

Institutionen för akvatiska resurser
Ronny Fredriksson och Ulf Bergström

2019-12-20

Havs- och vattenmyndigheten
Enheten för fiskereglering samt
enheten för havsplanering

PM – Kartläggning av uppväxtområden för torsk i Egentliga Östersjön

Bakgrund

Torsk utgör en av de viktigaste fiskarterna för ekosystemet i Östersjön, och även för fisket. Statusen för torskbestånden i Östersjön är dålig, och det är därför av vikt att man vidtar åtgärder på bred front för att förbättra situationen. En möjlig åtgärd kan vara att skydda viktiga livsmiljöer mot påverkan från mänskliga aktiviteter. För att kunna göra det behöver man kunskap om utbredningen av dessa livsmiljöer. Utbredningen av lekområden för torsk har kartlagts inom olika forskningsprojekt, och en gemensam karta över lekområden för torsk i Östersjön har tagits fram av HELCOM tillsammans med projektet PanBaltic Scope (HELCOM 2019). I detta arbete föreslogs även att man ska se över möjligheterna att ta fram en motsvarande karta över uppväxtområden för torsk i Östersjön.

SLU Aqua har därför, på uppdrag av Havs- och vattenmyndigheten, på basen av nätprovfisken och med hjälp av statistisk modellering tagit fram en kartprediktion över viktiga livsmiljöer för juvenil torsk i Egentliga Östersjön. Vidare har denna kartprediktion slagits samman med tidigare kartunderlag för utbredningen av juvenil torsk framtagna på basen av tråldata (Orio m.fl., 2019) för att få fram en karta som täcker in alla typer av livsmiljöer, dvs både grunda och djupa områden liksom olika bottentyper.

Metod

I denna studie togs modeller och utbredningskartor fram för juvenil torsk (<25 cm) på basen av två separata nätprovfisken, dels provfisken från 2007-2008 som utförts av Fiskeriverket och sammanstälts inom det nationella projektet Vindval och dels ett provfiske från 2014-2015 som utförts inom östersjöprojektet BONUS Inspire. Provfisket från 2007-2008 omfattade data från 407 stationer provtagna under maj-juli på ett djup mellan 10-34 meter. Detta provfiske beskrivs mer utförligt i Bergström m.fl. (2011). Provfisket från 2014-2015 omfattade data från 473 stationer provtagna mellan

mars-maj och fiskades på ett djup från cirka 3 meter ner till dryga 80 meter. Vid den statistiska modelleringen användes generaliserade additiva modeller (GAM). GAM är en flexibel regressionsteknik som kan anpassa modellerna till olika fördelningar hos responsvariabeln samt till icke-linjära samband med förklaringsvariablerna (Wood, 2006). Som ett första steg i modelleringprocessen testades modeller med olika fördelning, t.ex. poisson, quasipoisson, normalfördelning och negativ binomialfördelning. För de slutgiltiga modellerna användes en negativ binomialfördelning då det var den fördelning som passade datat bäst. För att minska risken för överanpassning hos modellerna och för att få ekologiskt förklarbara responser hölls modellerna enkla och för varje ingående förklaringsvariabel begränsades responskurvan till 3 frihetsgrader ($k=4$). All modellering utfördes i statistikprogrammet R (<http://www.r-project.org/>) med hjälp av tillägget "mgcv" (Wood 2001).

Eftersom syftet med modelleringen var att ta fram kartor var ett grundläggande krav att det fanns heltäckande kartunderlag för de miljövariabler som användes. De förklaringsvariabler som testades i studien var djup (Al-Hamdani och Reker, 2007), vågexponering (Isæus, 2004), bottenströmmar (Al-Hamdani och Reker, 2007), avstånd till lek område (PanBaltic Scope) samt salinitet och temperatur som hämtades från EU:s plattform för öppna marina data, Copernicus Marine Environment Monitoring Service. Vid modellbygget användes för modeller på Vindvalsdata medeltemperatur och medelsalinitet under juni månad för respektive år, dvs. för provpunkter fiskade under 2007 användes månadsmedlet för juni 2007 och motsvarande för 2008. För modeller som byggde på data från Inspire användes månadsmedel för april under 2014 respektive 2015. Vid framtagandet av kartprediktioner användes kartsnitt med medlet av juni 2007 och 2008 för vindvalsmodellen och medlet av april 2014 och 2015 för Inspiremodellen. Eftersom kartprediktionerna i viss mån innebar extrapolering av data utanför det intervall som modellerna tränats på gjordes det konservativa antagandet att miljövariablerna utanför detta intervall var konstanta. Därigenom minimeras risken för orealistiska extrapoleringar. I praktiken åstadkoms detta genom att alla kartunderlag för miljövariablerna trunckerades utanför det intervall som provfiskats. Till exempel sattes allt djup grundare än tre meter till tre meter och allt djup djupare än 80 meter till 80 meter när kartprediktionen för Inspiremodellen togs fram, eftersom 3-80 meter var det intervall provfisket omfattade för den variabeln.

Alla ingående miljövariabler testades mot varandra med ett så kallat vif-test för att säkerställa att de inte samvarierade för mycket med varandra. Endast variabler med ett vif-värde lägre än 3 tilläts ingå i samma modell (Zuur m.fl. 2010). Urvalet av vilka miljövariabler som skulle ingå i slutgiltiga modellerna utfördes genom en så kallad backward selection där man utgår från en modell med alla tillgängliga miljövariabler och sedan tar bort en variabel i taget tills alla är signifikanta. Vid urvalsprocessen testades även olika kombinationer av variabler för att se vilka modeller som gav bäst kartprediktioner. I de slutgiltiga modellerna användes miljövariablerna djup, temperatur, salinitet och logaritmerat avstånd till lek område

Kartprediktionen för trålfiske (Orio m.fl. 2019) som skulle användas för att sammanfoga med kartprediktionen för nätprovfiske beräknades som ett medel av kvartal 1 och 4 under aktuell provtagningsperiod, dvs 2014 och 2015 för att motsvara provtagningen inom Inspire. Metodiken för modelleringen av tråldata beskrivs i Orío m.fl. (2019). Då enheterna för kartprediktionerna för nätprovfiske respektive trålfiske var olika standardiserades de genom att ange värden i kartan som andelen av det maximala värdet för en enskild cell i den aktuella kartprediktionen. Varje rastercell i kartprediktionen dividerades alltså med det aktuella maxvärdet, för att erhålla jämförbara enheter i

de två kartorna och därmed kunna sammanfoga dem till en gemensam kartbild. Den sammanfogade kartan delades sedan in i percentiler för att på ett tydligt sätt kunna identifiera de viktigaste områdena för juvenil torsk.

Resultat och diskussion

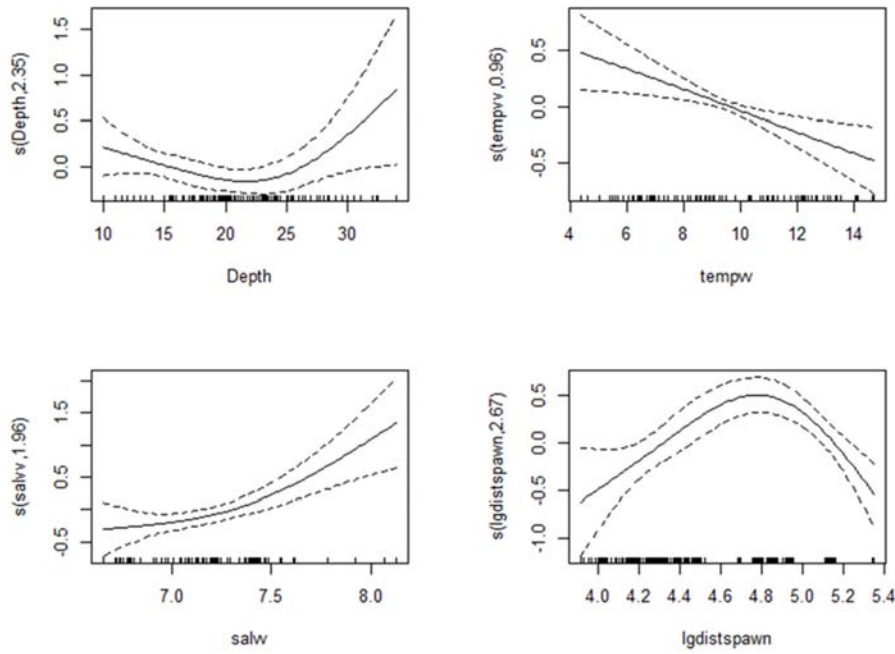
Figur 1 visar responskurvor för de slutgiltiga modeller som användes för att ta fram kartprediktioner. De förklaringsvariabler som ingick i de slutgiltiga modellerna var djup, salinitet, temperatur och logaritmerat avstånd till lekområde. Responskurvorna från båda modellerna visar att den unga torsken framför allt finns i områden med kallt vatten och i närheten av torskens lekområden, och på större djup än 20 m. Modellen som bygger på data från Inspire 2014-2015 täckte in betydligt bredare miljögradienter, och visade att det fanns mer ung torsk i områden med relativt låg salinitet. För den modellen var förklaringsgraden, dvs hur stor del av variationen som modellen kan förklara, drygt 50%. Motsvarande siffra för modellen som byggde på det äldre datasetet var cirka 17%. Den högre förklaringsgraden för Inspiremodellen beror sannolikt på att datat som modellen bygger på täckt in mycket större gradienter för de förklaringsvariabler som används i modellerna.

I figur 2 visas kartprediktionen från modellen som bygger på data från 2007-2008 (Vindval) och i figur 3 motsvarande för modell som bygger på data från 2014-2015 (Inspire). Kartprediktionen från Vindval har begränsats till 30 meters djup och motsvarande för Inspire till 80 meters djup vilket motsvarar maxdjup för respektive provtagning. Kartprediktionen som bygger på data från 2007-2008 (figur 2) indikerar att det fanns mer juvenil torsk i de östra delarna av Östersjön, i höjd med Öland och Gotland, jämfört med motsvarande kartprediktion som bygger på data från 2014-2015 (figur 3). Modellen för det nyare datasetet indikerar istället att de viktigaste områdena för juvenil torsk finns i de södra delarna av Egentliga Östersjön. Båda kartprediktionerna i denna studie visar liknande mönster i utbredning av juvenil torsk som kartprediktionerna från tråldata under samma tidsperiod (Orio m.fl. 2019).

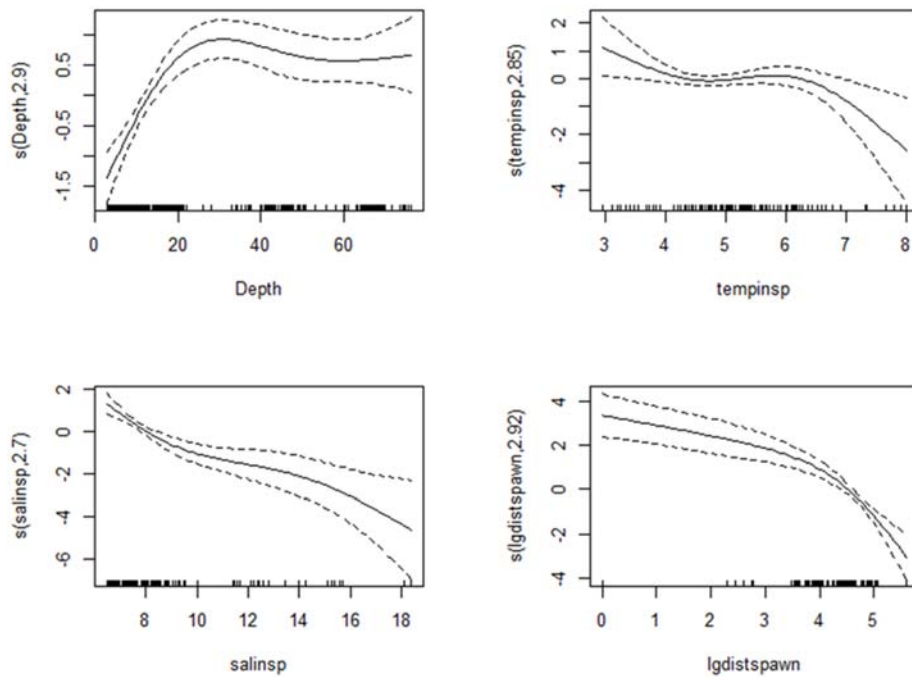
Provtagningsdesignen för det äldre datamaterialet från 2007-2008, där framför allt det provtagna djupintervallet är mycket snävt (10-30 meter), gör att det finns stora osäkerheter i prediktionen från detta dataset om man extrapolerar till områden utanför det aktuella djupintervallet. Inspiredatat täcker in miljögradienterna på ett bättre sätt och ger därmed säkrare utbredningskartor än det äldre datasetet, vilket även visas av den mycket högre förklaringsgraden hos modellen. I kartan som slogs samman med kartprediktionen för tråldata togs därför endast den kartprediktion som byggde på data från Inspire med. Därmed baseras den sammanslagna kartan i sin helhet på data enbart från 2014-2015.

I figur 4 visas kartprediktionen för tråldata standardiserad som andelen av maxvärde. De utbredningsmönster som ses i kartan påminner mycket om figur 3, som bygger på nätprovfiskedatat under samma år. Eftersom modellerna bygger på helt separata dataunderlag stärker de två prediktionerna varandra. I figur 5 visas två varianter av den sammanfogade kartbilden. Analysen visar att de i dagsläget viktigaste områdena för juvenil torsk i Egentliga Östersjön ligger i de södra delarna, i slänterna kring Bornholms- och Gdanskdjupen, samt slänterna kring djuprännan mellan dessa. Man kan även notera att en stor andel av de viktigaste uppväxtområdena för torsk ligger på svenskt vatten.

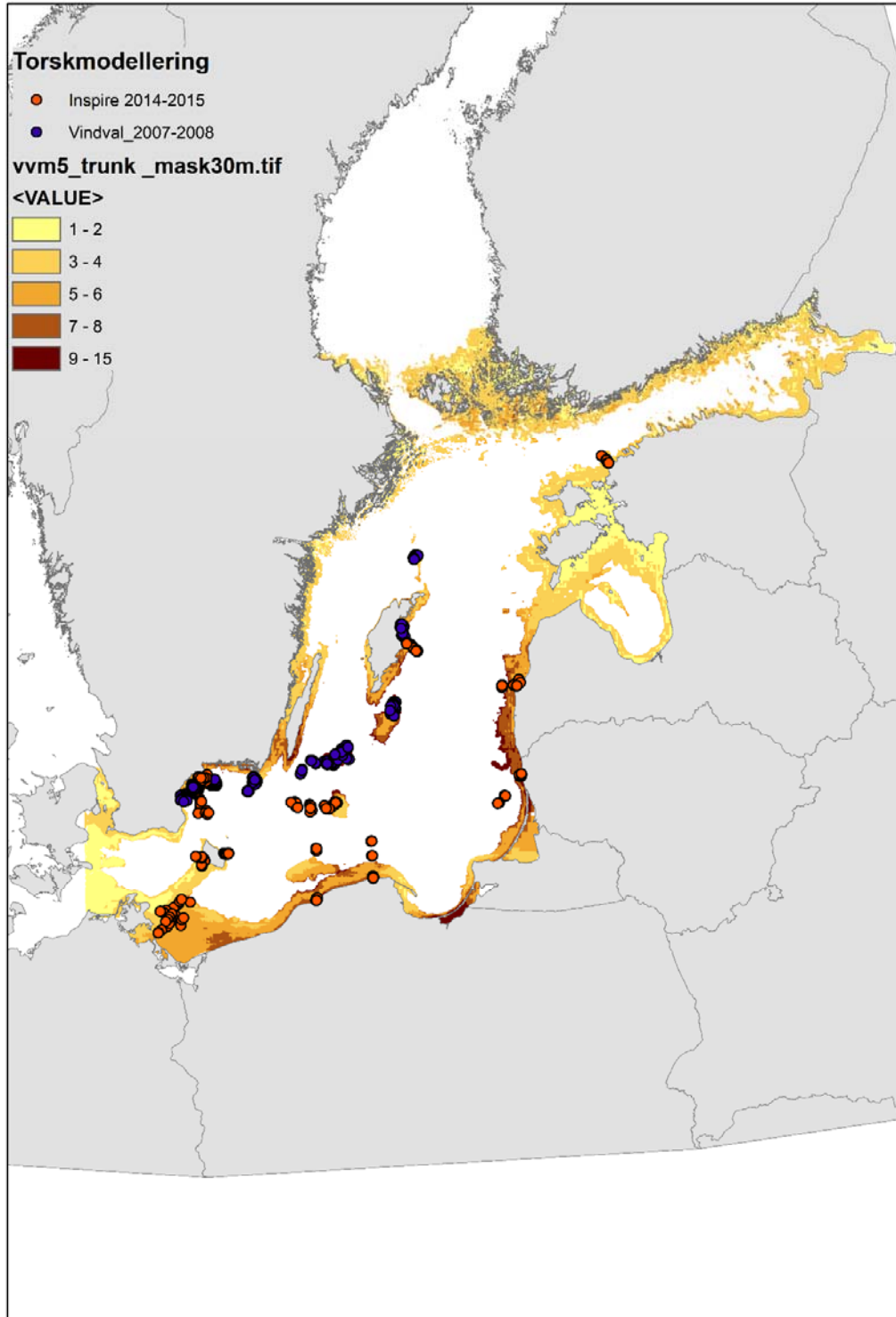
Vindval



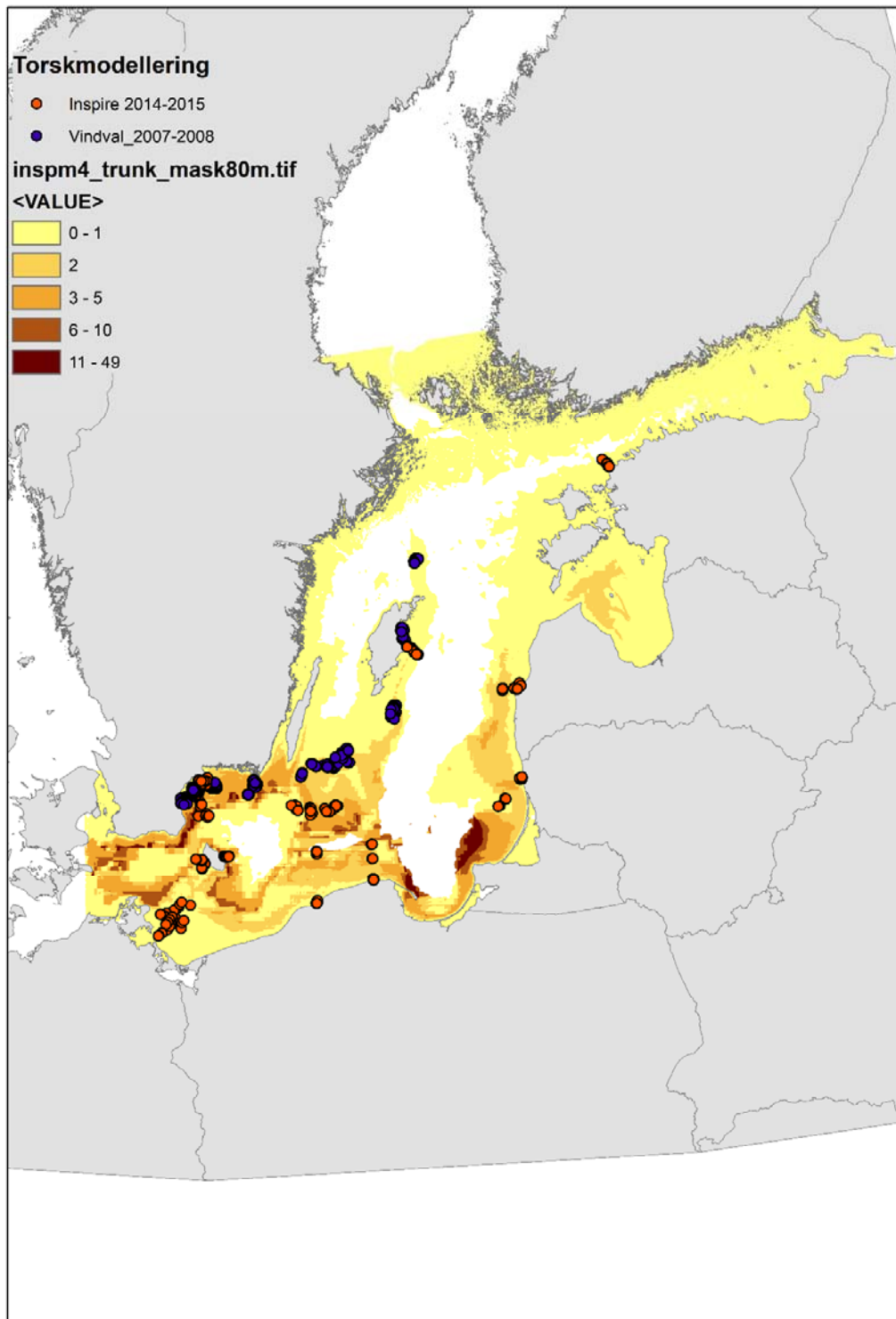
Inspire



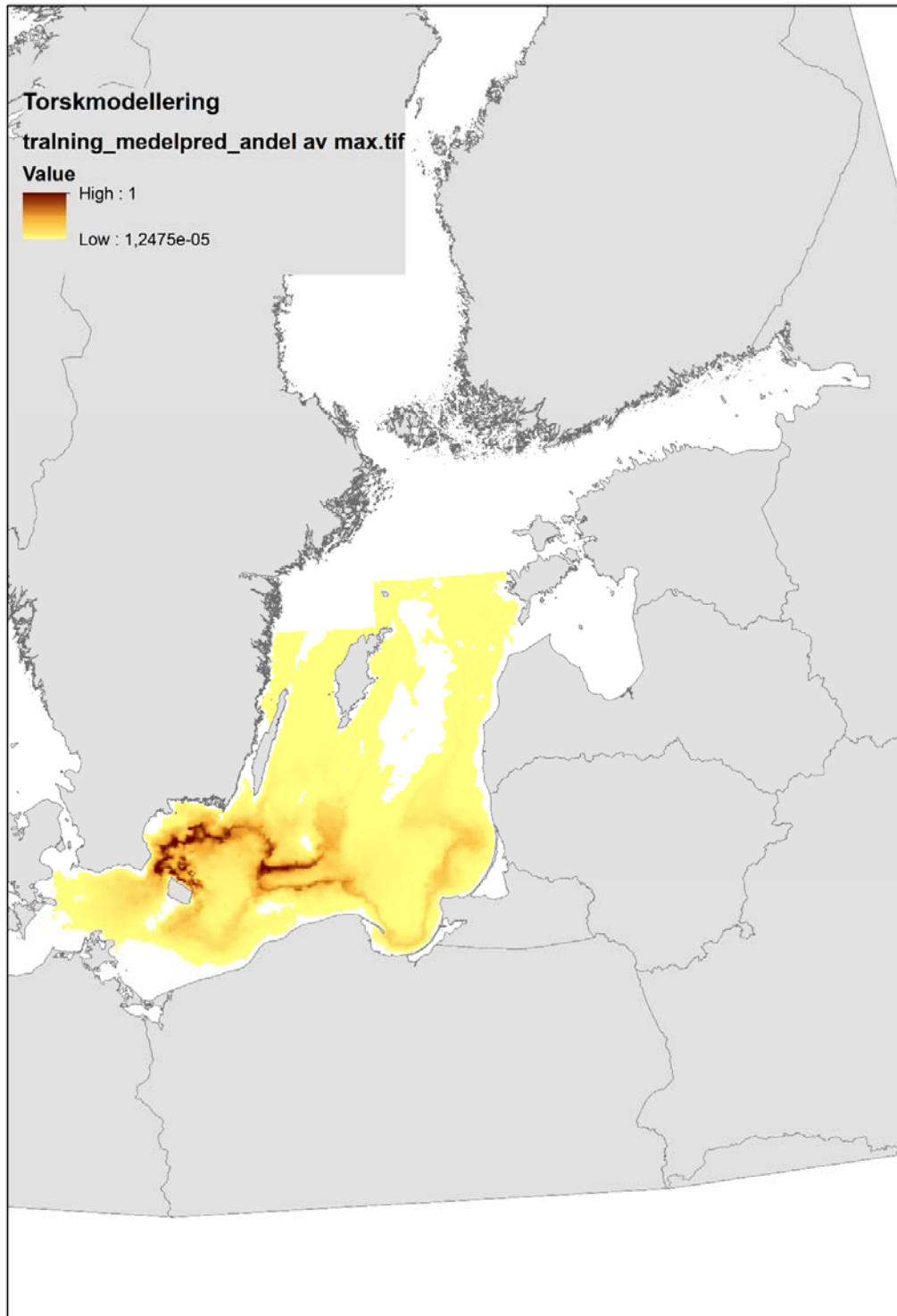
Figur 1. Responskurvor för de statistiska modeller som beskriver utbredningen av ung torsk i relation till miljövariabler baserat på nätprovfiske. Överst visas responskurvor för modellen framtagen på data från 2007-2008 sammanställda inom projektet Vindval och underst motsvarande för datat från Inspire 2014-2015. De två övre kurvorna anger responser på djup och temperatur, och de två nedre responser på salthalt och avstånd till lek område.



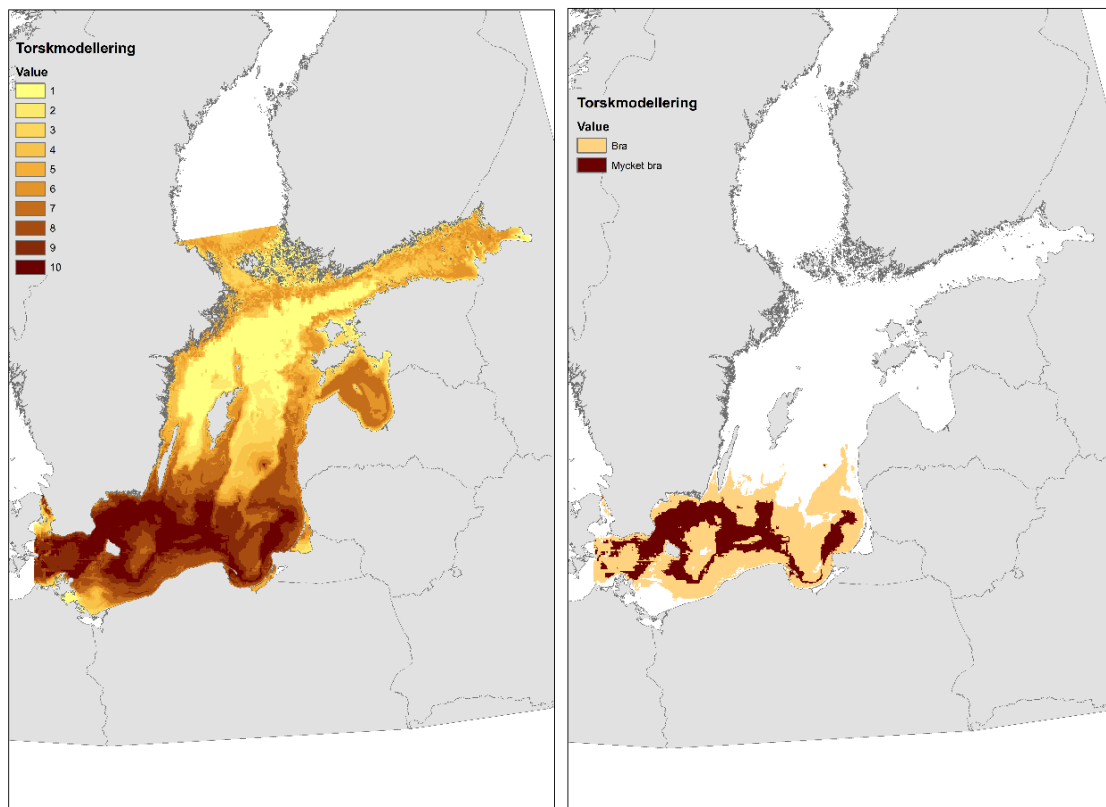
Figur 2. Kartprediktion över ung torsk (<25 cm) baserad på data från provfisken som sammanställts inom projektet Vindval 2007-2008. De blå punkterna i kartan anger de 407 stationer med provfiskedata som ingått i modelleringen. Eftersom denna karta baseras på ett geografiskt avgränsat material togs den inte med i den slutliga sammanslagna kartan över uppväxtområden för torsk.



Figur 3. Kartprediktion över ung torsk (<25 cm) baserad på data från nätprovfiske inom projektet Inspire 2014-2015. De röda punkterna i kartan anger de 473 stationer med provfiskedata som ingått i modelleringen.



Figur 4. Kartprediktion över ung torsk från modeller som baseras på tråldata. Kartan är en medelprediktion av prediktioner för kvartal 1 och 4 under 2014 och 2015, där originalprediktioner är hämtade från Orio m.fl. (2019). Trålfångster är omräknade till andel av maxvärde.



Figur 5. Karta över viktiga uppväxtområden för torsk i Östersjön. Kartan bygger på sammanfogade kartprediktioner för modeller baserade på nätprovfiske (framtagen inom denna studie) och trål (Orio m.fl. 2019). Prediktionerna anger utbredningen av ungtorsk 2014-2015. Till vänster visas en kartbild där utbredningen av ung torsk delats in i percentiler över hela analyserade området. Till höger visas en klassad variant där endast de 30% bästa områdena tagits med och där de 10% bästa områdena klassats om till "Mycket bra" och resterande till "Bra" habitat.

Referenser

Al-Hamdani, Z., och Reker J. 2007. Towards marine landscapes in the Baltic Sea. BALANCE Interim report 10. Rapporten finns på <http://www.balance-eu.org/>.

Bergström et al 2011. GIS-baserade metoder för att kartlägga fiskars livsmiljöer – Naturvårdsverkets rapport 6427

HELCOM 2019. Proposal for new maps on essential fish habitats in the Baltic Sea. Document 3N-13, S&C 9-2018 para 2J.6, and Outcome of HELCOM Pan Baltic Scope EFH WS 1-2018.

Isaeus, M. 2004. Factors structuring *Fucus* communities at open and complex coastlines in the Baltic Sea, Doktorsavhandling, Botaniska institutionen, Stockholms universitet.

Orio, A., Bergström, U., Florin, A.-B., Lehmann, A., Šics, I. and Casini, M. 2019. Spatial contraction of demersal fish populations in a large marine ecosystem. *Journal of Biogeography*, doi:10.1111/jbi.13510.

R Core Team. (2019). R Project. Hämtat från <https://www.r-project.org/>

Wood, S.N. 2006. Generalized additive models: An introduction with R. Chapman and Hall/CRC, Boca Raton, FL.

Wood S.N., 2001. mgcv: GAMs and generalized ridge regression for R. *R News* 1/2:20-25.

Zuur, A.F., Ieno, E.N. & Elphick, C.S. 2010. A protocol for data exploration to avoid common statistical problems. *Methods in*