

**Fødebiologi til nordlig lysprikkfisk
(*Benthosema glaciale*, Reinhardt
1837) i fire Nordatlantiske
havbassenger**



Av Synne Myhre Sunde

November, 2018

Universitetet i Bergen, Institutt for Biologi

Forord

Jeg ønsker å takke hovedveilederen min, professor Anne Gro Vea Salvanes, for all logistikk, for gode tilbakemeldinger underveis i masteren, og for oppmuntrende ord og kommentarer i sluttspurten. Takk til biveileder professor Dag L. Aksnes for alle nyttige tilbakemeldinger underveis.

En stor takk rettes til mine biveiledere på HI, Espen Strand og Cecilie T. Broms, som har hjulpet meg med modelleringer og tolkninger av PCA-plott. Takk for at dere alltid har vært tilgjengelige, for alle tilbakemeldinger og motiverende ord, og for mottakelsen jeg har fått på HI. Eva García-Seoane og Espen Bagøien fortjener også en takk, for gode innspill til figurer og analyser, og kruttsterk kaffe.

Tusen takk til Monica Martinussen, som lærte meg alt det er verdt å vite om det som ble funnet i magen på nordlig lysprikkfisk, og for opplæringen jeg fikk ved planktonlaben på HI. Takk til Frank Midtøy ved BIO, for gode råd til prøvetaking.

Til slutt vil jeg takke de fine folkene på lesesal 2F09, for å ha holdt ut med meg det siste året. Takk for all latteren, de oppmuntrende ordene, og for å si de rette tingene til rett tid.

#lektorlove

Bergen, november 2018

Synne Myhre Sunde

Sammendrag

Nordlig lysprikkfisk er den mest utbredte lysprikkfiskarten nord for 35°. De er tidligere kjent for å ha en diett bestående av kopepoder, krill og amfipoder, og ansees som opportunistiske predatorer.

Datamaterialet for studien er hentet inn fra fire forskjellige havområder i Nordatlanten, henholdsvis Norskehavet, Islandshavet, Irmingerhavet og Labradorhavet i forbindelse med EURO BASIN-prosjektet, et forskningstokt som fant sted fra 01.05.13-14.06.13. Studiens hovedmål var å dokumentere diettsammensetningen til nordlig lysprikkfisk i disse havområdene, og sammenligne dietten mellom områdene på bakgrunn av fiskens vertikale døgnvandring, tilgjengelighet av byttedyr i vannsøylen, tid på døgnet og fiskens størrelsesforskjeller. Studien baserer seg på zooplanktonprøver fra MOCNESS, hydrografiske og akustiske målinger og prøver av nordlig lysprikkfisk som ble samlet inn med makroplanktontrål og Harstadtrål gjennom hele toktet. Lengde- og vektanalyser av fisk, lever og gonade ble gjort for å undersøke fiskens fysiske fatning. Mageanalyser ble gjort for å identifisere mageinnholdet til nordlig lysprikkfisk og for å kunne sammenligne fødesammensetningen mellom havområder, fiskens lengde og tid på døgnet.

Nordlig lysprikkfisk er en visuell predator tilpasset fødesøk ved lave lysstyrker, og unngår høye lysstyrker for å unngå å bli spist. I Labradorhavet og Norskehavet gjennomgikk nordlig lysprikkfisk vertikal døgnvandring, hvor de beveget seg opp i vannsøylen med høyest zooplanktontetthet for å spise om natten, og ned igjen på dypet på dagtid. I Irmingerhavet og Islandshavet unngår nordlig lysprikkfisk de høye lysstyrkene fra 0-200 m hele døgnet, og spiser i dypet mellom hhv ca. 200-700 m og 200-500 m.

Nordlig lysprikkfisks diett bestod av mindre byttedyr som appendikularier, *Calanus finmarchicus* og *Metridia spp.* til større bytter som *Calanus hyperboreus*, *Paraeuchaeta spp.* og amfipoder. Dietsammensetningen varierte med område. De kalde vannmassene i Islandshavet hadde rike mengder *C. hyperboreus* i dypet, hvor nordlig lysprikkfisk oppholdt seg gjennom hele døgnet. I Labradorhavet ble den høyeste zooplanktontettheten registrert; her hadde nordlig lysprikkfisk positiv seleksjon for Appendikularia og *C. finmarchicus*, som befant seg med høyest tetthet på 0-50 m dyp, i et kaldt overflatelag, hele døgnet. I Irmingerhavet spiste nordlig lysprikkfisk litt av alt, men ser ut til å velge Amfipoder og større kopepoder som *C. hyperboreus* og *Paraeuchaeta spp.* over andre byttedyrsarter.

Innholdsfortegnelse

Forord	iii
Sammendrag	iv
1 Innledning	7
1.1 <i>Studieområdet</i>	10
1.2 <i>Formål</i>	12
2 Material og metode	13
2.1 <i>Studieområde</i>	13
2.2 <i>Innsamling av data</i>	13
2.2.1 <i>Hydrografi</i>	13
2.2.2 <i>Akustiske undersøkelser</i>	14
2.2.3 <i>Fisk</i>	14
2.2.4 <i>Plankton</i>	16
2.2.5 <i>Konservering og oppbevaring</i>	17
2.3 <i>Opparbeiding av prøvemateriale</i>	17
2.3.1 <i>Lengde- og vektanalyser</i>	17
2.3.2 <i>Kjønnsbestemmelse og modningsgrad</i>	19
2.4 <i>Analyser av data</i>	22
2.4.1 <i>Statistiske tester i R</i>	22
2.4.2 <i>PCA-analyse</i>	23
2.4.3 <i>RDA - direkte ordinasjonsanalyse</i>	24
3 Resultater	25
3.1 <i>Hydrografi</i>	25
3.2 <i>Vertikalfordeling av nordlig lysprikkfisk</i>	27
3.3 <i>Vertikalfordeling av zooplankton</i>	29
3.4 <i>Lengde- og vektanalyser</i>	30
3.4.1 <i>Kondisjonsfaktor</i>	31
3.5 <i>Mageanalyser</i>	32

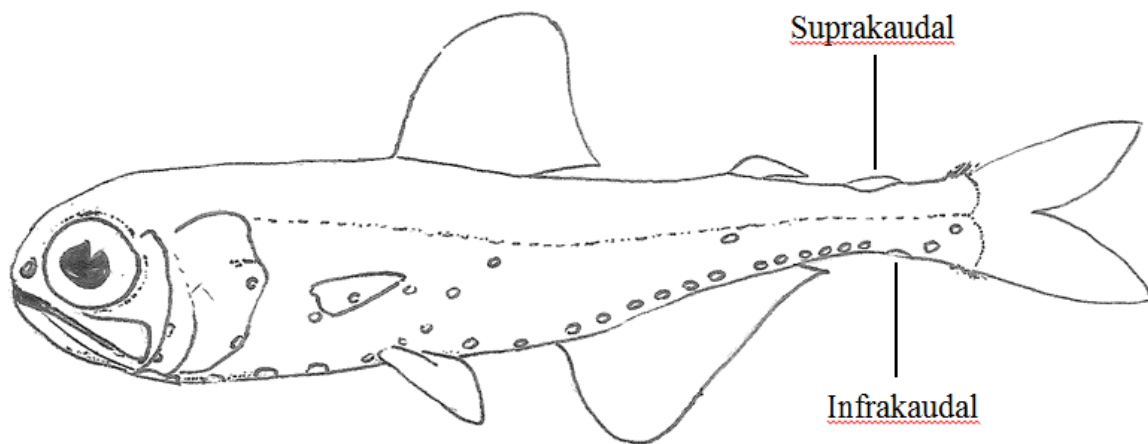
3.5.1	Total Fullnes Index (TFI)	34
3.6	<i>Diett</i>	34
3.6.1	Partial fullness index (PFI)	37
3.6.2	Byttedyrseleksjon	38
3.6.3	Ontogenetiske variasjoner i dietten til nordlig lysprikkfisk	39
3.7	<i>Sammenligning av mageinnhold - PCA</i>	42
4	Diskusjon	45
4.1	<i>Migrasjonsmønsteret til nordlig lysprikkfisk</i>	45
4.2	<i>Fødepreferanser hos nordlig lysprikkfisk</i>	47
4.3	<i>Fordelingsmønsteret til zooplankton</i>	48
4.4	<i>Ontogenetisk variasjon i diett</i>	49
4.5	<i>Fødeintensitet</i>	50
4.6	<i>Påvirkninger av fiskens fødebiologi på HSI, GSI og kondisjon</i>	50
4.7	<i>Variasjoner i fordøyelsesgrad og fyllgrad mellom områder</i>	51
4.7.1	<i>Påvirkninger på fordøyelseshastighet</i>	52
4.8	<i>Lengdefordelingen til nordlig lysprikkfisk</i>	52
4.9	<i>Mulige feilkilder og usikkerhet i resultatene</i>	53
4.10	<i>Konklusjon</i>	53
5	Litteratur	55
	Appendiks	61
A-I	<i>Morfometriske mål</i>	61
A-II	<i>Vertikalfordeling av zooplankton</i>	62
A-III	<i>Diett</i>	67
A-IV	<i>Ivlevs selektivitetsindeks</i>	69
A-V	<i>PCA-ordinasjon</i>	70
A-VI	<i>RDA-analyser</i>	73
A-VII	<i>Ekstrahering av otolitter</i>	74

1 Innledning

Havets vannmasser deles vertikalt inn i flere soner. Mesopelagisk sone utgjør vannmasser på 200 til 1000 meters dyp (Salvanes & Kristoffersen 2001), og kjennetegnes ved at lystilførselen der er for svak til at fotosyntese kan foregå, men tilstrekkelig nok til at tilpassede arter med lysfølsomme øyne kan se (Dypvik et al. 2012a). Mesopelagisk sone huser et mangfold av ulike dyregrupper som blekksprut, maneter og fisk. Mesopelagisk fisk er blant de med høyest tetthet av marine organismer (Van Noord 2013; García-Seoane et al. 2014). De er små på størrelse, og opptrer vanligvis på dyp mellom 100 til 1000 meter (Catul et al. 2011). Mange mesopelagiske fisk foretar en vertikal vandring gjennom døgnet, hvor de migrerer oppover i vannmassene om natten til epipelagisk sone (< 200 m), for deretter å migrere flere hundre meter nedover i vannsøylen om dagen (Salvanes & Kristoffersen 2001).

Den vanligste familien av mesopelagisk fisk er lysprikkfiskfamilien (Myctophidae). Vi finner arter innenfor denne familien i alle verdenshav (Gjøsæter 1973a) utenom Arktis (Catul et al. 2011). Lysprikkfiskene er som regel små, har ofte store øyne i forhold til hode, og har luminescerende fotoforer i gitte mønstre på kroppen. Mange av artene er godt tilpasset vannmasser med lav oksygenkonsentrasjon (Catul et al. 2011). Lysprikkfiskfamilien består av rundt 250 arter i 33 slekter (Catul et al. 2011). Arter innenfor lysprikkfiskfamilien er planktivore (Salvanes & Kristoffersen 2001), og har en diett bestående blant annet av zooplankton (Dalpadado & Gjøsæter 1988). Mesopelagiske fisk innenfor familien Myctophidae utgjør et viktig bindeledd mellom zooplankton og kommersielt viktige fiskearter, ved at den selv spiser zooplankton og gjennom selv å bli spist av piscivore fisk (Dypvik et al. 2012a). De spiller derfor en viktig rolle i energidynamikken i havet, ved å utgjøre bindeleddet mellom primærforbrukere som zooplankton, og kommersielt målrettede tertiærforbrukere som tunfisk, men også hvaler, delfiner, sjøfugl og marine pattedyr (Catul et al. 2011). På grunn av deres daglige vertikale vandringer, samt utskillelse av raskt synkende avføring (Moku & Kawaguchi 2008), utgjør de en viktig transportvei for eksport av organisk karbon mellom epipelagiske vannmasser og dypere vannmasser. Det er derfor viktig å dokumentere fôringsvaner og trofiske posisjoner til disse skapningene, for å få en bedre forståelse av det pelagiske økosystemets funksjon (Cherel et al. 2010).

Nordlig lysprikkfisk (*Benthosema glaciale*, Reinhardt 1837) er den vanligste arten Myctophidae i Atlanterhavet nord for 35°N (Gjørseter 1973b, a). Den har en dokumentert utbredelse fra Davisstredet til Kapp Hatteras i vest, og fra Svalbard til Kapp Verde i øst (Gjørseter 1973a). Den er også dokumentert i Middelhavet (Scott & Leim 1966; García-Seoane, 2013). Arten opptrer med høyest tetthet i temperaturer på 4-16 °C, men den er også registrert ved temperaturer over 18 °C og ned til 0 °C (Scott & Scott 1988; García-Seoane et al. 2013). Kjønnbestemmelse kan gjøres på basis av bestemte lysorganers plassering ved haleroten (Fig 1-1). De fleste hanner har en større fotofor plassert suprakaudalt; hunner har en til to sammenvokste infrakaudale fotoforer som er noe mindre enn den man finner hos hannen (Gjørseter, 1981). Utenom dette er det ingen morfologiske forskjeller mellom kjønnene (Halliday 1970).



Figur 1-1 Suprakaudal fotofor er plassert dorsalt mellom sporden og fettfinnen, og finnes kun hos hanner. Den noe mindre infrakaudale fotoforen som en finner hos hunner, sitter ventralt for sporden (III.: forfatteren).

Nordlig lysprikkfisk er en porsjonsgyter (García-Seoane et al. 2014), og er kjønnsmoden når individene er 2-3 år gamle (Halliday 1970). Gytetiden varierer mellom ulike havområder. Langs vestkysten av Norge gyter nordlig lysprikkfisk på sommeren (Gjørseter, 1978; Gjørseter & Kawaguchi 1980), i løpet av juni og juli (Gjørseter 1981). I vestlige deler av Nord-atlanteren (ca. 40-50°N) gyter fiskene tidlig om våren (februar-april) (Halliday 1970; Gjørseter & Kawaguchi 1980). Gytingen skjer i samme område som fisken oppholder seg resten av året (Suneetha & Salvanes 2001). Lengden på voksne individer varierer også ut i fra område. Nordvest i Atlanterhavet er voksen fisk dokumentert til å ha en lengde på 4-6 centimeter, mens populasjoner i de nordlige vannmassene generelt er større (Halliday 1970). Vekstrate og maksimumstørrelsen på nordlig lysprikkfisk ser også ut til å avhenge av lokasjon; fisker i norske fjorder har en dokumentert høyere vekstrate og lavere asymptotisk

lengde enn fisk i Norskehavet, hvor vekstraten er lavere, men maksimal lengden større, noe kan relateres til områdets temperatur (Kristoffersen & Salvanes 2009).

I likhet med andre mikronekton er nordlig lysprikkfisk en relativt liten art med et høyt lipidinnhold. Det drives ikke noe kommersielt fiske på nordlig lysprikkfisk per i dag, men arten har tidlige blitt benyttet i begrensede mengder for produksjon av fiskeolje, surfôr og innen akvakultur (Salvanes & Kristoffersen 2004). Det foregår riktignok kommersielt fiske på arter i familien Myctophidae langs Sør Afrika, i sub-antarktiske regioner og i Omanbukta ved Dubai (García-Seoane, 2013).

Nordlig lysprikkfisk driver passivt med tidevannsstrømmer. Det er fra tidligere studier vist at fisken gjennomfører vertikal døgnavandring, og at den forflytter seg med rykkvise stopp-vent-bevegelser (Kaatvedt et al. 2009). Denne typen adferd er tidligere omtalt av O'Brien et al. (1990) som «saltatory search» i forbindelse med spising, som kan oversettes til en rykkvis søkestrategi. Eldre individer befinner seg dypere i vannsøylen enn yngre fisk på dagen (Halliday 1970). Nordlig lysprikkfisk antas å være en visuell predator (Bagøien et al. 2001). Larvene konsumerer mest byttedyr på dagtid, med en diett bestående hovedsakelig av små kopepoder og nauplier (Dypvik 2010). Etter hvert som larvene utvikler seg, endres også preferansen mot større byttedyr (Sabates et al. 2003; Dypvik et al. 2010).

Tidligere studier i nordatlantiske farvann har funnet at kopepoder spiller en viktig rolle i nordlig lysprikkfisks diett (García-Seoane 2013, Dypvik et al. 2012, Sameoto 1988, 1989, Pepin 2013, Gjøsæter 1973a). I norske fjorder har blant annet Balino & Aksnes (1993) dokumentert en diett bestående av Calanoide kopepoder (bl.a. *Calanus* spp.), samt krill (Euphausiacea) muslingkreps (Ostracoda), og mindre amfipoder (Amphipoda) (Gjøsæter 1973b). Studier fra vestlige deler av Nordatlanteren har lignende funn, i tillegg til funn av pilorm (Chaetognatha) og appendikularier (Appendicularia, Sameoto 1988, 1989).

Nordlig lysprikkfisk er føde for en rekke piscivore fisk, som sei (*Pollachius virens*) (Suneetha & Salvanes 2001), makrell (*Scomber scombrus*) (Walker & Nicholas 1993; Suneetha & Salvanes 2001), og kolmule (*Micromesistius poutassou*) (Giske et al. 1990) Noen marine pattedyr og sjøfugl har også nordlig lysprikkfisk som en del av sin diett (Catul et al. 2011). Det er også i tidligere studier funnet lysprikkfisk i magen på grønlandskveite (*Reinhardtius hippoglossoides*) (Bowering & Lilly 1992).

1.1 Studieområdet

Dataene benyttet i denne oppgaven er hentet inn i fire forskjellige havbassenger i Nordatlanteren. Norskehavet deles inn i to større bassenger med dybder på over 3000 meter (Blindheim 2004) og grenser til Grønlandshavet og Barentshavet i nord, Shetland og Færøyene i sør og den norske kontinentalsokkelen i øst.

Islandshavet er avgrenset av fire rygger; Island-Grønlandsryggen i sør, den submarine midthavsryggen mellom Grønland og Jan Mayen i nord, og Jan Mayen-ryggen i vest (Stefansson 1962; Gislason & Silva 2012). De dype delene av Islandshavet utenfor kontinentalsokkelen er mellom 1000 og 2000 meter dypt. Den kalde Østgrønlandsstrømmen (East Greenland Current, EGC) bringer kaldt vann med lav salinitet sørover fra Arktis og ned i dypet i Islandshavet. Den nordgående Nord-Atlantiske havstrømmen (North Atlantic Current, NAC), forsyner de øvre vannmassene i Islandshavet og hele Norskehavet med vann med høy temperatur og salinitet (Blindheim 2004). NAC strømmer inn i Islandshavet via Danmarkstredet, som en sidegren av Irmingerstrømmen (Irminger Current, IC). Disse vannmassene kommer også fra Norskehavet i nordøst. De forskjellige vannmassene blandes i Islandshavet, og sammensetningen av varme og kalde vannmasser varierer med område og årstid (Gislason & Silva 2012).

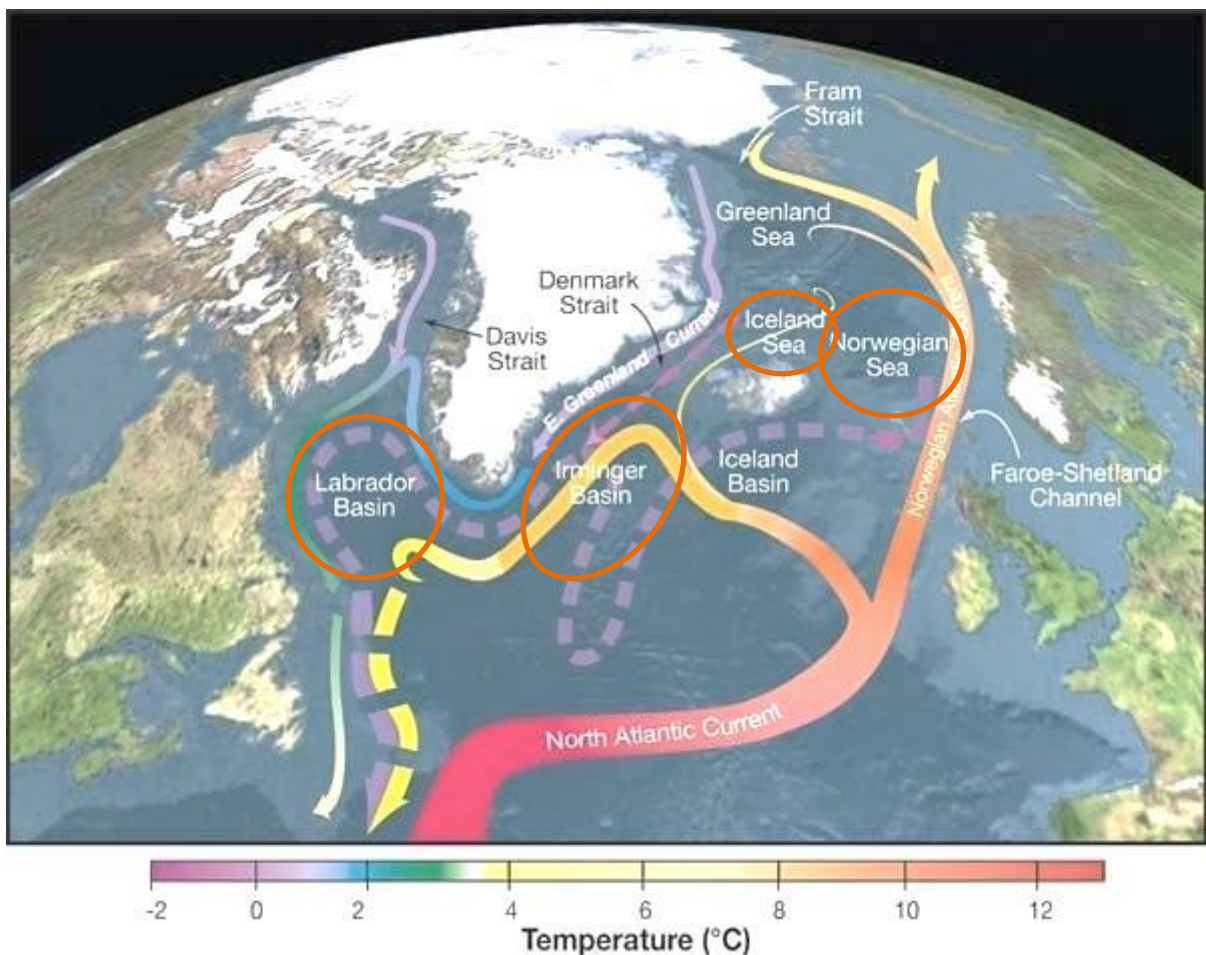
Via Danmarkstredet nordvest for Island, bindes Islandshavet sammen med Irmingerhavet, havområdet sørvest av Island, mot Grønlands sørlige østkyst. Irmingerhavet er 3000 meter dypt og strekker seg helt sør til Kapp farvel, hvor det grenser til Labradorhavet. EGC påvirker Islandshavet langs Grønlands kontinentalsokkel i vest, mens IC forgrener seg fra NAC i øst, og tilfører havområdet med vannmasser med høyere temperaturer og salinitet.

Labradorhavet grenser mot øst av Grønland, mot nord av Davisstredet og Baffinbukta, og mot vest av Canadas østkyst. Labradorhavet får tilført varmt, temperert vann fra sør via en annen forgrening av NAC. Den sørgående Labradorstrømmen (Labrador Current, LC) transporterer kalde vannmasser med lav salinitet fra sub-polare områder. Denne havstrømmen forgrener seg først ved Grønlandshavet, og deretter nord for Island, hvor den strømmer inn i Islandshavet, sørlige deler av Norskehavet og videre via Danmarkstredet og gjennom Irmingerhavet, før den til slutt ender opp i Labradorhavet. EGC går sørover langs sokkelen vest av Irmingerhavet, dreier nordover ved Kapp Farvel og inn i nordlige deler av Labradorhavet.

Akustiske ekkolag (deep scattering layer, DSL) er funnet å være allestedsværende i åpne havområder over hele verden (Aksnes et al. 2017). Artssammensetningen varierer med

geografiske områder, og fysiske gradienter som temperatur. Islandshavet representerer et møte mellom arktiske og atlantiske arter (Gislason & Silva 2012). I Islandshavet dominerer hovedsakelig kopepoder som *Calanus hyperboreus*, amfipoden *Themisto abyssorum* og krill (*Thysanoessa inermis*). *C. hyperboreus* og *C. glacialis* knyttes til områder med kaldt vann og lavere salinitet, mens *Calanus finmarchicus* og *Pseudocalanus spp.* er mer varmekjære (Gislason & Silva 2012).

Kopepodene *Calanus finmarchicus*, *Paraeuchaeta norvegica*, *Scolecitrella minor* og reker (Sergestidae) dominerer zooplanktonbestanden vannmasser påvirket av NAC og dens sidegrener, mens kopepodene *Calanus hyperboreus*, *C. glacialis* *Metridia longa* og *Pseudocalanus* assosieres med Arktiske farvann og kan knyttes til vannsøyler påvirket av EGC og LC (Konstantinov et al. 1985; Anderson 1990; Head et al. 2003; García-Seoane 2013).



Figur 1-2 Havområdene (oransje ring) og dominerende havstrømmer i studieområdet. Den nordatlantiske havstrømmen (NAC) tilfører havbassengene med vannmasser med høy temperatur og salinitet. Den kalde Østgrønlandsstrømmen (EGC) tilfører områdene med kaldt vann med lav salinitet. Opphavsrett: R. Curry, Woods Hole Oceanographic Institution/Science/USGCRP

1.2 Formål

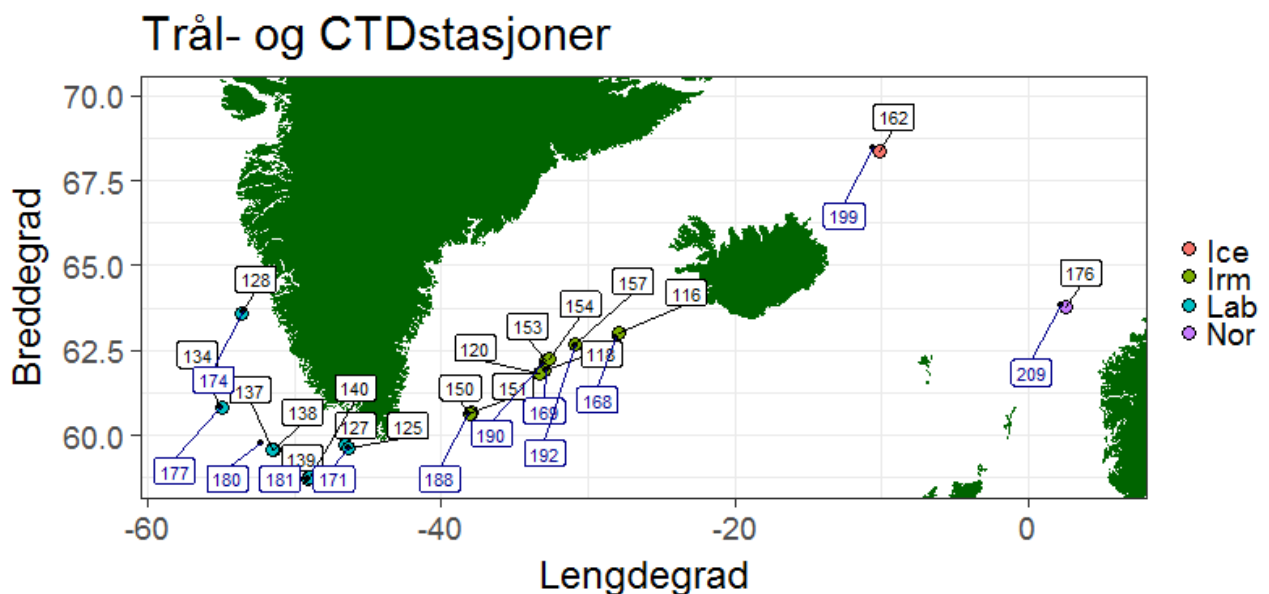
Selv om dietten til nordlig lysprikkfisk har blitt undersøkt en flere ganger før i flere områder i Nordatlanteren, er det ikke tidligere publisert arbeid hvor man har sammenlignet diett hos nordlig lysprikkfisk i fire Nordatlantiske havområder, og hvor alt materialet er samlet inn i løpet av kort tid. Det vites dessuten generelt lite om nordlig lysprikkfisks diettpreferanser og predasjonsmønster i Islandshavet og Irmingerhavet.

Hovedmålet med dette studiet vil være å undersøke dietten til nordlig lysprikkfisk i Norskehavet, Islandshavet, Irmingerhavet og Labradorhavet, og sammenligne dietten mellom områdene i lys av miljøvariabler i vannsøylen, tilgjengeligheten av bytter, nordlig lysprikkfisks migrasjonsatferd og nordlig lysprikkfisks størrelse i forhold til byttet.

2 Material og metode

2.1 Studieområde

Innsamling av data ble utført fra 01. mai til 14. juni 2013 med forskningsfartøyet «R/V GO Sars». Dataene er innsamlet i forbindelse med EURO BASIN-prosjektet, et forskningstokt der materiale ble innsamlet i fire havområder mellom Bergen og Nuuk på Grønland (Figur 2-1). På dette toktet ble det foretatt innsamlinger i fire store havbasseng i Nord-Atlanteren, henholdsvis Norskehavet ($63^{\circ}84\text{N}$, $2^{\circ}24\text{E}$), Islandshavet ($68^{\circ}56\text{N}$, $-10^{\circ}54\text{E}$), Irmingerhavet ($62^{\circ}04\text{N}$, $-32^{\circ}64\text{E}$) og Labradorhavet ($60^{\circ}52\text{N}$, $-51^{\circ}26\text{E}$).



Figur 2-1 Oversikt over studieområdet, samt datainnsamling av prøvemateriale, representert som trålstasjoner (i svart) og deres tilhørende CTD-stasjoner (i blått). Trålstasjon i lilla representerer Norskehavet, rødt representerer Islandshavet, grønt Irmingerhavet og blått Labradorhavet.

2.2 Innsamling av data

2.2.1 Hydrografi

Fysiske og kjemiske vannmålinger ble foretatt ved hjelp av en CTD (Conductivity, Temperature, Depth; Falmouth Scientific Inc.). Instrumentet foretar målinger av elektrisk ledningsevne, som videre omregnes til saltholdighet, samt temperatur og dyp. Saltholdighet oppgis i practical salinity unit, forkortet PSU, og angis i milligram salt per kilo løsning. Temperatur måles i grader celsius ($^{\circ}\text{C}$). Målinger av temperatur og saltholdighet ble foretatt kontinuerlig nedover i dypet. Målingene ble gjort på til sammen 35 stasjoner, hvor 12 CTD-stasjoner er inkludert i mine undersøkelser (Figur 2-1). Senere ble målinger ved 5, 20, 50, 100, 200, 500 og 1000 meter nedover i vannsøylen eller til ca. maksimum dybde i hvert av

havbassengene, tatt ut av databasen for videre modellering. I oppgaven er kun CTD-stasjonene som ligger geografisk og tidsmessig nærmest trålstasjonene, benyttet.

2.2.2 Akustiske undersøkelser

Akustiske data blir brukt i denne oppgaven til å identifisere ekkolagene med nordlig lysprikkfisk for alle prøvetakingene. Akustiske data ble loggført gjennom hele surveyet ved hjelp av et SIMRAD EK60 Splittstråle ekkolodd med frekvenser fra 18-400 kHz, og ble i etterkant analysert ved bruk av Large Scale Survey System, LSSS (Korneliussen et al. 2006). Terskling ble satt til -90 dB ved 38 kHz. Akustiske målinger ble brukt for å få fram dybdefordelingen av ekkolagene gjennom døgnet i hvert av havområdene. Dagslys i Norskehavet regnes å være mellom kl. 04:00-23:00 UTC, I Islandshavet lyst bortimot hele døgnet, i Irmingerhavet er det dagslys mellom 03:20-23:30, og Labradorhavet 03:30-23:20. Tidsrommene uten dagslys defineres i dette studiet som natt.

2.2.3 Fisk

Ved innsamling av nordlig lysprikkfisk ble det benyttet en makroplanktontrål uten blåse, med 6x6 m trållåpning og 3x3 mm maskevidde fra trållåpning til oppsamlingsposen (Hassel 2006). Makroplanktontrålen har en totallengde på ca 45 meter, og en sveipelengde på 70 meter. Trålen ble senket jevnt fra overflaten til ønsket dyp og opp igjen (V-hal) mens båten beveget seg framover med en hastighet på 2-3 knop (Mjanger et al., 2017). Makroplanktontrålen ble også brukt til å identifisere hva de akustiske ekkolagene inneholdt, ved at den ble trålt horisontalt fra dypeste til grunneste fiskedyp. Til dette formålet ble det også benyttet en 16x16 favners Harstadtrål med påkoblet Multisampler (Mjanger et al. 2017). Oppsamlingsposen bestod av en 30 m lang, 8 mm tobispose med vernenett utenpå. Multisamplerens fem poser kunne åpnes og lukkes ved tråling, og ble kontrollert ved hjelp av akustiske signaler som ble sendt mellom fartøy og redskap. Hver av trålingene ble gjennomført på rundt en time. Siden Multisampleren ble brukt til V-hal, er prøver fra kun én av oppsamlingsnettene benyttet. Totalt ble det gjennomført 71 vellykkede trålinger, hvorav materiale fra 19 er benyttet i denne oppgaven; 3 foretatt av Harstadtrål, 16 av makroplanktontrål. For Norskehavet og Islandshavet stammer prøvene fra kun én enkelt trål. Fra Labradorhavet og Irmingerhavet er prøvematerialet fra henholdsvis 9 og 8 trålhal (Tabell 2-1).

Tabell 2-1 Oversikt over trålstasjoner (Stasjon) benyttet ved innsamling av nordlig lysprikkfisk, samt dato og tid på døgnet (UTC) trålingen fant sted. Fiskedyp (m) viser til maks- og minimums tråldybde, trål er hvilken type trål som er benyttet og hvordan trålingen er gjort (hal). CTD viser til nærmeste representative CTD-stasjon for hver av de ulike trålingene, samt maksimum dybde for CTD-målinger. Ekkolag referer til viser til et tråltrekk som er gjort skrått fra maks- til minimums fiskedybde, Skråhal viser til trålingen som er gjort fra 1000 meters dyp og til overflaten.

Stasjon	Dato	Start-/stopptid	Posisjon	Fiskedyp (m)	Trål	Hal	Område	CTD	CTD maks (m)
176	12.06.13	15:12-15:43	63.79°N, 2.59°E	430-NA	Makropl	NA	Nor	209	1002
162	08.06.13	04:35-05:05	68.37°N, -10.17°E	380-340	Makropl	Ekkolag	Isl	199	2055
118	16.05.13	16:32-17:31	61.91°N, -32.93°E	500-490	Harstad	Ekkolag	Irm	169	2743
120	16.05.13	20:32-21:31	61.84°N, -33.28°E	1000-0	Makropl	V-hal	Irm	169	2743
122	17.05.13	19:05-20:08	60,86°N, -36,81°E	520-510	Harstad	Ekkolag	Irm	170	1000
116	15.05.13	13:25-14:26	63.01°N, -27.91°E	460	Harstad	Ekkolag	Irm	168	1002
151	02.06.13	03:52-05:01	60.68°N, -37.90°E	270-258	Makropl	Ekkolag	Irm	188	2857
153	03.06.13	09:45-11:04	62.18°N, -32.82°E	1002-0	Makropl	V-hal	Irm	190	201
154	03.06.13	11:48-12:27	62.25°N, -32.66°E	NA	Makropl	NA	Irm	190	201
150	02.06.13	03:52-05:01	60.65°N, -38.04°E	1010-0	Makropl	V-hal	Irm	188	2857
157	04.06.13	23:53-00:53	62.66°N, -30.90°E	1000-0	Makropl	V-hal	Irm	192	2406
127	20.05.13	16:55-17:52	59.73°N, -46.58°E	1000-0	Makropl	V-hal	Lab	171	1072
134	27.05.13	13:30-14:30	60.80°N, -54.98°E	1000-0	Makropl	V-hal	Lab	177	200
138	29.05.13	02:24-02:44	59.59°N, -51.39°E	20-19	Makropl	Ekkolag	Lab	180	206
125	20.05.13	14:13-14:43	59.65°N, -46.39°E	200-170	Makropl	Ekkolag	Lab	171	1072
128	25.05.13	12:40-13:43	63.59°N, -53.65°E	1000-0	Makropl	V-hal	Lab	174	1001
137	29.05.13	00:57-02:07	59.59°N, -51.52°E	1000-0	Makropl	V-hal	Lab	180	206
139	29.05.13	19:40-20:52	58.72°N, -49.08°E	1000-0	Makropl	V-hal	Lab	181	1004
140	29.05.13	21:27-21:57	58.75°N, -48.94°E	255-240	Makropl	Ekkolag	Lab	181	1004

2.2.4 Plankton

2.2.4.1 MOCNESS

MOCNESS ble brukt til å ta prøver fra åtte ulike dyp. MOCNESS (Multiple Opening/Closing Net and Environmental Sensing System; Wiebe et al. 1985) ble benyttet til skråhal og til prøvetaking direkte i ekkolaget. Planktonnettet har 1m² åpning og er utstyrt med ni nett med 180 mm maskevidde, som kan åpnes og lukkes ved hjelp av akustiske signaler fra broen. Ved skråhal senkes MOCNESS'en fra overflaten til ønsket dyp med nett 0 åpent. Deretter åpnes nett 1 (nett 0 lukkes da automatisk) og redskapet dras i en 45 graders vinkel (Salvanes et al. 2018) fra ønsket nedre dyp og mot overflaten mens nye nett åpnes ved ønsket dybde. Alle prøver benyttet i denne oppgaven kommer fra V-hal ved et fiskedyp på 1000 til null meter (Tab 2-1) ved forskjellig dybdeintervall (Tab 2-2b). Ombord på forskningsfartøyet ble alle prøvene konservert i 4% formalin. Under lupe på laboratorium ble krill, amfipoder, reker og andre større zooplankton identifisert, telt og lengdemålt. Kopepoder ble artsbestemt, og enkelte arter ble bestemt til kopepodittstadie, før også disse ble telt. Antallet av hver art ble videre brukt til å regne artenes tetthet (ind/m³) fra hvert dybdeintervall. Disse dataene er videre benyttet til å lage dybdeprofiler av artssammensetningen til zooplankton i de forskjellige havbassengene. På grunn av manglende prøvetakinger av zooplankton for to stasjoner i henholdsvis Norskehavet og Islandshavet, er stasjon 154 og 198 brukt som representative stasjoner for disse (Tab 2-2a).

Tabell 2-2 CTD-stasjoner hvor MOCNESS- og WP2-prøver som blir benyttet i denne oppgaven, er tatt (a), og dybdeintervaller i meter under havet, for MOCNESS-prøver (b). I denne studien er kun MOCNESS benyttet.

a)

Basin	CTD-Stasjon	
	MOCNESS	WP2
Nor	154	209
Isl	198	199
Irm	168	192
	169	
	188	
	190	
	192	
	170	174
Lab	171	177
	174	181
	177	
	180	
	181	

b)

MOCNESS: Dybdeintervall	
Nett	Int (m)
1	[1000, 800)
2	[800, 600)
3	[600, 400)
4	[400, 200)
5	[200, 100)
6	[100, 50)
7	[50, 25)
8	[25, 0)

2.2.5 Konservering og oppbevaring

Prøver av nordlig lysprikkfisk ble lengdemålt om bord på «GO Sars». En delprøve fra hver trål ble tatt, men om fangsten var liten ble hele prøven sortert. Art, antall individer og total vekt ble notert, og lengde-vektmålinger av noen arter ble gjort. Håndplukk – et selektert utvalg av fangsten hvor kun arter av interesse ble tatt ut – av nordlig lysprikkfisk, og samfengtprøver – tilfeldig utvalg av subsample – ble plassert i plastbeholdere og lagret på sprit for oppbevaring på Biologisk Institutt, frem til videre analyser på lab våren 2018.

2.3 Opparbeiding av prøvemateriale

Nordlig lysprikkfisk konserverert i 96 % etanol ble opparbeidet på zooplanktonlaboratoriet ved Havforskningsinstituttet i Bergen (heretter forkortet HI), hvor nødvendig utstyr var lett tilgjengelig. Totalt ble 240 fisk analysert. Da syv av individene er brukt for innøving av metode, og tre individer har feilaktige lever- og gonadevekter, er 230 av individene benyttet til videre analyser. I utgangspunktet ble det opparbeidet 30 individer fra hvert område. Størrelsen på prøven ble utvidet når fiskene hadde tomme mager, men for hvert havområde har 30 individer med mageinnhold. Individer fra Labrador- og Irmingerhavet er tatt fra henholdsvis 9 og 8 trålstasjoner hver, og antall fisk per trålstasjon ble valgt ved tilfeldig tallgenerator i Excel. Fisk fra Norskehavet og Islandshavet stammer kun fra én stasjon hver.

2.3.1 Lengde- og vektanalyser

For hvert individ ble standardlengde (SL) – fra fiskens snutespiss til halerot – og total lengde (TL) notert til nærmeste mm (Figur 2-2). Før veiing ble hver fisk tørket på tørkepapir slik at overflødig sprit og andre væsker ble fjernet og vekt registrert til nærmeste 0.0001 g ved hjelp av en digitalvekt (AND Gr-200, Max 210 g min 10 g e=1mg d=0,1 mg/ METTLER TOLEDO xs205 Dual Range, maks 81g/220g, d = 0.01 mg/0.1).



Figur 2-2 Nordlig lysprikkfisk (*Benthosema glaciale*). Standardlengde måles fra fiskens snutespiss til halerot (rød pil). Ved total lengde inkluderes sporden (blå pil). Foto: Eivind Dypvik: <http://marinbiologene.no/wp-content/uploads/2017/12/Lysprikkfisk.jpg>

Lever- og gonadevekt ble veid hver for seg og notert til nærmeste 0.0001 gram, før de ble lagt i forhåndsveiede aluminiumskåler og tørket i tørkeskap ved 60 grader i 24 timer til konstant vekt. Hvert individ av nordlig lysprikkfisk ble veid også etter endt disseksjon, for å få en indikasjon på fiskenes muskel- og skjellettvekt. Også magesekk ble veid før og etter disseksjon, for å utelukke eventuelle målefeil ved analyser av mageinnhold. Standardlengde og vekt av nordlig lysprikkfisk ble deretter omregnet til opprinnelig våtvekt og lengde da konservering på etanol over lengre tid fører til vekttap på over 39.4 % og lengdetap på 2.3 % (Kristoffersen & Salvanes 1998).

For å estimere opprinnelig våtvekt (W_f) av nordlig lysprikkfisk ble følgende omregningsfaktorer benyttet (Kristoffersen & Salvanes 1998):

$$W_f = 0.074 + 1.430 \times W_p$$

Hvor W_p er fiskens våtvekt i gram. For å regne ut nordlig lysprikkfisks opprinnelige standardlengde (SL_f), er denne formelen benyttet (Kristoffersen & Salvanes 1998):

$$SL_f = -0.067 + 1.043 \times SL_p$$

Hvor $SL_p = SL$ i mm målt etter konservering i etanol.

Lever- og gonadevekt ble brukt til å regne hepatosomatisk- og gonadosomatisk indeks. Hepatosomatisk indeks (HSI) og gonaosomatisk indeks (GSI) ble regnet som følger:

$$HSI = \frac{LV}{TV - LV} \times 100$$

$$GSI = \frac{GV}{TV - GV} \times 100$$

Der TV = fiskens totalvekt (våtvekt g), LV = levervekt (tørrvekt g) og GV = gonadevekt (tørrvekt g). Fiskens kondisjonsfaktor (K) er utregnet på følgende måte:

$$K = \frac{TV - GV}{L^3} \times 100$$

I etterkant av tørking av fisk, ble otolittene til hver enkelt fisk ekstrahert og lagret på merkede eppendorfrør eller i pose, for bruk ved en senere anledning (App. A-VII).

2.3.2 Kjønnbestemmelse og modningsgrad

Kjønnbestemmelse ble primært gjort ved å studere fiskenes fotoforer på haleroten. Hanner har et langt suprakaudalt lysorgan, mens man hos hunnene kan finne 1-2 infrakaudale fotoforer. Dersom disse var utydelige eller skadet, ble kun gonader studert for kjønnbestemmelse. Grad av modning ble bestemt ved hjelp av en numerisk skala fra 1 til 4, hvor 1 representerer umodne gonader, 4 indikerer at gonadene er utgytt/hvilende (Mjanger et al. 2017).

2.3.2.1 Mageanalyser

Magene ble ekstrahert fra anterior ende av spiserør til blindsekken (pylorus) under mikroskop av typen Leika MZ775 ved 6.3-50x forstørrelse. Magesekken ble først veid til nærmeste 0.0001g, åpnet, og innholdet ble skilt forsiktig fra epitelet inne i magen og gruppert etter fordøyelsesgrad (tabell 2-3). Byttedyr ble telt og bestemt til art eller nærmeste taksonomiske gruppe, og byttedyrgrupper med ulik fordøyelsesgrad ble delt opp når dette var mulig. Rester etter en art eller gruppe som ikke lot seg telle, ble veid for seg. Rester av mageinnhold som ikke kunne skilles i grupper, ble opparbeidet til høyest mulige taksonomiske detaljnivå og lagt i forhåndsveiede aluminiumskåler. Tørrvekt for hver byttedyrgruppe med lik fordøyelsesgrad ble tatt til nærmeste 0.0001 g etter å ha tørket ved 60 grader i minimum 24 timer til konstant vekt. Totallengde av amfipoder (*Themisto sp.*), reker (*Sergestes sp.*) og krill (Euphausiacea) ble målt til nærmeste mm når dette lot seg gjøre. For muslingkreps (Ostracoda), ble totallengden av dyrets skall målt og avrundet nedover til nærmeste mm. Utviklingsstadium til kopepoder (kopepoditt CI-CVI) ble bestemt ved hjelp av dyrets totallengde (noen ganger prosomlengde), samt morfologiske karakteristikk som kjønnssegment og antall beinpar. Kopepoditter på stadium CVI ble ved lav grad av fordøyelse kjønnbestemt. For ungdyr var det vanskelig å bestemme kopepodittstadiet ved fremskreden fordøyelse, så disse betegnes som ungdyr (CI-III). Voksne individer (CIV-VI) lot seg hovedsakelig klassifisere til rett stadium, men ved langt fremskreden fordøyelse ble disse plassert i fellesgruppen CIV-VI. Pilorm (Chaetognatha) ble sjelden funnet i fiskemagene. I så tilfelle, ble kun rester av børstene identifisert, slik at målinger og vekt vanskelig lot seg gjøre. Derfor er vil tørrvekten ikke være representativ for denne byttedyrgruppen. Kun byttedyr lokalisert i magen og nederste del av spiserøret er inkludert i denne oppgaven. Byttedyr lokalisert i munnhulen og svelg er ekskludert.

Tabell 2-3 Gradering av mageinnhold og fordøyelsegrad ble kategorisert etter disse standardene. Hentet fra Havforskningsinstituttets Håndbok for prøvetaking av fisk og krepsdyr, versjon 4.0 (Mjanger et al. 2017)

Fyllgrad	Kategori	Fordøyelsesgrad	Kategori
Ikke bestemt	blank	Ikke observert	blank
Tom <i>Magen er helt tom, kanskje bortsett fra litt vann.</i>	1	Ufordøyd	1
Meget lite innhold <i>Så lite at magen helst må åpnes for å skille fyllingsgrad 1 og 2.</i>	2	Fordøyelse påbegynt <i>Arter kan lett identifiseres</i>	2
Noe innhold <i>Det vises tydelig utenpå magen at den ikke er tom</i>	3	Halvfordøyd <i>Art eller gruppe kan identifiseres</i>	3
Full <i>Magen er full, men ikke utsprengt</i>	4	Fordøyelsen langt fremskredet <i>Kun rester kan fordeles til hovedgrupper av byttedyr</i>	4
Utsprengt <i>Magen er tydelig utvidet og stram. Innholdet er synlig igjennom.</i>	5	Fullstendig oppløsning <i>Mageinnholdet er grøtete, kan ikke identifiseres eller telles.</i>	5
Vrengt	6		-

2.3.2.2 Diettsammensetning

For å sammenligne dietten til nordlig lysprikkfisk innenfor hvert havområde, er prosent vekt (%W) for hver byttedyrskategori utregnet som følger:

$$\%W = \frac{W_i}{W_{tot}} \times 100$$

Hvor W_i er vekt av byttedyr i , og W_{tot} er den totale vekten av alt mageinnhold. Prosentvis forekomst (%F) av hver byttedyrskategori i magen til nordlig lysprikkfisk, ble utregnet slik:

$$\%F = \frac{F_i}{F_{tot}} \times 100$$

Hvor F_i er antall fisk som har én eller flere individer av byttedyr i i magen for hvert havområde, og F_{tot} er total antall analyserte mager i samme havområde.

2.3.2.3 Ontogenetiske variasjoner i dietten

For å studere størrelsesvariasjoner i nordlig lysprikkfisks fødevalg, ble nordlig lysprikkfisk delt inn i fire lengdegrupper (tabell). Fyllgraden av ulike bytter i magen til nordlig lysprikkfisk ble bestemt ved hjelp av Partial Fullness Index, PFI (Bowering & Lilly 1992):

$$PFI_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \frac{W_{ij}}{L_j^3} \times 10^4$$

Hvor W_{ij} = tørrvekt av bytte i funnet i fisk j (tørrvekt g)

L_j = Lengde av fisk j (mm SL)

n = antall fisk i prøven

PFI ble brukt til å sammenligne vekt av byttedyrsarter funnet i fiskens mageinnhold i forhold til predatorstørrelse, natt og dag, og mellom geografiske områder, da indeksen tar hensyn til vekten av hver enkelt byttekategori i forhold til predatorstørrelse (Bowering & Lilly 1992).

Total Fullness Index, TFI (Bowering & Lilly 1992) er brukt til å sammenligne total fyllgrad av magen til hver fisk. Indeksen ble utregnet som følger:

$$TFI_j = \sum_{i=1}^m PFI_i$$

Hvor m er antall byttekategorier.

2.3.2.4 Ivlevs selektivitetsindeks

For å undersøke om nordlig lysprikkfisk selekterer enkelte byttedyr over andre i vannsøylen i hvert av havområdene, benyttes en modifisert utgave av Ivlevs selektivitetsindeks D_i (Ivlev 1961, Jacobs 1974). Indeksen, som indikerer positiv seleksjon for et bytte i når $0 < D_i < 1$, og negativ seleksjon $-1 < D_i < 0$, estimeres ved hjelp av denne formelen (modifisert av Jacobs 1974):

$$D_i = \frac{(r_i - p_i)}{(r_i + p_i) - (2p_i r_i)}$$

Der r_i = andelen (n_i/N) av bytter i funnet i rovdyrets mage, og p_i = andelen byttedyr tilgjengelig i samme område som fisken ble tatt. Da prøver av nordlig lysprikkfisk stammer fra tråling fra 1000-0 meter, og tråling direkte i ekkolag i hvert av områdene, er p_i utregnet for

alle bytter i vannsøylen fra 1000-0 meter (ind/m^3 , App IV). For å regne ut p_i er data fra MOCNESS benyttet.

2.4 Analyser av data

Hydrografiske målinger, prøveresultater fra MOCNESS og opparbeidede prøver fra Harstadtrålen og makroplanktontrål ble lagt inn i databasen ved Havforskningsinstituttet, og i etterkant ekstrahert for å brukes i dette studiet. Bearbeiding, plotting og fremstilling av innsamlede data ble gjort ved bruk av R (Versjon 3.5.0, R Core Team, 2018), ved hjelp av *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis* (Wickham 2016) og Microsoft Excel 2010. PCA-ordinasjonen ble gjort med CANOCO 5 (ter Braak & Šmilauer 2012).

2.4.1 Statistiske tester i R

Byttedyrsarter funnet i magene til nordlig lysprikkfisk ble gruppert inn i høyere taksonomiske grupper for lettere sammenligning mellom havområder, og for testing mot ulike responsvariabler i R. R-pakken *stats* ble brukt til å kjøre en enveis ANOVA (analysis of variance), for å teste for signifikante forskjeller i nordlig lysprikkfisks lengde, vekt, HSI, og GSI mellom havområdene, da responsvariabelen i alle tilfeller er kontinuerlig, og prediktervariabelen er kategorisk. Modellen ble kodet som følger:

```
lm(responsevar ~ predvar, data = data.df)
```

Hvor *responsevar* enten er SL, TV, HSI eller GSI, *predvar* er prediktervariabelen jeg ønsket å teste mot, altså havområde, og *data.df* er datasettet med alle variabler. Funksjonen *anova()* ble brukt for å teste modellen, og funksjonen *summary()* til å få frem frihetsgrader, F-verdi og p-verdi for modellen. En posthoc-analyse (Tukey's HSD (honestly significant difference) test) ble benyttet for å sammenligne alle havområdene om hverandre, og for å finne ut hvilke område(r) som skilte seg signifikant fra andre. Analysen ble kjørt ved hjelp av pakken *multcomp* (Hothorn et al. 2008):

```
glht(linearmod.lm, linfct = mcp(predvar = "Tukey"), data = data.df)
```

Hvor *linearmod.lm* er modellen som lages i enveis ANOVA, og *predvar* er havområde. Forskjeller i K-faktor mellom kjønn og havområder, og gjennomsnittstemperatur og -salinitet for hvert dybdeintervall ble testet med en lineær modell og en toveis ANOVA:

```
lm(responsevar~predvar1+predvar2, data = data.df)
```

Der *responsevar* er kontinuerlige K-faktorverdier, gjennomsnittstemperatur eller salinitet pr dybdeintervall, og *predvar1* og *predvar2* er de kontinuerlige responsvariablene havområde og kjønn, eller havområde og dybde. For å undersøke forskjeller i fordøyelsesgrad og magefyllgrad mellom havområdene, ble en Kruskal Wallis' test med påfølgende Wilcoxon ranksum-test for parvis sammenligning benyttet, som kan brukes på data med kontinuerlig responsvariabel, og hvor prediktervariabelen er kategorisk:

```
kruskal.test(responsevar ~ predvar, data = data.df)
```

```
attach(data.df)
```

```
pairwise.wilcox.test(responsevar, predvar, exact = FALSE, data = data.df)
```

Der *responsevar* er verdier for fyllgrad eller fordøyelsesgrad på mageinnholdet til nordlig lysprikkfisk, og *predvar* er havområde.

2.4.2 PCA-analyse

Prinsipiell komponentanalyse (Principal Component Analysis, PCA), som er en indirekte gradientanalyse (ter Braak & Prentice 1988; ter Braak & Šmilauer 2012) ble brukt til å undersøke forskjeller i fiskenes mageinnhold. Ordinasjonen ble kjørt på PFI-verdiene til hver fisk. Miljøvariablene område, tid på døgnet og lengde på fisk, ble plottet oppå ordinasjonen som passive variable. Dvs. at miljøvariablene ikke deltar i kalkuleringene i ordinasjonen og dermed ordinasjonsresultatene, men hjelper til med å tolke ordinasjonsaksene.

Miljøvariablene ble behandlet som kategoriske variable og ble sentrert og standardisert, mens PFI-verdien for hver art i mageinnholdet ble log-transformert og sentrert, men ikke standardisert for å unngå en overvektning av bytter som forekom sjeldent i prøven (ter Braak & Šmilauer, 2012).

Det ble også laget en PCA-analyse hvor det i forkant ble gjort en Hellinger-transformasjon av magedataene (App A-V). Denne transformasjonen ble vurdert fordi dataene inneholdt mange null-verdier for bytter i hver fisk, og fordi Hellinger-transformasjonen gjør disse null-dataene mindre betydelige når man studerer forskjellen i konsumerte bytter mellom fisk (Legendre & Legendre 1998). Hellinger-avstand er anbefalt å bruke på ordinasjon av artstilgjengelighet (Prentice 1980; Rao 1996; Legendre & Legendre 1998).

De to PCA-ordinasjonene, med logtransformerte data og med Hellingeravstand, kan representere to ulike vinklinger av resultatene fra mageinnholdet. En interessant vinkling er å kun se på byttene som er konsumert for å finne ut hvor ulike arter er spist, og om det er noe

forskjell i hvilke arter og hvor mye av arten som er spist. En annen vinkling er å se på mageedataene i sin helhet, og at fraværet av arter i magen til fisk også kan være påvirket av miljøfaktorer.

2.4.3 RDA - direkte ordinasjonsanalyse

Det ble også foretatt en RDA (Redundancy analysis) som er en direkte ordinasjonsanalyse hvor data på mageinnhold kan plottes mot en miljøvariabel for å statistisk teste variasjoner i mageinnhold i forhold til dag og natt, område og lengdegrupper. RDA-analysen ble brukt på Hellingerttransformerte data i R med pakken *vegan: Community Ecology Package* (Oksanen et al. 2018), og signifikansen til hver variabel ble tolket med p-verdi:

```
rda(decostand(data.df, method = "hellinger") ~ as.factor(predvar), data = vars.df)
```

Hvor *predvar* er havområde, lengdegrupper eller tid på døgnet. *data.df* er en matrise som inneholder PFI-verdiene for alle byttedyrarter for hver fisk, og *vars.df* inneholder miljøvariablene som brukes. Funksjonen *decostand(data.df, method = «hellinger»)* lager hellingerttransformerte data. RDA-plottet for hver miljøvariabel ble laget med funksjonen *plot()* og er vist i App A-VI.

3 Resultater

3.1 Hydrografi

Islandshavet og Labradorhavet har kjøligst temperatur i havoverflaten; 2.5 °C mot henholdsvis 10.5 °C og 6.9 °C i Norskehavet og Irmingerhavet (Fig. 3-1a). Temperaturen holder seg stabilt på ca. 0 til -0.05 °C, 4-5 °C, og 3.8-4.0 °C fra 125-200 m dyp og nedover i vannsøylen i henholdsvis Islandshavet, Irmingerhavet og Labradorhavet; i Norskehavet er synker temperaturen jevnt til -0.5 °C på 1002 m. Det er påvist en signifikant forskjell mellom havområders gjennomsnittstemperatur for dybdeintervallene mellom 1000 og null meter (lm; $F_{7,21} = 29.08.62$; $p \ll 0.01$).

Overflatevannet i Norskehavet har høyest salinitet, 35.3 PSU, mot 34.1 PSU i Labradorhavets overflatelag (Fig. 3-1b). I Irmingerhavet og Islandshavet er saltholdigheten relativt lik i hele vannsøylen og mellom havområdene med $PSU \cong 34.8$. I Labradorhavet og Norskehavet stabiliserer saliniteten seg på $PSU \cong 34.8$ fra hhv 250 og 500 m og nedover i vannsøylen. En sammenligning mellom gjennomsnittssalinitet i hvert dybdeintervall nedover i vannsøylen, indikerte signifikant forskjell i saltholdighetsprofil for de ulike havområdene (lm; $F_{7,21} = 8.68$; $p < 0.01$).

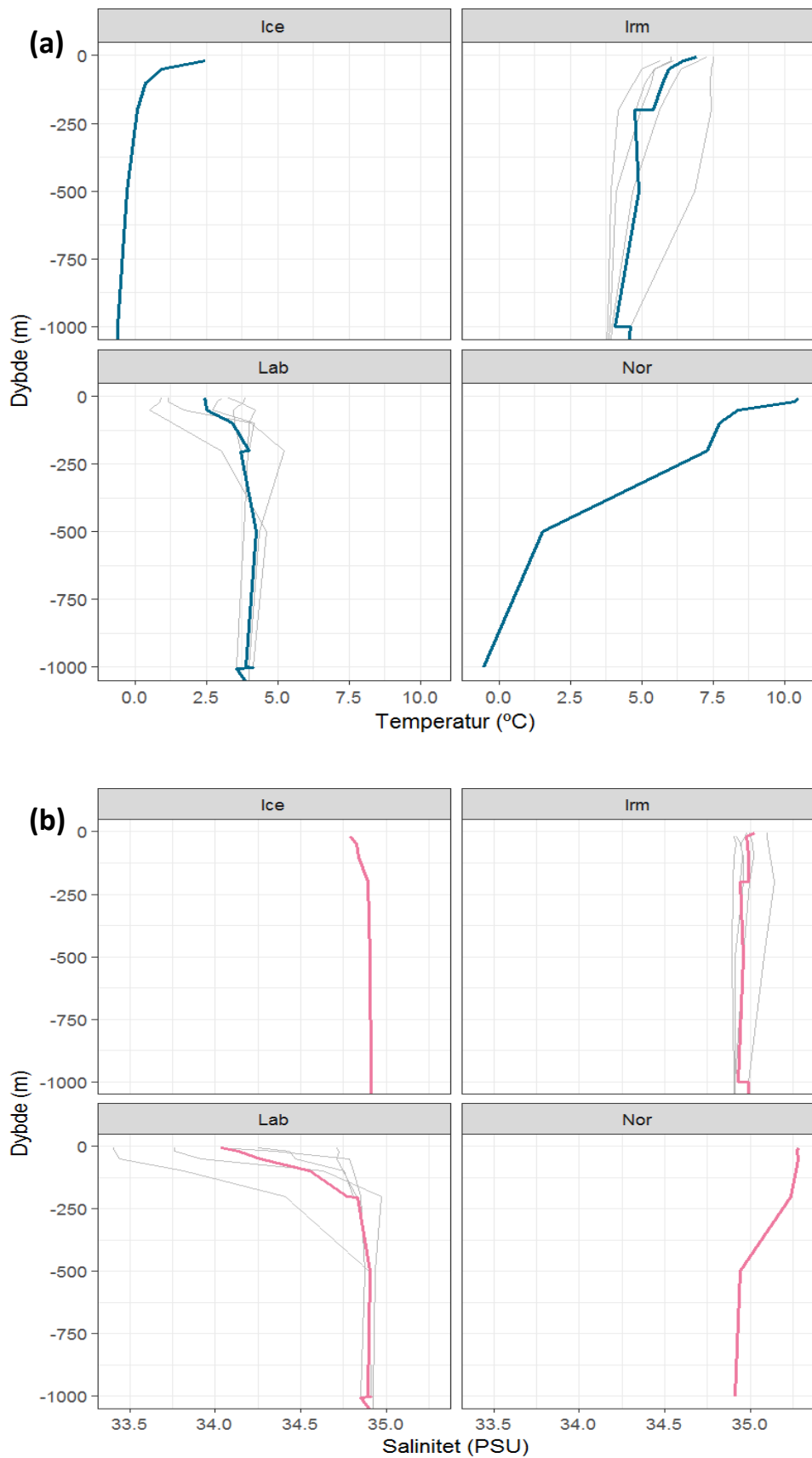


Fig. 3-1 Temperatur- ($^{\circ}\text{C}$, øverst) og salinitetsprofil målt i praktisk salinitetsenhet (Practical Salinity Unit, PSU) i vannsøylen fra 0 til 1000 meter for Islandshavet, Irmingerhavet, Labradorhavet og Norskehavet. For Islandshavet og Norskehavet vises målinger fra én enkelt stasjon; i Irmingerhavet og Labradorhavet er gjennomsnittstemperatur og –salinitet for alle målinger i området uthevet i farge. Opprinnelige profiler i disse områdene vises i grått.

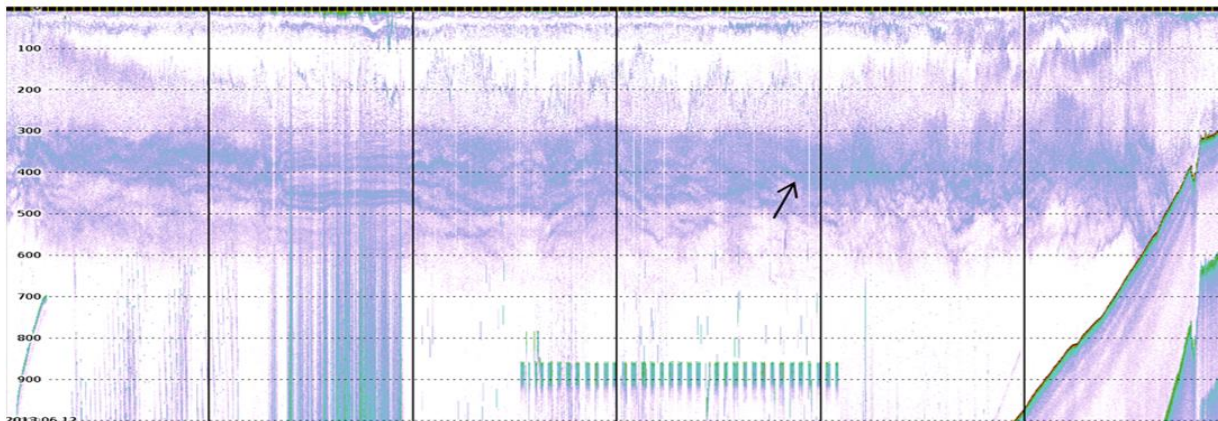
3.2 Vertikalfordeling av nordlig lysprikkfisk

Selekterte ekkogram fra Norskehavet (dato: 12.06.), Islandshavet (08.06.), Irmingerhavet (02.06.) og Labradorhavet (29.05.) viser fordelingsmønstrene til ekkolagene i hvert av havområdene over 24 timer UTC i samme periode som innsamlingen av prøver fant sted (Fig 3-2). Dagslys i Norskehavet for nevnte dato regnes å være mellom kl. 04:00-23:00 UTC, I Islandshavet lyst bortimot hele døgnet, i Irmingerhavet er det dagslys mellom 03:20-23:30, og Labradorhavet 03:30-23:20. For Norskehavet er ekkolaget jevnt fordelt over et 600-100 m dybdeintervall på natten, med mer spredt fordeling i øvre del av ekkolaget (200-0 m; Fig 3-2a). I Islandshavet er ekkolaget distribuert fra 300-500 m fra klokken om dagen (Fig 3-2b). Organismene her befinner seg på 400-200 meter klokken i demring, skumring og på natt. I Irmingerhavet er ekkolaget distribuert over et intervall på ca 200-700 m nedover i vannsøylen på natten og i skumringen (Fig 3-2c). Organismene i ekkolaget er sitt dypeste midt på dagen (700-300 m). I Labradorhavet befinner organismene i ekkolaget seg på 0-500 meter på natten og i skumringen, mens de på dagen legger seg på 100 m og dypere (Fig 3-2d).

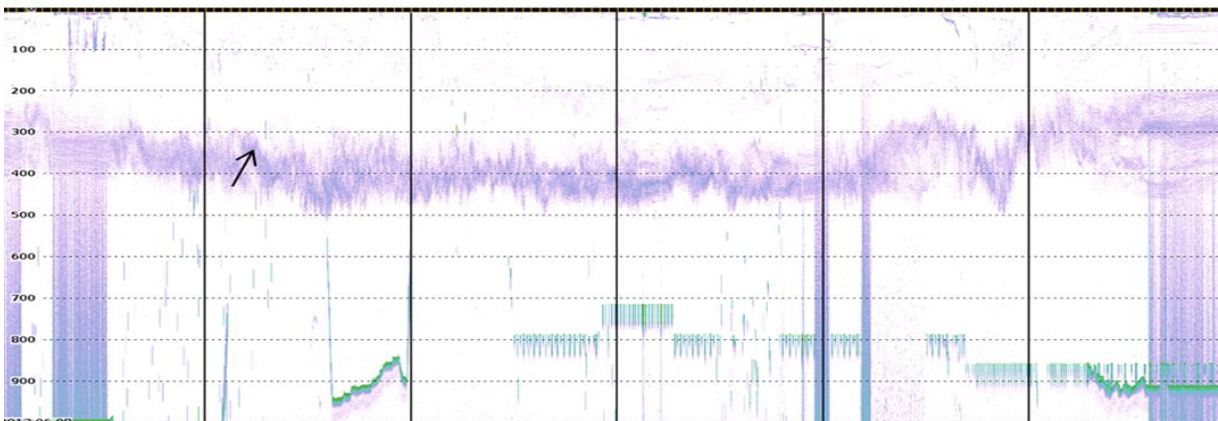
Trålfangst fra ekkolagene viser tilstedeværelse av nordlig lysprikkfisk på 430 m dyp rundt klokken 15:30 i Norskehavet (Fig 3-2a), I Islandshavet på ca. 360 m dyp klokken 04:50 (Fig 3-2b), i Irmingerhavet på 1000-0 m dybdeintervall og på 260-270 m dyp henholdsvis klokken 04:30 og 06:00 (Fig 3-2c), samt i Labradorhavet fra 1000-0 m dybdeintervall ca. klokken 01:00 og 20:15, på ca. 20 m klokken 02:30, og fra 255-240 m klokken 21:45 (Fig 3-2d).

De loddrette strekene som opptrer i døgnekkogrammet i Norskehavet mellom klokken 01:00-04:00 (Fig 3-2 a), i Islandshavet mellom 22:00 og 02:00 (Fig 3-2b), i Irmingerhavet mellom 01:00 og 03:00 og ca 16:00 (Fig 3-2c), og i Labradorhavet mellom 14:00 og 19:00 (Fig 3-2d) er trolig akustisk støy fra forskningsfartøyet.

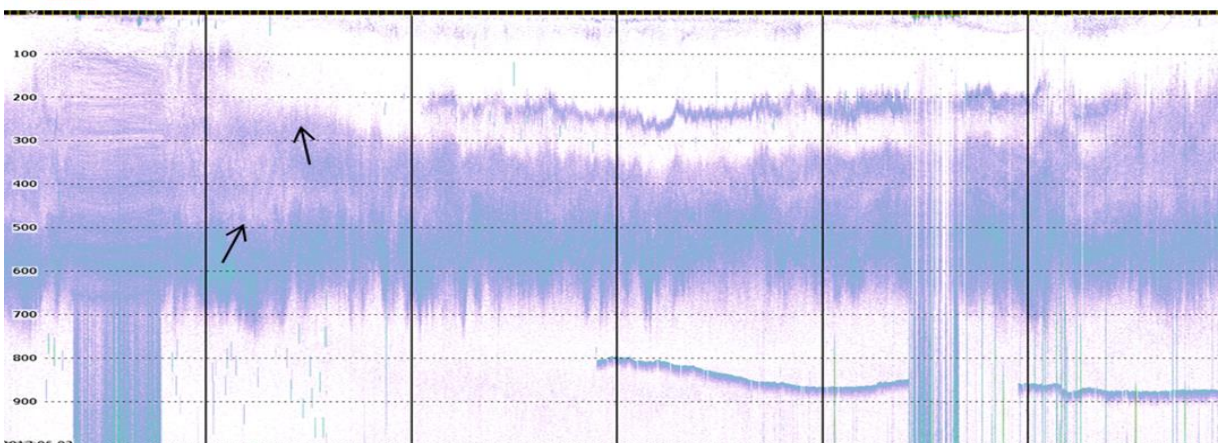
(a) Nor



(b) Isl



(c) Irm



(d) Lab

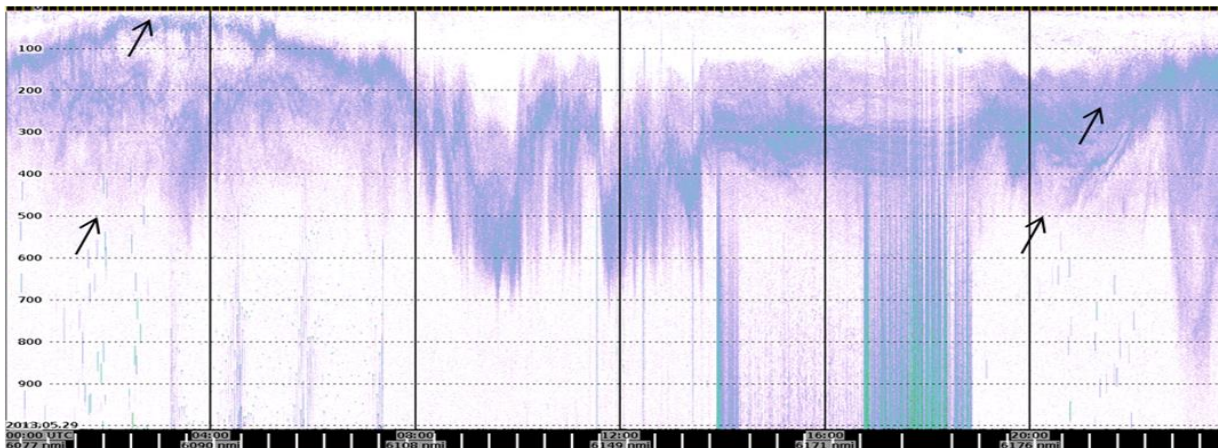


Fig. 3-2 Utvalgte ekkogram for Norskehavet den 12.06.13 (a), Islandshavet 08.06.13 (b), Irmingerhavet 02.06.13 (c) og Labradorhavet 29.05.13 (d), viser distribusjonen til ekkolag i et intervall på 0-1000 meter fra klokken 00:00 til 24:00 UTC. Piler viser middelverdi av tid og dyp for foretatte tråltrekk i hvert av områdene, og hvor det er påvist tilstedeværelse av nordlig lysprikkfisk. De loddrette strekene som opptrer fra 0-1000 meter i de forskjellige ekkogrammene, er trolig akustisk støy fra forskningsfartøyet.

3.3 Vertikalfordeling av zooplankton

Planktondata fra MOCNESS ble kategorisert med utgangspunkt i byttedyrkategoriene som ble identifisert i mageinnholdet til nordlig lysprikkfisk. måte Tettheten av zooplankton er høyest i den øverste delen vannsøylen, og avtar med dyp i alle fire havområder (Fig. 3-3).

Labradorhavet har en signifikant høyere tetthet av byttedyrsarter over 0-200 m intervall, med calanoide kopepoder og *Calanus finmarchicus* som dominerende zooplanktongruppe i hele vannsøylen, samt høy tetthet av appendikularia på 0-25 m dybdeintervall (Fig 3-3a). Dette er også gjeldende for Norskehavet (Fig 3-3b). Islandshavet og Irmingerhavet har tydelig lavere tetthet av byttedyrsarter gjennom hele vannsøylen; fra 0-50 m domineres vannsøylen i Islandshavet av *Metridia spp*, *C. finmarchicus*, *C. hyperboreus*, og pilorm (Chaetognatha). Krill (Euphausiacea), *C. finmarchicus* og Calanoide kopepoder dominerte i Irmingerhavet på samme intervall. Fordelingen til hver bytteart i alle områder er lagt i app. A-II.

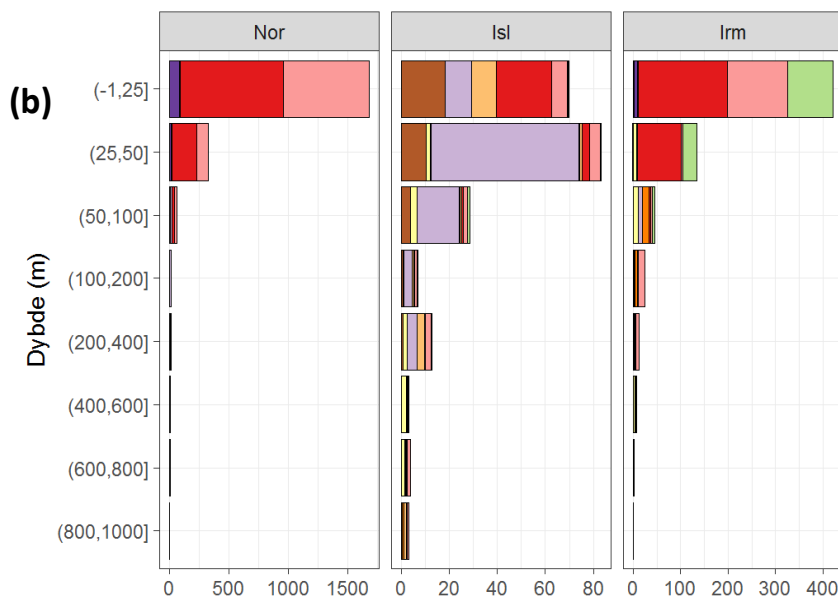
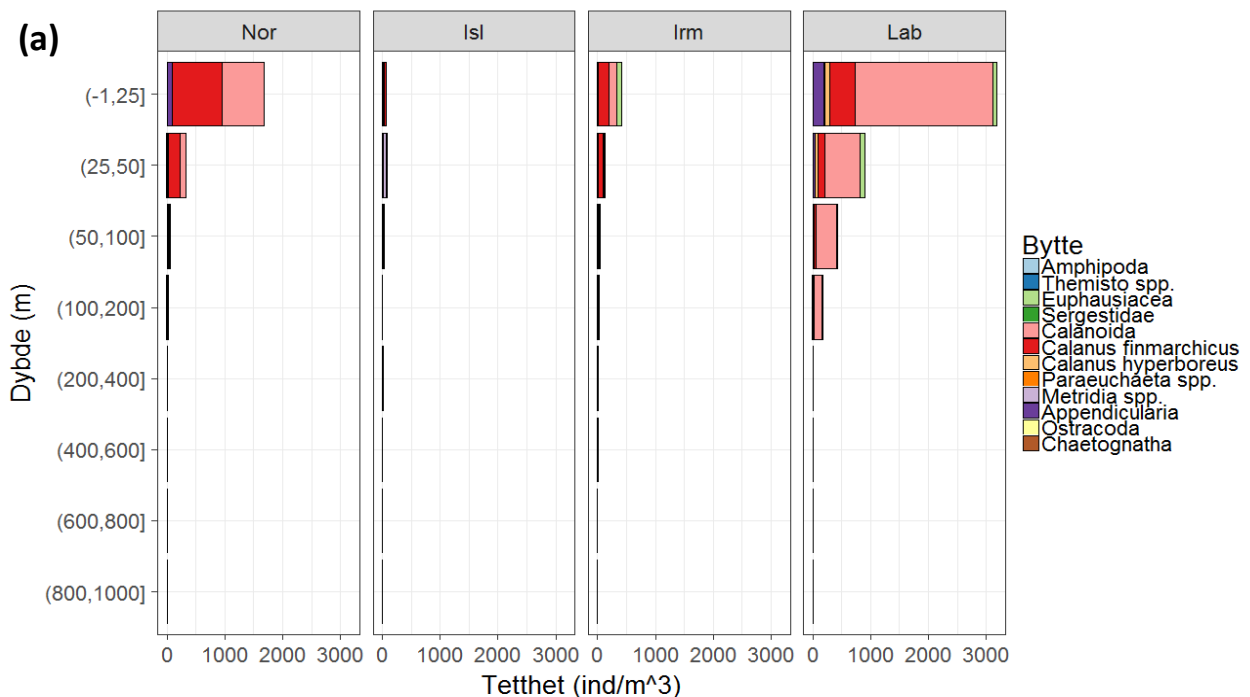


Fig. 3-3 Resultat av MOCNESS-trekkene viser gjennomsnittstettheten for alle trekk til zooplankton (antall individ per kubikkmeter) i hvert dybdeintervall, for Norskehavet (Nor), Islandshavet (Isl), Irmingerhavet (Irm) og Labradorhavet (Lab) (a). Forstørret figur av planktonsammensetningen i Norskehavet, Islandshavet og Irmingerhavet er vist under (b).

3.4 Lengde- og vektanalyser

Lengden for nordlig lysprikkfisk varierte fra 24-78 mm SL (Fig 3-4). Et flertall av de undersøkte fiskene (66.2 %) målte fra 41 mm til 60 mm, mens et mindretall (15.1 %) målte over 60 mm. 19.0 % av de undersøkte fiskene målte 40 mm eller mindre.

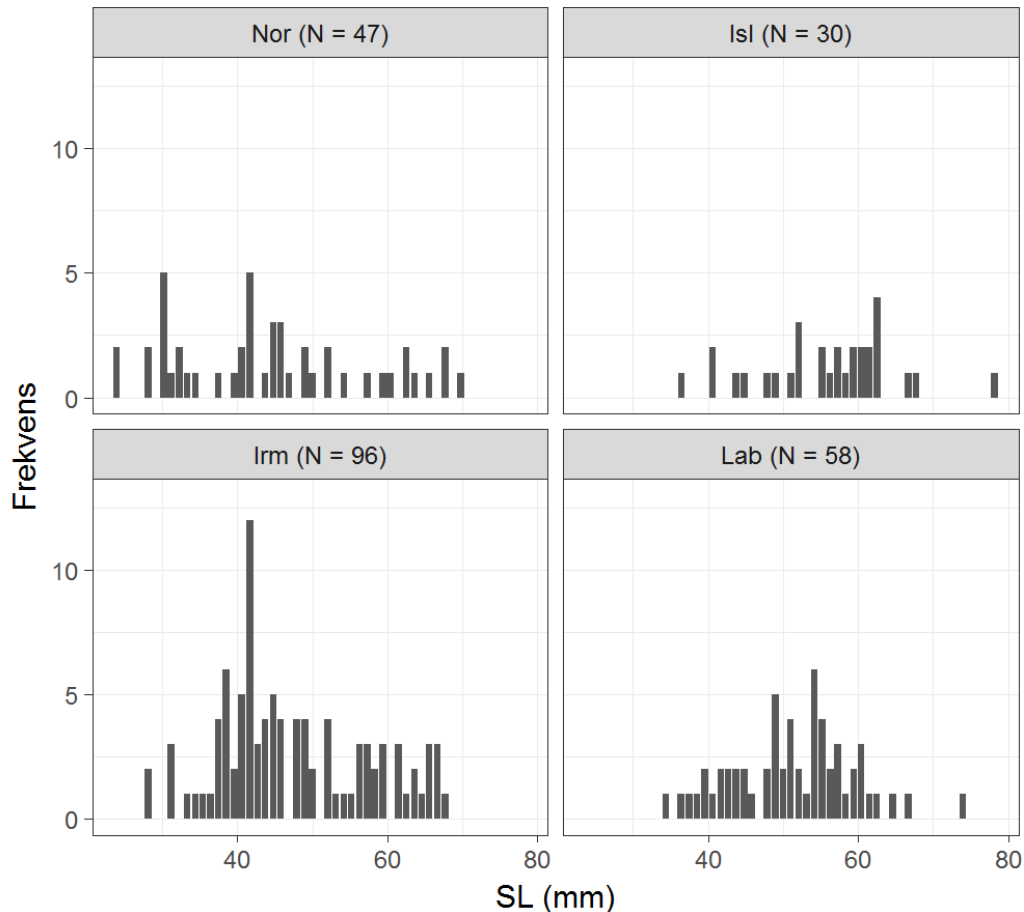


Fig. 3-4 Lengdefordelingen til nordlig lysprikkfisk benyttet i diettanalyser. Frekvens viser til antall fisk, totalt antall fisk fra hvert hav representert som N. Vist for Norskehavet (Nor), Islandshavet (Isl), Irmingerhavet (Irm) og Labradorhavet (Lab).

De største individene av lysprikkfisk ble observert i Islandshavet, med gjennomsnittslengde (SL \pm SE) = 55.85 ± 1.62 mm og totalvekt (TW \pm SE) = 3.52 ± 0.18 g. De var større enn individene funnet i de tre andre områdene, både for SL (lm; $F_{3, 227} = 9.52$; $p \ll 0.01$; Fig. 3-5a) og TW (lm; $F_{3, 227} = 11.62$; $p \ll 0.01$; Fig 3-5b). De minste individene ble funnet i Norskehavet, med SL = 44.47 ± 1.83 mm og TW = $2.55 \pm 0,13$ g. Individuer i Norskehavet har signifikant mindre SL enn individer i Islandshavet (lm; $t = 4.82$; $p \ll 0.01$) og Labradorhavet (lm; $t = 3.48$; $p < 0.01$), men er ikke signifikant kortere enn individer i Irmingerhavet (lm; $t = 1.68$; $p = 0.09$). Individuer i Norskehavet veier også signifikant mindre enn individer i Islandshavet (lm; $t = 5.26$, $p \ll 0.01$), men er ikke signifikant forskjellig i vekt fra individer i Irmingerhavet (lm; $t = 0.42$, $p = 0.67$) og Labradorhavet (lm; $t = 1.64$; $p = 0.10$). Individuer i

Norskehavet har signifikant lavere hepatosomatisk indeks (HSI) og gonadosomatisk indeks (GSI) enn individer i Islandshavet, som hadde høyest HSI og GSI av alle områder (lm; HSI: $t = 7.33$; $p \ll 0.01$; Fig. 3-5c og GSI: $t = 2.83$, $p < 0.01$; Fig 3-5d). Det er ikke signifikante forskjeller i HSI mellom individer i Irminger- og Norskehavet (Tukey HSD; for HSI: $t = 0.03$; $p = 1.00$ og GSI: $t = 1.59$; $p = 0.38$), Irminger- og Labradorhavet (Tukey HSD; HSI: $t = 0.41$; $p = 0.98$ og GSI: $t = 0.03$, $p = 1.00$), eller Labrador- og Norskehavet (Tukey HSD; HSI: $t = 0.37$; $p = 0.98$ og GSI: $t = 1.41$; $p = 0.48$). Der er ingen signifikant forskjell i GSI mellom individer i Islandshavet og Irmingerhavet (Tukey HSD; $t = 1.81$; $p = 0.27$) og Islandshavet og Labradorhavet (Tukey HSD; $t = 1.71$; $p = 0.32$), men individer fra Islandshavet har signifikant høyere HSI enn fisk i Irmingerhavet (Tukey HSD; $t = 8.54$; $p \ll 0.01$) og Labradorhavet (Tukey HSD; $t = 8.26$, $p \ll 0.01$).

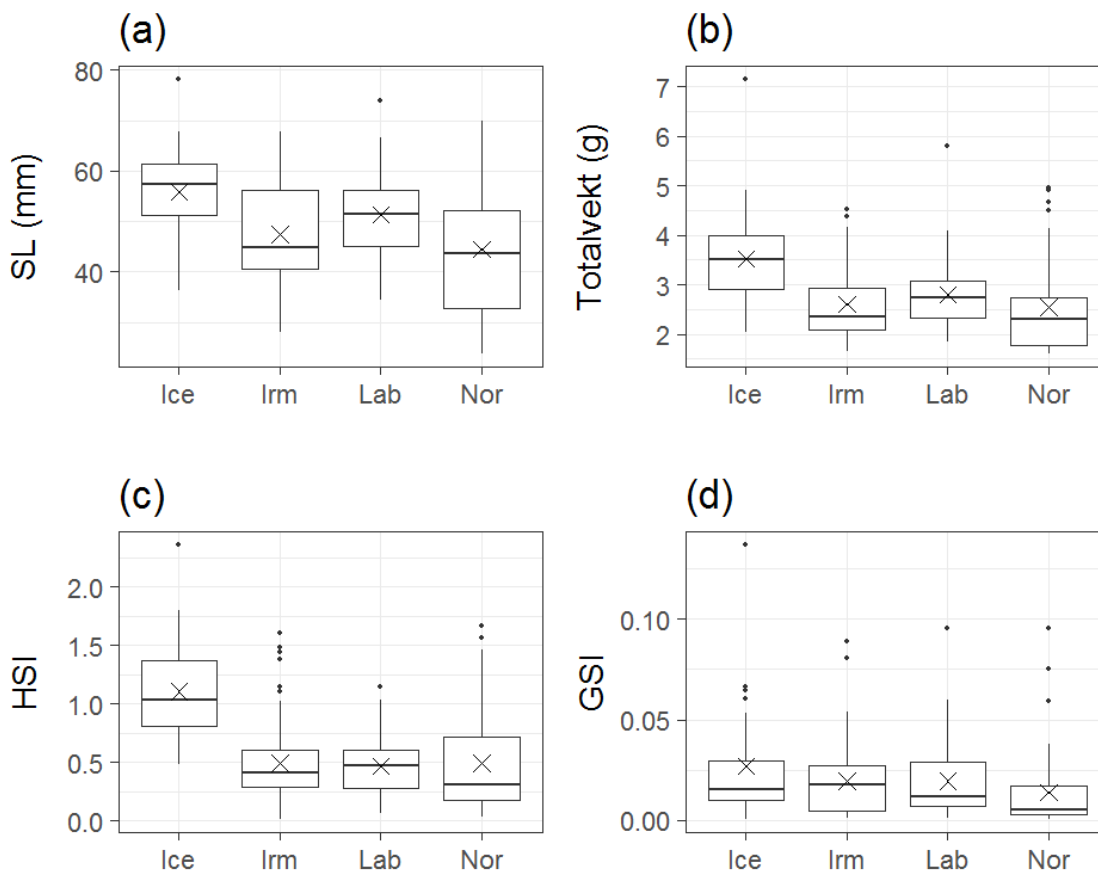


Fig. 3-5 Oversikt over lengde (mm SL, a), totalvekt (TW g, b), hepatosomatisk indeks (HSI, c) og gonadosomatisk indeks (GSI, d) for nordlig lysprykkfisk i Islandshavet (Ice), Irmingerhavet (Irm), Labradorhavet (Lab) og Norskehavet (Nor). 25 og 75 prosentil utgjør hhv nedre og øvre horisontale linje i boksen. Gjennomsnittlig verdi i alle plot vises som x; median vises som horisontal linje inne boksen. Feillinjene representerer verdier innenfor et 95 % konfidensintervall, og ekstremverdier utenfor konfidensintervallet for hvert hav er markert som punkt.

3.4.1 Kondisjonsfaktor

I Islandshavet har både hann- og hunnindivider en signifikant høyere kondisjon enn fisk i de andre områdene (Norskehavet: $t = 4.19$; $p \ll 0.01$; Irmingerhavet: $t = 6.74$, $p \ll 0.01$; Labrado

rhavet: $t = 6.66$; $p \ll 0.01$; Fig 3-6). Fiskene i Irminger- og Labradorhavet har lavest kondisjon. Det er ikke signifikante forskjeller i kondisjon mellom hunner (F) og hanner (M, Fig 3-6) (I m; $F_{1,222} = 0.6$; $p = 0.61$).

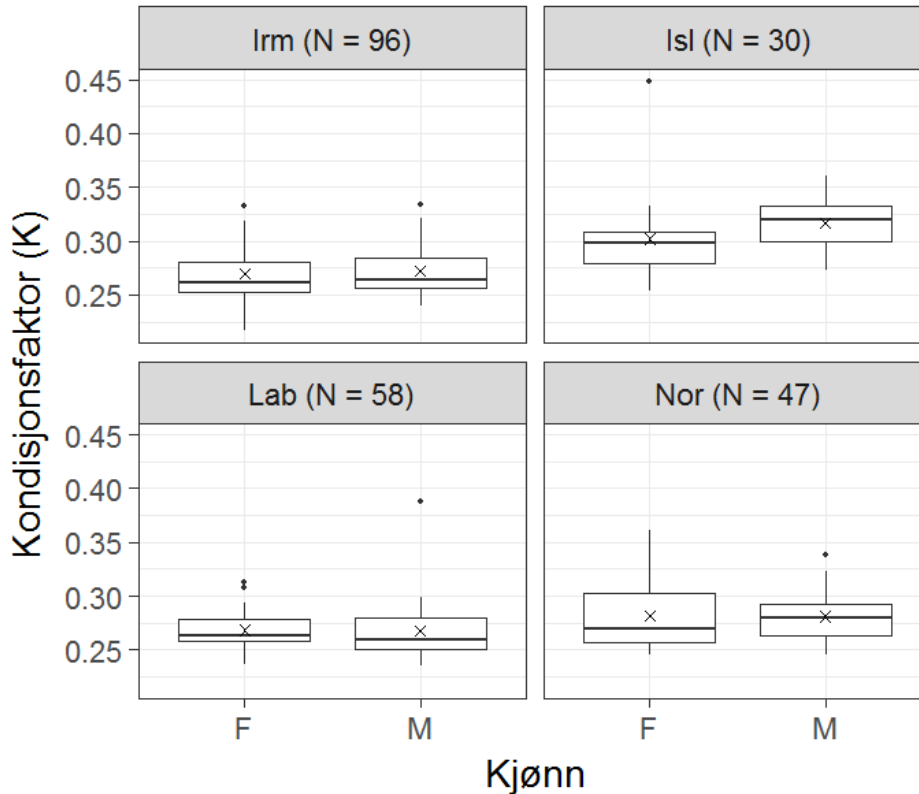
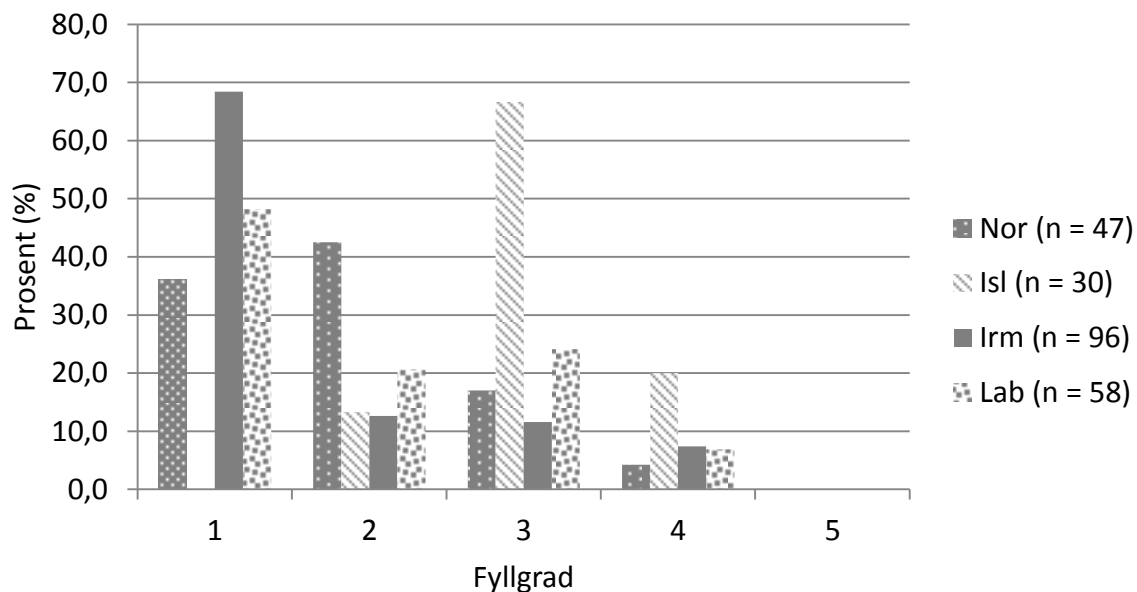


Fig. 3-6 Sammenligning av kondisjonsfaktor (K) mellom hunner (F) og hanner (M) i Irmingerhavet (Irm), Islandshavet (Isl), Labradorhavet (Lab) og Norskehavet (Nor). 25 og 75 percentil utgjør hhv nedre og øvre horisontale linje i boksen. Gjennomsnittlig verdi i alle plot vises som x; median vises som horisontal linje inne boksen. Feillinjene representerer verdier innenfor et 95 % konfidensintervall, og ekstremverdier utenfor konfidensintervallet for hvert hav er markert som punkt.

3.5 Mageanalyser

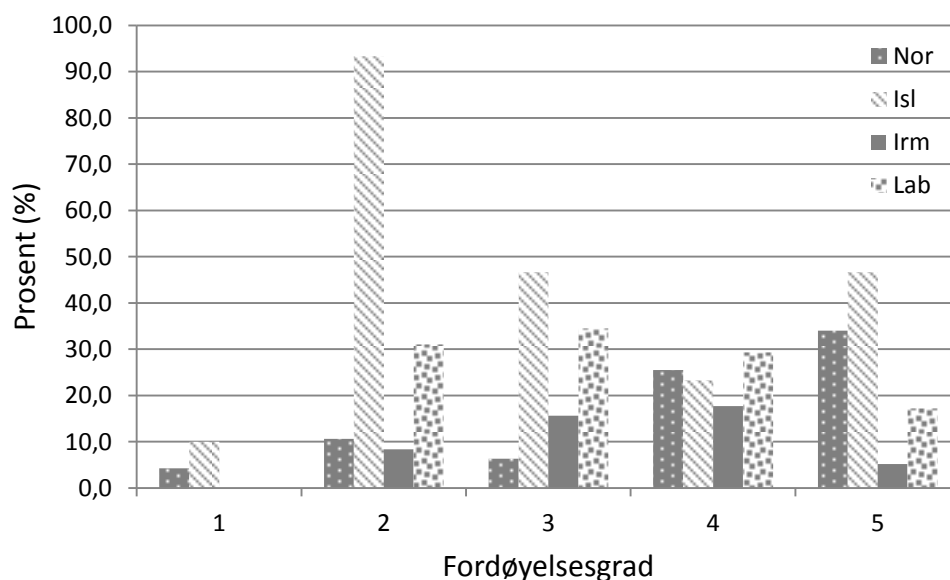
Av de analyserte individene av nordlig lysprikkfisk, var totalt 109 mager (47.18 %) tomme, og prosenten av tomme mager varierte mellom de ulike havområdene. 36.2 % i av magene til fisk fra Norskehavet, mot 48.3 % i Labradorhavet og 68.8 % i Irmingerhavet var tomme. Ingen av individene i Islandshavet hadde tomme mager; fiskene her hadde derimot mest mat i magen, og lavest fordøyelsesgrad sammenlignet med fisk i de andre områdene.

Graden av magefyll for fisk i de ulike havområdene skilte seg signifikant fra hverandre (Kruskal-Wallis; $p \ll 0.01$; Fig 3-7). Ingen fisk hadde nok mageinnhold til å kategoriseres som utsprengt, og det ble heller ikke funnet fisk med oppgullet mageinnhold.



Figur 3-7 Fyllgrad til nordlig lysprikkfisk sammenlignet over de forskjellige havområdene. Fyllgrad til magesekk ble plassert i kategori 1 (tom) til 4(full). Ingen individer hadde fyllgrad 5 (utsprengt).

Fordøyelsesgraden for byttedyrsarter funnet i magen til nordlig lysprikkfisk, varierte også mellom havområdene. Mageinnhold identifisert for Islandshavet var ferskest; 93 % av magene hadde innhold med fordøyelsesgrad 2, mot 31 %, 10 % og 8.3 % i hhv Labradorhavet, Norskehavet og Irmingerhavet (Fig 3-8).



Figur 3-8 Fordøyelsesgrad vist for fisk i de forskjellige havområdene. Grad 1 viser til helt ferskt materiale, mens 5 indikerer at innholdet er helt fordøyd, med grøtete konsistens.

3.5.1 Total Fullnes Index (TFI)

Fødeintensiteten til nordlig lysprikkfisk, uttrykt som Total Fullness Indeks (TFI) varierte mellom individer fanget i ulike havområder (Fig. 3-9). Lysprikkfisk fra Islandshavet hadde signifikant høyere fødeintensitet enn lysprikkfisk enn Labradorhavet (lm; $t = 2.88$; $p < 0.01$) og Norskehavet (lm; $t = 3.08$; $p < 0.01$). Det var derimot ingen signifikant forskjell mellom Islandshavet og Irmingerhavet (lm; $t = 2.08$; $p = 0.04$). Individer fra Norskehavet hadde lavest fødeintensitet.

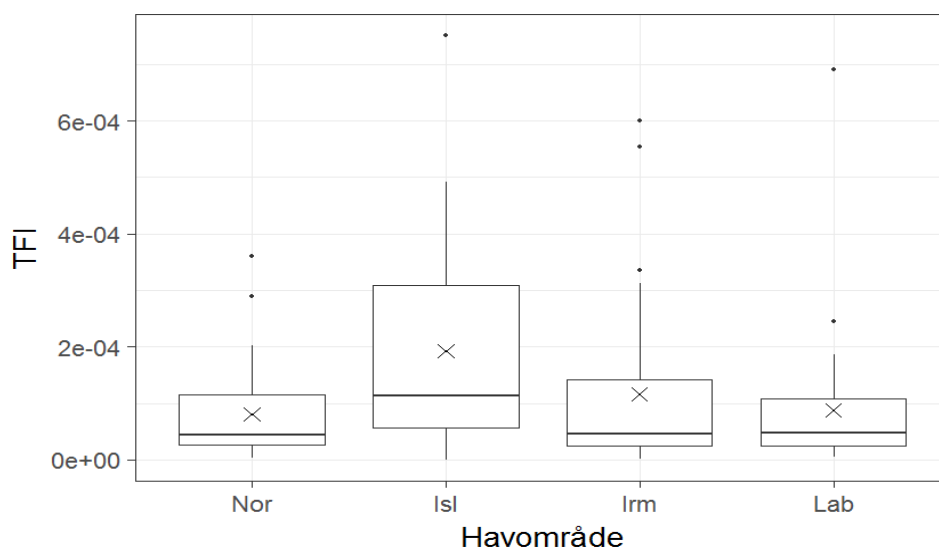


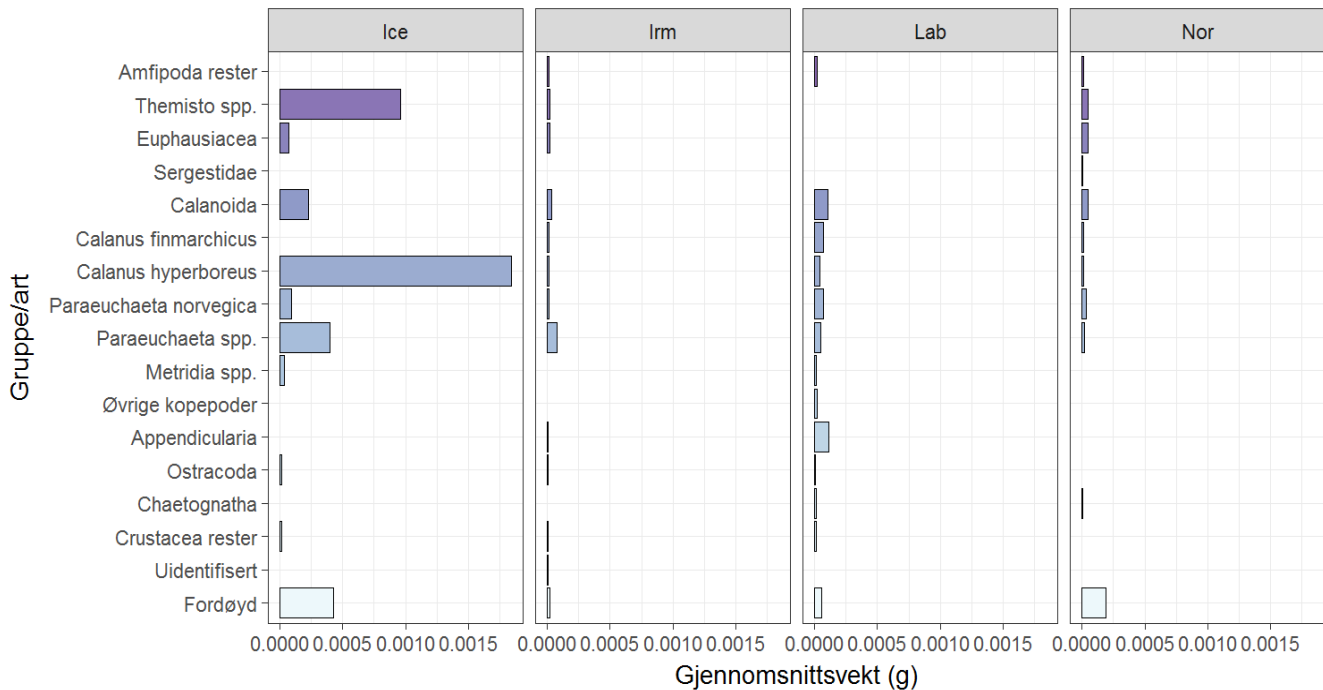
Fig. 3-9 Total Fullness Index (TFI) for hvert individ av nordlig lysprikkfisk i Norskehavet (Nor) Islandshavet (Isl), Irmingerhavet (Irm) og Labradorhavet (Lab), plottet med gjennomsnittlig verdi (markert som X), median, feillinjer og ekstremverdier (punkt). 25 og 75 prosentil utgjør hhv nedre og øvre lodrette linje i boksen. . Gjennomsnittlig verdi i alle plot vises som x, median vises som midterste lodrette linje. Minste og største verdi for hvert hav er vist som error bars, ekstremverdier for hvert hav er markert som punkt.

3.6 Diett

Identifiserbart innhold i magene til nordlig lysprikkfisk ble plassert i totalt 31 forskjellige byttedyrskategorier (A-III). Byttedyrskategoriene ble deretter gruppert i høyere taksonomiske grupper, for enklere å kunne sammenligne nordlig lysprikkfisks diett mellom havområder og mellom predatorstørrelse. *Calanus hyperboreus*, *Calanus finmarchicus* og *Paraeuchaeta norvegica* ble utelatt fra denne grupperingen og er presentert for seg (Fig 3-10).

Høyeste mengde byttedyr målt i gjennomsnittlig tørrvekt (g) ble funnet i magen til nordlig lysprikkfisk i Islandshavet. *Calanus hyperboreus*, *Themisto spp.* og *Paraeucheta spp.* utgjorde høyest tørrvekt av mageinnhold hos alle fisker per havområde. Fisk i Norskehavet, Irmingerhavet og Labradorhavet spiste mindre bytter og færre av hvert bytte enn fisk i Islandshavet, som spiste flere og større bytter (Fig3-8) Fisk i Irmingerhavet hadde størst variasjon i størrelse på konsumerte bytter, og lavest tørrvekt per byttekategori. Mengden

fordøyd materiale veide mer for fisk i Islandshavet enn for fisk i Norskehavet, Labradorhavet og Irmingerhavet. I Irmingerhavet og Labradorhavet var 12 ulike byttekategorier registrert i dietten til nordlig lysprikkfisk; fisk i Islandshavet hadde 9 og færrest identifiserte bytter i sitt mageinnhold.



Figur 3-10 Oversikt over byttekategorier funnet i magen til nordlig lysprikkfisk vist som gjennomsnittlig tørrvekt i gram for alle nordlig lysprikkfisk i hvert område. For mer detaljert figur, se app A-III

Kopepoder og amfipoder utgjorde en viktig del av dietten til nordlig lysprikkfisk i alle fire havområder (Tabell 3-1). Krill (Euphausiacea) ble observert i alle områdene utenom Labradorhavet, hvor appendikularia til gjengjeld var et ofte konsumert bytte. *Calanus hyperboreus* og *Paraeuchaeta norvegica* ble funnet i alle havområder, men ble observert i flest mager i Islandshavet (henholdsvis i 63.3 % og 10.0 % av magene) og utgjorde 45.2 og 2.3 % av vekten. Ellers var forekomsten av calanoide kopepoder (Calanoida) høy i alle hav; de ble funnet i 12.8 % av magene i Norskehavet, 36.7 % i Islandshavet, 9.4 % i Irmingerhavet og 17.2 i Labradorhavet, og utgjorde henholdsvis 11.8 %, 5.6 %, 14.7 % og 18.0 % av vekten. Rester av amfipoder ble funnet i 2.3-3.4 % i fisk fra Norskehavet, Irmingerhavet og Labradorhavet, og utgjorde 2.1 %, 6.2 % og 3.3 % av den totale byttevekten. *Themisto spp.* forekom hyppigst hos fisk fra Islandshavet (10.0 % mot 23.6 % av vekt). Krill hadde hyppigst forekomst i Islandshavet og Norskehavet (hhv 8.5 % og 10.0 %) hvor de utgjorde 10.8 % og

1.8 % av vekten. I Labradorhavet ble appendikularia funnet i 29.3 % av magene, og representerte 19.2 % av totalvekt til alle byttekategorier i det området.

Tabell 3-1 Oversikt over bytteindivider og fordøyd materiale observert i magen til nordlig lysprikkfisk. Prosentvis forekomst av ett eller flere individer av en byttekategori i magen til nordlig lysprikkfisk (Frequency of Occurrence, %F), og prosent tørrvekt (%W) er sammenlignet mellom Norskehavet (Nor), Islandshavet (Isl), Irmingerhavet (Irm) og Labradorhavet (Lab). Antall tomme mager per havområde er vist i antall mager og som prosent (%).

Bytte	Nor		Isl		Irm		Lab	
	%F	%W	%F	%W	%F	%W	%F	%W
Amphipoda rester	2.1	2.1	-	-	2.1	6.2	3.4	3.3
<i>Themisto spp.</i>	6.4	10.7	10.0	23.6	1.0	7.1	-	-
Euphausiacea	8.5	10.8	10.0	1.8	4.2	9.3	-	-
Sergestidae	2.1	1.5	-	-	-	-	-	-
Calanoida	12.8	11.8	36.7	5.6	9.4	14.7	17.2	18.0
<i>Calanus finmarchicus</i>	2.1	2.1	-	-	4.2	5.3	3.4	12.0
<i>Calanus hyperboreus</i>	2.1	3.6	63.3	45.2	1.0	6.2	5.2	6.9
<i>Paraeucheta spp.</i>	4.3	4.1	26.7	9.7	8.3	32.1	12.1	8.6
<i>Paraeuchaeta norvegica</i>	2.1	7.2	10.0	2.3	2.1	5.3	6.9	11.7
<i>Metridia spp.</i>	-	-	13.3	0.8	-	-	3.4	1.8
Appendikularia	-	-	-	-	1.0	0.9	29.3	19.2
Chaetognatha	2.1	0.5	-	-	-	-	1.7	2.4
Ostracoda	-	-	3.3	0.2	1.0	1.8	3.4	0.6
Øvrige kopepoder	-	-	-	-	-	-	6.9	3.6
Ubestemt	-	-	-	-	1.0	1.3	-	-
Fordøyd	36.2	45.6	43.3	10.4	5.2	8.0	17.2	9.9
Total antall mager	47	47	30	30	96	96	58	58
Tomme mager, %	36.2	36.2	0	0	68.8	68.8	48.3	48.3

3.6.1 Partial fullness index (PFI)

Mengden konsumerte byttedyr i ulike områder, uttrykt som Partial Fullness Index (PFI), indikerer at amfipoder og kopepoder dominerte i mageinnholdet til nordlig lysprikkfisk i de fleste av havområdene, og at krill var et viktig bytte i alle fire områder utenom Labradorhavet, hvor appendikularier forekommer i større grad i mageinnholdet enn hos fisk i de andre områdene (Fig. 3-11). Nordlig lysprikkfisk har en forholdsvis lik diett i de ulike geografiske områdene, men preferansen for de forskjellige byttedyrsartene varierer med område.

Amfipoder var en viktig byttedyrsart i alle havområder; *Themisto spp.* utgjorde totalt 49.0 % a i Islandshavet, og er derfor en viktigere byttedyrsart for nordlig lysprikkfisk enn kopepoder som *C. hyperboreus* (16.0 %), *P. norvegica/ Paraeucheta spp.* (totalt 12.0 %), og krill (4.0 %) i dette havområdet. Amfipoder var også en viktig byttedyrsart i Irminger- (10.3 %) og Norskehavet (19.0 %). I Labradorhavet dominerte hovedsakelig kopepoder som *C. finmarchicus* (27.0 %), *P. norvegica/Paraeucheta spp.* (17.0 %). *C. finmarchicus* var viktigste byttedyrsart i Norskehavet (30.0 %) sammenlignet med andre kopepoder (*P. norvegica*, 15.0 %, *C. finmarchicus*, 10.0 %) og amfipoder. I Irmingerhavet bestod henholdsvis 11.0 % og 21 % av mageinnholdet til nordlig lysprikkfisk av *P. norvegica* og *Paraeucheta spp.*, i dette området dominerte også *C. hyperboreus* (11 %) og krill (13 %).

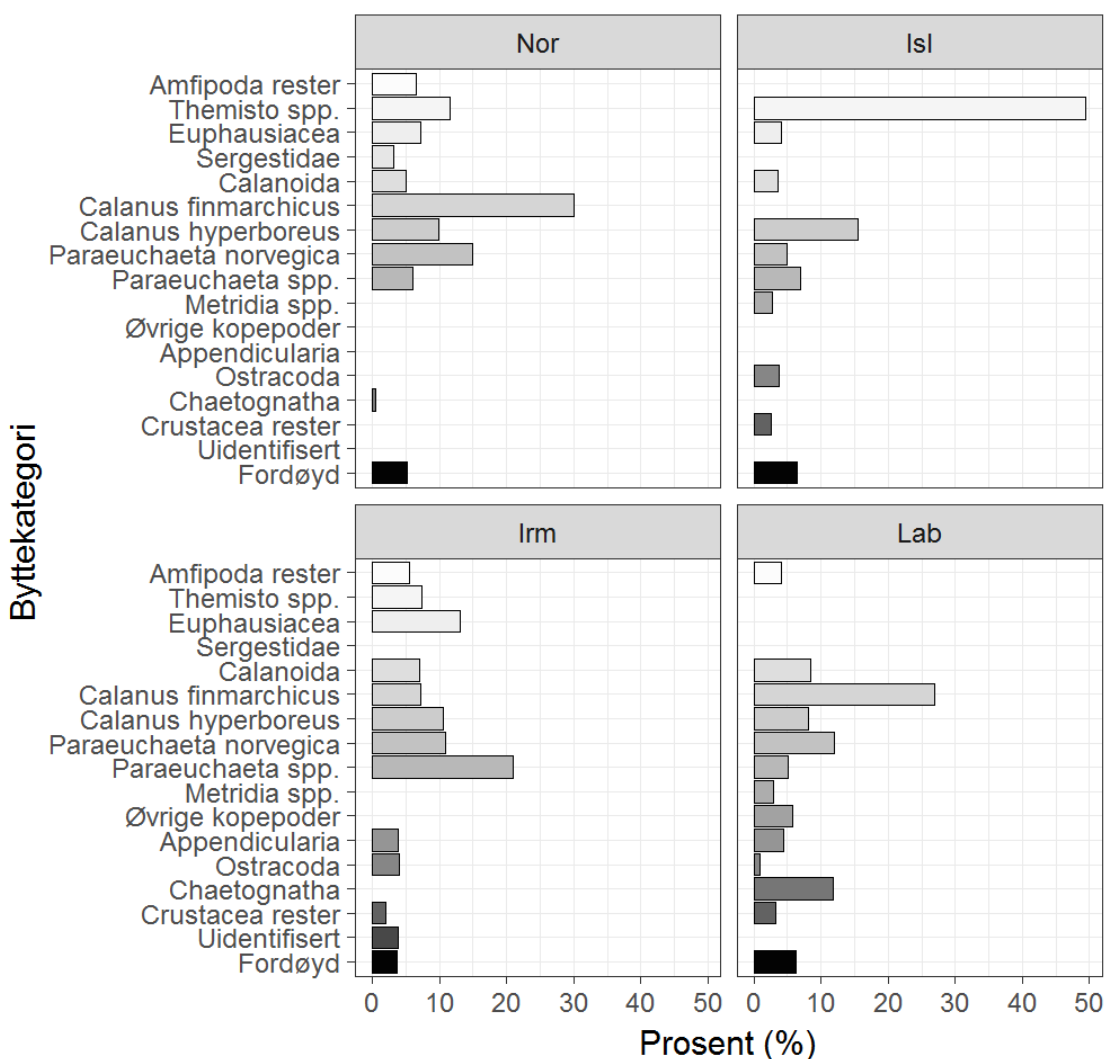


Fig. 3-11 Sammenligning av bytter uttrykt som Partial Fullness Index (PFI), gruppert i havområder. Mengden av hver byttedyrsgruppe er vist i proporsjon.

3.6.2 Byttedyrseleksjon

Den modifiserte selektivitetsindeksen til Ivlev (D_i) indikerer en positiv seleksjon for en gitt byttekategori når D_i nærmer seg 1, og unngår byttet når D_i er negativ og nærmer seg -1 (Fig 3-12). Nordlig lysprikkfisk har sterk positiv seleksjon for *Paraeuchaeta spp.* ($D_i > 0.83$ for alle områder) og *P. norvegica* ($D_i > 0.93$). Nordlig lysprikkfisk har positiv seleksjon for *C. hyperboreus* i alle havområder ($D_i > 0.55$) med unntak av Labradorhavet ($D_i = 0.12$) Krill (Euphausiacea) er positivt selektert i Norskehavet ($D_i = 1.0$), og Islandshavet ($D_i = 0.90$), men med ingen seleksjon i Irmingerhavet ($D_i = 0.19$), og negativ seleksjon i Labradorhavet ($D_i = -1.0$). Calanoide kopepoder (Calanoida) er kun foretrukket i Islandshavet ($D_i = 0.98$).

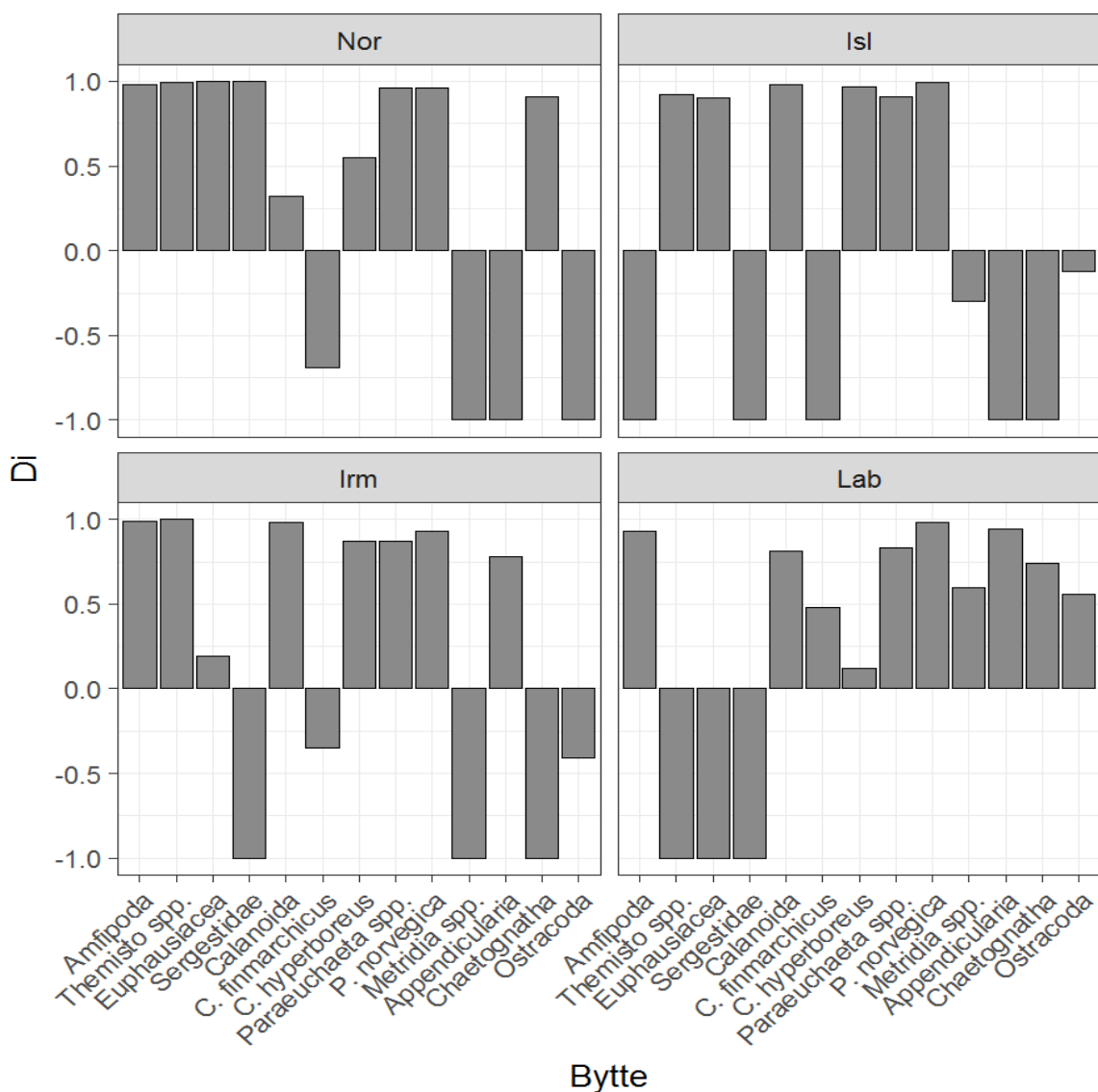


Fig. 3-12 Ivlevs selektivitetsindeks for ulike byttedyrsarter i Norskehavet (a), Islandshavet (b), Irmingerhavet (c) og Labradorhavet (d). Seleksjonskoeffisienten indikerer negativ seleksjon for en byttedyrsart eller -gruppe når den er negativ ($0 > D_i > -1$), og positiv seleksjon når den er positiv ($0 < D_i < 1$).

3.6.3 Ontogenetiske variasjoner i dietten til nordlig lysprykkfisk

For å sammenligne størrelser på bytter med predatorstørrelse, ble byttekategoriene gruppert etter størrelse (Tab 3-2). Mengden amfipoder i nordlig lysprykkfisks mageinnhold økte med predatorstørrelse og var en viktig byttedyrsart hos fisk med $SL \leq 51$ mm, og mindre viktig for fisk med i lengdeintervallet 24-41 mm (Fig 3-13). Kopepoder med en total lengde på over 5 mm ble konsumert hyppigst i 63-78 mm lengdegruppe og 43-50 mm lengdegruppe, og minst av 53-60 mm lengdegruppe. Kopepoder med total lengde mindre enn 5 mm, ble observert oftest lengdegruppe 24-40 mm og 43-50 mm, og i liten grad i fisk over 51 mm.

Tabell 3-2 Gruppering av byttedyrsarter for sammenligning mellom predatorstørrelse (totallengde, TL mm). For Amfipoder, Appendikularia og Ostracoda er gjennomsnittslengde av egne målinger benyttet. For krill (Euphausiacea) stammer lengdemålingen kun fra én prøve. Totallengden til kopepoder er hentet fra litteraturen, link til lengdemål og tilhørende sitering er lagt under kilder.

Gruppe/art	TL (mm)	Kommentar	Kilder
Amfipoda	8.31	Gjennomsnitt	Egne målinger
Appendikularia	2.36	Gjennomsnitt	Egne målinger
Chaetognatha	-	Ikke-målbare rester	-
Copepoda < 5 mm	< 5.00	<i>C. finmarchicus</i>	https://copepodes.obs-banyuls.fr/en/fichesp.php?sp=502
	< 4.60	<i>Chiridius obtusifrons</i>	https://copepodes.obs-banyuls.fr/en/fichesp.php?sp=149
	< 3.63	<i>Paraeuchaeta hebes</i>	https://copepodes.obs-banyuls.fr/en/fichesp.php?sp=771
	< 4.50	<i>Metridia spp. (M. longa)</i>	https://copepodes.obs-banyuls.fr/en/fichesp.php?sp=983
Copepoda > 5 mm	< 10.00	<i>C. hyperboreus</i>	https://copepodes.obs-banyuls.fr/en/fichesp.php?sp=505
	< 8.00	<i>P. norvegica</i>	https://copepodes.obs-banyuls.fr/en/fichesp.php?sp=781
	< 11.00	<i>P. glaciale</i>	https://copepodes.obs-banyuls.fr/en/fichesp.php?sp=764
Crustacea	-	Ikke-målbare rester	-
Euphausiacea	11	Ett individ lengdemålt	Egne målinger
Fordøyd	-	Ikke målbart	-
Ostracoda	2.57	Diameter	Egne målinger
Sergestidae	-	Kun rester	-
Uidentifisert	-	Kun rester	-
Øvrige kopepoder	-	Ingen info om lengde	-

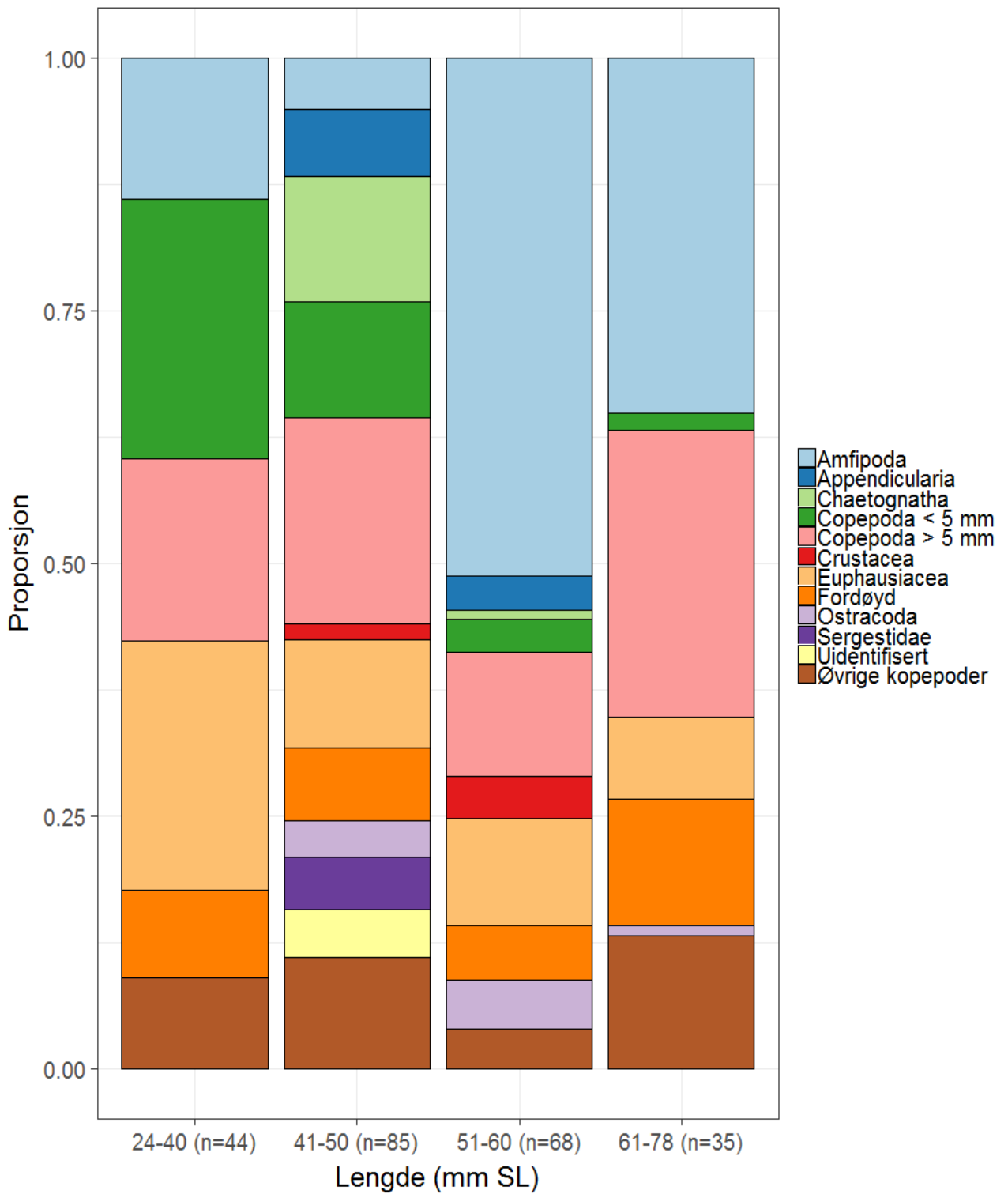


Fig. 3-13 Partial Fullness Index (PFI) for ulike byttedyrgrupper gruppert etter størrelse konsumert av nordlig lysprykkfisk, hvor fisk fra alle havområder er slått sammen. Predatorer er delt inn i 4 lengdekategorier.

3.7 Sammenligning av mageinnhold - PCA

Den første PCA aksen forklarte 30 % av den totale variasjonen i datasettet, og viser særlig en gradient i mengden *Calanus hyperboreus* i fiskenes diett (Fig 3-14). Fiskene som har spist mye *C. hyperboreus* har typisk spist lite Chaetognatha og *C. finmarchicus*. Den andre PCA aksen forklarer 19 % av variasjonen i datasettet, og viser særlig en gradient i mengden *Themisto* spp. Fiskene som har spist mye *Themisto* spp. har også spist en del *Paraeuchaeta norvegica*, men lite calanoide kopepoder.

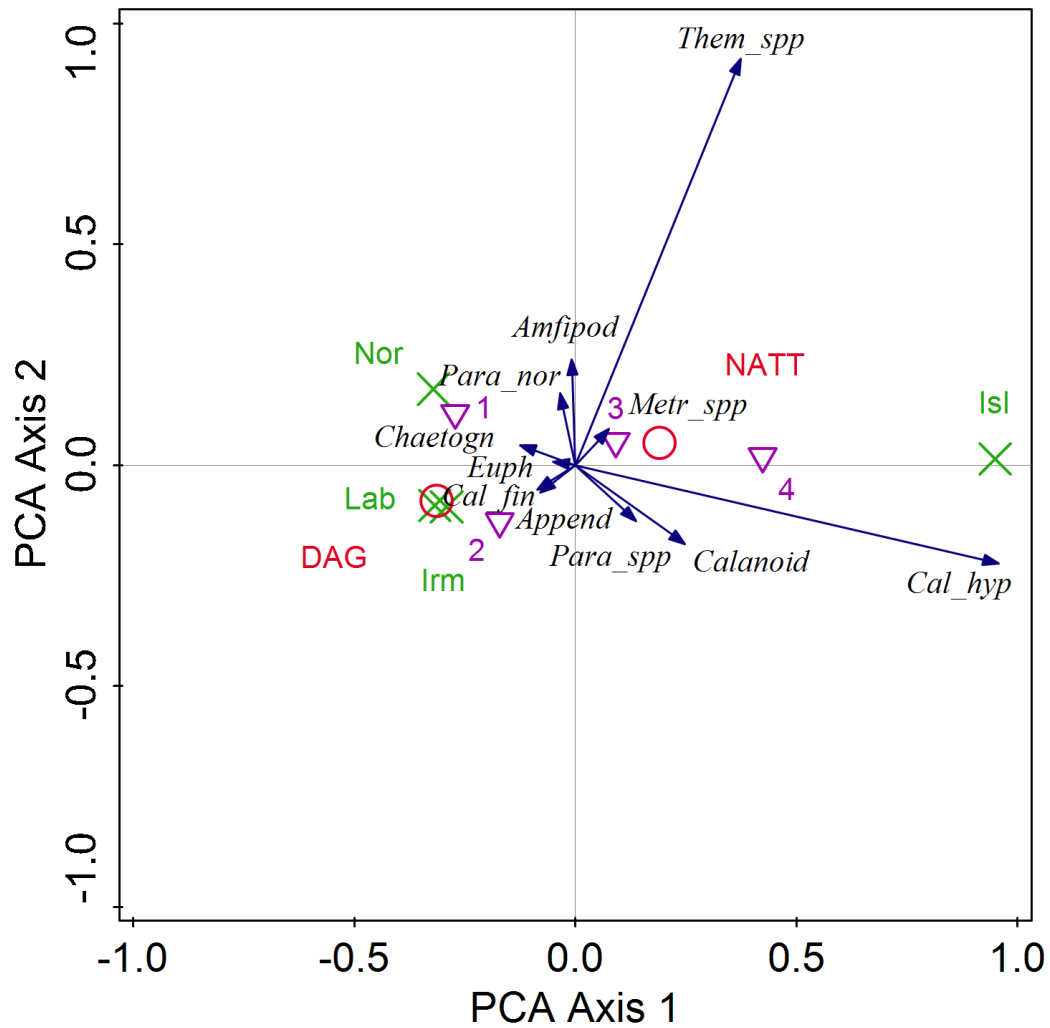
Islandshavet skiller seg fra de tre andre områdene. I Islandshavet har fiskene spist mye *C. hyperboreus*, og mengden *Themisto* spp. funnet i mageinnholdet til disse fiskene kan også knyttes til hvorfor dietten for fisk i dette området er ulik dietten til fisk i andre områder.

Appendikularia og *C. finmarchicus* forekommer hyppigst i Labradorhavet og Irmingerhavet. I Norskehavet er Amfipoda og *P. norvegica* viktige arter.

Dag og natt er knyttet til den første PCA aksen og ligger på motsatt side i biplottet, som kan tyde på at det er stor ulikhet mellom dietten til fisker fanget på dag- og nattestid.

Mageinnholdet om natten kan bestå hovedsakelig av *C. hyperboreus*, mens mageinnholdet om dagen kan bestå av mer Appendicularia og *C. finmarchicus*. Dette kan skyldes at det kun var noen få trålhal som ble gjort om natten. Data fra Islandshavet stammer alle fra fisk fanget på natten, så Døgn-variabelen kan gjenspeile forskjeller som heller stammer fra område, enn fra tid på døgnet. Det ble funnet flest små fisk i Norskehavet, og disse hadde spist Chaetognatha. Det ble funnet mest av de største fiskene i Islandshavet, og disse hadde hovedsakelig *C. hyperboreus* i dietten.

Forskjellen i mageinnholdet til nordlig lysprikkfisk mellom dag og natt, er signifikant ($F_{1,120} = 4.74$, $p < 0.01$). Det er også en signifikant forskjell i mageinnholdet mellom havområder ($F_{3,118} = 4.79$, $p < 0.01$). En RDA-ordinasjon viste derimot ingen signifikant forskjell i mageinnhold mellom lengdegruppene ($F_{3,118} = 1.52$, $p = 0.06$)



Figur 3-14 PCA-ordinasjonsplot av PFI-indeksen til byttedyrsarter funnet i nordlig lysprykkfisk. Det er lagt på dag/natt som røde sirkler, havområder som grønne kryss og lengdegrupper i lilla, hvor lengdegruppe 1 = 24-40 mm, 2 = 41-50 mm, 3 = 51-60 mm og 4 = 61-78 mm. Førsteaksen forklarer 30 % av variasjonen i dataene, andreaksen forklarer 19 (Forklart variasjon 49.36 %).

4 Diskusjon

Denne studien har vist at nordlig lysprikkfisk har en ulik fødebiologi i de ulike havområdene. I Norskehavet og Labradorhavet foretar nordlig lysprikkfisk vertikale døgnvandring, og er oppe i eufotisk sone og spiser zooplankton på nattetid, mens fisk i Irmingerhavet og Islandshavet oppholder seg under 200 m hele døgnet. Tettheten av byttedyrsarter var høyest fra 0-50 m i alle havområder, hovedsakelig dominert av calanoide kopepoder. Tettheten i dypere deler av vannsøylen, hvor nordlig lysprikkfisk oppholdt seg midt på dagen, var lav. Nordlig lysprikkfisks diett bestod av mindre byttedyr som appendikularier, *Calanus finmarchicus* og *Metridia spp.* til større bytter som *Calanus hyperboreus*, *Paraeuchaeta spp.*, amfipoder og krill. Det ble funnet signifikante forskjeller i fiskenes diettsammensetning mellom hvert område. Videre i diskusjonen vil forskjeller i diett diskuteres med hensyn på migrasjonsmønster, fordelingen til zooplankton i vannsøylen, og foretrukne byttearter i sammenheng med predatorstørrelse og tetthet.

4.1 Migrasjonsmønsteret til nordlig lysprikkfisk

Nordlig lysprikkfisk i Norskehavet og Labradorhavet foretar vertikale døgnvandring til eufotisk sone på natten (< 200 m), antageligvis for å spise (Fig 3-2a, d). Lave zooplanktonkonsentrasjoner i dypet gjør at tilgangen på føde på 200-600 m dyp hvor fisken oppholder seg på dagtid, er lav. Vertikal døgnvandring hos nordlig lysprikkfisk og andre mesopelagiske organismer er tidligere funnet av Dypvik et al. (2010, 2012a), García-Seoane et al. (2013), Sameoto (1988, 1989) og Norheim et al (2016). Norheim et al. (2016) fant at bakgrunnen for ekkolagens fordeling avhenger av lystilførselen i havområdene, og at nordlig lysprikkfisk har en spesifikk preferanse for en gitt spekter av lys, definert som fiskens *Light Comfort Zone*, LCZ (Røstad et al. 2016). LCZ tilsvarer de lysstyrkene hvor det er nok lys til at fisken selv kan jakte, men lite nok lys til at den selv unngår å bli sett av predatorer (Røstad et al. 2016). Røstad et al. (2016) peker på at mesopelagiske organismer har utviklet seg til å aktivt unnvike sterke og for svake lysintensiteter, som en avveining mellom å risikere å bli spist og å spise selv. Funn gjort av Dypvik (2012b) og Norheim (2016) viser at nordlig lysprikkfisk holder seg til sin LCZ gjennom hele døgnet ved å foreta vertikale vandring, som samsvarer med vandringsmønsteret sett hos nordlig lysprikkfisk i Norskehavet og Labradorhavet.

I Islandshavet og Irmingerhavet oppholder nordlig lysprikkfisk seg dypere enn 200 m hele døgnet, trolig som følge av lysere netter og midnattssol i disse områdene (Fig 3-2b, c).

Studien til Norheim (2016) som også baserer seg på data innsamlet på EURO BASIN-toktet, finner at lysinntrengingen i Islandshavet er 1000 ganger høyere på sommerhalvåret enn hva som ble funnet øst i Norskehavet, og at dette påvirker ekkolagets plassering i vannsøylen på dag- og nattestid (Norheim et al. 2016). I Irmingerhavet kan dette ha medført at nordlig lysprikkfisk spiser mindre enn fisk i de andre havområdene, fordi de unngår eufotisk sone hvor zooplanktontettheten er høyest. Fisk fra Irmingerhavet hadde en høy andel tomme mager, og et spisemønster som tydet på at de spiste hva enn de kom over. Dette gjenspeiles i den lave tettheten av zooplankton fra 200 m og dypere i vannsøylen i Irmingerhavet. Tykkelsen på ekkolaget i dette området kan tyde på et høyt antall mesopelagiske organismer i dette området, og det kan spekuleres i om dette medførte høy konkurranse om bytter for nordlig lysprikkfisk i Irmingerhavet. I motsetning til fisk fra Irmingerhavet, hadde alle fiskene i Islandshavet mye mat i magen med lav fordøyelsesgrad, som tolkes til at de nylig hadde spist. De fulle magene skyldes trolig fordelingen til *Calanus hyperboreus* i dette området, som i tillegg til å opptre med høyest tetthet fra 0-50 m, var aggregert på 200-400 m dyp. For fisk i Irmingerhavet, kan det se ut som å oppholde seg i LCZ og å unngå predasjon, skjer på bekostning av byttetilgjengelighet. Nordlig lysprikkfisk unngår altså eufotisk sone når lysstyrken der blir for høy og predasjonsrisikoen øker, selv om tilgangen på føde er størst på 0-50 m dyp.

Tidligere studier har vist at nordlig lysprikkfisk trives i temperaturer fra 3-12 °C (Sameoto 1989). I Islandshavet fordeler ekkolaget seg i vannmasser med temperaturer på mellom 0 °C og -0.5 °C som følger av den Østlige Grønlandsstrømmen (East Greenland Current, EGC, Fig 3-1a). Halldiay (1970) hevder at nordlig lysprikkfisk tidligere er funnet i vannmasser med temperaturer på 0 og 18 °C, men funn fra denne studien peker på at nordlig lysprikkfisk også kan forekomme i vannmasser kaldere enn 0 °C. Sameoto (1988) fant at ekstreme temperaturer kan fungere som en øvre eller nedre barriere for ekkolaget i vannsøylen. Staby & Aksnes (2011) studerte fordelingen til laksesild over 15 måneder, men fant ingen sammenheng mellom temperatur og fiskens fordeling i vannsøylen. De homogene temperaturforholdene i Islandshavet, Irmingerhavet og Labradorhavet hvor nordlig lysprikkfisk oppholder seg gjennom døgnet (Fig 3-2), gir liten grunn til å tro at dette har en direkte innvirkning på ekkolagets fordeling.

Lysprikkfisk i Irmingerhavet fordelte seg dypest sammenlignet med de andre områdene, da ekkolaget i dette området strekker seg helt ned til ca 700 m. Tidligere studier som blant annet omfatter nordlig lysprikkfisks vertikale fordeling (Dypvik et al. 2012a, García-Seoane et al.

2013, Pepin 2013) nevner ikke salinitet som en påvirkende faktor for fiskens utbredelse i vannsøylen. En tidligere studie fra Norge gjort i Byfjorden og Herdlefjorden av Gjøsæter (1973b) viste at nordlig lysprikkfisk befant seg i et overflatelag med salinitet mellom 30.5-33.2 ‰ som styrker påstanden om at fordelingen til ekkolaget i de ulike havområdene ikke begrenses av lav salinitet, da nordlig lysprikkfisk befant seg i vannmasser med >34 ‰ i alle områder. Staby & Aksnes (2011) fant at vannmasser med høy lysabsorpsjon ikke ser ut til å begrense fordelingen til den mesopelagiske fisken laksesild i dypet i Masfjorden, og begrunnet dette med at predasjonsrisikoen kun øker med økende lysinnstråling (Staby & Aksnes 2011). Den begrensende faktoren i dypet vil heller være mangelen på nok lys til at fisken selv kan jakte (Staby & Aksnes 2011).

4.2 Fødepreferanser hos nordlig lysprikkfisk

Dietten til nordlig lysprikkfisk bestod hovedsakelig av calanoide kopepoder, amfipoder og krill (Tab 3-1). Det er tidligere gjort lignende studier på fødeopptaksøkologi for nordlig lysprikkfisk i vestlige områder av Nordatlanten (García-Seoane et al. 2013, Sameoto 1988, 1989, Albikovskaya 1982, Pepin 2013), men også fra Norskehavet (Gjøsæter 1973b, Dypvik et al. 2012a), og vest av Irland (Kawaguchi & Mauchline 1982). Dypvik et al. (2012) beskrev en diett bestående hovedsakelig av *Calanus finmarchicus* for fisk i Masfjorden i oktober. Denne kopepoden var en viktig byttedyrsart i Norskehavet og Labradorhavet i mine funn, og så ut til å bli foretrukket over andre byttedyrsarter i Labradorhavet (Fig 3-12). Også Albikovskaya (1988) fant en høy forekomst av *C. finmarchicus* i mageinnholdet til nordlig lysprikkfisk, sammen med *Calanus hyperboreus*, krill og amfipoder. Mine funn tyder på at krill, som var tilgjengelig i eufotisk sone i Labradorhavet, ble selektert bort til fordel for appendikularia, som var høyst tallrik fra 0-50 m i dette området. appendikularia er også funnet i tidligere studier fra Labradorhavet (Sameoto 1989, García-Seoane et al. 2013), men med lavere forekomst i mageinnholdet enn det som ble funnet i mitt studie.

García-Seoane et al. (2013) studerte fødebiologien til nordlig lysprikkfisk ved Flemish Kapp, og fant at *Calanus hyperboreus*, *Metridia longa* og *Paraeuchaeta spp.* forekom oftest i mageinnholdet sammen med krill og *Themisto spp.*, og knyttet blant annet årsaket det brede byttespekter til temperaturgradienter i vannsøylen (García-Seoane et al. 2013). *Calanus hyperboreus*, *Themisto spp.* og *Metridia longa* assosieres med arktiske farvann (Gislason & Silva 2012), noe som stemmer overens med at de forekom hyppig i dietten til fisk i Islandshavet, hvor den Østre Grønlandsstrømmen (EGC) dominerer. *Paraeuchaeta norvegica*, som også var en viktig byttedyrsart i Islandshavet, er derimot knyttet til Nordatlantiske

vannmasser forårsaket av det Nordatlantiske havstrømssystemet, NAC, med høyere temperaturer og salinitet. Hydrografiske funn i denne studien (Fig 3-2) antyder at NAC dominerer i de øvre delene av vannmassene i Islandshavet, Norskehavet og Irmingerhavet, og at arktisk havvann legger seg under og ned i dypet. García-Seoane et al. (2013) fant at Amfipoder dominerte i nordlig lysprikkfisks diett i områder med høy påvirkning av den kalde Labradorstrømmen (LC) i Labradorhavet, og at den utgjorde ca 30 % i disse områdene. I områder med påvirkning av NAC nådde kopepoder sitt maksimum på 3.4 %. Dette kan være med på å forklare hvorfor amfipoder kun oppholdt seg i de øvre vannmassene i Labradorhavet, da disse områdene ser ut til å påvirkes av LC, men at amfipoder kun ble observert dypere enn 200 m i Norskehavet, hvor et varmt overflatelag dominerte de øvre vannmassene.

Tidligere studier (Sameoto 1988) har funnet at nordlig lysprikkfisks foretrukne byttedyr har en direkte tilknytning til byttedyrets tetthet i vannsøylen hvor nordlig lysprikkfisk oppholder seg. Dette kan forklare hvorfor appendikularia ble funnet i 29.3 % av magene til nordlig lysprikkfisk i Labradorhavet (Tab 3-1), og den høye forekomsten av *C. hyperboreus* i magene til lysprikkfisk i Islandshavet. Appendikularia opptrådte med høy tetthet i de øverste 0-25 m av vannsøylen i Labradorhavet, hvor nordlig lysprikkfisk antas å spise om natten. *C. hyperboreus* hadde en bimodal fordeling i vannsøylen i Islandshavet, og opptrådte med høy tetthet på 200-400 m, hvor nordlig lysprikkfisk oppholdt seg gjennom døgnet. I Norskehavet er appendikularia derimot ikke spist, selv om den forekom med relativt høy tetthet i eufotisk sone, hvor nordlig lysprikkfisk antas å spise. Det kan tenkes at nordlig lysprikkfisk velger bort appendikularia for større bytter, eller det kan tenkes at lysprikkfisk velger bytter med høyere næringsinnhold, som krill og kopepoder i Norskehavet.

4.3 Fordelingsmønsteret til zooplankton

Calanoide kopepoder dominerte i antall i alle havområder, og zooplanktontettheten var høyest fra 0-50 m (Fig. 3-3). Høyest tetthet ble funnet i Labradorhavet og Norskehavet, de laveste tetthetene ble funnet i Islandshavet, som også skiller seg ut ved at *Metridia spp.* og ikke *Calanus finmarchicus* dominerer i øvre del av eufotisk sone. Calanusarter og noen krillarter lever av planteplankton (Clark et al. 2001). Trolig vil disse artene finnes med høyest tetthet i eufotisk sone, hvor tilgangen på fotosyntetiserende planteplankton er høyest, som samsvarer med mine resultater. Funn fra denne studien viste også at fordelingen til *Paraeuchaeta spp.*, Chaetognatha, *Themisto spp.* og andre amfipoder var spredt over større dybdeintervaller i forhold til *Calanus spp.* og krill, i tillegg til at de forekom i eufotisk sone. Den lave tettheten

med blant annet *Paraeuchaeta spp.* og *Themisto spp.* i eufotisk sone, kan bety at også disse unngår vannmasser med høy lysinnstråling for å unngå predasjon, for eksempel fra nordlig lysprikkfisk. Kaartvedt et al. (2002) fant at *Paraeuchaeta norvegica* hadde en bimodal fordeling i Lurefjorden, hvor de opptrådte aggregert ved to ulike dybdeintervaller. Individuer i det øverste laget gjennomførte vertikal døgnavandring (Kaartvedt et al. 2002). Karnivore krill og *Paraeuchaeta spp.* er store nok til å foreta vertikalvandring, og dermed være i eufotisk sone i korte perioder for å spise *Calanus spp.* (Fleddum et al. 2001, Kaartvedt et al. 2002) og eventuelt andre små kopepoder. Dette kan tenkes også å gjelde for andre karnivore plankton som pilorm og amfipoder, uten at det kan sies med sikkerhet. I likhet med nordlig lysprikkfisk, foretar også enkelte av fiskens byttedyrarter vertikal døgnavandring for å spise, og for å unngå å bli spist, noe som medfører at disse befinner seg i dypet på dagtid, hvor det er lav predasjonsrisiko. På denne måten har nordlig lysprikkfisk tilgang på føde også i dypet, selv om tettheten her er betraktelig lavere enn i eufotisk sone.

4.4 Ontogenetisk variasjon i diett.

Dietten til nordlig lysprikkfisk endret seg med størrelsen på fisken (Fig 3-13). Generelt spiste større fisk større bytter, slik som amfipoder, og mindre av de små, slik som små kopepoder. Disse funnene stemmer overens med tidligere studier av ontogenetiske diettvariasjoner (Gjøsæter 1973b, Kawaguchi & Mauchline 1982). Observasjoner gjort av García-Seoane et al. (2013) påpeker at større fisk hadde et bredere byttedyrspekter enn små fisk. I mitt studie ble det funnet at mellomstore fisk hadde det bredeste byttedyrspekteret, og at de største (>60 mm SL) hadde et snevrere byttedyrspekter enn mellomstore fisk (51-60 mm, Fig 3-14). Krill, som regnes som et relativt stort bytte i forhold til kopepoder, muslingkreps og appendikularia, var en viktig del av dietten til de minste fiskene (<40 mm). Det ble kun funnet rester av krill i mageinnholdet til nordlig lysprikkfisk i mitt studie, og det største fragmentet av byttedyrsgruppen ble målt til 11 mm hos en fisk i Irmingerhavet (SL = 42 mm). García-Seoane et al. (2013) fant at unge individer av krill var et viktig bytte for nordlig lysprikkfisk ved Flemish Kapp, hvor flesteparten av de identifiserte artene varierte mellom 11-14 mm TL. Amfipoder, en av de store byttedyrsartene, ble funnet mest i fisk 51-60 mm, men var blitt spist i alle lengdegruppene. Funn gjort av García-Seoane et al. (2013) finner samme resultater, men fant i tillegg at amfipoder og krill kun ble spist av nordlig lysprikkfisk ≥ 36 mm. Dette samsvarer også med funn gjort av Dypvik et al. (2012a) og kan forklare høy funn av krill og amfipoder i magen til fisk i den minste lengdegruppen (24-40 mm) i mitt studium. Lengdefordelingen til nordlig lysprikkfisk var tilnærmet normalfordelt i Labradorhavet (Fig

3-4), mens fiskene var gjennomsnittlig mindre i Norskehavet og Irmingerhavet, mens det for Islandshavet var lengre, og det kan ikke utelukkes at regionale forskjeller i diett kan påvirke resultatene funnet for ulike størrelsesklasser av nordlig lysprikkfisk i dette studiet.

4.5 Fødeintensitet

Total fullness index (TFI) var generelt lav for fisk i alle områdene, og varierte mellom 0 og 0.0006 (Fig 3-9). Indeksen funnet i denne studien er generelt 10-100 ganger mindre enn den funnet av García-Seoane et al (2013). Grunnen er at det ble brukt tørrvekt av byttedyr ved utregning av indeksen, da ferskvekt av bytter inneholdt mye væske etter disseksjon, og kunne gi upresise resultater siden byttedyrene generelt veier lite. Resultater i denne oppgaven er derfor ikke direkte sammenlignbare med resultatene funnet av García-Seoane et al. (2013), men kan sammenligne fødeintensiteten til nordlig lysprikkfisk mellom havområder.

Fødeintensiteten til nordlig lysprikkfisk i Islandshavet var signifikant høyere enn den funnet hos fisk i Labradorhavet og i Norskehavet, hvor fødeintensiteten var lavest (Fig. 3-9).

Størrelsen på byttedyr kan påvirke mengden som må spises før magen er full. Større byttedyrgrupper som krill, amfipoder og *Paraeuchaeta spp.* kreves gjerne i små mengder før fisken er mett. Dette samsvarer med funn fra mageanalysene, hvor det kun ble observert enkeltindivider av større *Themisto spp.* i magen til nordlig lysprikkfisk, og at magesekken i disse tilfellene med sikkerhet kunne anslås som fulle. Små byttearter, eksempelvis appendikularia for fisk i Labradorhavet, ble observert i høyt antall i magen til enkelte individer, uten at det ble observert en høy fyllgrad. Det kan tenkes at amfipoder, krill og større byttearter er mer energikrevende å fange i forhold til mindre byttedyrgrupper som er tilnærmet immobile i vannsøylen. Størrelsen på bytter kan være en avveining mellom å få fylt opp magen med å spise én, eller å måtte kontinuerlig spise små bytter for å oppnå samme metthetsfølelse.

4.6 Påvirkninger av fiskens fødebiologi på HSI, GSI og kondisjon

Knyttet til gytetid, kan det antas at modnende og gytende fisk har en høyere GSI enn fisk som er utgytt eller hvilende, da gyteklare gonader vil ha en høyere vekt et utgytte. Fisk i Norskehavet er antatt å gyte i juni-juli (Gjøsæter 1981), og det kan antas at fisk i Norskehavet enten var modnende, gytende eller utgytt, og at GSI-verdien for disse fiskene varierte som følger av dette. Fiskene i Irmingerhavet og Labradorhavet er antatt å gyte i mars-april (Halliday 1970), og fisk funnet i dette studiet kan derfor allerede ha gytt, som forklarer en lavere GSI for fisk i Irmingerhavet og Labradorhavet. Den høye GSI-verdien for fisk i

Islandshavet (Fig 3-5d), kan tyde på at disse fiskene enten var modnende eller gytende, uten at dette kan sies sikkert.

Til tross for en tilsynelatende lavere zooplanktontetthet i eufotisk sone i Islandshavet sammenlignet med de andre havområdene, og fødetilgang som en potensielt begrenset faktor for lysprikkfisk, har individer i dette området likevel signifikant høyere kondisjon og fettlagring, målt som hepatosomatisk indeks (HSI) enn fisk i de andre havområdene (Fig 3-5c). En hypotese for dette kan være at en diett bestående av fettrike kopepoder som *C. hyperboreus* (Scott et al. 2000) kombinert med et mindre krevende migrasjonsmønster, gjør at fisk i dette området har høyere kondisjon mot fisk i andre havområder, hvor det antas at fisken migrerer opp til eufotisk sone om natten for å spise (Fig3-6). Appendikularia, den hyppigst spiste byttedyrsarten i Labradorhavet, er muligens ikke like rik på næring i form av lipider. Fisk i Labradorhavet og Norskehavet bruker derimot mer energi på å foreta vertikale døgnvandring til havoverflaten for å spise.

4.7 Variasjoner i fordøyelsesgrad og fyllgrad mellom områder

Fyllgrad til magesekk og fordøyelsesgrad på innholdet, kan gi en indikasjon på når fisken har spist (Dalpadado & Gjøsæter 1988). Studier fra Masfjorden (Dypvik et al., 2012, Balino & Aksnes 1993; Dypvik et al. 2012) og fra vest i Nord-atlanteren (Sameoto 1988, 1989) fant også et høyt antall tomme mager, og mener årsaken er når prøvene ble tatt, da Gjøsæter (1973b), Sameoto (1988) og Halliday (1970) hevder at nordlig lysprikkfisk spiser hyppigere på vår og sommer enn på høst- og vinterstid. Påstanden bekreftes av García-Seoane (2013), som i sine diettanalyser fra sørlige deler av Labradorhavet, kun fant at 22 % av alle lysprikkfisk hadde tomme mager i juni. Dette ikke ut til å være gjeldende for lysprikkfisk i Irmingerhavet, selv om det var forventet en høy fødeintensitet i tiden prøvene ble samlet inn.

Det kan tenkes at mengden tomme mager avhenger av tid på døgnet, da tidligere studier (Roe & Badcock 1984, Sameoto 1988, 1989), har vist at nordlig lysprikkfisk som foretar vertikal døgnvandring spiser aktivt om natten, og litt på dagtid i dypet. Fisk fra Islandshavet, som ble fanget i tidlig på morgenen, hadde generelt fulle mager med lite fordøyd innhold, som indikerer at fisken nylig har spist (Dalpadado & Gjøsæter 1988). Tid på døgnet kan forklare det høye antallet tomme mager i Norskehavet, Irmingerhavet og Islandshavet, uten at dette kan sies sikkert.

4.7.1 Påvirkninger på fordøyelseshastighet

De store mengdene fordøyd mat i magen til nordlig lysprikkfisk i Islandshavet, kan komme av at fordøyelsestiden kan være lenger for fisk som oppholder seg i lave temperaturer enn i høye, som funnet for juvenile torsk av (Knutsen & Salvanes 1999). En annen faktor som påvirker fordøyelseshastigheten, er maten som blir spist. En diett bestående av store mengder krepsdyr med harde eksoskjellett, krever lengre fordøyelsestid enn bløtdyr som appendikularia og pilorm (Bergstad et al. 2010). De ulike fordøyelseshastighetene gjør at byttedyrsarter funnet i magen til nordlig lysprikkfisk med ulik fordøyelsesgrad, kan ha blitt spist med kort tids mellomrom.

Knutsen og Salvanes (1999) viste i sitt studium på juvenile torsk at økt temperatur i omgivelsene økte fiskens fordøyelseshastighet og fôringsrate. Disse funnene på juvenile torsk kan muligens være gjeldende også for mesopelagisk fisk, slik at fisk i Norskehavet og Irmingerhavet som befant seg i temperaturer på henholdsvis 6 °C og 5 °C midt på dagen, kan ha høyere fordøyelsesrate og fôringsrate enn fisk i Islandshavet (~0 °C), og noe høyere enn Labradorhavet (3.75 °C). Det kan også tenkes at vertikal migrasjon til grunnere og varmere deler av vannsøylen, som foretatt av nordlig lysprikkfisk i Norskehavet, gjøres for å øke fordøyelsesraten. Da tilbakevendingen av sultfølelse hos fisk avhenger av hvor fort mageinnholdet fordøyes (Knutsen & Salvanes 1999), og at forekomsten av zooplankton kan endres over tid, kan det tenkes at temperatur har en indirekte effekt på hvilke bytter som blir spist. Fordøyelseshastighet og fôringsraten til nordlig lysprikkfisk er fra tidligere lite kjent, og det kreves flere undersøkelser på feltet før gode konklusjoner kan fastslås.

4.8 Lengdefordelingen til nordlig lysprikkfisk

Dypvik (2012) fant at størrelsen til nordlig lysprikkfisk hang sammen med fiskens vertikalfordeling, og at større individer forekommer dypere i vannsøylen enn mindre fisk. Da det ikke kan vites med sikkerhet hvor i vannsøylen nordlig lysprikkfisk fanges ved skråhal, kan det kun spekuleres i at større fisk i dette studiet har oppholdt seg dypere enn små individer. Det som med sikkerhet kan sies, er at alle lysprikkfisk fra Islandshavet stammer fra et dyp på ca 340 m (Fig 3-2) og de var signifikant lengre enn fisk i alle andre havområder (Fig 3-4). Kristoffersen og Salvanes (2009) hevder at vekstraten til nordlig lysprikkfisk avhenger av geografiske områder, og at fisk i nordlige breddegrader har en senere vekstrate kombinert med høyere maksimumvekst, og det kan tenkes at fiskene i Islandshavet er lenger enn fisk i de andre områdene som følge av en høyere alder. Gjøsæter (1973a), som blant annet har sammenlignet fiskens lengde med alder, kom frem til at fisk > 46.5 mm antas å være i 3-

årsklassen og eldre. Gjøsæter (1973a) sin aldersfordeling etter lengde kan tyde på at fisk fra 2- og 3-årsklassen forekom hyppigst i Norskehavet, mens fisk fra 3-årsklassen og eldre forekom i Islandshavet, og kun et fåtall fisk i Norskehavet og Islandshavet tilhørte 0-årsklassen. Det er likevel vanskelig å identifisere alder hos nordlig lysprikkfisk kun etter lengde, da lengden og vekstraten til fiskene avhenger av geografisk område (Kristoffersen & Salvanes 2009).

4.9 Mulige feilkilder og usikkerhet i resultatene

I denne studien ble det gjennomført mageanalyser på totalt 239 individer av nordlig lysprikkfisk. Antall fisk i prøven varierte fra hvert område avhengig av fiskenes mageinnhold, da målet var å ha 30 fisk fra hvert område med mat i magen. I Islandshavet hadde alle analyserte fisker relativt mye innhold i magen, og ingen fisk med tomme mager ble identifisert. I Irmingerhavet ble det derimot observert mange fisk med tomme mager, og flere lysprikkfisk måtte derfor gjennomgås før målet på 30 fisk med mageinnhold var nådd. For Norskehavet og Islandshavet stammer prøver av fisk fra én trålstasjon. Prøver fra flere enn én trålstasjon kunne muligens ha gitt et mer korrekt bilde på fødebiologien til nordlig lysprikkfisk i såpass store områder som Islandshavet og Norskehavet.

4.10 Konklusjon

Funn fra denne studien kombinert med tidligere funn av nordlig tyder på at lysintensitet spiller en viktig rolle for nordlig lysprikkfisks vertikalfordeling og vandringsmønster, og dermed også tilgjengeligheten av bytter i omgivelsene. I en avveining mellom å spise og selv unngå å bli spist, kan det se ut som predatorunngivelse veier tyngst, da nordlig lysprikkfisk oppholder seg i sine foretrukne lysstyrker gjennom hele døgnet, fremfor å oppsøke høye zooplanktonkonsentrasjoner i eufotisk sone hvor den risikerer å bli spist. Spisemønsteret til nordlig lysprikkfisk preges av hvilke byttedyrsarter som er tilgjengelig i vannsøylen, men det er også funnet at de aktivt velger større byttedyrsarter som amfipoder og større kopepoder, selv om tettheten til disse byttekategoriene er lav. Zooplanktonsammensetningen varierte med havstrømmer. Mindre fisk, mest sannsynlig tilhørende 2-årsklassen og mindre, foretrekker kopepoder, mens fisk fra 3-årsklassen og eldre ser ut til å velge bort små kopepoder til fordel for amfipoder.

5 Litteratur

- Aksnes DL, Røstad A, Kaartvedt S, Martinez U, Duarte CM, Irigoien X (2017) Light penetration structures the deep acoustic scattering layers in the global ocean. *Science advances* 3:e1602468
- Albikovskaya LK (1988) Some Aspects of the Biology and Distribution of Glacier Lanternfish (*Benthoosema glaciale*) Over the Slopes of Flemish Cap and Eastern Grand Bank. *NAFO Sci Coun Studies*, 12; 37-42:150-158
- Bagøien E, Kaartvedt S, Aksnes DL, Eiane K (2001) Vertical distribution and mortality of overwintering *Calanus*. *Limnology and Oceanography* 46:1494-1510
- Balino B, Aksnes DL (1993) Winter distribution and migration of the sound scattering layers, zooplankton and micronekton in Masfjorden, western Norway. *Marine Ecology-Progress Series* 102:35-35
- Bergstad OA, Gjelsvik G, Schander C, Høines ÅS (2010) Feeding ecology of *Coryphaenoides rupestris* from the Mid-Atlantic Ridge. *PloS one* 5:e10453
- Blindheim J (2004) Oceanography and climate. In: Skjoldal HR (ed) *The Norwegian Sea Ecosystem*. Tapir Academic Press, Trondheim
- Bowering WR, Lilly GR (1992) Greenland halibut (*Reinhardtius hippoglossoides*) off Southern Labrador and Northeastern Newfoundland (Northwest Atlantic) feed primarily on capelin (*Mallotus villosus*). *Netherlands Journal of Sea Research* 29:211-222
- Catul V, Gauns M, Karuppasamy PK (2011) A review on mesopelagic fishes belonging to family Myctophidae. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 21:339-354
- Cherel Y, Fontaine C, Richard P, Labatc J-P (2010) Isotopic niches and trophic levels of myctophid fishes and their predators in the Southern Ocean. *Limnology and oceanography* 55:324-332
- Clark DR, Aazem KV, Hays GC (2001) Zooplankton Abundance and Community Structure Over a 4000 km Transect in the North-east Atlantic. *Journal of Plankton Research* 23:365-372
- Dalpadado P, Gjørseter J (1988) Feeding ecology of the lanternfish *Benthoosema pterotum* from the Indian Ocean. *Marine Biology* 99:555-567
- Dypvik E (2010) Invers døgnvandring og fødebiologi hos nordlig lysprikkfisk (*Benthoosema glaciale*)

i Masfjorden. Master, UiO, Oslo

- Dypvik E, Klevjer TA, Kaartvedt S (2012a) Inverse vertical migration and feeding in glacier lanternfish (*Benthoosema glaciale*). *Marine Biology* 159:443-453
- Dypvik E, Røstad A, Kaartvedt S (2012b) Seasonal variations in vertical migration of glacier lanternfish, *Benthoosema glaciale*. *Marine biology* 159:1673-1683
- Fleddum A, Kaartvedt S, Ellertsen B (2001) Distribution and feeding of the carnivorous copepod *Paraeuchaeta norvegica* in habitats of shallow prey assemblages and midnight sun. *Marine Biology* 139:719-726
- García-Seoane E, Bernal Bajo A, Saborido-Rey F (2014) Reproductive ecology of the glacier lanternfish *Benthoosema glaciale*, Vol 727
- García-Seoane E, Dalpadado P, Vázquez A (2013) Feeding ecology of the glacier lanternfish *Benthoosema glaciale* (Actinopterygii, Myctophidae) in the Flemish Cap (North Atlantic Ocean). *Hydrobiologia* 717:133-146
- Giske J, Aksnes DL, Baliño BM, Kaartvedt S, Lie U, Nordeide JT, Salvanes AGV, Wakili SM, Aadnesen A (1990) Vertical distribution and trophic interactions of zooplankton and fish in Masfjorden, Norway. *Sarsia* 75:65-81
- Gislason A, Silva T (2012) Abundance, composition, and development of zooplankton in the Subarctic Iceland Sea in 2006, 2007, and 2008. *ICES Journal of Marine Science* 69:1263-1276
- Gjørseter J (1973a) Age, growth, and mortality of the myctophid fish, *Benthoosema glaciale* (Reinhardt), from Western Norway. *Sarsia* 52:1-14
- Gjørseter J (1973b) The food of the myctophid fish, *Benthoosema glaciale* (Reinhardt), from western Norway. *Sarsia* 52:53-58
- Gjørseter J (1981) Growth, production and reproduction of the myctophid fish *Benthoosema glaciale* from western Norway and adjacent seas.
- Gjørseter J, Kawaguchi K (1980) A review of the world resources of mesopelagic fish. *Food & Agriculture Org.*
- Halliday R (1970) Growth and vertical distribution of the glacier lanternfish, *Benthoosema glaciale*, in the northwestern Atlantic. *Journal of the Fisheries Board of Canada* 27:105-116
- Hassel A (2006) Manual for plankton. Havforskningsinstituttets kvalitetssystem 2.0
- Hothorn T, Bretz F, Westfall P (2008) Simultaneous Inference in General Parametric Models. *Biometrical Journal* 50:346-363
- Ivlev VS (1961) Experimental ecology of the feeding of fishes. University Microfilms
- Jacobs J (1974) Quantitative measurement of food selection. *Oecologia* 14:413-417

- Kaartvedt S, Dale T, Bagøien E, Viken T (2002) Bi-modal vertical distribution of the carnivorous copepod *Paraeuchaeta norvegica*. *Journal of plankton research* 24:155-158
- Kaartvedt S, Røstad A, Klevjer TA, Staby A (2009) Use of bottom-mounted echo sounders in exploring behavior of mesopelagic fishes. *Marine Ecology Progress Series* 395:109-118
- Kawaguchi K, Mauchline J (1982) Biology of myctophid fishes (family Myctophidae) in the Rockall Trough, northeastern Atlantic Ocean. *Biological Oceanography* 1:337-373
- Knutsen I, Salvanes AGV (1999) Temperature-dependent digestion handling time in juvenile cod and possible consequences for prey choice. *Marine Ecology Progress Series* 181:61-79
- Korneliussen R, Ona E, Eliassen I, Heggelund Y, Patel R, Godø O, Giertsen C, Patel D, Nornes E, Bekkvik T The large scale survey system-LSSS. *Proc Proceedings of the 29th Scandinavian Symposium on Physical Acoustics, Ustaoset*
- Kristoffersen J, Salvanes AGV (1998) Effects of formaldehyde and ethanol preservation on body and otoliths of *Maurolicus muelleri* and *Benthoosema glaciale*. *Sarsia* 83:95-102
- Kristoffersen JB, Salvanes AGV (2009) Distribution, growth, and population genetics of the glacier lanternfish (*Benthoosema glaciale*) in Norwegian waters: contrasting patterns in fjords and the ocean. *Marine Biology Research* 5:596-604
- Legendre P, Legendre L (1998) *Numerical Ecology, Volume 24, (Developments in Environmental Modelling)*. Elsevier Science Amsterdam, The Netherlands
- Mjanger H, Svendsen BV, Senneset H, Fotland Å, Mehl S, Salthaug A (2017) *Håndbok for prøvetaking av fisk og krepsdyr. 4.0*
- Moku M, Kawaguchi K (2008) Chemical composition of three dominant myctophid fish, *Diaphus theta*, *Stenobrachius leucopsarus*, and *S. nannochir*, in the subarctic and transition waters of the western North Pacific. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 88:843-846
- Norheim E, Klevjer TA, Aksnes DL (2016) Evidence for light-controlled migration amplitude of a sound scattering layer in the Norwegian Sea. *Marine Ecology Progress Series* 551: 45–52, 2016:45-52
- O'brien WJ, Browman HI, Evans BI (1990) Search strategies of foraging animals. *American Scientist* 78:152-160

- Oksanen J, Blanchet FG, Friendly M, Kindt R, Legendre P, McGlinn D, Minchin PR, O'Hara RB, Simpson GL, Solymos P, Henry M, Stevens H, Szoecs E, Wagner H, Team RC (2018) *vegan: Community Ecology Package*.
- Pepin P (2013) Distribution and feeding of *Benthosema glaciale* in the western Labrador Sea: fish–zooplankton interaction and the consequence to calanoid copepod populations. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers* 75:119-134
- Roe HSJ, Badcock J (1984) The diel migrations and distributions within a mesopelagic community in the North East Atlantic. 5. Vertical migrations and feeding of fish. *Progress in Oceanography* 13:389-424
- Røstad A, Kaartvedt S, Aksnes DL (2016) Light comfort zones of mesopelagic acoustic scattering layers in two contrasting optical environments. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers* 113:1-6
- Salvanes A, Kristoffersen J (2001) *Mesopelagic fishes*. Academic Press
- Salvanes AGV, Glenner H, Aksnes DL, Asplin L, Dahl M, Devine J, Engås A, Erga SR, Falkenhaug T, Ferter K, Hestetun JT, Jensen KH, Ona E, Rosen S, Sjøtun K (2018) Sampling Gears and Equipment. In: Salvanes AGV, Devine J, Jensen KH, Hestetun JT, Sjøtun K, Glenner H (eds) *Marine Ecological Field Methods A Guide for Marine Biologists and Fisheries Scientists*. John Wiley & Sons Ltd
- Salvanes AGV, Kristoffersen J (2004) *Mesopelagic fish. The Norwegian Sea Ecosystem* Tapir Academic Press, Trondheim:301-314
- Sameoto D (1988) Feeding of lantern fish *Benthosema glaciale* off the Nova Scotia Shelf. *Marine ecology progress series Oldendorf* 44:113-129
- Sameoto D (1989) Feeding ecology of the lantern fish *Benthosema glaciale* in a subarctic region. *Polar Biology* 9:169-178
- Scott CL, Kwasniewski S, Falk-Petersen S, Sargent JR (2000) Lipids and life strategies of *Calanus finmarchicus*, *Calanus glacialis* and *Calanus hyperboreus* in late autumn, Kongsfjorden, Svalbard. *Polar Biology* 23:510-516
- Staby A, Aksnes DL (2011) Follow the light—diurnal and seasonal variations in vertical distribution of the mesopelagic fish *Maurollicus muelleri*. *Marine Ecology Progress Series* 422:265-273
- Suneetha KB, Salvanes AGV (2001) Population genetic structure of the glacier lanternfish, *Benthosema glaciale* (Myctophidae) in Norwegian waters. *Sarsia* 86:203-212
- ter Braak CJ, Šmilauer P (2012) *Canoco reference manual and user's guide: software for ordination, version 5.0*. Microcomputer power

Wickham H (2016) ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis. Springer-Verlag New York

Wiebe PH, Morton AW, Bradley AM, Backus RH, Craddock JE, Barber V, Cowles TJ, Flierl GR (1985) New development in the MOCNESS, an apparatus for sampling zooplankton and micronekton. *Marine Biology* 87:313-323

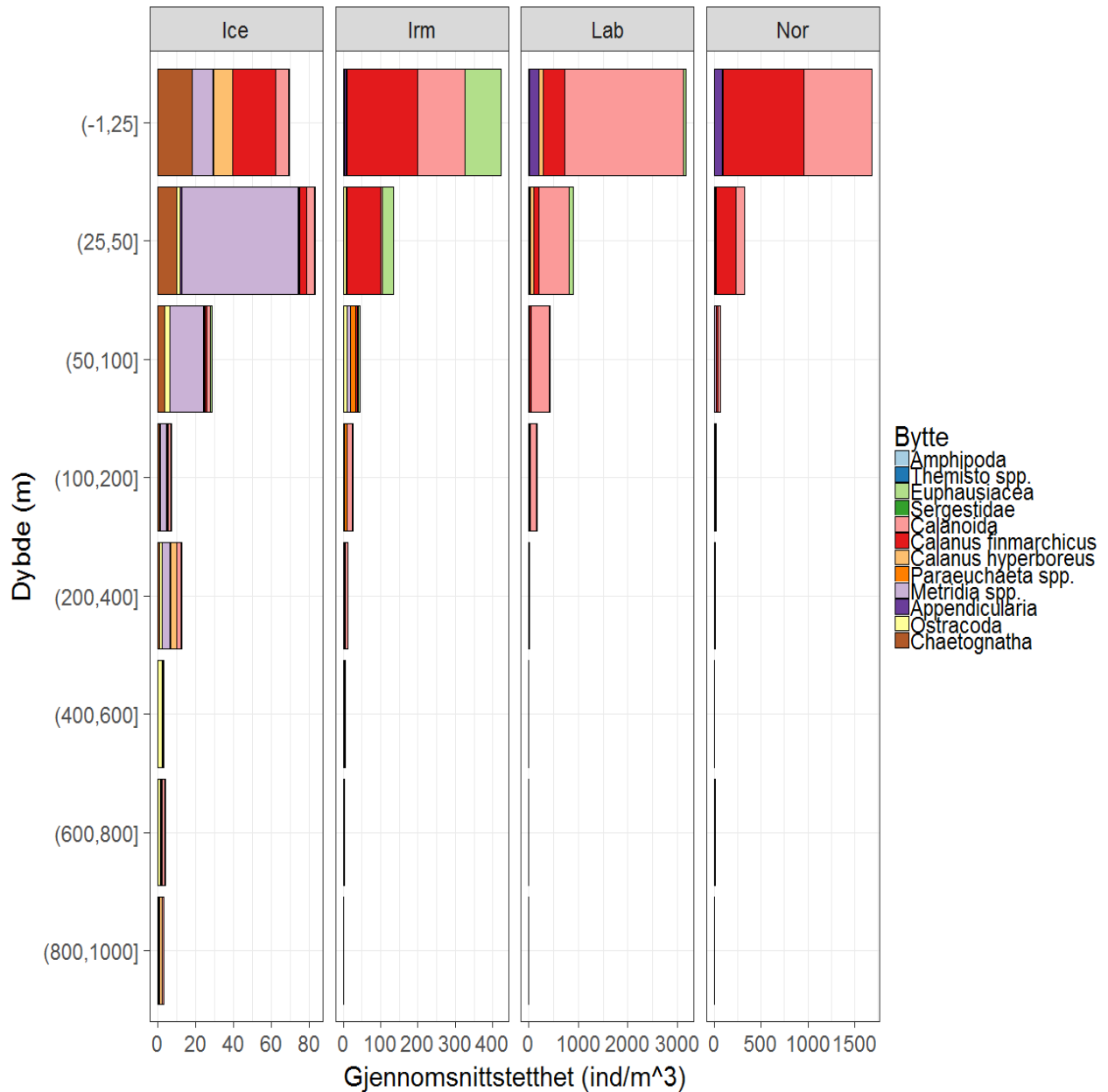
Appendiks

A-I Morfometriske mål

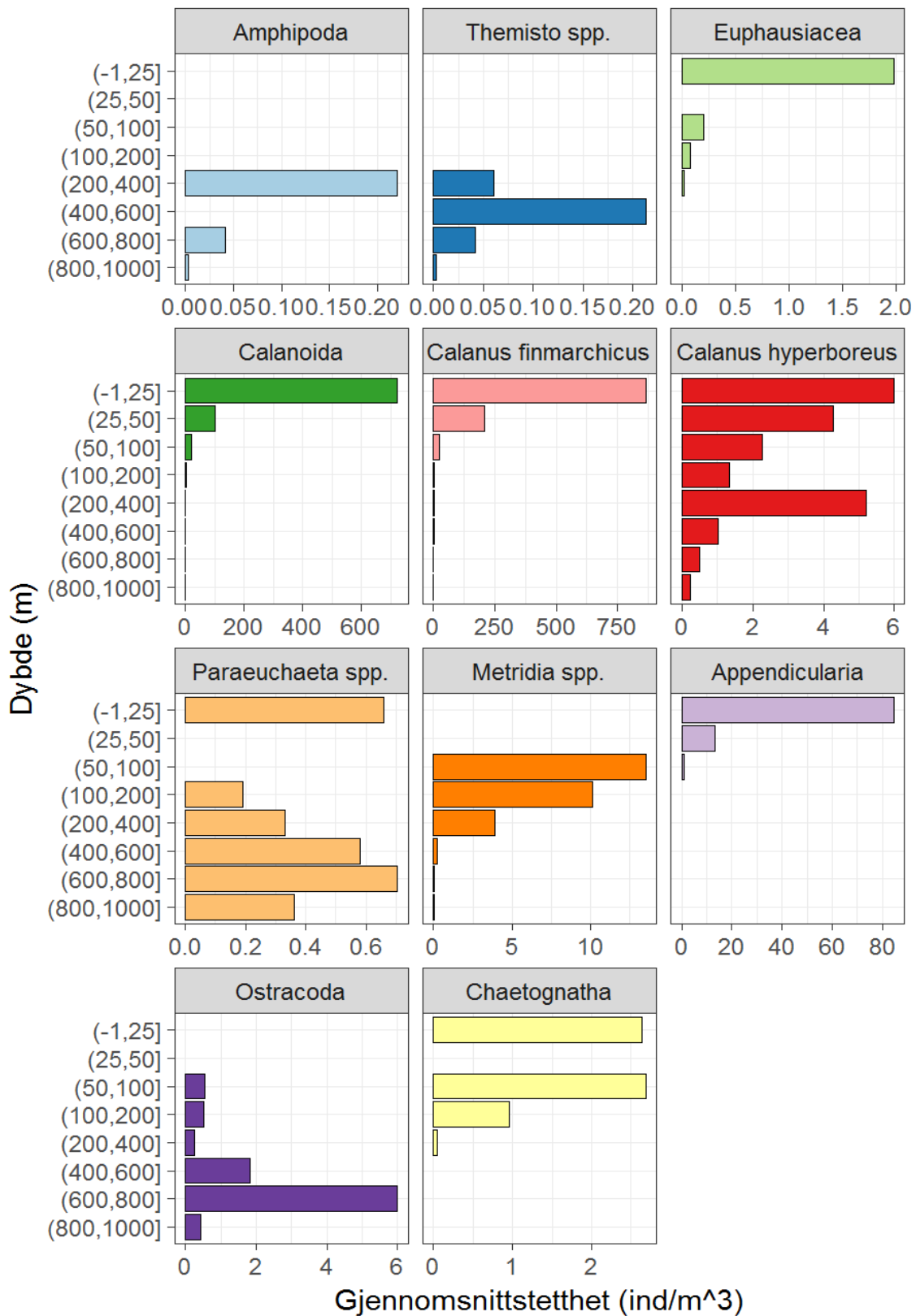
Tabell A-1 Gjennomsnitt med standardfeil av morfometriske mål for nordlig lysprykkfisk i de ulike havområdene. Standardlengde (SL) og Totalvekt i gram er omregnet til opprinnelige verdier. Fiskens totale vekt, samt gonade- og levervekt, er inkludert både før og etter tørking som henholdsvis våt- og tørrvekt, og er oppgitt i gram. Også gjennomsnittlig modningsgrad for fiskenes gonader og fiskenes fyllgrad av magesekk er inkludert i tabellen.

	Nor	Isl	Irm	Lab
SL (mm)	44,47	55,84	47,50	51,35
	± 1,83	± 1,62	± 1,02	± 1,05
Fyllgrad (1-5)	1,89	3,07	1,58	1,90
	± 0,12	± 0,10	± 0,10	± 0,13
Totalvekt (g)	2,5464	3,5220	2,6060	2,8024
	± 0,1339	± 0,1800	± 0,0720	± 0,0884
Lever våtvekt (g)	0,0154	0,0412	0,0139	0,0139
	± 0,0026	± 0,0051	± 0,0012	± 0,0013
Lever tørrvekt (g)	0,0048	0,0121	0,0029	0,0039
	± 0,0009	± 0,0017	± 0,0004	± 0,0004
Gonade våtvekt (g)	0,0078	0,0163	0,0100	0,0106
	± 0,0019	± 0,0037	± 0,0010	± 0,0014
Gonade tørrvekt (g)	0,0020	0,0044	0,0017	0,0024
	± 0,0004	± 0,0009	± 0,0002	± 0,0003
Sløyd våtvekt (g)	0,9027	1,7762	0,9309	1,0400
	± 0,1176	± 0,1547	± 0,0615	± 0,0797
Sløyd tørrvekt (g)	0,2504	0,5523	0,2382	0,2953
	± 0,0369	± 0,0609	± 0,0178	± 0,0243
Mage våtvekt (g)	0,0252	0,1383	0,0246	0,0262
	± 0,0023	± 0,0426	± 0,0013	± 0,0013
Tom mage våtvekt (g)	0,0208	0,0575	0,0197	0,0214
	± 0,0021	± 0,0041	± 0,0011	± 0,0011

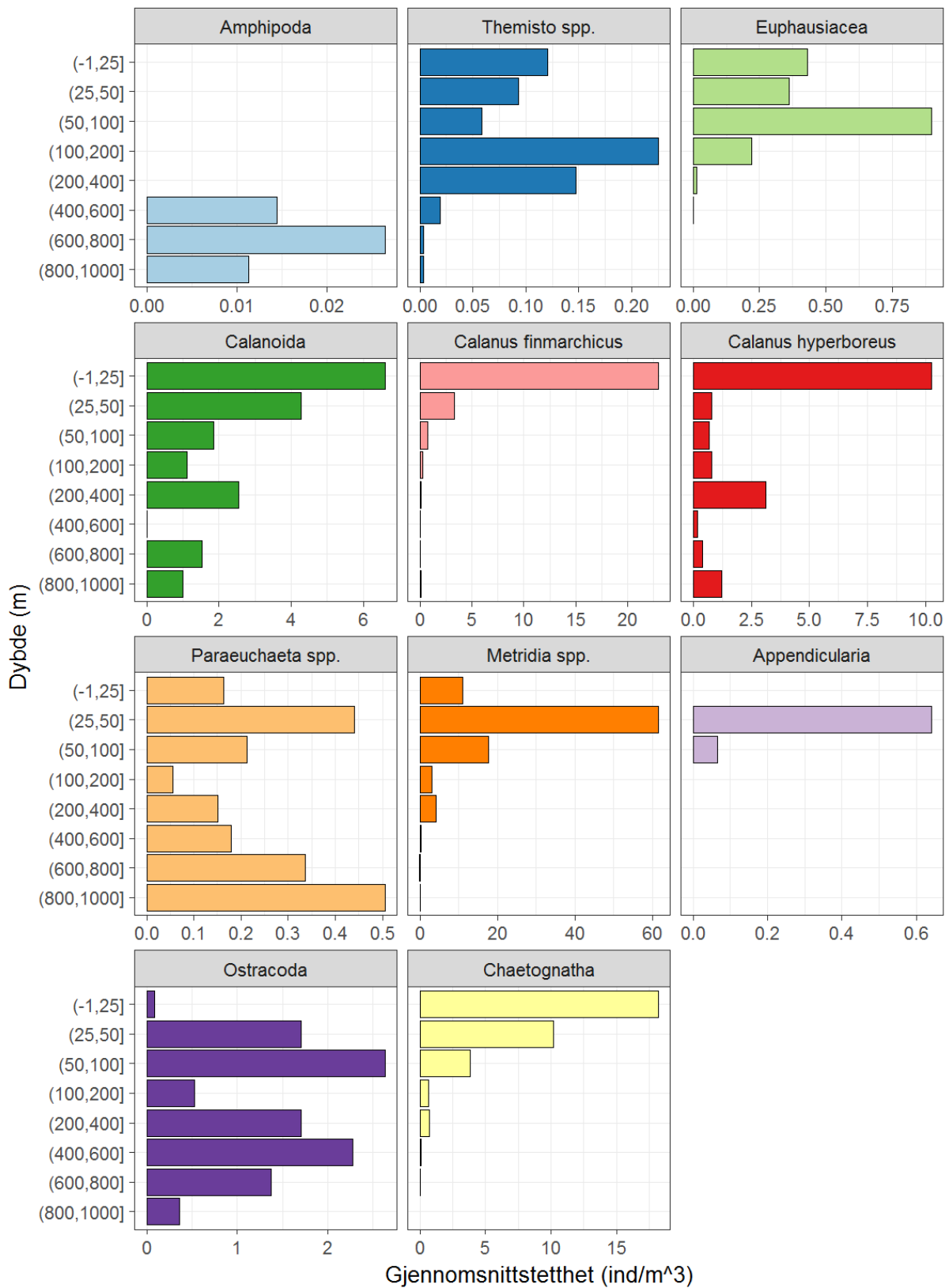
A-II Vertikalfordeling av zooplankton



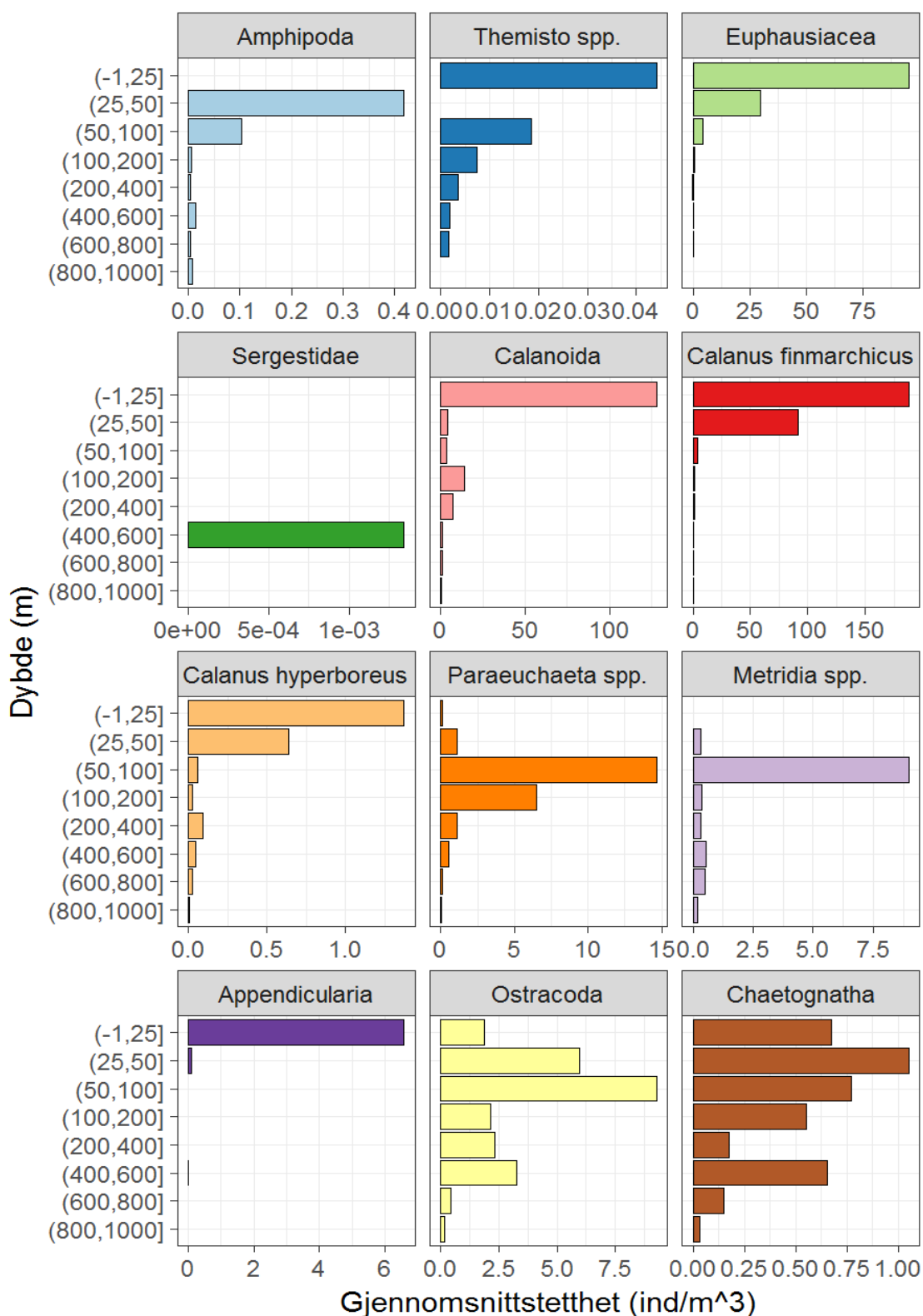
Figur A-1 Vertikalfordelingen til zooplankton vist i gjennomsnittlig antall individer av hver byttedyrsgruppe for ulike dybdeintervall. Merk at X-aksen er ulik for de fire havområdene, og at det er en betraktelig lavere zooplanktontetthet generelt for Islandshaet og Irmingerhavet enn for Labradorhavet, hvor den høyeste tettheten forekommer. Likt for alle havområdene er en høy tetthet i de øverste delene av vannsøylen, mot en gradvis nedgang jo dypere nedover i vannsøylen man kommer.



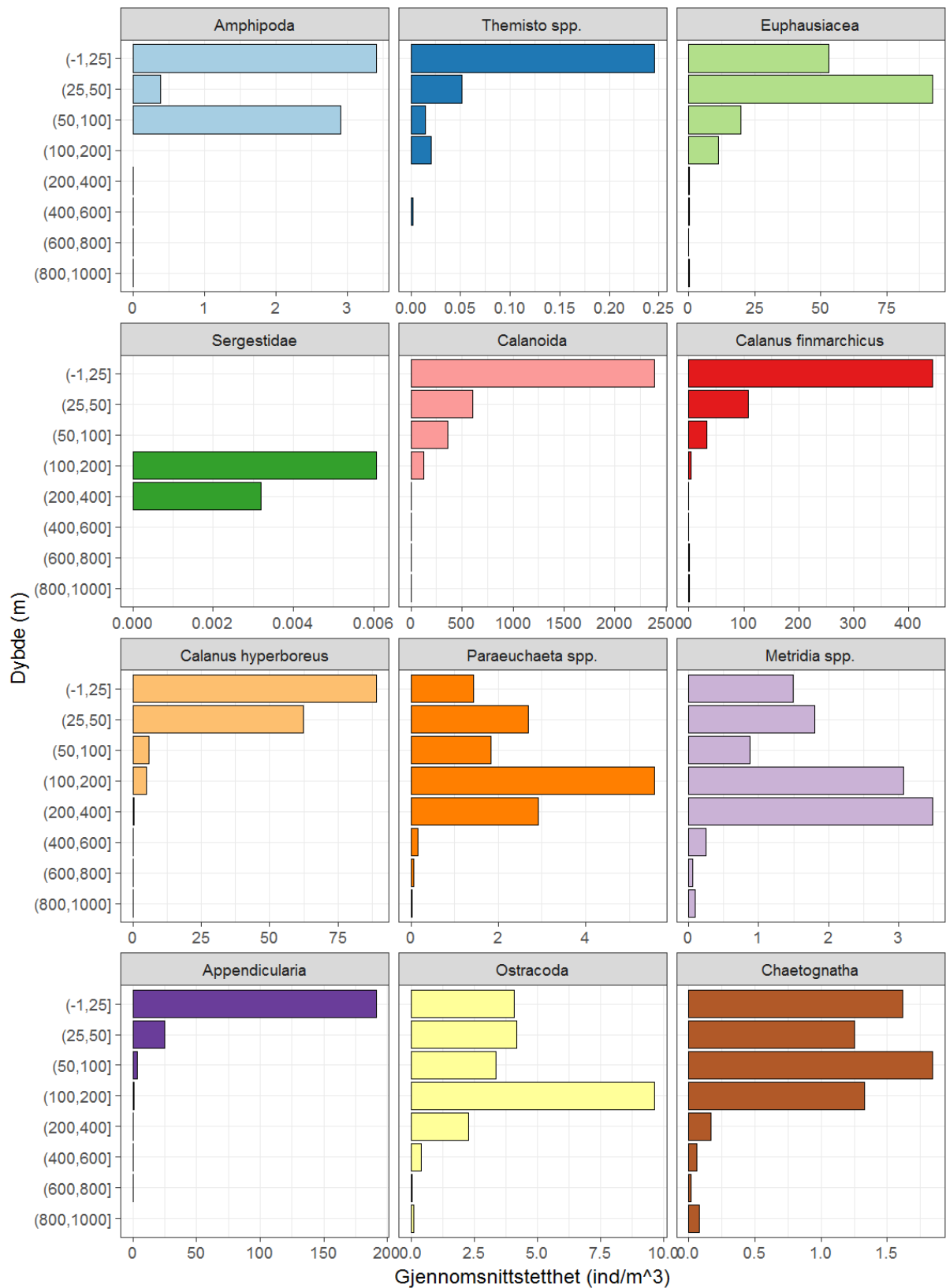
Figur A-2 Fordelingen til de forskjellige planktonartene og planktongruppene identifisert som bytter i magen til nordlig lysprykkfisk i Norskehavet.



Figur A-3 Fordelingen til de forskjellige planktonartene og planktongrupperne identifisert som bytter i magen til nordlig lysprykkfisk i Islandshavet

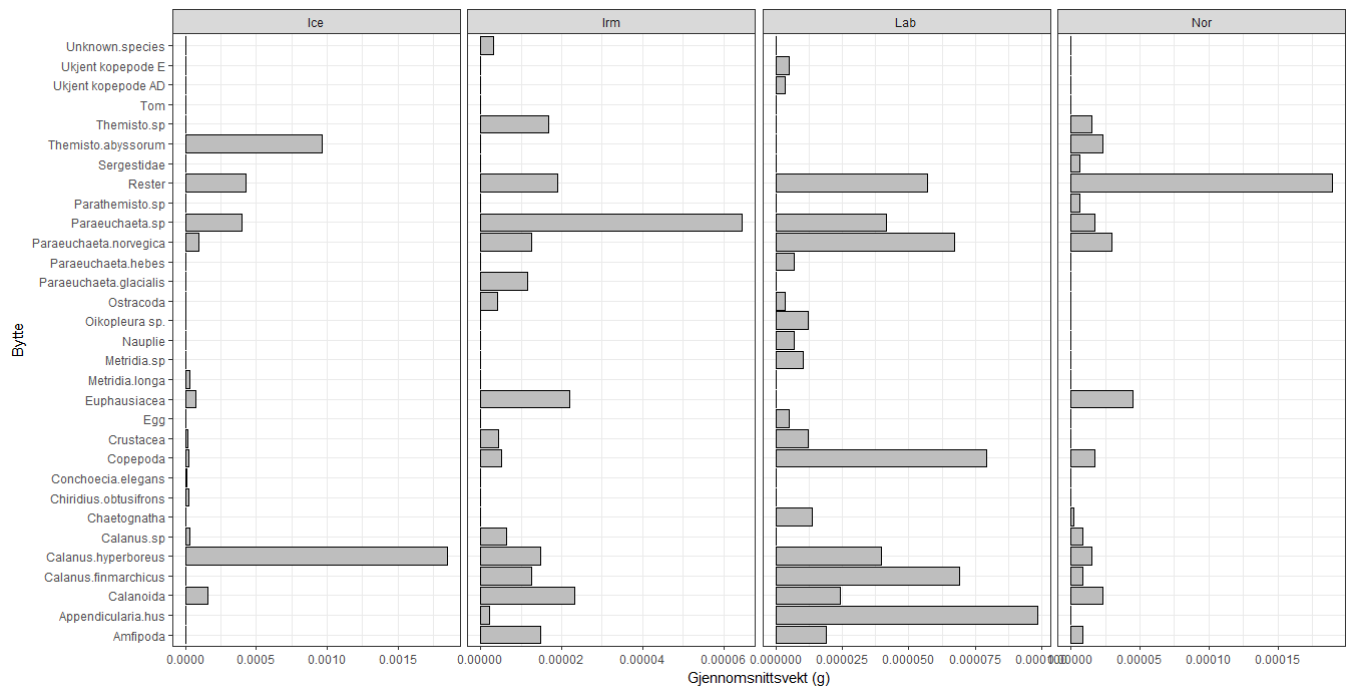


Figur A-4 Fordelingen til de forskjellige planktonartene og planktongruppene identifisert som bytter i magen til nordlig lysprykkfisk i Irmingerhavet.



Figur A-5 Fordelingen til de forskjellige planktonartene og planktongrupperne identifisert som bytter i magen til nordlig lysprykkfisk i Labradorhavet.

A-III Diett



Figur A-6 Identifiserte byttearter og deres gjennomsnittsvekt (DW g) for alle fisk i hvert av havområdene.

Tabell A-2 Oversikt over totalt antall identifiserte bytter for Norskehavet, Islandshavet, Irmingerhavet og Labradorhavet. %F viser til mengden mager (i prosent) hvor et bytte eller en byttedyrsgruppe forekommer. %W viser til prosent av den totale vekten av alle tilstedeværende byttedyr i hvert av havområdene.

Bytte	Nor		Isl		Irm		Lab	
	%F	%W	%F	%W	%F	%W	%F	%W
Amphipoda	2,1	2,1			2,1	6,2	3,4	3,3
<i>Parathemisto sp.</i>	2,1	1,5						
<i>Themisto abyssorum</i>	2,1	5,6	10	24				
<i>Themisto sp.</i>	2,1	3,6			1,0	7,1		
Euphausiacea	8,5	10,8	10	1,8	4,2	9,3		
Sergestidae	2,1	1,5						
Copepoda	4,3	4,1	6,67	0,5	2,1	2,2	12	13,8
Calanoida	4,3	5,6	13,3	3,9	5,2	9,8	5,2	4,2
<i>Calanus finmarchicus</i>	2,1	2,1			4,2	5,3	3,4	12
<i>Calanus hyperboreus</i>	2,1	3,6	63,3	45	1,0	6,2	5,2	6,9
<i>Calanus sp.</i>	4,3	2,1	10	0,7	2,1	2,7		
<i>Metridia longa</i>			13,3	0,8				
<i>Metridia sp.</i>							3,4	1,8
<i>Paraeuchaeta norvegica</i>	2,1	7,2	10	2,3	2,1	5,3	6,9	11,7
<i>Paraeuchaeta glacialis</i>					2,1	4,9		
<i>Paraeuchaeta hebes</i>							3,4	1,4
<i>Paraeuchaeta sp.</i>	4,3	4,1	26,7	9,7	6,3	27,2	8,6	7,2
<i>Chridius obtusifrons</i>			6,67	0,5				
Ukjent kopepode AD, E							3,4	1,5
Crustacea rester			3,33	0,4	2,1	1,8	3,4	2,1
Ostracoda					1,0	1,8	3,4	0,6
<i>Conchoecia elegans</i>			3,33	0,2				
Appendicularia					1,0	0,9	28	17,1
<i>Oikopleura.sp</i>							1,7	2,1
Chaetognatha	2,1	0,5					1,7	2,4
Nauplie							1,7	1,2
Egg							1,7	0,9
Ukjent art					1,0	1,3		
Fordøyd	36,2	45,6	43,3	10	5,2	8	17	9,9
Totalt antall mager	47	47	30	30	96	96	58	58
Tomme mager, %	36,2	36,2	0	0	68,8	68,8	48,3	48,3

A-IV Ivlevs selektivitetsindeks

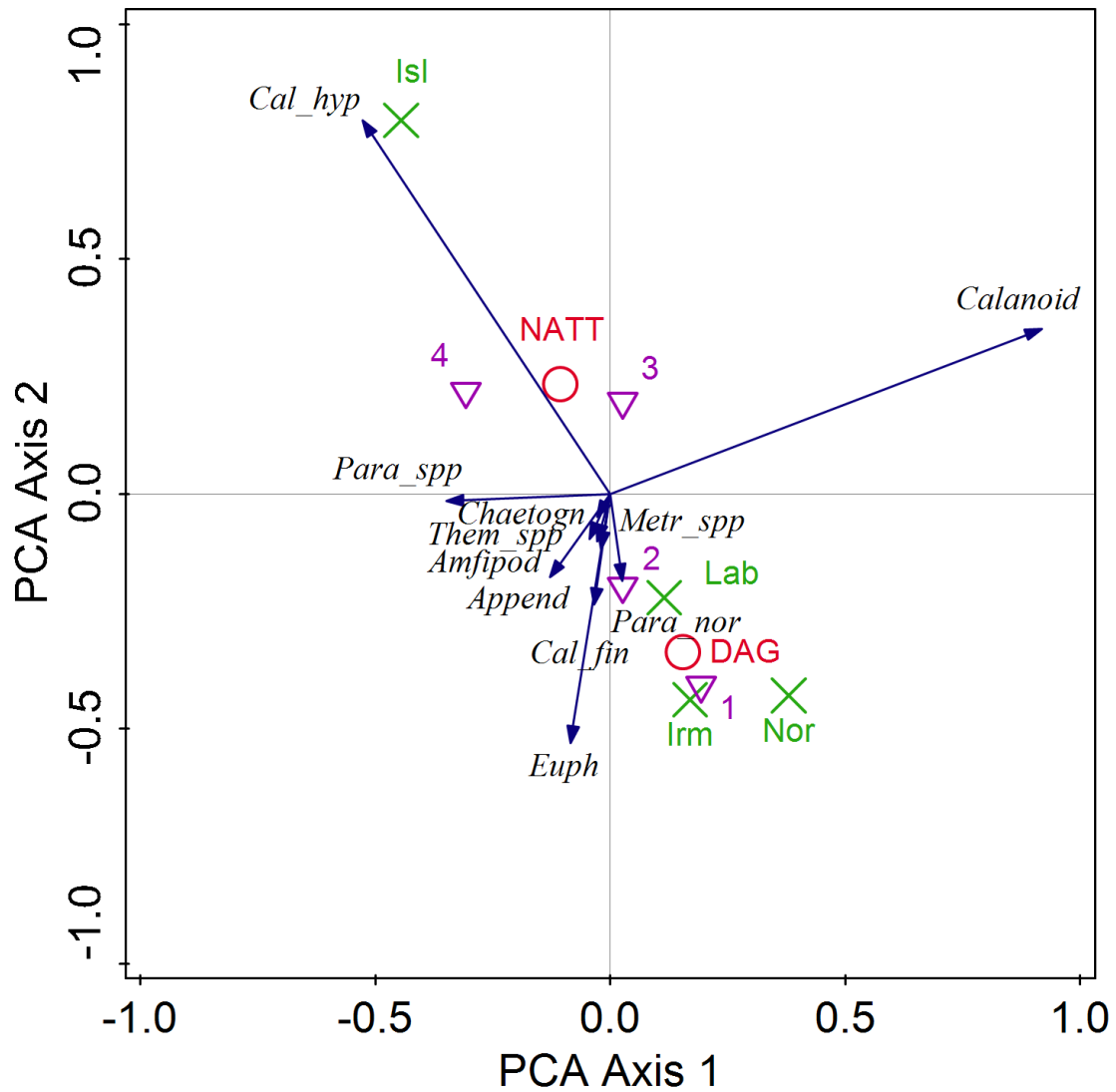
Tabell A-3 Utregninger for andelen av en byttedyrskategori tilgjengelig i et område (p), andelen av samme byttedyrskategori i predatorens mage (r), og selektivitetsindeks Di for samme byttedyr i hvert av havområdene. Dataene er de samme som er brukt til utregning av selektivitetsindeksen. Beregninger gjort ut i fra Mocness-data vises først i tabellen; beregninger ut i fra data fra WP-2 er presentert nederst.

Bytte	p	r	Di	Område
Calanoida	0,1741	0,29	0,3191202	Nor
Euphausiacea	0,0006	0,19	0,99513011	Nor
<i>C. hyperboreus</i>	0,0151	0,05	0,54936858	Nor
<i>Paraeuchaeta spp.</i>	0,0025	0,1	0,95669569	Nor
Chaetognatha	0,0024	0,05	0,91195153	Nor
<i>C. finmarchicus</i>	0,2258	0,05	-0,69422853	Nor
<i>Themisto spp.</i>	0,0005	0,14	0,99382375	Nor
Amfipoda	0,0004	0,05	0,98413206	Nor
<i>P. norvegica</i>	0,0010	0,05	0,96397261	Nor
Sergestidae	0,0000	0,05	1	Nor
<i>Metridia spp.</i>	0,0724	0,04	-0,30410989	Isl
Ostracoda	0,0254	0,02	-0,12107021	Isl
<i>Paraeuchaeta spp.</i>	0,0047	0,09	0,90800181	Isl
<i>P. norvegica</i>	0,0002	0,03	0,99004463	Isl
<i>Themisto spp.</i>	0,0012	0,03	0,92470296	Isl
Euphausiacea	0,0017	0,03	0,89833554	Isl
<i>C. finmarchicus</i>	0,0143	0	-1	Isl
<i>C. hyperboreus</i>	0,0254	0,61	0,96723728	Isl
Calanoida	0,0017	0,13	0,97713632	Isl
Amfipoda	0,0002	0	-1	Isl
<i>C. finmarchicus</i>	0,1689	0,09	-0,3452476	Irm
Euphausiacea	0,0777	0,11	0,18964577	Irm
<i>P. norvegica</i>	0,0020	0,05	0,92503639	Irm
Appendicularia	0,0025	0,02	0,78372173	Irm
<i>Themisto spp.</i>	0,0000	0,02	0,99612849	Irm
Ostracoda	0,0466	0,02	-0,41108624	Irm
<i>Paraeuchaeta spp.</i>	0,0320	0,32	0,8687965	Irm
<i>C. hyperboreus</i>	0,0014	0,02	0,86925829	Irm
Amfipoda	0,0002	0,05	0,99187937	Irm
Calanoida	0,0042	0,3	0,98040616	Irm
Euphausiacea	0,0295	0	-1	Lab
Calanoida	0,0077	0,07	0,81246847	Lab
<i>C. hyperboreus</i>	0,0238	0,03	0,11746965	Lab
<i>C. finmarchicus</i>	0,0813	0,2	0,47722834	Lab
Ostracoda	0,0086	0,03	0,56221062	Lab
<i>Paraeuchaeta spp.</i>	0,0058	0,06	0,83325638	Lab
<i>P. norvegica</i>	0,0004	0,04	0,97975774	Lab
Appendicularia	0,0290	0,48	0,93736558	Lab
Chaetognatha	0,0015	0,01	0,73986709	Lab
Amfipoda	0,0007	0,02	0,9309152	Lab
<i>Metridia spp.</i>	0,0050	0,02	0,604555	Lab

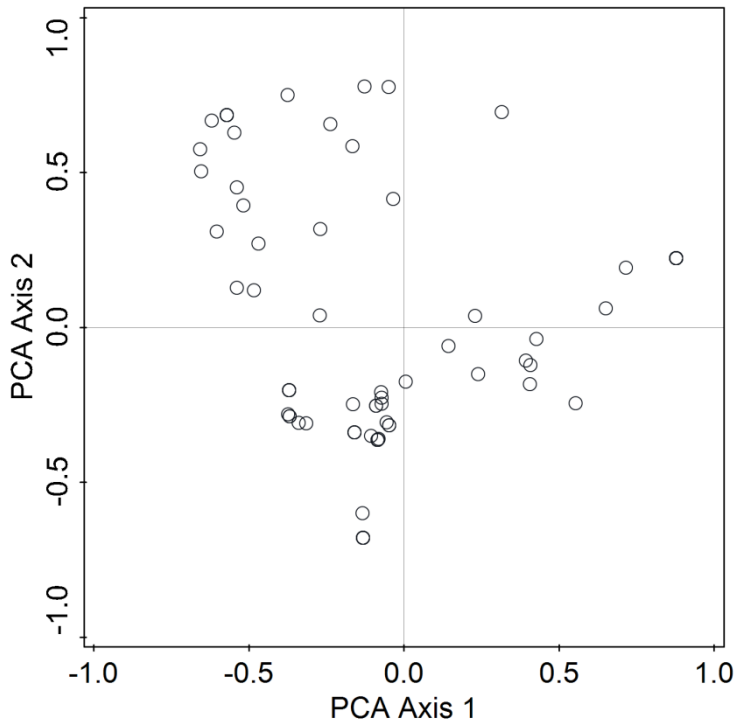
A-V PCA-ordinasjon

Prinsipiell komponentanalyse (Principal Component Analysis, PCA, som er en indirekte gradientanalyse (ter Braak & Prentice, 1988) ble brukt til å undersøke forskjeller i mageinnhold, og om område, tid på døgnet og lengde på fisk kunne forklare disse forskjellene. Miljøvariablene ble behandlet som kategoriske variable og ble sentrert og standardisert automatisk av programmet som ble brukt, mens PFI-verdien for hver art i mageinnholdet ble log-transformert og sentrert, for å unngå en overvekt hos bytter som forekom sjeldent i prøven.

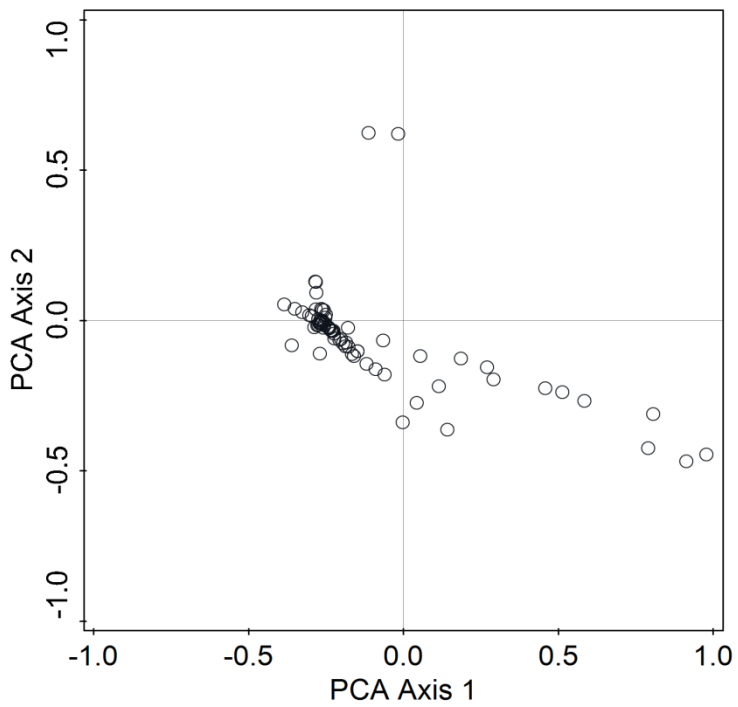
I PCA-plottet med Hellingertransformerte data, forklarer førsteaksen 22.55 % av variasjonen i dataene, og andreaksen 17.34 % (Fig A-7). Mengden *Calanus hyperboreus* i magen til nordlig lysprikkfisk knyttes til Islandshavet, Og størrelsesgruppe 3 og 4 legger seg også nærmest dette havområdet. Calanoide kopepoder (Calanoid). Dag og natt legger seg motsatt på første- og andreaksen, som kan tyde på at maginnholdet til nordlig lysprikkfisk er ulikt på natt i forhold til dag. Spesifikke arter som *C. hyperboreus* og Calanoide kopepoder kan linkes til maginnholdet på natten, mens Flesteparten av artene linkes til mageinnhold i nordlig lysprikkfisk fanget på dagtid. De to minste størrelseskategoriene, som representerer fisk fra 24-40 m, har relasjon med Norskehavet og Irmingerhavet, mens fisk fra 41-50 mm har relasjon til Labradorhavet. Totalt forklarer plottet 39.89 % av variasjonen i mageinnholdet til nordlig lysprikkfisk



Figur A-7 PCA-ordinasjonsplot av PFI-indeksen til byttedyrsarter funnet i nordlig lysprikkfisk med Hellingerttransformasjon. Det er lagt på dag/natt som røde sirkler, havområder som grønne kryss og lengdegrupper i lilla, hvor lengdegruppe 1 = 24-40 mm, 2 = 41-50 mm, 3 = 51-60 mm og 4 = 61-78 mm. Førsteaksen (Axis 1) forklarer 22.55 % av variasjonen i dataene, andreaksen (Axis 2) forklarer 17.34 (Forklart variasjon 39.89 %).



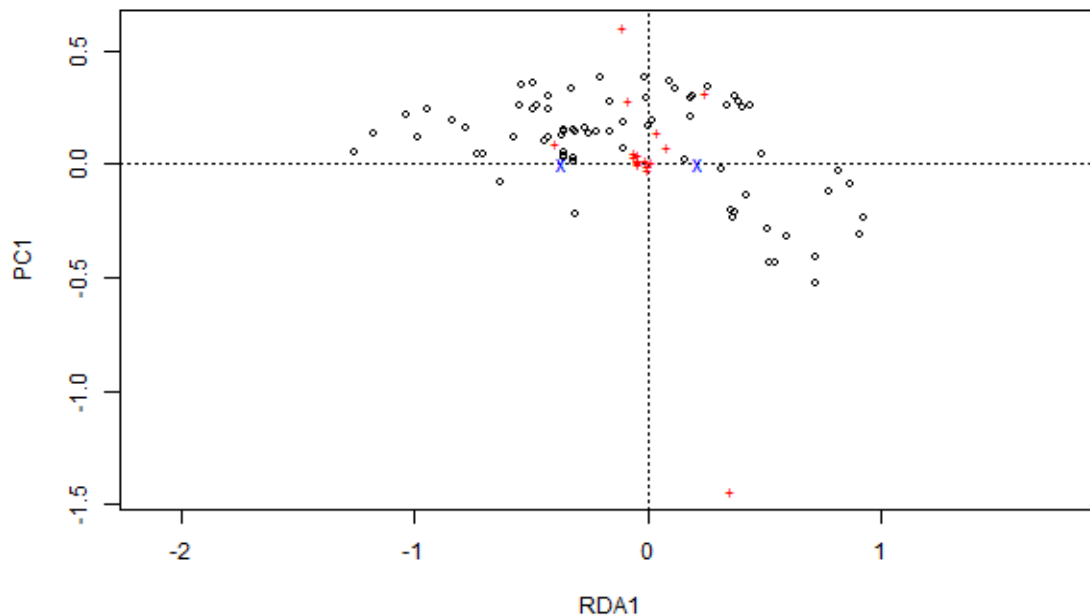
Figur A-8 Fisk med Hellingertransformerte data. Her er flere fisk (markert som sirkler) med på å forklare variasjonen.



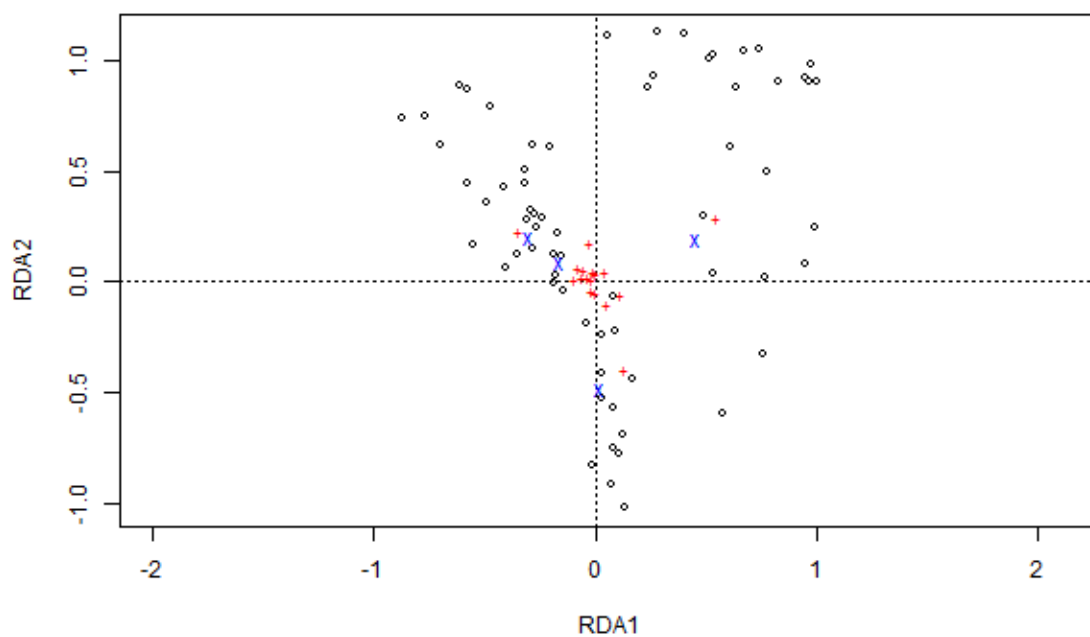
Figur A-9 Fisk med magedata uten Hellingertransformasjon, hver fisk vises som sort sirkel. Variasjonen forklares kun av noen få fisk, mens gjennomsnittet forklares av mengden byttedyr som *ikke* er spist i magen.

A-VI RDA-analyser

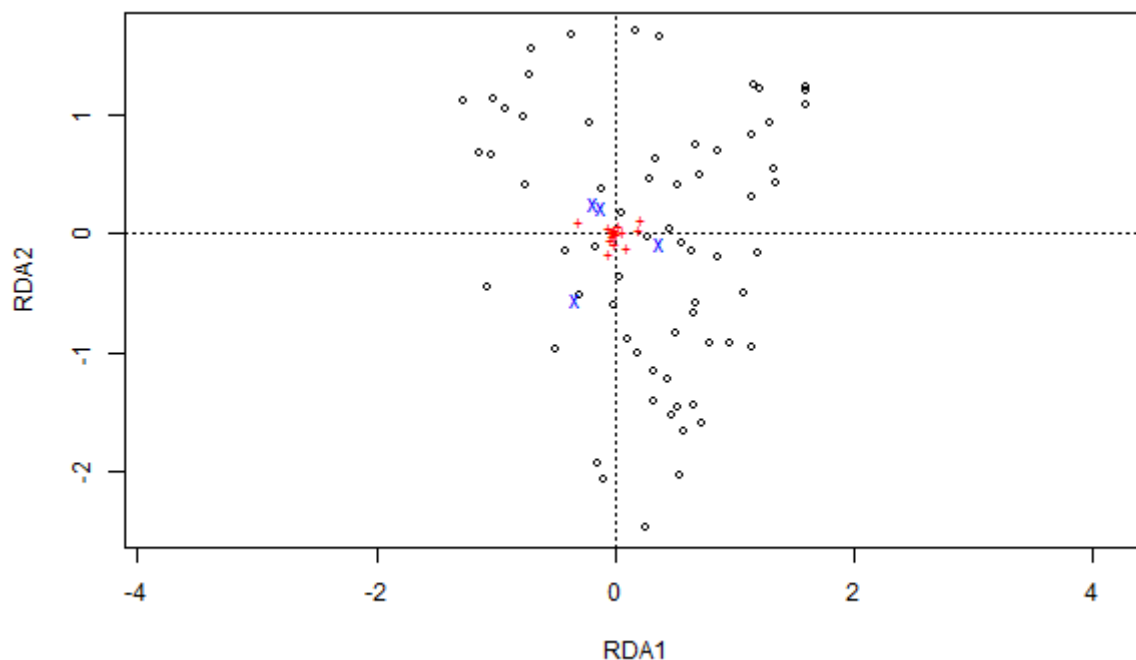
RDA- regularized discriminant analysis, ble brukt på Hellinger-transformerte magedata og plottet mot miljøvariablene dag og natt, lengdegruppering og område, og for å teste om miljøvariablene kunne forklare signifikante forskjeller i magedataene hos nordlig lysprikkfisk. Det ble påvist signifikante forskjeller mellom dag og natt og mellom havområder, men ikke mellom lengdegrupper.



Figur A-10 RDA-plot av PFI- av hver byttekategori for alle fisk, uavhengig av havområde, med mat i magen. Hver fisk er representert som svart sirkel. Dag og Natt representert som blå kryss. Forskjellen i mageinnhold for nordlig lysprikkfisk fanget på dag- og natt er signifikant.



Figur A-11 RDA-plot av mageinnholdet til fisk (hver fisk merket som svart sirkel), plottet mot havområde (Blått kryss). Forskjellen i mageinnholdet for fisk i ulike områder er signifikant.



Figur A-12 RDA-plot av mageinnholdet til fisk (sirkel), mot lengdegrupper (blått kryss). Forskjellen i mageinnholdet for fisk i ulike lengdegrupper er ikke signifikant.

A-VII Ekstrahering av otolitter

Etter tørking ble otolittene fra totalt 170 av 230 individer lysprikkfisk fjernet under lupe og lagt i eppendorfrør. De resterende 60 individene (IR37-IR96) ble lagt i merkede plastposer merket med ID-serie, slik at otolittene enkelt kan ekstraheres ved senere studier av vekst hos nordlig lysprikkfisk (Tab 2-5). Otolittene ble deretter lagret på biologisk institutt.

Tabell A-4 ID-serie og antall individer av nordlig lysprikkfisk utsatt for de forskjellige behandlingstypene. Det er kun individer fra Irmingerhavet hvor otolittene ikke er ekstrahert, og individene i stedet er tørket og lagret i plastposer.

Havområde	Eppendorfrør, ekstrahert	Plastpose, ikke ekstrahert	
Nor	NO2-47 n = 47	-	-
Isl	IS6-38 n = 32	-	-
Irm	IR2-36 n = 36	IR37-96 n = 60	
Lab	LA2-56 n = 56	-	