Södra Victoria
C-POD övervakning
Förekomst av tumlare

(Jan. 2020 – Dec. 2020)

Dr. Franziska Bils
Alexander Schubert
Ansgar Diederichs

V.2.0

Husum, den 15 mars 2021

På uppdrag av RWE Renewables Sweden AB

BioConsult SH GmbH & Co. KG
Schobüller Str. 36
25813 Husum
Tyskland
Tel. +49 4841 77937-10
Fax +49 4841 77937-19
info@bioconsult-sh.de
www.bioconsult-sh.de

Innehåll

1 INTRODUKTION 1

1.1 Studieområde 1

1.2 Tumlare (Phocoena phocoena) 2

1.2.1 Tumlare i Östersjön 2

1.3 Målet med denna studie 4

2 METODER 5

2.1 Studiens utformning 5

2.2 Tumlare detekteringsutrustning 6

2.2.1 Tumlardetektor för valar (C-POD) 6

2.2.2 POD kalibrering 7

2.2.3 POD spridning 7

2.3 C-POD data analys 8

2.3.1 POD programvara 9

2.3.2 Analysmetoder 10

2.4 Dataregistrering 11

2.4.1 Klick med okänt ursprung 12

2.5 Mätning av omgivande bakgrundsljud 13

3 RESULTAT 14

3.1 Tumlare förekomst i studieområdet 14

3.1.1 Tumlare fenologi 16

3.1.2 Tumlarnas dygnsaktivitet 22

3.2 Jämförelse av C-POD-klassificerarna KERNO och Hel1 23

3.3 Omgivande bakgrundsljud 24

4 DISKUSSION 26

4.1 Undersökningsmetod passiv akustisk övervakning (PAM) 26

4.2 Tumlare i studieområdet 26

5 SAMMANFATTNING OCH SLUTSATS 32

6 LITTERATUR 33

7 BILAGA I 37

Lista med illustrationer

Fig 1-1 Översikt över studieområdet. Det preliminära området för den planerade OWF är markerat med orange. Nationella gränser och EEZ-gränser samt skyddade områden visas. 1

Fig 1-2 Förutspådd månatlig detekteringssannolikhet för tumlare i studieområdet för SAMBAH-projektet (2011-2013), visat som exempel för februari (vänster panel) och augusti (höger panel). Den blå färgen indikerar 0 % sannolikhet och röd färg 100 % sannolikhet för detektering. De svarta linjerna indikerar 20 % sannolikhet för detektering. Den streckade linjen som visas för augusti indikerar den säsongsbetonade avgränsningen för artbeståndet i egentliga Östersjön. Modifierad enligt CARLÉN et al.(2018) 3

Figur 2-1 C-POD design inom och utanför det preliminära projektområdet för den planerade OWF ”Södra ”. På C-POD-stationerna SMB3 och SMB9 fanns en hydrofon ansluten under två åtta-veckors perioder sommar respektive hösten 2020. 5

Figur 2-2 Cetacean-POD (http://www.chelonia.co.uk/index.html).http://www.chelonia.co.uk/index.html) 7

Fig 2-3 POD förankringssystem med Lightweight Release Transponder (LRT, Sonardyne) 8

Fig 2-4 Stapeldiagram, som anger varaktigheten av utplaceringen av POD:s för undersökningsperioden (februari till december 2020). Grön: POD-inspelade data, röd: POD utplacerades men registrerade inte data. X-axeln visar datumet, y-axeln POD-stationen. Vertikala svarta linjer indikerar tidpunkten för utbyte av enheterna. 12

Fig 3-1 Genomsnittligt detektionspositiva dagar (% DPD/t) under loppet av studieperioden (februari 2020 – december 2020) för varje C-POD-station. Vid SMB10 upptäcktes inga tumlare.....14

Fig 3-2 Genomsnittlig andel tumlarpositiva dagar per månad och station i form av klassificerade cirklar. I bakgrunden ackumuleras fartygstrafik för 2019 (2020 är inte tillgänglig ännu) för att visa de stora sjöfartsvägarna (www.marinetraffic.com) där färgerna representerar intensiteten i fartygstrafiken. Färgerna sträcker sig från blått (ingen eller låg fartygstrafik) över grönt, gult och orange till rött (hög fartygstrafik). 16

Fig 3-3 Genomsnittlig månatlig upptäckt positiva dagar (% DPD/månad) under studieperioden (februari 2020 – december 2020), som genomsnitt av de 10 stationerna. Säsonger är färgkodade. Antal dagar, där någon av C-POD-arna registrerade data ges ovan för lådagrammen. 17

Fig 3-4 Genomsnittlig detekteringspositiva dagar (% DPD/månad) under varje månad av studieperioden (februari 2020 – januari 2021) för C-POD-stationerna SMB01 till SMB10. Antal dagar, där C-POD-arnas inspelade datum anges ovanför staplarna. 21

Fig 3-5 Utveckling av antalet %DP10M/d vid mätstationerna. Angivna är glidande medelvärden över hela perioden mellan 03.02. och 31.12.2020 (lös regression). Stationerna SMB01 till SMB05 visas i den övre panelen, SMB06 till SMB10 i den nedre panelen. 22

Fig 3-6 Mönster för tumlardetektering enligt tid på dygnet på alla POD-stationer under hela

studieperioden (februari 2020 till december 2020). Detektionshastigheter (% DP10M/d) vid varje station av SMB under dagsljus (vita staplar) och under natten (grå staplar) med angivna konfidensintervall. Vid SMB10 upptäcktes inga tumlare. 23

Fig 3-7 Antal detekteringspositiva dagar (DPD) vid varje station från februari 2020 – december 2020 klassificerade enligt KERNO (ljusgrå) och HEL1-klassificeraren (mörkgrå). 24

Fig 4-1 Månatliga detekteringshastigheter (%DPD/månad) på station 1026 från det svenska nationella övervakningsprogrammet från april 2018 till augusti 2019. Säsonger är färgkodade. Dessa värden är endast ungefärliga på grund av dataformatet i SHARKweb-databasen. Notera de olika skalorna för Fig 4.1 och Fig 4.2_bookmark45 29

Fig 4-2 Månatliga detekteringshastigheter (%DPD/månad) på station 1036 från det svenska nationella övervakningsprogrammet från april 2018 till augusti 2019. Säsonger är färgkodade. Dessa värden är endast ungefärliga på grund av dataformatet i SHARKweb-databasen. Notera de olika skalorna för Fig 4.1 och Fig 4.2_bookmark45. 30

Fig 4-3 Positioner för tidigare SAMBAH-stationer 1026 och 1036 från det svenska nationella övervakningsprogrammet (röda kors) och C-POD-stationer i det aktuella projektet (gröna kryss). 31

Lista med tabeller

Tabell 2-1 Geografiska positioner för de utplacerade C-POD:erna och hydrofonerna. Vattendjupet (m) och enheternas driftperioder anges. 6

Tabell 3-1 Antal dagar med POD-data lämpliga för utvärdering och tumlarpositiva dagar samt detektionsfrekvens som tumlarpositiva dagar, timmar och 10 minuters-enheter. Givet är respektive medelandel (%) av den totala data, som lämpar sig för utvärdering. 15

Tabell 3-2 Genomsnittlig andel positiva dagar för tumlare (%DPD/månad) i studieområdet per månad och station. Maximala detekteringshastigheter per station är tryckta med fet stil. 18

Tabell 3-3 Nivåstatistik över genomsnittlig ljudtrycksnivå (Leq,5s) och percentilnivåer med medeltid på 5 s under sommarmätningsperioden (21.05. – 17.07.2020) på stationerna SMB03 och SMB09. 25

Tabell 3-4 Nivåstatistik över genomsnittlig ljudtrycksnivå (Leq,5s) och percentilnivåer med medeltid 5 s under höstens mätperiod (21.09. – 16.11.2020) på stationerna SMB03 och SMB09. 25

Lista med förkortningar

AIS	Automatiskt identifikationssystem
BSH	Federala maritima och hydrografiska kontoret, Tyskland
C-POD	Kontinuerlig detektor för tumlare
%DPD/månad	Procentuell andel positiva dagar för upptäckt av tumlare per månad.
%DP10M/d	Procentandel positiva 10-minuters detektering av tumlare vid de 144 tillgängliga 10-minuters enheterna på en 24-timmars dygn.
EEZ	Exklusiv ekonomisk zon
MW	Megawatt
OWF	Offshore vindfarm
PTS	Permanent hörselnedsättning
SMB	Södra Midsjöbanken
SPL	Ljudtrycksnivå
TTS	Temporär hörselnedsättning

1 INTRODUKTION

1.1 Studieområde

RWE Renewables Sweden AB har för avsikt att bygga en offshore vindkraftpark "Södra Victoria" i Östersjön. Projektområdet " Södra Victoria" är beläget i Östersjön i södra delen av den svenska exklusiva ekonomiska zonen (EEZ), nära gränsen till den polska ekonomiska zonen (EEZ). Området ligger cirka 80 km från södra spetsen av ön Öland, Sverige, 100 km från den polska kusten och 250 km från Litauens kust. Området ligger inom den svenska ekonomiska zonen (EEZ) men utanför territorialgränsen (12 nm-zon). Eftersom detaljplaneringen för konstruktionstyper och slutlig uppläggning inte har slutförts innan denna rapport lämnas, är följande information om den planerade OWF " Södra Victoria" preliminär och kan komma att ändras under planerings- och ansökningsprocessen för godkännande. Vattendjupen i området ligger på mellan 30 och 40 m (Fig 1.1). Det preliminära projektområdet överlappar delvis Natura 2000-området "Hoburgs bank och Midsjöbankarna" (Platskod: SE0330308) och täcker ett område på 492 km^2. Ett område på cirka 200 km^2 planeras att behövas för OWF, medan beslutet om den slutliga placeringen av OWF inom det preliminära projektområdet inte har slutförts ännu. Enligt planeringen (från och med juli 2020) kommer den totala installerade kapaciteten att bestå av cirka 120 vindkraftverk med en kapacitet på maximalt 1600 MW. Avståndet mellan turbinerna kan variera mellan 1400 och 2500 m, beroende på den rådande vinden. Om den lämpligaste fundamenttypen har inget slutgiltigt beslut fattats ännu.

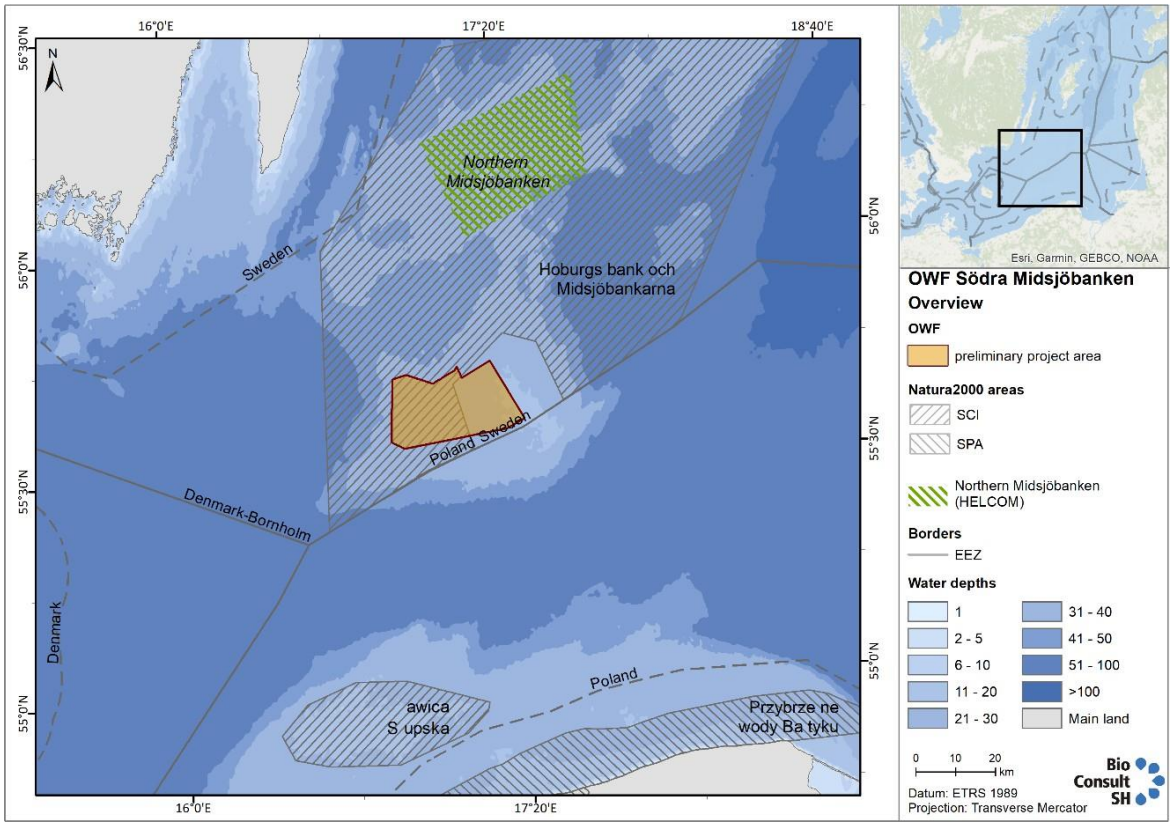


Fig 1-1 Översikt över studieområdet. Det preliminära området för den planerade OWF är markerat med orange. Nationella gränser och EEZ-gränser samt skyddade områden visas.

1.2 Tumlare (*Phocoena phocoena*)

Tumlaren (*Phocoena phocoena*) är utbredd över hela norra halvklotet. Det är den enda valarten som reproducerar sig i Östersjön. Livslängden för tumlare är relativt kort jämfört med andra tandvalar, med få djur som når en ålder över 12 år (LOCKYER 2003). Honor når sexuell mognad vid en ålder av cirka fem år (KESSELRING et al. 2017). Aktuella utvärderingar av djur som rapporterats döda, visar att medelåldern vid död i Östersjön endast är cirka fyra år. Tumlaren är den minsta valarten i Centraleuropa (BENKE et al. 1998). De når en medellängd på mellan 140 och 180 cm och en vikt på mellan 40 och 60 kg. Den huvudsakliga reproduktionssäsongen för tumlare varar från juni till augusti i Nordsjön och Östersjön, (BENKE et al. 1998). Parnings- och reproduktionssäsongen kan skilja sig åt mellan regionerna. Honor föder en enda kalv nästan varje år mellan maj och juli som dias i åtta till tio månader (SCHULZE 1996). Med en dräktighetstid på ca. åtta till tio månader (SCHULZE 1996) och eftersom parningssäsongen är mellan juni och augusti, är de flesta honor dräktiga och ammande samtidigt, vilket leder till hög energibehov under denna period.

Alla valarter har ett speciellt känselorgan, som är anpassat till livet under vatten. De producerar och uppfattar ljud av olika frekvenser för kommunikation, orientering och födosök. Ekon av deras ultraljudsklick ger information om det omgivande området såväl som bytesdjur (KOSCHINSKI et al. 2008). Klicken har en huvudfrekvens på 130 kHz (RICHARDSON et al. 1995). Produktion och uppfattning av ljud är en väsentlig del av olika aspekter av tumlarens liv.

Tumlare är opportunistiska konsumenter och äter ett brett spektrum av fiskarter, både bentiska och pelagiska fiskarter. I den västra delen av Östersjön har tumlarens urval av föda, visat sig huvudsakligen bestå av sill (*Clupea harengus*) och torsk (*Gadus morhua*). Yngre individer livnär sig till en stor del på gobies (*Gobiidae*). Ytterligare fiskarter som skarpsill (*Sprattus sprattus*), vitling (*Merlangius merlangus*) och tobifiskar (*Ammodytidae*) förekommer regelbundet beroende på säsong och plats (AAREFJORD et al. 1995; BENKE et al. 1998; BÖRJESSON et al. 2003, ANDREASEN et al. 2017).

Tumlaren är listad i EU:s habitatdirektiv, bilagorna II och IV (92/43/EEG). Artikel 12 i EU:s habitatdirektiv förbjuder att man "avsiktligt fånga eller döda denna art såväl som avsiktlig störning, särskilt under perioden för parning, uppfödning och migration" för arter som anges i bilaga IV. Det förbjuder också "försämring eller förstörelse av häcknings- och vilomiljöer". Dessutom är Östersjöbeståndet (se nedan) listat som "kritiskt hotat" av International Union of Nature Conservation, IUCN (BECKER et al. 2013).

1.2.1 Tumlare i Östersjön

Historiska observationer, såväl som register över fångster av tumlare i Östersjön, visar att denna art förekom i större antal och har haft ett mycket större utbredningsområde i Östersjön än den har idag (KOSCHINSKI 2001). Antalet tumlare i Östersjön har minskat kraftigt under det senaste seklet. Man tror att en kombination av ökat fiske under första hälften av 1900-talet och kraftiga isvintrar samt ökade föroreningar med miljöföroreningar, är viktiga faktorer som ledde till nedgången (KOSCHINSKI 2001; BERGGREN et al. 2002; LOCKYER & KINZE 2013). Den viktigaste faktorn för nedgången under de senaste decennierna är förmodligen ökningen av fisket (liksom uppfinningar som nylongarn) från 1950-talet och framåt och därmed den växande bifångsten av tumlare (KOSCHINSKI 2001).

Bestånd i Östersjön

I Östersjön kan tumlare delas in i två bestånd som skiljer sig morfologiskt såväl som delvis genetiskt och därför kan antas tillhöra två underpopulationer (WIEMANN et al. 2010; LAH et al. 2016; TIEDEMANN et al. 2017): beståndet i Bälthavet i västra delen och Östersjönbeståndet i östra delen av Östersjön. Enligt nya rön antas gränslinjen mellan de två bestånden sommartid ligga öster om Odrabanken, som löper från svenska fastlandet norr om ön Bornholm i sydöstlig riktning på ett avstånd av cirka 30 km öster om ön Bornholm. Mellan november och april går det inte att dra någon tydlig avgränsning mellan bestånden, eftersom djuren var mer spridda i utbredning jämfört med sommaren (TEILMANN et al. 2017; CARLÉN et al. 2018) (Fig 1.2).

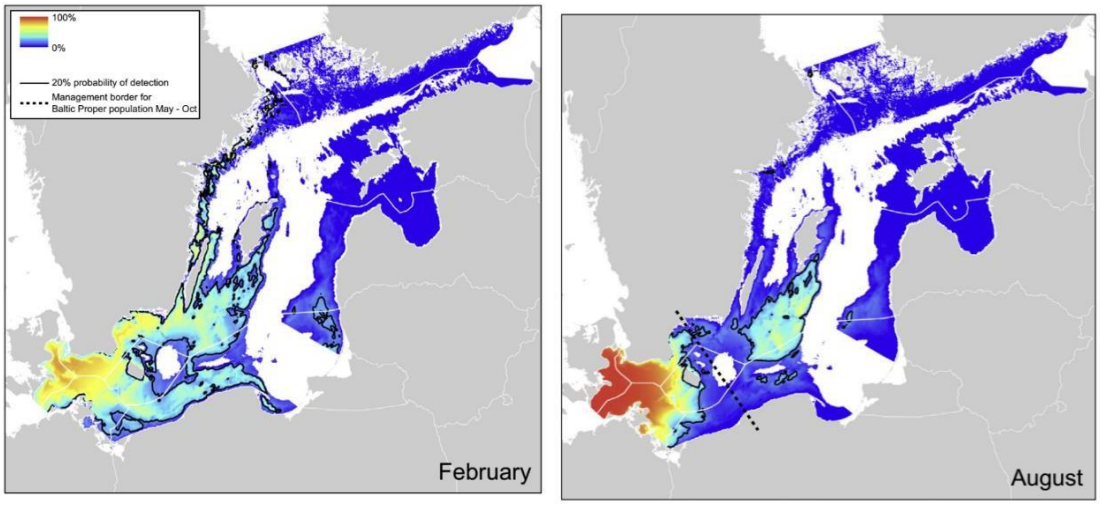


Fig 1-2 *Förutsedd månatlig detekteringssannolikhet för tumlare i studieområdet för SAMBAH-projektet (2011-2013), visat som exempel för februari (vänster panel) och augusti (höger panel). Den blå färgen indikerar 0 % sannolikhet och röd färg 100 % sannolikhet för detektering. De svarta linjerna indikerar 20 % sannolikhet för detektering. Den streckade linjen som visas för augusti indikerar den säsongsbetonade avgränsningen för artbeståndet i egentliga Östersjön. Modifierad enligt CARLÉN et al.(2018)*

Enligt resultaten av SAMBAH-projektet, under vilket 304 C-POD-ar (Cetacean Porpoise Detectors) utplacerades i Östersjön från 2011 – 2013, kan antalet individer öster om avgränsningslinjen (Östersjöpopulation, Fig 1.2) uppskattas till ca. 500 djur (SAMBAH 2016). Som kontrast till detta uppskattas mängden individer i sydvästra Östersjön, som tros tillhöra Bälthavspopulationen, bestå av mer än tjugo tusen tumlare (SAMBAH 2016). Skillnader har hittats i klickaktiviteten vid födosök (feeding buzzes) mellan djuren från det egentliga Östersjöområdet och västra Östersjön, vilket indikerar vissa skillnader i födobeteende mellan de två underpopulationerna (KYHN et al. 2018). I egentliga Östersjön identifierades dock viktiga områden avseende utfodring och densitet av KYHN et al.(2018): Hoburgbanken, likväl som Södra och Norra Midsjöbanken.

1.3 Målet med denna studie

Syftet med denna C-POD-studie på tumlare (*Phocoena phocoena*) är att under loppet av 11 månader (februari 2020 – december 2020) ge information om artens säsongsmässiga och rumsliga förekomst i det preliminära projektområdet ” Södra Victoria”:

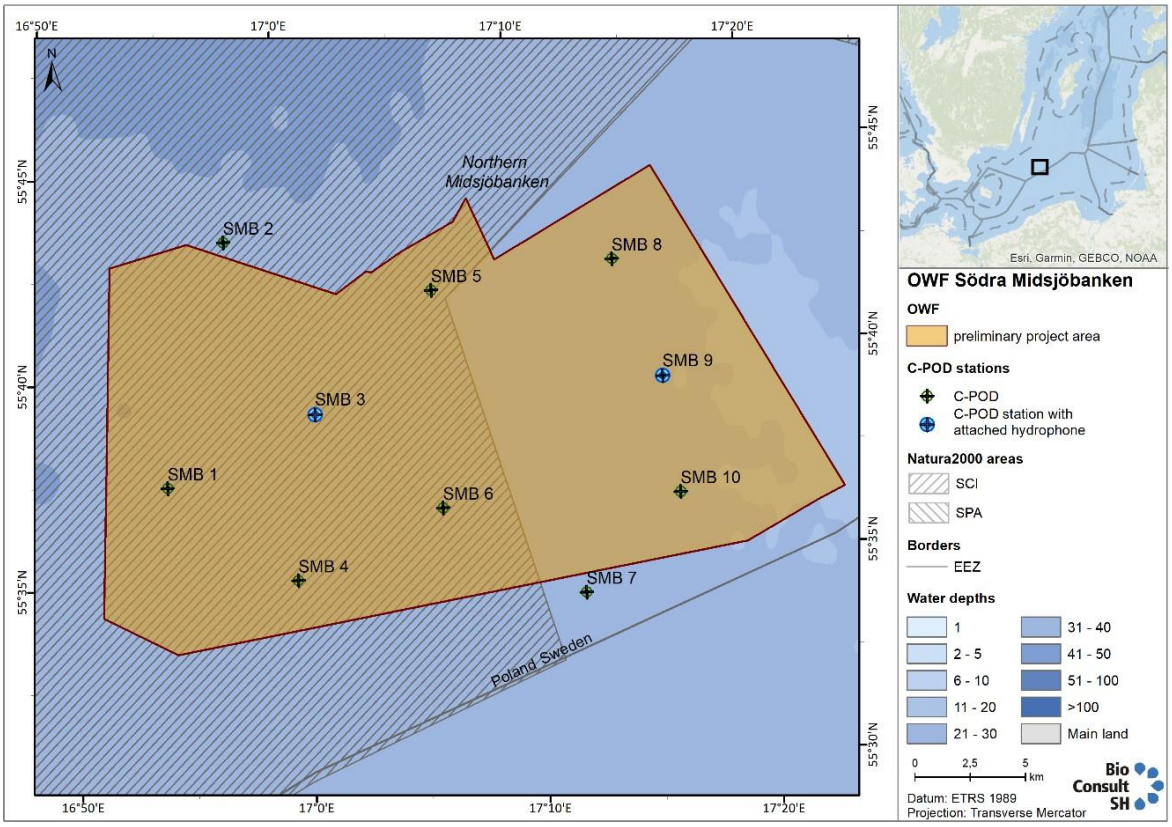
- Förekomst av tumlare i studieområdet
- Säsongsbetonad fenologi
- Mönster för detektion av tumlare

Resultaten diskuteras och bedöms mot bakgrund av aktuell litteratur.

2 METODER

2.1 Studiens utformning

Tio C-POD-ar (SMB01 – SMB10) utplacerades för passiv akustisk övervakning (PAM) av tumlare i studieområdet i sydöstra Östersjön i februari 2020 (Tabell 2-1). På två av positionerna, SMB03 och SMB09, utplacerades dessutom en hydrofon tillsammans med en C-POD under en period av åtta veckor under vår/sommar och på hösten för att mäta bakgrundsljud i ett frekvensområde mellan 10 Hz och 20 kHz (Fig 2.1). Tabell 2-1 visar koordinaterna för respektive POD station.



Figur 2-1 C-POD design inom och utanför det preliminära projektområdet för den planerade OWF " Södra Victoria". På C-POD-stationerna SMB3 och SMB9 fanns en hydrofon ansluten under två åtta-veckors perioder sommar respektive hösten 2020.

Tabell 2-1 Geografiska positioner för de utplacerade C-POD:erna och hydrofonerna. Vattendjupet (m) och enheternas driftperioder anges.

Station ID	Latitud (°N)	Longitud (°E)	Vattendjup (m)	Implementeringsperiod C-POD	Implementeringsperiod hydrofon
SMB01	55 37.334	16 54.426	32	2020-02-03 – 2021-01-09	-
SMB02	55 43.229	16 57.474	36	2020-02-03 – 2021-01-09	-
SMB03	55 38.907	17 00.959	32	2020-02-03 – 2021-01-09	2020-05-21 –2020-07-17, 2020-09-21 – 2020-11-16
SMB04	55 34.895	16 59.788	32	2020-02-03 – 2021-01-09	-
SMB05	55 41.754	17 06,294	32	2020-02-03 – 2021-01-09	-
SMB06	55 36,440	17 06,211	27	2020-02-03 – 2021-01-09	-
SMB07	55 34,161	17 12,128	28	2020-02-03 – 2021-01-09	-
SMB08	55 42,230	17 14,155	25	2020-02-03 – 2021-01-09	-
SMB09	55 39,301	17 16,008	20	2020-02-03 – 2021-01-09	2020-05-21 –2020-07-17, 2020-09-21 – 2020-11-16
SMB10	55 36,456	17 16,461	20	2020-02-03 – 2021-01-09	-

2.2 Tumlare detekteringsutrustning

2.2.1 Tumlardetektor för valar (C-POD)

En C-POD (**C**etacean **PO**rpoise **D**etector) är en hydrofon som detekterar högfrekventa signaler för ekolokalisering från tumlare upp till ett avstånd av cirka 300 m. Tumlarklick riktas i en tydligt framåtriktad riktning. De sänds ut inom en ljudstråle med en horisontell strålbredd på 13° och en vertikal strålbredd på 11° (KOBLITZ et al. 2012). Detta innebär att C-POD-ar endast kommer att kunna upptäcka närvaron av tumlare om dessa (1) avger klickljud, (2) befinner sig på lämpligt avstånd från enheten och (3) har huvudet riktat mot hydrofonen. Registrering av tumlarklick påverkas därför i hög grad av djurens aktivitet samt avstånd från och infallsvinkeln mot C-POD:n. Genom att använda olika förinställda filter, omvandlar C-POD ljudvågorna till digitala data, som lagras på ett SD-kort. Ett antal olika specifika klickljud sparas dessutom. C-POD:erna ställdes in till en skanningsgräns på 4 096 klick/min.

Figur 2-2 Cetacean-POD (http://www.chelonia.co.uk/index.html). http://www.chelonia.co.uk/index.html)

2.2.2 POD kalibrering

Alla utplacerade enheter kalibrerades av tillverkaren (Chelonia Ltd., Storbritannien) till huvudfrekvensen för tumlarklick (130 kHz) och inställda på samma hörtröskel (± 3 dB). Kalibrering utförs i en specifikt designad testtank i en standardiserad akustisk miljö, som indikerar möjliga skillnader i känsligheten hos enheterna. Enheternas känslighet standardiserades när de byggdes, genom att rotera hela instrumentet i ett ljudfält och justerades för att uppnå ett radiellt medelvärde, temperaturkorrigerad, maximal källtrycksnivå (SPL) avläsning inom 5 % av standarden vid 130 kHz (60,5 dB). De radiella värdena togs med 5 graders intervaller. Kalibrering och standardisering av processen beskrivs i detalj på tillverkarens webbsida (www.chelonia.co.uk).

2.2.3 POD spridning

POD:n är fäst med byglar vid sidan av Lightweight Release Transponder (LRT, Sonardyne) (Fig 2.3). POD:s hydrofon pekar mot ytan. Flytkulan (nettoflottör 8l flytkraftsvolym) är ansluten till centrallinjen på C-POD och LRT-linjen. En vridbygel förbinder locket på repbehållaren med basvikten, som består av 2 kedjor. De två kedjorna är förbundna med en icke-flytande bottenlina. Detta system säkerställer enkel hantering, uppfyller kraven från den godkännande myndigheten och undviker skador på grund av t.ex. fartygstrafik.

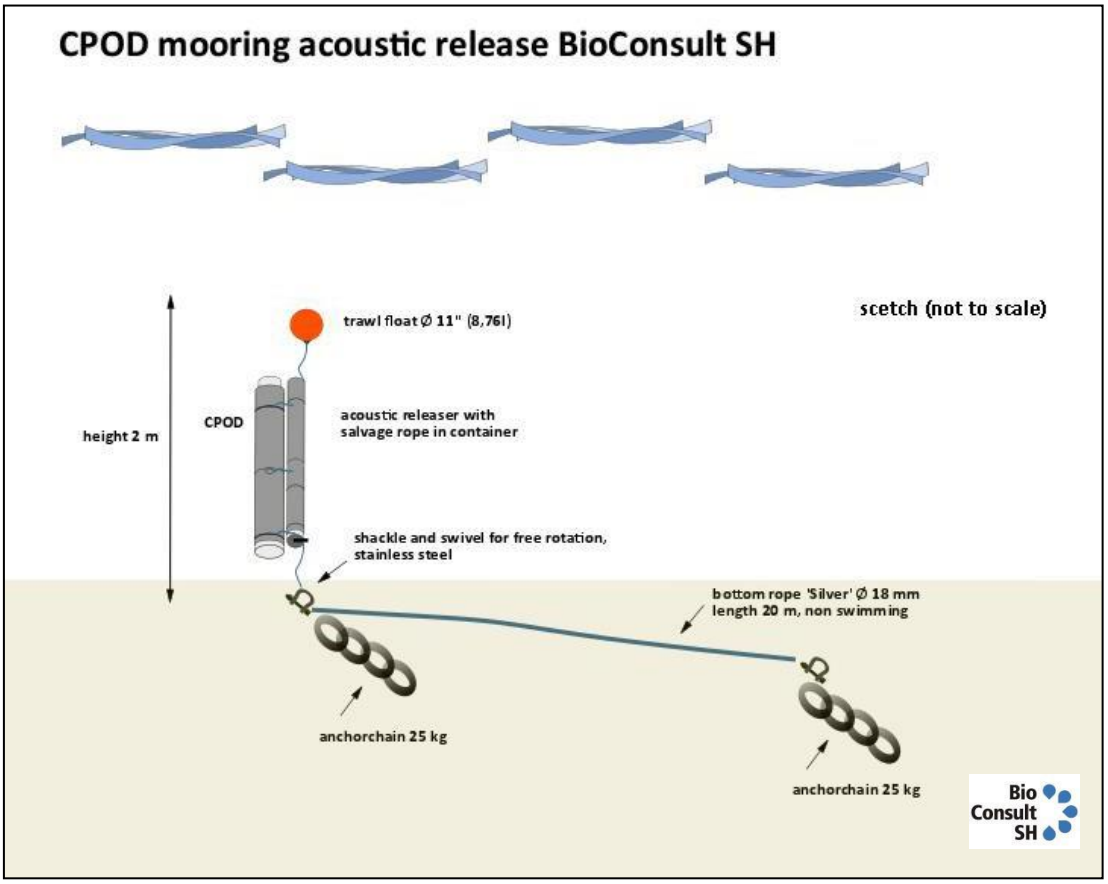


Fig 2-3 POD förankringssystem med Lightweight Release Transponder (LRT, Sonardyne)

2.3 C-POD data analys

Tumlarpositiva tidsenheter är fördefinierade tidsenheter (t.ex. dagar/timmar/10 minuter eller minuter), som kontrolleras för förekomst av tumlarklick. Om den valda tidsenheten innehåller minst en tumlarsignal, klassificeras denna tidsenhet som tumlarpositiv. Eftersom antalet registrerade klick till stor del beror på djurens beteende och är mycket känsligt för eventuella mindre skillnader i känslighet mellan enheterna, är parametern "positiv tidsenhet" en indikation på närvaro av tumlare, vilket är oberoende av sammanhanget för djurens ljudemission. Olika studier har visat ett tydligt samband mellan absolut tumlardensitet (bestämd i flygundersökningar) och detektionshastigheten inom samma period och område i form av positiva tidsenheter för tumlare (SIEBERT & RYE 2008; KYHN et al. 2012; WILLIAMSON et al. 2016; JACOBSON et al. 2017; BIOCONSULT SH 2019). Det kan därför antas att ju högre detektionshastighet, desto fler tumlare har funnits i respektive område för C-POD:n den aktuella dagen, även om det inte helt kan uteslutas att vid en hög detekteringshastighet endast ett fåtal djur vistats i området som täcks av en C-POD under en längre tid. Denna parameter fungerar därför endast som en grov indikator för täthet av tumlare per dag. (Se formel 1, x_t = antal klick för respektive tidsenhet).

Formel 1:

$$\text{Positiv för tumlare per tidsenhet [\%]} = \frac{\text{N tidsenheter med klicks}}{\text{N totala tidsenheter}} * 100$$

$$= \frac{\text{N}\{x_t > 0\}}{\text{N total}} * 100$$

Tidsenheten (från minuter upp till månader eller hela studieperioder) väljs beroende på den specifika frågan och närvaro av tumlare i studieområdet. Följande analyser är baserade på DPD/månad och DP10M/dag, med fokus på två huvudfrågor: 1. Vilken är den månatliga förekomsten av tumlare i studieområdet 2. Hur använder de området under ett dygn?

%DPD/tidsenhet (% detektion av positiva dagar per tidsenhet) ger procentandelen undersökningsdagar per fördefinierad tidsenhet (t.ex. månad/år/studieperiod, etc.) med minst en tumlarsignal. Genom att tillämpa denna parameter görs ingen skillnad om endast ett klick registrerades den dagen eller om hundratals klick förekom varje minut. Denna grova upplösningsparameter är speciellt lämpad för datamängder med mycket få upptäckter av tumlare, som för det aktuella studieområdet. Parametern är standardiserad till värden mellan 0 och 100 som %DPD/månad, där 100 % är antalet inspelningsdagar per månad. I områden med låg förekomst av tumlare, till exempel stora delar av Östersjön, har den dagliga närvaron av tumlare högre förklaringsgrad än den (dagliga) frekvensen av förekomster (se **%DP10M/dag**), eftersom analys på timme eller till och med minut för minut har en hög känslighet för slumpmässighet på grund av den mycket sällsynta inspelningen och alltså endast har ett lågt informationsvärde. För att uppfylla högsta förklaringsmål för områden med låg förekomst av tumlare, anses den mindre tidsupplösningen vara en acceptabel begränsning i dataanalys.

%DP10M/tidsenhet (% positiv detektering 10 minuter per tidsenhet): Denna parameter ger procentsatser av antalet 10 minuters-enheter per fördefinierad tidsenhet (t.ex. dagar/månad/studieperiod, etc.) med minst en tumlarsignal. Denna parameter används vanligtvis i en upplösning per dag, där den beskriver inom hur många av de vanligtvis tillgängliga 144 10-minuters-enheterna av ett 24-timmars-dygn, där minst en tumlarsignal registrerades. Det är alltså den lämpligaste åtgärden i områden med måttlig eller hög förekomst av tumlare. Baserat på den fullständiga datamängden användes denna parameter under denna studie, för att kontrollera eventuella tidsmässiga skillnader i närvaron av tumlare under loppet av ett 24-timmars-dygn. Eftersom instrumenten är utplacerade nära havsbotten, kan regelbundna skillnader i detektioner under en dag, ge värdefull information om användningen av livsmiljön.

2.3.1 POD programvara

Rådata från C-POD:arna bearbetas med hjälp av tillhörande programvara C-POD.exe (Chelonia Ltd., UK). Denna programvara finns tillgänglig som fri nedladdning på http://www.chelonia.co.uk. C-POD:arna spelar in signaler i realtid, vilket gör det möjligt att identifiera klicksekvenser baserat på den tidsmässiga upplösningen. Data bearbetas i två steg. I ett första steg extraheras tumlarens klicksekvens från rådata med hjälp av en algoritm hos C-POD.exe software. I ett andra steg klassificeras signaler av KERNO-klassificeraren i olika kategorier enligt den troliga källan: tumlare, delfin, fartygssonar eller okänd källa. Programvaran tilldelar varje klicksekvens en av dessa klasser och ger en uppskattning av kvaliteten på denna klassificering. Fyra kvalitetsklasser finns tillgängliga:

- “hög”: dessa klicksekvenser är högst sannolika signaler för tumlare.
- "måttlig": korta klicksekvenser, som förmodligen är signaler från tumlare.
- "låg": klicksekvenser med ljudmönster som kan vara tumlarsignaler, men som avviker från idealet och därför kan komma från andra källor.
- "tveksamt": serier av klicksekvenser, som beror på längden eller det tidsmässiga mönstret av snarare tekniskt ursprung. Dessa kan fortfarande innehålla sekvenser av tumlarklick, som endast delvis registrerades av hydrofonen eller från ett större avstånd eller i ogynnsam vinkel.

För den aktuella analysen tillämpades standardfiltrering enligt Chelonia, varvid endast de två högsta kvalitetsklasserna (”hög” och ”måttlig”) inkluderades, för att minska antalet felaktigt klassificerade tumlarsekvenser. För Östersjöförhållanden, där låga detektionsgrader av tumlare förväntas och andra valar är osannolika, används en andra mötesklassificerare (Hel1) som analyserar den data som klassificerats med KERNO-klassificeraren. Eftersom KERNO-klassificeraren kännetecknas av en lägre känslighet, kör Hel1 informationen med ett lägre positivt förväntat värde. Hel1-klassificeraren reviderar resultaten från KERNO-klassificeraren, för att ytterligare eliminera eventuella klicksekvenser, som så småningom felaktigt identifierades som tumlare, kallade "falskt positiva" av KERNO-klassificeraren. Även om den mer konservativa Hel1-klassificeraren kan ta bort ett antal positiva klicksekvenser från tumlare i områden med låg förekomst av tumlare, blir det ofta viktigt att endast inkludera 100 % säkra tumlarsignaler, eftersom alla falska positiva har ett stort inflytande på bedömningen av områden. Eftersom det kan antas att den "falska positiva"-frekvensen är konstant i hela områden och positioner är dess inflytande i områden med högre förekomst ganska låg.

För att få en uppskattning av skillnaden mellan båda algoritmerna, kör vi båda och visar skillnaderna per station.

2.3.2 Analysmetoder

C-POD-data analyseras på olika sätt beroende på respektive fråga och vilken datamängd som används samt detektionsparametrar. Data från 03.02.2020 till 31.12.2020 användes för analysen. I de flesta fall, genomfördes beräkningarna med programvaran R (version 3.4.0; R CORE TEAM 2017). Den grundläggande analysen som utförs med datamängden förklaras här nedan:

Säsongsdiagram för varje POD-station genereras baserat på detekteringshastigheten för tumlare med hjälp av programvaran R (paket "stats"; version 3.4.0; R CORE TEAM 2017). På grund av den mycket låga förekomsten av tumlare i studieområdet representeras fenologin av parametern %DPD/månad. Antalet klicksekvenser som registreras per dag för enskilda dagar på en station beaktas inte. Istället betraktas varje dag då minst en klicksekvens registrerades som en "detektionspositiv dag" (DPD). Genom denna procedur behandlas en dag med få registreringar av klicksekvenser lika med en dag på vilken nästan kontinuerliga (dvs många) klicksekvenser av tumlare registreras. På grund av den mycket låga tumlartätheten förekom dock inte dagar med kontinuerlig förekomst av tumlare i studieområdet. Användningen av denna parameter förhindrar istället en överskattning av för stora stokastiska parametrar.

Låddiagram genereras baserat på %DPD/månad för att visualisera övergripande skillnader i detektionshastigheter för alla stationer mellan säsonger. Dessa diagram illustrerar särskilt väl fördelningen av detektionshastigheter %DPD/månad av den totala datamängden, och visar detektionshastigheterna över och under medianen %DPD/månad.

Den **rumsliga fördelningen** av tumlare visas genom att överlagra genomsnittliga detekteringspositiva dagar (%DPD/månad) som klassificerade cirklar och den geografiska positionen för respektive C-POD-station med hjälp av programvaran ArcGIS (Version 10.7).

Baserat på %DP10M/tidsenhet (% detektion positiv 10 minuter per tidsenhet) analyserades **dygnsmönster** för tumlare genom att poola alla detektioner [DP10M] för faserna "dag" och "natt" per C-POD-station. Man måste komma ihåg, att på grund av en mycket låg detektionshastigheten överhuvudtaget i studieområdet, är den högre tidsupplösningen mycket känslig för slumpmässiga värden och därför måste resultaten diskuteras noggrant.

Vidare kontrollerades %DP10M/dag för möjliga skillnader i **förekomstfrekvensen** i området vid en daglig tidsupplösning.

2.4 Dataregistrering

Tio C-POD-ar placerades ut 2020-02-03. Data som samlats in under perioden 2020-02-03 till 2020-12-31 har utvärderats för denna rapport. De utplacerade enheterna byttes ungefär varannan månad, för att extrahera data och byta batterier. Långvarig dataförlust inträffade vid två stationer (SMB09 och SMB10) på grund av programvara eller tekniska problems (Fig 2.4). Totalt 95 av 3 320 möjliga dagar (2,86 %) kunde inte inkluderas i utvärderingen på grund av dataförlust. Under den senaste driftsättningsperioden (2020-11-09 – 2021-01-09) blandades SD-korten för två C-POD-ar, men i samråd med tillverkaren ansågs det möjliga felet vara försumbart.

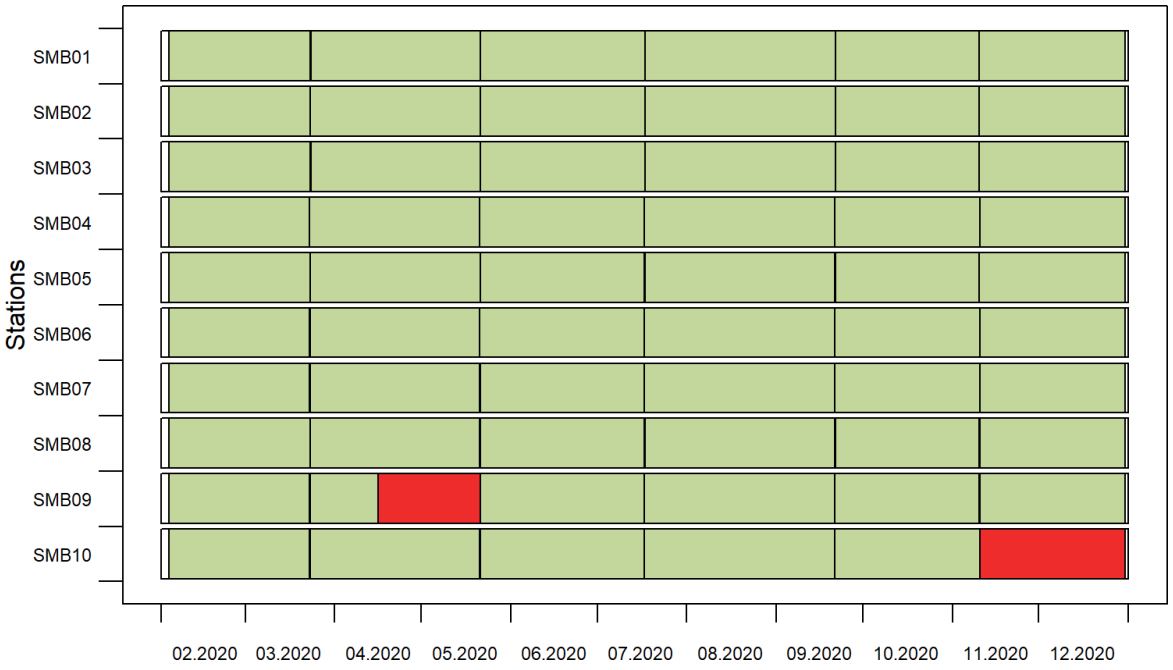


Fig 2-4 *Stapeldiagram, som anger varaktigheten av utplaceringen av POD:s för undersökningsperioden (februari till december 2020). Grön: POD-inspelade data, röd: POD utplacerades men registrerade inte data. X-axeln visar datumet, y-axeln POD-stationen. Vertikala svarta linjer indikerar tidpunkten för utbyte av enheterna.*

2.4.1 Klick med okänt ursprung

För att undvika möjliga effekter av många klick från okända källor vid registreringen av tumlarklick, kontrollerades kvaliteten på C-POD-inspelningarna. Förutom ekolokaliseringsljud från tumlare, registrerar C-POD-ar alla impulsljudshändelser i ett frekvensband på mellan 20 kHz och 150 kHz. Bland dessa finns ljudet av skeppssonarer och sedimentrörelser. Om en C-POD används i en bullrig miljö, kommer den förinställda klickgränsen på 4 096 klick per minut snabbt att överskridas och C-POD:n kommer då inte att registrera några ytterligare data under resten av denna minut. I ett sådant fall kan tumlarklick missas. Men även när gränsen inte nås, kan det inte uteslutas att tumlarklick kan missas på grund av maskering. För att undvika att alltför många klick av okänt ursprung påverkar data för mycket, definierades ett dubbelt kriterium för att rensa data för vidare analys: De två kriterierna definierades utifrån erfarenheter från analysen av olika projekt i Nordsjön och Östersjön (BIOCONSULT SH ET AL. 2019). Alla hela dagar med C-POD-inspelningar som registrerade antingen mer än tre miljoner klick (högsta möjliga antal är > 5,89 miljoner klick) eller om det tog mer än 200 minuter att nå klickgränsen på 4096 klick, togs bort. Vidare ingick endast dagar med inspelning på hälften av de 1 440 minuterna i utvärderingen. Dubbletter eller ofullständiga inspelningar på grund av till exempel utbyte av POD exkluderades således. Cirka 5,4 % (180 dagar) av alla möjliga POD-dagar (3 320 dagar) uppfyllde dessa kriterier och uteslöts därför från analysen.

2.5 Mätning av omgivande bakgrundsljud

Det omgivande ljudet i detta område uppmättes inom området för den planerade OWF. Under två perioder utplacerades mätinstrument (hydrofoner) under andra halvåret 2020. Hydrofonerna sattes fast vid förankringssystemet för två C-POD-stationer (SMB03 och SMB09, ca. 15 km från varandra) under två insatsperioder (2020-05-21 – 2020-07-17 och 2020-09-21 – 2020-11-16) (Tabell 2-1). Mätningarna utfördes av itap (Institut für technische und angewandte Physik - Institutet för teknisk och tillämpad fysik GmbH, Oldenburg, Germany). Ytterligare information om metodiken och tekniska detaljer för den utrustning som används finns i bilaga 1 “Measurement of underwater ambient noise in the area of the planned Offshore-Windfarm (OWF) Södra Midsjöbanken” av itap GmbH (2021).

RWE:s kommentar: Konfidentiell rapport. RWE har därför valt att ta bort bilagan.

3 RESULTAT

3.1 Tumlare förekomst i studieområdet

I jämförelse med de västra delarna av Östersjön är förekomsten av tumlare i Södra Midsjöbankarnas vatten mycket låg. Minst en tumlare upptäcktes på endast 91 av 3 045 inspelningsdagar (= 3 %) vid de 10 övervakningsstationerna. Med undantag för stationerna SMB04 och SMB05 var den genomsnittliga andelen positiva dagar för tumlare under 5 % (Tabell 3-1; Fig 3.2). Vid station SMB10 på den sydöstra spetsen av studieområdet upptäcktes ingen tumlare alls under hela studieperioden på 11 månader (0 % DPD). I 90 % av alla 110 stationsmånader uppmättes endast mindre än två dagar med minst en tumlarsignal, vilket visar att tumlare är mycket sällsynta i studieområdet. Även under de 96 dagarna med minst en tumlardetektering var antalet detektioner (med en upplösning på tiominuters-enheter) på de specifika dagarna mycket lågt, med i genomsnitt två tumlarpositiva tiominuters-enheter under dessa dagar (motsvarar 0,04 %DP10M/dag i genomsnitt över alla stationer och hela studieperioden). Maximalt värde uppnåddes med i genomsnitt 7 DP10M/dag vid position SMB02. De högsta detektionsfrekvenserna under tumlarpositiva dagar (%DPD/studieperiod) registrerades i Natura 2000-området ”Hoburgs bank och Midsjöbankarna” på stationerna SMB03, SMB04 och SMB05.

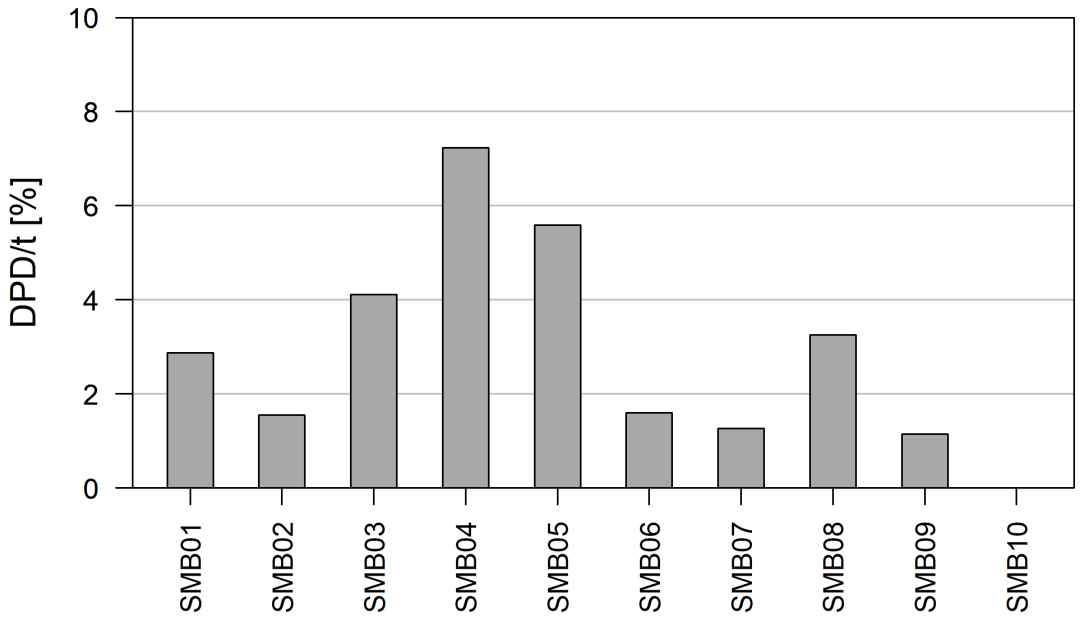


Fig 3-1 Genomsnittligt detektionspositiva dagar (% DPD/t) under loppet av studieperioden (februari 2020 – december 2020) för varje C-POD-station. Vid SMB10 upptäcktes inga tumlare.

Tabell 3-1 Antal dagar med POD-data lämpliga för utvärdering och tumlarpositiva dagar samt detektionsfrekvens som tumlarpositiva dagar, timmar och 10 minuters-enheter. Givet är respektive medelandel (%) av den totala data, som lämpar sig för utvärdering.

POD station	Inspelningsdagar (N)	Tumlarpositiva dagar (N)	Tumlarpositiva dagar per studieperiod [%DPD]	Tumlarpositiva timmar per studieperiod [%DPH]	Tumlarpositiva 10-minuters-enheter per studieperiod [%DP10M]
SMB01	313	9	2,88	0,12	0,03
SMB02	322	5	1,55	0,17	0,08
SMB03	316	13	4,11	0,25	0,07
SMB04	332	24	**7,23**	**0,37**	0,11
SMB05	322	18	5,59	0,31	0,07
SMB06	312	5	1,60	0,08	0,02
SMB07	316	4	1,27	0,05	0,01
SMB08	308	10	3,25	0,15	0,04
SMB09	261	3	1,15	0,05	0,01
SMB10	243	0	0,00	0	0,00
Totalt	**3 045**	**96**			
Genomsnittligt			**2,86**	**0,16**	**0,04**

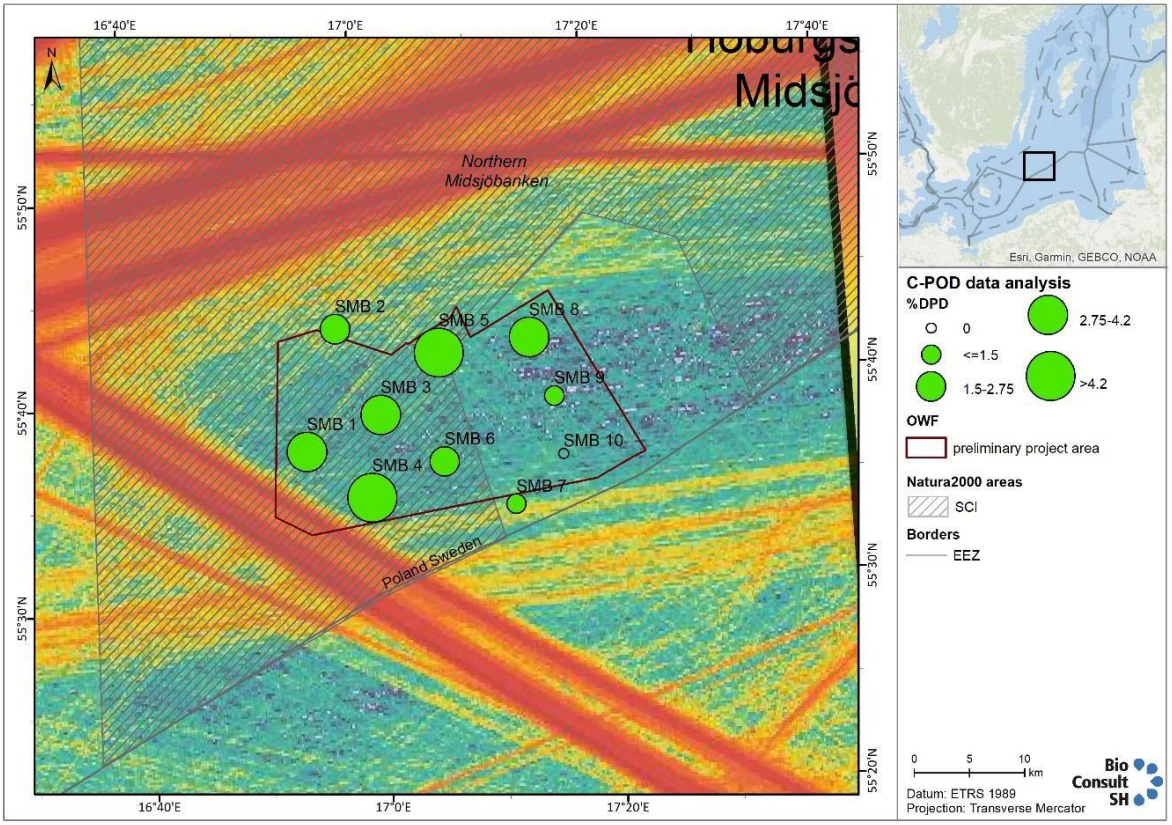


Fig 3-2 *Genomsnittlig andel tumlarpositiva dagar per månad och station i form av klassificerade cirklar. I bakgrunden ackumuleras fartygstrafik för 2019 (2020 är inte tillgänglig ännu) för att visa de stora sjöfartsvägarna (www.marinetraffic.com) där färgerna representerar intensiteten i fartygstrafiken. Färgerna sträcker sig från blått (ingen eller låg fartygstrafik) över grönt, gult och orange till rött (hög fartygstrafik).*

Rumslig fördelning

Eftersom alla stationer i genomsnitt hade mindre än 7,3 % DPD/månad, var skillnaderna mellan de enskilda stationerna i allmänhet mycket låga. Trots det var detektionerna av tumlare inte jämnt fördelade över studieområdet, under loppet av de 11 månaderna som undersöktes. Stationerna med lägst genomsnittlig förekomst av tumlare (i %DPD) var belägna i den sydöstra delen av studieområdet (SMB09 och SMB10, Fig 3.2). Den högsta %DPD i genomsnitt detekterades på stationerna SMB03, SMB04 och SMB05. De enda stationerna med i genomsnitt mer än 2 DP10M/dag (dvs. minst en tumlare detekterades i mer än 2 tiominuters-block per dag) vid dagar med tumlardetektering var stationerna SMB02, SMB03 och SMB04 med ökande frekvenser från söder till norr.

3.1.1 Tumlare fenologi

Tumlarpositiva dagar (% DPD/månad) över alla 10 C-POD-stationer visade ett allmänt mönster under studieperioden mellan februari 2020 och december 2020 (Fig 3.3) med maximal detekteringshastighet mellan juli och oktober, men skilde sig delvis något mellan enstaka C-POD-stationer (Tabell 3-2).

Från försommaren ökade antalet dagar med upptäckt av tumlare över hela undersökningsområdet och nådde sitt maximum i oktober med maximalt 22,58 % tumlarpositiva dagar på positionerna SMB04, vilket motsvarar cirka sju dagar per månad med tumlare. Detektionshastigheter som genereras från C-POD-data, kan inte direkt överföras till absoluta densiteter. Jämförelser mellan data från T-POD:ar (tidigare version av C-POD-ar) och flygdata i tyska Östersjön indikerar dock att DPD under 35 % motsvarar en densitet mindre än 0,1 ind./km^2 (SIEBERT & RYE 2008). Mellan februari och maj 2020 och i november och december 2020 registrerades tumlare på betydligt färre dagar i undersökningsområdet än under alla andra undersökningsmånader.

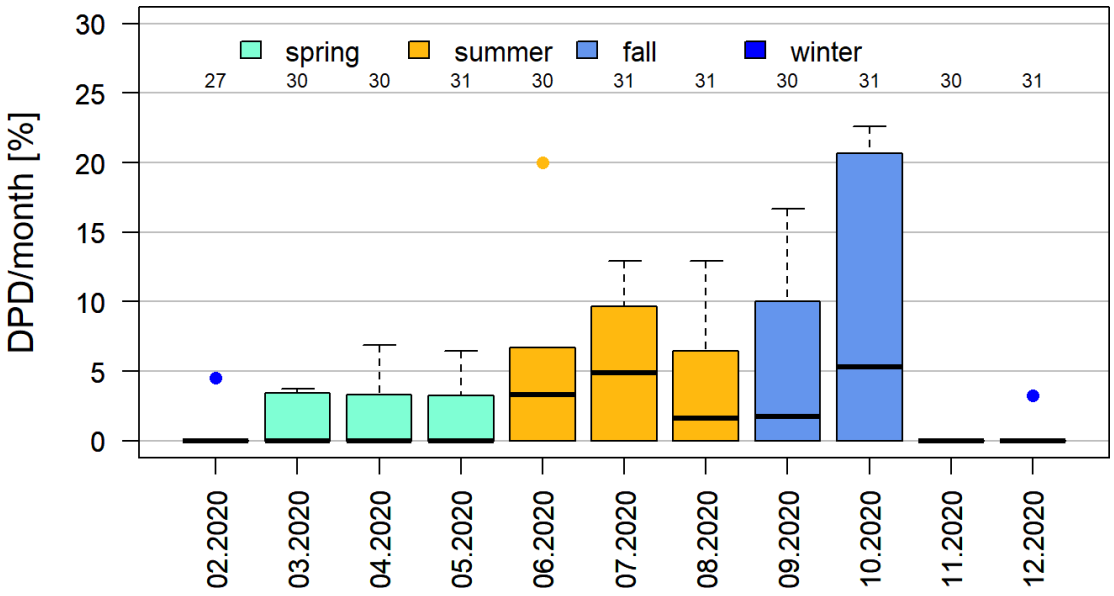


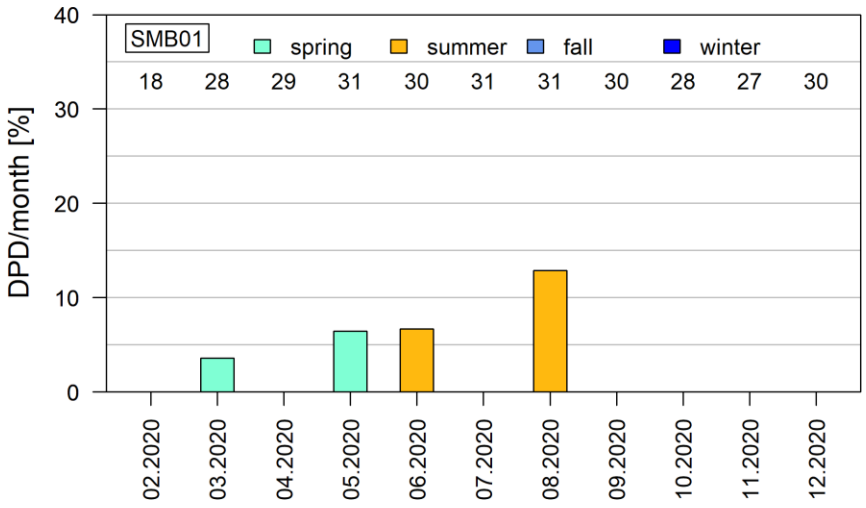
Fig 3-3 *Genomsnittlig månatlig upptäckt positiva dagar (% DPD/månad) under studieperioden (februari 2020 – december 2020), som genomsnitt av de 10 stationerna. Säsonger är färgkodade. Antal dagar, där en av C-POD-ar registrerade data ges ovan för lådagrammen.*

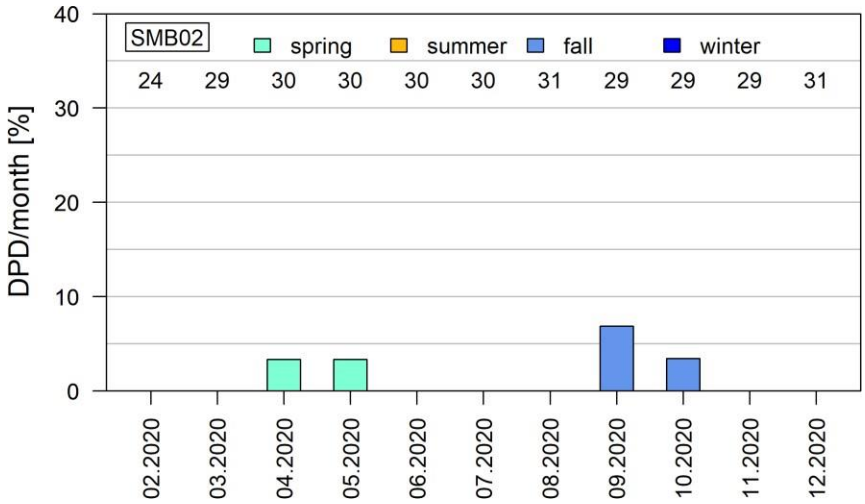
Fem av de 10 C-POD-stationerna uppvisade maximalt antal upptäckter av tumlare i oktober 2020 (SMB03, SMB04, SMB05, SMB06 och SMB08) (Fig 3.4). På de återstående stationerna registrerades maximala värden på sommaren eller hösten: In juli (SMB07, SMB09), augusti 2020 (SMB01) och september 2020 (SMB02). På vintern och tidigt på våren registrerades signaler från tumlare endast sällan på de flesta av stationerna. Inga tumlare upptäcktes någon dag i november 2020; i februari 2020 och december 2020 registrerades inga upptäckter vid nio av de 10 stationerna.

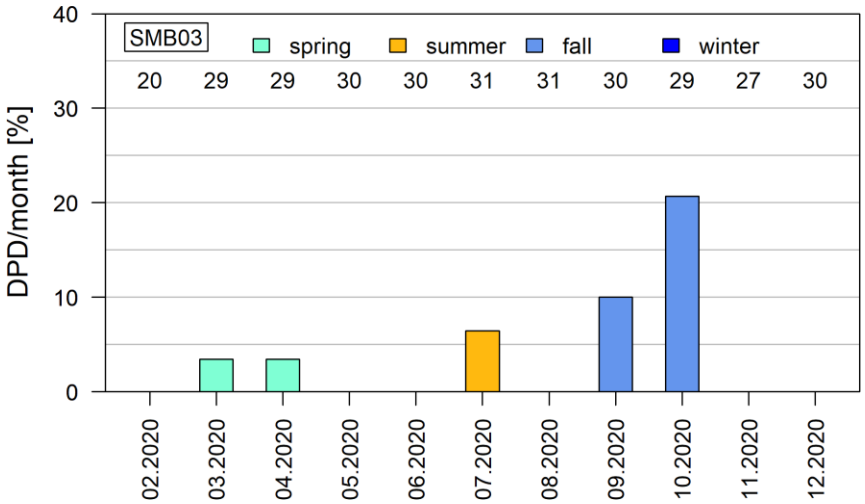
Tabell 3-2 Genomsnittlig andel positiva dagar för tumlare (%DPD/månad) i studieområdet per månad och station. Maximala detekteringshastigheter per station är tryckta med fet stil.

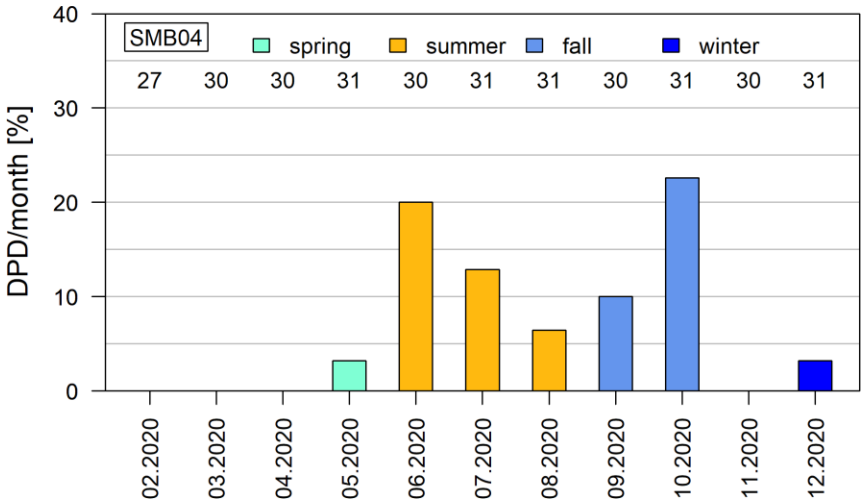
DPD/månad	2,2020	3,2020	4,2020	5,2020	6,2020	7,2020
SMB01	0,00	3,57	0,00	6,45	6,67	0,00
SMB02	0,00	0,00	3,33	3,33	0,00	0,00
SMB03	0,00	3,45	3,45	0,00	0,00	6,45
SMB04	0,00	0,00	0,00	3,23	20,00	12,90
SMB05	4,55	0,00	0,00	0,00	6,67	6,45
SMB06	0,00	0,00	0,00	0,00	3,33	3,23
SMB07	0,00	0,00	0,00	0,00	3,33	**9,68**
SMB08	0,00	3,70	6,90	0,00	3,33	3,33
SMB09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	**10,00**
SMB10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Genomsnittligt	0,45	1,07	1,37	1,30	4,33	5,20

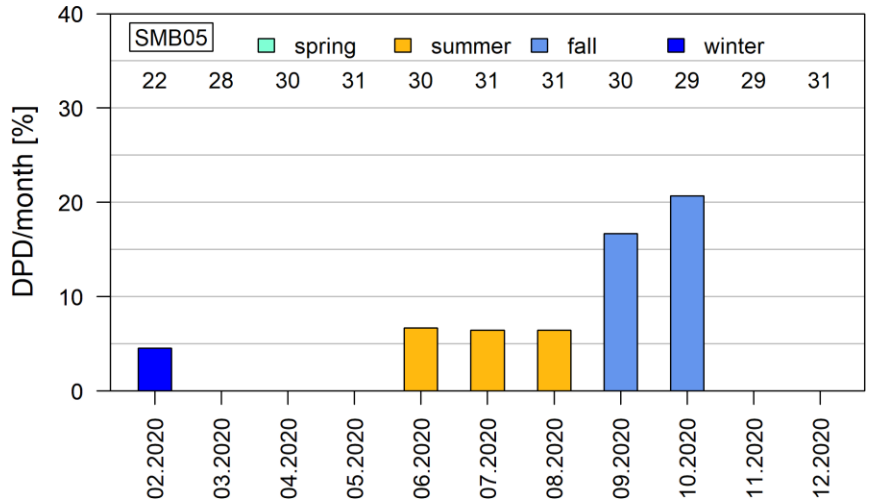
DPD/månad	8,2020	9,2020	10,2020	11,2020	12,2020
SMB01	**12,90**	0,00	0,00	0,00	0,00
SMB02	0,00	**6,90**	3,45	0,00	0,00
SMB03	0,00	10,00	**20,69**	0,00	0,00
SMB04	6,45	10,00	**22,58**	0,00	3,23
SMB05	6,45	16,67	**20,69**	0,00	0,00
SMB06	3,23	0,00	**7,14**	0,00	0,00
SMB07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SMB08	6,45	3,45	**7,14**	0,00	0,00
SMB09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SMB10	0,00	0,00	0,00	0,00	**Inte tillämpligt**
Genomsnittligt	3,55	4,70	8,17	0,00	0,36

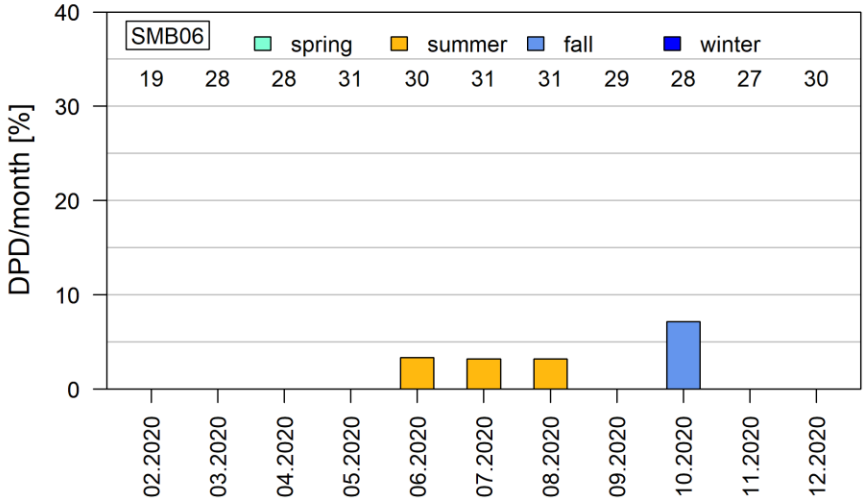


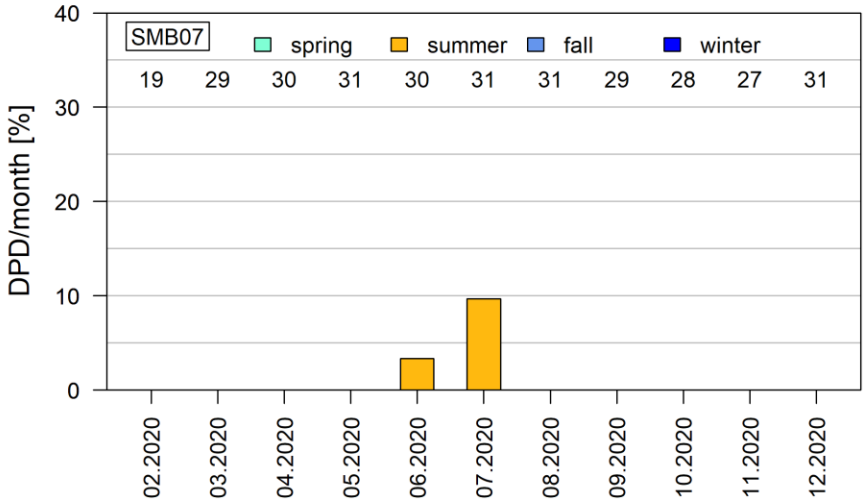

SMB02
spring
summer
fall
winter
24 29 30 30 30 30 31 29 29 29 31
DPD/month [%]
0
10
20
30
40
02.2020
03.2020
04.2020
05.2020
06.2020
07.2020
08.2020
09.2020
10.2020
11.2020
12.2020


SMB03
spring
summer
fall
winter
20 29 29 30 30 31 31 30 29 27 30
DPD/month [%]
0
10
20
30
40
02.2020
03.2020
04.2020
05.2020
06.2020
07.2020
08.2020
09.2020
10.2020
11.2020
12.2020


SMB04
spring
summer
fall
winter
27 30 30 31 30 31 31 30 31 30 31
DPD/month [%]
0
10
20
30
40
02.2020
03.2020
04.2020
05.2020
06.2020
07.2020
08.2020
09.2020
10.2020
11.2020
12.2020


SMB05
spring
summer
fall
winter
22 28 30 31 30 31 31 30 29 29 31
DPD/month [%]
0
10
20
30
40
02.2020
03.2020
04.2020
05.2020
06.2020
07.2020
08.2020
09.2020
10.2020
11.2020
12.2020


SMB06
spring
summer
fall
winter
19 28 28 31 30 31 31 29 28 27 30
DPD/month [%]
0
10
20
30
40
02.2020
03.2020
04.2020
05.2020
06.2020
07.2020
08.2020
09.2020
10.2020
11.2020
12.2020


SMB07
spring
summer
fall
winter
19 29 30 31 30 31 31 29 28 27 31
DPD/month [%]
0
10
20
30
40
02.2020
03.2020
04.2020
05.2020
06.2020
07.2020
08.2020
09.2020
10.2020
11.2020
12.2020

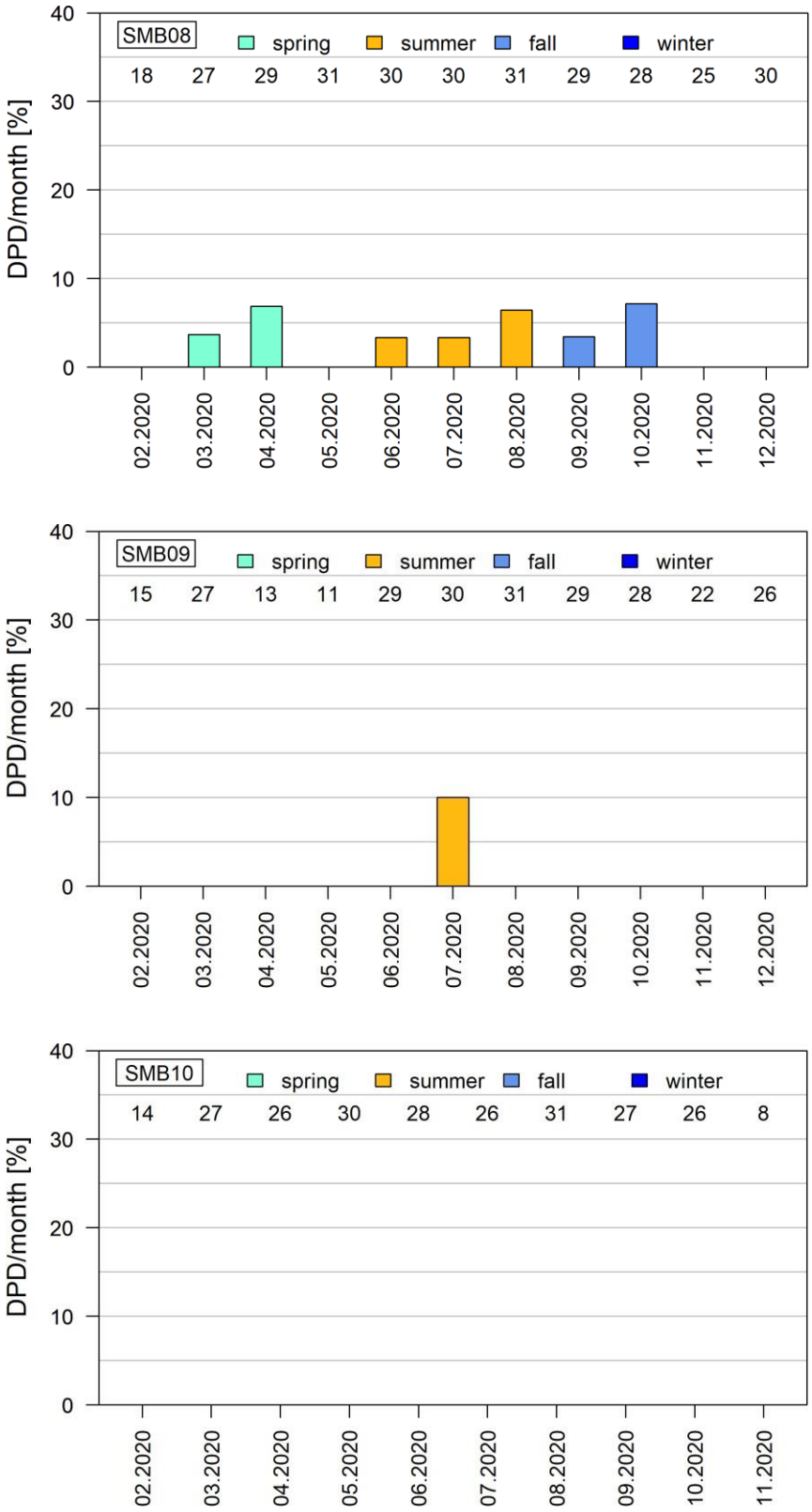


Fig 3-4 *Genomsnittlig detekteringspositiva dagar (% DPD/månad) under varje månad av studieperioden (februari 2020 – januari 2021) för C-POD-stationerna SMB01 till SMB10. Antal dagar, där C-POD-ar inspelade datum anges ovanför staplarna.*

Tumlare på stationerna upptäcktes inte regelbundet under en tidsperiod på flera dagar. Antalet 10-minuters-enheter per dag med signaler från tumlare visar att djuren under 49,5 % av alla dagar med positiva tumlardetekteringar endast registrerades en gång inom en av de 144 10-minuters-enheterna per dag och inte stannade längre inom detektionsräckvidden. Först efter fyra dagar registrerades mer än 5 % DP10M/d på enstaka stationer (Fig 3.5).

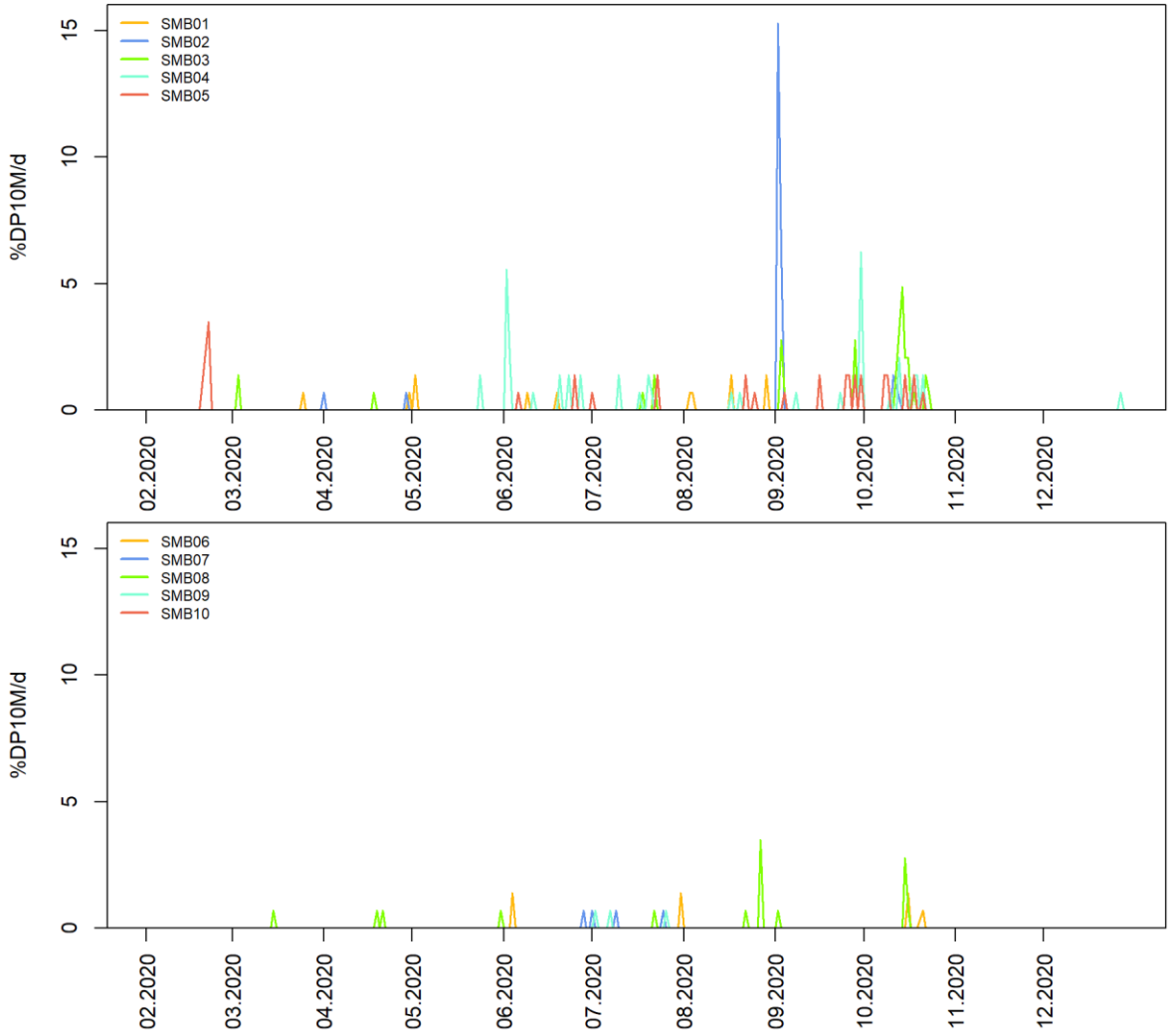


Fig 3-5 *Utveckling av antalet %DP10M/d vid mätstationerna. Angivna är glidande medelvärden över hela perioden mellan 03.02. och 31.12.2020 (lös regression). Stationerna SMB01 till SMB05 visas i den övre panelen, SMB06 till SMB10 i den nedre panelen.*

3.1.2 Tumlarnas dygnsaktivitet

Detektioner av tumlare vid respektive POD-stationer under studieperioden under undersökningsåret 2020 undersöktes för att kontrollera ett eventuellt dygnsmönster. För detta ändamål beräknades DP10M/d tumlardetekteringshastigheter för faserna "dag" och "natt" per station. "Natt" är tiden efter civil skymning när solen står i en vinkel på > 6° under horisonten och "dag" tiden efter civil gryning (solen är < 6° under horisonten).

Av alla stationer, där tumlare upptäcktes, visade endast en station, SMB04, i sydvästra undersökningsområdet högre tumlaraktivitet under dagtid jämfört med nattetid. Vid de andra stationerna (förutom SMB10, där ingen tumlare upptäcktes under de 11 månaderna av C-POD-implementering) var detektionshastigheten (% DP10M/d) högre under mörker. Men det är viktigt att notera att konfidensintervallet på grund av den mycket låga detektionsgraden överhuvudtaget är mycket högt och därför måste dessa resultat diskuteras med stor försiktighet.

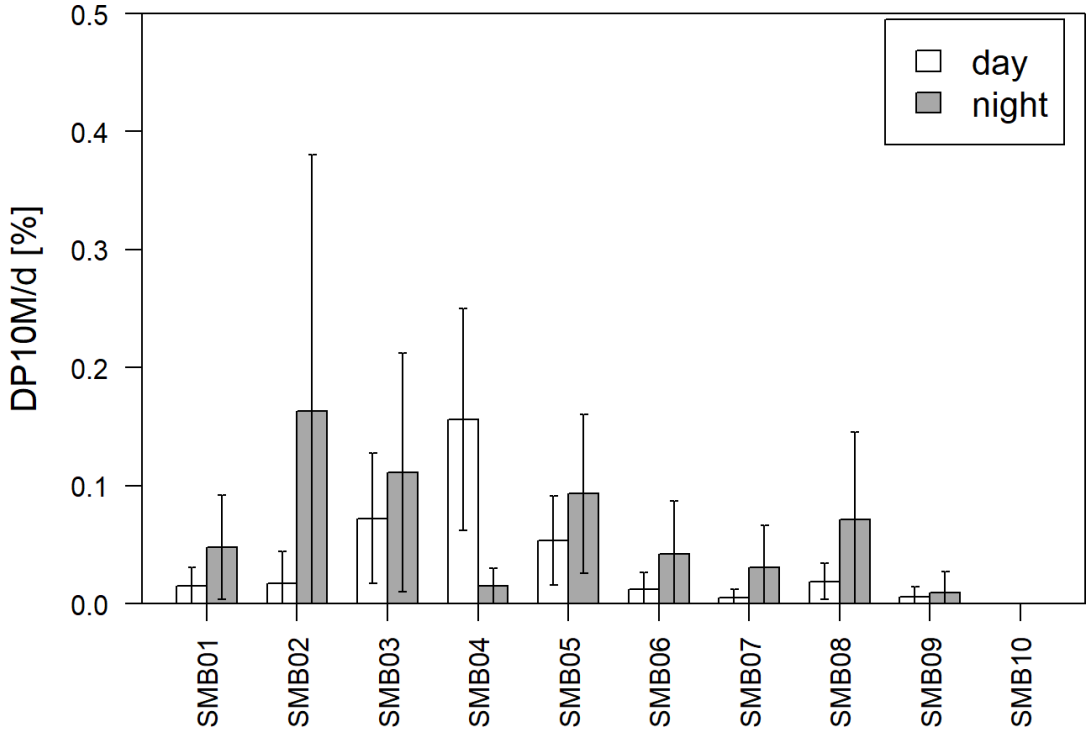


Fig 3-6 *Mönster för tumlardetektering enligt tid på dygnet på alla POD-stationer under hela studieperioden (februari 2020 till december 2020). Detektionshastigheter (% DP10M/d) vid varje station av SMB under dagsljus (vita staplar) och under natten (grå staplar) med angivna konfidensintervall. Vid SMB10 upptäcktes inga tumlare.*

3.2 Jämförelse av C-POD-klassificerarna KERNO och Hel1

C-POD-data analyserades först med KERNO-klassificeraren, som är standardklassificeraren för områden med medel till hög förekomst av tumlare. För att hålla resultaten jämförbara med projekt som drivs inom samma område, som t.ex. SAMBAH (SAMBAH 2016) användes Hel1-klassificeraren för data, speciellt utformad för områden med mycket låg förekomst av tumlare. Hel1-klassificeraren är mycket mer konservativ jämfört med KERNO-klassificeraren, och eliminerar alla klicksekvenser som eventuellt felaktigt identifierades som tumlare av KERNO-klassificeraren, men eliminerar samtidigt också i viss mån sanna klicksekvenser för tumlare. Medan falska positiva klicksekvenser i ett område med mycket sällsynta tumlarinspelningar kan leda till felaktiga bedömningar, påverkar en konstant falsk positiv frekvens i områden med högre tumlarmängd inte bedömningen (så länge felet är konstant mellan stationer och tidsperioder). Som förväntat reducerades tumlardetekteringar vid alla de 10 stationerna av Hel1-klassificeraren (Fig 3.7). I genomsnitt klassificerades 37 % av (DPD) som "falska positiva" av Hel1-klassificeraren men det övergripande mönstret förblir detsamma.

Till exempel identifierades två klicksekvenser med måttlig chans att komma från en tumlare av KERNO-klassificeraren på station SMB10, som båda eliminerades av Hel1-klassificeraren. Vid kontroll av de båda filerna visuellt, är det svårt att bedöma om algoritmen är rätt. De första klicksekvenserna inträffade 2020-07-16, 15:23, i ett tätt moln av högfrekventa klick, som endast sällan registrerades. Från det interna klickintervallet kan ett mönster kännas igen, som är allmänt känt för en typisk klicksekvens från en tumlare. Således skulle denna klicksekvens vara visuellt bedömd som en klicksekvens från en tumlare (KERNO = rätt, Hel1 = fel). Från den andra klicksekvensen frånn2020-09-22, 0:38, kan man med säkerhet anta att detta är en felklassificering av KERNO-algoritmen, eftersom endast 8 klick, i ett klickmoln på flera hundra klick som spänner över hela frekvensspektrumet för POD:n, identifieras som tumlarklick och inga andra klick i frekvensen av typiska tumlarklick inträffar, varken i millisekunderna före eller efter. Därför möjliggör tillämpningen av Hel1-klassificeraren en bättre jämförelse med resultaten från SAMBAH-studien där denna klassificerare användes, men för säsongsmönster spelar det ingen roll vilken klassificerare som används, eftersom det kan antas att felet är lika vid alla stationer hela tiden (Fig 3.7).

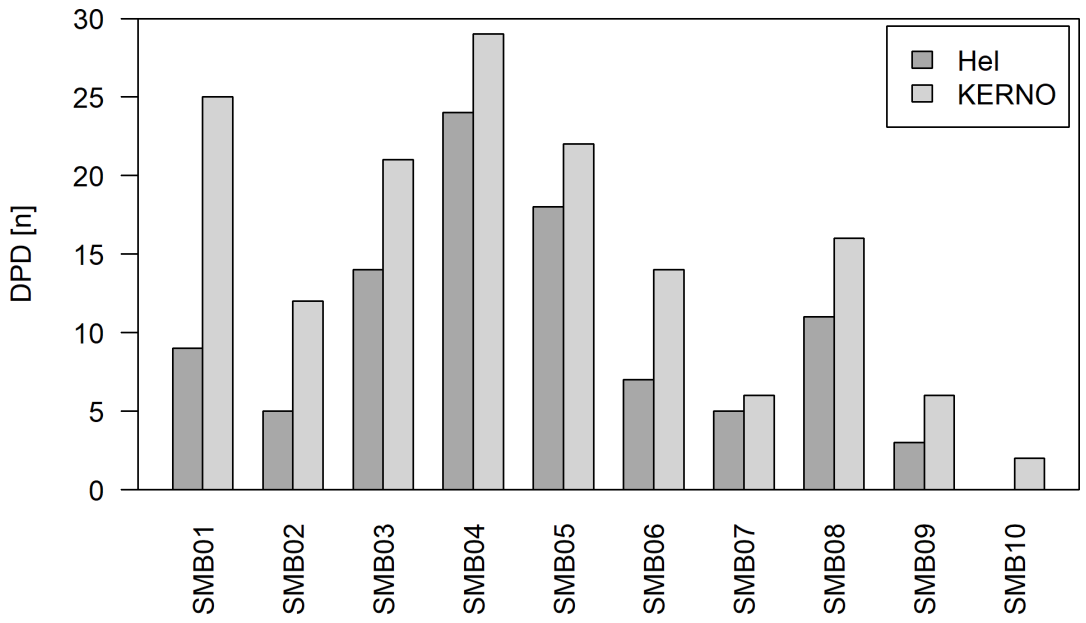


Fig 3-7 Antal detekteringspositiva dagar (DPD) vid varje station från februari 2020 – december 2020 klassificerade enligt KERNO (ljusgrå) och HEL1-klassificeraren (mörkgrå).

3.3 Omgivande bakgrundsljud

För föreliggande studie har mätningen av undervattensljud tjänat till att få en uppskattning av hur hög bakgrundsljudsexponeringen är i området kring den planerade vindkraftparken och dess omedelbara omgivning. Dessa mätningar utfördes av itap (Institut für technische und angewandte Physik - Institutet för teknisk och tillämpad fysik GmbH, Oldenburg, Germany). Syftet var dels att skapa underlag för en före- och efterjämförelse, dels att i grunden klassificera området i termer av antropogena ljudföroreningar och att identifiera eventuella befintliga effekter. Vidare kan man utifrån resultaten jämföra de uppgifter om tumlare som samlats in på samma platser för att kontrollera om bakgrundsljud hade någon inverkan på förekomsten av tumlare.

Under sommarperioden var den uppmätta ljudtrycksnivån (SPL) mellan 105 och 113 dB re 1V/µPa (Tabell 3-3). Under hösten varierade den uppmätta ljudtrycksnivån mellan 106 och 115 dB re 1V/µPa (Tabell 3-4). I båda mätperioderna var ljudtrycksnivån högre vid SMB03 än vid SMB09 för alla uppmätta vindklasser, allt från lugnt (hastighet 0 - 2.5 m/s) till hög (> 11 m/s). Endast vid den högsta vindklassen under hösten uppnådde SPL högsta nivåer (115 dB re 1V/µPa) på båda stationerna. Jämförbara mätningar av omgivande ljud utfördes också av itap GmbH för tyska OWF-projekt inom Nordsjön och Östersjön (konfidentiella rapporter inom OWF:s godkännandefas). Dessa mätningar indikerade att de genomsnittliga omgivande ljudnivåerna vanligtvis varierar mellan 105 och 135 dB re 1µPa beroende på avståndet till nästa fartygstrafikväg.

Tabell 3-3 Nivåstatistik över genomsnittlig ljudtrycksnivå ($L_{eq,5s}$) och percentilnivåer med medeltid på 5 s under sommarmätningsperioden (21.05. – 17.07.2020) på stationerna SMB03 och SMB09.

Mätningsposition	Vindklass	Ljudtrycksnivå i dB re 1 V/µPa			
		$L_{eq,5s}$	$L_{90,5s}$	$L_{50,5s}$	$L_{05,5s}$
SMB3	Lugn	108	95	103	113
	Låg	112	97	104	113
	Medel	111	103	108	113
	Hög	113	107	110	117
SMB9	Lugn	105	77	96	107
	Låg	108	77	98	108
	Medel	107	77	104	110
	Hög	109	105	109	113

Tabell 3-4 Nivåstatistik över genomsnittlig ljudtrycksnivå ($L_{eq,5s}$) och percentilnivåer med medeltid 5 s under höstens mätperiod (21.09. – 16.11.2020) på stationerna SMB03 och SMB09.

Mätningsposition	Vindklass	Ljudtrycksnivå i dB re 1 V/µPa			
		$L_{eq,5s}$	$L_{90,5s}$	$L_{50,5s}$	$L_{05,5s}$
SMB3	Lugn	109	99	105	113
	Låg	112	101	107	114
	Medel	113	106	109	114
	Hög	115	109	113	117
SMB9	Lugn	106	95	100	109
	Låg	108	98	105	111
	Medel	112	105	108	112
	Hög	115	109	113	119

4 DISKUSSION

4.1 Undersökningsmetod passiv akustisk övervakning (PAM)

Tumlare använder nästan kontinuerligt ekolokalisering för orientering och lokalisering av byten (AKAMATSU et al. 2007; WISNIEWSKA et al. 2016). Studier som jämför C-POD PAM-resultaten med samtida visuella observationer (KYHN et al. 2012; WILLIAMSON et al. 2016; JACOBSON et al. 2017; BIOCONSULT SH 2019) visar att resultaten av akustisk övervakning motsvarar absoluta densiteter. Baserat på en jämförelse av telemetriska data från tumlare och C-POD-inspelningar i Östersjön runt ön Rügen, Tyskland, har en studie av MIKKELSEN et al. (2016) visat att båda datamängderna korrelerade med varandra. Ju fler märkta djur som fanns i ett område, desto högre var detekteringshastigheterna i detta område. Tidigare har PAM-data som registrerats med C-POD-ar visat sig vara informativ, när det gäller användningen av tumlares livsmiljö (TOUGAARD et al. 2009; BIOCONSULT SH & BIOLA 2010; BRANDT et al. 2011, 2018; BIOCONSULT SH 2013; DÄHNE et al. 2013; BIOCONSULT SH et al. 2014). En av fördelarna med denna metod är den mycket höga tidsupplösningen. Data registreras exakt på millisekund. Därför kan även temporärt småskaliga mönster undersökas. Dessutom kan C-POD-ar kontinuerligt registrera data, en stor fördel i jämförelse med andra undersökningsmetoder som flyg- eller fartygsbaserade undersökningar. Detta producerar mängder av data, som möjliggör robusta statistiska analyser. I områden med låg förekomst av tumlare, som studieområdet i föreliggande studie, är inspelningar av ekolokaliseringssignaler den enda metoden för att få en tillräckligt stor mängd data, för att möjliggöra uttalanden om utbredning och närvaro av tumlare. Dessutom registrerar C-POD-ar även tumlare på natten, medan flyg- och fartygsbaserade undersökningar är begränsade till dagsljus. En nackdel med PAM-metoden är den lilla spatiala täckningen. Räckvidden för en C-POD är endast ca. 300 meter och är beroende av riktningen på tumlarklicken. Endast utplacering av flera C-POD-ar på olika platser, som i denna studie, tillåter uttalanden om den rumsliga fördelningen av tumlare.

Jämförelsen av KERNO- och HEL1-klassificeraren skulle kunna visa att HEL1-klassificeraren är känsligare och därmed klassificerade fler upptäckter som "falskt positiva" än KERNO-klassificeraren. Att använda data som klassificeras av HEL1-klassificeraren gör att data som genereras i denna studie blir mer jämförbara med de resultat som hittills genererats i detta område av Östersjön (t.ex. data från SAMBAH-projektet).

4.2 Tumlare i studieområdet

Förekomst och fördelning i studieområdet

Detektionsfrekvensen för tumlare (%DPD) som registrerades vid de 10 stationerna i studieområdet var generellt sett mycket låg. Av de 3245 dagarna med registreringar var i genomsnitt cirka 3 % tumlarpositiva dagar med minst en upptäckt av tumlare, vilket tyder på en mycket låg förekomst av tumlare i undersökningsområdet. I Nordsjön i Tyska bukten fastställs vanligtvis detekteringsgrader på upp till 100 % DPD/studieperiod eller 10 till 40 % DP10M/studieperiod (BIOCONSULT SH & BIOLA 2010; BIOCONSULT SH 2014; BRANDT et al. 2018; BIOCONSULT SH ET AL. 2019), i.e. Upptäckter av tumlare är avsevärt högre än i studieområdet för denna studie.

Även i de västligare delarna av Östersjön rapporteras högre tumlardetekteringshastigheter upp till 100 % DPD/månad (t.ex. GALLUS & BENKE 2014; MIKKELSEN et al. 2016; SAMBAH 2016; BIOCONSULT SH & INSTITUT FÜR ANGEWANDTE ÖKOSYSTEMFORSCHUNG 2017).

I allmänhet var förekomsten av tumlare inte jämnt fördelad över studieområdet och skilde sig något mellan positionerna. Man måste komma ihåg att jämfört med detektionshastigheter som uppmätts i östra Östersjön (CARLÉN et al. 2018) är skillnaderna inom projektområdet av ganska liten skala. På grund av de låga upptäckterna av tumlare under studieperioden och med endast en säsongscykel undersökt (februari 2020 till december 2020) kan inga ytterligare antaganden göras om preferenser för tumlare inom undersökningsområdet.

Det pågår ett svenskt övervakningsprogram för tumlare i Östersjön, där en delmängd av tidigare C-POD-stationer inom SAMBAH-projektet registrerar upptäckter av tumlare. Beroende på station finns data tillgängligt för nedladdning hos SHARKweb (https://sharkweb.smhi.se), som genomförs av Svenska metrologiska och hydrologiska institutet (SMHI), från mars 2017 till augusti 2019. Presenterade data för dessa stationer är endast approximationer eftersom databasen inte tillhandahåller tillräckliga data för en exakt analys (dvs. inga data för dagar eller månader utan POD-inspelningar eller ogiltiga inspelningsdagar tillhandahålls). Detekteringshastigheter från dessa C-POD stationer (Fig 4.1 och Fig 4.2), registrerade under 2018 och 2019, visar delvis förvånansvärt tydliga skillnader med resultaten i den aktuella studien. Medan detekteringsgraden på 1,5 % DPD/månad i genomsnitt (april 2018 – april 2019) vid position 1026, vilket är cirka 25 km nordväst om studieområdet, ligger i samma intervall jämfört med den aktuella studien (2,85 % DPD/månad), vid position 1036 (ca. 40 km norr om studieområdet) registrerades i genomsnitt 47,8 % DPD/månad. Detta är 16 gånger högre jämfört med den genomsnittliga detekteringshastigheten från den aktuella studien. Dessutom verkar säsongsmönstret annorlunda vid denna position eftersom konstant höga detektionsgrader med >50 % DPD/månad registrerades mellan april/maj och oktober. Detta tyder på att förekomsten av tumlare är klart högre längre norrut och når maximala värden på nästan 100 % DPD/månad, vilket är känt från områden i Nordsjön och från västra Östersjön.

Resultat från satellitspårade djur visade att endast enstaka djur från Bälthavet kom in i området öster om ön Bornholm (SVEEGARD 2011), vilket tyder på att detektionshastigheterna för denna studie och vid station 1026 och 1036 till stor del härrör från djur i egentliga Östersjö studieområdet. Våra resultat och detektionsfrekvenserna på övervakningsstationerna 1026 och 1036 ger svaga indikationer på att områden med högre täthet och mer frekvent användning på sommaren och hösten kan vara belägna längre norrut än vad de modellerade fynden av SAMBAH antyder. SAMBAH (CARLÉN et al. 2018).

De bakgrundsljudmätningar som genomfördes under två mätkampanjer sommaren respektive hösten 2020, visade värden som är typiska för områden med relativt liten antropogen ljudpåverkan, som fartygstrafik, eftersom båda hydrofonpositionerna inte var belägna i närheten av en av de viktigaste sjöfartslederna (Fig 3.2). Oavsett det är fartygstrafik huvudkällan för de uppmätta bakgrundsljudvärdena och bland rådata kan fartygspassager tydligt kännas igen på starka toppar inom ljudbilden. Jämförelser med andra mätningskampanjer för omgivande buller i Östersjön och Nordsjön visar att ljudtrycksnivåer under 120 dB re 1V/µPa är typiska i områden med få fartygsaktiviteter. Sådana fynd bekräftades också av resultatet från R&D-projektet BIAS för Östersjön (BIAS, 2016, se bilaga 1).

Eftersom tumlare endast registrerades ett fåtal gånger på positionerna med bakgrundsljudsmätningar, gjordes inga jämförelser med ljudvärden. I grunden kan man anta att de måttliga bullernivåer som uppmäts i undersökningsområdet, inte styr förekomsten av tumlare. Eftersom de flesta delar av Östersjön mer eller mindre påverkas av sjöfartsbuller även i områden med hög tumlartäthet, kan man anta att tillgången på föda är den i särklass främsta triggern för utbredningen av tumlare (SVEEGAARD et al. 2012; NABE-NIELSEN et al. 2013). Studieområdet här frekventeras regelbundet av tumlare men på en generellt mycket låg nivå.

Säsongs- och dygnsmönster

I studieområdet visade tumlare den högsta förekomsten under sensommaren och/eller hösten, vilket är i linje med resultaten från SAMBAH-studien (CARLÉN et al. 2018). Eftersom detektionshastigheterna i allmänhet var mycket låga, kunde inget stationsspecifikt fenologiskt mönster definieras, men i genomsnitt över alla stationer blir säsongsmönstret synligt. Eftersom detektering av tumlare vid olika positioner inte skett vid samma tidpunkter och detekteringarna för det mesta endast inträffade inom en 10-minutersperiod per dag, kan det antas att djuren kom in i området ganska sporadiskt, antingen passerade dom området eller så stannade dom under en kort tidsperiod, snarare än att de stannade där under en längre period. Eftersom det nästan inte förekom några detektioner under senhösten och vintern, kan det antas att tumlare inte är permanent närvarande i området, utan besöker det under vissa tider på året. Detta kan bero på att födotillgången säsongsmässigt har olika kvalitet eller tillgänglighet (VAN BEEST et al. 2018) och/eller lokalt förekommande hydrologiska faktorer (vilket också styr födotillgången). Området är känt som ett lekområde för östersjötorsk och skarpsill (RAMBØLL 2017), båda arterna är byte för tumlare (AAREFJORD et al. 1995; ANDREASEN et al. 2017). Skarpsill och torsk leker vanligtvis från april till augusti respektive under sommarmånaderna (VOSS et al. 2011). I den intilliggande Bornholmsbassängen kunde skarpsillansamlingar identifieras även under andra årstider, t.ex. i oktober (VOSS et al. 2011), vilket kan vara en möjlig orsak till den förhöjda mängden tumlare under sommaren och oktober i denna studie.

Även om undersökningsområdet för denna studie har en mycket låg förekomst av tumlare, detekterades tumlare åtminstone vid en station i varje månad under studieperioden från februari 2020 till december 2020, förutom november 2020. Trots den mycket låga tätheten indikerar detta regelbunden förekomst av tumlare i detta område. Även om det finns högre detekteringsfrekvenser i polska och litauiska vatten under några månader (DHI 2015), tycks de högsta förekomsterna av individer av den egentliga Östersjöns population förekomma i svenska vatten runt stränderna söder om öarna Öland och Gotland. (CARLSTRÖM & CARLÉN 2016; CARLÉN et al. 2018). Som en del av EU LIFE+-projektet SAMBAH har mer än 300 C-PODS utplacerats som täcker en stor del av Östersjön och samlar in data från 2011 till 2013 (SAMBAH 2016). Resultaten från SAMBAH-projektet visar en förändring i den säsongsbetonade närvaron av tumlare väster om studieområdet. Författarna till studien föreslår en gräns av sommarpopulationen mot öster om ön Bornholm (SAMBAH 2016; CARLÉN et al. 2018). Det antas att åtminstone de djur som finns i studieområdet från maj till oktober är en del av den egentliga Östersjöpopulationen (beståndet), medan bestånden inte kan separeras tydligt under resten av året, enligt resultaten av SAMBAH projektet (CARLÉN et al. 2018). En säsongsbetonad migrering av tumlare som tillhör Östersjöpopulationen kan inträffa eftersom tumlare lämnar områden när det är hög risk för isbildning och återvänder så snart risken passerat (TEILMANN & LOWRY 1996). Detta är förmodligen inte den enda faktorn som leder till säsongsbetonad migration av tumlare, men hittills har inga ytterligare faktorer identifierats.

Detta är av betydelse eftersom den Östersjönspopulationen är kritiskt hotat enligt den IUCN (HAMMOND et al. 2008) vilket förbjuder ytterligare störningar, som kan hota denna population ytterligare.

Sannolikhetskartorna från SAMBAH-projektet visar att högst sannolikhet för detektering i det större området kring Södra Midsjöbanken, inom vilket det preliminära projektområdet ligger, inträffar i februari, från april till augusti samt i oktober (CARLÉN et al. 2018, Fig. 3). Den aktuella studien bekräftar delvis dessa rön, med ökande upptäcktsfrekvens från mars till juli, men med högsta upptäcktsfrekvens i oktober. Enligt SAMBAH-modellen tenderar den högsta sannolikheten för upptäckt att inträffa på sommaren och i motsats till detektionsfrekvensen i den aktuella studien, förutses en låg sannolikhet för detektering för september och en sannolikhet för upptäckt på >20 % i februari, där i den aktuella studien detekterades tumlare vid endast en station (4,55 % DPD/månad). Enligt resultat från SAMBAH-projektet detekterades en låg sannolikhet för upptäckt från november till januari (CARLÉN et al. 2018), ett mönster, som stöds av data från den aktuella studien.

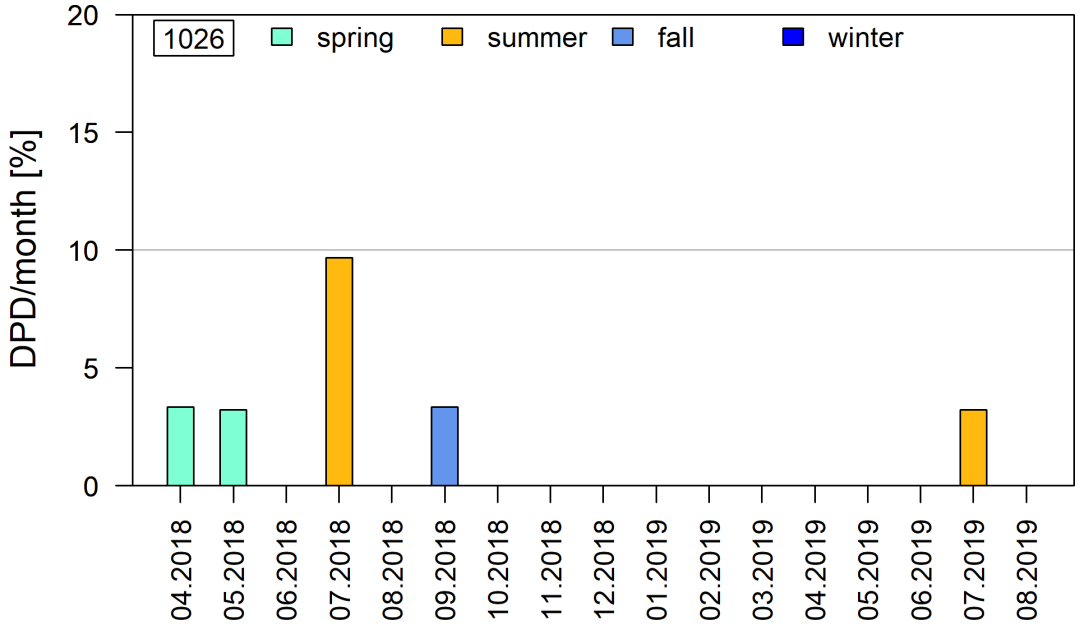


Fig 4-1 *Månatliga detekteringshastigheter (%DPD/månad) på station 1026 från det svenska nationella övervakningsprogrammet från april 2018 till augusti 2019. Säsonger är färgkodade. Dessa värden är endast ungefärliga på grund av dataformatet i SHARKweb-databasen. Notera de olika skalorna för Fig 4.1 och Fig 4.2.*

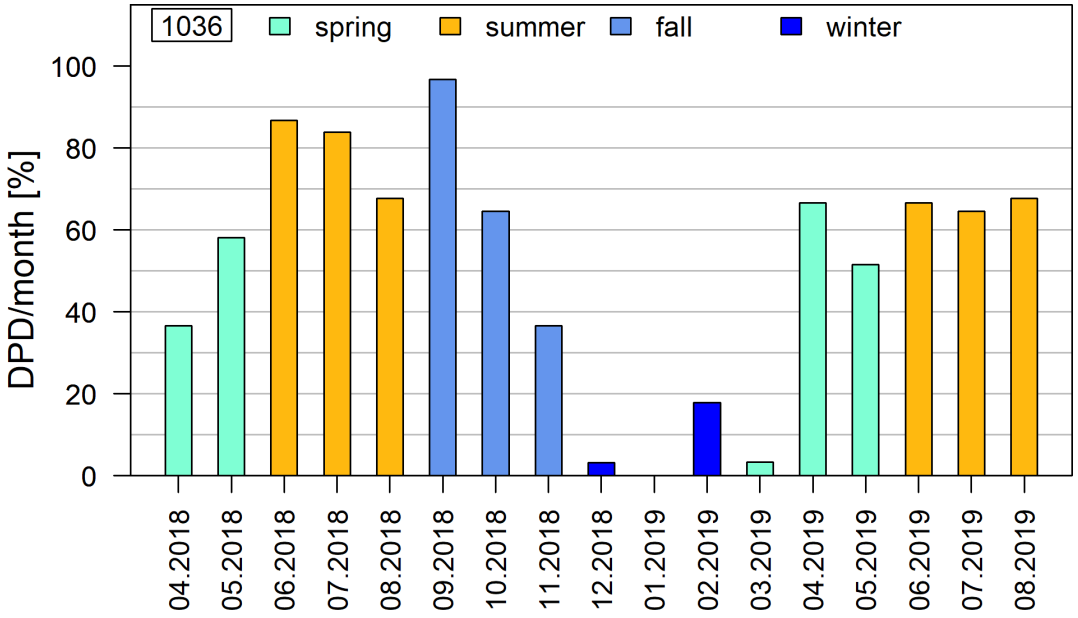


Fig 4-2 Månatliga detekteringshastigheter (%DPD/månad) på station 1036 från det svenska nationella övervakningsprogrammet från april 2018 till augusti 2019. Säsonger är färgkodade. Dessa värden är endast ungefärliga på grund av dataformatet i SHARKweb-databasen. Notera de olika skalorna för Fig 4.1 och Fig 4.2.

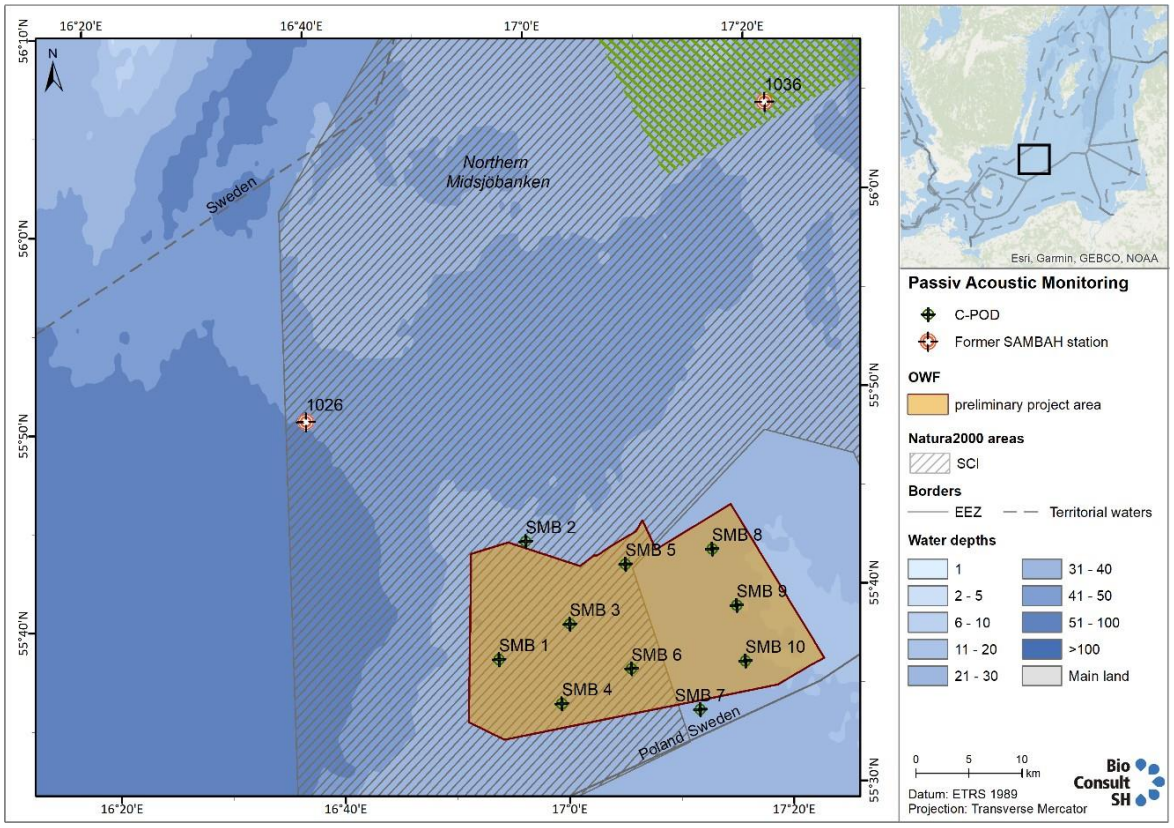


Fig 4-3 Positioner för tidigare SAMBAH-stationer 1026 och 1036 från det svenska nationella övervakningsprogrammet (röda kors) och C-POD-stationer i det aktuella projektet (gröna kryss).

Det fanns en trend i dygnsrytmen för detektering av tumlare i hela studieområdet. De flesta stationerna visade en svag trend mot högre detekteringshastigheter på natten. Endast på stationen SMB04, vilket är stationen med de högsta detekteringsfrekvenserna, registrerades majoriteten av detekteringarna under dagtid. Sammantaget kan detta mönster tyda på att fördelningen och förekomsten av djuren orsakas av platsspecifika parametrar. Eftersom detektionsgraden i den föreliggande studien var på en överlag mycket låg nivå (med ett högt konfidensintervall), är dessa endast indikationer och ger inga starka vetenskapliga bevis. Förekomsten av lämpliga födoresurser (dvs. fisk, WISNIEWSKA et al. 2016; VAN BEEST et al. 2018; ZEIN et al. 2019) samt hydrografiska parametrar och sedimenttyper (WILLIAMSON et al. 2017) kan antas vara de viktigaste parametrarna. Men eftersom färska fynd från en laboratoriestudie tyder på att den högre aktiviteten under natten inte utlöses av födotillgänglighet (OSIECKA et al. 2020), finns det hittills ingen enskild faktor identifierad för att till fullo förstå delmönster hos tumlare.

5 SAMMANFATTNING OCH SLUTSATS

Den föreliggande studien har genomförts på uppdrag av RWE Renewables Sweden AB i det preliminära projektområdet för OWF ”Södra Victoria” för att undersöka förekomsten av tumlare i detta område. Tumlare detekterades genom passiv akustisk övervakning ”Passive Acoustic Monitoring” (PAM) på 10 C-POD-stationer, som täcker en tidsram på 11 månader 2020 (februari till december). Området tros vara en del av livsmiljön för Östersjöpopulationen, som beräknas bestå av ca. 500 individer och klassificerades som "kritiskt hotade" av IUCN.

Som väntat var detektionsgraden låg jämfört med Nordsjön eller mer västliga delar av Östersjön, som bebos av Bälthavspopulationen, som beräknas bestå av 20 000 individer. På endast 3 % av de möjliga detekteringsdagarna registrerades tumlarklick på någon av C-POD-stationerna. Vid en station påvisades ingen tumlare under hela studieperioden (SMB10). Ett maximalt årligt medelvärde på endast 7,2 % DPD/t registrerades på station SMB04.

Majoriteten av dagar med positiva detekteringar (% DPD/månad) inträffade på alla stationer under sommaren eller hösten, medan tumlare på vintern (februari och december 2020) på två stationer endast förekom en dag. Eftersom det i cirka 50 % av detekteringarna registrerades endast ett detekteringspositivt 10-minutersblock per dag, verkar tumlare använda (eller passera) området sporadiskt snarare än att stanna där under en längre tid. Detta indikerar användning av området snarare som ett transitområde än som en viktig födoplats. Vidare kunde det visas att tumlare inte finns i området året runt, utan besöker denna region under vissa tider på året. På grund av bristen på data, kan inga tydliga uttalanden om ökad dag- eller nattaktivitet göras. Dessa rön stämmer överens med den helhetsbild som skapades i SAMBAH-projektet, där det föreslogs att förekomsten av tumlare i området kring Södra Midsjöbanken flyttas längre åt sydväst under vintern, beroende på att djuren lämnar området p.g.a. risken för havsisbildning.

Det omgivande bakgrundsljudet, uppmätt i två 8-veckorsperioder sommar och höst (SPL mellan 105 och 113 dB re 1V / µPa) visade bullervärden, som är typiska för låg eller måttlig fartygstrafik, vilket leder till antagandet att det omgivande bakgrundsljudet inte påverkade tumlarentätheten i området. Eftersom de flesta delar av Östersjön mer eller mindre påverkas av sjöfartsbuller även i områden med hög tumlartäthet, kan man anta att tillgången på föda är den i särklass främsta triggern för utbredningen av tumlare (SVEEGAARD et al. 2012; NABE-NIELSEN et al. 2013). Data från 2018/19 för en station från Svenska Nationella Övervakningsprogrammet (tillgänglig på https://sharkweb.smhi.se) i närheten av det preliminära projektområdet visar detektionsgrader i liknande skala som undersökts i föreliggande studie 2020, vilket indikerar att förekomsten av tumlare som observerades 2020 åtminstone inte kan betraktas som ovanlig (observera att dataunderlaget https://sharkweb.smhi.se var inte tillräckligt för att genomföra en gedigen analys). Däremot kan en station från samma program och tidsperiod, belägen ca. 40 km nordost visa mycket högre upptäcktsfrekvenser under loppet av åren 2018 och 2019, upp till nästan 100 % DPD/månad, medan de maximala detekteringshastigheterna i den aktuella studien inte översteg 22,25 % DPD/månad. Därför kan det antas att det undersökta området säsongsmässigt används av tumlare, men ändå i mindre skala än i områden i större närhet.

6 LITTERATUR

AAREFJORD, H., BJORGE, A. J., KINZE, C. & LINDSTEDT, I. (1995): Diet of the harbour porpoise (*Phocoena phocoena*) in Scandinavian waters. I: *Biology of the Phocoenids. A collection of papers* (Av: BJORGE, A. & DONOVAN, G. P.). Serie: Report of the International Whaling Commission, The International Whaling Commission/Cambridge (GBR), S. 211–222.

AKAMATSU, T., TEILMANN, J., MILLER, L. A., TOUGAARD, J., DIETZ, R., WANG, D., WANG, K., SIEBERT, U. & NAITO, Y. (2007): Comparison of echolocation behaviour between coastal and riverine porpoises. Deep Sea Research Part II 54/3, S: 290–297.

ANDREASEN, H., ROSS, S. D., SIEBERT, U., ANDERSEN, N. G., RONNENBERG, K. & GILLES, A. (2017): Diet composition and food consumption rate of harbor porpoises (Phocoena phocoena) in the western Baltic Sea. Marine Mammal Science. DOI: 10.1111/mms.12421, ISSN: 08240469.

BECKER, N., HAUPT, H., HOFBAUER, N., LUDWIG, G. & NEHRING, S. (utgivare) (2013): Rote Liste gefährdeter Tiere, Pflanzen und Pilze Deutschlands Band 2: Meeresorganismen. Serie: Naturschutz und biologische Vielfalt nr. 70 ((2)), Bundesamt für Naturschutz/Bonn-Bad Godesberg, 236 sidor. ISBN: 978-3-7843-5330-2.

BENKE, H., SIEBERT, U., LICK, R., BANDOMIR, B. & WEISS, R. (1998): The current status of harbour porpoises (Phocoena phocoena) in German waters. Arch. Fish. Mar. Res. 46/2, S: 97–123.

BERGGREN, P., WADE, P. R., CARLSTRÖM, J. & READ, A. J. (2002): Potential limits to anthropogenic mortality for harbour porpoises in the Baltic region. Biological Conservation 103/3, S: 313–322.

BIOCONSULT SH (utgivare) (2013): Nord Stream Project. Monitoring of harbour porpoises in the Pomeranian Bight, Germany, (författare: L. WOLLHEIM, A. DIEDERICHS & G. NEHLS), Final Report 2012. nr. G-PE-LFG-MON-500-HARPORP3-02, BioConsult SH/Husum (DEU), S: 42.

BIOCONSULT SH (utgivare) (2014): Offshore Test Site alpha ventus Expert Report: Marine Mammals, (författare: A. ROSE, A. DIEDERICHS, G. NEHLS, M. BRANDT, S. WITTE, C. HÖSCHLE, M. DORSCH, T. LIESENJOHANN, A. SCHUBERT, V. KOSAREV, M. LACZNY, A. HILL & W. PIPER), avslutningsrapport. IfAÖ, Bioconsult SH/Husum (TY), S: 114.

BIOCONSULT SH (utgivare) (2019): Nord Stream 2 Projekt. Monitoring von Schweinswalen in der Pommerschen Bucht, (författare: A. SCHUBERT, F. BILS, N. GRIES, A. ROSE, R. VÍLELA & A. DIEDERICHS), årsrapport. Husum (TY), upprättat för Nord Stream 2 AG, S: 53.

BIOCONSULT SH & BIOLOGISCH-LANDSCHAFTSÖKOLOGISCHE ARBEITSGEMEINSCHAFT (författare) - **BIOCONSULT SH & BIOLA** (2010): Auswirkungen des Baus des Offshore Testfelds „alpha ventus“ auf marine Säugetiere, (författare: A. DIEDERICHS, M. J. BRANDT, G. NEHLS, M. LACZNY, A. HILL & W. PIPER). Husum (DEU), i uppdrag från stiftelsen Offshore-Windenergie, S: 120.

BIOCONSULT SH, IBL UMWELTPLANUNG, & INSTITUT FÜR ANGEWANDTE ÖKOSYSTEMFORSCHUNG (utgivare) - BIOCONSULT SH ET AL. (2019): Effects of noise-mitigated offshore pile driving on harbour porpoise abundance in the German Bight 2014-2016 (Gescha 2), (författare: A. ROSE, M. J. BRANDT, R. VILELA, A. DIEDERICHS, A. SCHUBERT, V. KOSAREV, G. NEHLS, M. VOLKENANDT, V. WAHL, A. MICHALIK, H. WENDELN, A. FREUND, C. KETZER, B. LIMMER, M. LACZNY & W. PIPER), slutrapport. Husum (TY), förberett för Arbeitsgemeinschaft OffshoreWind e.V., S: 193.

BIOCONSULT SH, HYDROTECHNIK LÜBECK GMBH, & ITAP GMBH (utgivare) (2014): Entwicklung und Erprobung des Großen Blasenschleiers zur Minderung der Hydroschallemissionen bei Offshore-Rammarbeiten. OWP Borkum West II: Baumonitoring und Forschungsprojekt HYDROSCHALL-OFF BW II, (författare: A. DIEDERICHS, H. PEHLKE, G. NEHLS, M. BELLMANN, P. GERKE, J. OLDELAND, C. GRUNAU, S. WITTE & A. ROSE), slutrapport. Husum (TY), S: 247.

BIOCONSULT SH & INSTITUT FÜR ANGEWANDTE ÖKOSYSTEMFORSCHUNG (utgivare) (2017): Umweltmonitoring im Cluster „Westlich Adlergrund“. Fachgutachten Meeresäuger. 3. Jahr der Clusteruntersuchung März 2016 bis Februar 2017. Version V1, (författare: M. SCHULTZE, A. ROSE, A. DIEDERICHS & I. KAMMIGAN), expertutlåtande. BioConsult SH, IfAÖ/Husum (TY), inte offentligjort expertutlåtande i uppdrag från Iberdrola Renovables Offshore Deutschland GmbH& AWE Arkona-Windpark-Entwicklungs-GmbH, S: 78.

BÖRJESSON, P., BERGGREN, P. & GANNING, B. (2003): Diet of harbor porpoises in the Kattegat and Skagerrak seas: accounting for individual variation and sample size. Marine Mammal Science 19/1, S: 38–58.

BRANDT, M. J., DIEDERICHS, A., BETKE, K. & NEHLS, G. (2011): Responses of harbour porpoises to pile driving at the Horns Rev II offshore wind farm in the Danish North Sea. Marine Ecology Progress serie 421, S: 205–216.

BRANDT, M. J., DRAGON, A.-C., DIEDERICHS, A., BELLMANN, M., WAHL, V., PIPER, W., NABE-NIELSEN, J. & NEHLS, G. (2018): Disturbance of harbour porpoises during construction of the first seven offshore wind farms in Germany. Marine Ecology Progress serie 596, S: 213–232.

CARLÉN, I., THOMAS, L., CARLSTRÖM, J., AMUNDIN, M., TEILMANN, J., TREGENZA, N., TOUGAARD, J., KOBLITZ, J. C., SVEEGAARD, S., WENNERBERG, D., LOISA, O., DÄHNE, M., BRUNDIERS, K., KOSECKA, M., KYHN, L. A., LJUNGQVIST, C. T., PAWLICZKA, I., KOZA, R., ARCISZEWSKI, B., GALATIUS, A., JABBUSCH, M., LAAKSONLAITA, J., NIEMI, J., LYYTINEN, S., GALLUS, A., BENKE, H., BLANKETT, P., SKÓRA, K. E. & ACEVEDO-GUTIÉRREZ, A. (2018): Basin-scale distribution of harbour porpoises in the Baltic Sea provides basis for effective conservation actions. Biological Conservation 226, S: 42–53.

CARLSTRÖM, J. & CARLÉN, I. (2016): Skyddsvärda områden för tumlare i svenska vatten. Nr. AquaBiota Report 2016:04, S: 91.

DÄHNE, M., GILLES, A., LUCKE, K., PESCHKO, V., ADLER, S., KRÜGEL, K., SUNDERMEYER, J. & SIEBERT, U. (2013): Effects of pile-driving on harbour porpoises (Phocoena phocoena) at the first offshore wind farm in Germany. Environmental Research Letters 8/2, S: 025002.

DHI (Hrsg.) - DHI (2015): Monitoring of marine mammals in the area of the offshore wind farm "Bałtyk Środkowy II", (Autor: I. PLICHTA, M. KOSECKA, F. THOMSEN & D. ŚWIĄTEK), slutrapport med forskningsresultat. Hørsholm (DK), förberett för Polenergia Bałtyk II Sp. z o.o.

GALLUS, A. & BENKE, H. (2014): Monitoring von marinen Säugetieren 2013 in der deutschen Nord- und Ostsee. Teil B: Akustisches Monitoring von Schweinswalen in der Ostsee. Deutsches Meeresmuseum Stralsund, I uppdrag från Bundesamtes für Naturschutz (BfN), S: 54–72.

HAMMOND, P. S., BEARZI, G., BJØRGE, A., FORNEY, K., KARCZMARSKI, L., KASUYA, T., PERRIN, W. F., SCOTT, M. D., WANG, J. Y., WELLS, R. S. & WILSON, B. (2008): Phocoena phocoena (Baltic Sea subpopulation). The IUCN Red List of Threatened Species 2008.

JACOBSON, E. K., FORNEY, K. A. & BARLOW, J. (2017): Using paired visual and passive acoustic surveys to estimate passive acoustic detection parameters for harbor porpoise abundance estimates. The Journal of the Acoustical Society of America 141/1, S: 219–230.

KESSELRING, T., VIQUERAT, S., BREHM, R. & SIEBERT, U. (2017): Coming of age: - Do female harbour porpoises (Phocoena phocoena) from the North Sea and Baltic Sea have sufficient time to reproduce in a human influenced environment? PLOS ONE 12/10, S: e0186951.

KOBLITZ, J. C., WAHLBERG, M., STILZ, P., MADSEN, P. T., BEEDHOLM, K. & SCHNITZLER, H.-U. (2012): Asymmetry and dynamics of a narrow sonar beam in an echolocating harbor porpoise. The Journal of the Acoustical Society of America 131/3, S: 2315–2324.

KOSCHINSKI, S. (2001): Current knowledge on harbour porpoises (Phocoena phocoena) in the Baltic Sea. Ophelia 55/3, S: 167–197.

KOSCHINSKI, S., DIEDERICHS, A. & AMUNDIN, M. (2008): Click train patterns of free-ranging harbour porpoises acquired using T-PODs may be useful as indicators of their behaviour. Journal of Cetacean Research and Management 10/2, S: 147–155.

KYHN, L. A., CARLÉN, I., CARLSTRÖM, J. & TOUGAARD, J. (2018): BALHAB - Project report to ASCOBANS for the project „Baltic Sea Harbour porpoise foraging habitats (BALHAB)“. nr. 287, Aarhus University, DCE – Danish Centre for Environment and Energy/Aarhus (DK), S: 26.

KYHN, L. A., TOUGAARD, J., THOMAS, L., DUVE, L. R., STENBACK, J., AMUNDIN, M., DESPORTES, G. & TEILMANN, J. (2012): From echolocation clicks to animal density - Acoustic sampling of harbor porpoises with static dataloggers. The Journal of the Acoustical Society of America 131/1, S: 550–560.

LAH, L., TRENSE, D., BENKE, H., BERGGREN, P., GUNNLAUGSSON, Þ., LOCKYER, C., ÖZTÜRK, A., ÖZTÜRK, B., PAWLICZKA, I., ROOS, A., SIEBERT, U., SKÓRA, K., VÍKINGSSON, G. & TIEDEMANN, R. (2016): Spatially explicit analysis of genome-wide SNPs detects subtle population structure in a mobile marine mammal, the Harbor Porpoise. PLOS ONE 11/10, S: e0162792.

LOCKYER, C. (2003): Harbour porpoises (Phocoena phocoena) in the North Atlantic: Biological parameters. NAMMCO Scientific Publications 5, S: 71–89.

LOCKYER, C. & KINZE, C. (2013): Status, ecology and life history of harbour porpoise (Phocoena phocoena), in Danish waters. NAMMCO Scientific Publications 5, S: 143–175.

MIKKELSEN, L., RIGÉT, F. F., KYHN, L. A., SVEEGAARD, S., DIETZ, R., TOUGAARD, J., CARLSTRÖM, J. A. K., CARLÉN, I., KOBLITZ, J. C. & TEILMANN, J. (2016): Comparing distribution of harbour porpoises (Phocoena phocoena) derived from satellite telemetry and passive acoustic monitoring. PLOS ONE 11/7, S: e0158788.

NABE-NIELSEN, J., TOUGAARD, J., TEILMANN, J., LUCKE, K. & FORCHHAMMER, M. C. (2013): How a simple adaptive foraging strategy can lead to emergent home ranges and increased food intake. Oikos 122/9, S: 1307–1316.

OSIECKA, A. N., JONES, O. & WAHLBERG, M. (2020): The diel pattern in harbour porpoise clicking behaviour is not a response to prey activity. Scientific Reports 10/1, S: 14876.

RAMBØLL (Hrsg.) (2017): Nord Stream 2 Espoo atlas. Copenhagen (DNK), Document ID: W-PE-EIA-POF-DWG-805-040100ENRef: 1100019533 / PO16-5068.

RICHARDSON, W. J., GREENE, J., MALME, C. I. & THOMSON, D. H. (1995): Marine Mammals and Noise. Academic Press, Inc./San Diego, CA.

SAMBAH (2016): Heard but not seen: Sea-scale passive acoustic Survey Reveals a Remnant Baltic Sea Harbour Porpoise Population tha Needs Urgent Protection, Non-technical report. Sambah (Static Acoustic Monitoring of the BAltic Harbour porpoise), S: 44.

SCHULZE, G. (1996): Die Schweinswale. serie: Neue Brehm Bücherei, Magdeburg.

SIEBERT, U. & RYE, J. H. (2008): Correlation between aerial surveys and acoustic monitoring. Marine mammals and seabirds in front of offshore wind energy. Teubner Verlag, Wiebaden, S: 37– 39.

SVEEGAARD, S., ANDREASEN, H., MOURITSEN, KIMN., JEPPESEN, J., TEILMANN, J. & KINZE, CARLC. (2012): Correlation between the seasonal distribution of harbour porpoises and their prey in the Sound, Baltic Sea. Marine Biology 159/5, S: 1029–1037.

SVEEGARD, S. (2011): Spatial and temporal distribution of harbour porpoises in relation to their prey (PhD Thesis). Dep. of Arctic Environment, NERI. National Environmental Research Institute, Aarhus University / Aarhus (DNK), 128 S.

TEILMANN, J., GALATIUS, A. & SVEEGARD, S. (2017): Marine mammals in the Baltic Sea in relation to the Nord Stream 2 project - Baseline Report. Scientific Report from DCE – Danish Centre for Environment and Energy, Nr. 236, Aarhus University, Department of Bioscience/Aarhus (DK), S: 52.

TEILMANN, J. & LOWRY, N. (1996): Status of the Harbour Porpoise (Phocena phocena in Danish waters. Rep. Int. Whal. Commn. 46, S: 619–625.

TIEDEMANN, R., LAH, L. & AUTENRIETH, M. (2017): Individuenspezifische genetische Populationszuordnung baltischer Schweinswale mittels hochauflösender Single Nucleotide Polymorphisms (SNPs)-Technologie, Abschlussbericht. universitet Potsdam/Potsdam (DE), slutrapport för presentation hos Bundesamt für Naturschutz FKZ: 3514824600), S: 29.

TOUGAARD, J., DAMSGAARD HENRIKSEN, O. & MILLER, L. A. (2009): Underwater noise from three types of offshore wind turbines: Estimation of impact zones for harbor porpoises and harbor seals. Journal of Acoustical Society of America 125/6, S: 3766–3773.

VAN BEEST, F. M., TEILMANN, J., DIETZ, R., GALATIUS, A., MIKKELSEN, L., STALDER, D., SVEEGAARD, S. & NABE-NIELSEN, J. (2018): Environmental drivers of harbour porpoise fine-scale movements. Marine Biology 165/5.

VOSS, R., HINRICHSEN, H.-H., STEPPUTTIS, D., BERNREUTHER, M., HUWER, B., NEUMANN, V. & SCHMIDT, J. O. (2011): Egg mortality: predation and hydrography in the central Baltic. ICES Journal of Marine Science 68/7, S: 1379–1390.

WIEMANN, A., ANDERSEN, L. W., BERGGREN, P., SIEBERT, U., BENKE, H., TEILMANN, J., LOCKYER, C., PAWLICZKA, I., SKÓRA, K., ROOS, A., LYRHOLM, T., PAULUS, K. B., KETMAIER, V. & TIEDEMANN, R. (2010): Mitochondrial Control Region and microsatellite analyses on harbour porpoise (Phocoena phocoena) unravel population differentiation in the Baltic Sea and adjacent waters. Conservation Genetics 11/1, S: 195–211.

WILLIAMSON, L. D., BROOKES, K. L., SCOTT, B. E., GRAHAM, I. M., BRADBURY, G., HAMMOND, P. S. & THOMPSON, P. M. (2016): Echolocation detections and digital video surveys provide reliable estimates of the relative density of harbour porpoises. Methods in Ecology and Evolution 7, S: 762–769. DOI: 10.1111/2041-210X.12538, ISSN: 2041-210X.

WILLIAMSON, L. D., BROOKES, K. L., SCOTT, B. E., GRAHAM, I. M. & THOMPSON, P. M. (2017): Diurnal variation in harbour porpoise detection potential implications for management. Marine Ecology Progress Series 570, S: 223–232.

WISNIEWSKA, D. M., JOHNSON, M., TEILMANN, J., ROJANO-DOÑATE, L., SHEARER, J., SVEEGAARD, S., MILLER, L. A., SIEBERT, U. & MADSEN, P. T. (2016): Ultra-High Foraging Rates of Harbor Porpoises Make Them Vulnerable to Anthropogenic Disturbance. Current Biology 26/11, S: 1441–1446. DOI: 10.1016/j.cub.2016.03.069, ISSN: 0960-9822.

ZEIN, B., WOELFING, B., DÄHNE, M., SCHAFFELD, T., LUDWIG, S., RYE, J. H., BALTZER, J., RUSER, A. & SIEBERT, U. (2019): Time and tide: Seasonal, diel and tidal rhythms in Wadden Sea Harbour porpoises (Phocoena phocoena). PLOS ONE 14/3, S: e0213348.

7 BILAGA I

"Measurement of underwater ambient noise in the area of the planned Offshore-Windfarm (OWF) Södra Midsjöbanken" av itap GmbH (2021).

RWE:s kommentar: Konfidentiell rapport. RWE har därför valt att ta bort bilagan.