

Aqua reports 2021:14

Tätheten av av sjöpennor i skyddade och bottentrålade områden i Skagerrak och Kattegatt

- Förslag till övervakningsprogram för epifaunans status

Mattias Sköld, Emil Ren, Patrik Jonsson, Anders Wernbo, Andreas Wikström och Håkan Wennhage



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Institutionen för akvatiska resurser

Tätheter av sjöpennor i skyddade och bottentrålade områden i Skagerrak och Kattegatt

– Förslag till övervakningsprogram för epifaunans status

Mattias Sköld	Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Institutionen för akvatiska resurser
Emil Ren	Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Institutionen för akvatiska resurser
Patrik Jonsson	Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Institutionen för akvatiska resurser
Anders Wernbo	Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Institutionen för akvatiska resurser
Andreas Wikström	Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Institutionen för akvatiska resurser
Håkan Wennhage	Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Institutionen för akvatiska resurser

Rapportens innehåll har granskats av:

Göran Sundblad, Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Institutionen för akvatiska resurser, Sötvattenslaboratoriet Drottningholm

Patrik Kraufvelin, Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Institutionen för akvatiska resurser, Kustlaboratoriet Öregrund

Finansiär: Havs- och vattenmyndigheten, Dnr. 1152-20 och 275-21

Rapporten har tagits fram på uppdrag av Havs- och vattenmyndigheten. Rapportförfattarna ansvarar för innehållet och slutsatserna i rapporten. Rapportens innehåll innebär inte något ställningstagande från Havs- och vattenmyndighetens sida.

Publikationsansvarig:	Noél Holmgren, Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Institutionen för akvatiska resurser
Utgivare:	Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Institutionen för akvatiska resurser
Utgivningsår:	2021
Utgivningsort:	Lysekil
Illustrationer:	Framsida: Vy från UWTV filmning av mjukbotten i skyddsområdet Bratten i Skagerrak. På bilden syns större piprensare <i>Funiculina quadrangularis</i> och den associerade piprensarormstjärnan <i>Asteronyx loveni</i> . Lasermarkörer syns som gröna streck och indikerar bredden till 80 cm Foto: SLU aqua Baksida: Svea med UWTV-släden nedsänkt från A-ramen. Foto: Mattias Sköld
Serietitel:	Aqua reports
Delnummer i serien:	2021:14
ISBN:	978-91-576-9895-7 (elektronisk version)
Nyckelord:	Sjöpennor, epifauna, bottentrålning

Sammanfattning

Livsmiljöer med mjuka bottenar med sand, silt och lera har ett rikt liv både på ytan och nere i sedimentet. I djupare miljöer där ljuset inte räcker till för fotosyntes dominerar olika djurgrupper. De organismer som lever på bottenarna brukar kallas epifauna (epi = på). På lite större djup på svenska västkusten domineras större arter av epifaunan på mjukbottenmiljöerna av kräft- och koralldjur. En del arter är relativt storväxta och kan både vara rörliga som olika arter av kräftdjur eller förankrade i sedimentet som vissa koralldjur som sjöpenner och cylinderrosor. Dessa livsmiljöer exploateras av yrkesfisket efter skaldjur och bottenlevande fiskarter med olika redskap. Särskilt mobila redskap som bottentrålar dominerar i utsjöområden och då dessa dras fram över och i kontakt med botten kan arter påverkas på olika sätt. Antingen direkt genom fysisk skada eller att de fångas, eller indirekt genom att arternas livsmiljö påverkas, sedimentet rörs upp och grumling sker eller att näringsväven och konkurrensförhållanden mellan arter förändras av bottentrålningen. Syftet med denna studie har varit att i ett antal fallstudier jämföra epifaunans artsammansättning, täthet av sjöpenner och totala abundansen av epifauna som tänkbara indikatorer för status av epifaunan på mjukbotten i Kattegatt och Skagerrak. Sjöpenner lever förankrade i sedimentet, är relativt stora och bedöms generellt som känsliga för fysisk störning. OSPAR kommissionen inkluderar också habitatet ”Seapens and burrowing megafauna communities” i sin lista över hotade arter och habitat. Metoden vi har använt för att kvantifiera epifaunan är en kameraförsedd släde som dras fram över en sträcka på havsbotten och filmar en definierad bredd; metoden kallas UWTV (UnderWater TeleVision). I båda havsområdena är olika arter av sjöpenner bland de dominerande arterna som kan analyseras med denna metod, men fördelningen av arter av sjöpenner skiljer sig åt mellan havsområden och djup. I samtliga fallstudier är också den totala abundansen av epifaunan (alla taxa inräknade) högre i skyddade områden jämfört med närliggande jämförbara områden som bottentrålar. Resultaten antyder också att olika arter av epifauna har olika känslighet för påverkan från bottentrålning och störst skillnad fanns för den stora piprensaren *Funiculina quadrangularis* som återfanns i cirka 8 gånger högre täthet i de skyddade områdena i det djupa området Bratten jämfört med närliggande trålade områden i Bratten. I Kattegatt och kustnära i Skagerrak dominerade sjöpenner mindre piprensare *Virgularia* spp. och sjöfjäder *Pennatula phosphorea* med endast enstaka observationer av andra arter av sjöpenner. I dessa grundare områden förekom *P. phosphorea*, men inte *Virgularia* spp., med lägre abundans i trålade jämfört med skyddade områden i Kattegatt. Motsvarande trend kunde ses, men inte lika tydligt i Skagerraks kustområden. Jämförelserna mellan skyddade och bottentrålade områden bekräftar tidigare beskrivna mönster om att känsligheten för fysisk störning från bottentrålning är störst för de storväxta arterna av sjöpenner medan de mindre arterna är mindre känsliga. Resultaten från studierna av epifaunan visar sammanfattningsvis att fysisk störning från bottentrålning har effekter på denna grupp av organismer och att effekterna kan övervakas kvantitativt med metodiken videofilmning med en kamerautrustad släde.

En bra miljöövervakning i större skala som Skagerrak, Kattegatt eller Nordsjön i enlighet med Havsmiljödirektivets avgränsning, förutsätter också en god rumslig täckning. En miljöövervakning av status av bevarandevärden i marina skyddsområden förutsätter å andra sidan högre upplösning på provtagningar i avgränsade områden. Vi visar i denna rapport att det för epifaunan finns goda möjligheter att kombinera information som fås från övervakningen som primärt görs för bohålor av havskräfta med undersökningar som görs i marina skyddsområden primärt för biologisk mångfald med avseende på epifaunan. Provtagningarna i de marina skyddsområdena bidrar särskilt till övervakning i det storskaliga perspektivet genom att tillföra information från områden som är opåverkade av bottentrålning.

Baserat på ovanstående resonemang föreslår vi ett långsiktigt övervakningsprogram enligt följande:

- Metodik och indelning i taxa som övervakas följer beskrivningar för UWTV med transekter med en yta av cirka 150 m².
- En databas upprättas med standardisering och kvalitetssäkringsrutiner med utgångspunkt i resultaten från denna rapport.
- Havsområdesövervakning i Skagerrak och Kattegatt utförs årligen med epifaunaanalyser av insamlat material från den så kallade UWTV survey som genomförs samordnat av ICES och inom EU:s Data Collection Framework (DCF).
- Uppföljning av fiskeregleringar i marina skyddsområden med fokus på epifauna genomförs med motsvarande metodik. Dessa omfattar kontrasterande studier med fasta stationer som redovisas för Natura 2000-området Bratten i denna rapport men, omfattar också Natura 2000-områdena Lilla Middelgrund, Stora Middelgrund och Röde bank samt Koster-Väderöfjordens Natura 2000 område med Kosterhavets nationalpark.
- Utvärderingar av epifaunans status bygger på båda programmen, dvs. både på havsområdesskalan och på den lokala skalan av enskilda skyddsområden.

Nyckelord: Sjöpennor, Epifauna, Bottentrålning

Abstract

Habitats with soft bottoms with sand, silt and clay have a rich life both on the surface and down in the sediment. In deeper environments where light limit photosynthesis, different groups of animals dominate. The organisms that live on the bottoms are usually called epifauna (epi = on). At greater depth on the Swedish west coast, the epifauna on the soft bottom environments is dominated by crustaceans and soft corals. Some species are relatively large and can be both mobile like crustaceans, or anchored in the sediment like seapens. These habitats are heavily fished for Norway lobster *Nephrops norvegicus* and demersal fish species using various gear. Particularly mobile gear such as bottom trawls dominate in offshore areas and when these are pulled over and in contact with the seafloor, species can be affected in various ways either directly by physical disturbance or being caught in the nets, or indirectly by disturbance of the habitat, resuspension of the sediment or via the food web and changing competition between species. The purpose of this study is to compare in a number of case studies the species composition, the abundance of seapens and the total abundance of epifauna as possible indicators of the status of epifauna on soft bottoms in the Kattegat and Skagerrak. Seapens are anchored in the sediment, are relatively large and are generally considered to be susceptible to physical disturbance. The OSPAR Commission also includes the habitat "Seapens and burrowing megafauna communities" in its list of threatened and declining species and habitats. The method we have used to quantify the epifauna is a camera-equipped sledge that is pulled over a stretch on the seabed and films a defined width; the method is called UWTV (UnderWater TeleVision). The distribution of species of seapens differs between sea areas and depths. In all areas, different species of seapens are among the dominant species analyzed using this method. In all case studies, the total abundance of the epifauna is also higher in protected areas compared to nearby comparable areas that are fished by bottom trawling. The results also indicate different sensitivity of the epifauna to the disturbance bottom trawling and the largest impact is found for the large seapen *Funiculina quadrangularis* which was found in about 8 times higher density in the protected zones in the deep Marine Protected Area (MPA) Bratten compared to nearby trawled areas in the Bratten. In the Kattegat and the coastal Skagerrak, the seapens *Virgularia* spp. and *Pennatula phosphorea* dominated with only occasional observations of other species of seapens. In these shallower areas, *P. phosphorea* showed statistical differences with lower abundance in trawled compared to protected areas in the Kattegat but not *Virgularia* spp. The comparisons between protected and bottom trawled areas confirm previously described patterns that the

sensitivity to physical disturbance from bottom trawling is greatest for large species of seapens while the smaller species are less sensitive.

Results from the studies of the epifauna show in summary that effects can be linked to the impact of physical disturbance of the seabed from bottom trawling and can be monitored quantitatively with the proven UWTV methodology which involves video filming with a camera-equipped sled. These are important prerequisites for environmental monitoring and choice of indicators. Monitoring on a larger scale, such as the Skagerrak and Kattegat or the North Sea, also demand good spatial coverage. On the other hand, monitoring of the status of conservation values in MPA:s calls for higher resolution of sampling in delimited areas, but also comparable control areas and opportunities for comparisons with the general development of the epifauna in a sea area. Monitoring epifauna as a combination of the annual surveys that are done for estimating burrows for Norway lobster *Nephrops norvegicus* and analyzing the epifauna from this films, and the proposed monitoring programs for epifauna in MPA:s, and thus meet the requirements for both coverage and resolution. The MPA:s also contribute with sampling in the large-scale perspective by adding information from areas unaffected by bottom trawling. In the perspective of the monitoring of MPA:s, the large-scale monitoring in turn provides information on the general development in the sea area.

Based on the above conclusions, we propose a long-term monitoring program as follows:

- Methodology and standardization of taxa that are monitored follow descriptions for this report and for UWTV with transects covering an area of approximately 150 m².
- A database is established with standardization and quality assurance routines based on results and data analyzed in this report.
- Monitoring in the Skagerrak and Kattegat is performed annually with analyzes of collected material from the so-called UWTV survey coordinated by ICES within the EU Data Collection Framework.
- Monitoring of fisheries regulations in MPA:s with a focus on epifauna is carried out using the corresponding methodology. These include contrasting studies with fixed sampling stations the Natura 2000 area Bratten (this report), but also include the Natura 2000 areas Lilla Middelgrund, Stora Middelgrund and Röde bank as well as the Koster-Våderöfjordens Natura 2000 area including the Kosterhavets national park. The proposal means that these areas are monitored in a recurrent program every three years.
- Evaluations of the status of the epifauna are based on both programs, i.e. both on the sea scale and on the local scale of individual MPA:s.

Key words: Seapens, Epifauna, Bottom trawling

Innehållsförteckning

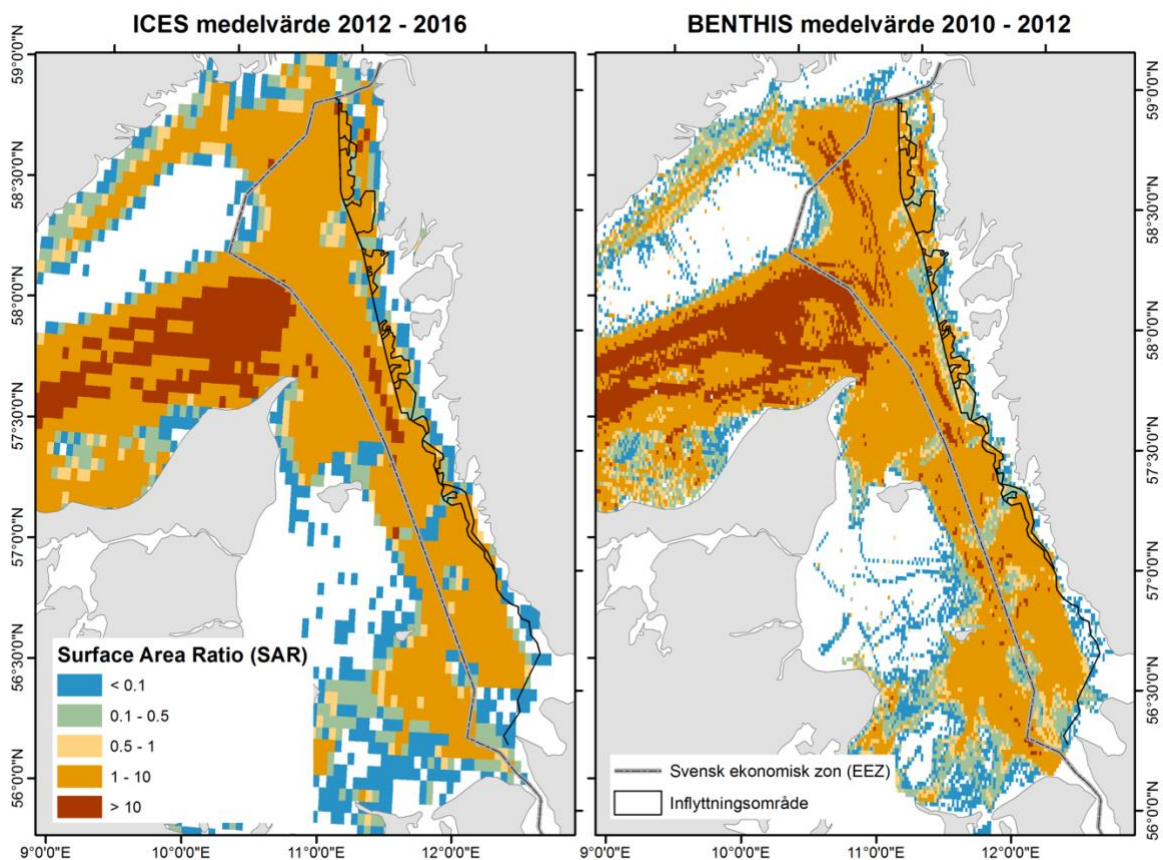
1. Inledning	6
2. Upplägg	11
3. Material och metoder	12
3.1. Fartyg	12
3.2. Bildkvalitet och teknik.....	12
3.3. Observation av arter och standardisering av taxa för kvantitativa analyser av epifauna 17	
3.4. Statistiska analyser	18
4. Resultat och diskussion	20
4.1. Arter och taxa vid UWTV-undersökningar i Kattegatt och Skagerrak.....	20
4.2. Epifauna i trålade områden jämfört med det fiskefria området i Kattegatt	22
4.3. Epifauna i trålade områden jämfört med fiskefria zoner i Bratten, Skagerrak	28
4.4. Epifauna i trålade områden jämfört med områden fiskade med burar i mellersta Bohuslän 36	
4.5. Videoundersökning av bohålor för havskräfta i Skagerrak och Kattegatt.....	40
5. Sammanfattande diskussion, slutsatser och rekommendationer	45
6. Referenser	49
Tack 52	
Bilaga . Instruktioner för videoanalysprogrammet BORIS	53

1. Inledning

Under ytan i Skagerrak och Kattegatt består stora arealer av bottarna av lera med inblandningar av silt och sand. I dessa områden bedrivs omfattande fiske med bottentrålar där målarterna är räka, havskräfta och fisk (Figur 1). Havskräftan är en karaktärsart och en av de viktigaste målarterna för fisket som bedrivs i Skagerrak och Kattegatt. Habitatet ”Sjöpenor och grävande megafauna” finns med i bevarandeplaner för flera svenska marina skyddsområden som Bratten, Kosterhavet och utsjöbankarna i Kattegatt. OSPAR kommissionen inkluderar också habitatet ”Seapens and burrowing megafauna communities” i sin lista över hotade arter och habitat (Threatened and/or declining species and habitats, OSPAR 2010).

OSPAR har definierat habitatet enligt följande:

Plains of fine mud, at water depths ranging from 15–200 m or more, which are heavily bioturbated by burrowing megafauna; burrows and mounds may form a prominent feature of the sediment surface with conspicuous populations of seapens, typically *Virgularia mirabilis* and *Pennatula phosphorea*. The burrowing crustaceans present may include *Nephrops norvegicus*, *Calocaris macandreae* or *Callianassa subterranea*. In the deeper fjordic lochs which are protected by an entrance sill, the tall sea-pen *Funiculina quadrangularis* may also be present. The burrowing activity of megafauna creates a complex habitat, providing deep oxygen penetration. This habitat occurs extensively in sheltered basins of fjords, sea lochs, voes and in deeper offshore waters such as the North Sea and Irish Sea basins and the Bay of Biscay. (OSPAR 2010).



Figur 1. Medeltrålningsintensitet per år (ytlig penetration <math>< 2\text{ cm}</math>) för Skagerrak och Kattegatt. Intensiteten är beräknad från VMS och loggböcker för alla bottentrålare. Vänster bild visar ICES sammanställning för alla länders fiske (gridcell 3 X 3 minuter), höger bild utgör motsvarande sammanställning med högre upplösning (gridcell 1 X 1 minuter) och är baserad på interpolerade trålspar (från Sköld m.fl. 2018).

Övervakning och dokumentation av detta habitat och de ingående arterna kan göras på olika sätt och varje metod har sina för- och nackdelar. Historiskt sett har olika håvförsedda skrapor eller bottenhuggare använts för att provta sedimentbottenarna. Detta har fördelen att arter kan bestämmas mer precis genom att analyseras på laboratorium för detaljer. Bottenhuggare är också idag den metod som används huvudsakligen i miljöövervakning av makrofauna dvs. den fraktion av bottenlevande organismer som behålls efter att sediment sållats över vanligen 1 mm såll (Havs- och vattenmyndigheten 2016). De karaktäristiska arterna för habitatet ”Sjöpennor och grävande megafauna” är dock större organismer som inte kan samlas in på ett representativt och kvantitativt sätt med bottenhuggare då de har för glesa förekomster. Håvförsedda skrapor kan hanteras så att de kvantitativt förs fram över en area på motsvarande sätt som en bottentrål. Nackdelen är att metoden är destruktiv för organismerna och mycket arbets- och kostsam, särskilt om behov finns att samla in många stickprov för att beskriva ett område och dess utveckling

över tid. Kamerabaserade metoder har utvecklats de senaste åren och med bättre upplösning, teknik och moderna forskningsfartyg har det blivit en standard för flera kvantitativa undersökningstyper t.ex. beståndsuppskattningar av havskräfta. Fördelen med dessa metoder är att de relativt sett kan samla in mycket information om förekomst av olika organismer som syns på filmerna och att arealen på den filmade ytan kan definieras och anpassas till den övervakning som är av intresse, t.ex. större organismer som sjöpennor, kräftdjur och tagghudingar. Nackdelen med kamerabaserade metoder är att viss artbestämning inte är möjlig om artkaraktärer är fina detaljer som kräver lupp, mikroskop eller genetiska analyser. Metoderna är också avgränsade till större organismer som huvudsakligen lever på botten och syns på filmernas utsnitt. Mobila arter som fisk och bläckfiskar lämpar sig mindre väl för denna övervakning då de kan lockas till eller skrämmas av kameror och ljus vid undersökningarna.

Denna rapport har haft som målsättning att ta fram en kvantitativ övervakningstyp för habitatet ”Sjöpennor och grävande megafauna”. Då metoder har för- och nackdelar har vi valt att avgränsa undersökningstypen till indikatorer för habitatet som kan kvantifieras med UWTV metoden, *UnderWater TeleVision* (Leocadio m.fl. 2018) dvs. en kameraförsedd släde som dras efter havsbotten och som beskrivs i kapitel 2. I korthet innebär detta också att de organismer som undersöks definieras som stationär epifauna, dvs. sådan fauna som lever huvudsakligen på sedimentytan med relativt begränsad rörlighet. Utsnittet på UWTV-metoden innebär också en avgränsning i storlek för de organismer som kan analyseras, vilket i praktiken innebär att små kräftdjur och andra små arter som lever på sedimentytan inte kan kvantifieras. Gränserna för definitionerna är en del av utmaningarna för all typ av övervakning och en viktig del i arbetet med denna rapport har varit att identifiera vilka arter eller grupper av arter (taxa) som på ett konsekvent och kvantitativt sätt kan analyseras med denna miljöövervakningstyp.

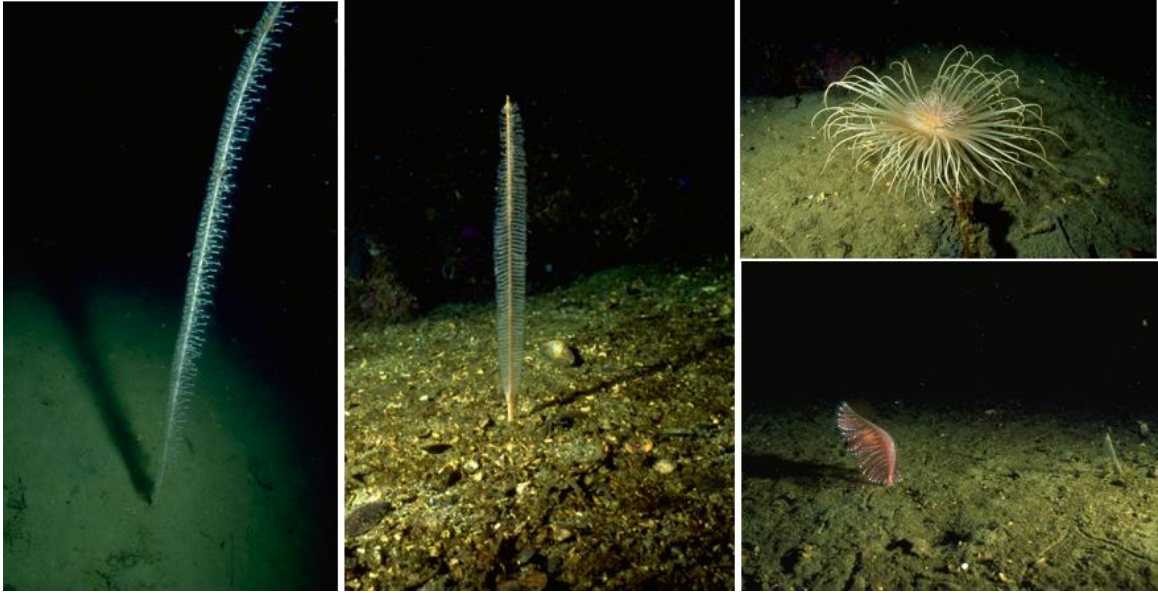
Typiska arter för habitatet är olika arter av sjöpennor Pennatulacea, som är grupp av kolonibildande koralldjur (Octocorallia). Kolonierna består av många enskilda individer (polyper) med specialiserade funktioner. Primärpolypen har en stam som fäster i sedimentet och innehåller en styv stav bestående av ett hornämne. Från de övre delarna grenar sekundära polyper ut sig som filtrerar vattenmassan på plankton. Sjöpennekolonin är huvudsakligen fastsittande men har viss förmåga att röra sig över botten och kan också pressa ut vatten ur polyperna och på så sätt kollapsa och dra sig ner i sedimentet (Barnes 1982). Sju arter av sjöpennor har dokumenterats som förekommande i Kattegatt och Skagerrak (Karlsson m.fl. 2014). De vanligaste är liten piprensare *Virgularia mirabilis* och sjöfjädern *Pennatula phosphorea*. I djupare områden och fjordområden finns också den stora

piprensaren *Funiculina quadrangularis* och Kosterpiprensaren *Kophobelemnon stelliferum* (Figur 2).

Det finns ett antal studier som visar att epifauna som sjöpenor på sedimentbottnar kan vara känsliga för fysisk störning av bottentrålning (t.ex. McConnaughey m.fl. 2000 och Greathead m.fl. 2007). Innan Gullmarsfjorden öppnades för räktrålning i en avgränsad del av fjorden 1999 gjordes en baslinjestudie med ROV-kamera och videofilmning av otrålade respektive experimentellt trålade områden. Denna undersökning upprepades 2010 och båda undersökningarna visade att i de skyddade otrålade områdena gynnades den stora piprensaren *Funiculina quadrangularis*, ormstjärnor av släktet *Ophiura* som lever ovanpå sedimentet, små plattfiskar, sjöborrar, simkrabbor och eremitkräftor. Endast en djurgrupp, rörbyggande havsborstmaskar antydde en ökning i trålade områden (Jonsson 2010). I Koster-Väderöfjorden har likaså områden med tätheter av olika arter av sjöpenor kopplats till det intensiva trålfisket efter räka (Lundälv och Jonsson 2000; Nyström Sandman m.fl. 2020).

Målsättningarna med denna rapport är att:

- testa och vidareutveckla en kvantitativ övervakningsmetod för OSPAR-habitatet ”Sjöpenor och grävande megafauna” med fokus på epifaunan,
- identifiera vilka arter eller grupper av arter (taxa) som på ett konsekvent och kvantitativt sätt kan analyseras med denna metod,
- utvärdera möjligheten att upptäcka skillnader mellan bottentrålade och skyddade områden för epifaunans artsammansättning och enskilda arters abundans,
- utveckla mot bakgrund av resultaten ett förslag på övervakning av epifauna och möjligheten att använda denna information i ett indikatorperspektiv för Havsmiljödirektivet.



Figur 2. Typiska arter av epifauna i UWTV-undersökningarna. Från vänster den stora piprensaren Funiculina quadrangularis, mitten lilla piprensaren Virgularia mirabilis, till höger överst cylinderros Pachycerianthus mutliplicatus och nederst sjöfjäder Pennatula phosphorea. Foto: Mattias Sköld

2. Upplägg

UWTV är en metod som är etablerad i beståndsövervakningen av havskräfta. Metoden består i att en specialbyggd kamerautrustad släde dras utefter havsbotten. Med standardiserad fart och vy kan sedan antal bohålor av havskräfta per ytenhet räknas fram som ett index för havskräftbeståndets täthet i ett havsområde (Leocádio m.fl. 2018). Metoden är anpassad för undersökningar av havskräfta, men också andra organismer som större organismer som lever ovanpå sedimentet kan identifieras och räknas som t.ex. sjöpennor, snäckor, ormstjärnor och eremitkräftor. Undersökningarna av havskräftor sker med god rumslig täckning i Kattegatt och Skagerrak, men huvudsakligen i områden där trålfiske efter havskräfta bedrivs då utgångspunkten för undersökningarna är att bedöma beståndstatus i relation till fiskeuttaget.

Studien innehåller en teknisk utvecklingsdel och metodbeskrivning, samt en jämförelsedel där syftet är att utvärdera möjligheten att upptäcka skillnader mellan bottentrålade och skyddade områden för epifaunan. Tre delområden använts för jämförelsen:

- Trålområden i Kattegatt jämfört med det fiskefria torskfredningsområdet (FFO) i Kattegatt år 2015–2020.
- Trålområden i Natura-2000 området Bratten jämfört med skyddszoner med trålningsförbud för skydd av bottenfauna år 2019.
- Trålområden för havskräfta i mellersta Bohuslän jämfört med områden som fiskas med kräftburar år 2017.

Slutligen analyseras filmer från den befintliga UWTV-undersökningen för bohålor av havskräfta i sin helhet för epifauna för två jämförbara år (2019–2020), och diskuteras i perspektiv av ett framtida övervakningsprogram för epifauna med UWTV och möjligheten att använda denna övervakning i ett indikatorperspektiv för Havsmiljödirektivet.

3. Material och metoder

3.1. Fartyg

Kamerautrustningen (UWTV-släden) användes tidigare från SLU Aquas mindre fartyg Asterix och har varit i bruk sedan 2011. Asterix är ett litet fartyg (12 m) och en mycket väderkänslig plattform för denna undersökningstyp då sjöhävning medför att släden rycks fram och undersökningen ofta måste avbrytas p.g.a. av att filmningens kvalitet försämras och inte går att analysera korrekt. År 2017–2019 hyrdes därför Danmarks tekniska universitets (DTU) fartyg R/V Havfisken inklusive kamerautrustning in för undersökningar i utsjön. Havfisken har dock begränsningar i att det är ett utländskt statsfartyg för vilket Försvarmakten inte ger tillstånd för kustnära undersökningar i alla områden inom Sveriges territorium, dvs. innanför 12 Nm från baslinjen och Asterix användes kustnära i dessa områden fram till 2019.

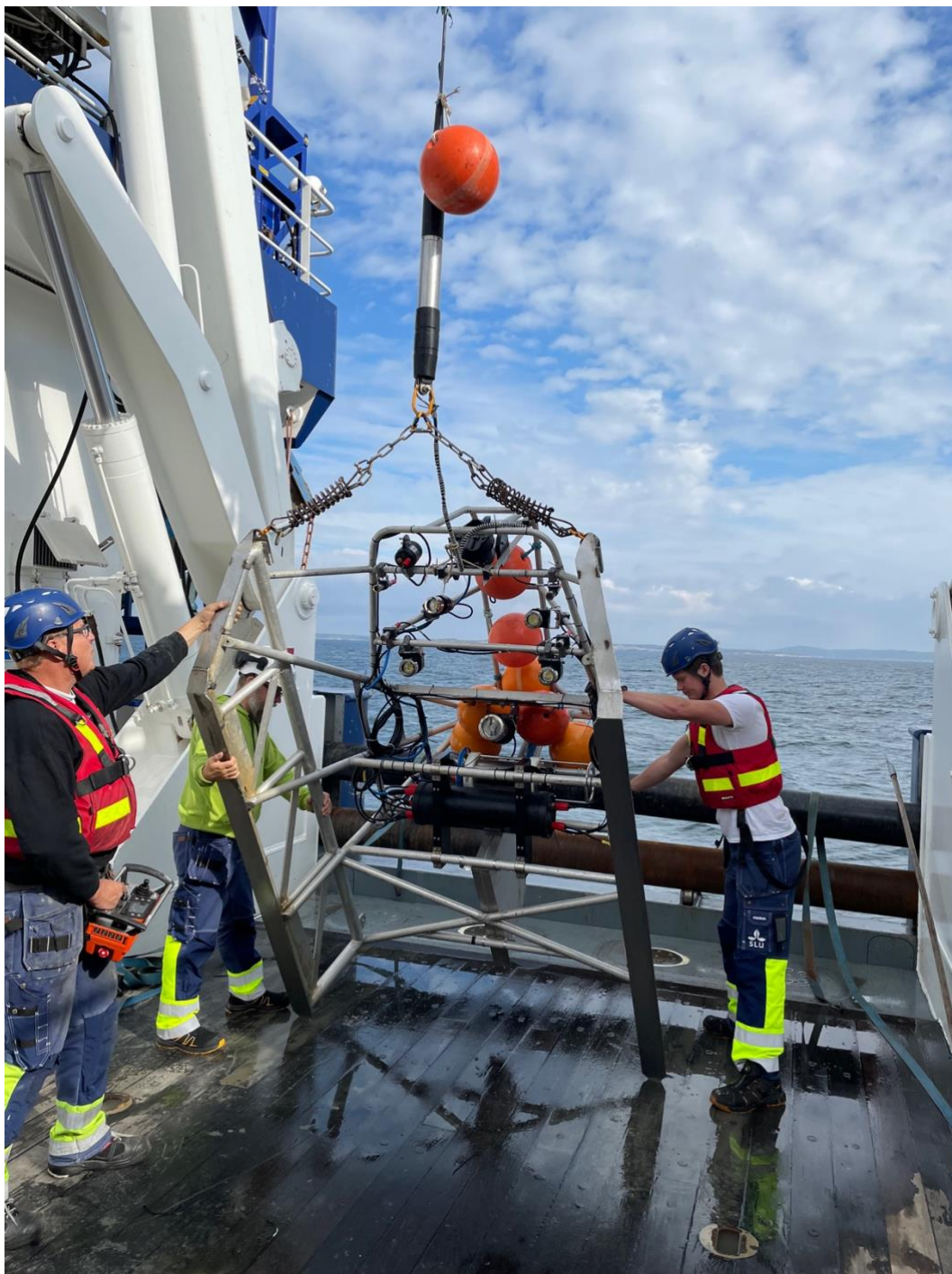
Sveriges nya forskningsfartyg Svea som togs i bruk hösten 2019 har medfört nya möjligheter för förbättrade undersökningar med såväl släpade videokameror som annan utrustning. Särskilt vad gäller två aspekter kan nu undersökningarna göras relativt oberoende av väder och vågpåverkan då fartyget är mycket stabilt samt att vinschutrustningen är utrustad med automatisk vågkompensation. Svea har dynamisk positionering, DP, som gör att hon kan ligga helt stilla på position eller framföras kontrollerat i mycket låg och stabil fart och kurs över en transekt där kameran släpas på eller framförs hängande över botten. DP-systemet har avsevärt förbättrat kvaliteten och precisionen på filmningarna av transekter.

3.2. Bildkvalitet och teknik

Bildkvaliteten från den äldre svenska analoga UWTV-utrustningen var mycket dålig, vilket blev uppenbart vid jämförelser med den danska utrustningen på Havfisken. SLU Aqua upphandlade 2019 därför en ny utrustning med en högupplöst digital kamera som kopplar ihop med Sveas vinschar med kablage med

fiber för data och kopparkabel för strömförsörjning med mera. Den nya utrustningen har kontrollerbara diodlampor och lasermarkörer, zoomkamera och alla inställningar görs från Sveas datorsystem där också filmerna lagras digitalt.

Uppföljningen sker genom att metodiskt filma mjuka bottenar utmed transekter och identifiera och notera antalet av synliga arter till lägsta möjliga taxon. Arter som förekommer regelbundet är fokus för uppföljning och kan används som indikatorer för utveckling av habitatet ”Sjöpenner och grävande megafauna”. Enligt tidigare sammanställningar av UWTV-data ses att mängden kräfhålor utmed transekterna stabiliseras efter 5 minuters (cirka 100 m) filmning. Av kvalitetsmässiga skäl rekommenderas att 10 minuters film insamlas per transekt så att perioder med oläslig kvalitet kan uteslutas från transekten. Efter analys standardiseras filmad sträcka till förekomst per area 1 m² (Leocádio m.fl. 2018).



Figur 3. UWTV:n dras efter fartyget och går på medar över botten. Kameran, lasermarkörer och lampor är monterade i skydd innanför ramen. I överkant till vänster syns multibeam sonaren som används för att identifiera hinder framför UWTV:n.

En inledande studie med den nya utrustningen på R/V Svea genomfördes i november 2019 i Bratten. Fartyget positionerades på en förutbestämd station varefter släden sjösattes i riktning med den transekt som avsågs filmas. Fartygets positioneringssystem (DP) användes sedan för att förflytta släden med jämn,

långsam fart (0,6 knop) i cirka 15 minuter (Figur 3). Den filmade transekten avgränsas i bilden av lasermarkörer till en bredd på 0,8 m och filmad area kan sedan räknas fram och olika taxa redovisas kvantitativt. Videofilmer analyseras i efterhand och annotering av arter och antal görs i videoanalysprogrammet BORIS. En lathund med instruktioner och tips är sammanställd i bilaga 1.

Arbets sättet bedömdes fungera mycket tillfredsställande och filmningar kunde genomföras även under krävande vindförhållanden, vilket är av stor betydelse med tanke på de exponerade havsområden i Skagerrak och Kattegatt där UWTV:n används. År 2020 genomfördes studier också på utsjöbankarna i Kattegatt med motsvarande goda resultat. Dock finns en del mindre tekniska problem med utrustningen i form av för svaga lampor under vissa förhållanden och att lasermarkörerna inte alltid syns. Detta kommer att åtgärdas i samband med kompletteringar av SLU:s UWTV-utrustning.

Om habitatet bedöms vara känsligt för att bli skadat av släden, eller om det av andra skäl är olämpligt att använda en släpande UWTV, t.ex. att ett område är kuperat med berg eller har liten yta och där transekterna därför blir korta, kan istället UWTV:n användas hängande som s.k. droppvideo (t.ex. vid mjukbottenområdena Kungsviksflaket och Hällsöflaket i Kosterfjorden). Höjden över botten vid undersökning hålls då konstant genom att operatören korrigerar för djupförändringar och har i bildfältet en indikator på avstånd till botten; antingen ett upphängt referensobjekt eller lasermarkörer som monteras så att de möts vid ett visst djup över botten. Under 2020 användes UWTV:n på utsjöbankarna i Kattegatt monterad hängande i överkant som droppvideo med syfte att inventera maerl och hästmussla (Figur 4, Figur 5).



Figur 4. UWTV:n som drop-video redo för sjösättning på Lilla Middelgrund. En flöjel är monterad i bakkant som håller UWTV:n riktad mot strömmen när den förs fram över botten hängandes bakom fartyget.



Figur 5. Arbetsstationen i forskningsfartyget Sveas "operation centre". På vyn till höger syns filmen från UWTVn i drop-mode, dvs. hängande ca 40 cm ovan botten. Till vänster syns vyn från UWTV:ns multibeamsonar som tecknar miljön, i det här fallet stenbumlingar och eventuella hinder framför UWTV:n.

3.3. Observation av arter och standardisering av taxa för kvantitativa analyser av epifauna

En utmaning vid alla typer av undersökningar av biodiversitet är möjligheten att med den metod som används kunna skilja ut olika typer av arter eller högre taxonomiska nivåer. Detta är beroende främst av den taxonomiska kunskap och erfarenhet som den analyserande biologen besitter och den metod som används för datainsamlingen. Analys av bild och film begränsas också av den detaljnivå som upplösningen medför. Metoden vi har använt är primärt framtagen för kvantitativ analys av bohålor för havskräftor och dessa är strukturer av en storleksordning som kan identifieras från ett synfält med en bredd om cirka 80 cm och transekternas totala yta som filmats är cirka 150 m². Denna vy och upplösning innebär följaktligen en del begränsningar för bestämning av taxa på ett konsekvent sätt, främst med avseende på storlek på de organismer som kan artbestämmas och räknas till antal. Små arter epifauna som märkräftor kan t.ex. inte urskiljas konsekvent, likaså juveniler av många arter. Ljussättning och grumlighet under filmning bidrar

också till att upplösningen varierar mellan situationer och om målsättningen är att kvantitativt samla in observationer är det viktigt att standardisera analysen till sådana observationer som kan bedömas vara representativa och jämförbara. Utgångspunkten vid analys är att annotera antal av alla arter och taxa per transekt som observeras, men för de studier som detta projekt genomfört har följande avgränsningar gjorts i efterhand med syfte att standardisera analysen. Taxa från underlagsmaterialet har grupperats till minsta gemensamma vetenskapliga namn då upplösningen varierat mellan biologerna som analyserat filmerna eller där det bedömts förekomma osäkerheter i bestämning på en taxonomisk lägre nivå. Det vanligaste taxat är t.ex. *Virgularia* spp. som i Skagerrak består av två arter, *V. mirabilis* och *V. tuberculata*, vilka inte går att särskilja konsekvent i filmmaterialet. Hur indelningar av taxa är standardiserade för frekvent förekommande taxa framgår i kapitel 4.1.

3.4. Statistiska analyser

De variabler som testades var abundansen av olika arter av sjöpennor som indikatorarter för habitatet "Seapens and burrowing megafauna" samt den totala abundansen av epifaunataxa för jämförelser mellan skyddade och bottentrålade områden. Statistiska analyser gjordes univariat i programvaran JMP 14.0.0 med faktoriella variansanalyser för faktorerna År (om flerårs data ingick i en delstudie), Område (i det fall delområden ingick som i Bratten) och för Behandlingen (skyddat och trålat) samt interaktioner mellan de olika faktorerna. Om varianserna var heterogena användes kompletterande test med parvisa jämförelser i ett s.k. Welsch test.

På motsvarande sätt med faktoriella analyser testades också multivariat om sammansättningen av epifaunataxa skiljde sig åt mellan faktorerna År, Område, Behandling med Permutational multivariate analysis of variance (PERMANOVA). Det övergripande mönstret illustrerades med Principal coordinate analysis (PCO) för artsammansättningen baserat på Bray-Curtis likheter. Bidraget till förklaringsmönstret från PCO av enskilda taxa visualiserades med vektorer för signifikant bidragande taxa som lades över graferna med PCO-axlar. Samtliga multivariata analyser gjordes med programvaran PERMANOVA+ for PRIMER (Anderson m.fl. 2008).

Beräkning av statistisk teststyrka "power" har genomförts som utgångspunkt endast för området Bratten där flest sjöpennearter påträffades och där provtagningsdesignen specifikt tagits fram för epifaunan och inte för kräfthål. Power anger sannolikheten för att den slutsats man drar av testets utfall är korrekt och inte beroende av slumpen, dvs. att resultatet inte beror på att antalet stickprov

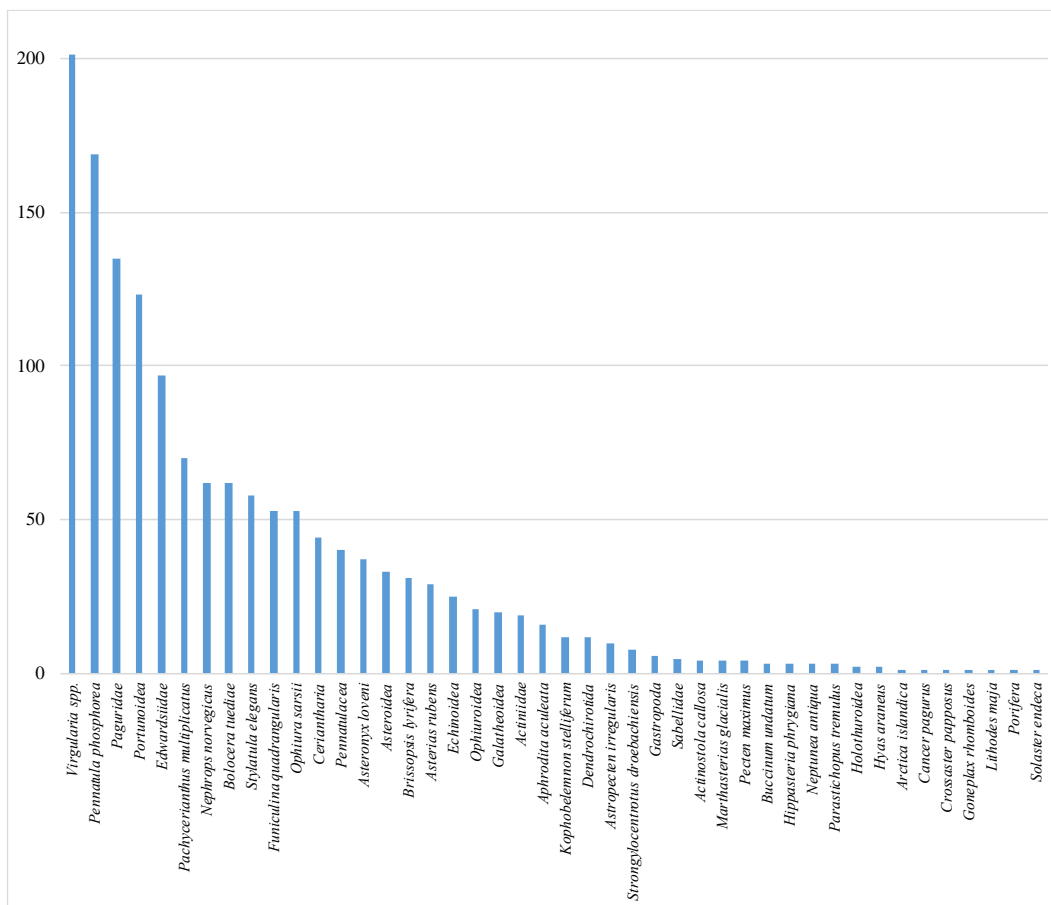
är för litet för att (med en given statistisk säkerhet) kunna upptäcka en skillnad i den undersökningsdesign som man använder (Fairweather 1991, Underwood 1997). Analys av power har genomförts i programmet R med programpaketet "emon" ver. 1.3.2¹ med scriptet "power.groups" (Manly 1997).

¹ <https://cran.r-project.org/web/packages/emon/emon.pdf>

4. Resultat och diskussion

4.1. Arter och taxa vid UWTV-undersökningar i Kattegatt och Skagerrak

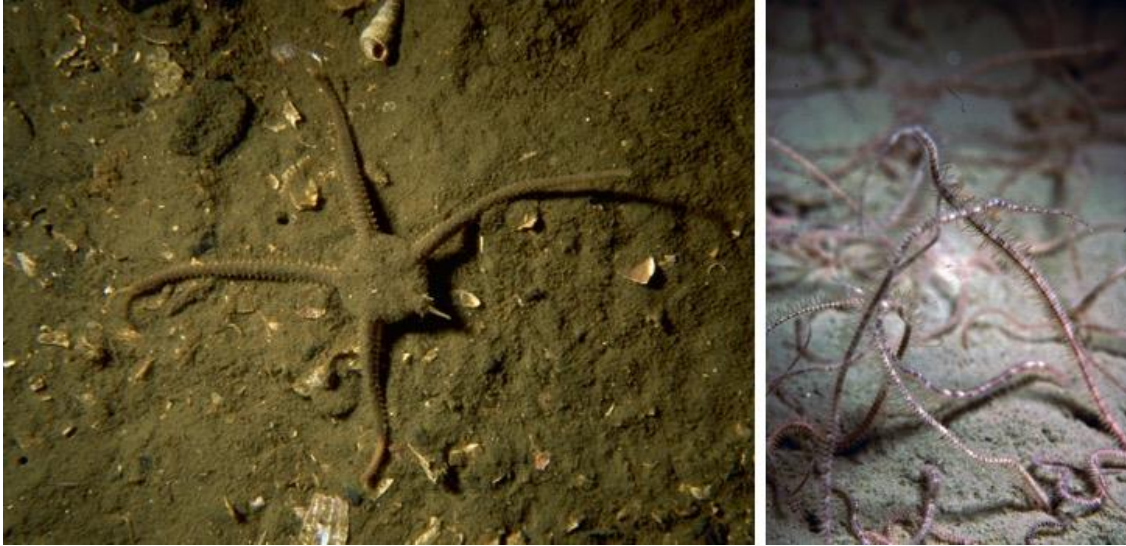
I underlagsdata för UWTV-undersökningarna år 2019 och 2020 (kap 4.5) som genomfördes med den nya kamerautrustningen återfanns 51 taxa med olika taxonomiska nivåer i totalt 271 analyserade transekter. Mobila arter (fisk, haj och bläckfisk) uteslöts då det bedömdes att dessa inte kunna kvantifieras korrekt med använd metodik, vilket minskade antalet observationer till 44 taxa. De flesta observationerna var av sjöpennor, eremitkräftor och simkrabbor (*Virgularia* spp., *Pennatula phosphorea*, Paguridae och Portunidae). Flera taxa var sällsynta och 7 taxa observerades bara på en transekt (Figur 6).



Figur 6. Förekomst av observerade taxa av epifauna, exklusive mobila arter, i UWTV-undersökningarna 2019 och 2020 samt Bratten och utsjöbankarna i Kattegatt. Totalt analyserades 271 transekter á 150m².

För en framtida standardisering av indelningen för jämförbara analyser föreslås följande justeringar och förtydliganden för några frekvent förekommande arter och taxa:

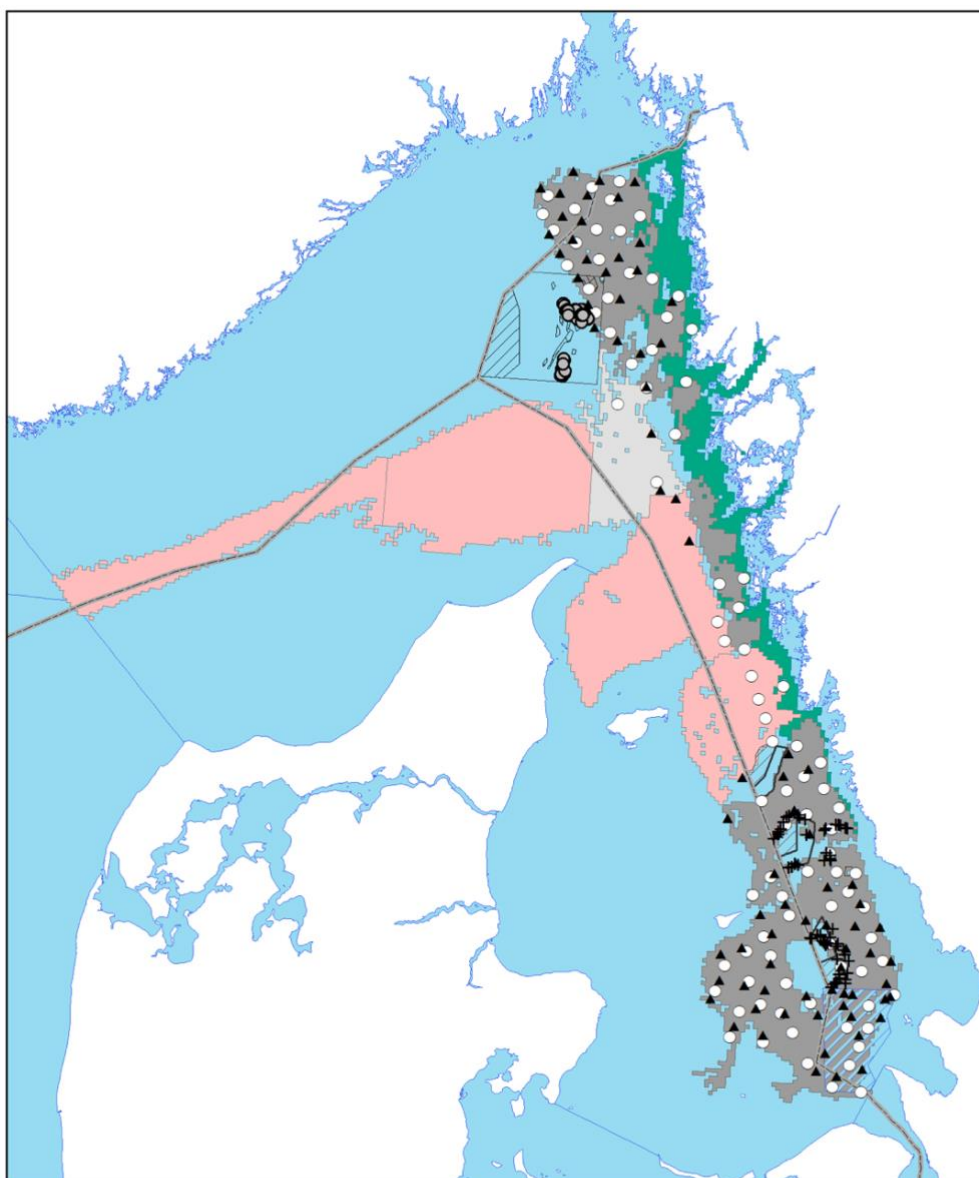
- *Virgularia mirabilis* benämns *Virgularia* spp. då den särskilt i Skagerrack förekommande *V. tuberculata* inte går att skilja från *V. mirabilis* med UWTV-metodik.
- Ophiuroidea ändras till släktet *Ophiura* spp. Detta taxon inkluderar arter av släktet *Ophiura* som ej går att särskilja konsekvent men inkluderar inte grävande ormstjärnor, t.ex. familjen *Amphiuridae*, som huvudsakligen lever nere i sedimentet med endast armar som sticker upp (Figur 7).
- *Hyas araneus* ändras till *Hyas* spp. Detta taxon inkluderar *H. araneus* och *H. coarctatus* som ej går att särskilja konsekvent med UWTV-metodik.



Figur 7. Till vänster Ophiura albida, en art som huvudsakligen lever på sedimentytan och ingår i epifaunan. Till höger armar av de grävande ormstjärnorna Amphiura filiformis och Amphiura chiajei som lever med sin kroppsskiva cirka 5 cm nere i sedimentet och av vilka endast armarna sticker upp. Foto: Mattias Sköld

4.2. Epifauna i trålade områden jämfört med det fiskefria området i Kattegatt

Det fiskefria torskfredningsområdet (FFO) i södra Kattegatt är ett förhållandevis stort sammanhängande mjukbottenbottenområde (Fiskeförbudsområdet längst i syd i .). Syftet med det fiskefria området och regleringar i anslutning till detta var ursprungligen för att skydda torskens lekområden och minska fiskeridödligheten på lekmogen torsk. Före stängningen för allt fiske 2009 bedrevs bottentrålning både som ett riktat fiske efter torsk under lekperioden och som ett blandfiske efter havskräfta och fisk resten av året (Bergström m.fl. 2016). Området har alltså varit skyddat under relativt lång tid och utgör ett viktigt referensområde för studier av bottenpåverkan av olika fiskeredskap då livsmiljöerna mjuka botten på andra platser ofta är exploaterade av trålfiskerier (se t.ex. Hiddink m.fl. 2016; Sköld m.fl. 2018a). Sedan 2020 ingår delar av området också i naturreservatet Skånska Kattegatt och Natura 2000området nordvästra Skånes havsområde.



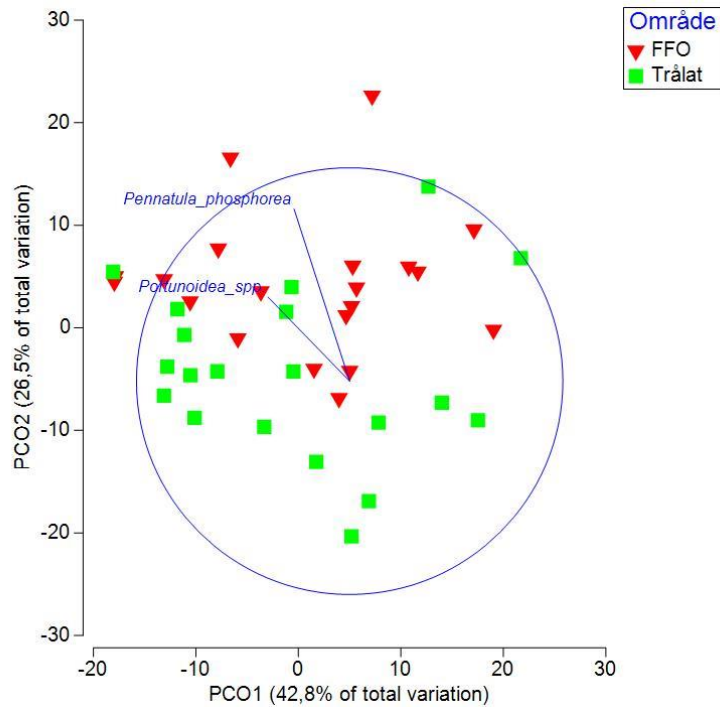
Provtagningsstationer



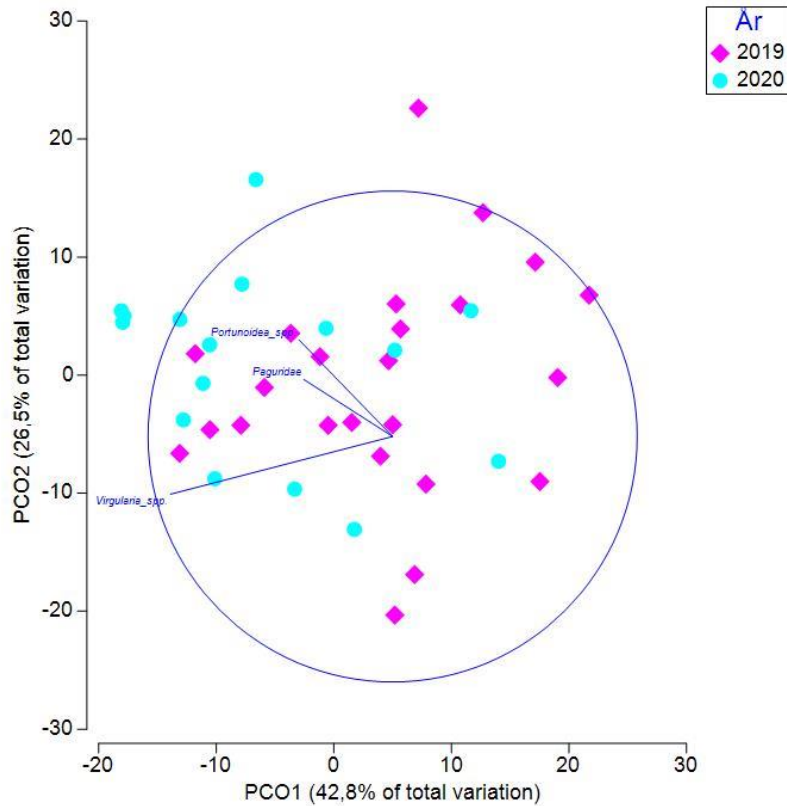
Figur 8. Översikt av undersökningen med UWTV som genomförs årligen av Sverige och Danmark för beståndsuppskattningar av havskräfta med provtagningsområden där det fiskas med trål respektive med burar. Det fiskefria området i Kattegatt är inlagt (Torskområde - fiskeförbud) liksom de föreslagna uppföljningsprogrammen för fiskeregleringar i marina skyddsområden i Bratten och på utsjöbankarna i Kattegatt. Inlagt är också undersökningarna som SLU Aqua genomför för uppföljning av fiskeregleringar i Bratten samt på och i anslutning till Lilla och Stora Middelgrund och Röde bank i Kattegat.

UWTV har använts i övervakningen av kräftbeståndet i Kattegatt sedan 2011 men de första årens filmer har inte varit tillgängliga för analys. Sammanfattningsvis har 6–12 slumpvis utlagda transekter per år under 2015–2020 filmats i det fiskefria området (FFO) i Kattegatt. Dessa transekter har analyserats och jämförts med trålområdet med motsvarande antal transekter utanför FFO i Kattegatt som kontinuerligt fiskats före och efter att FFO infördes 2009. Sammanlagt bestämdes 18 taxa från filmerna men filmkvaliteten från den gamla utrustningen 2015–2017 bedömdes endast med god tillförlitlighet, sinsemellan jämförbara analyser för 12 av dessa taxa. År 2019 användes endast kamerautrustning med bättre kvalitet på det danska fartyget Havfisken, och 2020 användes den nya utrustningen och SLU:s fartyg Svea. Filmningar från 2018 har inte analyserats. På grund av dessa skillnader mellan perioderna och att preliminära analyser indikerade heterogena multivariata spridningar för en modell där alla åren analyserades samtidigt, delades den statistiska analysen in i två tidsperioder 2015–2017 och 2019–2020 och den senare tidsperioden visade inte heterogena spridningar mellan år (PERMDISP, $p > 0,05$).

Multivariata analyser med PERMANOVA och faktorerna År och Område visade skillnader mellan År för perioden 2019 och 2020 ($F_{1,36} = 4,6$, $p = 0,003$) och mellan Områden ($F_{1,36} = 3,23$, $p = 0,016$) men ingen interaktion mellan År och Område ($F_{1,36} = 0,49$, $p = 0,75$). Resultatet analyserades med PCO-ordination och den mest bidragande arten till skillnad mellan det skyddade fiskefria området FFO och trålade områden var sjöpennan *Pennatula phosphorea* följt av simkrabbor (Portunidea) vilka båda förekom mest i det fiskefria området och liksom faktorn Område ordinerade sig mest utefter PCO-axel 2 som förklarade 26,5 % av den totala variationen (.). Den mest bidragande arten till skillnad mellan åren 2019 och 2020 var sjöpennan *Virgularia* spp. (förekom mest 2020) följt av cylinderrosor (Ceriantharia, som förekom mest 2019) och vilka båda liksom faktorn År ordinerade sig mest utefter PCO-axel 1 som förklarade 42,8 % av den totala variationen (.). Samma mönster visades för *P. phosphorea* med en analys av perioden 2015–2017 i motsvarande PCO-analys för skillnader mellan FFO och trålade områden.

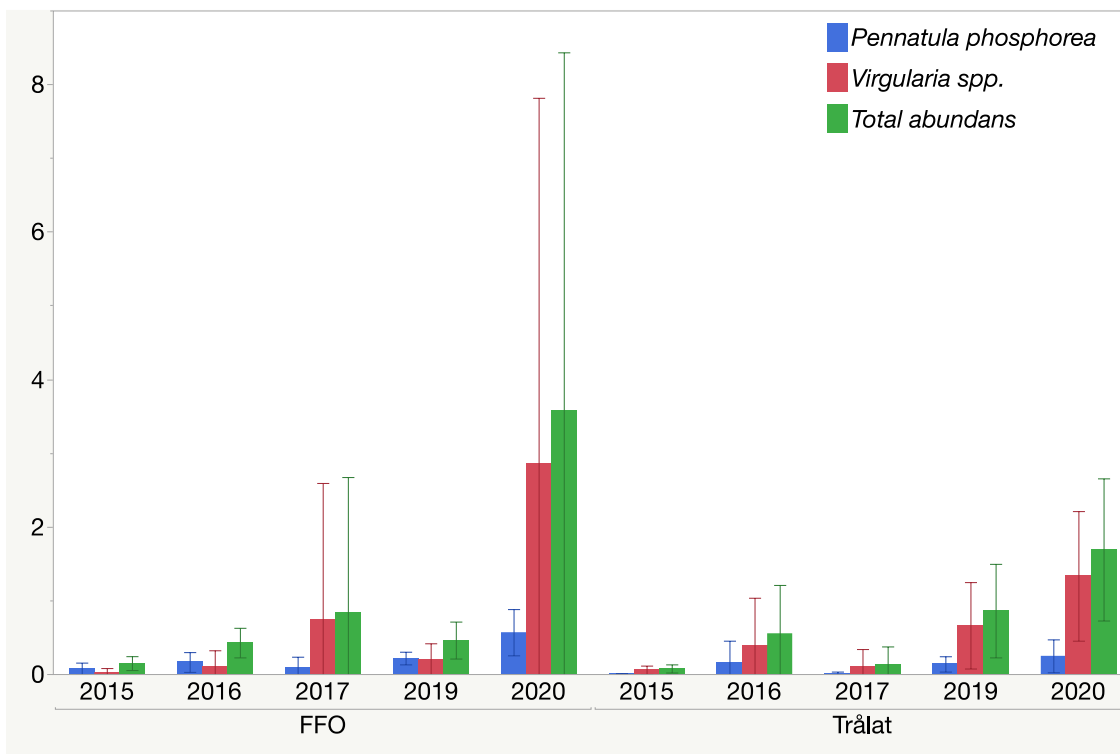


Figur 9. Principal coordinate analysis PCO för artsammansättningen (antal individer av olika taxa) mellan olika stationer provtagna under år 2019 och 2020 i Kattegatt. Den mest bidragande arten till skillnad mellan det skyddade fiskefria området FFO och trålade områden var sjöpennan *Pennatula phosphorea* följt av simkrabbor *Portunioidea* vilka båda liksom faktorn Område ordinerade sig mest utefter PCO-axel 2. Endast signifikant korrelerade arter med PCO-axel 2 visas ($R > 0,33$, $df = 38$, $p < 0,05$).



Figur 10. Principal coordinate analysis PCO för artsammansättningen (antal individer av olika taxa) mellan olika stationer provtagna under år 2019 och 2020 i Kattegatt. Det mest bidragande taxat till skillnad mellan år var sjöpennan *Virgularia spp.* följt av simkrabbor *Portunidae* och eremitkrabbor *Paguridae* vilka liksom faktorn År ordinerade sig mest utefter PCO-axel 1 som förklarade 42,8 % av den totala variationen. Endast signifikant korrelerade arter med PCO-axel 1 visas ($R > 0,33$, $df = 38$, $p < 0,05$).

I antal dominerades epifaunan av mindre piprensare (*Virgularia spp.*) följt av sjöfjäder (*Pennatula phosphorea*) i denna del av sydöstra Kattegatt (.). Båda arterna förekommer mycket fläckvis (uppvisar patchiness). Det innebär för denna analys att det t.ex. finns stickprov (transekter) där vi räknat som mest 601 mindre piprensare men också transekter med 0 eller få individer både i det fiskefria området och i det trålade området.



Figur 11. Medelvärde och 95% konfidensintervall av totalabundans (ind. m⁻²) av 11 jämförbara taxa, *Virgularia* spp. och *Pennatula phosphorea* i det fiskefria området FFO (vänster) och området som trålas (höger) per undersökningsår.

Skillnader i artsammansättning mellan områden och mellan år styrs huvudsakligen av de två dominerande sjöpenorna där *Virgularia* spp. genomgående var den vanligaste (Figur 11). Båda arterna analyserades var för sig med faktoriell ANOVA på motsvarande sätt för åren 2019 och 2020 där bildkvalitet från UWTV höll god kvalitet, men visade trots logaritmisk transformering att varianserna var heterogena (Levenes test $p < 0,05$) vilket innebär att antaganden för variansanalys inte uppfylls. Därför testades också de enskilda faktorerna område och tid med en Welch's test som är robust mot heterogena varianser. Detta resulterade i skillnad mellan år i abundans för *Virgularia* spp. ($p = 0,049$) men ingen skillnad mellan FFO och det trålade området ($p = 0,513$). Sjöpenan *P. phosphorea* visade på samma sätt en skillnad mellan år ($p = 0,045$) men också en signifikant skillnad med högre täthet i det fiskefria området ($p = 0,03$). Skillnaderna i totalabundans följde resultaten för *Virgularia* spp. som var helt dominerande. I absoluta tal innebär det i medeltal de undersökta åren cirka dubbelt så hög täthet av *P. phosphorea* i det fiskefria området med 0,36 individer m⁻², standardavvikelse SD = 0,31) jämfört med närliggande trålade områden (0,19 individer m⁻², SD = 0,27).

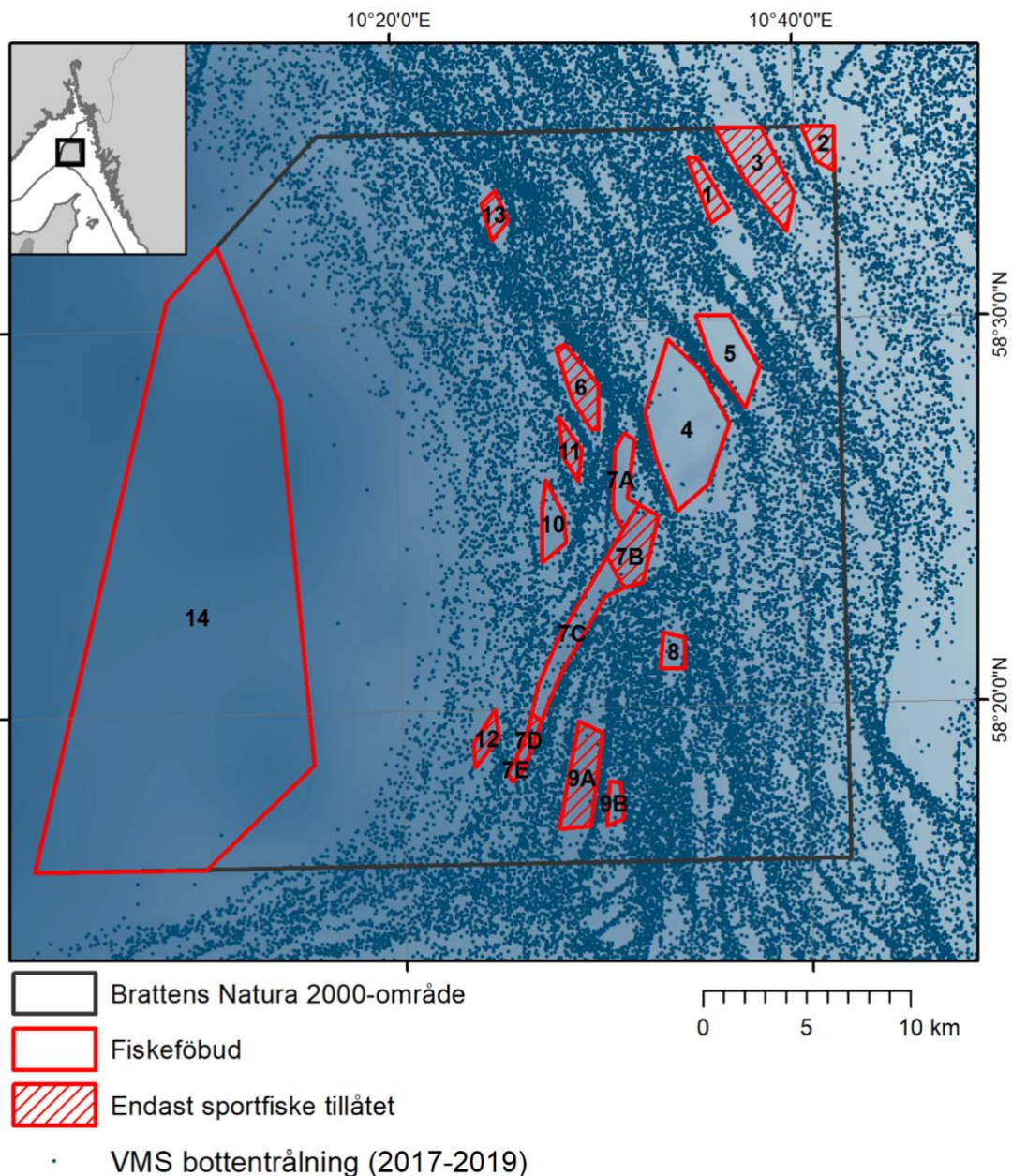
Sammanfattningsvis visar analyserna att epifaunan i det fiskefria området FFO och det närliggande trålade området under samtliga år domineras av de två sjöpenorna *Virgularia* spp. och *P. phosphorea*. Båda var fläckvis fördelade med stor variation

mellan filmade transekter. De multi- och univariata analyserna visar att epifaunan har högre täthet av *P. phosphorea* i FFO området.

4.3. Epifauna i trälade områden jämfört med fiskefria zoner i Bratten, Skagerrak

Brattens Natura 2000-område är beläget väster om Smögen i Skagerrak. Området är ett djupt havsområde på en sluttning ner mot Norska rännan i djupintervallet 100 till 560 m (Clinton, 2016). Bratten har en unik topografi med ett ravinlandskap som är hemvist för en mängd hotade och ovanliga arter (Länsstyrelsen Västra Götaland 2013 a, b). Kärnområdet utgörs av ett sammanhängande nätverk av raviner som sträcker sig cirka 20 km i sydvästlig-nordostlig riktning. Ravinerna är relativt smala (100–300 m breda) och upp till 100 m djupa med branta sidor. Bottnarna i ravinerna och upp utmed sluttningar består av lera men det förekommer även andra substrattyper såsom klippor, grov sand och grus. Övriga delar av Brattens Natura 2000-område, som inte utgörs av ravinsystem, består främst av mjukbottenområden (lera och silt) med inslag av djupa hålor (pockmarks) där hårt substrat ibland är blottlagt.

I Brattens Natura 2000-område har ett flertal arter från OSPAR habitatet sjöpenbor och grävande epifauna identifierats på djupa mjukbottnar inom de inrättade fiskefria zonerna. På sidorna av och på bottnarna i till exempel den större ravinerna i området, återfinns täta bestånd av dessa arter. I Brattens Natura 2000-område förekommer ett flertal typiska arter för habitatet såsom större piprensare (*F. quadrangularis*), mindre piprensare (*Virgularia* spp.), Kosterpiprensare (*Kophobelemnion stelliferum*), *Halipterus finmarchica* och *Stylatula elegans*, piprensarormstjärnan (*Asteronyx lovenii*), krongrävkräfta (*Calocarides coronatus*), långfingrad grävkräfta (*Calocaris macandreae*), cylinderros (*Cerianthus* sp.) och lyrsjöborre (*Brissopsis lyrifera*) (Länsstyrelsen Västra Götalands län, 2013a, b, 2017a). Fisket i Bratten med bottentrålar är mycket intensivt och inriktat på Nordhavsräka och fisk (Figur 12).

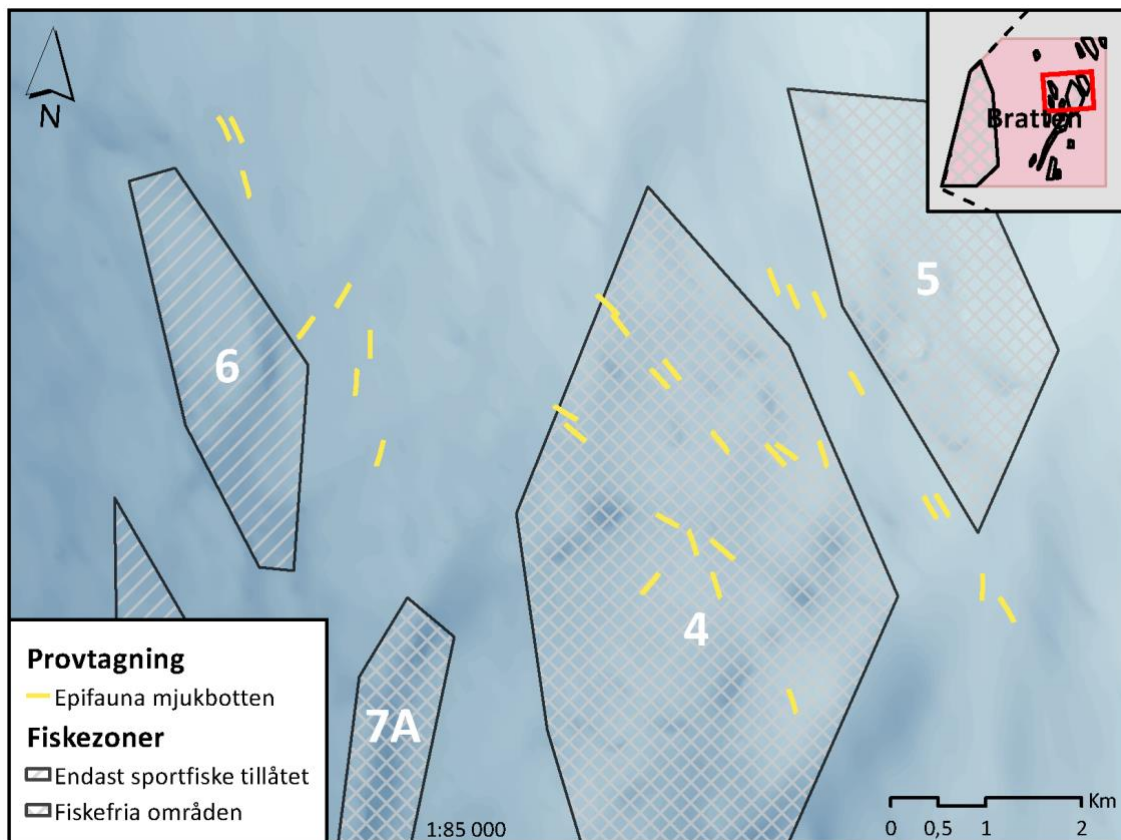


Figur 12. Avgränsning av Brattens Natura-2000 område och fiskeförbudszoner. Bottentrålningen illustreras med positionsdata för svenska bottentrålare ≥ 12 m som uppdateras varje timma. Numrering avser delzoner definierade och beskrivna med naturvärden i Kilnäs (2013).

På uppdrag av Havs- och vattenmyndigheten arbetar SLU Aqua med ett förslag på uppföljningsprogram för fiskeregleringar i marina skyddade områden. I Natura-2000 området Bratten stängdes zonerna för bottentrålfiske 2017 och i november 2019 genomfördes undersökningen som här redovisas inför framtagandet av ett nytt uppföljningsprogram. Resultat från pilotundersökning används här för jämförelser av epifaunans status i två av zonerna som varit skyddade i nästan tre år jämfört med

närliggande jämförbara mjukbottenområden som fortsatt trålas (Bratten och provtagningsområdena visas i Figur 8. Övervakningen görs med UWTV-metodik på samma sätt som för havskräfta, men med den skillnaden att de transekter som filmas planeras att återbesökas under kommande års undersökningar (fasta stationer), dvs. de slumpas ut under början av undersökningen inom respektive undersöknings- och kontrollområden, men positionerna behålls över tid. Detta för att få bättre statistisk styrka (power) för trendövervakning över tid genom att minimera bidraget till variationen mellan år med bidrag från variationen inom delområden (se t.ex. Lindegarth m.fl. 2013).

I Bratten undersöktes med UWTV-metoden djupa mjukbottnar med habitatet "Sjöpenor och grävande megafauna" i två fiskefria zoner: 4 (Figur 13) och 9B. Delar av både zon 4 och 9B nyttjades för bottentrålfiske tidigare, men är skyddade sedan år 2017. Jämförelser görs med kontrollområden utanför de fiskereglerade zonerna, där bottentrålfiske fortsatt bedrivs. Förutsättningar för valet av kontrollområden var att de utifrån tillgänglig högupplöst sjömätning, med multibeamekolod tillhandahållen av Havs- och vattenmyndigheten, bedömdes som likvärdiga med skyddszonerna med avseende på bottensubstrat (finkorning lerbotten) och djupintervall (Area 4 240–280 m, Area 9B 340–400 m).

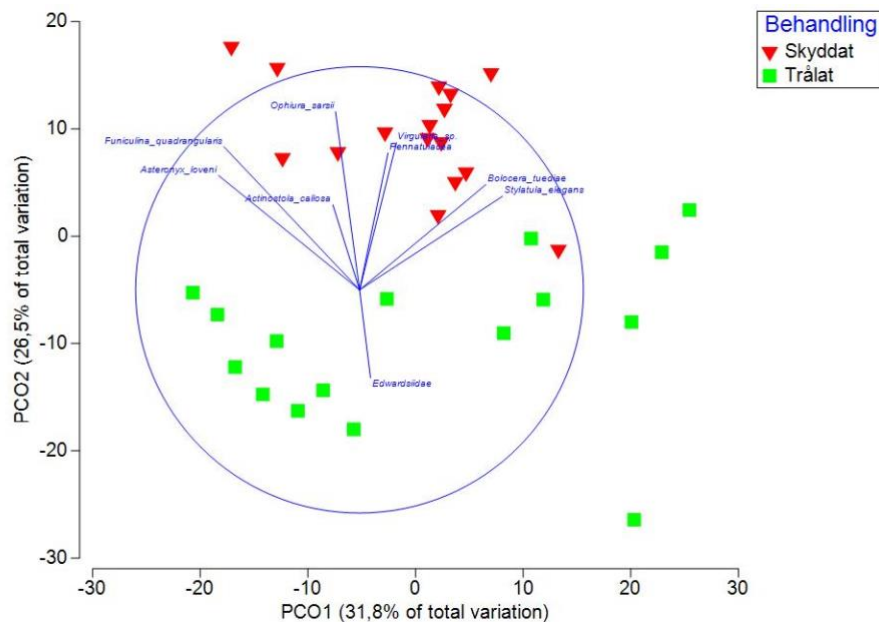


Figur 13. Provtagningspunkter med UWTV i Bratten i november 2019. Som exempel visas provtagningar som genomfördes i zon 4 (övre bild) och både innanför gränserna (behandling) och utanför (kontroll).

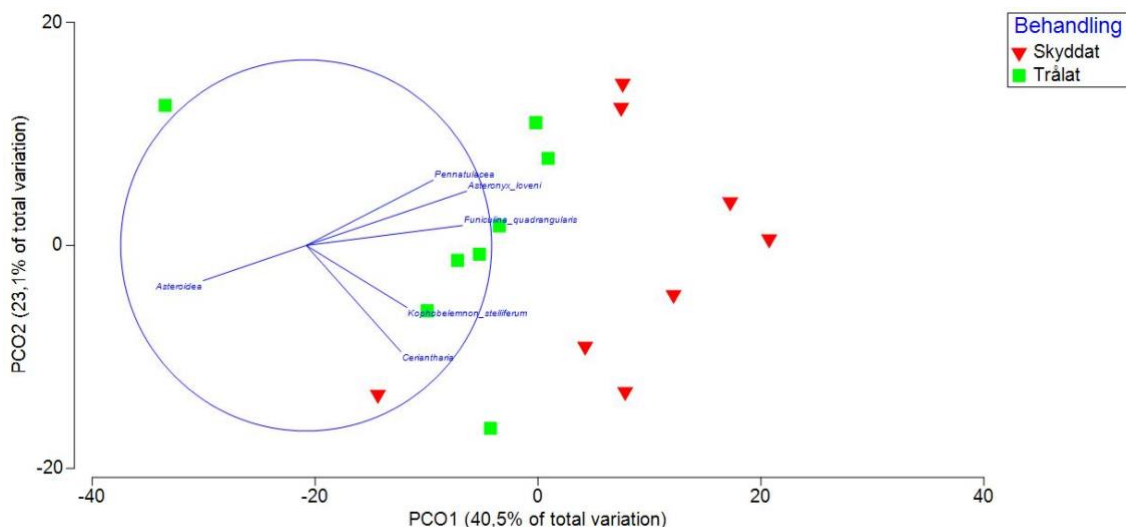
I undersökningen registrerades 2–15 taxa per standardiserad transekt (cirka 221 m², se metoder) och område, och totala antalet individer varierade mellan 20–540 per transekt. Den stora piprensaren *F. quadrangularis* dominerade och var ofta associerad med ormstjärnan *A. loveni*. Tre andra sjöpennor *Virgularia* spp., *S. elegans* och *K. stelliferum* var också frekvent förekommande. I Skagerrak förekommer två arter av släktet *Virgularia*, *V. mirabilis* som är den vanligare arten och *V. tuberculata*. Båda förekommer i Bratten och går inte med säkerhet att skilja åt vid kvantitativ insamling med video utan benämndes därför genomgående för *Virgularia* spp.

Multivariata analyser med PERMANOVA och faktorerna Område (Area 4 och Area 9B) och Behandling (Skyddat och Trålat) visade på en signifikant interaktion mellan Område och Behandling ($F_{1, 44} = 2,28$, $p = 0,049$). De två olika delområdena 4 och 9B analyserades därför vidare med en parvis PERMANOVA där Behandling jämfördes inom respektive område. För båda områdena erhöles en signifikant effekt av Behandlingen (för Area 4 med $p = 0,0001$, för Area 9B med $p = 0,006$). Resultatet analyserades med PCO-ordination för respektive område och i båda

områdena var bidraget från olika taxon av sjöpenor det som bäst förklarade skillnader mellan Skyddat och Trålat (Figur 14, Figur 15). Abundansen av den till *F. quadrangularis* associerade ormstjärnan *A. loveni* bidrog likaså till skillnaden i båda områdena och i område 4 även ormstjärnan *Ophura sarsi*. I samtliga fall var abundansen av arter som bidrog till skillnaderna längs PCO-axlarna högre i det skyddade området.

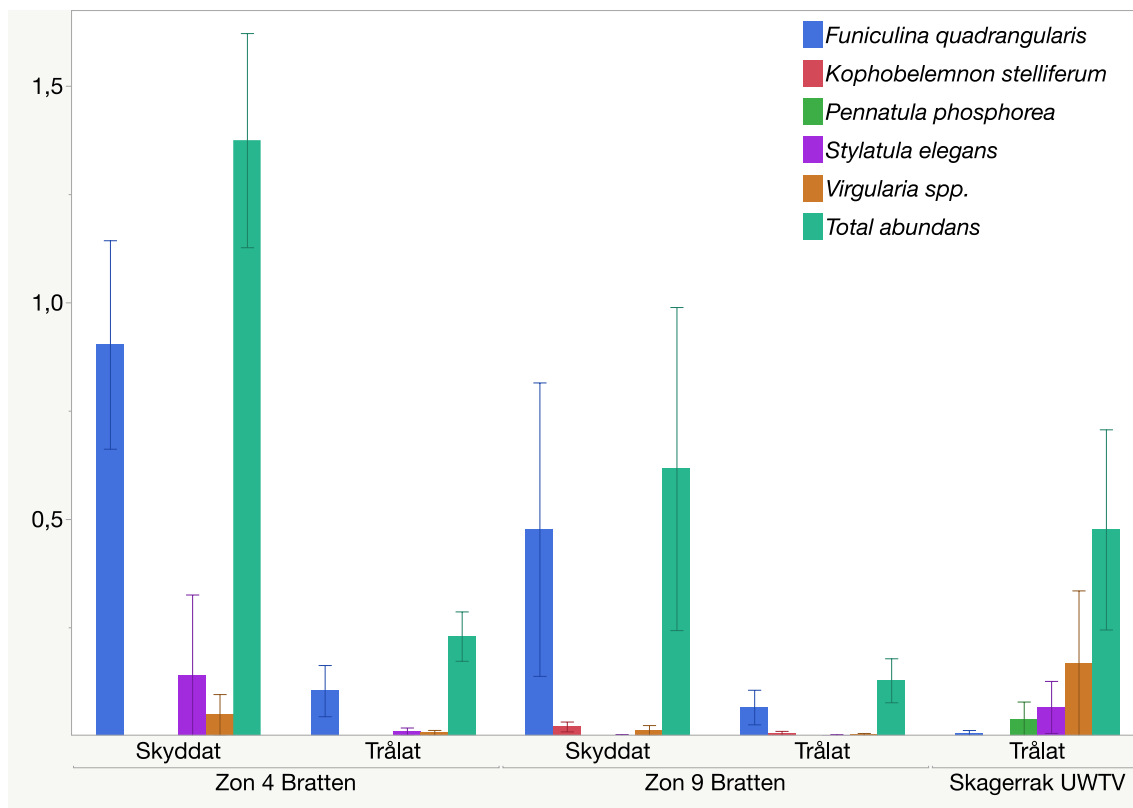


Figur 14. Principal coordinate analysis PCO för artsammansättningen (antal individer av olika taxa) mellan olika stationer i Area 4 i Bratten. De mest bidragande arterna till skillnaden mellan skyddat och trålat område är ormstjärnan *Ophiura sarsi* följt av den stora piprensaren *Funiculina quadrangularis* som liksom faktorn behandling (skyddat och trålat) ordinerade sig mest utefter PCO-axel 2 vilken förklarar 26,5 % av den totala variationen. Endast signifikant korrelerade arter med PCO-axel 2 visas ($R > 0,35$, $df = 30$, $p < 0,05$).



Figur 15. Principal coordinate analysis PCO för artsammansättningen (antal individer av olika taxa) mellan olika stationer i Area 4 i Bratten. De mest bidragande arterna till skillnaden mellan skyddat och trålat område är den stora piprensaren *Funiculina quadrangularis* följt av ormstjärnan *Asteronyx loveni* som liksom faktorn behandling (skyddat och trålat) ordinerade sig mest utefter PCO-axel 1 vilken förklarar 40,5 % av den totala variationen. Endast signifikant korrelerade arter med PCO-axel 1 visas ($R > 0,5$, $df = 14$, $p < 0,05$).

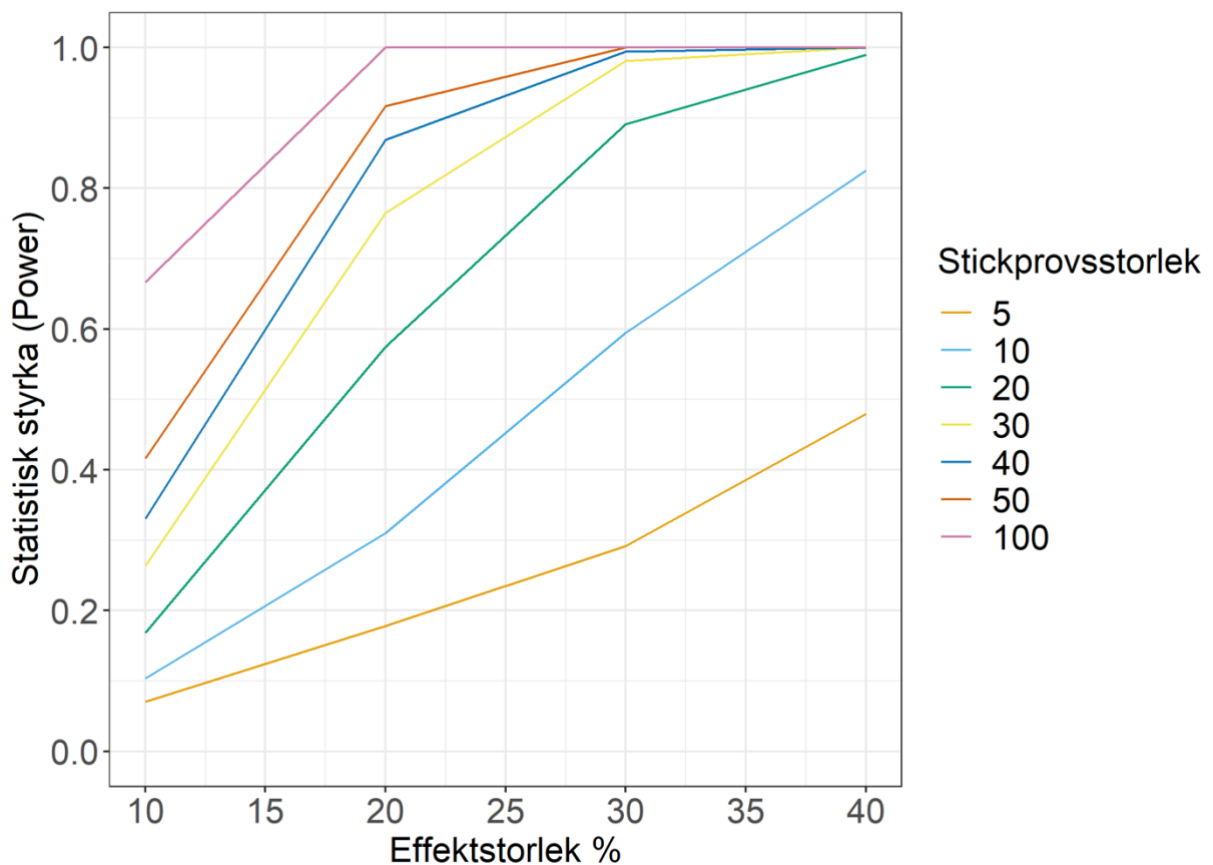
Den i Bratten vanligast förekommande sjöpennan *F. quadrangularis* analyserades också enskilt med faktoriell ANOVA på motsvarande sätt som i den multivariata PERMANOVA-analysen. Resultaten visade trots logaritmisk transformering av abundansen att varianserna var heterogena (Levenes test $p = 0,002$). Detta innebär att antaganden för variansanalys inte uppfylls. Därför testades de enskilda faktorerna område och tid med en Welch's test som är robust mot heterogena varianser. Resultaten visar skillnad mellan skyddat och trålat område både för Area 4 ($p = 0,0001$) och för Area 9B ($p = 0,02$). Sjöpennan *K. stelliferum* var vanlig i det djupare området 9B och också den art av sjöpennor som återfanns i signifikant i högre tätheter i skyddsområdet jämfört med det trålade området utanför ($F_{1, 14} = 9,2$, $p = 0,009$). I absoluta tal innebär det cirka 8 gånger högre täthet av *F. quadrangularis* i de skyddade områdena ($0,76 \text{ ind. m}^{-2}$ SD = $0,47$) jämfört med närliggande trålade områden ($0,09 \text{ ind. m}^{-2}$ SD = $0,09$), och cirka 4 gånger högre täthet av *K. stelliferum* i det skyddade området 9B ($0,022 \text{ ind. m}^{-2}$ SD = $0,016$) jämfört med närliggande trålade område ($0,005 \text{ ind. m}^{-2}$ SD = $0,008$). I området öster om Bratten där UWTV-undersökning för havskräfta genomfördes 2019 (se Figur 8) var både *F. quadrangularis* och *K. stelliferum* mycket sällsynta medan de mindre arterna, främst *Virgularia* spp. var vanligare (Figur 16).



Figur 16. Medelvärde ($\pm 95\%$ konfidensintervall) av antal sjöpennor per m^2 i de zonerna 4 och 9 (Skyddat) 2019 samt omkringliggande kontrollområden som fortsatt trålas (Trålat). Som jämförelse visas också förekomsten av sjöpennor i Skagerrak på djup > 100 m som undersökts i syfte att uppskatta beståndstäthet av havskräfta (UWTV undersökningen 2019 se kap. 4.5).

Det huvudsakliga syftet med övervakningen av epifaunan i Bratten är att följa upp förändringar över tid. Möjligheten att med rimligt god statistisk styrka (power) kunna upptäcka förändringar över tid uppskattades med beräkningar för gruppvisa jämförelser för de olika delområdena (area 4 och 9). Poweranalyserna med ett mål på power på 0,8 vilket ofta rekommenderas (Fairweather 1991), indikerade att en stickprovsstorlek på cirka 10 transekter behövs för att kunna upptäcka skillnader över tid med en effektstorlek om 40 % för den vanligaste arten *F. quadrangularis* i zon 4 (Figur 17). Används indikatorn totalabundans av epifaunan minskar problemet med heterogena varianser och transekter med nollvärden och målet för power uppnås för 20 % effektstorlek med cirka 5 transekter. I område 9B uppnås motsvarande resultat med cirka dubbelt så många stickprov på grund av generellt mindre skillnader. Givet de skillnader som visats ovan mellan trålade och skyddade områden, och med antagandet att denna skillnad avspeglar en reduktion som trålningen orsakar, ligger effektstorlekarna på för *F. quadrangularis*, *K. stelliferum* och totalabundans på mellan 400–800 %. Detta skulle innebära att det finns förutsättningar för att statistiskt kunna upptäcka skillnader också över tid för dessa arter och för totalabundans av epifauna. Övriga taxa som undersökts för statistisk

styrka visar på att fler stickprov skulle behövas för att kunna säkerställa motsvarande resultat (data visas inte). För de multivariata analyserna har vi inte kunnat göra några powerberäkningar. Generellt visar våra resultat emellertid att möjligheten att upptäcka statistiska skillnader är större med PERMANOVA än motsvarande faktoriella analyser med univariata tester.

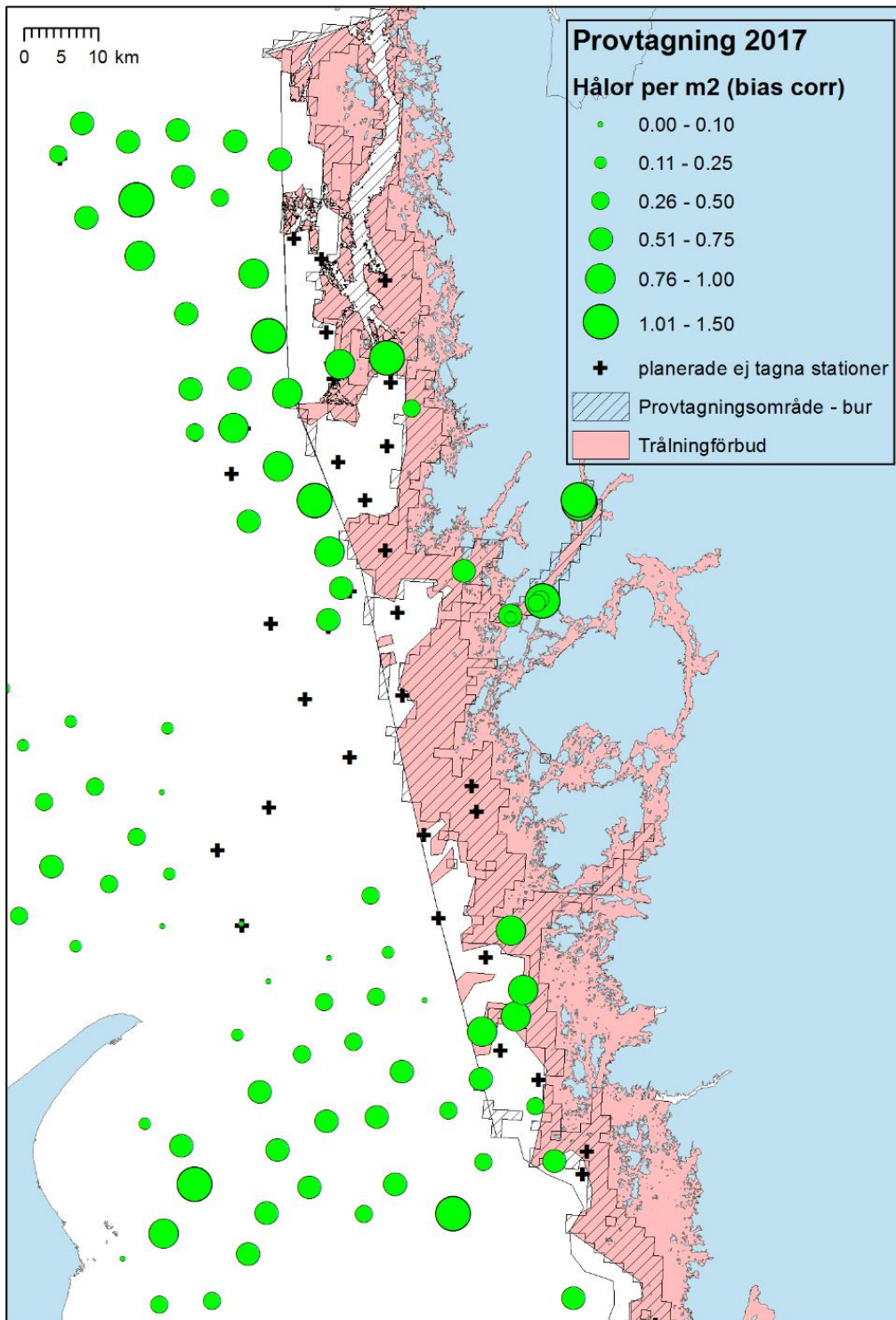


Figur 17. Graf av power (y-axel) vid olika nivåer av effektstorlek (x-axel) för olika stickprovsstorlekar för det skyddade området zon 4 i Bratten. I figuren presenteras som exempel powerberäkningar för *F. quadrangularis*.

Sammanfattningsvis visar undersökningen att kontroll- och skyddsområden i zonerna 4 och 9B skiljer sig åt i artsammansättning men att högre tätheter, särskilt av sjöpennor återfinns i skyddszonerna. Detta kan bero på att skyddszonerna är utpekade och avgränsade för att de innehåller unika värden, att en återhämtning i skyddszonerna har skett sedan 2017, eller att bottentrålningen varit olika intensiv redan innan skyddet infördes. Den senare förklaringen kan vara en bidragande orsak eftersom fiskeintensiteten t.ex. är koncentrerad till passagen mellan zonerna 4 och 5 (Figur 12).

4.4. Epifauna i trålade områden jämfört med områden fiskade med burar i mellersta Bohuslän

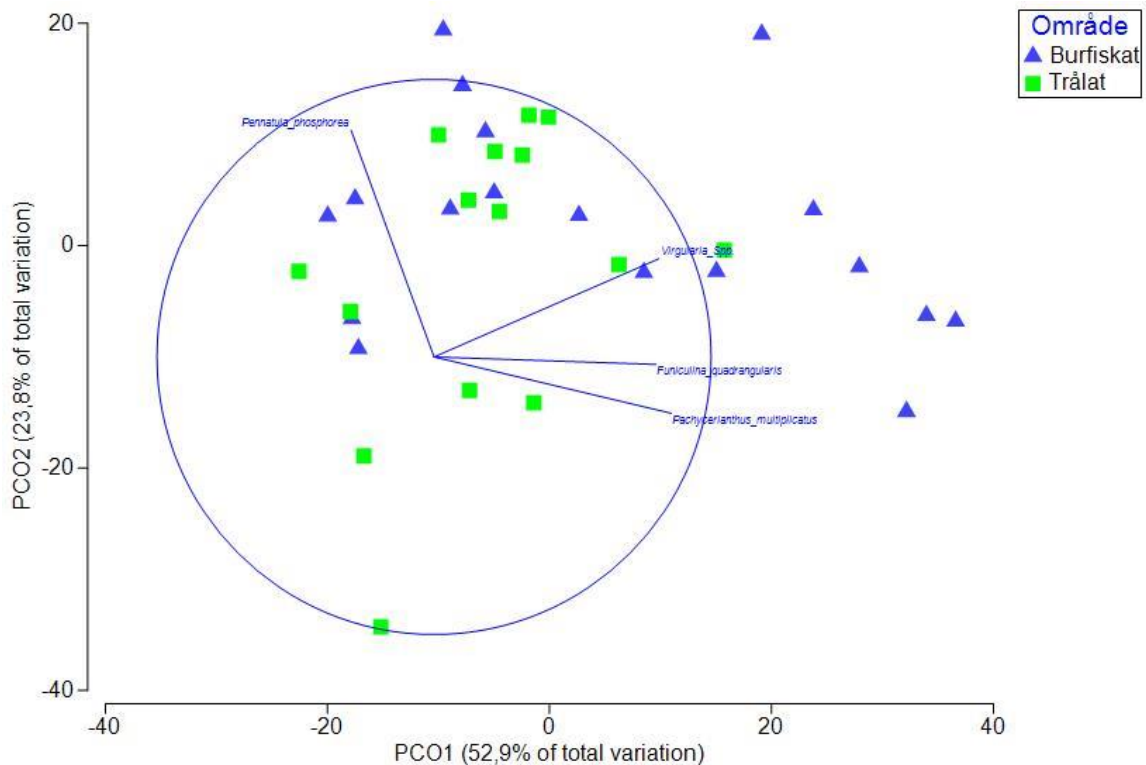
Fisket med burar efter havskräfta är omfattande längs den svenska västkusten och bedrivs huvudsakligen innanför trålgränsen. Att undersöka bottenarna med UWTV-släden är problematiskt då det utifrån bojmarkeringar inte går att avgöra var burarna och de länkar dessa är sammanfogade med, är placerade. De långa länkarna av burar medför alltså en stor risk att fastna i fiskeredskapen med UWTV-släden. År 2017 gjordes en särskild insats från SLU Aqua med telefonsamtal till samtliga burfiskare aktiva i de områden som skulle filmas för att i samråd komma överens om att de i möjligaste mån skulle flytta sina redskap så att undersökningar med släden kunde genomföras säkert. Undersökningen använde den gamla kamerautrustningen och fartyget U/F Asterix. Totalt filmades 18 transekter i burområdena vilka har analyserats och jämförts med närliggande trålade områden i mellersta Bohuslän (Figur 18).



Figur 18. Kartbild över tätheten av bohålor (antal / m²) längs Skagerrakkusten. Provtagningar i det rosa området är sådana där det fiskas med kräftburar. Provtagningsstationer som planerats men där inte provtagning kunnat genomföras eller där provtagningen p.g.a. siktförhållanden inte använts är markerade med ett kors (+).

Sammanlagt bedömdes 8 olika taxa från filmerna kunna kvantifieras med rimlig säkerhet med den gamla utrustningen varav två arter av sjöpenner *Pennatula phosphorea* och *Virgularia* spp. var dominerande.

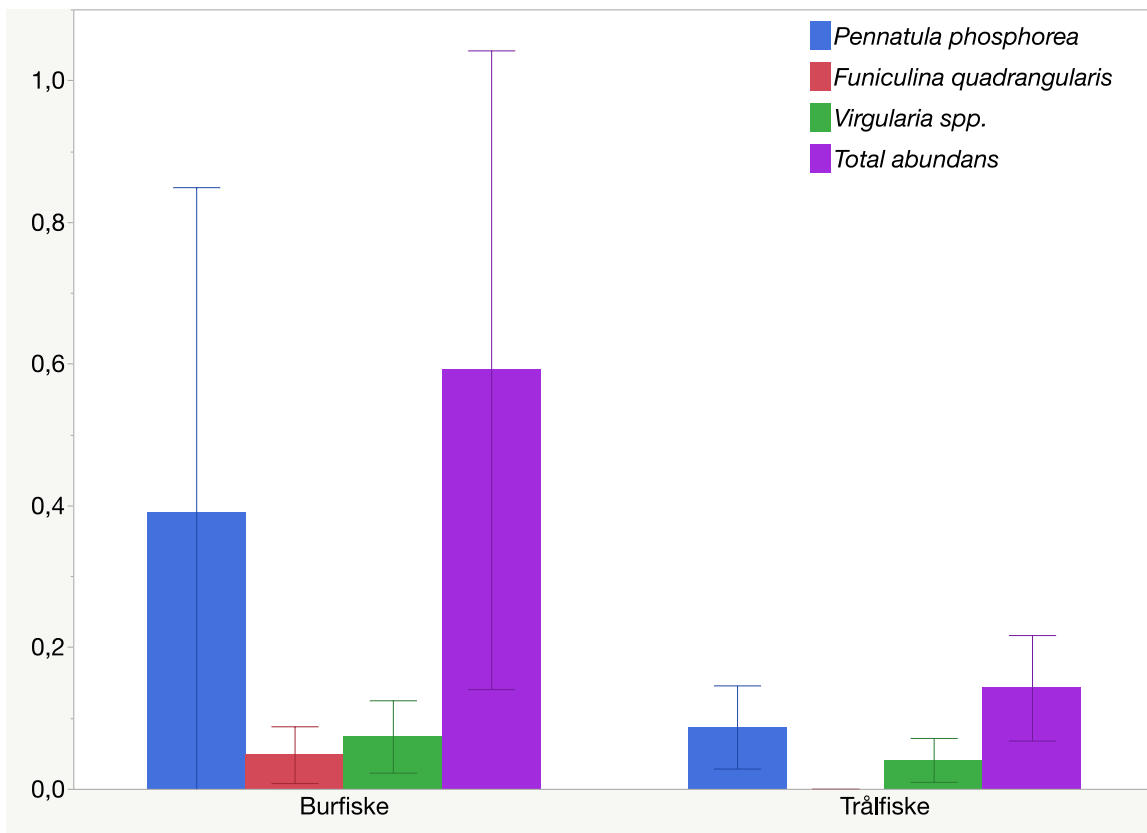
Multivariata analyser med PERMANOVA och faktorn Område (Burfiskat och Trålfiskat) visade på en signifikant skillnad mellan Områdena ($F_{1, 31} = 2,72$, $p = 0,048$). Resultatet analyserades med PCO-ordination för områdena vilka fördelade sig efter både PCO-axel 1 och 2. Bidraget från cylinderrosen *Pachycerianthus multiplicatus* och sjöpennorna *Virgularia* spp. och *F. quadrangularis* (samtliga vanligare i burfiskat område) fördelade sig efter PCO-axel 1 medan *P. phosphorea* (vanligare i burfiskat område) och Paguridae (vanligare i trålat område) fördelade sig efter PCO-axel 2, Figur 19).



Figur 19. Principal coordinate analysis PCO för artsammansättningen (antal individer av olika taxa) mellan områden med bur eller trålfiske. De mest bidragande arterna till skillnaden mellan områdena är cylinderrosen *P. multiplicatus* och sjöpennorna *Virgularia* spp. och *F. quadrangularis* som fördelar sig efter PCO-axel 1 som förklarar 52,9 % av den totala variationen. Sjöpennan *P. phosphorea* fördelar sig efter PCO-axel 2 som förklarar 23,8 % av variationen. Endast signifikant korrelerade arter med PCO-axel 1 och 2 visas ($R > 0,38$, $df = 31$, $p < 0,05$).

De vanligast förekommande sjöpennorna analyserades enskilt också med faktoriell ANOVA på motsvarande sätt som i den multivariata PERMANOVA-analysen.

Resultaten visade trots logaritmisk transformering av abundansen att varianserna var heterogena (Levenes test $p < 0,05$). Detta innebär att antaganden för variansanalys inte uppfylls. Därför testades de enskilda faktorerna område och tid med en Welch's test som är robust mot heterogena varianser. Endast totalabundans av epifaunan visade statistisk skillnad med större tätheter i de burfiskade områdena ($p = 0,03$). Fördelningen av ingående taxa antyder att det finns skillnader med fler individer av sjöfjäder (*Pennatula phosphorea*) i burområden jämfört med trålade områden men inga statistiska skillnader är signifikanta på artnivå. Den stora piprensaren (*Funiculina quadrangularis*) observerades inte alls i de trålade områdena (Figur 20). En närmare analys visar att den stora piprensaren återfanns endast i Gullmarsfjorden. Utbredningen av alla tre arterna var mycket fläckvis (patchiness). Det innebär för denna analys att det t.ex. inom burområdet både finns stickprov (transekter) där vi räknat som mest 438 kolonier av sjöpennor men också transekter med 0 eller enstaka kolonier i både trål- och burområdet.



Figur 20. Medelvärde ($\pm 95\%$ konfidensintervall) av antal sjöpennor per m^2 i områden med bur eller trålfiske samt totalabundans av epifauna. Skillnaden mellan områden för totalabundans N (lila staplar) är signifikant (Welch's test $p=0,03$)

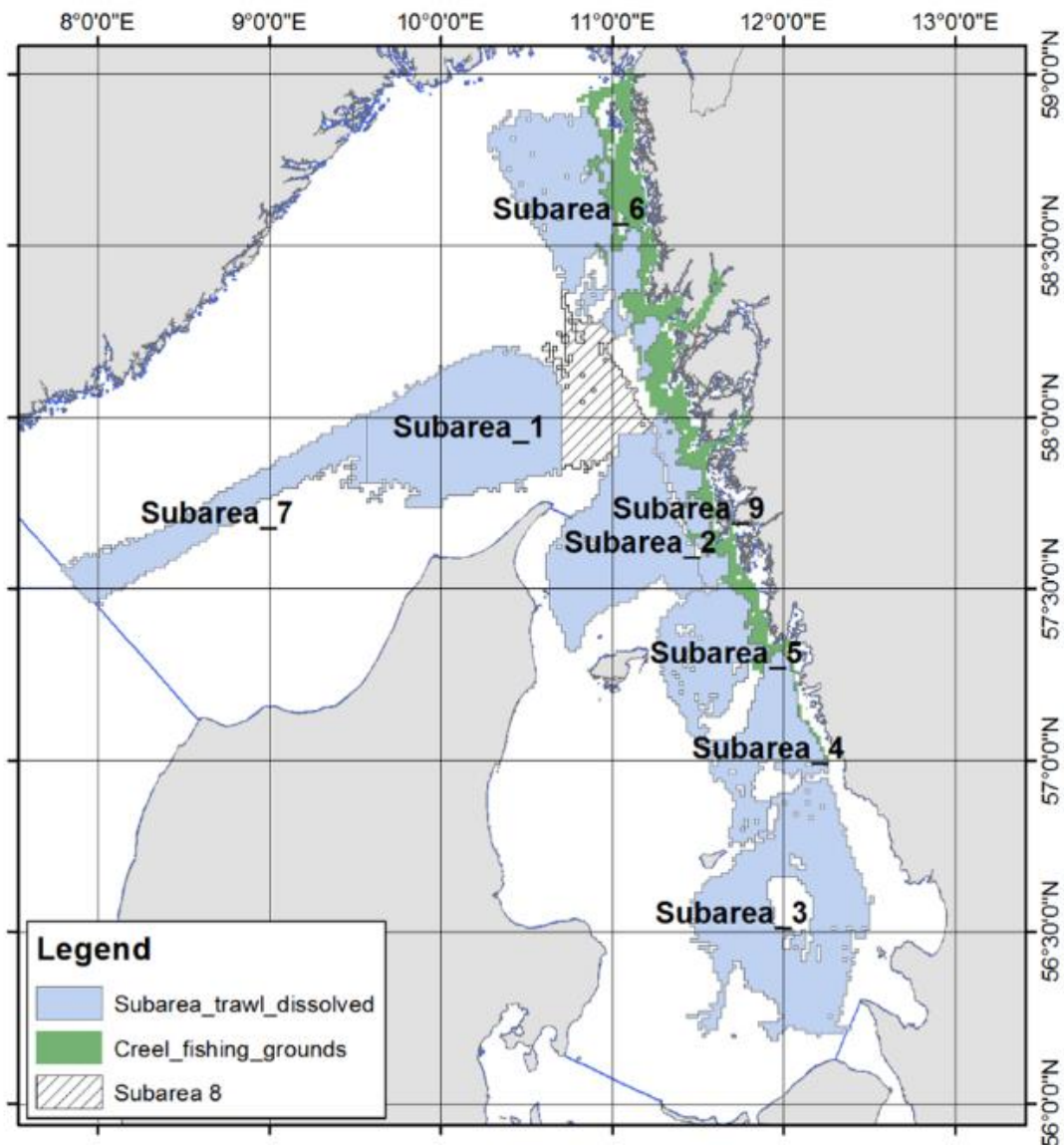
4.5. Videoundersökning av bohålor för havskräfta i Skagerrak och Kattegatt

Underlag för beståndsanalys av havskräfta utgörs av uppskattningar av tätheten bohålor (Figur 21). Tätheten beräknas direkt utifrån en standardiserad videofilmning av kräftbottnar med hjälp av UWTV (se t.ex. Leocadio m.fl. 2018). I Skagerrak och Kattegatt delas ansvaret för undersökningen av Sverige och Danmark och undersökningsområdet är definierat med hjälp av satellitdata från kräftfiskebåtar (trålfiskeområden) samt djupare mjukbottnar innanför den svenska trålgränsen (burområden). Undersökningsområdet har delats in i ett rutnät (1 200 x 1 200 m), som innehåller cirka 10 000 provtagningsrutor och omfattar cirka 13 000 km². Området är stratifierat utifrån en tidigare undersökningsdesign i 10 delområden (vilka i huvudsak avgränsar sammanhängande kräftfiskeområden). Undersökningsområdet täcker i princip djupare mjukbottnar från 25–250 m djup (se Figur 8). Områdena i Bratten som är djupare än provtagningsområdet täcks inte då de domineras av räk- och fiskfisken.



Figur 21. Havskräftan är karaktärsart för habitatet "Seapens and burrowing megafauna". Fisket med bottenrål sker främst nattetid då kräftorna är mer mobila på ytan av sedimentet. För beståndsanalys räknas antal bohålor som ett index på populationens status. Foto: Mattias Sköld

Utifrån provtagningsrutorna slumpas varje år cirka 200 stationer och genom att använda föregående års resultat fördelas provtagningsrutorna i de olika delområdena för att minimera den totala variationskoefficienten (CV). Dessutom fördelas provtagningsstationerna så att den rumsliga täckningen av varje område säkerställs (genom ett minimiavstånd mellan stationer).



Figur 22. Provtagningsområden för UWTV / havskräftundersökningar där trälområden visas i blått och det huvudsakliga området för burfiske är markerat med grönt.

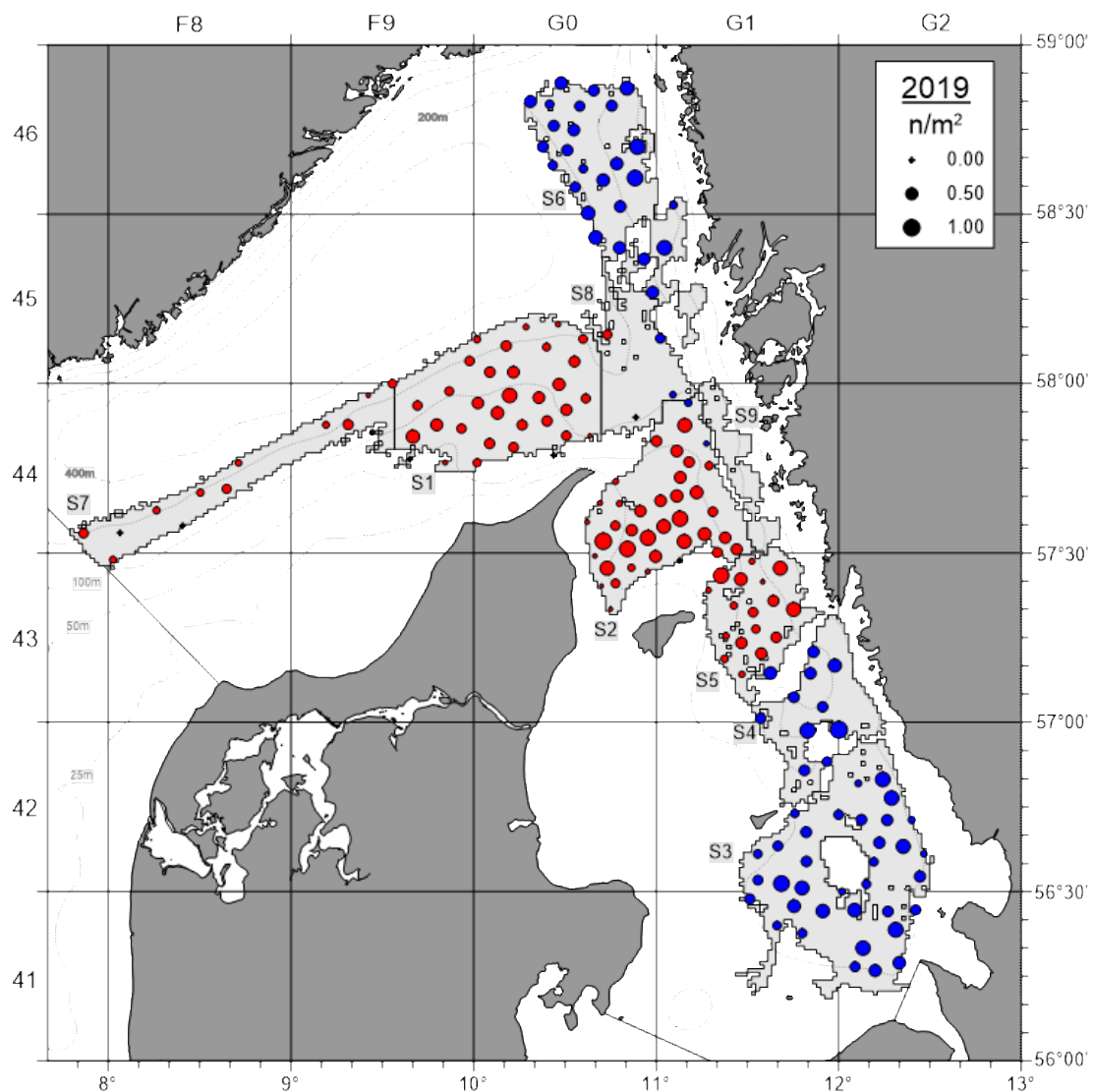
Sverige och Danmark ansvarar för provtagning på 100 stationer per land och Danmark täcker delområde i västra Skagerrak och norra Kattegatt (delområde 1, 2, 5 och 7) medan Sverige täcker östra Skagerrak, svensk kustzon samt södra Kattegatt (delområde 3, 4, 6 och 9 och burområden närmare kusten, Figur 22). På varje station dras släden fram över botten längs en sträcka på cirka 200 m. Personal tränade i att identifiera havskräftans bohålskomplex räknar sedan antalet bohålor per transekt. Utifrån dessa beräkningar uppskattas täthet av havskräftbon, vilket möjliggör en uppskattning av totala mängden havskräfta inom hela undersökningsområdet (Figur 23).

Resultatet från 2019-års undersökning visas i Figur 24 som ett exempel där svenska respektive danska stationer visas som blå respektive röda cirklar. En typisk ungefärlig täthet av bohålor är cirka 0.5 per m². Burområdet längs svenska kusten ingår i undersökningen med cirka 10 stationer årligen. På grund av det omfattande burfisket som pågår, men också beroende på bristfällig detaljerad information om bottenstrukturer och topografi, har det speciellt i burområdet historiskt varit svårt att uppnå fullständig provtagning.

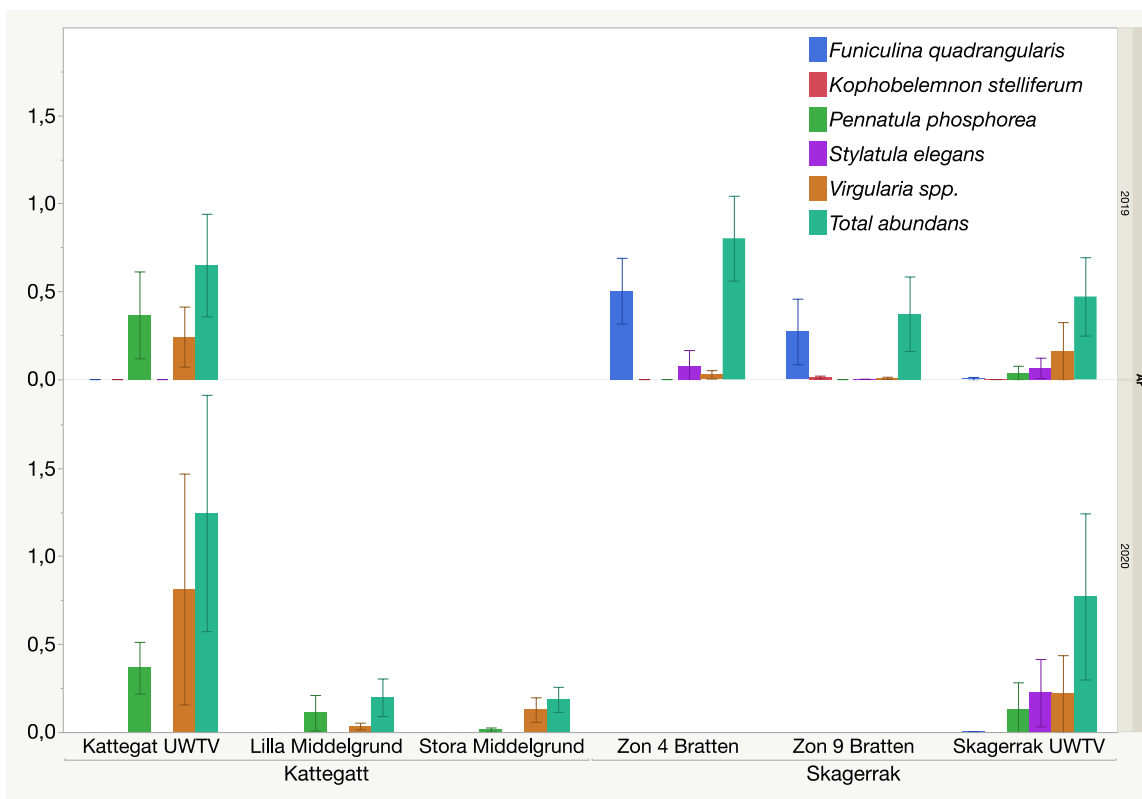
UWTV-undersökningen har alltså använts för delstudierna av epifauna i det fiskefria området i Kattegatt (avsnitt 4.1) och burområdena i denna rapport (4.3). För undersökningarna i Bratten (4.2) kan jämförelser göras med djupare transekter som filmas i UWTV-undersökningen, liksom områden på Kattegatts utsjöbank (Lilla och Stora Middelgrund och Röde bank). På motsvarande sätt kan UWTV-undersökningarna från dessa studier riktade mot undersökningar av effekter av fiskeregleringar komplettera den övergripande havsområdesvisa analysen av epifaunan i Kattegatt och Skagerrak. Hela täckningen visas i Figur 8 och exempel på hur jämförbara data på abundans av epifaunan kan redovisas havsområdesvis i Figur 25.



*Figur 23. Bild från UWTV-undersökningen 2021 av bohålor för havskräfta, sjöpenan *Stylatula elegans* och sjöborrar *Brissopsis lyrifera*. Längs sidorna ses gröna streck och röda prickar från lasermarkörer som indikerar bredden i bilden som är 80 cm. Foto: Patrik Jonsson.*



Figur 24. Resultatet från 2019-års UWTV undersökning av havskräfta. Danska respektive svenska stationer är markerade med röda respektive blå cirklar. Cirklarnas storlek är proportionell mot tätheten av bon på provtagningsstationen.



Figur 25. Medelvärde ($\pm 95\%$ konfidensintervall) av antal sjöpenor per m^2 samt totalabundans av epifauna i UWTV undersökningen åren 2019 och 2020 samt undersökningarna i Bratten och på utsjöbankarna i Kattegatt. Tomma staplar 2019 i Kattegatt och 2020 i Skagerrak är inte provtagna dessa år.

5. Sammanfattande diskussion, slutsatser och rekommendationer

I denna studie har vi jämfört mängden sjöpennor och totala abundansen av epifauna som möjliga indikatorer för status av epifauna på mjukbottnar i Kattegatt och Skagerrak. Fördelningen av arter av sjöpennor skiljer sig åt mellan havsområden och djup. I samtliga områden är sjöpennor bland de dominerande arterna som analyseras med denna metod och i samtliga fallstudier är också den totala abundansen av epifaunan högre i områden skyddade från bottentrålning än i närliggande jämförbara områden som bottentrålas. Resultaten antyder också olika känslighet för epifaunan för påverkan av bottentrålning och störst skillnad återfinns för den stora piprensaren *F. quadrangularis* som återfanns i cirka 8 gånger högre täthet i de skyddade områdena i det djupa området Bratten jämfört med närliggande trålade områden. I delar som bottentrålas i Skagerrak öster om Bratten var både *F. quadrangularis* och *K. stelliferum* mycket sällsynta medan de mindre arterna, främst *Virgularia* spp. var vanligare. I Kattegatt och kustnära Skagerrak dominerade sjöpennorna *Virgularia* spp. och *P. phosphorea* med endast enstaka observationer av andra arter av sjöpennor. I dessa grundare områden visade *P. phosphorea* statistiska skillnader med lägre abundans i trålade jämfört med skyddade områden i Kattegatt men inte *Virgularia* spp.

Vad gäller tolerans för bottentrålning bekräftar resultaten i denna studie mönster som indikerar att den känsligaste arten av undersökta sjöpennor är *F. quadrangularis* och den tåligaste *Virgularia* spp. (Lundälv och Jonsson 2000; Greathed m.fl. 2007). Indikatorn totalabundans av epifauna kan mot den bakgrunden vara en bra variabel att inkludera då det innebär avsevärt färre ”nollor” i data som testas och därmed bidrar till bättre förutsättningar för statistiska analyser. Resultaten visar tydligt att de multivariata analyserna med PERMANOVA är ett bättre alternativ för att visa på skillnader mellan områden med och utan skydd än enskilda arter och indikatorn totalabundans. Icke-parametriska multivariata analyser som PERMANOVA kan visa på tydliga korrelationer mellan hur olika arter bidrar till skillnader mellan olika undersökta faktorer. Dessa multivariata analyser är inte känsliga för att det finns många nollor i stickproverna och eftersom de undersöker hela artsammansättningen samtidigt är de också effektivare på att

identifiera statistiska skillnader jämfört med motsvarande univariata analyser av olika diversitetsindex (Warwick 1993).

Samtliga arter av sjöpennor uppvisar mycket fläckvisa utbredningsmönster. Trots att en relativt stor yta filmas per transekt (ca 150 m²) saknar flera transekter helt sjöpennor, medan andra kan ha relativt höga antal. Biologiskt kan de fläckvisa förekomsterna bero på olika anpassningar till miljön, men också kopplas till att sjöpennor generellt har relativt begränsad larvspridningsförmåga. Larverna lever på upplagrad näring s.k. lecitotrofa planularlarver och har kort stadium i den fria vattenmassan, cirka en vecka, innan de slår sig ner på botten (Barnes 1982). En förklaring till de fläckvisa mönstren är sannolikt också att påverkan från bottentrålningen är ojämnt fördelad, då yrkesfisket anpassar sig till hinder i miljön och därför oftast följer sina beprövade tråldrag. Det innebär att det även i intensivt trålade områden kan finnas refuger för arter där de inte direkt påverkas av den fysiska störningen av bottentrålningen.

Jämförelserna i denna rapport mellan skyddade och bottentrålade områden bekräftar tidigare beskrivna mönster om att känsligheten för fysisk störning från bottentrålning är störst för storväxta arter av sjöpennor, medan de mindre arterna är mindre känsliga. Bidragande förklaringar till att flera av de mindre arterna är tåligare, förutom att de genom sin storlek är mindre utsatta för redskapens påverkan, kan vara att de kan dra ner sig i sedimentet samt lättare återetablera sig om de ryckts upp (Barnes 1982, Ambroso m.fl. 2013). Att olika arter uppvisar olika känslighet för en miljöstörning är att förvänta då egenskaper som organismers livslängd, reproduktionsstrategi, spridningsförmåga, mobilitet och storlek visat sig vara kopplade till arters känslighet och förmåga till återhämtning (Bolam m.fl. 2014, Rijnsdorp m.fl. 2018). Resultat från studier av epifaunan i denna rapport visar sammanfattningsvis att effekter kan kopplas till påverkan från fysisk störning av havsbotten från bottentrålning och att dessa effekter kan övervakas med UWTV-metodiken. Detta är viktiga förutsättningar för miljöövervakning och val av indikatorer.

En bra miljöövervakning på större skala som Skagerrak och Kattegatt eller Nordsjön i enlighet med Havsmiljödirektivets avgränsning, förutsätter att området kan övervakas i sin helhet med någon form av strategisk design och stickprovtagning. En miljöövervakning som kan beskriva status av bevarandevärden i marina skyddsområden förutsätter å andra sidan högre upplösning på provtagningar i avgränsade områden, men också jämförbara kontrollområden som inte skyddas och möjligheter till jämförelser med den generella utvecklingen i havsområdet. Dessa två ansatser innebär utmaningar för samordning av miljöövervakningen, då provtagningsmetodik och design ofta skiljer

sig åt beroende på syfte. En miljöövervakning av epifauna har dock goda förutsättningar att med återkommande utvärderingar kunna kombinera de undersökningar som görs för uppskattning av bohålor för havskräfta med övervakningsprogram för epifauna i marina skyddsområden. Metodiken med UWTV är jämförbar och filmar standardiserat en area av havsbotten för kvantitativa analyser av taxa. Jämförbarheten och möjligheten att över tid upprepa undersökningarna kan också säkerställas med ett modernt forskningsfartyg som Svea med avseende på stabilitet, framdrift, positioneringsmöjligheter och långsiktighet. Det föreslås därför att den storskaliga övervakningen utförs på detta sätt, medan övervakningen i marina skyddsområden kompletteras med analyser liknande de som gjorts i denna rapport i Kattegatt och Skagerrak (se Figur 25). De marina skyddsområdenas för bottenrålning stängda zoner bidrar också med provtagningar i det storskaliga perspektivet genom att tillföra information från områden opåverkade av bottenrålning och eventuellt annan mer lokal miljöpåverkan. För övervakningen av marina skyddsområden tillför den storskaliga övervakningen istället information om den generella utvecklingen i havsområdet.

Baserat på ovanstående resonemang föreslås därför ett långsiktigt övervakningsprogram enligt följande:

- Metodik och indelning i taxa som övervakas följer beskrivningar i denna rapport för UWTV med transekter med en yta av cirka 150 m².
- En databas upprättas med standardiserings- och kvalitetssäkringsrutiner med utgångspunkt i indelningar och de data som analyserats i denna rapport.
- Havsområdesövervakning i Skagerrak och Kattegatt utförs årligen med epifaunaanalyser (se metoder ovan) av den s.k. UWTV-survey som genomförs samordnat av ICES och inom EU:s Data Collection Framework (DCF). Undersökningen täcks av Sverige i stora delar av Kattegatt och östra Skagerrak. På sikt finns möjligheter till ytterligare samordning med Danmark då undersökningen är samordnad för att täcka havskräft habitat i hela förvaltningsområdet Kattegatt och Skagerrak (ICES IIIA; Figur 8). Undersökningen är stratifierad slumpvis för att täcka havskräftans habitat vilket innebär huvudsakligen sedimentbottnar med lera och sand i djupintervallet 25–200 m.
- Övervakning av fiskeregleringar i marina skyddsområden med fokus på epifauna genomförs med motsvarande metodik enligt förslag framtaget av SLU Aqua på uppdrag av Havs- och vattenmyndigheten. Förslagen omfattar kontrasterande studier med återbesök av fasta stationer som redovisas för Natura 2000 området Bratten i denna rapport men omfattar också Natura 2000 områdena Lilla Middelgrund, Stora Middelgrund och Röde bank samt Kosterhavets nationalpark. Dessa områden övervakas vart

tredje år i ett återkommande rullande program på uppdrag av Havs- och vattenmyndigheten.

- Utvärderingar bygger på båda programmen dvs. havsområdesvis och skyddsområden och kan förslagsvis genomföras inför Havsmiljödirektivets rapporteringar vart sjätte år.

6. Referenser

- Ambroso, S., Dominguez-Carrió, C., Grinyó, J., López-González, P. J., Gili, J.-M., Purroy, A., Requena, S. & Madurell, T. (2013). In situ observations on withdrawal behaviour of the sea pen *Virgularia mirabilis*. *Marine Biodiversity* 43:257-258.
- Anderson, M. J., Gorley, R. N. & Clarke, K. R. (2008). PERMANOVA + for PRIMER: guide to software and statistical methods. PRIMER-E, Plymouth
- Barnes, R. D. (1982). Invertebrate Zoology. Philadelphia, PA: Holt-Saunders International. pp. 168-169. [ISBN0-03-056747-5](#).
- Bergström, U., Sköld, M., Wennhage, H. & Wikström, A. (2016). Ekologiska effekter av fiskefria områden i Sveriges kust- och havsområden. Aqua reports 2016:20. Institutionen för akvatiska resurser, Sveriges lantbruksuniversitet, Öregrund. 207s.
- Bolam, S. G., Cogan, R. C., Eggleton, J., Diesing, M. & Stephens, D. (2014). Sensitivity of macrobenthic secondary production to trawling in the English sector of the Greater North Sea: a biological trait approach. *Journal of Sea Research* 85:162-177.
- Fairweather, P. G. (1991). Statistical power and design requirements for environmental monitoring. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research* 42:555-567.
- Greathead, C. F., Donnan, D. W., Mair, J. M. & Saunders, G. R. (2007). The sea pens *Virgularia mirabilis*, *Pennatula phosphorea* and *Funiculina quadrangularis*: distribution and conservation issues in Scottish waters. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 87:1095-1103.
- Havs och vattenmyndigheten 2016. Mjukbottenlevande makrofauna, trend- och områdesövervakning. Version 1:2 2016-12-08 <https://www.havochvatten.se/download/18.2a9deb63158ceb2b45Odd5/1481269871386/mjukbottenmakrofaunatrendovervakningkustohav.pdf>

- Hiddink, J. G., Moranta, J., Balestrini, S., Sciberras, M., Cendrier, M., Bowyer, R., Kaiser, M. J., Sköld, M., Jonsson, P., Bastardie, F. & Hinz, H. (2016). Bottom trawling affects fish condition through changes in the ratio of prey availability to density of competitors. *Journal of Applied Ecology* 53:1500-1510.
- Jonsson, L. (2010). Inventering med ROV av epibottenfauna - för uppföljning av effekterna av det reglerade räktrålfisket i Gullmarn. Länsstyrelsen Västra Götalands län. Rapport 2011:02 <http://www.lansstyrelsen.se/vastragotaland/SiteCollectionDocuments/Sv/publikationer/2011/2011-02.pdf>
- Karlsson, A., Berggren, M., Lundin, K. & Sundin, R. (2014). Svenska artprojektets marina inventering – slutrapport. ArtDatabanken rapporterar 16. ArtDatabanken, SLU. Uppsala.
- Kilnäs, M. (2013). Förslag till fiskeregleringar i Bratten – Rapport från projekt Hav möter Land. Rapport nr: 2013:103. Hav möter Land, Länsstyrelsen i Västra Götalands län. ISSN: 1403-168X. s56.
- Leocádio, A., Weetman, A., & Wieland, K. (Eds). (2018). Using UWTV surveys to assess and advise on *Nephrops* stocks. ICES Cooperative Research Report No. 340. 49 pp. <https://doi.org/10.17895/ices.pub.4370>
- Lindegarth, M., Carstensen J. & Johnson, R. K. (2013). Uncertainty of biological indicators for the WFD in Swedish water bodies: current procedures and a proposed framework for the future. Deliverable 2.2-1, WATERS Report no. 2013:1. Havsmiljöinstitutet, Sweden.
- Lundälv, T. & Jonsson, L. (2000). Inventering av Koster-Väderöområdet med ROV-teknik. En pilotstudie. Naturvårdsverkets rapport 5079.
- McConnaughey, R. A., Mier, K. L. & Dew, C. B. (2000). An examination of chronic trawling effects on soft-bottom benthos of the eastern Bering Sea. *ICES Journal of Marine Science* 57:1377-1388.
- Manly B. F. J. (1997). Randomization, bootstrap and monte carlo methods in biology: 2nd edition. Chapman and Hall, London, 399 pp.
- OSPAR. (2010). Background Document for Seapen and Burrowing megafauna communities. ISBN 978-1-907390-22-7 Publication Number: 481/2010 https://qsr2010.ospar.org/media/assessments/Species/P00481_Seapen_and_burrowing_megafauna.pdf

- Rijnsdorp, A. D., Bolam, S. G., Garcia, C., Hiddink, J. G., Hintzen, N. T., van Denderen, P. D. & van Kooten, T. (2018). Estimating sensitivity of seabed habitats to disturbance by bottom trawling based on the longevity of benthic fauna, *Ecological Applications* 28:1302-1312.
- Sandman Nyström, A., Christiernsson, A., Fyhr, F., Lindegarth, M., Kraufvelin, P., Bergström, P., Fredriksson, R., Bergström, U. & Hogfors, H. (2020). Grön infrastruktur i havet - landskapsperspektiv i förvaltningen av Sveriges marina områden. Rapport/ Naturvårdsverket rapport 6930.
- Sköld, M., Göransson, P., Jonsson, P., Bastardie, F., Blomqvist, M., Agrenius, S., Hiddink, J. G., Nilsson, H. C. & Bartolino, V. (2018a). Effects of chronic bottom trawling on soft seafloor macrofauna in the Kattegat. *Marine Ecology Progress Series* 586:41-55.
- Sköld, M., Nilsson, H. C. & Jonsson, P. (2018b). Bottentrålning - effekter på marina ekosystem och åtgärder för att minska bottenpåverkan. Aqua reports 2018:7. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för akvatiska resurser, Öregrund Drottningholm Lysekil. 62 pp. https://www.slu.se/globalassets/ew/org/inst/aqua/externwebb/sidan-publikationer/aqua-reports-xxxx_xx/aqua-reports-2018-7.pdf
- Underwood, A. J. (1997). Experiments in Ecology: their logical design and interpretation using analysis of variance. Cambridge University Press.
- Warwick, R. M. (1993). Environmental impact studies on marine communities: Pragmatical considerations. *Australian Journal of Ecology* 18:63-80.

Tack

Arbetet finansierades via bidrag från Havs- och vattenmyndigheten (dnr 1152-20 och 275-21). Vi vill framför allt tacka alla som arbetat i fält med filmarbetet med UWTV Mats Ulmestrand, Svend Koppetsch, Peter Jakobsson, Baldvin Thorvaldsson och Filip Bolin samt besättningarna på RV Svea, Asterix och Havfisken. Göran Sundblad och Patrik Kraufvelin gav värdefulla förslag till förbättring av tidigare manuskript, och Karolina Wikström och Malin Werner hjälpte oss med den slutliga redigeringen av rapporten.

Bilaga . Instruktioner för videoanalysprogrammet BORIS

Instruktioner för videoanalysprogrammet BORIS

1. Ladda ned och **installera** BORIS (<http://www.boris.unito.it/pages/download.html>).
2. **Skapa ett projekt:** *File --> New Project*. Inom detta projekt kommer alla analyserade videofilmer ha samma observationslista och tidsformat.
 - a. Fyll i projektets namn.
 - b. Välj tidsformat, sekunder fungerar bäst eftersom att man kommer att arbeta vidare med sina data i Excel när man är klar med videoanalyserna (Bild 1).

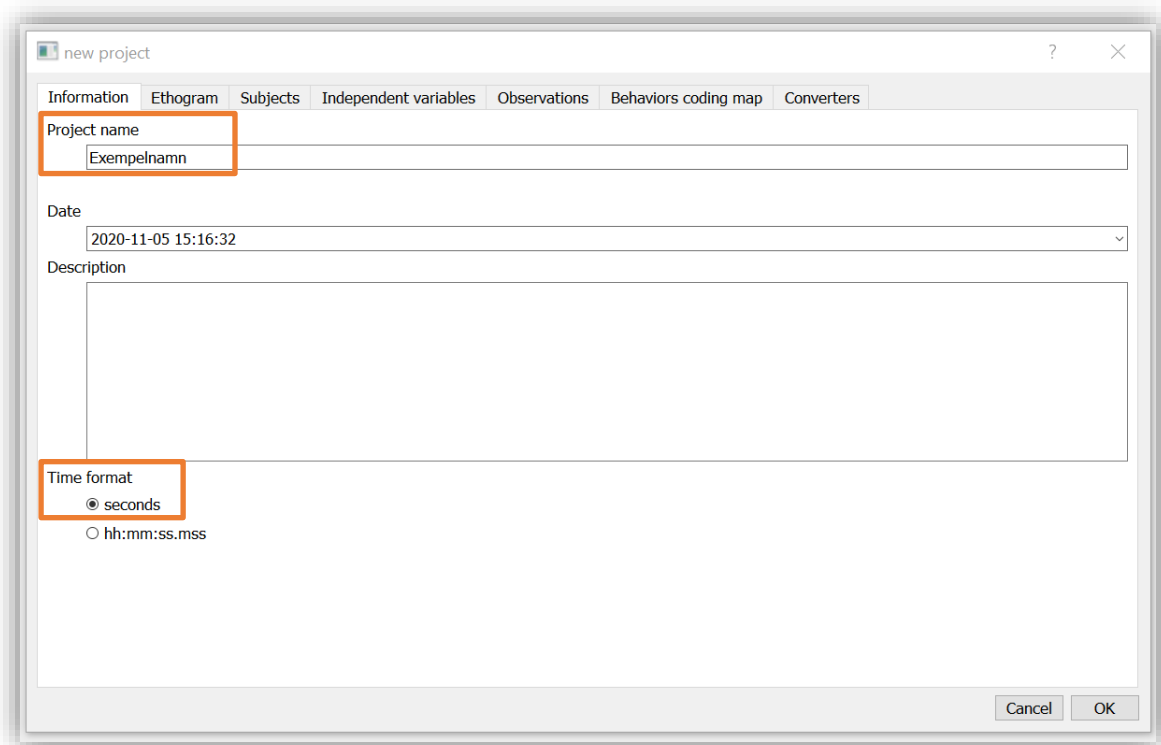


Bild 1 – Skapa ett projekt.

3. **Skapa en observationslista** med det som ska noteras (observationer av arter/händelser osv) under fliken "Ethogram" (Bild 3). Det enklaste sättet har för mig varit att skapa listan i Excel och kopiera den (Bild 2), sedan importeras den till BORIS med "Import from clipboard" (Bild 3). En observationslista som använts för mjukbotten finns i slutet av dokumentet.

BORIS är framtaget för beteendestudier, därför heter det "Ethogram" och "Behavior" istället för observationslista och observation. Av samma anledning så heter en station/transekt istället "Observation". Så för att påbörja en analys av en videofilm från en station/transekt så väljer man "New observation", se steg fyra. När observation nämns utan citationstecken/kursiv stil i detta dokument menas en observation av en art/händelse som man noterar under sin videoanalys.

Det finns två olika sorters observationer (Behavior type). Den ena heter "Point event" och används för att notera enskilda observationer, till exempel av en individ. Den andra heter "State event" och används för att notera sådant som har en varaktighet, alltså en början och ett slut, till exempel

"Dålig sikt" (Bild 3). Genom att hantera observationer som har en varaktighet som "State events" kan man i efterhand till exempel dra bort den tiden som angetts som "Dålig sikt" från videofilms totala tid på ett smidigt sätt (i Excel).

	A	B	C	D	E
1	Klipp och klistra in i BORIS (utan rubriker)	Behavior type	Key	Code (det som visas i datakolumnen)	Description
2		Point event	h	Actiniidae	Havsanemoner
3		Point event	a	Annat (se kommentar)	Annat (se kommentar)
4		Point event		Asteroidea	Sjöstjärnor
5		Point event	x	Asteronyx loveni	Asteronyx loveni
6		Point event	r	Batoidea	Rockor
7		Point event		Bolocera tuediae	Bolocera tuediae
8		Point event	b	Brissopsis lyrifera	Lyrsjöborre
9		Point event	c	Ceriantharia	Cylinderrosor
10		Point event		Dendrochirotida	Grävande sjögurka
11		State event	d	Dålig sikt	Dålig sikt
12		Point event	e	Echinoidea	Sjöborrar
13		Point event		Edwardsiidae	Edwardsiidae

Bild 2 – Skapa en observationslista i Excel, markera och kopiera listan som i bilden (utan rubriker).

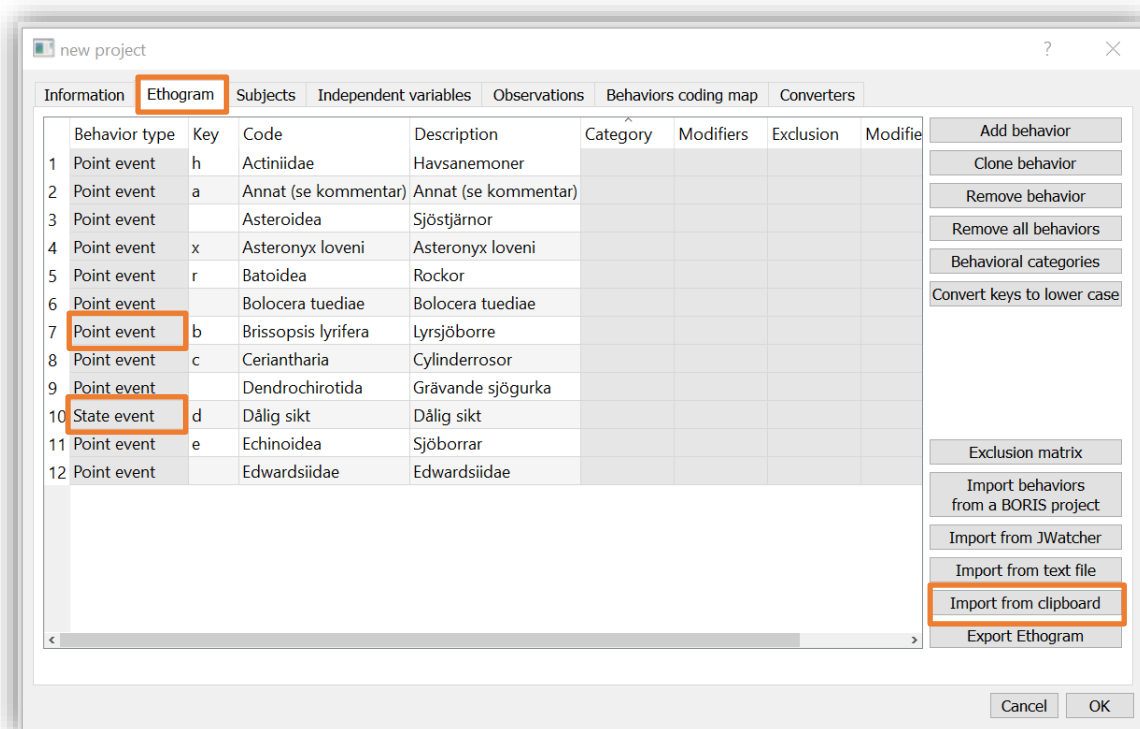


Bild 3 – Den kopierade observationslistan importeras med "Import from clipboard".

4. Projektet är skapat och kan man **påbörja videoanalysen**. Välj *Observations* --> *New observation* (Bild 4). OBS! En "Observation" är en transekt/station.
 - a. Fyll i "Observation id", tex transektens namn.
 - b. Lägg till filmen – "Add media".
 - c. Klicka på "Start" för att påbörja analysen.

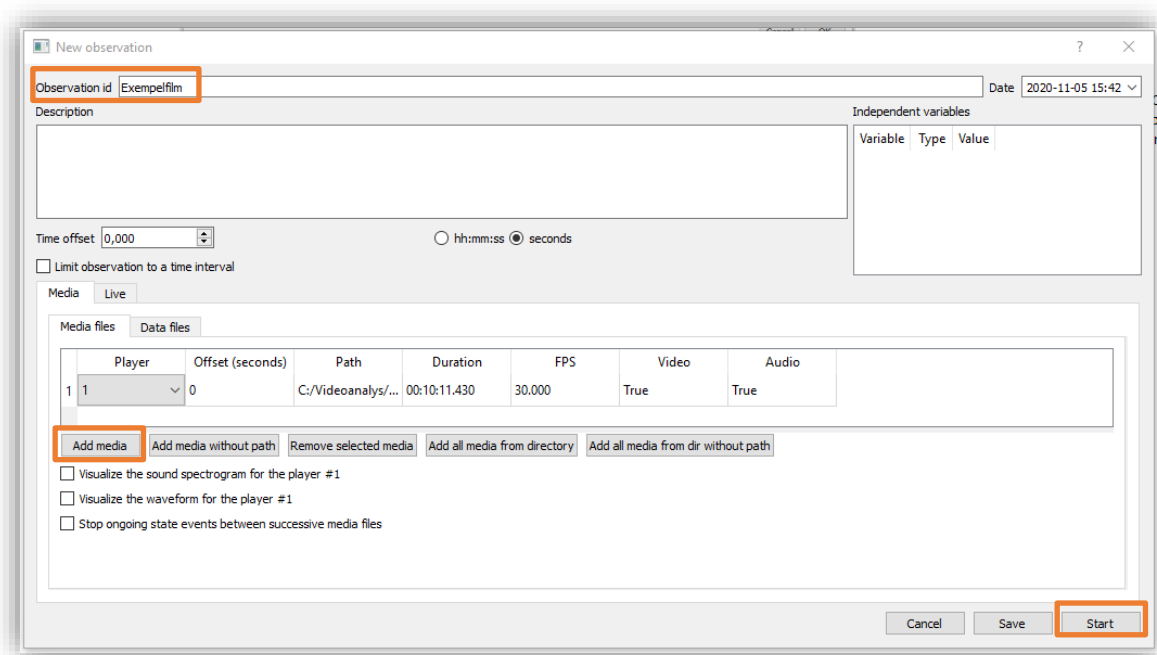


Bild 4 – Skapa en transekt/station för att påbörja en videoanalys.

5. När man är färdig med en videoanalys så ska man **spara den som ett Excel-dokument**.
 - a. Välj *Observations* --> *Export events* --> *Aggregated events* --> Välj den fil som har analyserats --> *OK* --> *OK* --> Välj vart filen ska sparas, dess filnamn och i vilket filformat den ska sparas i (Microsoft Excel Spreadsheet XLSX (*.xlsx)).
6. Gör om steg 4-5 tills videomaterialet är färdiganalyserat. Glöm inte att vila ögonen ibland!

Tips och tricks

De olika **fönsterna går att flytta** omkring och deras storlek kan justeras. Vid arbete på en liten skärm (laptop) bör storleken på videofönstret göras så stort som möjligt för att man inte ska missa något litet. Vid arbete på en stor skärm behöver man inte alltid göra videofönstret så stort det går, då kan det bli svårt att överblicka hela området. Se bild fem för ett exempel på hur fönster kan placeras.

Användbara **kortkommandon** (utöver de man själv valt när man skapade observationslistan):

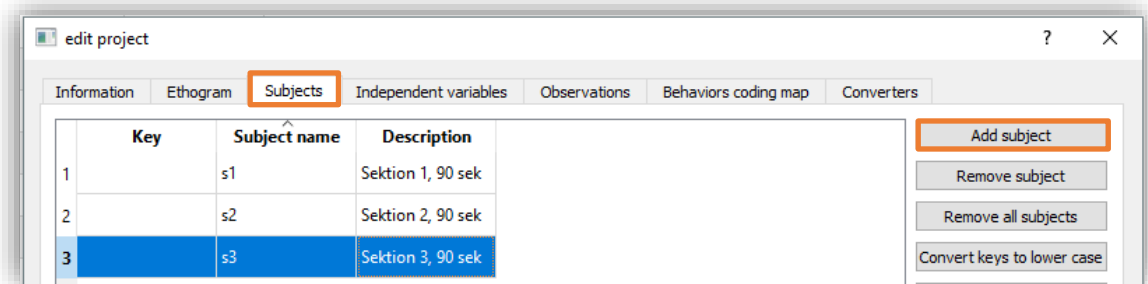
- **↑** (pil upp) = hoppa **framåt** i klippet.
- **↓** (pil ned) = hoppa **bakåt** i klippet.
Antal sekunder man förflyttar sig framåt/bakåt i klippet kan justeras i *File* --> *Preferences* --> *Project* --> *Fast forward/backward speed (seconds)*. Jag brukar ha den inställd på 2 sekunder.
- **Mellanslag** = **pausa/påbörja** uppspelningen.

Ibland måste man **justera uppspelningshastigheten** för att hinna med att notera alla observationer, detta görs med knapparna + och – under menyraden. Tryck på = för att återgå till normal uppspelningshastighet.

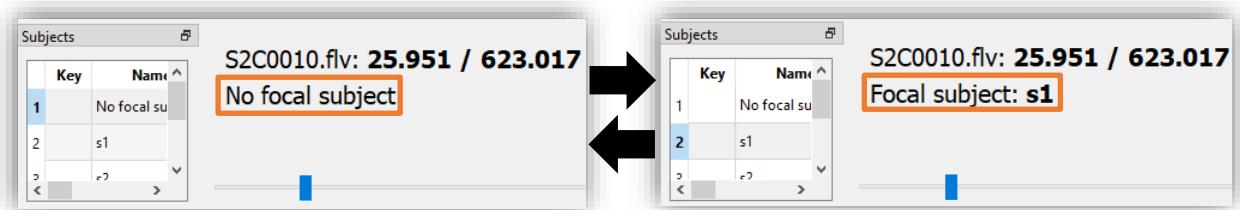
Dela in en videotranssekt i sektioner

Ibland kan det vara bra att kunna dela in en videofilm i flera stycken kortare sektioner utan att klippa i videofilmen, till exempel om man ska analysera flera stycken 90 sekunders-sektioner som har slumpats ut i samma videofilm. För att göra detta används det som i BORIS heter "Subjects". I beteendestudier används "Subjects" för att kunna följa och notera vilken individ som gör vad, men här används det för att skapa sektioner (inom vilka observationerna hamnar), ungefär som **en ytterligare indelning**.

1. Vid skapandet av projektet (eller i efterhand, *File --> Edit project*) kan man lägga till "Subjects".



2. För att påbörja noteringar i en sektion så dubbelklickar man på rätt sektion i "Subjects"-fönstret som finns i nedre vänstra hörnet i BORIS. När den bestämda tiden för sektionen har passerat (till exempel 90 sekunder) avslutas sektionen genom att man dubbelklickar på "No focal subject" i "Subject"-listan.



När ett "Subject" är aktiverat syns det i "Event"-fönstret. I exemplet till höger så var inte "Subject" (sektion s1) aktiverat för observationen som gjordes vid 0 sekunder (rad 1).

	time	subject	code
1	0.000		Brissopsis lyrifera
2	0.433	s1	Brissopsis lyrifera
3	0.683	s1	Brissopsis lyrifera
4	0.807	s1	Brissopsis lyrifera

För att kunna hålla koll på längden på en sektion kan man skapa ett "State event" i observationslistan som man påbörjar och avslutar samtidigt som sin sektion (kolumnen "Code" i BORIS blir "Behavior" i Excel-dokumentet (se grön markering i bilden nedan)). I bilden nedan heter detta "State event" "Sektion (90s)" och har aktiverats samtidigt som sektionen "s1". Om man avslutar och påbörjar en sektion många gånger, när det till exempel är dålig sikt kan det bli svårt att hålla koll på hur lång den är. Då kan det vara läge att spara videoanalysen (steg 5 i föregående instruktioner) och öppna Excel-dokumentet för att räkna ihop längden på de olika "delsektionerna". Det tar tyvärr en del tid om man behöver göra det många gånger, men det fungerar. I exemplet nedan behövdes inte det.

BORIS → EXCEL

Events for "Lai31" observation				
	time	subject	code	type
6	85.568		Pennatula phosphorea	
7	90.317	s1	Sektion (90s)	START
8	97.818	s1	Pennatula phosphorea	
9	98.067	s1	Pleuronectiformes	
10	102.318	s1	Pennatula phosphorea	
11	103.067	s1	Pennatula phosphorea	
12	108.068	s1	Pennatula phosphorea	
13	109.568	s1	Pennatula phosphorea	
14	114.068	s1	Pleuronectiformes	
15	165.319	s1	Pennatula phosphorea	
16	168.568	s1	Pleuronectiformes	
17	180.597	s1	Sektion (90s)	STOP
18	187.817		Pennatula phosphorea	

F	G	H	I	J	K	L	M
Subject	Behavior	Beh Mo	Behavior type	Start (s)	Stop (s)	Duration (s)	
No focal subject	Pennatula phosphorea		POINT	85.568	85.568	NA	
s1	Sektion (90s)		STATE	90.317	180.597	90.280	
s1	Pennatula phosphorea		POINT	97.818	97.818	NA	
s1	Pleuronectiformes		POINT	98.067	98.067	NA	
s1	Pennatula phosphorea		POINT	102.318	102.318	NA	
s1	Pennatula phosphorea		POINT	103.067	103.067	NA	
s1	Pennatula phosphorea		POINT	108.068	108.068	NA	
s1	Pennatula phosphorea		POINT	109.568	109.568	NA	
s1	Pleuronectiformes		POINT	114.068	114.068	NA	
s1	Pennatula phosphorea		POINT	165.319	165.319	NA	
s1	Pleuronectiformes		POINT	168.568	168.568	NA	
No focal subject	Pennatula phosphorea		POINT	187.817	187.817	NA	

Bild 5 – Exempel på hur det kan se ut under pågående analys.

Exempelfilm - Exempelnamn - BORIS

File Observations Playback Tools Analysis Help

Ethogram Player #1

Events for "Exempelfilm" observation

Key	Code
1	h Actiniidae
2	a Annat (se kommentar)
3	Asteroidea
4	x Asteronyx loveni
5	r Batoidea
6	Bolocera tuediae
7	b Brissopsis lyrifera
8	c Ceriantharia
9	Dendrochirotida
10	d Dålig sikt
11	e Echinoidea
12	Edwardsiidae
13	3 Funiculina ...
14	Galattheoidea
15	q Stylatula elegans
16	Holothuroidea
17	k Kophobelemn ...
18	Portunoidea spp.
19	Myxine glutinosa
20	Oid1
21	o Oidentifierad
22	f Ophiura sarsii
23	Ophiuroidea
24	Actinopterygii

time	subject	code	type
31	12.026	virgularia sp.	
32	13.176	Virgularia sp.	
33	13.376	Virgularia sp.	
34	13.626	Virgularia sp.	
35	13.702	Virgularia sp.	
36	13.976	Virgularia sp.	
37	14.150	Virgularia sp.	
38	14.251	Virgularia sp.	
39	14.401	Virgularia sp.	
40	15.037	Dålig sikt	START
41	46.892	Dålig sikt	STOP
42	48.218	Virgularia sp.	
43	48.718	Virgularia sp.	
44	49.243	Virgularia sp.	
45	49.518	Virgularia sp.	
46	50.042	Virgularia sp.	
47	50.293	Virgularia sp.	
48	50.843	Virgularia sp.	
49	53.193	Virgularia sp.	
50	53.443	Virgularia sp.	
51	53.970	Virgularia sp.	
52	54.242	Virgularia sp.	
53	54.769	Virgularia sp.	
54	55.042	Virgularia sp.	

Subjects

S3C1606.avi: 50.293 / 611.000 (paused)

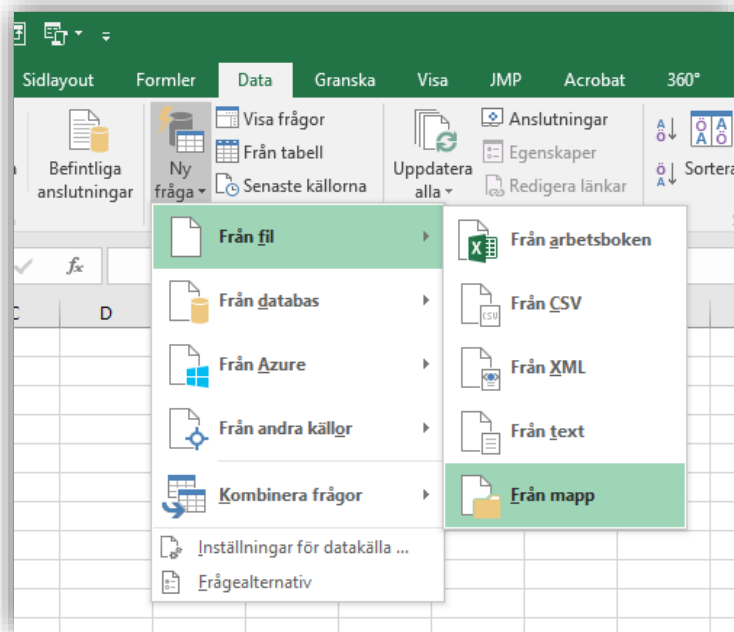
No focal subject

x1.000

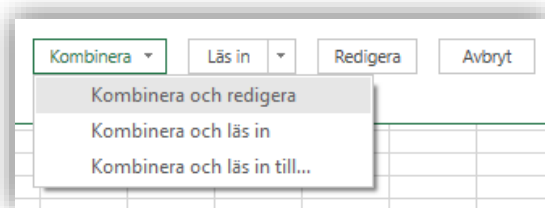
Slå ihop flera Excel-dokument

När analysen av alla videofilmer är färdig kan det vara läge att slå ihop all data till en fil som innehåller resultatet från alla videoanalyser. Istället för att klippa och klistra i massvis med Excel-dokument så kan man göra så här:

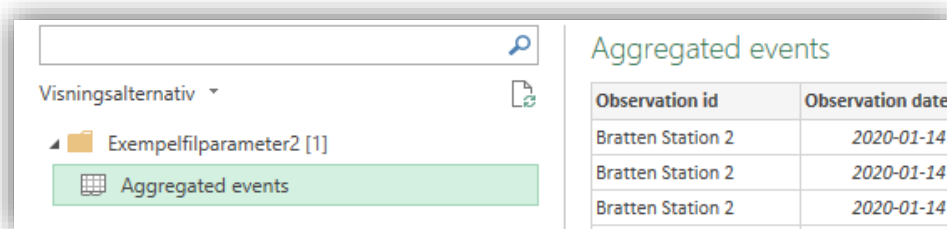
1. Se till att alla Excel-dokument som ska vara med i analysen ligger i samma mapp, inga andra dokument får ligga i samma mapp.
2. Välj *Data* --> *Ny fråga* --> *Från fil* --> *Från mapp* --> Leta upp och markera mappen som innehåller Excel-dokumenterna med videoanalyserna --> *OK*.



3. Välj *Kombinera och redigera*.

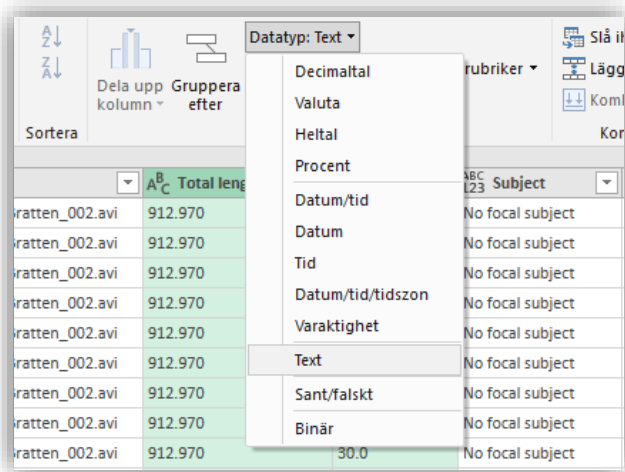


4. Klicka på *Aggregated events* --> *OK*.

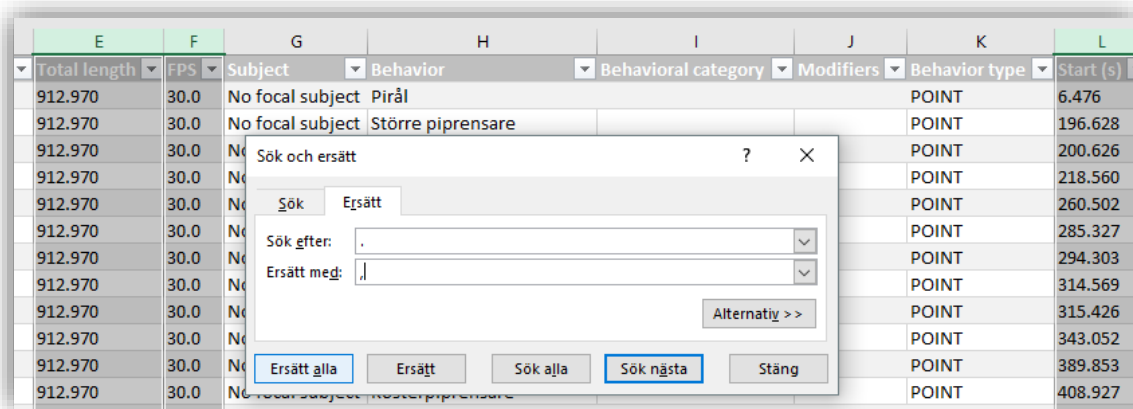


5. Nu visas en förhandsvisning på hur det importerade och sammanslagna data-setet kommer att se ut, men i kolumnerna *Total length*, *FPS*, *Start (s)*, *Stop (s)* och *Duration (s)* visas talen som "Datatyp":

valuta”, det är fel. Markera de nämnda kolumnerna och välj ”Datatyp: text” --> *Byt ut aktuell*, då kommer talen i kolumnerna visas som decimaltal, med punkter istället för komman.



- Välj *Stäng och läs in*.
- Nu visas data från alla Excel-dokument i samma blad, det enda som återstår att göra är att återigen markera de kolumner som nämns i steg 5 och ersätta punkterna med komman för att Excel ska hantera det som tal. Markera kolumnerna från steg 5 --> *Sök och markera* --> *Ersätt* --> skriv "." i "Sök efter:"-fältet och "," i "Ersätt med:"-fältet --> klicka på "Ersätt alla".



8. Färdigt!

Observationslista

Exempel på en komplett observationslista som använts vid analys av videofilmer från mjukbotten. Kan vara bra att ha som utgångspunkt. Då en art som inte funnits med på listan har observerats har jag lagt in den som "Annat (se kommentar)", sedan har jag högerklickat på den i "Event"-listan i BORIS och valt "Edit selected event(s)" och skrivit vilken art det är i fältet "Comment". I Excel kan man sedan byta ut "Annat (se kommentar)"-observationen mot den riktiga observationen som kommer att stå i en kolumn som heter "Comment start".

Behavior type	Key	Code	Description
Point event	h	Actiniidae	Havsanemoner
Point event		Actinopterygii	Strålfeniga fiskar
Point event	a	Annat (se kommentar)	Annat (se kommentar)
Point event		Asteroidea	Sjöstjärnor
Point event	x	Asteronyx loveni	Asteronyx loveni
Point event	r	Batoidea	Rockor
Point event		Bolocera tuediae	Bolocera tuediae
Point event	b	Brissopsis lyrifera	Lyr sjöborre
Point event	c	Ceriantharia	Cylinderrosor
Point event		Dendrochirotida	Grävande sjögurka
State event	d	Dålig sikt	Dålig sikt
Point event	e	Echinoidea	Sjöborrar
Point event		Edwardsiidae	Edwardsiidae
Point event	3	Funiculina quadrangularis	Större piprensare
Point event		Galatheaidea	Trollhumrar
Point event		Holothuroidea	Sjögurka
Point event	k	Kophobelemnion stelliferum	Kosterpiprensare
Point event		Myxine glutinosa	Pirål
Point event		Nephrops norvegicus	Havskräfta
Point event	o	Oidentifierad	Oidentifierad
Point event	f	Ophiura sarsii	Storfjällig fransormstjärna
Point event		Ophiuroidea	Ormstjärna
Point event		Pachycerianthus multiplicatus	Pachycerianthus multiplicatus
Point event		Paguridae	Eremitkräftor
Point event		Parastichopus tremulus	Signalsjögurka
Point event	2	Pennatula phosphorea	Sjöpenna
Point event	p	Pennatulacea	Sjöpennor
Point event		Pleuronectiformes	Plattfisk
Point event		Portunoidea spp.	Sim- och strandkrabbor
Point event		Strongylocentrotus droebachiensis	Tistelsjöborre
Point event	q	Stylatula elegans	Röd piprensare
State event	t	Trålspar	Trålspar
Point event	1	Virgularia sp.	Mindre piprensare

Ytterligare observationsdata

Utöver metadata som position, datum, tid osv brukar jag ange det som ses nedan, vissa saker för min egen skull, exempelvis om stationen blivit analyserad eller ej. Andra saker som analystid kan vara bra att veta inför planering av framtida projekt, hur sikten var kan påverka huruvida en station ens ska tas med i analysen, kommentarer kan ge värdefull information genom en snabb överblick osv.. Formeln för yt-estimering har använts tillsammans med längden (sekunder) på det analyserade materialet för att beräkna den analyserade arean.

Station_ID	Video-kvalitet	Sikt	Analys-erad?	Analystid	Kommentar
S2C0010	3	1	x	00:22	enorma mängder ormstjärnor
S2C0150	2	2	x	00:24	
S3C0044	2	1	x	00:23	flyttad
S3C0132	2	3	x	00:21	nästan helt öde
S6C0824	2	2	x	00:21	mycket spår, lite liv
S6C0939	2	2	x	00:20	massa bolocera och edwardsiidae
S6C0988	2	1	x	00:24	
S6C0993	2	3	x	00:15	
S6C1037	2	2	x	00:40	hundratals sjöborrar
S6C1105	2	1	x	00:13	flyttad
S8C0177	2	1	x	00:23	mycket ormstjärnor i botten, olika sjöpennor, riktigt fint
S8C0469	3	1	x	00:14	otaliga nedgrävda ormstjärnor
S9C0049	2	4	-	00:18	ryckig och grumlig, jättesvårt att se något alls
FFO1	2	2	x	00:22	inga trålspar
FFO2	2	1	x	00:20	
FFO3	2	1	x	00:16	
FFO4	2	2	x	00:17	
FFO5	2	1	x	00:28	
FFO6	2	4	-	00:14	

Videokvalitet
1 - Ser ej komprimerad ut
2 - Synbart komprimerad, pixlar osv
3 - Hårt komprimerad

Sikt
1 - Ingenting som stör sikten
2 - Lite partiklar/grumligt, påverkar lite
3 - En del partiklar/grumligt, påverkar ganska mycket
4 - Går knappt att urskilja någonting

x	Färdig
-	Ej godkänd för analys

Yt-estimering	längd (s) * hastighet (m/s) * bredd (m)
	hastighet = 0,6 knop --> m/s = 0,3086667 bredd (m) = 0,8

