighet		m/s	1			Årligen, våren
Del-område (värden för flera prover, "strata")	<b>Arter eller lägsta taxonomisk nivå av Bottenfauna</b>	Antal individer		/m <sup>2</sup>	2			
		Biomassa, Våtvikt		g/m <sup>2</sup>	2			

Bottensubstratet har stor betydelse för djursamhällenas 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 (provvolym) är en grov men användbar klassificering av sedimentets hårdhet. Denna variabel bör alltid föras in i databasen för att eventuellt utvärderas om sammansättningen av djursamhällena 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.

<sup>1</sup> Anges med fri text, t ex sandblandad lera, mjuk laminerad gyttjig lera, varvig styv lera med sand och grus – eller om möjligt med de begrepp som finns i (7).. För att det inte ska råda minsta tvivel om vilken kornstorleksskala som används kan man i databasen ange t.ex. grus som "Grus (2-60 mm)".

Storleksfördelningen hos 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 könsmogna 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 fristående variabel för att uppskatta dödligheten för en eller flera åldersklasser. Graden av dödlighet i ett djursamhälle kan visa på effekter av toxiska substanser.

### **Frekvens och tidpunkter**

Traditionellt har man samlat in bottendjur 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 bottarna. Våren är att föredra av praktiska skäl (mer gynnsamma vind-, temperatur- och isförhållanden). Observera dock att den meteorologiska våren inträffar vid olika tidpunkter i olika havsområden – april i södra Östersjön motsvarar juni i Bottenviken.

För att fastställa om det har inträffat några förändringar i utbredningsmönster, biologisk mångfald eller produktionsförhållanden i djursamhällena på bottarna måste karteringar upprepas. Flertalet arter har en livslängd på två år eller mer, varför insamling av djur inte behöver göras oftare än en gång per år. För att fastställa förändringar i påverkanszoner i recipienter kan det räcka med provtagning vartannat år.

### **Observations-/provtagningsmetodik**

För provtagning och analys av bottenlevande makrofauna skall de metoder användas som anges i Naturvårdsverkets Recipientkontroll Vatten (8), i HELCOM:s Combine Manual (4) och i de rekommendationer som utgivits av Baltic Marine Biologists (BMB, 2). Se även (10) för relevant information om metoder för insamling och behandling av makrofauna och (27) för information om övervakning av makrofauna vid punktkällor. För de rutiner som följs vid provtagning och analys av bottenfauna inom det nationella programmet finns vid Umeå Marina Forskningscentrum (UMF) en detaljerad beskrivning av *Makrofauna : metodbeskrivning för provtagning och analys av mjukbottenlevande bentiska makrovertebrater i marin miljö* (6). Dessutom har en ISO-standard utarbetats (5). Se också rapporten *Kvalitetssäkring av data från mjukbottenfaunaundersökningar inom miljöövervakningen* (1).

### **Utrustningslista**

En utrustningslista återfinns i Recipientkontroll Vatten – Metodbeskrivningar (8).

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

Se de referenser som ges under "Observations-/provtagningsmetodik".

### **Fältprotokoll**

Exempel på fältprotokoll återfinns i bilaga 1.

### **Bakgrundsinformation**

Vid karteringar som syftar till att fastställa påverkanszoner från mänsklig verksamhet måste referensdata om mjukbottenfauna finns tillgängliga vid analysen. Data från regionala referensområden är lämpliga för sådana ändamål, förutsatt att de är insamlade under samma årstid som den aktuella undersökningen.

I samband med bottenfaunaundersökningar bör sedimentets basegenskaper bestämmas (se undersökningstypen **Sediment - basundersökning**, 7).

För att kunna tolka resultaten är det 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 i 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, genom internkontroller på laboratoriet, genom att i utvärderingsarbetet identifiera värden som starkt avviker från de förväntade (se ovan), samt genom att delta i nationella och internationella interkalibreringar, kvalitetssäkrar man sitt undersökningsarbete (1).

För val av kriterier för stationslokalisering, sedimentbeskrivningar, val av kriterier för godkänt prov, sållningsprocedur, vägningsprocedurer etc. är det av stort värde att fortlöpande kunna lita till kunnig personal och tillse att kontinuiteten hos personalen är god.

Den personal som samlar in proven i fält skall vara van vid navigation, van vid att hantera provtagningsutrustningen och van vid att bedöma sedimentbeskaffenhet. Utplockning och grovsortering av djuren på laboratorium kan göras efter enkla instruktioner. 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, som är väl förtrodda med den nödvändiga bestämningslitteraturen och kan identifiera de olika arterna.

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

Internkontroller av hur tillförlitlig artbestämningen är kan göras genom att man sparar sållresterna och låter någon annan person än den som sorterat gå igenom resterna. Alternativt kontrolleras hela provet, djuren räknas och återförs därefter till sållresterna, 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 (21). 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

*Handledning för miljöövervakning*

*Undersökningstyp*

*MJUKBOTTENMAKROFAUNAKARTERINGKUSTOHAV*

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 (t.ex. alla som arbetar i 1–Bottenviken, 2–Bottenhavet, 3–Norra och mellersta Egentliga Östersjön, samt 4– Södra Egentliga Östersjön). Dessutom måste interkalibreringar göras mellan de svenska och utländska laboratorier som deltar i internationella övervakningsprogram, t.ex. i HELCOM:s övervakningsprogram.

## Databehandling, datavärd

Innan rådata datorlagras bör man granska undersökningsprotokollen så att all information finns med, att artbestämningen är riktig och att siffrorna verkar rimliga. Efter det att rådata lagrats jämförs lagrade data med ursprungsprotokollen för att kontrollera att allt har blivit korrekt lagrat. Till datavärden rapporteras obearbetade primärdata (t ex. antal individ av varje art per prov), men innan detta görs skall man kontrollera data med avseende på eventuell förekomst av s.k. "outliers", alltså orimliga eller misstänkt avvikande värden. Sådana värden skall kontrolleras genom att man går tillbaka till provet och gör om analysen. Om resultatet fortfarande anses tveksamt, eller om analysen inte kan göras om (t.ex. kemiska analyser gjorda i fält), skall det försees med en s.k. flagga innan rapporteringen görs till datavärden.

Alla protokoll (t.ex. fältprotokoll och sorteringsprotokoll) skall lagras på säkert sätt, förslagsvis i brandsäkert skåp. Data skall lagras i en databas, företrädesvis i en relationsdatabas (t.ex. Access) och databasen skall regelbundet säkerhetskopieras. Data skall rapporteras till datavärden enligt specificerat rapporteringsformat.

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

Datavärden kan också tillhandahålla referensdata från de nationella miljöövervakningsprogrammen. Bottenfaunadata finns åtminstone från de nationella bottenfaunaprogrammen med ett skärgårdsområde per havsområde: Biologiska data från Norrbyområdet i Bottniska viken, Asköområdet i Egentliga Östersjön, och Lysekilsområdet i Skagerrak. Dessa data skall finnas tillgängliga hos datavärden.

## Rapportering, utvärdering

Till datavärden rapporteras, som nämnts ovan, obearbetade primärdata. För rapporter till uppdragsgivare skall primärdata bearbetas statistiskt. Resultaten från de statistiska analyserna utvärderas och rimligheten i utfallet bedöms utifrån den kringinformation som finns tillgänglig. Argumentationen om resultatens tillförlitlighet skall inkludera kringinformation, om sådan finns, som kan styrka slutsatserna. För att kunna bedöma rimligheten i tolkningen krävs att bedömare har gedigna kunskaper om vilka miljökrav, vilken föroreningskänslighet och vilka naturliga variationer som gäller för olika mjukbottenlevande arter och djurgrupper. En mer detaljerad presentation av resultaten kan ges utifrån den indelning i delområden (stratifiering) som gjorts. Om totalbilden av situationen i hela området är av intresse skall även de sammanvägda resultaten från samtliga strata presenteras. För varje enskilt stratum skall således medelvärden och ett 95-procentigt konfidensintervall presenteras för:

*Handledning för miljöövervakning*

*Undersökningstyp*

*MJUKBOTTENMAKROFAUNAKARTERINGKUSTOHAV*



- individtäthet och biomassa per m<sup>2</sup>, taxon eller gruppvis (för de viktigaste grupperna),
- total individtäthet och total biomassa per m<sup>2</sup>,
- antal arter (totalt per stratum/område och medelantal per hugg).

Olika arter/taxa är olika känsliga för föroreningar och kan indelas i olika grupper efter föroreningskänslighet (23). Resultaten bör utvärderas mot bakgrund av denna kunskap och kan åskådliggöras i form av kartor, där utbredningen av respektive organismgrupp redovisas. Vid utvärderingen bör ovan nämnda bakgrundsinformation samt kunskaper om den naturliga variationen hos bottenfaunasamhällena användas.

Vid hög geografisk upplösning av stationsnät (tätt stationsnät) kan utbredningskartor för enskilda arter, individtäthet och/eller biomassa presenteras, med konturplottning baserad på lämplig utjämningsfunktion. Motsvarande kartor baserade på MDS-ordinationens 1:a dimension (se "Utvärdering") kan presenteras för att åskådliggöra eventuell zonerings i påverkansgrad inom det undersökta området.

Om data finns från tidigare provtagningar skall även tidsutvecklingen presenteras i diagramform (stapel- eller kurvdiagram med spridningsmått inlagda) för relevanta strata och för hela området.

För att bestämma påverkanszoner enligt EG:s Ramdirektiv för vatten (20) krävs fungerande bedömningsgrunder baserade på arternas känslighet för föroreningar. Arbete med att ta fram sådana bedömningsgrunder pågår men innan det finns sådana som är gemensamma för de omgivande kuststaterna kan de som finns publicerade användas (23). För att redovisa resultaten i kartform, med färgläggning i enlighet med vad som anges i Vattendirektivet, kan man använda ett program som inter- och extrapolerar samt ritar kartor med konturplottar (konturplottar för enskilda arter, grupper av arter samt för beräknade index), t.ex. SURFER.

En mer fullständig analys inkluderar samtliga arter och deras individtäthet i en multivariat analys (MDS, Multi Dimensional Scaling, se 17). För detta ändamål beräknas en "disimilarity"-matris enligt (15) utifrån fjärderot-transformerade värden för individtäthet för samtliga arter och stationer. Även biomassadata kan användas. Det finns särskild programvara att tillgå för beräkning och ordination av den här typen av data (26,17). Ordinationen i MDS-analysen roteras för att placera "de mest påverkade stationerna" (förutsatt att dessa skiljer ut sig från övriga i analysen) till vänster i figuren samt centreras med avseende på dimension 2. På så sätt garanteras att eventuell föroreningsgradient fångas upp av den första dimensionen i ordinationen. De enskilda stationernas värden för dimension 1 förs sedan över till en tabell med stationskoordinaterna. Genom att göra en konturplott för området utifrån de justerade värdena för dimension 1 får man en mera komplett bild av förändringarna av djursamhällena i området, jämfört med om man hade använt den totala individtätheten eller den totala biomassan.

För att fastställa om det mellan karteringstillfällena har skett några förändringar i individtäthet och biomassa skall data bearbetas statistiskt. Precisionen i områdesmedelvärdet erhålles genom att beräkna ett 95-procentigt konfidensintervall kring medelvärdet. Beräkningen av spridningsmått för hela området baserat på stratifierad provtagning finns redovisad i (19). I det fall karteringen syftar till en områdesskattning används ANOVA eller motsvarande test för total individtäthet och biomassa, samt för de dominerande arterna.

De undersökta strata kan även testas statistiskt i en tvåfaktors ANOVA med område och stratum som faktorer. I de fall man inte kan få fram en homogen variation efter relevant

*Handledning för miljöövervakning*

*Undersökningstyp*

*MJUKBOTTENMAKROFAUNAKARTERINGKUSTOHAV*

transformering används icke-parametriska tester som t.ex. Mann-Whitney U-test eller Wilcoxon signed-rank test (16). Eftersom ett flertal tester kan behövas för den icke-parametriska analysen, skall signifikansgränsen justeras för antalet test som görs genom att dividera signifikansgränsen med antalet test.

Utöver den beskrivna proceduren med traditionell ANOVA finns även en annan metod beskriven. Den rör analys av rumsliga data och kallas partiellt Mantel-test (24,22). En sådan analys kan användas för att avgöra utsläppens påverkan på bottenfaunasamhället samt för att avgöra om ändrade utsläppsförhållanden återspeglas i tillståndet för bottenfaunan. För denna analys behövs, förutom bottenfaunadata från flera tillfällen (år), koordinaterna för respektive stratum samt data om avstånd till utsläppskällan, djup, omvärld, samt förändringar i utsläppsförhållanden. För att kunna använda de enskilda stationerna i analysen krävs att flera prov tas vid varje provpunkt (station). Om prov endast har tagits vid en punkt per position skall varje stratum hanteras som ett stickprov, vilket innebär att precisionen i analysen blir sämre.

## **Kostnadsuppskattning**

### ***Fasta kostnader***

Materiel- och resekostnaderna beräknades i januari 2002 uppgå till ca 600 kr per hugg (fartygskostnader, utvärderingskostnader och förvaltningspåslag ej inräknat).

### ***Analyskostnader***

Analyskostnaderna (exkl. provtagnings- och databehandlingskostnader) beräknades i januari 2002 till 700–1 300 kr per prov, beroende på provets beskaffenhet.

### ***Tidsåtgång***

I genomsnitt krävs 5–10 mantimmars arbetstid (fr.o.m. provtagning t.o.m. datainlagring) för varje prov av mjukbottenlevande makrofauna (taget med 0,1 m<sup>2</sup> van Veen-huggare).

## **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 bottenfaunastationerna. Man skall inte heller sätta ut sedimentationsfällor under den tid då bottenprovtagningen äger rum.

För närvarande pågår det inom EU ett flertal nationella och internationella projekt för utarbetande av bedömningsgrunder för EG:s vattendirektiv (20). Resultaten från dessa projekt kan komma att påverka det framtida utseendet på undersökningstypen om kartering av mjukbottenlevande makrofauna.

## Kontaktperson

Programområdesansvarig, Havs- och vattenmyndigheten:

Karl Norling  
Enheten för miljöövervakning  
Havs- och vattenmyndigheten  
Tfn: 010 – 698 6138  
E-post: karl.norling@havochvatten.se

## Referenser

### Metodreferenslista

1. Cederwall, H. 2002. Kvalitetssäkring av data från mjukbottenfaunaundersökningar inom miljöövervakningen. Miljöövervakningen, Länsstyrelsen i Blekinge län.  
[http://www.naturvardsverket.se/upload/02\\_tillstandet\\_i\\_miljon/miljoovervakning/rappor/rter/hav/mjukbfauna.pdf](http://www.naturvardsverket.se/upload/02_tillstandet_i_miljon/miljoovervakning/rappor/rter/hav/mjukbfauna.pdf)  
[http://www5.k.lst.se/version1/miljo/miljoovo/pdf/Kvalitetssakring\\_mjukbottenfauna.pdf](http://www5.k.lst.se/version1/miljo/miljoovo/pdf/Kvalitetssakring_mjukbottenfauna.pdf)
2. Dybern, B. I., H. Ackefors & R. Elmgren. 1976. Recommendations on methods for marine biological studies in the Baltic Sea. Publication / The Baltic Marine Biologists - BMB 1, 98 s. *Sidorna 35-50 finns tillgängliga som pdf-dokument:*  
[http://www.naturvardsverket.se/upload/02\\_tillstandet\\_i\\_miljon/miljoovervakning/undersokn\\_typ/hav/bmb1\\_section4.pdf](http://www.naturvardsverket.se/upload/02_tillstandet_i_miljon/miljoovervakning/undersokn_typ/hav/bmb1_section4.pdf)
3. Eleftheriou, A.. & A. McIntyre 2005. Methods for the Study of Marine Benthos. 3. ed. Blackwell, Oxford & Cambridge.
4. HELCOM, 2002. Manual for the Marine Monitoring in the COMBINE Programme of HELCOM.  
<http://sea.helcom.fi/Monas/CombineManual2/CombineHome.htm>
5. ISO 16665, 2005. Water quality – Guidelines for quantitative sampling and sample processing of marine soft-bottom macrofauna. ISO
6. Leonardsson, K. 2004. Makrofauna : metodbeskrivning för provtagning och analys av mjukbottenlevande bentiska evertebrater i marin miljö. Umeå Marina Forskningscentrum, Umeå universitet. 26 pp.  
[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)
7. Leonardsson, K. 2005. Sediment – basundersökning (Undersökningstyp). Naturvårdsverket  
[http://www.naturvardsverket.se/upload/02\\_tillstandet\\_i\\_miljon/miljoovervakning/undersokn\\_typ/hav/sediment\\_bas.pdf](http://www.naturvardsverket.se/upload/02_tillstandet_i_miljon/miljoovervakning/undersokn_typ/hav/sediment_bas.pdf)

*Handledning för miljöövervakning  
Undersökningstyp*

*MJUKBOTTENMAKROFAUNAKARTERINGKUSTOHAV*

8. Naturvårdsverket, 1986. Recipientkontroll vatten : metodbeskrivningar Del 1. Undersökningsmetoder för basprogram. (Rapport / Naturvårdsverket 3108)
9. Rock-Color Chart Committee 1995. Rock-color chart. – Boulder Colo.. [Distributed by] Geological Society of America
10. Rumohr, H. 1990. Soft bottom macrofauna: collection and treatment of samples. ICES (Techniques in Marine Environmental Sciences No 8), 18 pp.
11. SIS 1981. Vattenundersökningar. Bestämning av torrs substans och glödgningsrest i vatten, slam och sediment. SS 028113.
12. SIS 1993. Vattenundersökningar. Bestämning av halten löst syre – jodometrisk metod. SS-EN 25813.
13. SIS 1994. Vattenundersökningar. Bestämning av konduktivitet (ISO 7888, 1985). SS-EN 27888.

### ***Rekommenderad litteratur***

14. Australian Journal of Ecology. 1993. 18:1-. **Temanummer om marin miljöövervakning, strategier, statistik, för- och nackdelar med olika typer av organismgrupper.**
15. Bray, J.R., & J.T. Curtis. 1957. An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. Ecol. Monogr. 27: 325-349.
16. Clarke, G. M. 1994. Statistics and experimental design. Edward Arnold, London, 208 s.
17. Clarke, K.R. 1993. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. Australian Journal of Ecology. 18:117-143.
18. Cuff, W. & N. Coleman. 1979. Optimal survey design: Lessons from a stratified random sample of macrobenthos. J. Fish. Res. Board Can. 36, 351-361.
19. Cochran, W.G. 1977. Sampling techniques. Wiley International Edition.
20. EG, 2000. Europaparlamentets och Rådets direktiv 2000/60/EG av den 23 oktober 2000 om upprättande av en ram för gemenskapens åtgärder på vattenpolitikens område. Europeiska gemenskapernas officiella tidning L 327, 1-72.
21. HELCOM, 1990. Third Biological Intercalibration Workshop. 27-31 August 1990. Visby, Sweden. Baltic Sea environment proceedings 38, 153 s.
22. Legendre, P. 1993. Spatial autocorrelation: trouble or new paradigm. Ecology 74: 1659-1673.
23. 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.
24. Mantel, N. 1967. The detection of disease clustering and a generalized regression approach. Cancer Research 27: 209-220.

25. Pearson, T.H. & R. Rosenberg. 1978. Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanogr. mar. Biol. ann. Rev.* 16:229-311.
26. PRIMER. 1996. A statistical tool for analysis of marine benthos data. Marine Biological Laboratory, Plymouth, UK. (K.R. Clarke & M. Carr).
27. Rees, H.L., Heip, C., Vincx, M. & Parker, M.M. 1991. Benthic communities: use in monitoring point-source discharges. ICES. (Techniques in Marine Environmental Sciences No 16), 70 pp.
28. Saila, S. B., R. A. Pikanowski & D. S. Vaughan. 1976. Optimum allocation strategies for sampling benthos in the New York Bight. *Estuarine Coastal Mar. Sci.* 4, 119-128.
29. 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.
30. Warwick, R.M. 1988. The level of taxonomic discrimination required to detect pollution effects on marine benthic communities. *Mar. Pollut. Bull.*, 19: 259-268.

## **Uppdateringar, versionshantering**

Arbetsmaterial, 1997-06-13

Version 1:1, 2006-02-20.

Version 1:2, 2016-12-08. Uppdatering med HaV-logotyp och korrigerade kontaktpersoner.

**Bilaga 1: Fältprotokoll. Nationell miljöövervakning. Bottenfauna**

Station nr: ..... Datum (Å-M-D): ..... Kl (GMT): .....  
 Fartyg: ..... Ankrat: Ja ..... Nej ..... Exp.led. (collector): .....  
 Latitud N: ..... ° ..... Enslinjer anv: Ja ..... Nej ..... Djup: ..... m  
 Longitud O: ..... ° ..... Gradnät: ..... Pos.system: .....

Vindriktning: ..... Vindhastighet: ..... m/s Våghöjd: ..... m

Bottenvatten: Temp: ..... °C Salthalt: flasknr: ..... mätvärde: ..... PSU  
 Syrgashalt: flasknr: ..... mätvärde: ..... mg/l  
 flasknr: ..... mätvärde: ..... mg/l

Sedimentbeskrivning:	Eh (mV)	Sedimentfärg (kod)
Mud	Very soft	0 + cm
<b>Gyttja</b> .....	<b>Mycket mjuk</b> .....	
Clayey mud	Soft	
<b>Lerig gyttja</b> .....	<b>Mjuk</b> .....	
Muddy clay	Rather stiff	1 +
<b>Gyttjig lera</b> .....	<b>Ganska styv</b> .....	
Clay	Stiff	
<b>Lera</b> .....	<b>Styv</b> .....	
Silty clay	Very stiff	2 +
<b>Lera med inslag av silt</b> .....	<b>Mycket styv</b> .....	
Silt		
<b>Silt</b> .....		
Sandy silt	Varved	3 +
<b>Silt med inslag av sand</b> .....	<b>Varvig</b> .....	
Sandy clay	Laminated	
<b>Sandig lera</b> .....	<b>Laminerad (skiktad)</b> .....	
Clayey sand		4 +
<b>Lerig sand</b> .....		
Fine sand	Well sorted	
<b>Fin sand</b> .....	<b>Väl sorterad</b> .....	
Coarse sand	Medium sorted,	5 +
<b>Grov sand</b> .....	<b>Sorterad</b> .....	
Gravel	Unsorted	
<b>Grus (2-60 mm)</b> .....	<b>Osorterat</b> .....	
Stones		6 +
<b>Stenar (&gt;6 cm)</b> .....		
Concretions		
Konkretioner		
		7 +
Svavelvätelukt: Ja ..... Nej .....		

Handledning för miljöövervakning

Undersökningstyp

MJUKBOTTENMAKROFAUNAKARTERINGKUSTOHAV

Vattenhalt 1: .....	%	8	+
Vattenhalt 2: .....	%	9	+
Glödförlust 1: .....	%		
Glödförlust 2: .....	%	10	+

Övriga observationer:

<i>Redskap</i> *	!	<i>vattenprov</i>	!	<i>vattenhalt</i>	!	<i>sedim.färg</i>	!	<i>Eh i sed.</i>	!	<i>benthos</i>	!
Bottenvattenhämtare	!	.....	!	.....	!	.....	!	.....	!	.....	!
Kajak corer, <b>Kajakhämtare</b>	!	.....	!	.....	!	.....	!	.....	!	.....	!
Meiofauna corer	!	.....	!	.....	!	.....	!	.....	!	.....	!
<b>Meiofaunahämtare</b>	!	.....	!	.....	!	.....	!	.....	!	.....	!
Van Veen-huggare	!	.....	!	.....	!	.....	!	.....	!	.....	!
.....	!	.....	!	.....	!	.....	!	.....	!	.....	!

Huggarnr: ..... Huggaryta:

Provvolyt (liter): 1: ..... 2: ..... 3: ..... 4: ..... 5: .....

\* I redskapstabellerna ifylls hur många prov som tagits med respektive redskap