



Aqua reports 2013:12

Inventering och modellering av fisk- och kräftdjurssamhället i Stigfjorden sommaren 2012

Jan Andersson, Ronny Fredriksson, Lena Bergström,
Ewa Lawett, Ulf Bergström,



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Institutionen för akvatiska resurser

Inventering och modellering av fisk- och kräftdjurssamhället i Stigfjorden sommaren 2012.

Jan Andersson, Ronny Fredriksson, Lena Bergström, Ewa Lawett & Ulf Bergström

Adress

SLU, Institutionen för akvatiska resurser, Kustlaboratoriet,
Simpevarp 100, 572 95 Figeholm

maj 2013

SLU, Institutionen för akvatiska resurser

Aqua reports 2013:12

ISBN: 978-91-576-9151-4 (elektronisk version)

Vid citering uppge:

Andersson, J. Fredriksson, R., Bergström, L., Lawett, E. & Bergström, U. (2013). Inventering och modellering av fisk- och kräftdjurssamhället i Stigfjorden sommaren 2012. Aqua reports 2013:12. Sveriges lantbruksuniversitet, Öregrund. 40s.

Rapporten kan laddas ned från

<http://www.slu.se/aquareports>

E-post

Jan.Andersson@slu.se

Rapportens innehåll har granskats av:

Sara Bergek, SLU, Institutionen för akvatiska resurser, Sötvattenslaboratoriet

Håkan Wennhage, SLU, Institutionen för akvatiska resurser, Havsfiskelaboratoriet

Uppdraget är finansierat av Länsstyrelsen Västra Götaland

Foto framsida: Fiskeplats vid västkusten (Foto: Björn Fagerholm).

Foto baksida: Sjöbodan vid Stigfjorden (Foto: Björn Fagerholm).

Sammanfattning

Under 31 juli–3 augusti 2012 utförde Kustlaboratoriet vid SLU Aqua ett inventeringsfiske med småryssjor i Stigfjorden mellan Orust och Tjörn med syfte att beskriva fisksamhället i fjorden och att kartlägga viktiga fiskhabitat. Totalt fiskades 80 stationer på djup från ytan ner till 20 m. Området uppvisade ovanligt höga tätheter av juvenil rödspotta, gråsej och torsk. Även fångsterna av stensnultra och tånglake var höga, och bland kräftdjuren dominerade strandkrabban. Resultaten från Stigfjorden jämförs med resultat från tidigare och samtida undersökningar av samma karaktär. Den rumsliga fördelningen av olika arter i förhållande till habitatet beskrevs statistiskt med hjälp av generella additiva modeller, där fångsterna i ryssjorna relateras till data på olika miljövariabler. De statistiska modellerna i kombination med kartor över miljövariabler i området användes sedan för att i GIS producera heltäckande kartor över potentiella habitat för arterna. De arter som modellerades var torsk <18 cm, torsk >18 cm, ål, rödspotta, vitling, stensnultra, tånglake och strandkrabba. Modellernas förklaringsgrad var generellt god, och vattendjup utgjorde den variabel som var viktigast för fördelningen av de flesta arter. Ungtorsk och rödspotta förekom i högst tätheter i de djupare delarna av fjorden, medan gulål, tånglake och strandkrabba, där de två förstnämnda tillsammans med torsken är rödlistade, främst återfanns i de grunda delarna av fjorden. Sammantaget tyder resultaten på att Stigfjorden håller viktiga livsmiljöer för ett flertal fiskarter, framför allt som uppväxtområde för arter som t ex rödspotta och gråsej.

Summary

In July–August 2012 the Swedish University of Agricultural Sciences performed a fykenet survey in the area Stigfjorden on the Swedish west coast. The objective was to describe the local fish community and to map essential habitats for key species. Eighty sites were sampled, from the litoral zone down to 20 m depth. The abundance of juvenile plaice (*Pleuronectes platessa*), saithe (*Pollachius virens*) and cod (*Gadus morhua*) was relatively high. Goldsinny wrasse (*Centrolabrus rupestris*) and eel pout (*Zoarches viviparus*) were also caught in high numbers and the shore crab (*Carcinus maenas*) dominated among the crustaceans. The results from Stigfjorden were compared to previous and contemporary investigations. The spatial distribution of different species was related to different habitat characteristics with General Additive Models. The statistical models and GIS maps describing different environmental variables were combined to produce comprehensive maps of essential habitats for the studied species. The species and life stages modelled were cod <18 cm, cod >18 cm, yellow eel (*Anguilla anguilla*), plaice, whiting (*Merlangius merlangus*), goldsinny wrasse, eelpout and shore crab. The models described the species distribution well generally and depth was the most important variable. The highest abundance of juvenile cod and plaice were observed in the deeper parts of the area and yellow eel, eelpout and shore crab were most abundant in shallow parts of the fjord. Cod, eel and eelpout are all on the Swedish red list. To conclude, Stigfjorden hosts favorable habitat conditions for a number of species, primarily as a nursery for species as plaice and saithe.

Innehåll

1 Bakgrund	1
2 Material och metoder	3
2.1 Provfiske	3
2.2 Modellerig	4
3 Resultat	6
3.1 Provfiske	6
3.2 Arternas fördelning över vattendjup i Stigfjorden	10
3.3 Arternas fördelning i Stigfjorden jämfört med övriga områden ..	12
3.4 Storleksfördelning hos de vanligaste arterna	13
3.5 Modellerig	18
4 Diskussion	27
5 Referenser	30
6 Bilaga 1. Kartor över miljövariabler	32
6.1 Djup	32
6.2 Småbåtshamnar	33
6.3 Sannolikheten för ålgräs	34
6.4 Vågexponering	35
6.5 Bottenlutning	36
6.6 Bottenkurvatur	37
6.7 Avstånd till land	38
6.8 Substrat	39
7 Bilaga 2. Områden som provfiskades inom WATERS gradientstudie 2012	40

1 Bakgrund

Stigfjorden utgör ett relativt grunt och skyddat vattenområde mellan öarna Orust och Tjörn i Västra Götalands län. Området är sedan 1979 skyddat som naturvårdsområde, vilket numera att betrakta som naturreservat. Tack vare denna tidiga skyddsinsats är området mycket lite exploaterat både på stränder och i vattnet, när det gäller till exempel småbåtshamnar och annat byggande i vatten. Stigfjorden är också ett så kallat Natura 2000 område i EU:s nätverk för skyddade områden. Fjordens grundaste delar är dessutom utpekade som internationellt värdefullt marint grundområde enligt Ramsarkonventionen (även kallad Våtmarkskonventionen).

Fisket är starkt reglerat i Stigfjorden, eftersom fjorden ingår i det omfattande fredningsområde som inrättades i fjordarna kring Orust och Tjörn under 2010 för att skydda lokala bestånd av torsk- och plattfiskar. Endast fiske med handredskap och skaldjursburar är tillåtet och det råder totalt fiskeförbud för torsk, kolja och bleka (FIFS 2004: 36). För mer information se <http://www.slu.se/sv/fakulteter/nl-fakulteten/om-fakulteten/institutioner/akvatiska-resurser/radgivning/fiskefria-omraden/havstensfjorden/>.

Länsstyrelsen i Västra Götalands län arbetar med en omfattande översyn av naturreservatet så att framtida skydd skall svara mot miljö kvalitetsmålen nationella mål om fler marina naturreservat samt bättre redovisa värden gentemot de internationella utpekandena. Inför ett nytt reviderat skyddsbeslut inhämtas nya kunskapsunderlag genom nya inventeringar. Detta provfiske utgör en av flera marina inventeringsinsatser i området. Resultat från inventeringarna publiceras i Länsstyrelsen egen rapportserie.

Provfiskeundersökningen genomfördes sommaren 2012 på beställning av Länsstyrelsen i Västra Götaland och omfattar provfiske med ryssjor för att beskriva sammansättning och fördelning i rummet av bottenlevande fiskar och kräftdjur. I

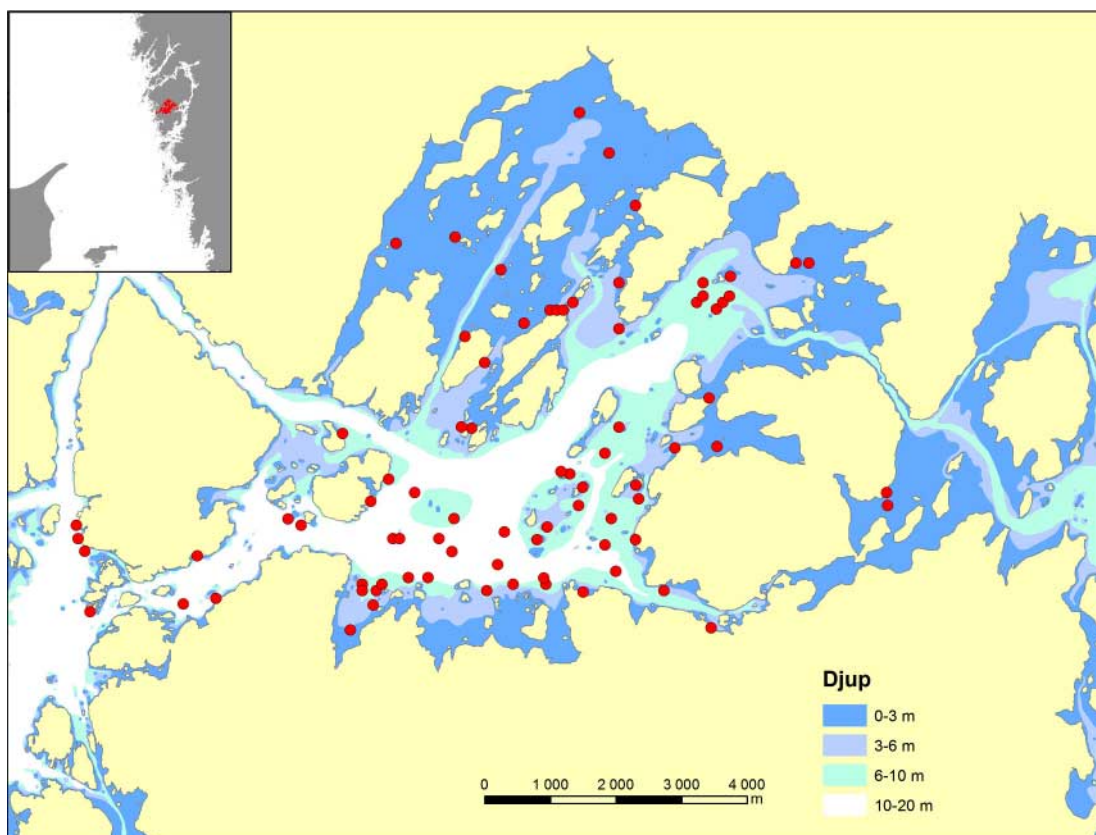
uppdraget ingick även att med hjälp av modellering söka samband mellan förekomst och ett antal miljöfaktorer. Uppdraget utfördes av Kustlaboratoriet vid Institutionen för akvatiska resurser vid Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU Aqua).

Samtidigt som provfisket i Stigfjorden utfördes även provfisken i närliggande områden. Dessa utfördes i en tänkt gradient av minskande eutrofiering, från Byfjorden och Havstensfjorden genom Halse- och Askeröfjorden och vidare genom Hakefjorden till Marstrandsfjorden (se bilaga 2). Provfiskena i gradienten syftade till att ta fram data för att utveckla indikatorer för miljöstatus inom ramen för forskningsprogrammet WATERS (www.waters.gu.se), och finansierades av Havs- och vattenmyndigheten genom den nationella mätkampanjen 2012. Resultat från provfiskena i gradienten presenteras översiktligt i denna rapport för att jämföra med Stigfjorden. Resultaten från gradientstudien som helhet presenteras av Pihl m fl (in prep.), inklusive resultat från parallella inventeringar av vegetation, bottenfauna, växtplankton, samt hydrografi i områdena Byfjorden till Marstrand (dessa parametrar mättes inte i Stigfjorden 2012).

2 Material och metoder

2.1 Provfiske

Totalt togs prover från åttio slumpmässigt valda stationer fördelade på tre djupintervall (figur 1). Inom djupintervallen 0–6 m fiskades 40 stationer, inom intervallet 6–10 m 25 stationer, och inom det djupaste intervallet (10–20 m) 15 stationer. Vid fisket användes 60 cm höga ryssjor med 5 m ledarm, 2,5 m ryssja med tre strutar, med en minsta maskstorlek av 11 mm i det yttersta huset. Två ryssjor, sammanlänkade arm mot arm, användes på varje station och varje station fiskades under en natt. Fångsten av alla fiskar och större kräftdjur registrerades per art och längdgrupp om 1 cm. Lufttryck, vindriktning och vindstyrka samt vattentemperatur i ytan registrerades vid läggning och vittjning. Siktdjup och salthalt vid yta och botten registrerades på en central punkt i området i samband med vittjning en gång per dag. Vattentemperatur nära botten vid redskapen registrerades vid läggning och vittjning.



Figur 1. Karta över studieområdet i Stigfjorden.

Provfisket inom gradientstudien utfördes med samma redskap och utförande som vid provfisket i Stigfjorden, förutom att siktdjup och salthalt mättes på varje station. Inom varje område provfiskades 60 stationer, slumpvis fördelade inom djupintervallet 0–10 m. Provfisket i Stigfjorden utfördes 31 juli–3 augusti och i gradientstudien 8 augusti– 4 september.

2.2 Modellering

Modellering av fiskhabitat utfördes med hjälp av generella additiva modeller (GAM) för ett antal arter med syfte att ta fram heltäckande kartunderlag för Stigfjorden. Följande arter/storleksklasser modellerades: torsk <18 cm (motsvarar årsyngel), torsk >18 cm, gulål, rödspotta, vitling, stensnultra, tånglake, gråsej och strandkrabba. För alla arter förutom tånglake baserades modellerna på abundansdata, dvs antal per fiskeansträngning. För tånglaken presenteras en modell baserad på förekomstdata, eftersom abundansmodellens förklaringsgrad blev låg.

Arbetet med att ta fram habitatkartor utfördes i två steg. Först undersöktes det statistiska sambandet mellan arternas förekomst och variationen av olika miljövariabler (prediktorer) som antas vara kopplade till de olika arternas förekomst. Initialt testades en modell med alla variabler, varefter de variabler som inte tillförde någon signifikant påverkan på modellen förkastades genom en så kallad backward selection, tills endast signifikanta variabler återstod. All modellering utfördes i statistikprogrammet R (<http://www.r-project.org/>) med hjälp av tillägget ”mgcv” (Wood, 2001). Modellernas förklaringsgrad mättes med D^2 (”deviance explained”), som anger hur stor andel av den totala variationen som förklaras av modellen. Datamaterialet bedömdes vara för litet för att göra så kallad extern validering, en metod där man avsätter delar av materialet enbart för att testa modellernas prediktiva förmåga.

I nästa steg användes den statistiska modellen för att, utgående från heltäckande kartor över miljövariablerna, ta fram en kartbild i GIS-miljö som beskriver den be-

räknade utbredningen av arterna. Denna kartprediktion baseras alltså på miljövariablernas mätvärden i varje enskild cell i kartrastren. Kartorna över miljövariablerna hade en cellstorlek på 25 m, vilket också är upplösningen på kartprediktionerna.

De miljövariabler som ingick i denna studie var djup, vågexponering, medelsannolikheten för ålgräs inom en 100 meters radie, bottenlutning, bottenkurvatur (förändring i lutning), avstånd till land, substrat i form av hårbotten och mjukbotten, samt påverkan från småbåtshamnar (inklusive båttrafik). Djupet som användes vid modelleringen mättes i fält, medan det heltäckande kartsikt över djup som användes för att ta fram habitatkartorna erhöles från Naturvårdsverkets sammanställning och analys av kustnära undervattensmiljö (SAKU; Naturvårdsverket, 2006). Även uppgifter om bottenlutning och bottenkurvatur erhöles från Naturvårdsverket (2006). Kartsikt över substrat erhöles från SGU (Hallberg m.fl., 2010), som klassificerades om till kategorierna mjukbotten respektive hårbotten. Kartan över ålgräs baserades på satellitbildstolkningar (Länsstyrelsen i Västra Götalands län, 2012). För att få ett mått som minskar osäkerheten i skattningen av ålgräsförekomst i varje enskild rastercell i satellitbilsdatat och som samtidigt mäts på en rumslig skala som är relevant för fisk, togs ett medelvärde för ett område med 100 m radie fram. Ett kartsikt över båthamnar erhöles från Törnqvist & Engdahl (2010). Utgående från detta polygon-sikt togs ett index för påverkan från småbåtshamnar och båttrafik fram genom att arean för närmaste hamn (som är ett mått på hur många båtar den håller) dividerat med avståndet till hamnen, så att påverkan avtar med avståndet. Innan modelleringen testades de olika miljövariablerna mot varandra med en "variance inflation factor"-analys för att upptäcka eventuell samvariation mellan variablerna som skulle kunna störa analysen. Vid kartframställningen begränsades alla miljövariabler efter de max- och minimivärden som observerades vid provtagningen, för att undvika orealistisk extrapolering av modellerna. Till exempel fanns provfiskestationer ned till ett djup av 20 meter, således ändrades alla djup över detta från kartunderlaget till 20 meter. Detta gjordes för alla miljövariabler som ingick i studien.

3 Resultat

3.1 Provfiske

Samtliga på förhand utslumpade stationer kunde fiskas utan störningar. Vattnets medeltemperatur i ytan var knappt 19 °C, vinden var mellan svag och frisk, med övervägande sydlig riktning (tabell 1). Vattnets medeltemperatur vid redskapen varierade mellan 16 och 21,5 °C, med medelvärden för de olika djupintervallen mellan 17,7 och 18,5 °C (tabell 2). Skillnaden mellan intervallen var liten, med en tendens till något lägre temperatur inom det djupaste intervallet. Siktdjupet varierade mellan 5 och 8 m, med ett genomsnitt på drygt 6 m (tabell 1). Provfisket utfördes under dagarna runt fullmåne i månadsskiftet juli–augusti.

I Stigfjorden dominerades alla fiskade stationer i djupintervallet 0–10 m utom en av mjuka bottenar (figur 2). Mjuka bottenar dominerade även i områdena i gradientstudien (71–86% av stationerna), förutom i Marstrandsfjorden, där 50 av de totalt 60 fiskade stationerna dominerades av hårda bottenar.

Salthalten i Stigfjorden var högre än i övriga områden, eller $20,5 \pm 0,1$ (tabell 1, figur 2). Salthalten i gradientstudiens områden varierade mellan som lägst $17,8 \pm 0,2$ i Byfjorden och som högst $19,5 \pm 0,1$ i Halse- och Askeröfjorden (PSU; Medel \pm SE). Temperaturen, angiven som temperatur vid botten i samband med vittjning, varierade mellan 17,7 och 18,5 °C i Stigfjorden. I gradientstudien var temperaturen högst i Havstensfjorden ($19,0 \pm 0,1$) och lägst i Halse- och Askeröfjorden ($17,6 \pm 0,1$ °C; Medel \pm SE). I den studerade eutrofieringsgradienten fanns en viss systematisk förändring i siktdjup. Siktdjupet var lägst i Byfjorden (3,6 m) och högst i Marstrandsfjorden (6,6 m). I Stigfjorden var medelsiktdjupet 6,2 m (figur 2).

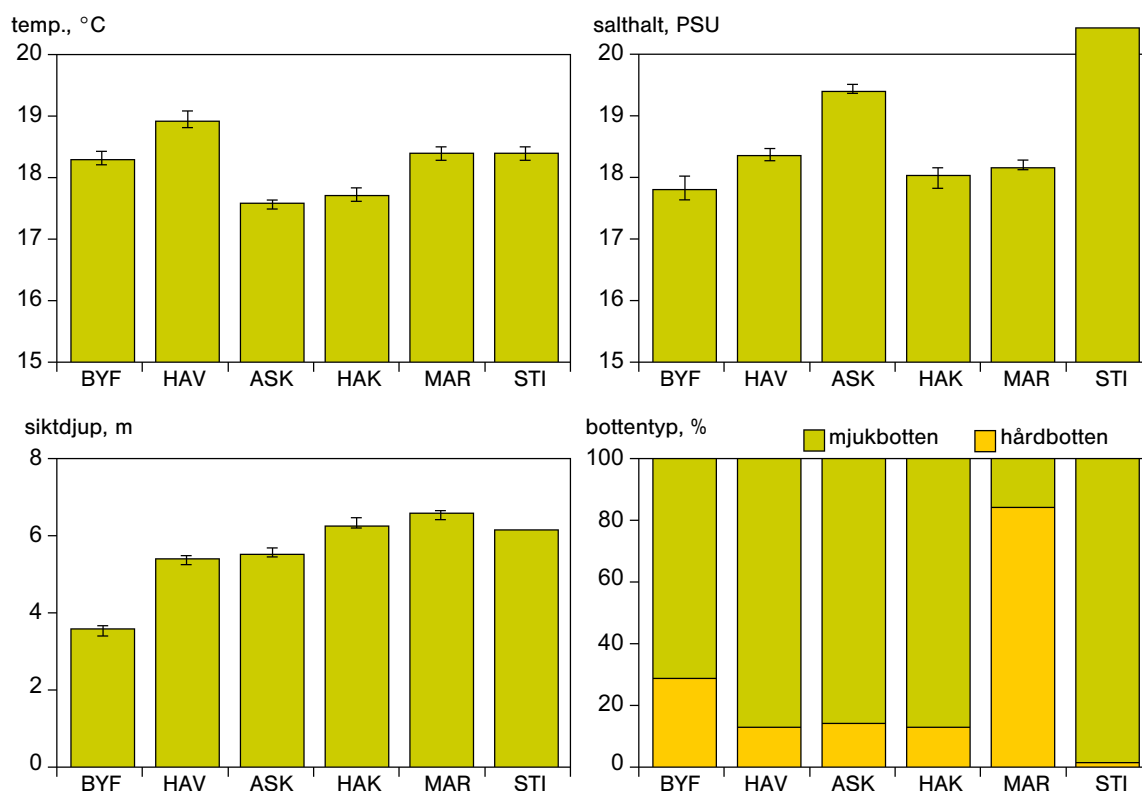
Fångsten i provfisket i Stigfjorden uppgick till drygt 1 900 fiskar och knappt 2 700 individer av kräftdjur (tabell 3). Fångsten karakteriserades framför allt av en hög förekomst av gråsej och rödspotta, följt av stensnultra, tånglake och torsk. Sammanlagt observerades 16 fiskarter och nio taxa av kräftdjur (för vissa kräftdjur görs inte

Tabell 1. Medelvärden för olika omgivningsfaktorer vid provfisket i Stigfjorden.

	läggning			vittjning		
	medel	min	max	medel	min	max
temp. yta (°C)	18,7	18,5	19,0	18,6	18,4	18,9
siktdjup (m)				6,2	5,0	7,7
salt botten (psu)	20,7	20,3	21,2	20,7	20,3	21,2
salt yta (psu)	20,5	20,0	21,0	20,6	20,2	20,9
vindriktning (grader)	192	155	230	211	155	260
vindhastighet (m/s)	7	4	12	7,5	4	12

Tabell 2. Vattnets medeltemperatur vid redskapen vid läggning och vittjning i Stigfjorden.

stratum	läggning			vittjning		
	medel	min	max	medel	min	max
0–3 m	18,5	17,5	19,4	18,5	17,3	21,5
6–10 m	18,4	17,7	19,6	18,3	17,8	20,2
10–20 m	17,9	16,9	18,4	17,7	16,0	18,8



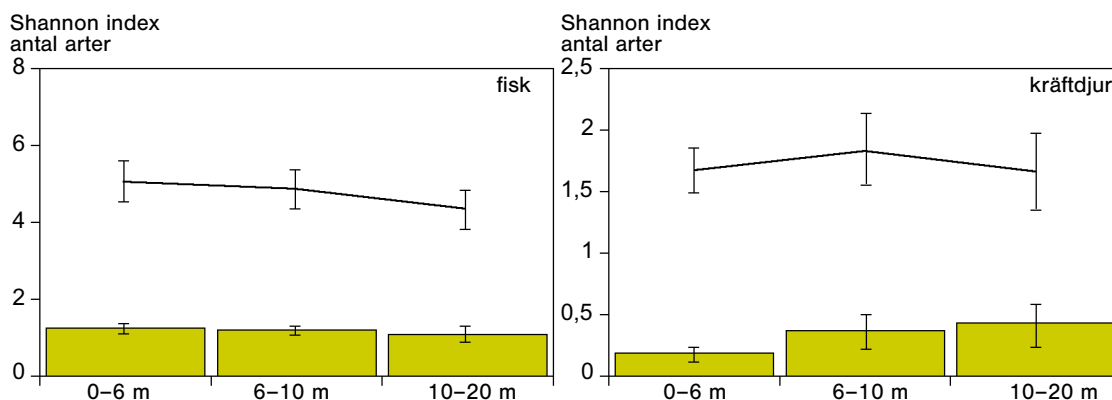
Figur 2. Salthalt, botten temperatur, siktdjup och botten typ i samtliga provfiskade områden (medelvärden \pm SE). Bottentyp anger frekvens stationer med dominerande mjukt respektive hårt substrat. BYF= Byfjorden, HAV=Havstensfjorden, ASK= Askeröfjorden, HAK=Hakefjorden, MAR= Marstrandsfjorden och STI=Stigfjorden.

Tabell 3. Totalfångst av fisk- och kräftdjursarter i Stigfjorden, fördelad på olika djupintervall.

art	stratum			totalt
	0–6 m	6–10 m	10–20 m	
fiskar				
gråsej	222	388	57	667
rödspotta	144	152	198	494
stensnultra	187	7	29	223
tånglake	95	36	4	135
torsk	29	49	35	113
vitling	7	51	16	74
svart smörbult	36	21	7	64
rötsimpa	32	9	14	55
gulål	42	11	1	54
skärsnultra	43			43
skrubbskädda	9	3		12
äkta tunga		1	1	2
horngädda	1			1
mindre kantnål		1		1
tejestefisk			1	1
tångsnälla		1		1
fiskar totalt	847	730	363	1940
kräftdjur				
strandkrabba	1887	376	172	2435
tångräka	121	70	26	217
sandräka		13	4	17
simkrabba			8	8
eremitkräfta			6	6
hummer	1		5	6
spindelkrabba	3		1	4
maskeringskrabba			2	2
krabba			1	1
kräftdjur totalt	2012	459	225	2696

bestämning till artnivå) i Stigfjorden. Artantalet skilde sig inte i någon väsentlig grad mellan olika djup (figur 3). Det fanns dock en tendens till stigande diversitet med ökande djup hos kräftdjuren (figur 3).

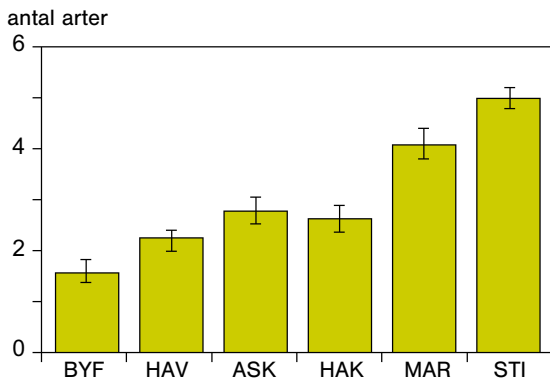
I provfisket som helhet (samtliga områden) noterades totalt 28 fiskarter och 9 kräftdjur. De två vanligaste fiskarterna inom gradientstudiens områden var skärsnultra och stensnultra (tabell 4). Sett till antalet fiskarter per station var Stigfjorden mer artrikt än de övriga provfiskade områdena, cirka fem fiskarter i genomsnitt per station, att jämföra med högst fyra arter per station i gradienten (Marstrandfjorden) och som lägst 1,7 arter i Byfjorden (figur 4).



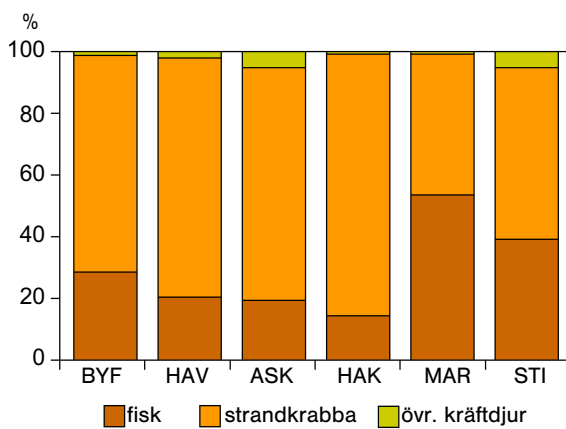
Figur 3. Medelvärden per station av antal observerade arter (linje) och Shannons diversitetsindex (staplar) för fiskar och kräftdjur inom olika djupintervall i Stigfjorden. Spridningsmått avser 95% konfidensintervall.

Tabell 4. Fångster av fisk och strandkrabba i provfisket i gradientstudien respektive Stigfjorden. Värden anger antal individer per station. Arterna är sorterade enligt frekvens i gradientstudien. Data baserar sig på en jämförelse inom djupintervallet 0–10 m.

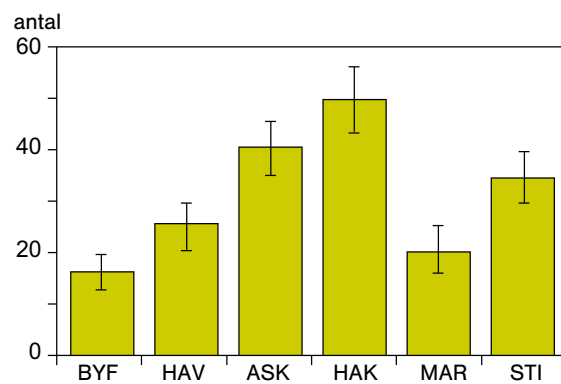
	gradientstudien	Stigfjorden
skärsnultra	2,98	0,66
stensnultra	2,81	2,98
ål (gulål)	1,8	0,82
torsk	0,77	1,2
tånglake	0,71	2,02
gråsej	0,56	9,38
skrubbskädda	0,33	0,18
svart smörbult	0,24	0,88
rötsimpa	0,18	0,63
rödspotta	0,13	4,55
oxsimpa	0,11	0
vitling	0,11	0,89
äkta tunga	<0,1	<0,1
grässnultra	<0,1	0
berggylta	<0,1	0
femtömmad skärlanga	<0,1	0
öring	<0,1	0
skarpsill	<0,1	0
lyrtorsk	<0,1	0
slätvar	<0,1	0
större kantanål	<0,1	0
randig sjökock	0	0
sandskädda	0	0
storspigg	0	0
tångspigg	0	0
horngädda	0	<0,1
mindre kantanål	0	<0,1
tångsnälla	0	<0,1
strandkrabba	30,55	34,82



Figur 4. Artrikedom i de provfiskade områdena (medelantal arter per station \pm SE inom djupintervallet 0–10 m). BYF= Byfjorden, HAV=Havstensfjorden, ASK= Askeröfjorden, HAK=Hakefjorden, MAR= Marstrandsfjorden och STI=Stigfjorden.



Figur 5. Relativ fördelning av fisk och kräftdjur i de provfiskade områdena, baserat på antal inom djupintervallet 0–10 m. BYF= Byfjorden, HAV=Havstensfjorden, ASK= Askeröfjorden, HAK=Hakefjorden, MAR= Marstrandsfjorden och STI=Stigfjorden.

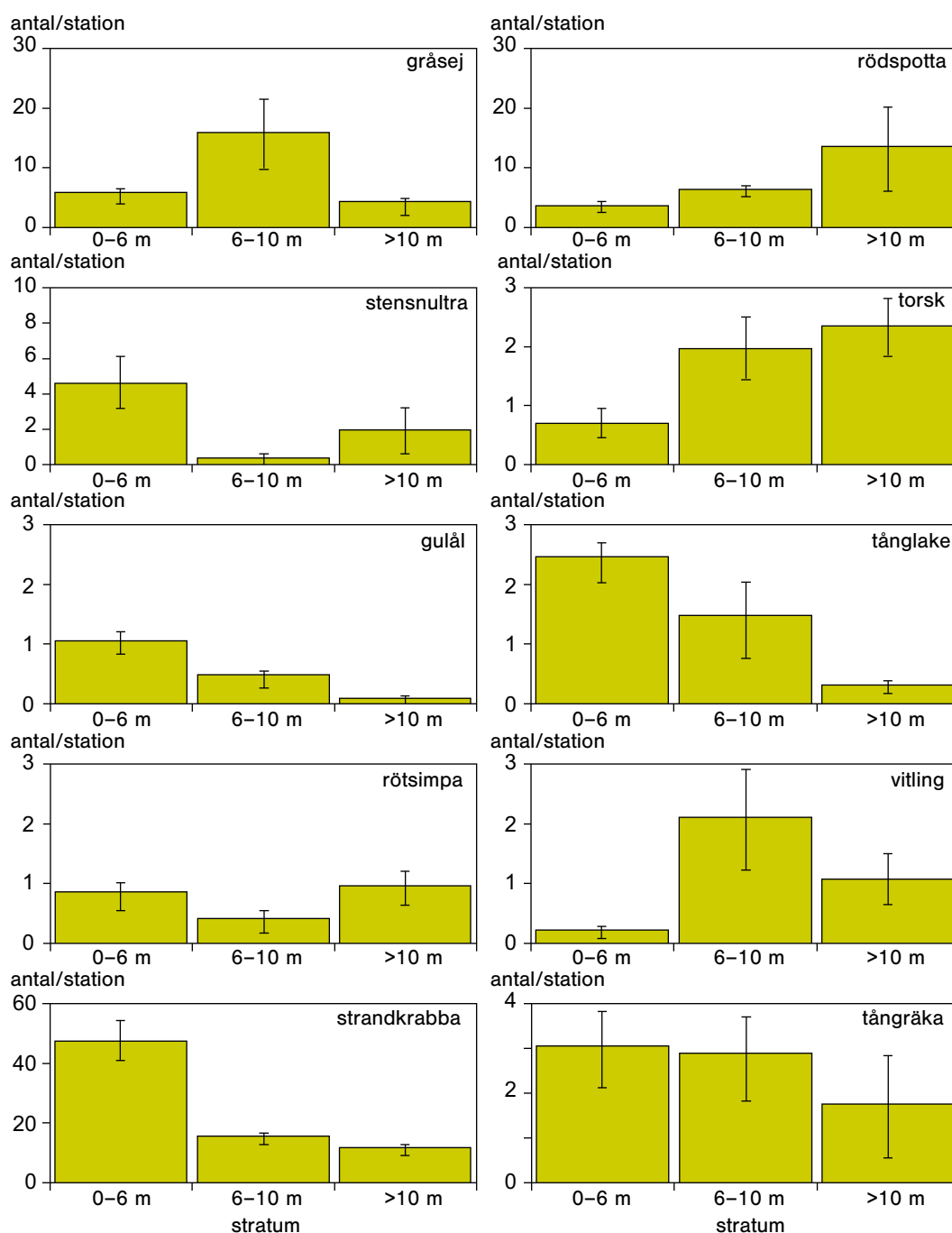


Figur 6. Förekomst av strandkrabba i de provfiskade områdena (medelantal individer per station \pm SE inom djupintervallet 0–10 m). BYF= Byfjorden, HAV=Havstensfjorden, ASK= Askeröfjorden, HAK=Hakefjorden, MAR= Marstrandsfjorden och STI= Stigfjorden.

I samtliga områden var strandkrabba den dominerande arten totalt sett. Strandkrabba utgjorde mellan 46 och 86% av det totala antalet individer i de olika områdena av gradienten, i Stigfjorden var andelen strandkrabba 56% (figur 5–6).

3.2 Arternas fördelning över vattendjup i Stigfjorden

Figur 7 illustrerar hur fångsten per fiskeansträngning (antal per ryssjehus och natt) hos tio av de vanligaste arterna fördelar sig över de olika djupintervallen. Skillnader mellan olika intervall har inte testats statistiskt. Ett visst mönster framträder dock för flera av arterna. Hos gulål, strandkrabba, stensnultra och tånglake ses en tydlig tendens till att fångsten minskar med ökande vattendjup. En omvänd tendens ses



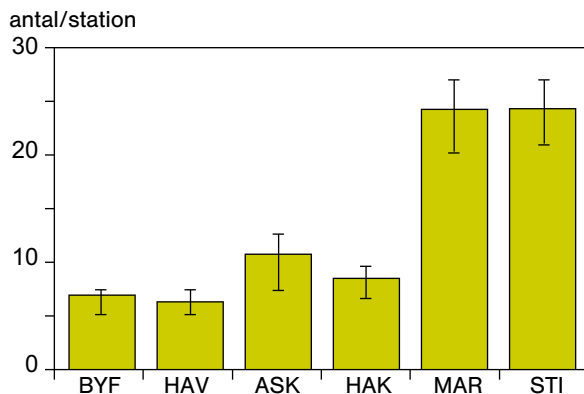
Figur 7. Antal individer per station av tio av de vanligaste arterna i fångsten inom djupintervallen 0–6 m, 6–10 m och 10–20 m (medel per station \pm SE).

hos rödspotta, torsk och i viss mån även hos vitling, även om variationen mellan stationer var stor hos främst rödspotta och vitling. Hos övriga arter ses inga tydliga mönster.

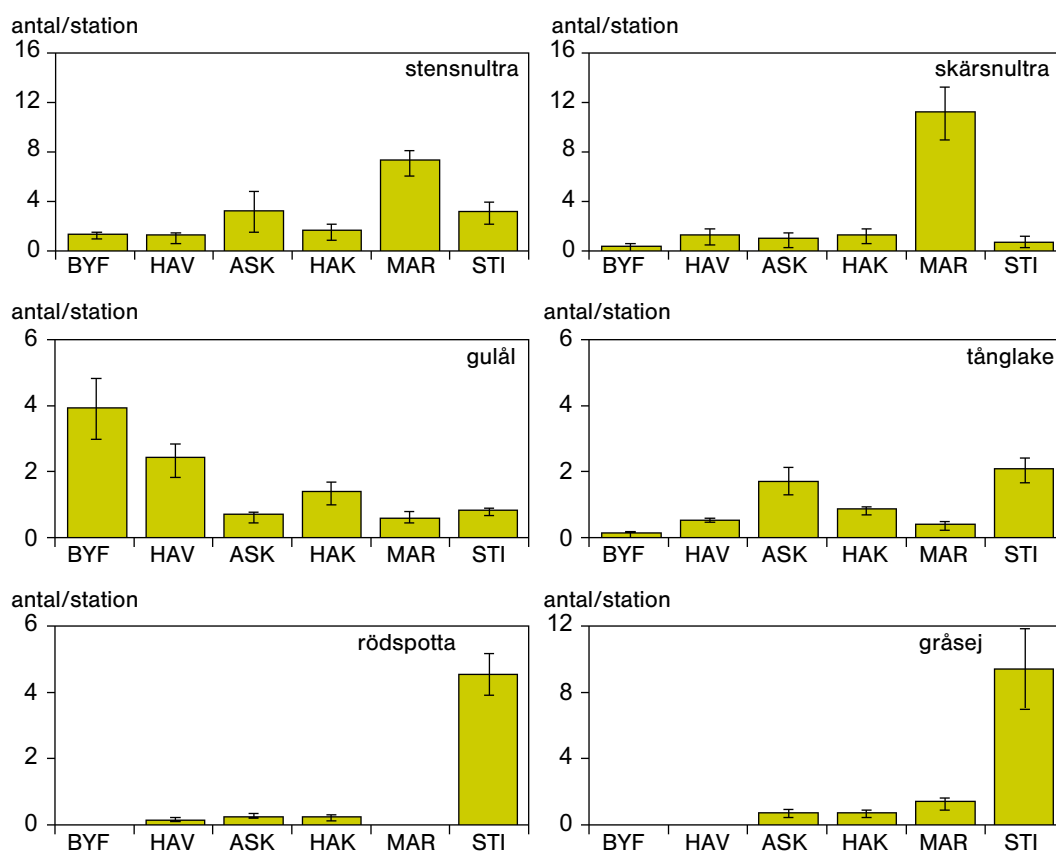
3.3 Arternas fördelning i Stigfjorden jämfört med övriga områden

Totalt fångades 3 297 individer av fisk inom gradientstudien, fördelat på samtliga 300 stationer (fiskat djup 0–10 m). De lägsta fångsterna noterades i Byfjorden och Havstensfjorden och den högsta i Marstrandsfjorden. I Stigfjorden fångades total 1 576 individer av fisk inom motsvarande djupintervall (0–10 m), fördelat på 65 stationer. Fångsten i Stigfjorden var av samma storleksordning som i Marstrandsfjorden (figur 8).

Fångstens artsammansättning varierade tydligt mellan områden. De inre områdena av gradientstudien, Byfjorden och Havstensfjorden karakteriserades av ål, medan Marstrandsfjorden i den yttre delen av gradienten karakteriserades av stensnultra och skärsnultra. Gulål, stensnultra och skärsnultra dominerade även i de mellersta delområdena, men där tillkommer även tånglake, rödspotta och gråsej. De tre senare arterna tillhörde dominanterna även i Stigfjorden, även om gråsej och rödspotta var betydligt vanligare där än i de andra områdena (figur 9).



Figur 8. Antal individer av fisk i de provfiskade områdena (medel per station \pm SE inom djupintervallet 0–10 m). BYF= Byfjorden, HAV=Havstensfjorden, ASK= Askeröfjorden, HAK=Hakefjorden, MAR= Marstrandsfjorden och STI=Stigfjorden.

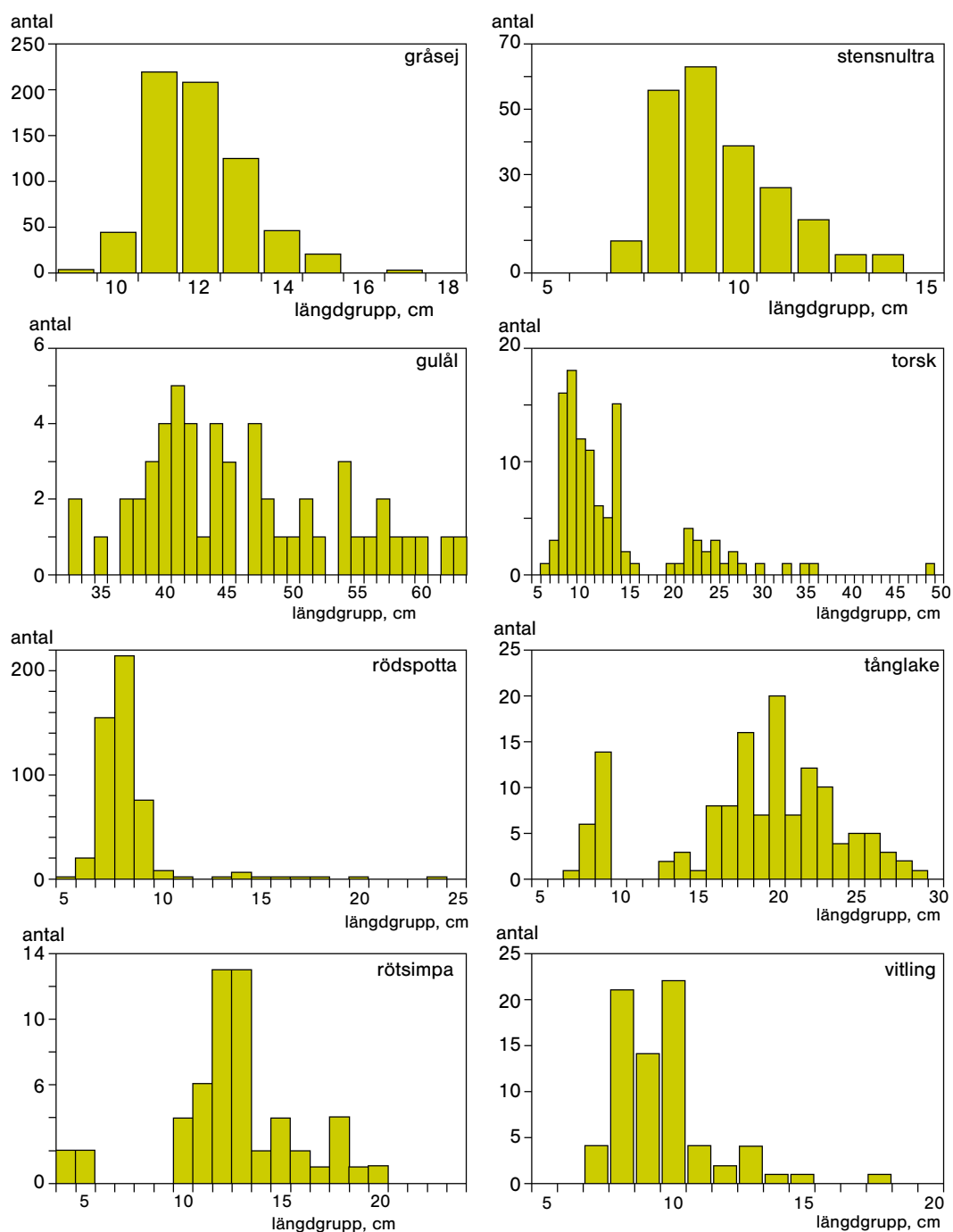


Figur 9. Förekomst av de arter som framförallt karakteriserat skillnader i artsammansättning i den provfiskade gradienten (medel per station \pm SE inom djupintervallet 0–10 m). BYF= Byfjorden, HAV=Havstensfjorden, ASK= Askeröfjorden, HAK=Hakefjorden, MAR= Marstrandsfjorden och STI=Stigfjorden.

Totalt fångades 310 torskar (232 i gradientstudien och 78 i Stigfjorden) och 593 ålar (540 respektive 53). Samtliga ålar var i gulålstadiet. Torsk stod för 7% av det totala individantalet i gradienten och 5% av individantalet i Stigfjorden.

3.4 Storleksfördelning hos de vanligaste arterna

Småvuxna individer dominerade starkt i fångsten av de kommersiellt intressanta arterna gråsej, rödspotta, torsk och vitling (figur 10). Även utan tillgång till åldersanalyser kan man sluta sig till att de flesta individerna i fångsten befann sig under sitt första eller andra levnadsår när de fångades. Enstaka något större individer av både rödspotta och torsk förekom dock. Hos gulål förekom fiskar mellan 30 och drygt 60 cm, med en koncentration till storlekar mellan 40 och 50 cm. Hos både

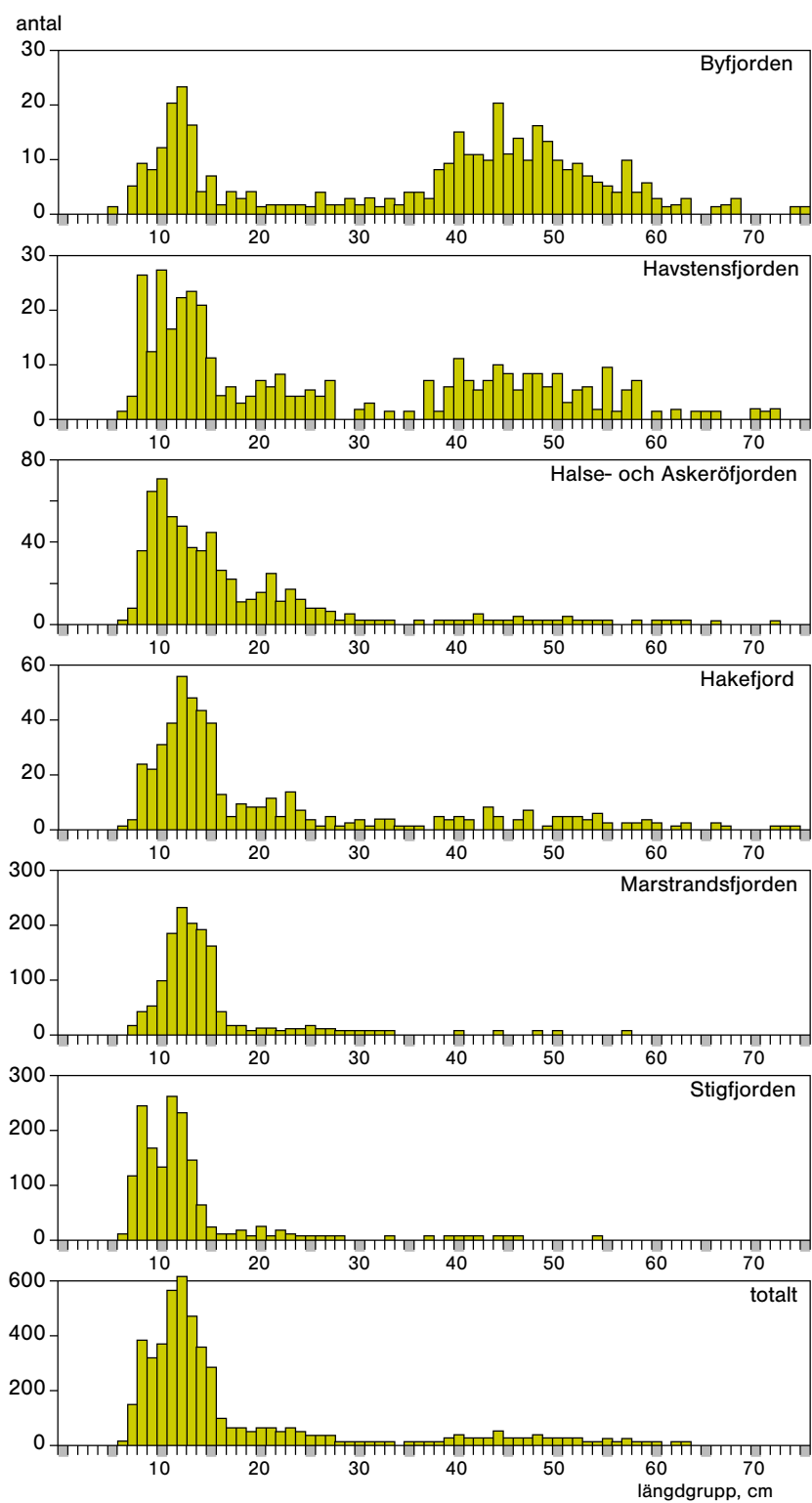


Figur 10. Antal individer per storleksklass hos åtta av de vanligaste fiskarterna i fångsten i Stigfjorden.

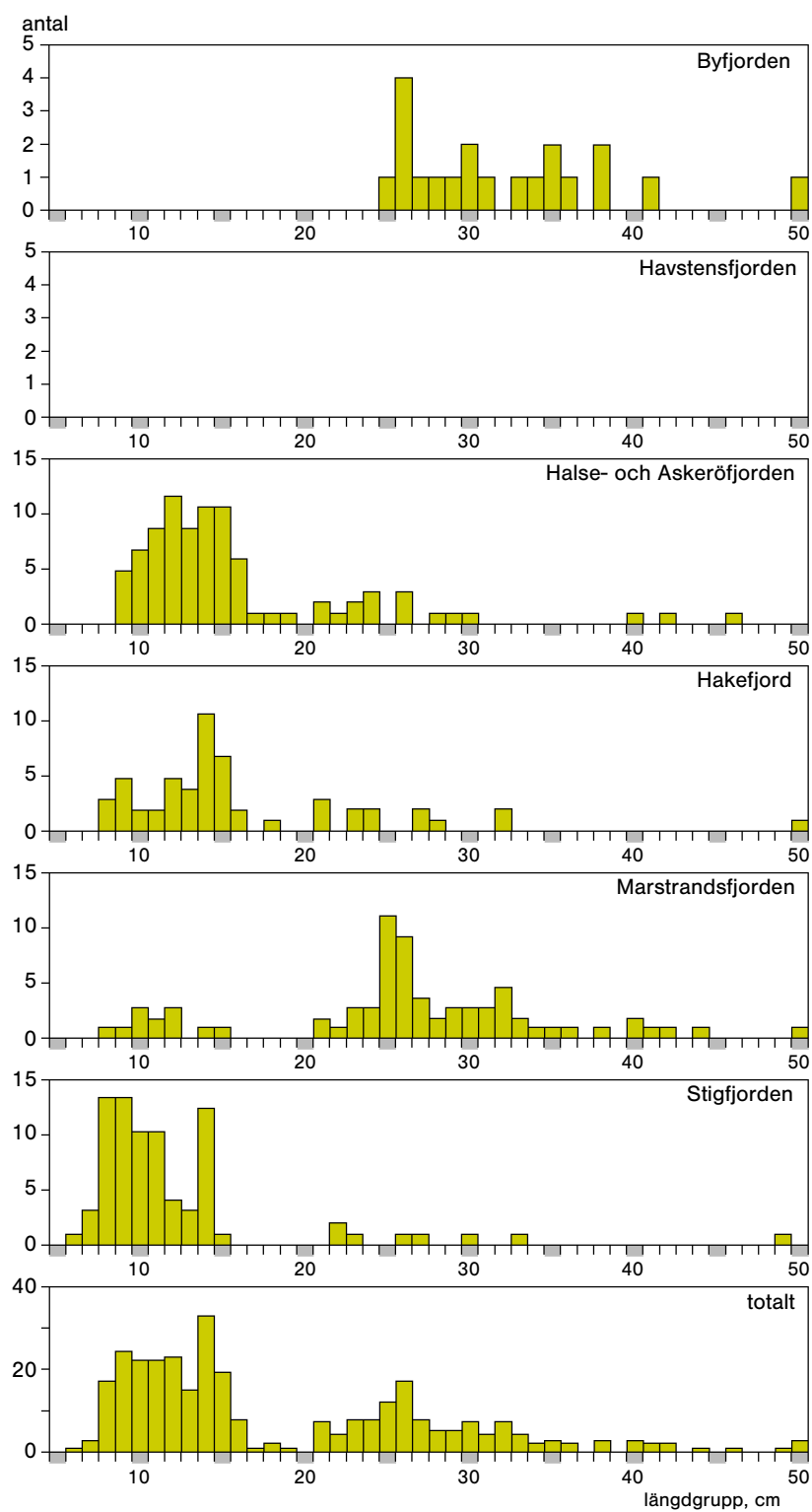
rötsimpa och tånglake observerades ett ganska litet antal mycket små individer, sannolikt årsungar, medan fångsten i övrigt utgjordes av storlekar från tio till 20 respektive 30 cm. Stensnultror utgjordes av en homogen grupp av fiskar i längder mellan 7 och 14 cm.

Även i det totala materialet, inklusive data från gradientstudien, var förekomst av stora individer låg. Förekomsten av stor fisk kan användas för att indikera fisksamhällets miljöstatus, så att låga värden i fisksamhällen dominerade av kommersiella arter ofta indikerar ett högt fisketryck (Havs- och vattenmyndigheten, 2012; OSPAR, 2011; SLU Aqua, 2012). I det sammantagna materialet var 86% av individerna mindre än 30 cm (figur 11). Omkring 13,8% var större än 30 cm och 11,2% var större än 40 cm. Merparten av de stora individerna förekom i de inre områdena av gradientstudien (Byfjorden och Havstensfjorden) och återspeglar närmast en högre förekomst av gulål i dessa områden. Som jämförelse var 96% av individerna i Stigfjorden mindre än 30 cm inom motsvarande djupintervall. Omkring 3,8% var större än 30 cm och 2,9% var större än 40 cm.

Hos torsk var 14,5% av individerna större än 30 cm i det sammantagna materialet (figur 12). Endast 5% (16 st) av individerna var större än 37 cm, vilket grovt sett motsvarar torskens ålder vid könsmognad. Merparten av individerna, omkring 60% var mindre än 18 cm, vilket kan anses motsvara årsyngel. Sammantaget över alla områden sågs en tydlig koncentration av individer mindre än 18 cm och en annan topp av individer vid storlekar mellan 30 och 40 cm. Det fanns dock en tydlig skillnad i torskens storleksstruktur mellan områden. Områdena Halse- och Askeröfjorden, Hakefjorden samt Stigfjorden visade en likadan storleksstruktur, med en högre förekomst av unga individer (<18 cm). I Marstrandsfjorden var andelen individer större än 18 cm högre än andelen mindre torsk, även om båda grupperna var representerade. För Havstensfjorden kunde någon längdfördelning inte registreras eftersom inga torsk fångades. I Byfjorden var, anmärkningsvärt nog, samtliga torsk över 18 cm



Figur 11. Längdfördelning hos fisk (samtliga arter) i de olika områdena och totalt för alla områden (längst ned). Jämförelsen avser djupintervall 0–10 m. Observera olika skala på y-axeln i olika områden.



Figur 12. Längdfördelning hos torsk i de olika områdena och totalt för alla områden. Jämförelsen avser djupintervall 0–10 m. Observera olika skala på y-axeln i olika områden.

och väl över längder som skulle kunna motsvara ettårig torsk. Resultatet antyder att det inte finns någon rekrytering av torsk i de inre områdena av gradienten, men en viss invandring av torsk från närliggande områden.

3.5 Modellering

Resultaten av modelleringen presenteras i tabell 5. För gråsej kunde inga samband mellan förekomst och de testade miljövariablerna påvisas, sannolikt för att sejen inte är knuten till specifika bottentyper. Miljövariablerna *Zostera* (sannolikhet för ålgräs) och substrat föll inte ut som signifikanta i någon av modellerna. Djup och småbåtshamnar var de variabler som oftast föll ut som signifikanta i modellerna. Vågexponering, som ofta utgör en viktig förklaringsvariabel vid habitatmodellering, inkluderades endast i ett par av modellerna. På basen av p-värdet, som indikerar hur viktig respektive variabel är i modellen, utgjorde djup och siktdjup de generellt starkaste förklaringsvariablerna.

Överlag var förklaringsgraden i modellerna god. För årsyngel av torsk och stensnultra föll bara en miljövariabel ut som signifikant (djup och avstånd från land, för torsk respektive stensnultra). Att inte fler variabler föll ut som signifikanta för modellerna beror i flera fall sannolikt på att studieområdet är relativt homogent, vilket gör att vi har för liten variation i miljövariablerna för att modellerna ska fånga upp

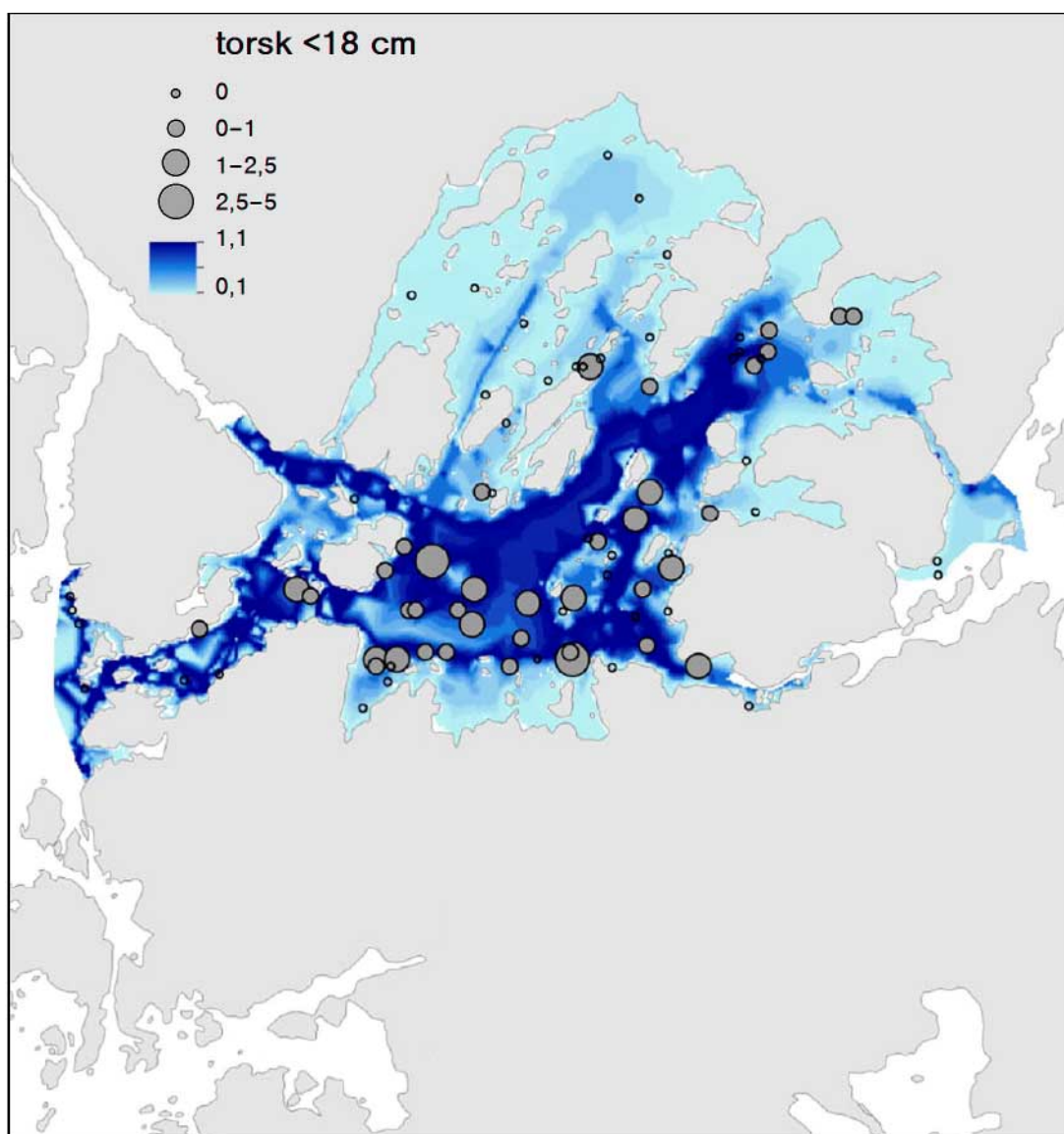
Tabell 5. Resultat från habitatmodellering. P-värden anges för de miljövariabler som föll ut som signifikanta i de olika modellerna. D² anger hur stor del av variationen (i procent) som förklaras av modellen.

	djup	hamn- på- verkan	Zostera	vågex- ponering	lutning	kurvatur	avst. land	substrat HB MB	D ²
torsk <18 cm	0,00012								27
torsk >18 cm		0,0099		4,7E-09	4,1E-07				62
gulål	0,0078	0,017							32
rödspotta	2,6E-05				0,00095	0,00051			40
vitling	1,1E-06	0,0066		9,1E-06		0,034			62
stensnultra							0,00029		34
tånglake	0,028						0,019		18
strandkrabba	4,1E-06	0,0009				0,0054			47

sambanden. Kartprediktionerna presenteras i figur 13–20. I anslutning till kartorna anges även i vilken riktning olika omgivningsfaktorer påverkar förekomsten.

3.5.1 Torsk mindre än 18 cm

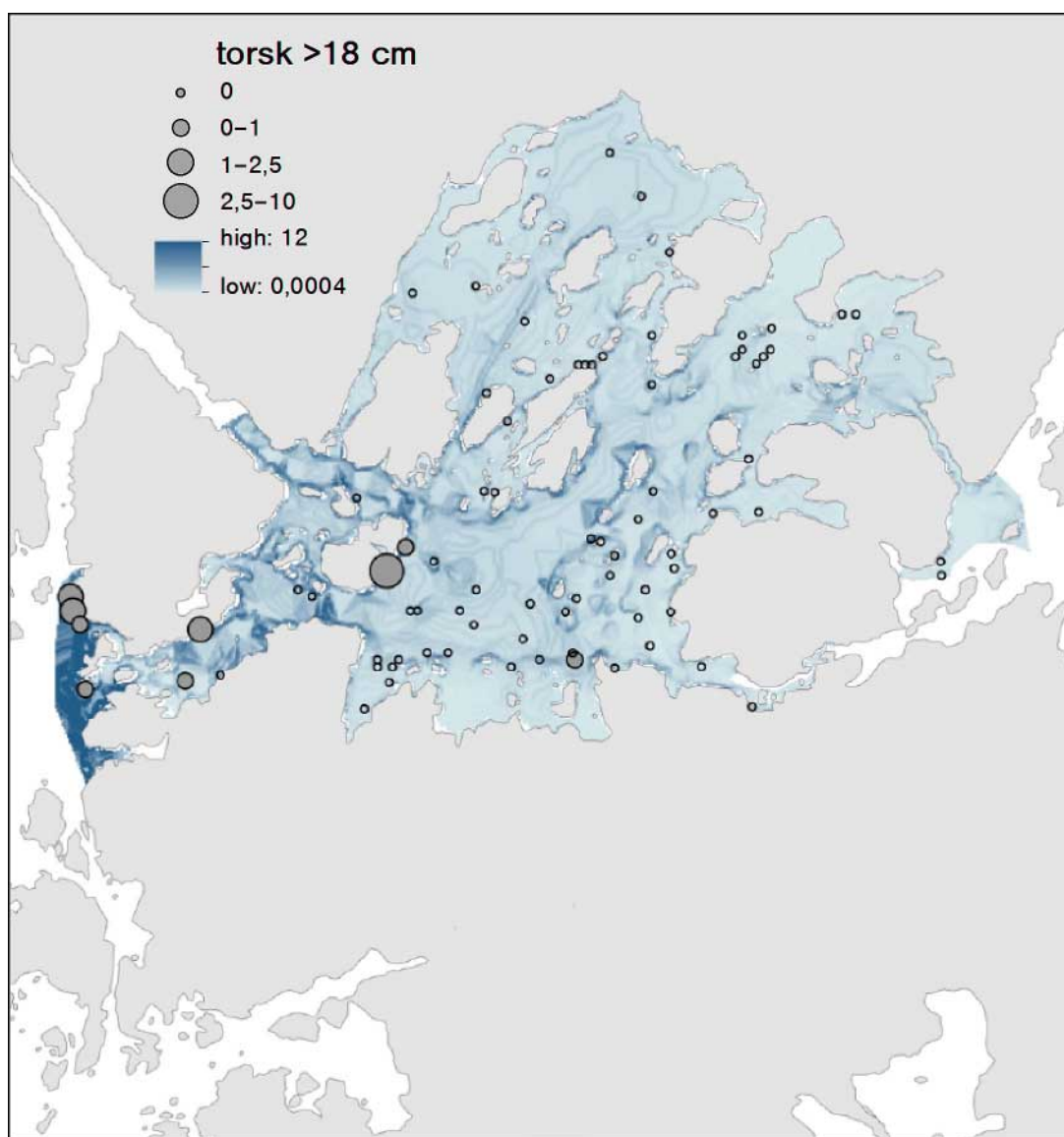
För torsk mindre än 18 cm föll endast djup ut som signifikant förklaringsvariabel. En positiv respons på djup, det vill säga det djupintervall när man förväntas fånga mer än medel, inföll mellan cirka fem och femton meters djup.



Figur 13. Fångst av torsk mindre än 18 cm vid provfiskestationerna och kartprediktion baserad på abundansmodell.

3.5.2 Torsk större än 18 cm

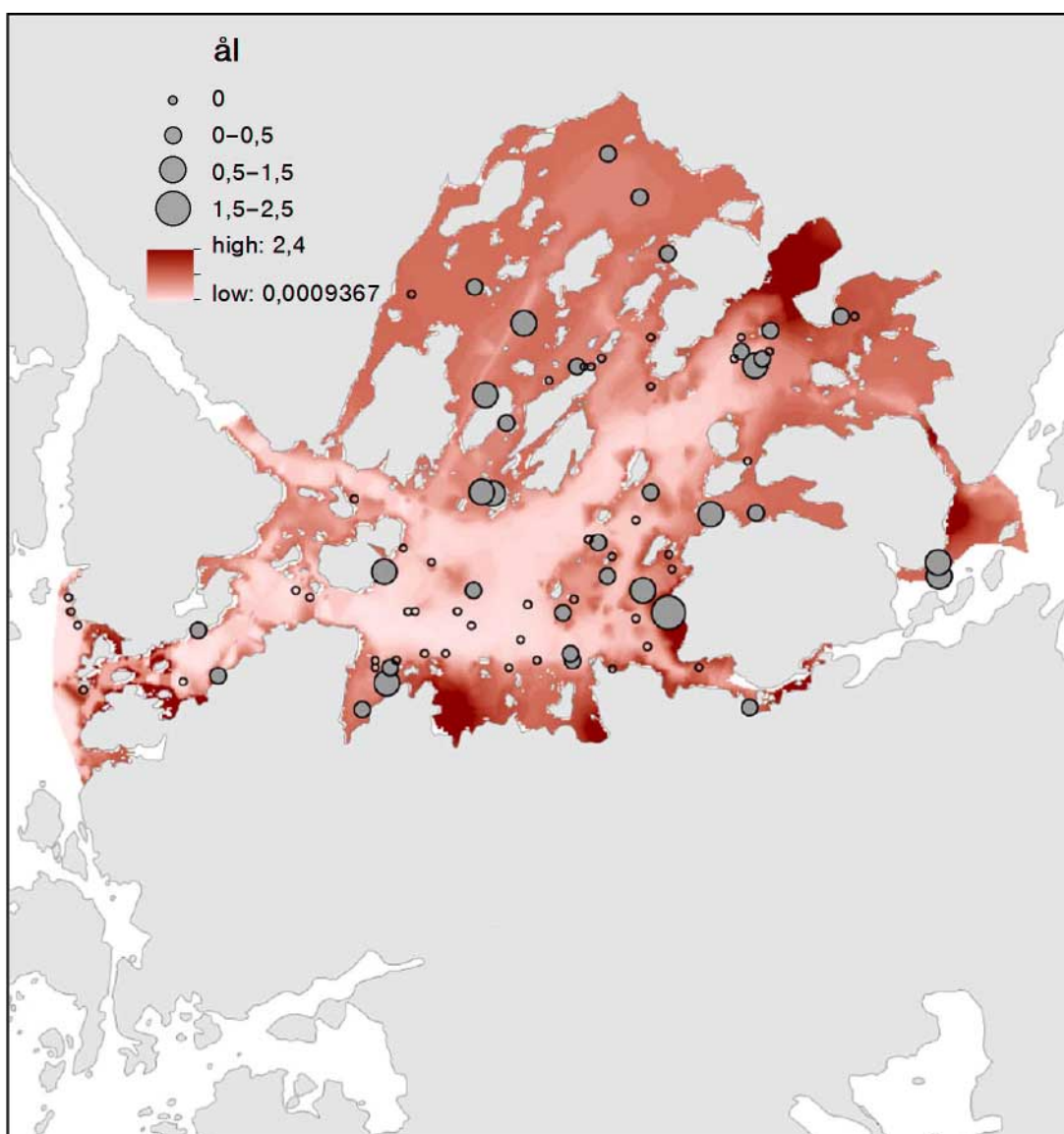
I modellen för torsk större än 18 cm föll vågexponering, bottenlutning och småbåtshamnar ut som signifikanta förklaringsvariabler. Fångsterna hade ett positivt förhållande till vågexponering och bottenlutning, det vill säga lämpliga habitat för torsk större än 18 cm är förhållandevis exponerade och innehåller strukturer i form av branter. Responsen på småbåtshamnar var negativ.



Figur 14. Fångst av torsk över 18 cm vid provfiskestationerna och kartprediktion baserad på abundansmodell.

3.5.3 Gulål

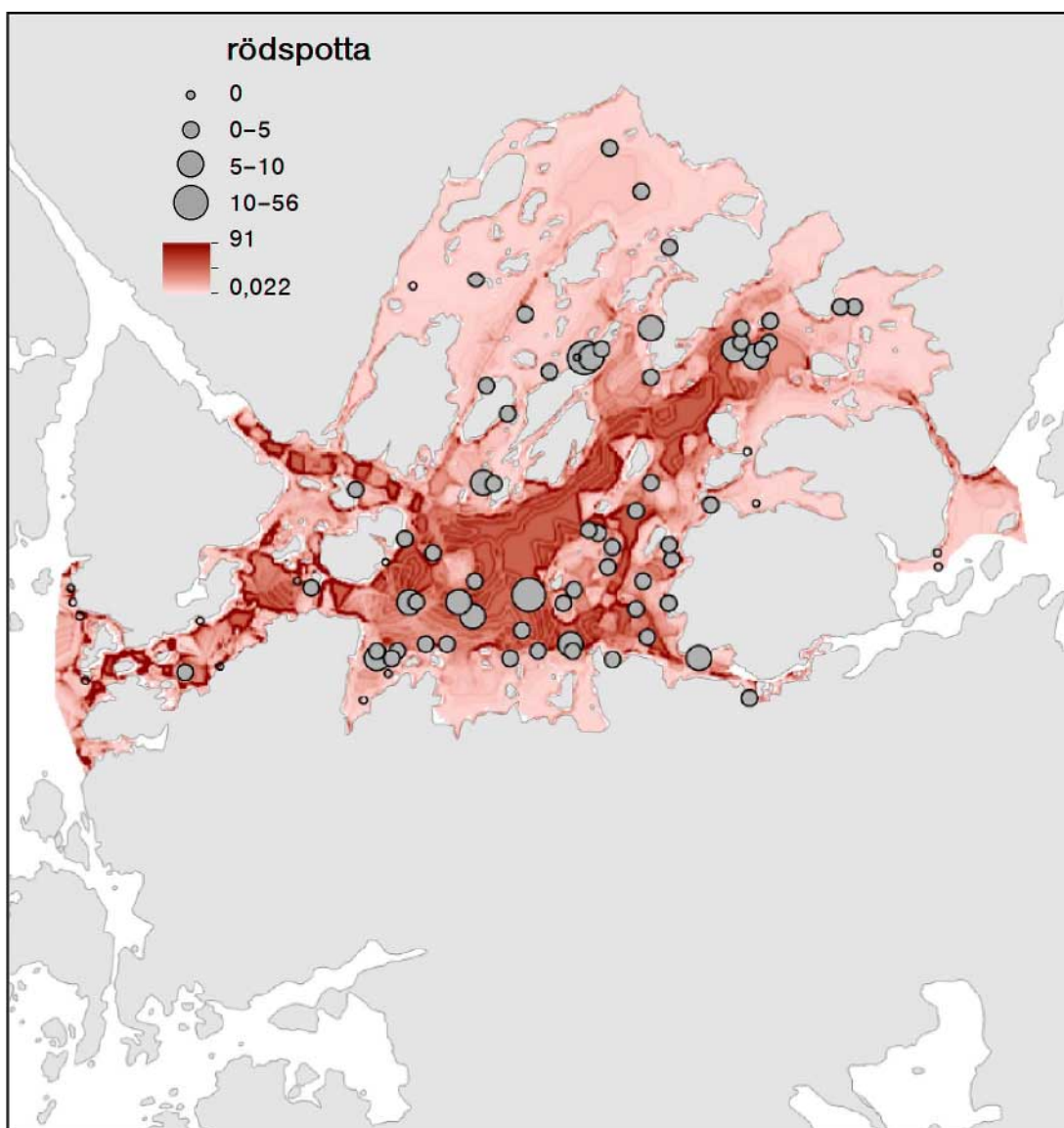
Djup och småbåtshamnar var de miljövariabler som hade en signifikant påverkan på modellen för gulål. Modellen visade att ålen föredrar de grundare områdena och har en positiv koppling till småbåtshamnar, det vill säga man kan förvänta sig att fånga mer ål i grunda habitat i närheten av hamnar.



Figur 15. Fångst av gulål vid provfiskestationerna och kartprediktion baserad på abundansmodell.

3.5.4 Rödspotta

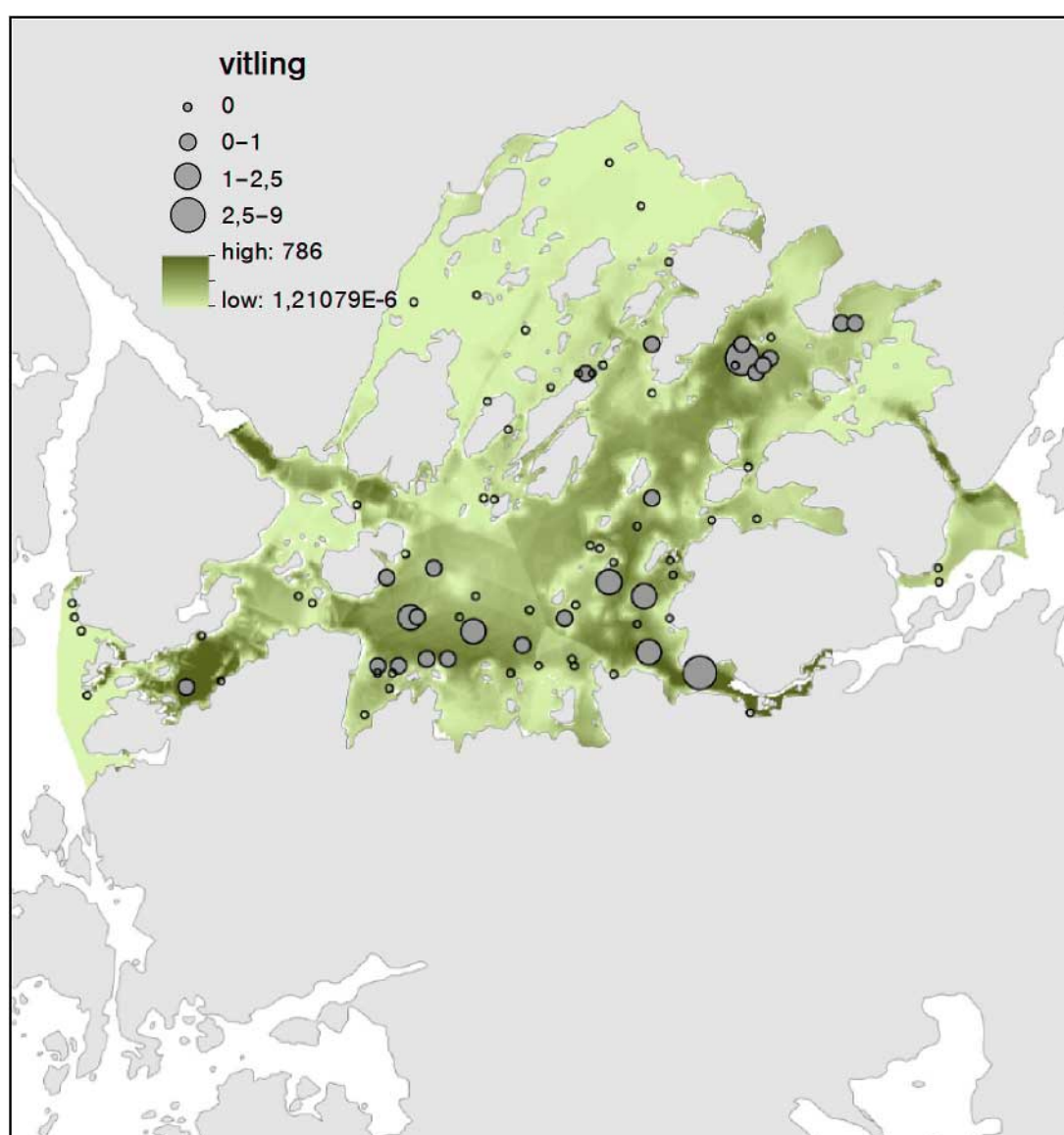
För rödspotta föll djup, bottenlutning och bottenkurvatur ut som signifikanta förklaringsvariabler. Förhållandet till lutning var negativt, medan det var positivt till bottenkurvatur. Modellen indikerar således att rödspottan föredrar komplexa bottnar med inte alltför hög lutning. Modellen indikerar även att rödspottan vid tidpunkten för provtagning föredrar lite djupare vatten, med ett optimum kring fem till femton meter.



Figur 16. Fångst av rödspätta vid provfiskestationerna och kartprediktion baserad på abundansmodell.

3.5.5 Vitling

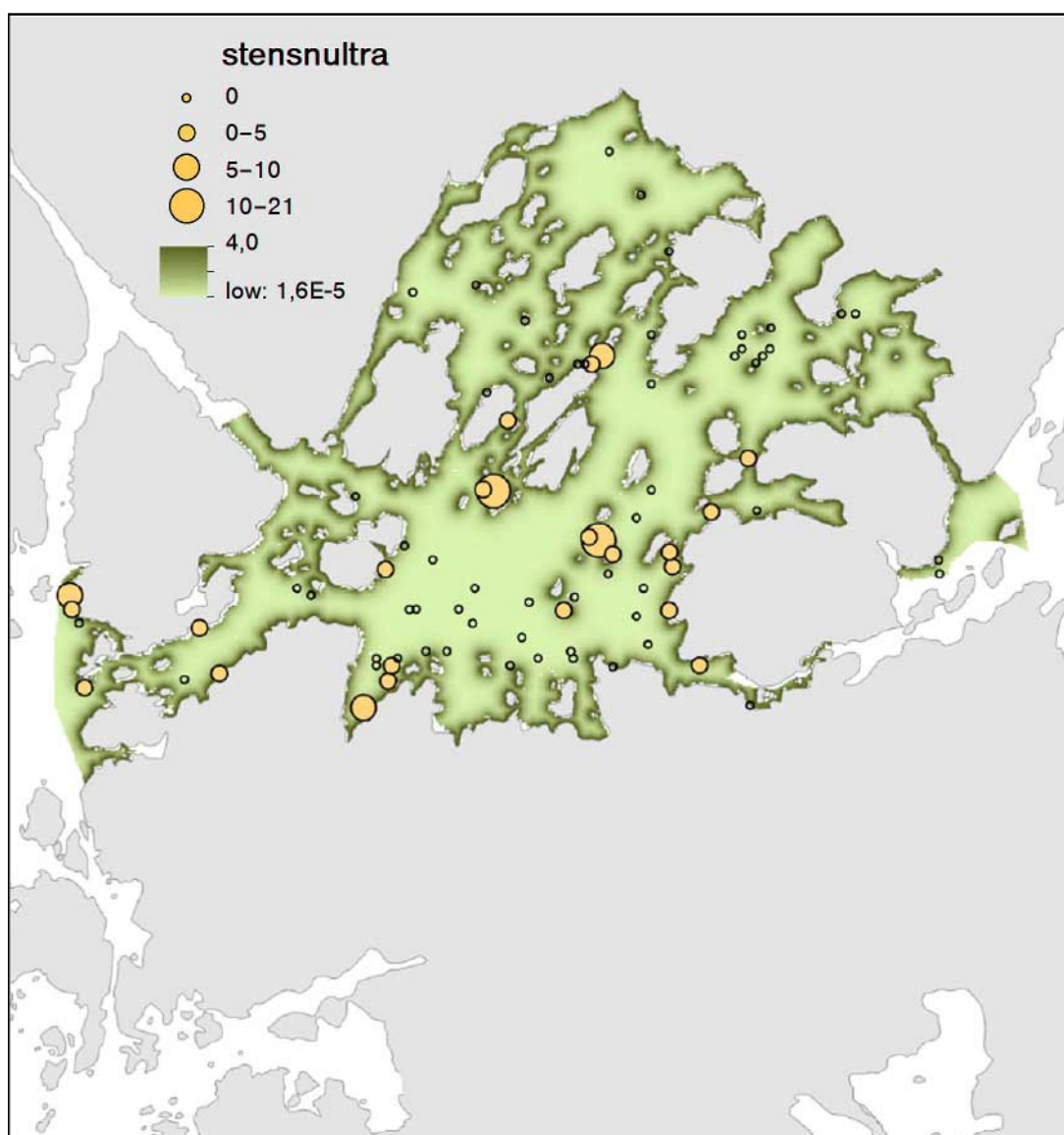
För vitling föll djup, småbåtshamnar, vågexponering och bottenkurvatur ut som signifikanta förklaringsvariabler. Förhållandet till vågexponering och bottenkurvatur var negativt, det vill säga modellen indikerar att vitling föredrar områden med låg vågpåverkan och släta bottenar. Förhållandet till djup och småbåtshamnar var positivt. Vitlingen föredrar alltså djupare områden i närheten av hamnområden.



Figur 17. Fångst av vitling vid provfiskestationerna och kartprediktion baserad på abundansmodell.

3.5.6 Stensnultra

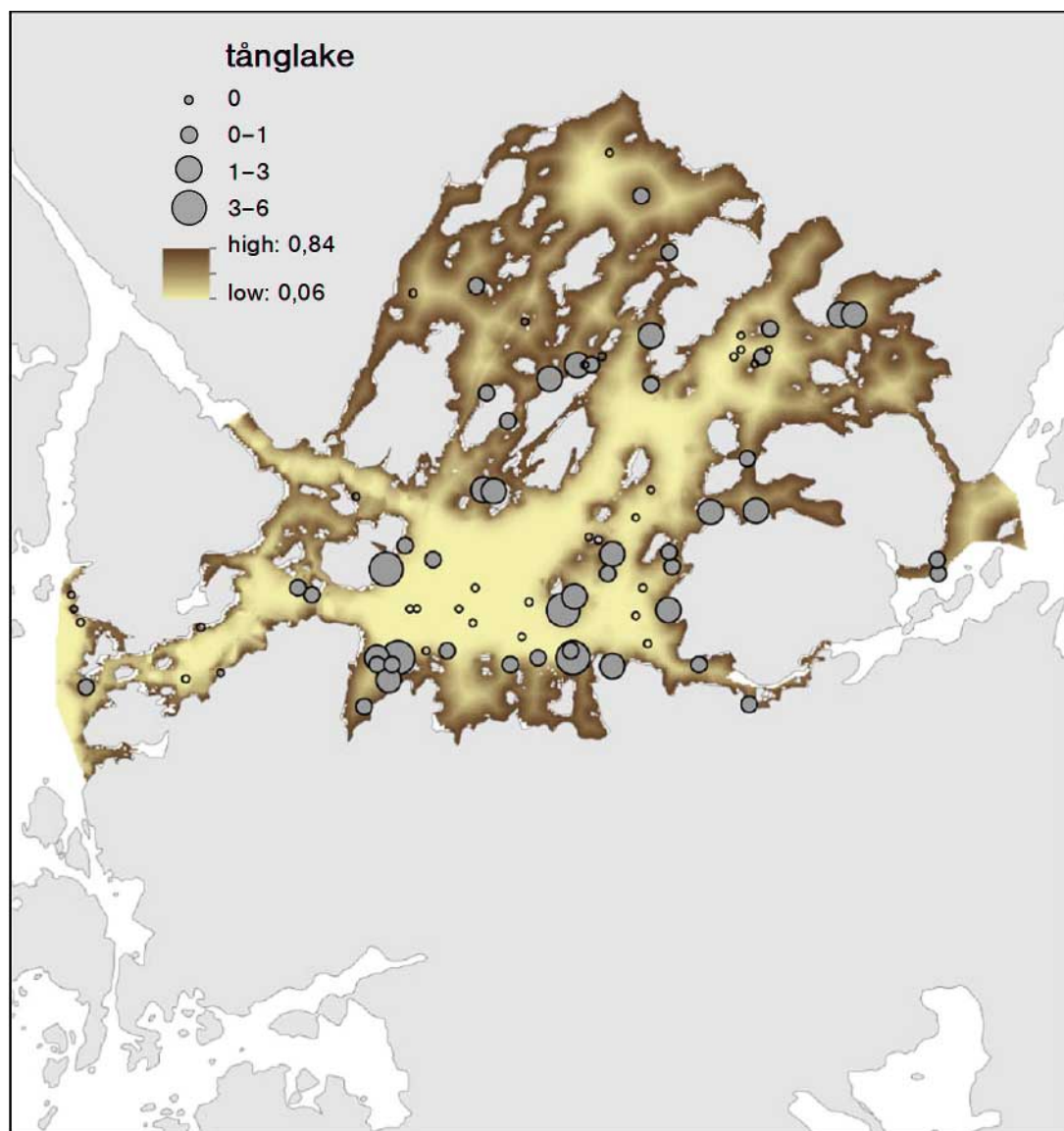
Modellen för stensnultra baseras enbart på avstånd från land och visar att tätheterna av stensnultra är högre närmare strandlinjen.



Figur 18. Fångst av stensnultra vid provfiskestationerna och kartprediktion baserad på abundansmodell.

3.5.7 Tånglake

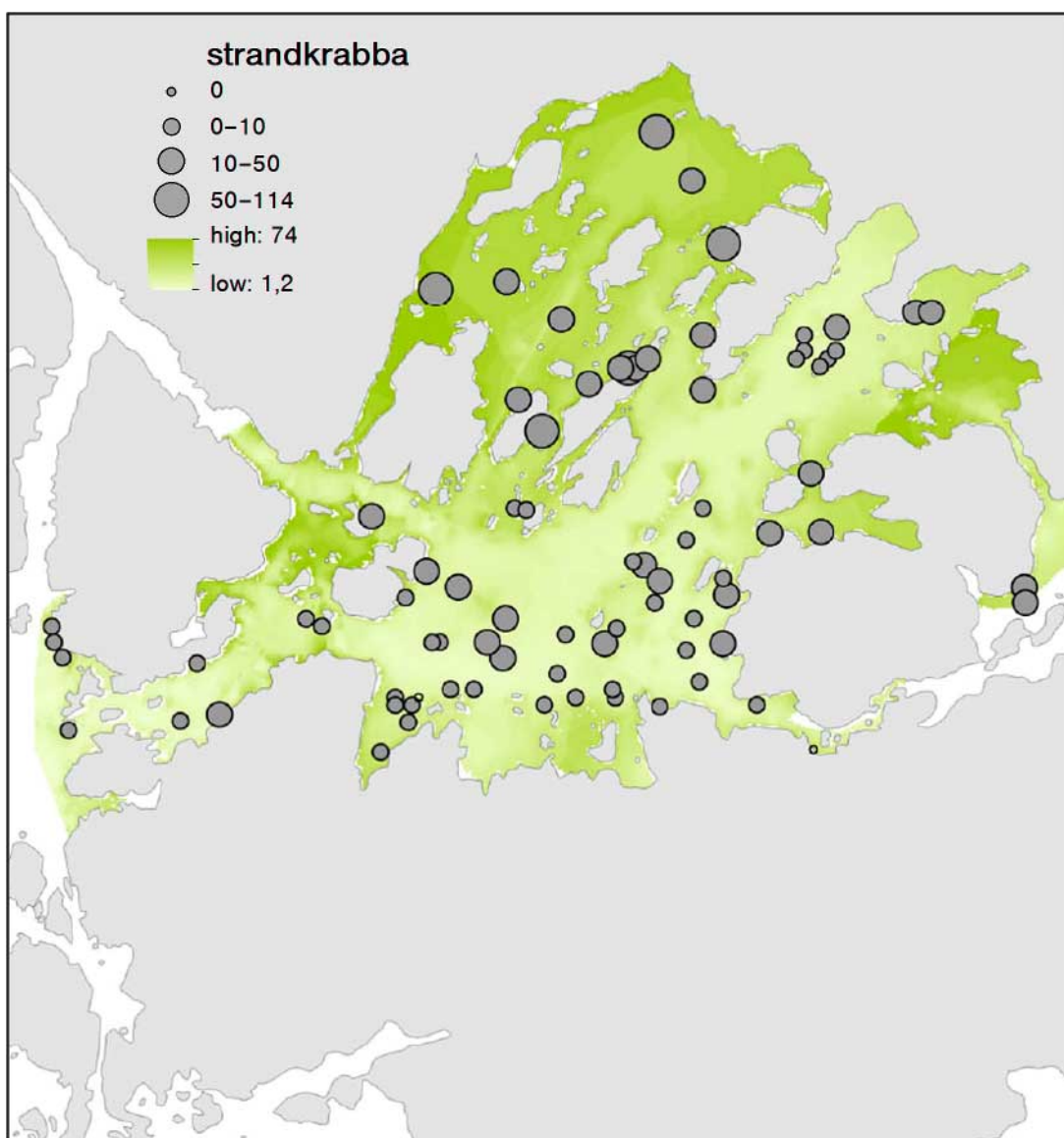
För tånglake baseras modellen på förekomst, inte abundanser, och kartprediktionen anger därför sannolikhet för förekomst. Tånglaken föredrar grunda och landnära områden.



Figur 19. Fångst av tånglake vid provfiskestationerna och kartprediktion baserad på förekomstmodell.

3.5.8 Strandkrabba

För strandkrabba var det variablerna djup, småbåtshamnar och bottenkurvatur som hade en signifikant påverkan på modellen. Förhållandet var negativt till djup och hamnpåverkan, medan det var positivt till bottenkurvatur. Strandkrabban föredrar alltså grunda områden med komplex bottenstruktur.



Figur 20. Fångst av strandkrabba vid provfiskestationerna och kartprediktion baserad på abundansmodell.

4 Diskussion

Resultat från provfisket i Stigfjorden är direkt jämförbara med motsvarande undersökningar gjorda i området vid Vinga utanför Göteborg under 2007 och i Gåsö-Kornöskärgården utanför Lysekil sommaren 2008 (Andersson & Bergström, 2008; Lingman *et al.*, 2009). Dessa två skärgårdsområden omfattade dock även lokaler som var mera exponerade mot öppna havet, vilket sannolikt förklarar att flera fiskarter observerades i de områdena än i Stigfjorden. Exempel på arter som saknades i Stigfjorden är grässnulta, berggylta, blågylta och tejstefisk, arter som är förknippade med exponerade vegetationsbälten. Skärsnulta och krabba (krabbtaska) var relativt fåtaliga i Stigfjorden. Även dessa båda arter uppvisade koncentrationer till grunda exponerade bottnar vid Vinga och Lysekil. Frånvaron av den typen av bottnar i Stigfjorden kan alltså förklara en lägre täthet av dessa arter. I övrigt överväger likheterna vad avser artsammansättning och de enskilda arternas fördelning över olika djupintervall.

Storleksfördelningen hos enskilda arter kan här bara jämföras med den som presenteras för torsk vid Vinga och Lysekil. Likheten mellan dessa undersökningar och de i Stigfjorden är mycket tydlig vad avser torsken och kan ses som en indikation på att dessa grunda kustområden är viktiga uppväxtområden för arten. Detsamma kan anföras för andra kommersiella fiskarter, som gråsej, vitling och rödspotta. Förekomsten av rödspotta i Stigfjorden var avsevärt större än i de båda andra områdena, vilket antyder att området kan vara av särskild betydelse just för denna art. Stigfjorden är känt som ett tidigare viktigt fångstområde för ålfisket vid västkusten. Ålfångsterna 2012 var jämförbara med de som rapporterats från liknade provfisket utmed västkusten under senare år (ICES, 2012), men betydligt lägre än de stora fångster som erhålls i Byfjorden och Havstensfjorden i provfiskena inom gradientstudien. Sannolikt kan de förhållandevis låga fångsterna åtminstone delvis förklaras med att fisket gjordes under fullmåne, eftersom det är känt att ålfångsterna ofta är mindre under den perioden.

Eftersom provfisket i denna studie utfördes i augusti ger resultaten en bild av fisk-samhällets sammansättning och utbredning i Stigfjorden under den varma årstiden. Även de modellerade kartorna är relevanta främst för den aktuella årstiden. Sannolikt är de grundare delarna av Stigfjorden viktigare under andra delar av året, framför allt som lek- och uppväxtområden. I jämförelse med provfisken i närliggande områden karakteriserades Stigfjorden framför allt av högre förekomst av rödspotta och gråsej. Även förekomsten av torsk, framför allt mindre torsk (<18 cm), var relativt hög jämfört med flera av de närliggande områdena. Resultaten indikerar att Stigfjorden är ett betydelsefullt rekryteringsområde för ett flertal arter. Att Stigfjorden är ett så viktigt lek- och uppväxtområde beror sannolikt på dess speciella struktur med riklig tillgång till produktiva grundområden, som är lämpliga för unga individer av t ex platt- och torskfiskar. Att rödspottan i denna studie främst fångades i lite djupare områden beror sannolikt på att när den når fångstbar storlek (ca 7–8 cm längd) har den sökt sig mot djupare vatten.

I modelleringen ingick variabeln för småbåtshamnar i flera modeller. Variabeln kan spegla både effekter av båttrafik (framför allt lokal eutrofiering) och av hamnstrukturerna i sig (strukturellt komplexa habitat). Av de arter som modellerades i denna studie fanns det både de som fick en negativ (torsk större än 18 cm och strandkrabba), respektive positiv (ål och vitling) respons gentemot hamnpåverkan. Eftersom småbåtshamnvariabeln stod för en mindre del av totala förklaringsgraden i alla modeller där den ingick ska resultaten tolkas med försiktighet. Det fanns endast ett fåtal hamnar i studieområdet, vilket gör det möjligt att sambandet som observerades var slumpmässigt. Tidigare studier i Östersjön har dock visat att hamnar och båttrafik kan ha en betydande effekt på utbredningen av både vegetation och fisk (Eriksson m fl, 2004; Sandström m fl, 2005), och i kombination med resultaten från denna studie pekar de på behovet att ytterligare undersöka hur utbredningen av arter och habitat kan påverkas av denna typ av exploatering.

Ett anmärkningsvärt resultat från studien är att förekomsten av ålgräs inte bidrar till att förklara utbredningen av de studerade arterna. En möjlig förklaring till detta är att kartorna över ålgräs är flera år gamla och dessutom utgörs av satellitbildstolkningar, vilket kan göra dem osäkra. Samtidigt har även tidigare studier (Bergström & Fredriksson, 2009; Karlsson, 2009) visat att sambandet mellan ryssjefångster av fisk och förekomst av ålgräs är svagt. Detta är förvånande, eftersom tidigare studier visat på betydelsen av ålgräs för flera av arterna som ingår i denna studie (Pihl m fl, 2006). Eventuellt kan frånvaron av en ålgräsrespons i ryssjestudierna förklaras med att fiskena utförs nattetid, vilket innebär att fisken fångats under den tid på dygnet och i de områden där den är mest aktiv i sitt födosök och att modellerna därmed visar på viktiga födosöksområden. Troligen är betydelsen av vegetation högre under dagen, när många fiskar söker skydd från predatorer i komplexa habitat (Juanes, 2007 och referenser i denna).

Sammanfattningsvis visar den här studien att Stigfjorden förefaller vara ett viktigt uppväxtområde för flera fiskarter, framför allt rödspotta, gråsej och torsk. Fjorden är relativt homogen när det gäller andra aspekter av livsmiljön än vattendjup, vilket också avspeglas i att djupet utgör den viktigaste förklaringsvariabeln i utbredningsmodellerna för många arter. Intressant att notera är att årsynglen av torsk och rödspotta båda förekommer i högst tätheter i de djupare delarna av fjorden, trots att båda arterna är kända för att föredra grunda områden i detta livsstadium. Eventuellt kan de höga vattentemperaturerna ha bidragit till detta utbredningsmönster. Sannolikt är de grundare delarna av fjorden viktiga för arterna under andra delar av året. Andra arter, som gulål, tånglake och strandkrabba, där de två förstnämnda tillsammans med torsken är rödlistade, föredrog tydligt de grunda delarna av fjorden, som sannolikt är extra känsliga för exploatering. Den rikliga förekomsten av ungfisk och av rödlistade arter indikerar sammantaget att Stigfjorden håller viktiga livsmiljöer för flera av fiskbestånden i fjordsystemet kring Orust och Tjörn.

5 Referenser

- Andersson, J. & Bergström U. (2008). Inventering av bottenfisksamhällen vid Vinga sommaren 2007. Fiskeriverket. Fiskeriverket, Kustlaboratoriet arbetsrapport, 9s.
- Bergström, U. & Fredriksson, R. (2009). Kartläggning av habitat för fisk och kräftdjur vid Vinga. Fiskeriverket, Kustlaboratoriet arbetsrapport, 22s.
- Eriksson, B. K., Sandström A., Isæus M., Schreiber H. & Karås P. (2004). Effects of boating activities on aquatic vegetation in the Stockholm archipelago, Baltic Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 61: 339–349.
- Hallberg, O., Nyberg J., Elhammer A. & Erlandsson C. (2010). Ytsubstratklassning av maringeologisk information. SGU-rapport 2010: 6. Sveriges geologiska undersökning.
- Havs- och Vattenmyndigheten. (2012). God havsmiljö 2020: Del 2. God miljöstatus och miljö kvalitetsnormer.
- ICES. (2013). Report of the 2012 Session of the Joint EIFAAC/ICES Working Group on Eels. ICES Advisory Committee. ICES CM 2012/ACOM: 18.
- Juanes, F. (2007). Role of habitat in mediating mortality during the post-settlement transition phase of temperate marine fishes. *Journal of Fish Biology* 70: 661–677.
- Karlsson, M. (2009). Fish and crustacean habitat modelling on the Swedish west coast – what factors regulate species distribution? Master's Degree Project in Marine Biology. Lund University.
- Lingman, A., Bergström U., Karlsson M. & Andersson J. (2009). Inventering av bottenfisksamhällen i Kornö–Gåsöskärgården sommaren 2008. Fiskeriverket, Kustlaboratoriet arbetsrapport, 12s.
- Länsstyrelsen i Västra Götalands län. (2012). Ålgräsutbredning (*Zostera sp.*) i Västra Götalands län sommaren 2008. Länsstyrelsen i Västra Götalands län, rapport 2012: 58.
- Naturvårdsverket. (2006). Sammanställning och analys av kustnära undervattensmiljö (SAKU). Redaktörer: andra Wennberg, Cecilia Lindblad. Stockholm, 98 s., ill. (Rapport/Naturvårdsverket, 0282–7298; 5591). ISBN 91–620–5591–7.
- OSPAR. (2010). The Oskar System of Ecological Quality Objectives for The North Sea. Update 2010. Oskar Commission.

Pihl, L., Baden S., Kautsky N., Rönnbäck P., Söderqvist T., Troell M. & Wennhage H. (2006). Shift in fish assemblage structure due to loss of seagrass *Zostera marina* habitats in Sweden. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 67: 123–132.

Pihl, L., Bergström L., Blomqvist M., Karlsson B., Rosenberg R. & Walve J. (2013). Resultat från mätkampanj 2012: Stöd för utvärdering av kvalitetsfaktorer och indikatorer i näringsgradienter i Skagerrak och Östersjön. Rapport till Naturvårdsverket/Havs- och vattenmyndigheten (in prep.).

R Development Core Team. (2011). R: a Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0.

Sandström, A., Eriksson B.K., Karås P., Isæus M. & Schreiber H. (2005). Boating and navigation activities influence the recruitment of fish in a Baltic Sea archipelago area. *Ambio* 34: 125–130.

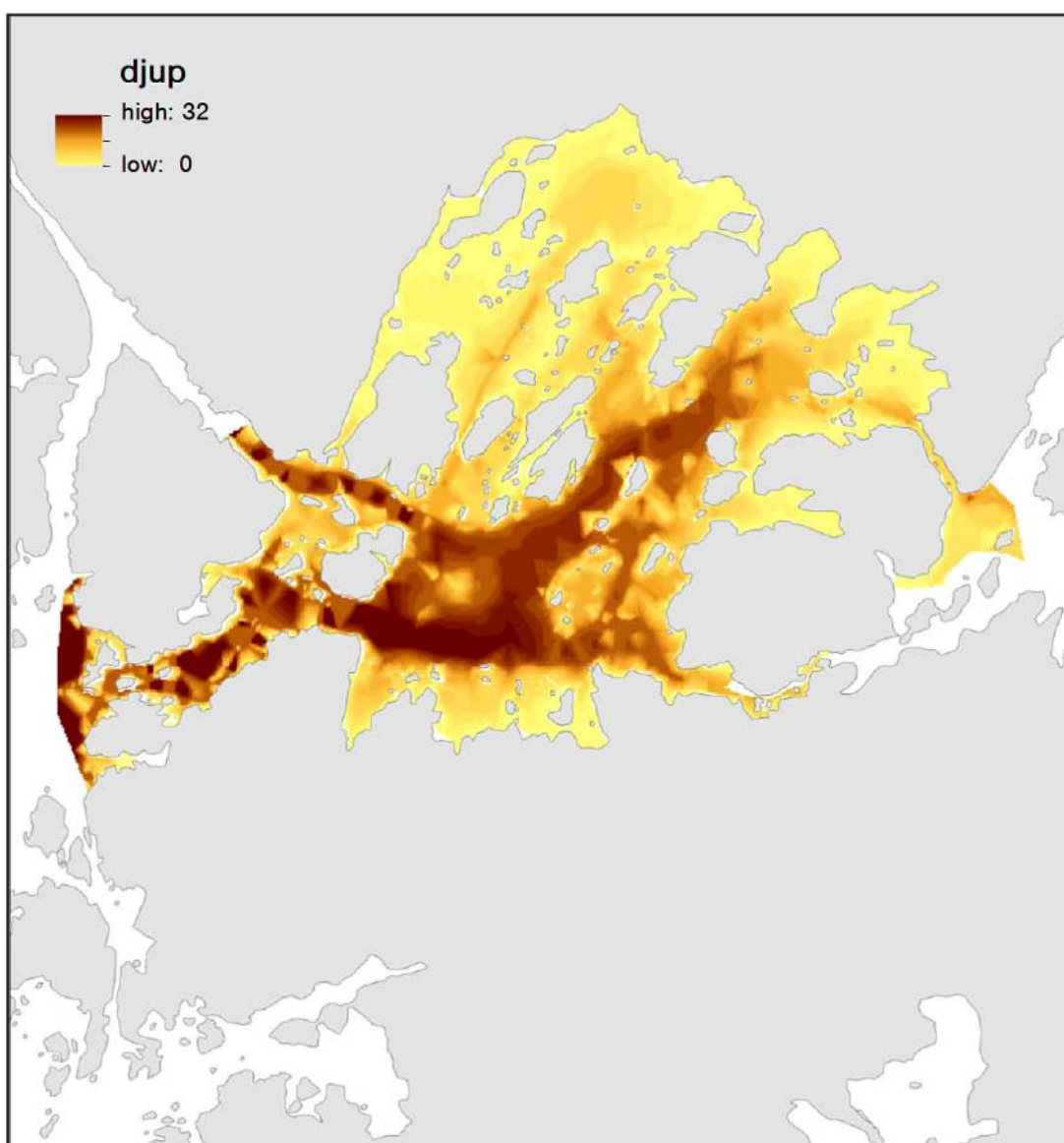
SLU Aqua. (2012) Utvärdering av potentiella indikatorer för god miljöstatus hos fisk i Västerhavet i enlighet med havsmiljöförordningen och möjligheter till samordning med förslag framtagna av OSPAR och HELCOM på basen av befintlig miljöövervakning (Wennhage, H., Bergström L., Fredriksson R. & Sundelöf A.) Uppdrag till Havs- och vattenmyndigheten 2012-09-15.

Törnqvist, O. & Engdahl A. (2010). Kartering och analys av fysiska påverkansfaktorer i marin miljö. Naturvårdsverket rapport 6376.

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

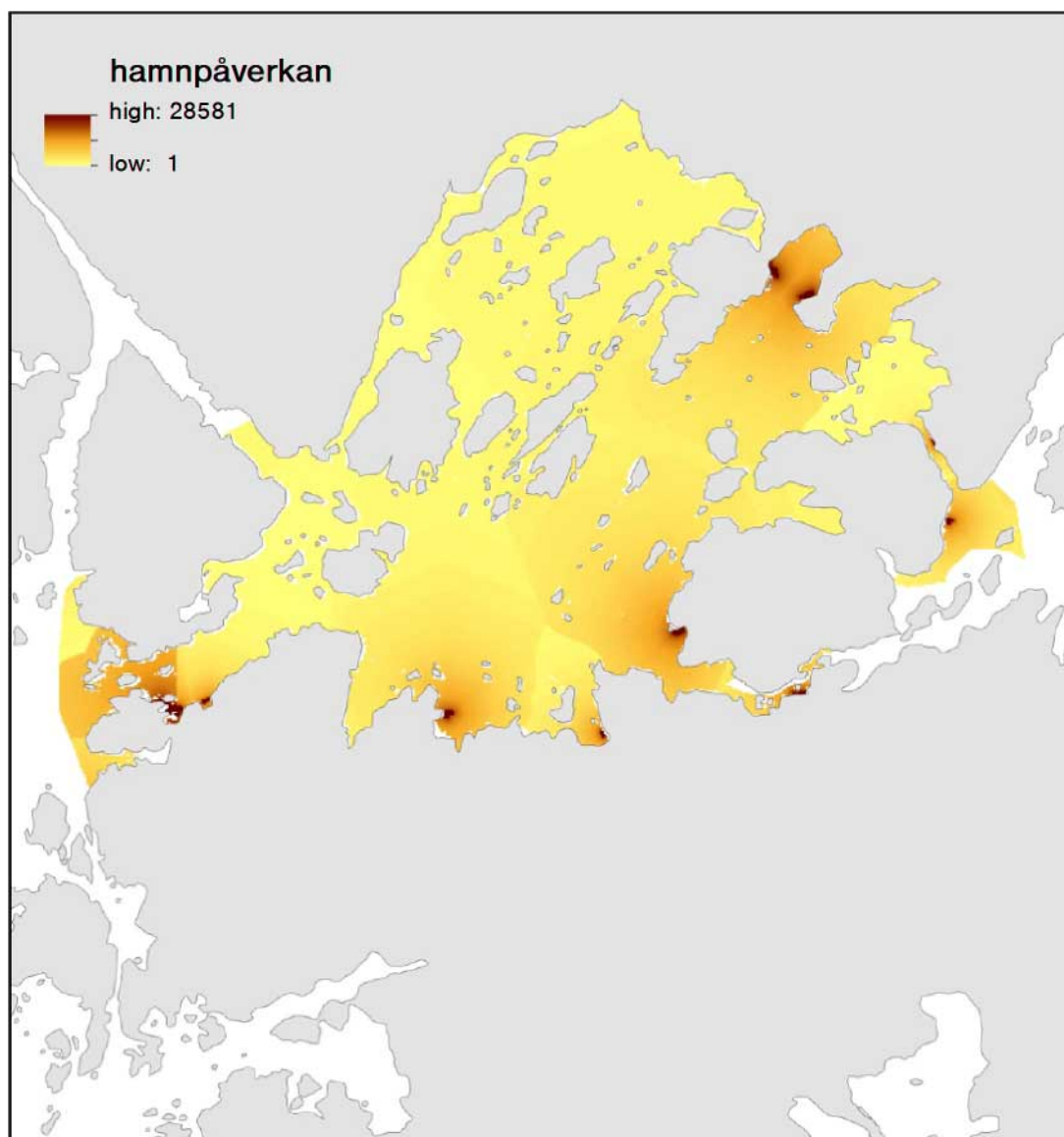
6 Bilaga 1 – Kartor över miljövariabler

Djup



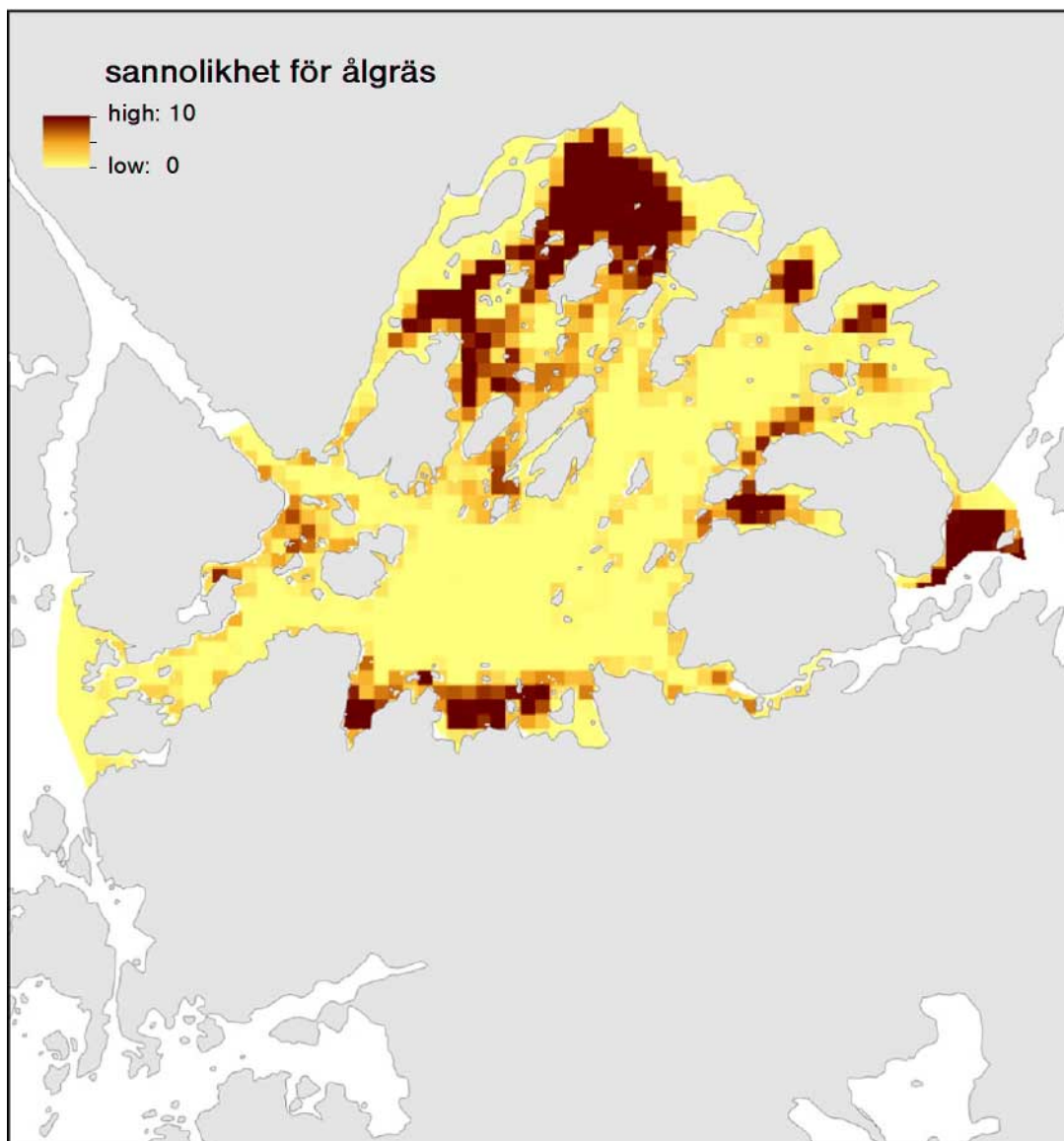
Figur B1-1. Karta över vattendjup inom studieområdet.

Småbåtshamnar



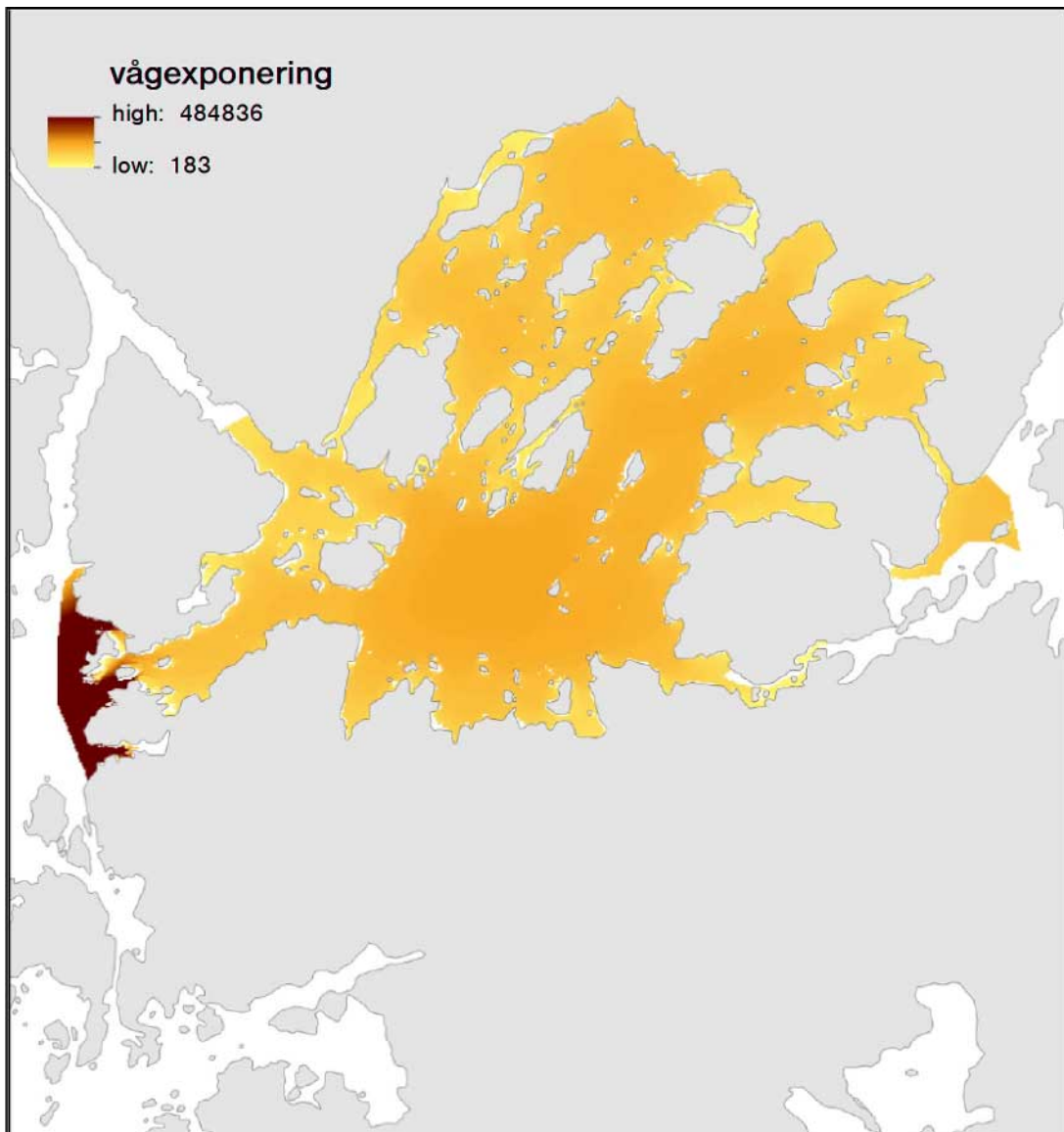
Figur B1-2. Karta över miljövariabeln småbåtshamnar. Variabeln definierades som arean för närmsta hamn dividerat med avståndet till hamnen.

Sannolikheten för ålgräs



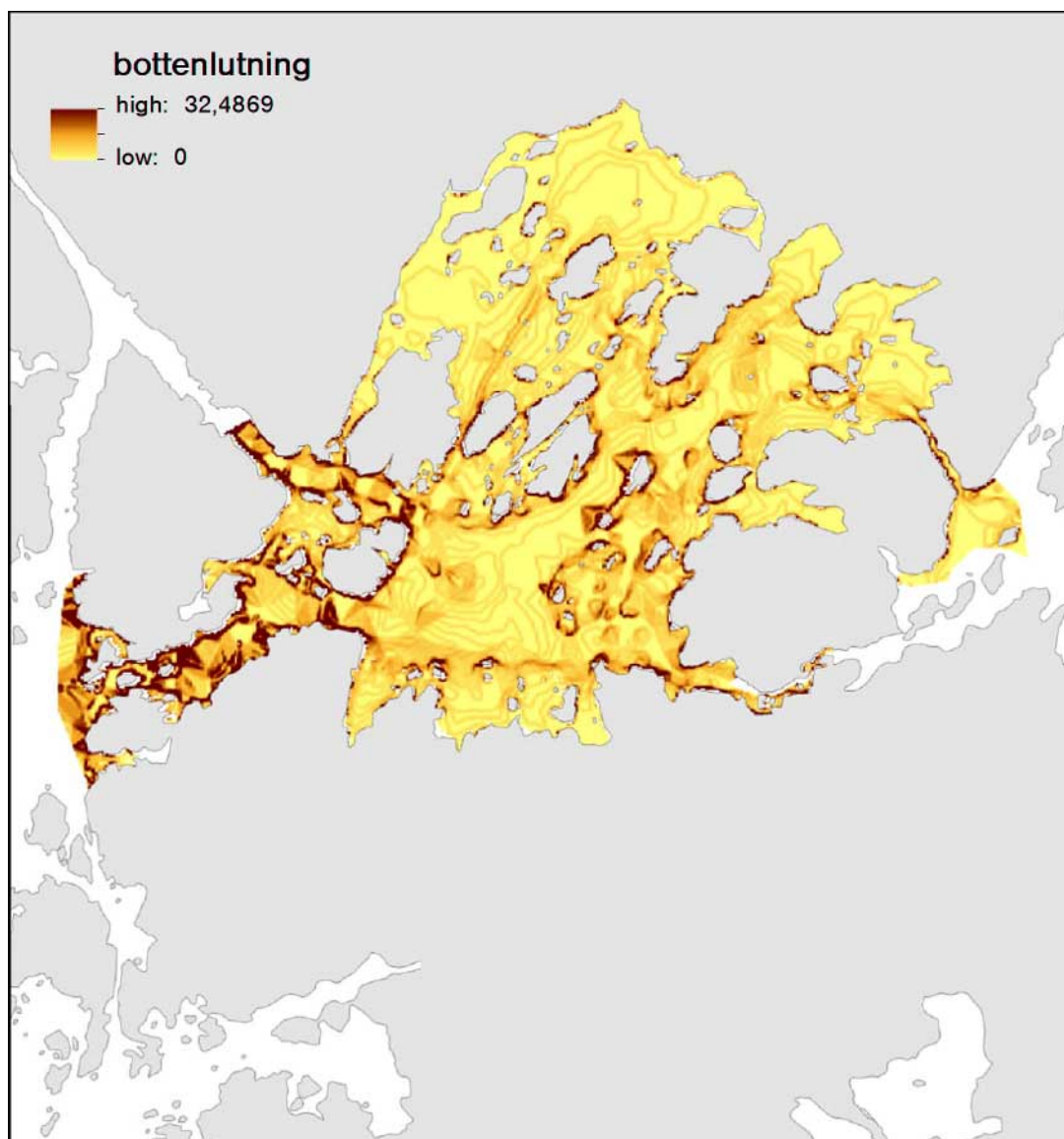
Figur B1-3. Medelsannolikheten för förekomst av ålgräs inom en radie på 100 meter inom studieområdet. Skalan utgör ett relativt mått på sannolikheten för förekomst av ålgräs där 10 utgör maximalt värde.

Vågexponering



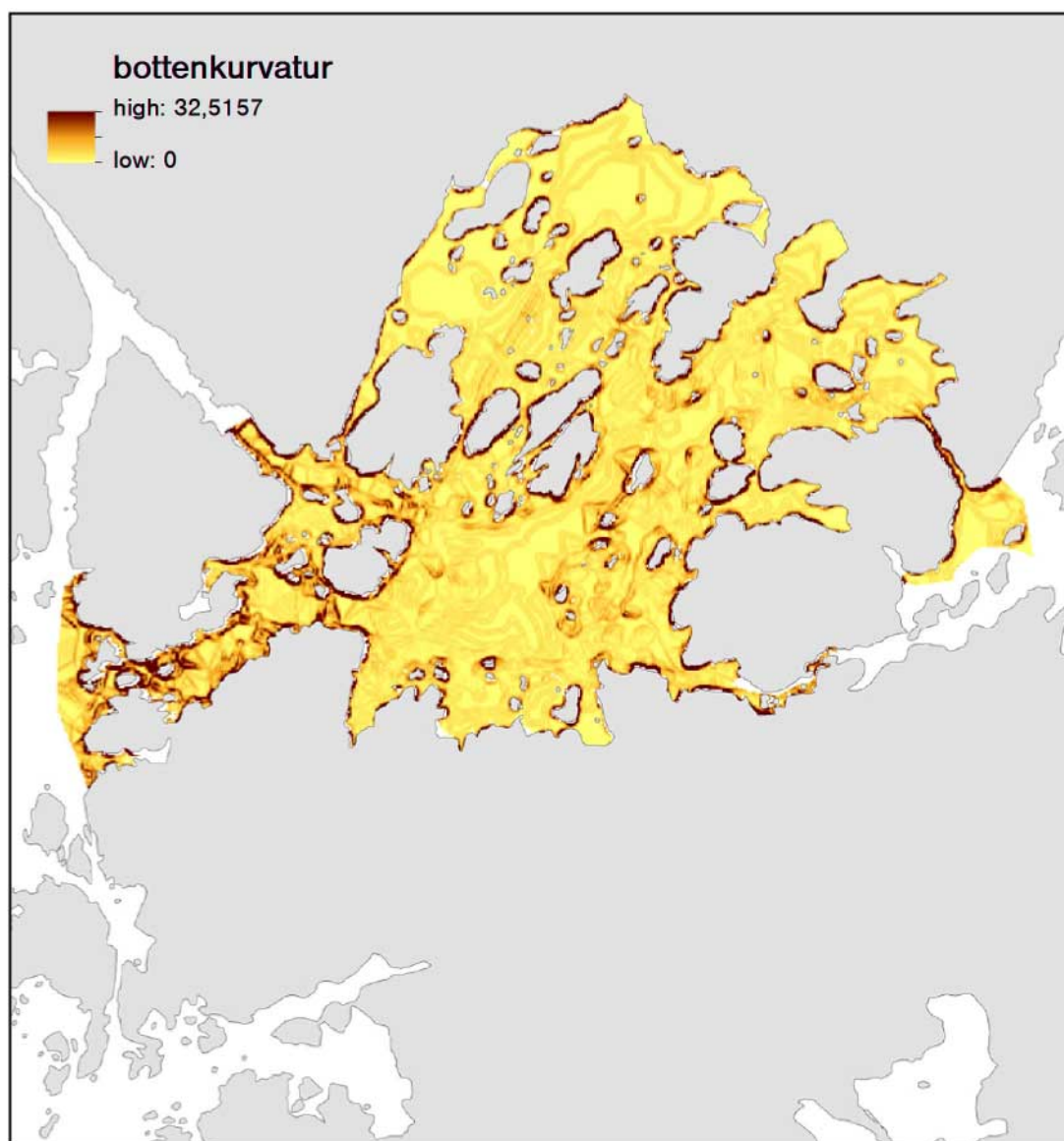
Figur B1-4. Karta över miljövariabeln vågexponering inom studieområdet.

Bottenlutning



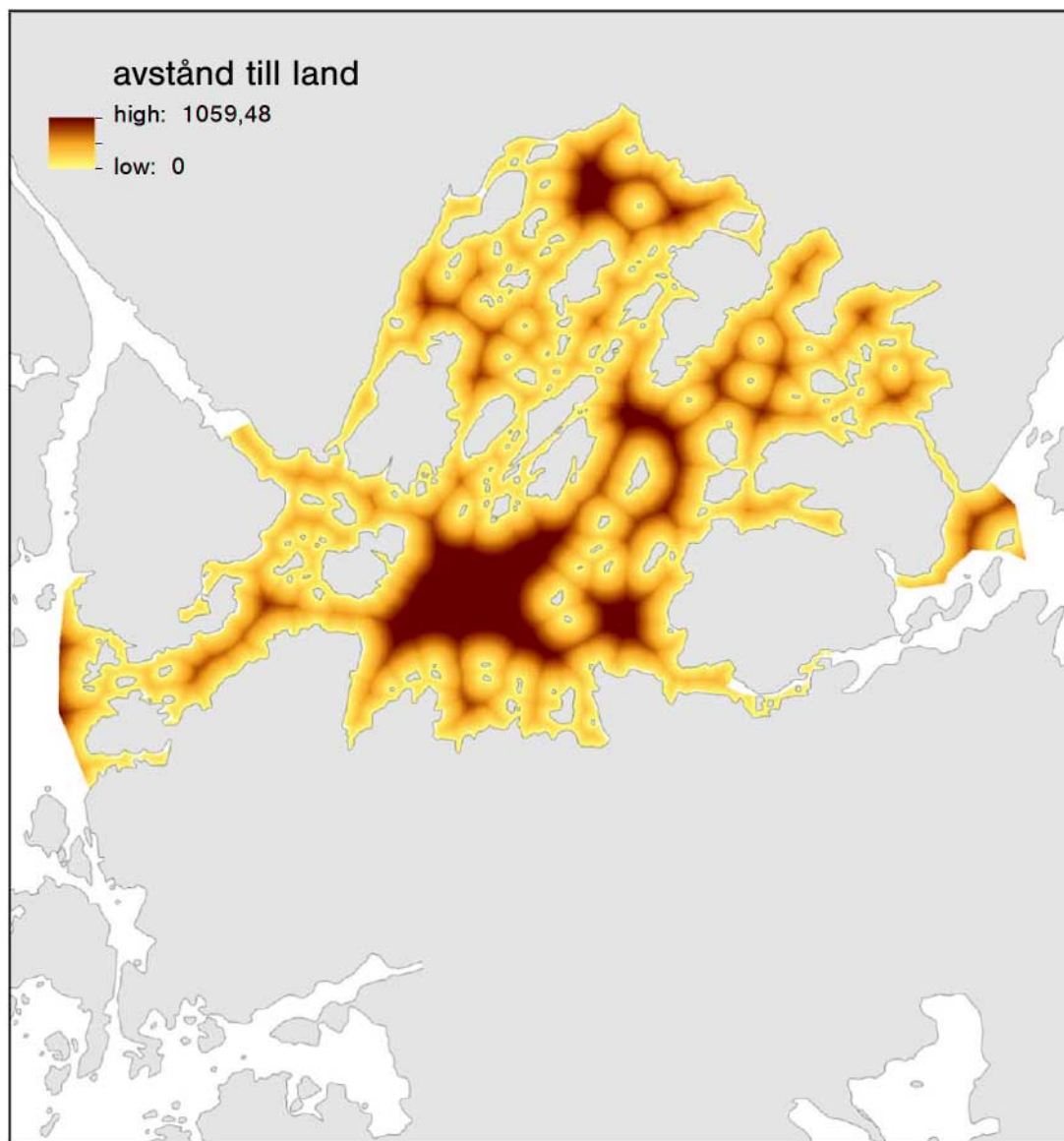
Figur B1-5. Karta över miljövariabeln bottenlutning inom studieområdet. Lutningen anges i grader.

Bottenkurvatur



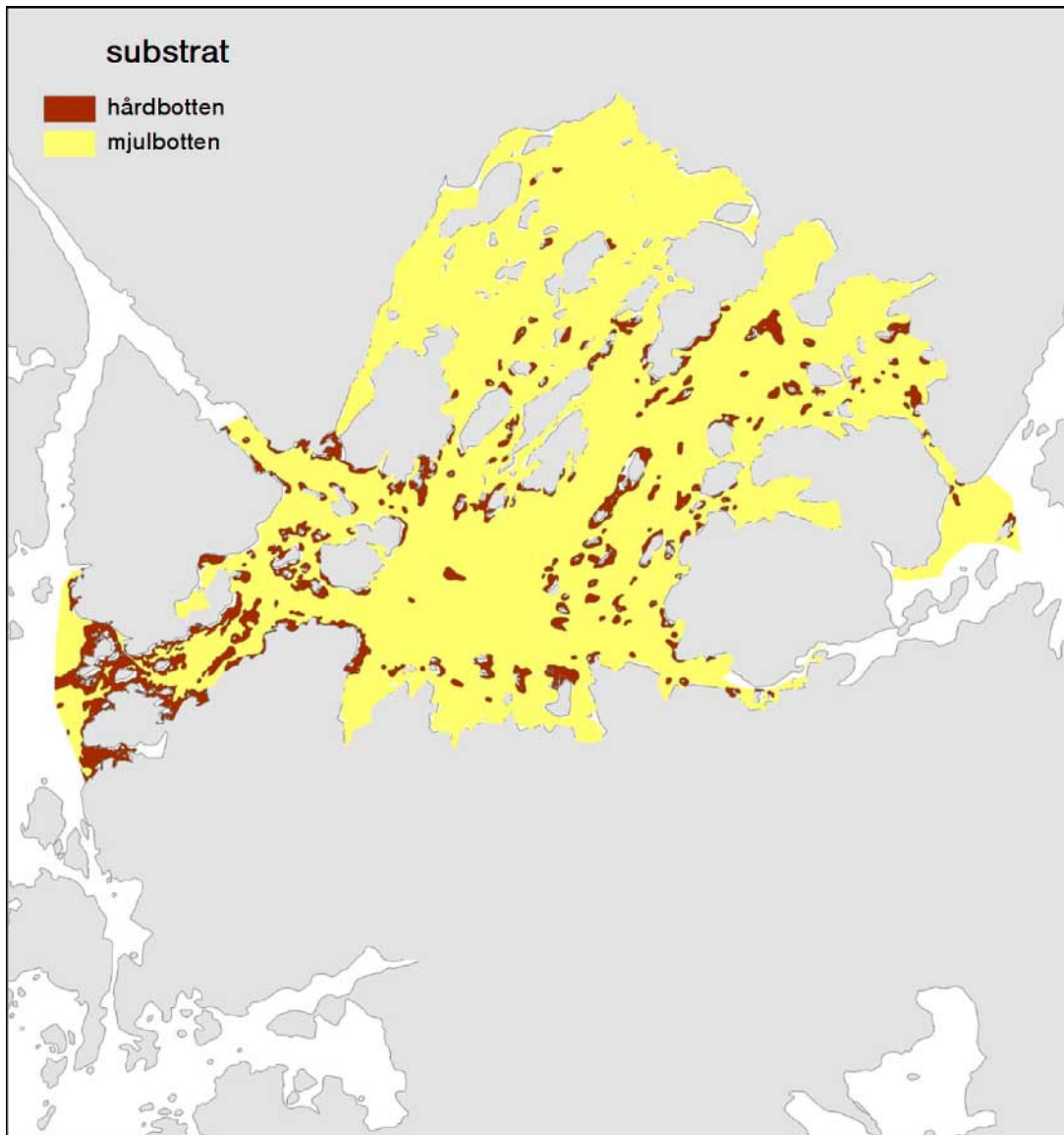
Figur B1-6. Karta över miljövariabeln bottenkurvatur inom studieområdet. Kurvaturen anger förändringen i bottenlutning och utgör ett mått på bottenstrukturens komplexitet på lokal skala.

Avstånd till land



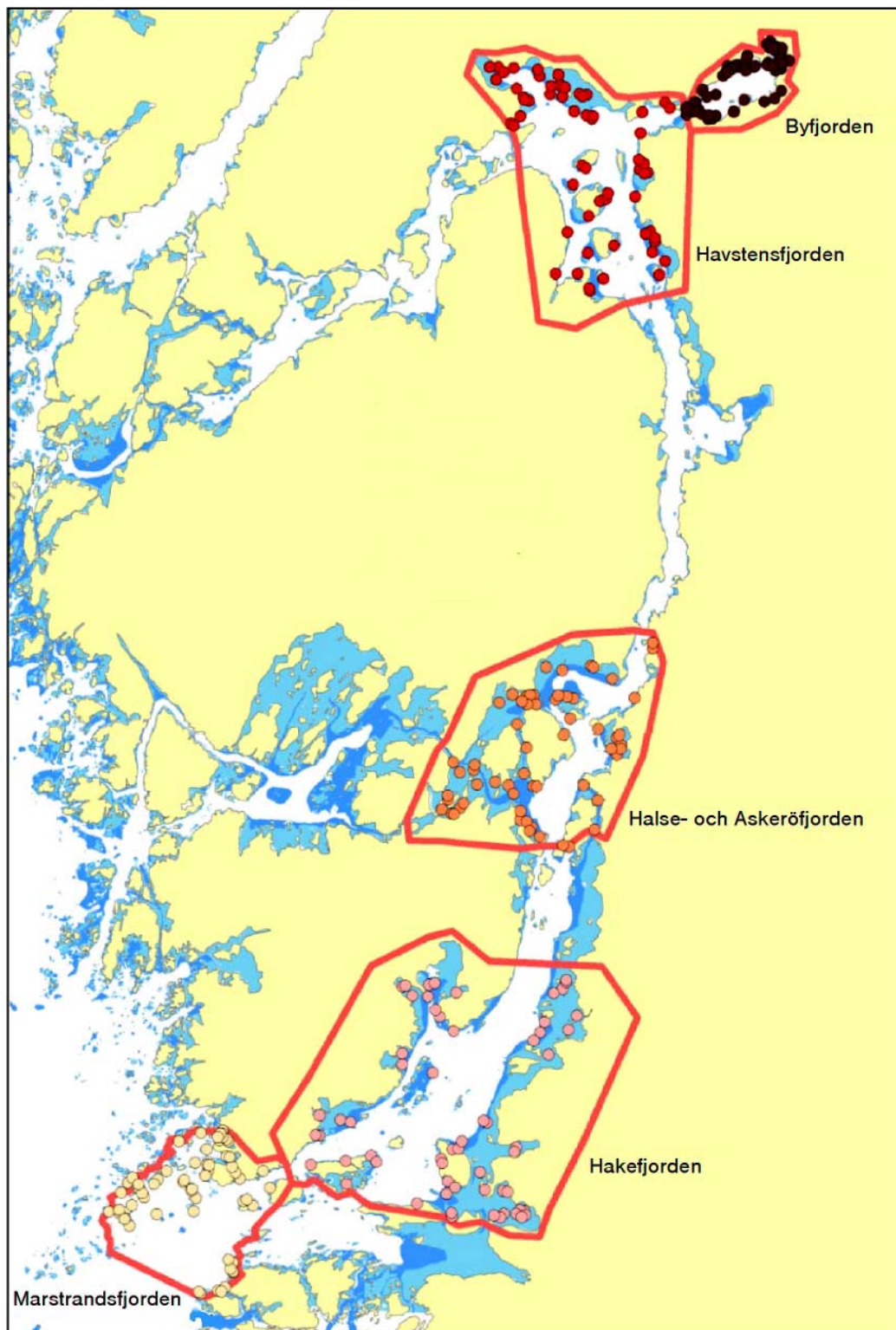
Figur B1-7. Karta över avståndet till land i meter inom studieområdet.

Substrat



Figur B1-8. Karta över fördelningen av hård- respektive mjukbotten inom studieområdet.

7 Bilaga 2 – Områden som provfiskades inom WATERS gradientstudie 2012



Figur B2-1. Områden och stationer som provfiskades inom forskningsprogrammet WATERS sommaren 2012, med samma metodik som vid inventeringen i Stigfjorden.

