



Institutionen för akvatiska resurser
Ronny Fredriksson, Mårten Erlandsson
och Ulf Bergström

2025-02-03

Havs- och vattenmyndigheten
Nationell marin kartering
HaV dnr 2024-1960

PM – Kartläggning av uppväxtområden för siklöja i Bottniska viken och norra Bottenhavet.

Bakgrund

Utbredningskartor över olika arters habitat är ett viktigt verktyg och ofta ett centralt underlag inom naturvård och arbetet med att förvalta våra naturresurser i både akvatiska och terrestra miljöer. Att identifiera områden med särskilda naturvärden ger förvaltningen möjlighet att styra verksamheter till mindre känsliga områden och därmed minska risken för skador på viktiga ekosystemfunktioner och den biologiska mångfalden. I kust- och havsförvaltningen är behovet av utbredningskartor över viktiga fiskhabitat stort både på regional och på nationell nivå. Kartorna efterfrågas till exempel för fiskförvaltning, områdesskydd och havsplanering, liksom för hanteringen av tillstånds- och dispensärenden gällande byggnation och vattenverksamhet. Habitatmodellering där man kopplar förekomst av arter i provfisken till olika miljövariabler och på basen av dessa samband identifierar lämpliga habitat är en metod som gör det möjligt att ta fram heltäckande utbredningskartor från provfiskedata. Hos många fiskarter är det speciellt de yngre livsstadierna som är starkt knutna till specifika miljöer. Detta gör dem extra känsliga för påverkan, men samtidigt är dessa livsstadier lämpliga att kartlägga med hjälp av modellering då man har större möjlighet att koppla förekomst till olika miljövariabler.

I denna studie kartläggs lämpliga uppväxtområden för siklöja i Västernorrland, Västerbotten och Norrbottens läns kustområden. Studieområdet avgränsades till dessa län då man i en tidigare intervjustudie identifierat lekområden för siklöja i dessa (Gunnartz m fl, 2011). Siklöjan är en pelagisk sötvattensfisk och kallvattenart som föredrar lägre vattentemperatur. Den återfinns främst i näringsfattiga insjöar, men förekommer även i de mer utsötade nordliga delarna av Bottniska viken. Precis som för släktingen siken sker leken på hösten, där äggen ligger på botten hela vintern och kläcks först på våren efter, vilket på kusten vanligtvis sker efter islossningen vid en vattentemperatur kring 2-4 grader (Veneranta m fl, 2013a, b.). Siken och siklöjans uppväxtområden påverkas negativt av bland

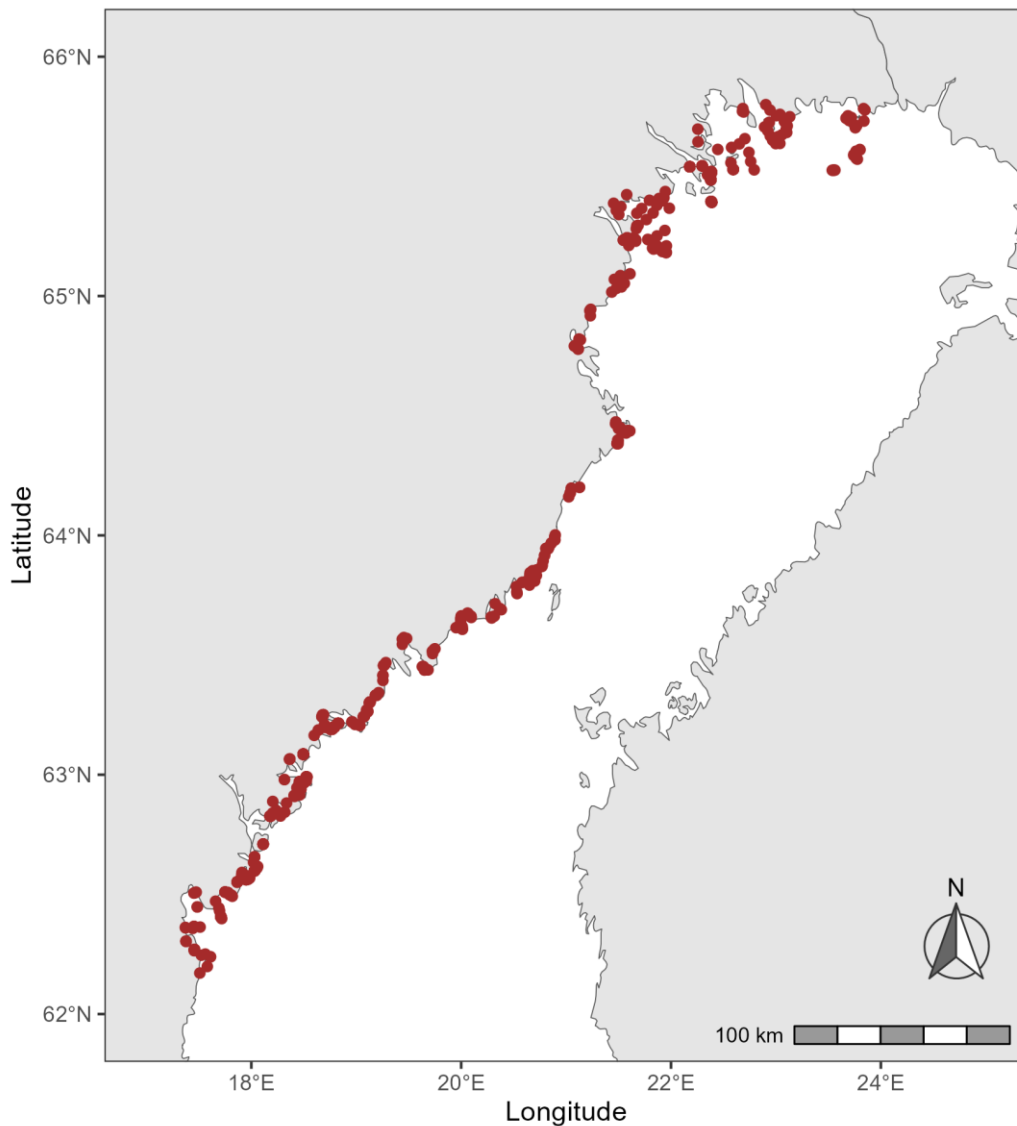
annat övergödning, muddringar, sandtäkt och klimatförändringar (Veneranta m fl, 2013; Verliin m fl, 2013; Florin, 2019; Lindén m fl, 2019).

Kartläggningen har utförts med hjälp av ensemblemodellering, en teknik där ett flertal statistiska och maskinlärande modelleringsmetoder kombineras för att få så säkra utbredningskartor som möjligt. Den framtagna modellen bygger på provfiske utförda med yngelnot (ibland kallad landvad), utförda av länsstyrelser, Upplandsstiftelsen och av SLU Aqua, i ett område från Sundsvall i söder till gränsen mot Finland i norr.

Studien ingår i Havs- och vattenmyndighetens projekt Nationell marin kartering (NMK), som har som mål att ta fram heltäckande kartor över bentiska habitat i Sveriges kust- och havsområden.

Metod

Data på förekomst av siklöjans yngel som använts i denna studie har samlats in vid provfiske med strandnot (även kallad landvad) vid kusten i april-maj månad under åren 2009 till 2020. Ursprungligen bestod datamaterialet av cirka 2 100 notdrag, men i vissa fall har en plats återbesökts flera gånger under samma år. För dessa lokaler användes endast en provtagning, oavsett om man fångat siklöja där ett flertal gånger, eller aldrig gjorde det. Efter justeringen bestod materialet av cirka 830 provpunkter (Figur 1). Datamaterialet har samlats in av olika utförare inom ett flertal inventerings-, miljöövervaknings- och forskningsprojekt. Provfiske med not ingår inte i någon officiell övervakningsmanual, men är den vedertagna metoden för provtagning av uppväxtstadier av sik och siklöja. Metod och redskap som används vid notning av uppväxande siklöja beskrivs detaljerat i en rapport av SLU-Aqua (2016), men kortfattad beskrivning ges även här. Noten som används vid provfisket består av två fångstarmar, vanligtvis 5-10 meter långa, kopplade till en fångststrut. Vid notningen sätts först redskapet parallellt med stranden med hjälp av båt eller genom att man vadar ut med redskapet. Efter att redskapet placerats ut parallellt med stranden dras det sedan tillbaka vinkelrätt mot stranden genom att 2 personer samtidigt drar in redskapet med hjälp av rep fästa i fångstarmarna. Längden på repen och därmed den yta draget täcker kan variera mellan provtagningar, men också mellan stationer. Även notdragets bredd kan variera, t ex vid lokaler som ligger i trånga vikar där inte hela redskapet kan sträckas ut på bredden. Notdragen som utfördes ner till ett maxdjup av cirka 2 meter, täckte en yta om i medeltal 100 m² och varierade mellan 40 till 140 m².



Figur 1. Positioner för de notdrag som ingått studien.

Vid den statistiska modelleringen relaterades förekomst av siklöja till ett antal miljövariabler. Miljövariablerna används i ett första steg för att bygga de statistiska förklaringsmodellerna och därefter kombineras kartor över miljövariablerna med modellen för att ta fram en heltäckande utbredningskarta över uppväxtområden. För samtliga variabler användes samma datakälla för att skapa kartprediktionerna som för att bygga modellerna. Eftersom målet med studien var att ta fram kartor över arters utbredning inkluderades endast miljövariabler där det fanns heltäckande kartunderlag att tillgå i modellerna.

Alla miljövariabler testades för eventuell samvariation med hjälp av variance inflation factor (VIF), där de miljövariabler som hade ett värde högre än 5 utelämnades från modelleringen då de kan anses vara starkt korrelerade (Daoud JI., 2017). I de slutgiltiga modellerna användes sex miljövariabler som tillsammans bedömdes ha god potential att karakterisera lämpliga uppväxtområden. De miljövariabler som användes var avstånd till djupkurvan för 20 meter, avstånd till baslinjen (dvs. öppet hav), vågexponering, siktdjup samt vattentemperatur och salinitet (variablerna förklaras mer ingående längre ner i texten).

Kartorna över miljövariablerna kommer från olika källor och hade olika upplösning. Vid modelleringen gjordes alla kartor över miljövariabler om till 250 meters upplösning för att minska den datorkraft som krävdes för att göra storskaliga prediktioner av arternas utbredning. Vid behov finns även möjlighet att visa kartor i 25 meters upplösning. Nedan beskrivs respektive förklaringsvariabel mer detaljerat.

Avstånd till djupkurvan för 20 meter har i tidigare studier där man modellerat reproduktionsområden för siklöja visat sig kunna bidra till modellernas förklaringsgrad och uppvisat ett positivt samband mellan förekomst av yngel och närhet till djupare vatten (Veneranta m fl, 2013a).

Avstånd till baslinjen är ett mått på hur långt det är till utsjön och hur stor påverkan som kan förväntas från öppet hav. Avstånd till baslinjen kan representera flera miljögradienter från öppet hav in till de mest skyddade områdena.

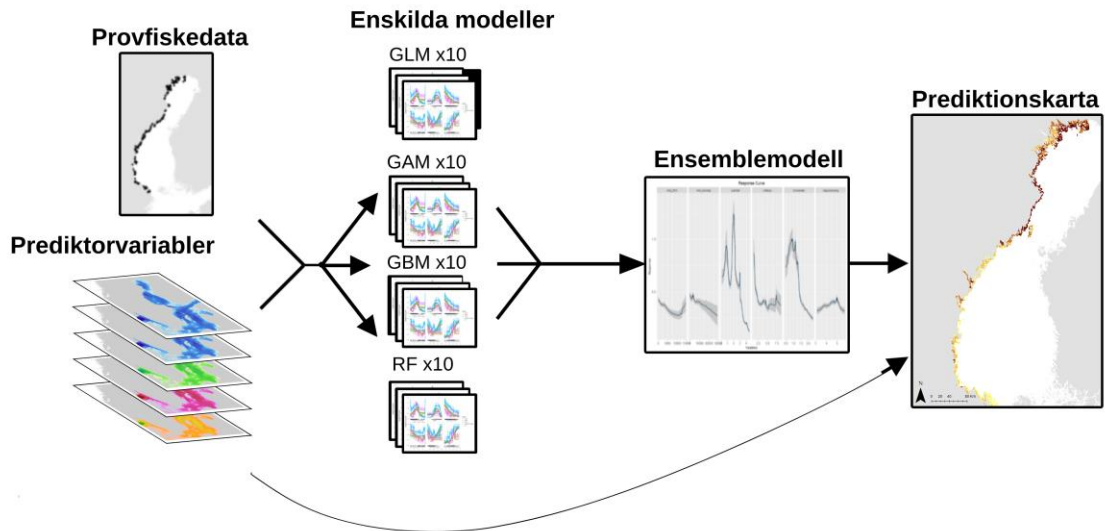
Siktdjupet kan ha en stark påverkan på utbredningen av fisk (Bergström m fl, 2013; Sundblad m fl, 2014), dels genom en direkt påverkan på födosöksbeteende och predationsrisk, dels genom att siktdjupet är en indikator på näringsstatus och födotillgång. Då det inte fanns något heltäckande siktdjupslager som omfattade hela studieområdet togs ett nytt lager fram med hjälp av en rumslig modell. Tillvägagångssättet beskrivs i Erlandsson m fl 2021.

Vågexponering har tidigare visat sig vara en viktig variabel vid habitatmodellering av fisk och kan anses samvariera med och beskriva ett antal andra variabler, som t.ex. bottensubstrat och förekomst av vegetation (Isæus 2004; Bekkby m fl 2008). Det vågexponeringslager som använts hade en ursprunglig upplösning på 10x10 meter och har beräknats med Simplified Wave Model (Isæus, 2004). Vid modelleringen logaritmerades (\log_{10}) vågexponeringen för att få en jämnare fördelning längs variabelns variationsbredd.

Temperatur och salthalt är viktiga faktorer för att förklara utbredningsmönster, eftersom båda faktorerna har starka fysiologiska effekter på fisk. Modellerade temperatur- och salinitetsdata hämtades från EU:s plattform för öppna marina data, Copernicus Marine Environment Monitoring Service. Data är skapade av Danmarks Meteorologiske Institut (DMI) och framtaget med hjälp av Hironb-Boos Model (HBM) (Copernicus, 2019) i en upplösning på 2x2 km. För modellprediktionerna skapades medelvärdeskartor för salinitet respektive temperatur för perioden november till mars under åren 2009-2020. Både temperatur och salinitet bidrar främst till att förklara utbredningsmönster på regional skala.

Statistiska analyser

Modelleringen av samband mellan prediktorvariablerna och förekomst av yngel baserades på ett flertal statistiska modeller och maskininlärningsmodeller. Modelleringen utfördes i det statistiska programspråket R (R Core Team, 2024), där förekomstmodellerna som beskriver var det finns lämpliga habitat togs fram med hjälp av paketet biomod2 (Thuiller m fl, 2024). Fyra konceptuellt olika modelleringstekniker inkluderades, varav två var statistiska regressionsmetoder (GLM - generalized linear model och GAM - generalized additive model) och två var baserade på klassifikationsträd (RF - random forest och GBM - generalized boosted models). Genom att därefter kombinera de olika modellerna i en ensemble utnyttjas styrkorna i alla enskilda modelleringsteknikerna för att ge en sammanslagen modell med högre precision och generalitet i prediktionerna än de enskilda modellerna (Figur 2).



Figur 2. Flödesschema över modelleringsprocessen.

För varje enskild modellteknik utfördes tio iterationer. I varje iteration slumpades 75 % av notdragen fram för att kalibrera modellen och de resterande 25 % användes för att testa modellen. För modellerna beräknades sedan ett AUC-värde (Area Under Curve) för varje enskild modell, samt för ensemblemodellen för att utvärdera deras kvalitet. AUC-värdet representerar sannolikheten att en slumpvis utvald provfiskestation där arten påträffats har ett högre sannolikhetsvärde i prediktionen än en slumpvis utvald station där den inte påträffats enligt data. Ett AUC-värde på 0,5 innebär att modellen är helt slumpartad och därmed inte alls förklarar förekomsten av en art, medan en perfekt modell har AUC-värde 1. AUC är således ett mått på modellens förmåga att diskriminera mellan "dåliga" och "bra" habitat. Alla enskilda modeller som hade ett AUC-värde högre än 0,7 bedömdes vara tillräckligt bra för att ingå i ensemblemodellen (Hosmer & Lemeshow 2000). De framtagna modellerna slogs sedan samman till en ensemblemodell och i denna studie användes metoden viktat medelvärde när ensemblen skapades, vilket innebär att en modell med högre AUC-värde fick större inverkan på ensemblen än en modell med lägre värde.

Med hjälp av partiella responskurvor utvärderades även på vilket sätt respektive förklaringsvariabel påverkade förekomsten av yngel. Förhållandet mellan förekomst av siklöja och respektive förklaringsvariabel i modellen visas genom att man plottar sambandet separat för respektive förklaringsvariabel medan övriga förklaringsvariabler hålls konstanta vid medelvärdet. Med responskurvorna illustreras alltså vad som händer med responsvariabeln, i detta fall alltså förekomst sikløjans yngel, när förklaringsvariabeln ändras och med dessa kan man avgöra om man har ett negativt, positivt eller mer komplext samband mellan variablerna. För att ta fram utbredningskartan användes heltäckande raster för alla prediktorvariabler tillsammans med ensemblemodellen. Kartprediktionen begränsades till ett djup av 3 meter.

Resultat

Utbredningskartan över sikløjans uppväxtområden i Bottniska viken som tagits fram i denna studie bygger på en stark ensemblemodell med ett AUC-värde på 0.993. Tabell 1 visar AUC för de separata modelltyperna samt för ensemblemodellen. De enskilda modelltekniker som hade högst

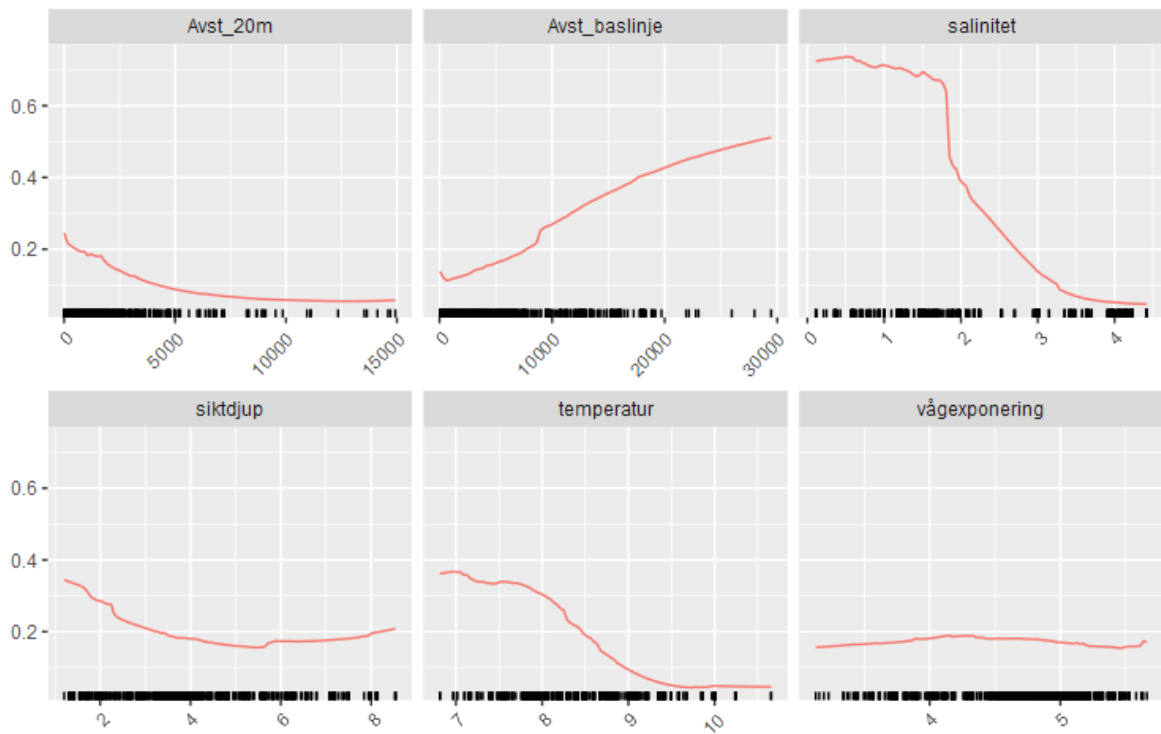
förklaringsgrad och som därmed bidrog med mest till ensemblemodellen var RF och GBM. Ensemblemodellen hade något högre förklaringsgrad än de enskilda modellerna.

Figur 3 visar responskurvor för de förklaringsvariabler som ingick i den modell som användes för att ta fram utbredningskartan över sikløjans uppväxtområden och i figur 4 illustreras det relativa bidraget från respektive variabel till ensemblemodellen. Salinitet var den variabel som klart bidrog mest till modellen, men även temperatur var en viktig variabel och tillsammans stod de för 95% av förklaringsvariablernas relativa bidrag till modellen. De bästa uppväxtområdena karakteriseras av låg salthalt och temperatur i områden längre från utsjön, men inte alltför långt från djupare vatten. Bidraget från siktdjup och vågexponering var något lägre.

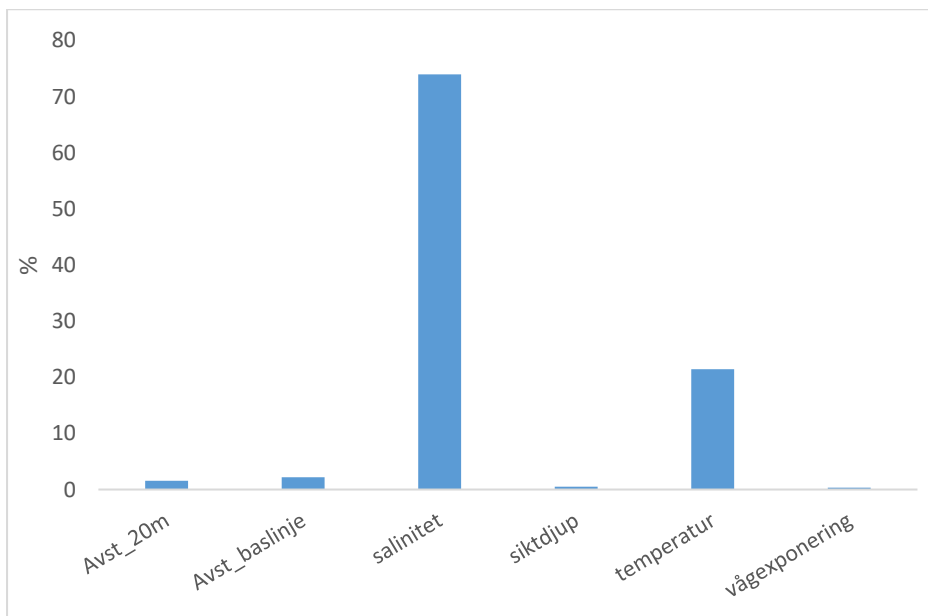
Figur 4 visar den utbredningskarta över sikløjans uppväxtområden i Bottniska viken som togs fram med hjälp av ensemblemodellen. I kartan har området delats upp i fem klasser efter percentiler av de predikterade värdena, som anger sannolikheten att fånga yngel av siklöja med not. Kartan visar att de bästa reproduktionsområdena finns i de norra delarna av Bottniska viken i Norrbottens län. Längre söderut är de bättre rekryteringsområdena främst kopplade till älvmyrningar.

Tabell 1. AUC för de enskilda modelltyperna samt för ensemblemodellen. AUC-värdet som anges är medelvärdet av de 10 iterationer där 75 % av fältdata används för att kalibrera modellen och predikterade värden från modellen testas mot resterande 25 % av data.

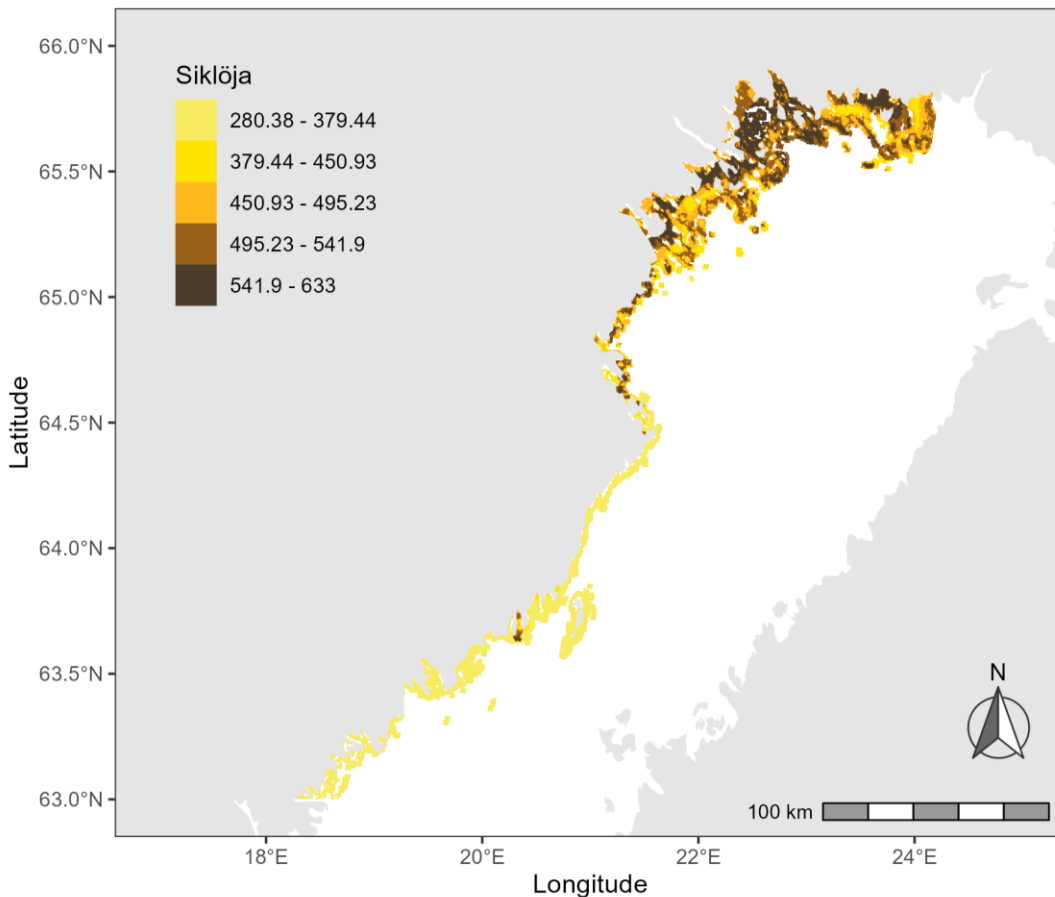
Modell	AUC
GLM	0.934
GAM	0.956
GBM	0,990
RF	0.992
Ensemble	0.993



Figur 3. Partiella responskurvor för de förklaringsvariabler som ingick i den ensemblemodell som användes för att ta fram utbredningskartan över sikløjans uppväxtområden i Bottniska viken.



Figur 4. Förklaringsvariablernas relativa bidrag i modellensembeln som användes för att kartlägga sikløjans rekryteringsområden.



Figur 5. Kartprediktion över uppväxtområden för siklöja i Bottniska viken. Den bakomliggande ensemblemodellen bygger på förekomstdata som samlats in med yngelnot under våren 2009-2020. I kartprediktionen har sannolikheten för förekomst delats in i fem klasser baserat på percentiler.

Diskussion

I denna studie har vi genom ensemblemodellering tagit fram en heltäckande utbredningskarta över siklöjans uppväxtområden i Bottniska viken. Fördelen med ensemblemodellering jämfört med att använda en enskild statistisk metod är att man kan kombinera styrkorna som erbjuds av flera konceptuellt olika modelleringsmetoder och därmed få säkrare modeller och habitatkartor (Araújo & New, 2007). Detta återspeglas även för modellen i denna studie där ensemblemodellen hade ett något högre AUC-värde än de enskilda modelleringsmetoderna. Siklöjan är en sötvattensart, där framförallt ägg och larver är känsliga för höga salthalter och den lever i Östersjön på gränsen av vad den klarar av (Veneranta m fl, 2013; Lehtonen m fl, 2023). De bästa uppväxtområdena predikterades också till de allra nordligaste delarna av Bottenviken där salthalten är lägre än i övriga studieområdet, vilket väl stämmer överens vad man sett i tidigare kartläggningar av siklöjans uppväxtområden i Bottniska viken (Veneranta, 2013a & b). Även om materialet i denna studie delvis är detsamma som i tidigare studier, styrker likheten i kartprediktionerna deras allmängiltighet.

Då provfiskedatat är insamlat mellan åren 2009–2020 visar den framtagna utbredningskartan en övergripande bild för hela den tidsperioden. Habitat på kusten är under ständig förändring i relation till olika belastningar och miljöfaktorer vilket innebär att vissa områden som klassas som bra habitat inte med säkerhet behöver vara fungerande idag, utan visar att de har potential att vara det. På

motsvarande sätt finns det risk att modellen som används här missar uppväxtområden som har varit bra habitat längre bak i tiden eller skulle bli det igen om arten ökar i utbredning.

Heltäckande kartor över värdefulla livsmiljöer, som kartprediktionen i denna studie, är viktiga i många förvaltningssammanhang och ger i det här fallet information om var vi har goda miljöbetingelser för tidiga yngelstadier av siklöja. Den kan därför lämpligen användas inom arbetet med fiskförvaltning, havsplanering, grön infrastruktur och områdesskydd på regional nivå. Vid mer lokal användning, till exempel vid geografiskt avgränsade tillstånds- och strandskyddsdispensärenden, bör kartan användas med försiktighet då metodiken vid kartläggningen och de underliggande prediktionslagren avpassats för att identifiera mer storskaliga mönster inom hela studieområdet. Kartans upplösning medger exempelvis inte att man utifrån enskilda pixlar i kartorna kan bedöma om man ska ge tillstånd för en enskild brygga, utan de är istället utformade för att identifiera viktiga områden på större skala.

När man tar fram utbredningskartor vid modellering påverkas kartans kvalitet i hög grad av kvalitén på de bakomliggande miljövariablernas kartunderlag. Ju bättre kartunderlag det finns tillgängligt för miljövariablerna som används vid modelleringen desto bättre och mer precisa blir kartprediktionerna. I denna studie baseras t.ex. kartan över avstånd till 20 meters kurvan på sjökortsdata och i många områden är djupinformationen av låg kvalitet. Kartunderlagen för salinitet och temperatur var i grov upplösning och fångar därför kanske inte upp de småskaliga gradienter i dessa variabler som är viktiga i skärgårdsområden. Om t.ex. kartunderlag för djupdata, siktdjup, temperatur och salinitet funnits tillgängligt i högre upplösning hade modellerna bättre kunnat fånga upp komplexa samband i skärgårdsmiljöer och kartorna hade troligen blivit mer användbara på lokal nivå. Då siklöjan i hög grad är knuten till sandiga bottenar under sin uppväxt (Himberg, 1995 & Veneranta m fl, 2013a, b) hade även tillförlitliga kartunderlag över ytsubstrat längs kusten varit användbara för att kartlägga sikens uppväxtmiljöer. Ett sådant kartunderlag hade sannolikt även varit användbart för att kartlägga andra arter, som t.ex. olika plattfiskar, som är starkt knutna till specifika substrat.

I Östersjön förespås utbredningen av många arter förändras på grund av climateffekter, bland annat i form av stigande vattentemperatur och utsötning (Snickars m fl, 2015). Arter som t.ex. siklöja som trivs i kallare vatten riskerar att påverkas negativt av stigande vattentemperaturer (Lehtonen m fl, 2023). Det finns även tecken på att yngelområden för både sik och siklöja längs kusten har påverkats negativt sedan 1990-talet och en av möjliga förklaringar till detta tros just vara relaterat till klimatförändringar, framför allt de varmare vintrarna och en minskad istäckning (Veneranta m fl, 2013a; Florin m fl, 2019). Samtidigt som vattentemperaturen har ökat i Östersjön, har även isens utbredning och den istäckta periodens längd minskat och enligt modelleringar kommer minskningen att fortsätta i framtiden (HELCOM, 2013). Trenden med minskande isutbredning och tidigare islossning kan komma att påverka siklöjans rekrytering negativt då istäcket skyddar äggen från vind och vågor under vintern (Brown m fl, 1993). Modellen som togs fram i denna studie visade på ett mycket starkt samband mellan förekomst av siklöja och salinitet, men även temperatur påverkade modellen i hög grad. Detta gör det möjligt att använda modellen för att prediktera hur olika klimatscenarier kan förväntas påverka siklöjans utbredning. Detta i sin tur öppnar möjligheter för en proaktiv förvaltning av fiskbestånd i samband med klimatförändringar. Eftersom det finns tecken på att siklöjan och många andra viktiga arter på kusten håller på att förlora reproduktionsområden är det viktigt att fortsätta följa upp fiskyngelproduktionen längs svenska kusten.

Erkännanden

Det har krävts omfattande fältinsatser för att bygga upp de datamaterial vi använt oss av i denna rapport. Vi vill därför rikta ett stort tack till alla som bidragit till insamlingen av fältdata. Varje datapunkt är värdefull.

Referenser

- Araújo, M., & New, M. 2007. Ensemble forecasting of species distributions. *Trends in Ecology and Evolution*, ss. 22:42-47.
- Bekkby, T., Rinde, E., Erikstad, L., Bakkestuen, V., Longva, O., Christenson, O., & Isachsen, P. 2008. Spatial probability modelling of eelgrass (*Zostera marina*) distribution on the west coast of Norway. *ICES Journal of marine science*, ss. 1093-1101.
- Bergström, U., Sundblad, G., Downie, A., Snickars, M., Boström, C., & Lindegarth, M. 2013. Evaluating eutrophication management scenarios in the Baltic Sea species distribution modelling. *Journal of Applied Ecology*, ss. 680-690.
- Brown, R.W., Taylor, W.W., Assel, R.A. 1993. Factors affecting the recruitment of lake whitefish in two areas of northern Lake Michigan. *Journal of Great Lakes Research* 19, 418–428
- Copernicus. 2019. Copernicus. Hämtat från http://marine.copernicus.eu/services-portfolio/access-to-products/?option=com_csw&view=details&product_id=BALTICSEA_ANALYSIS_FORECAST_PHY_003_006
- Daoud, JI. 2017. Multicollinearity and regression analysis. *J. Phys.: Conf. Ser.* 949 012009
- Erlandsson, M., Fredriksson, R., Bergström, U. 2021. Kartering av uppväxtområden för fisk i grunda områden i Östersjön. Institutionen för akvatiska resurser, Sveriges lantbruksuniversitet. *Aqua reports*; 2021:17.
- Florin A-B, Jonsson A-L, Fredriksson R. 2019. Sik i Östersjön – en kunskapssammanställning. Havs- och vattenmyndighetens rapport 2019;10 ISBN 978-91-88727-42-8.
- Gunnartz U, Lif M, Lindberg P, Ljunggren L, Sandström A, Sundblad G. 2011. Kartläggning av lekrområden för kommersiella fiskarter längs den svenska ostkusten – en intervjustudie. *Finno* 2011:3. https://www.havochvatten.se/download/18.64f5b3211343cffddb2800018015/1348912838028/finno2011_3.pdf
- HELCOM, 2013. Climate change in the Baltic Sea Area: HELCOM thematic assessment in 2013. *Baltic Sea Environment Proceedings* No. 137.
- Himberg, M., von Numers M., Vasemägi A., Heselius S.-J., Wiklund T., Lill J.-O., Hägerstrand H. 2015. Gill raker counting for approximating the ratio of river- and sea-spawning whitefish, *Coregonus lavaretus* (Actinopterygii: Salmoniformes: Salmonidae) in the Gulf of Bothnia, Baltic Sea. *Acta Ichthyologica et Piscatoria* 45 (2), 125-131.
- Isaeus, M. 2004. Factors structuring *Fucus* communities at open and complex coastlines in the Baltic Sea, Doktorsavhandling, Botaniska institutionen, Stockholms universitet.
- Lehtonen, T. K., Gilljam, D., Veneranta, L., Keskinen, T., & Bergenius Nord, M. (2023). The ecology and fishery of the vendace (*Coregonus albula*) in the Baltic Sea. *Journal of Fish Biology*, 103(6), 1463–1475. <https://doi.org/10.1111/jfb.15542>

Lindén, A., Himberg, M., von Numers, M., Wiklund, T., Engblom, C., Hägerstrand, H., Lill, J-O., & Hägerstrand, H. (2019). Proportion of river- and sea-spawning whitefish in catches at the Åland Islands (Baltic Sea), estimated from gill raker counts. *Boreal Environment Research*, 24, 101–113. <http://www.borenv.net/BER/pdfs/ber24/ber24-101-113.pdf>

R Core Team. 2024. *_R: A Language and Environment for Statistical Computing_*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>.

SLU-Aqua. 2016. Metodbeskrivning för provfiske med yngelnot riktat mot sik. SLU ID: SLU.aqua.2016.5.4-4

Snickars, M., Weigel, B., & Bonsdorff, E. 2015. Impact of eutrophication and climate change on fish and zoobenthos in coastal waters of the Baltic Sea. *Marine Biology*, 162(1), 141-151.

Sundblad, G., Bergström, U., Sandström, A., & Eklöv, P. 2013. Nursery habitat availability limits adult stocks sizes of predatory coastal fish. *Journal of Marine Science*, ss. 672-680.

Thuiller W, Georges D, Gueguen M, Engler R, Breiner F, Lafourcade B, Patin R, Blancheteau H. 2024. *_biomod2: Ensemble Platform for Species Distribution Modeling_*. R package version 4.2-5-2, <https://CRAN.R-project.org/package=biomod2>.

Veneranta, L., Hudd, R., Vanhatalo, J. 2013a. Reproduction areas of sea-spawning coregonids reflect the environment in shallow coastal waters. *Mar Ecol Prog Ser* 477, 231–250.

Veneranta, L., Urho, L., Koho, J., & Hudd, R. 2013b. Spawning and hatching temperatures of whitefish (*Coregonus lavaretus* (L.)) in the Northern Baltic Sea. *Advances in Limnology*, 39-55.

Verliin, Aare & Saks, Lauri & Svirgsden, Roland & Vetemaa, Markus & Rohtla, Mehis & Taal, Imre & Saat, Toomas. (2013). Whitefish (*Coregonus lavaretus* (L.)) landings in the Baltic Sea during the past 100 years: Combining official datasets and grey literature. 10.1127/1612-166x/2013/0064-0020.