



Soome lahe avamere lindude inventuuri tulemused seoses aastaegade, mere sügavuse ja geograafilise pikkusega

Riho Marja^{*1,2}, Andrus Kuus¹, Andres Kalamees¹

¹ Eesti Ornitoloogiaühing, Veski 4, 51005 Tartu

² Keskkonnaagentuur, Mustamäe tee 33, 10616 Tallinn

Kokkuvõte

Käesoleva uurimistöo eesmärgiks oli kirjeldada avamere loenduste andmetel lindude liigilist koosseisu, liigirikkust ja asustustihedust sõltuvalt aastaajast (loendusperiood) ning mere sügavusest (alla või üle 20 m sügavune meri). Lisaks sooviti välja selgitada, kas lindude liigiline kooslus võiks muutuda piki ida-läänesuunalist 70 km pikkust vaatlusala ulatust (geograafiline pikkus). Avamere laevaloendused teostati samadel transektidel 2015. ja 2016. aastal kevadel, suvel ja sügisel Soome lahes. Analüüsi kaasati ainult transekti 300 m laiuses põhiribas peatuvad linnud. Andmeid analüüsiti kasutades osalist liiasusanalüüsi ja lineaarseid segamudeleid. Kokku loendati 12 491 isendit 19 liigist. Arvukamad liigid olid aul (*Clangula hyemalis*), mustvaeras (*Melanitta nigra*) ja tõmmuvaeras (*Melanitta fusca*). Loendustulemused näitasid, et avamerel olid arvukad kaitsealused või ohustatud liigid. Loendusperiood ja mere sügavus olid olulised tunnused kirjeldamiseks lindude liigilist koosseisu, liigirikkust ja asustustihedust. Kõrgeim oli lindude liigirikkus kevadel, keskmine suvel ja madalaim sügisel. Statistiliselt usaldusväärne erinevus leiti kevadise ja sügisese liigirikkuse võrdlusel. Asustustihedus oli kõrgeim kevadel ja sügisel, madalaim suvel, kuid need erinevused polnud statistiliselt usaldusväärsed. Tulemused viitavad, et eri aastaegadel kasutavad avamerd erinevad liigid ja see on seotud liikide fenoloogiaga. Lindude liigirikkus ja asustustihedus olid statistiliselt usaldusväärselt kõrgemad madalama mere puhul. Ilmselt on see seotud toidu hankimisega, mida on kergem leida madalamast veest. See on oluline tulemus rakenduslikust aspektis ja seda tuleks arvestada avamere tuuleparkide planeerimisel. Analüüsil ei leitud, et linnustiku kooslus muutuks statistiliselt usaldusväärselt vaatlusala piires ida-läänesuunaliselt.

* E-post: riho.marja@ut.ee

Sissejuhatus

Suured avamerel peatuvad veelinnukogumid on olulised mitmel põhjusel. Esiteks on linnud mere kui ökosüsteemi lahutamatu osa, olles tihti toiduahela viimasteks lülideks. Teiseks, veelindude rändepeatuspäigad omavad olulist rolli lindude aastases elutsükli ja keskkonnaseisundi kvaliteet mõjutab tihti kogu populatsiooni arvukust ja elujõulisust. Kolmandaks, vastavalt Euroopa Liidu Merestrategia Raamdirektiivile (Euroopa Komisjon 2008) on bioloogilise mitmekesisuse (sealhulgas merelindude) säilimine üks merealade hea keskkonnaseisundi saavutamise tunnuseid. Neljandaks, elurikkuse soodne seisund on ka üks HELCOMi Läänemere tegevuskava eesmärkidest (Helsingi Komisjon 2007). Euroopa Nõukogu Direktiiv 79/409/EMÜ (Euroopa Nõukogu 1979, edaspidi Linnudirektiiv) loodusliku linnustiku kaitse kohta kohustab liikmesriike rakendada erimeetmeid regulaarselt esinevate rändliikide rändepeatuspäikade kaitsmiseks. Rändsete veelindude kaitse tagamine kogu rändete ulatuses sisaldub nende kaitse rahvusvahelise kokkuleppe (*African-Eurasian Waterbird Agreement*) eesmärkide hulgas. Eesti ühines vastava leppega 1.11.2008. Seetõttu on ka Eestis oluline jälgida merelindude arvukuse dünaamikat ning seostada seda keskkonnaseisundi ja selle muutustega.

Avamerel peatuvate veelinnukogumite ja nende peatuspäikade kaitse on võimalik ainult juhul, kui linnuliikide arvukus ja ruumiline paiknemine on teada. Sellised andmed on olulised ka majandustegevuste ja energiatootmise

aspektist. Näiteks on kaasajal aktuaalne avamere tuuleparkide rajamine taastuvenergia suuremaks kasutuselevõtuks. Samas on Eestis teada juhtumeid, kus lindude kaitse on läinud vastuollu planeeritavate majandustegevustega (Eesti Ornitoloogiaühing 2008; Kuus 2014; Luigujõe 2015). Näiteks planeeriti avamere tuuleparki Neugrundi madalikule, sest seal on selle rajamiseks soodsad looduslikud tingimused. Samas on see olnud tähtis aulide (*Clangula hyemalis*) peatusala. Hiiumaa lähedusse avamerre planeeritakse samuti suuremat tuuleparki energiatootmiseks, kuid see ala on samuti tähtis lindude peatumis- ja toitumisala ning rändekoridor.

Eestis on olnud pikad traditsioonid lindude rände uurimisel, mis hoogustus eelmise sajandi keskpaigast. Varasemad andmed Eesti merealaga seotud linnustiku kohta aga hõlmavad peamiselt kitsast rannalähedast mereosa. Näiteks veelindude taliloendusi viiakse meil läbi juba 1967.a. alates (Pehlak, Luigujõe & Kuresoo 2001). Merelindude kohta on avaldatud tulemusi Läänemaal Põõsaspea neemelt tehtud vaatlustest (näiteks Ellermaa, Pettay & Könönen 2010; Ellermaa & Lindén 2015). Randa uhitud surnud lindude seireprogrammi abil on Eestis alates 1992. aastast hinnatud talvitavate veelindude suremust ja jälgitud merereostuse mõju veelindudele (Lilleleht 1992; Keskkonnaagentuur 2016). Avamerelinnustiku intensiivsem uurimine Eestis algas 2000-ndate aastate keskel. Mitme uuringu raames on läbi viidud nii lennu- kui ka laevaloendusi, mis on oluliselt täiendanud teadmisi lindude kogumitest, ruumilisest

paiknemisest ja arvukusest Läänemerel (Luigujõe & Kuus 2016). Merelindudest on ehk põhjalikumalt uuritud Eestis kirjuhaha (*Polysticta stelleri*) talvituvat asurkonda ja selle arvukuse muutust (Kuresoo, Luigujõe & Rattiste 2013). Eestimaa Looduse Fondi projekti "Eesti merealade planeerimiseks looduskaitse- lise teabe koondamine, sh. territoriaal- mere mereelupaikade modelleerimine" raames modelleeriti läbirändel peatuvate aulide asustustihedust Eesti merealal (Kuus 2014).

Käesoleva uurimistöö eesmärgiks oli kirjeldada Soome lahe idaosa avamere laevaloendustel kogutud andmetel lindude liigilist koosseisu, liigirikkust ja asustustihedust sõltuvalt aastaajast (loendusperiood) ning mere sügavusest. Lisaks sooviti välja selgitada, kas lindude kooslus võiks muutuda Soome lahes ida- lääne suunaliselt?

Metoodika

Uurimisala

Uurimisala kogupindala oli 1 395 km². Uurimisala katmiseks koostati transekt pikkusega 519 km, mille lõikude vahe oli ligikaudu 3 km (joonis 1). Transekti paigutamisel kasutati kogu Soome lahes laevaloendusteks sobivat loode-kagu suunda, mis on valdavalt risti sama- sügavusjoontega ning arvestab laeva liikumiseks sobimatute liiga mada- late alade ja saarte paiknemist Soome lahes. Koostatud transekti puhul katab loenduse 300 m laiune põhiriiba 11% uurimisalast. Tegelik transekt langes planeerituga hästi kokku, kõrvalekalle ei

ületanud enamasti 300 m. Kokku paigu- tati alale 20 transektilõiku.

Loendusperioodid

Kokku teostati kahe aasta (2015 ja 2016) vältel kuus loendust. Mõlemal loen- dusaastal teostati samal transektil üks kevad-, suvi- ja sügisloendus. 2015. aastal kaeti loendustega Soome lahe lääneosa, 2016. aastal idaosa. Detailsem teave loen- dusaegade ning -transektide kohta on esitatud tabelis 1.

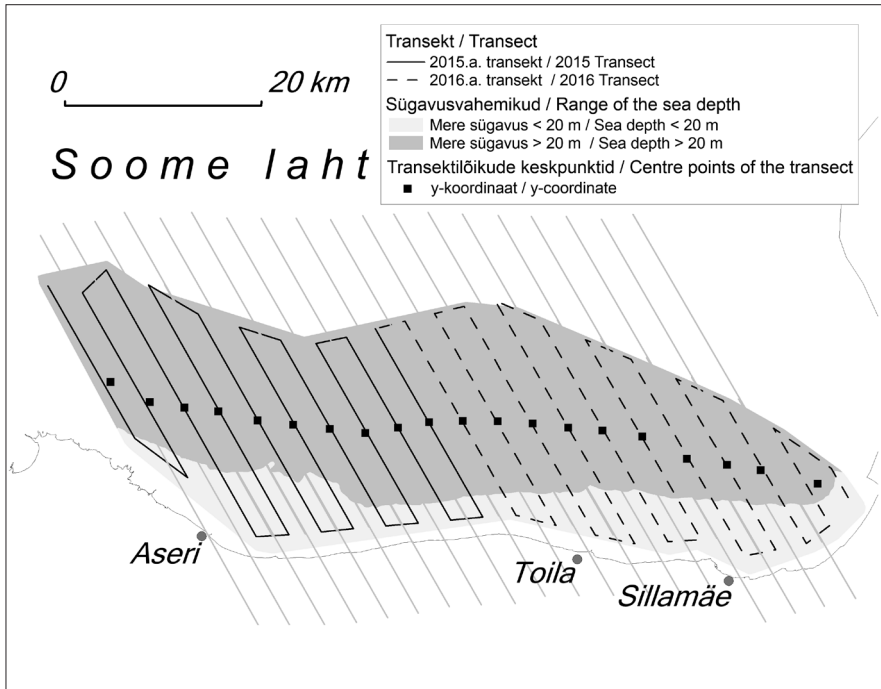
Kõigil loendustel kasutati Tallinna Tehnikaülikooli Meresüsteemide Instituudi uurimislaeva Salme. Laeva tehnilised näitajad olid loenduste läbiviimiseks sobivad: süvis 2,5 m, kiirus keskmiselt 9 sõlme, vaat- leja silma kõrgus merepinnast 5 m.

Ilmastikutingimused loenduste ajal olid valdavalt soodsad: nähtavus üle 2 km ja tuule tugevus kuni 4 palli Beauforti järgi (kuni 8 m/s). Tuult tugevusega 5 palli (kuni 10,7 m/s) esines 2015. aasta mais ja 2016. aasta novembris.

Uurimisparameetrid

Loendusandmed jagati kolmeks grupiks vastavalt aastaegadele: kevad-, suvi- ja sügisloendus.

Meresügavuse andmed saadi Eesti merekaardilt (Maa-amet 2015). Mere sügavuse mõju arvestamiseks lindudele kasutati kahte kategooriat: sügavus alla ja üle 20 m. Erineva sügavusega mereosade pindalast tingituna oli keskmine transekt- lõikude pikkus sügavuste kaupa erinev. < 20 m sügavusega transektilõikude



Joonis 1. Loendustransektdid 2015. ja 2016. aastal Soome lahes. Punktid tähistavad transektilõigu keskohta, hallid paralleeljooned sirgeid, mida kasutati transekti jagamiseks lõikudeks.

Figure 1. Bird transects in 2015 and 2016 in the Gulf of Finland related with sea depth. Points represent centre of the transects, grey parallel lines was used to cut transects sections.

keskmise pikkus oli 6,1 km (SD 2,1), > 20 m sügavusega transektilõikude keskmine pikkus oli 18,4 km (SD 2,8).

Uurimisala ulatus ida-lääne suunas oli ligikaudu 70 km. Selgitamaks, kas ida-lääne suunas linnustiku liigiline koosseis muutub, kasutati analüüsis transektilõigu keskpunkti y-koordinaati (geograafiline pikkus). Põhja-lõuna suunalist x-koordinaati (geograafiline laius) analüüsi ei kaasatud, sest transektilõikude vastav koordinaat varieerus vähe (ca 10 km, vt joonis 1). Põhja-lõuna suunalisi erinevusi lindude paiknemises

uurimisalal tingib eeldatavalt eelkõige mere sügavuse muutus ja see tunnus kaasati eraldi analüüsi.

Linnustiku andmed

Lindude loendamiseks kasutati marsruutloendusi laevalt, lähtudes rahvusvaheliselt kasutatavast laevaloenduste meetodikast (Durinck 2005). Selle alusel eristatakse peatuvaid ja ülelendavaid isendeid. Samuti eristatakse transekti ühel küljel asuvas 300 m laiuses põhiribas ja väljaspool seda registreeritud linnud. Põhiriba eristamine võimaldab

Tabel 1. Loendusperioodide kuupäevad ja loendustransectide kogupikkus.**Table 1.** Count period dates and total length of count transect.

Loendusperiood <i>Count period</i>	Kuupäevad <i>Dates</i>	Transecti pikkus, km <i>Transect length, km</i>
Kevad 2015	6.05.2015	248,7
Kevad 2016	27.04.2016	240,8
Suvi 2015	28.07.2015	251,1
Suvi 2016	28.07.2016	247,1
Sügis 2015	17.-18.11.2015	244,1
Sügis 2016	1.-2.11.2016	242,8

leida asustustihedused ning vajadusel ekstrapoleerida loendusriba andmeid kogu uuritavale alale. Kokku oli uurimisalal 20 transectilõiku.

Käesolevas analüüsis kasutati ainult põhiribal peatuvad isendid. Liikide asustustihedus on arvatud valemi abil: $a = b / (l * 0,3)$, kus a on asustustihedus is/km², b loendatud isendite arv, l transectilõigu pikkus (km) ja 0,3 põhiriba laius (km).

Andmeanalüüs

Andmeanalüüsis kasutati ainult põhiribal peatuvate lindude andmeid. Andmeanalüüsi ei kaasatud määramata vaeraste (*Melanitta sp.*) ja kajakate (*Larus sp.*) andmeid, mis moodustasid vastavalt 0,4% ja 0,01% andmestikust. Seevastu määramata kauride (punakurk-kaur *Gavia stellata*, järvekaur *Gavia arctica*) ning tiirude (randtiir *Sterna paradisaea*, jõgitiir *Sterna hirundo*) andmed kaasati analüüsi ühe liigina, sest laevaloendustel on neid liike teatud olukordades liigini keeruline määrata.

Linnustiku liigilise koosseisu ning loendusperioodi, mere sügavuse ja

ida-läänesuunalise ulatuse omavahe- lise seostatuse analüüsimiseks kasutati osalist liiasusanalüüsi (*partial redundancy analysis*). See on mitme funktsioon- ja argumenttunnusete regressioonanalüüs, millele lisandub prognoositud väärtuste peakomponentanalüüs (Remm, Remm & Kaasik 2012). Analüüsi aluseks oli kõikide lindude maksimaalne loendatud isendite arv, mida seostati uurimisparameetritega. Viimatinimetatud analüüsi jaoks kasutati Hellingeri teisen- dust, sest see lubab analüüsi kaasata ka vähearvukamaid liike (Legendre & Gallagher 2001). Tunnust loendusaasta käsitleti kui tingiv muutuja (*conditional variable*). Lindude liigilise koosseisu uurimiseks kasutati rakendustarkvara R (R Development Core Team 2017) paketti "*vegan*" (Oksanen *et al.* 2017).

Linnustiku muutujatest uuriti veel liikide arvu (liikide arv/loendustransecti pikkus km) ja asustustihedust (isendit/ ruutkilomeetrile). Liikide arvu ja asustus- tiheduse modelleerimisel kasutati raken- dustarkvara R (R Development Core Team 2017) ja paketti "*nlme*" (Pinheiro *et al.* 2017). Üldine lineaarne sega- mudel sisaldas kateoorilisi muutujaid:

loendusperiood, mere sügavus ning juhuefektina võeti arvesse iga transekti ID kahe loendusaasta alusel. Mudeli struktuur oli järgmine: lme(uuritav tunnus~mere sügavus+loendusperiood, random=~1aasta/transekti ID). Statistilisel analüüsil kasutati kõikidel juhtudel 95% usaldusnivood.

Tulemused

Lindude liigiline koosseis

Loenduste käigus kohati peatuvatest lindudest (kokku 12 491 isendit) loenduste põhiribas 19 liiki linde (neist punakurk- ja järvekaur ning rand- ja jõgitiir arvestati loendamisel ja andmetöötluses üheks liigiks) järgmistest sugukondadest: partlased (*Anatidae*) – 5, kaurlased (*Gaviidae*) – 2, pütlased (*Podicipedidae*) – 1, kormoranlased (*Phalacrocoracidae*) – 1, alkased (*Alcidae*) – 2, tiirlased (*Sternidae*) – 2, kajaklased (*Laridae*) – 6 liiki (tabel 2). Kõige arvukamalt loendati peatuvate isenditena loendustransektidel partlasi: aul, mustvaeras (*Melanitta nigra*) ja tõmmuvaeras (*Melanitta fusca*; tabel 2). Keskmisel arvul esinesid kajaklased, suhteliselt vähearvukalt olid esindatud kõik ülejäänud liigid ja sugukonnad.

Liigilise koosseisu seosed loendusperioodi, mere sügavuse ning ida-läänesuunalise koordinaadiga

Loendusperiood kirjeldas 18,1% ($F_{2,114} = 23,5$; $p < 0,001$) ja mere sügavus 4,9% ($F_{1,114} = 2,4$; $p = 0,002$) lindude liigilise koosseisu koguvarieeruvusest. Ida-läänesuunaline koordinaat ei olnud oluline tunnus lindude liigilise koosseisu kirjeldamisel

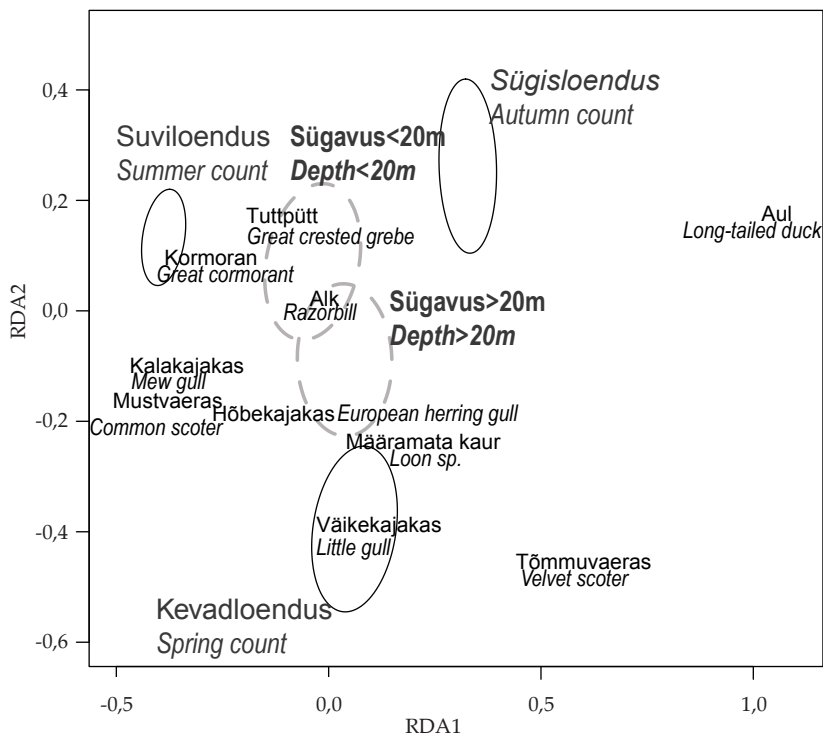
(1,8% koguvarieeruvusest, $F_{1,114} = 0,66$; $p = 0,36$). Osalise liiasusanalüüsi I telg (edaspidi RDA I telg), mis näitab, kuidas liigid on omavahel ja seoses keskkonnaparameetritega kahemõõtmelises ruumis jaotunud, võiks kirjeldada loendusperioodi – kevad- ja sügisloenduste tulemused on omavahel sarnasemad kui suveloenduste tulemused. RDA II telg võiks kirjeldada mere sügavust.

Sügisloendustel oli kõige arvukam liik aul. Auli keskmine loendustulemus fikseeriti kevadloendustel ning vaid ühel juhul kohati liiki suvel (joonis 2, tabel 3). Mustvaeras oli arvukaim suvi- ja kevadloendustel. Seevastu tõmmuvaeraid loendati enim kevadloendustel, keskmiselt sügisloendustel ja vaid korra suvisel loendusel. Kevadloendustel olid arvukamad kaurid ja väikekajakas (*Hydrocoloeus minutus*). Tuttpütte (*Podiceps cristatus*) registreeriti kõige rohkem suvistel ja sügisestel loendustel. Kormorane (*Phalacrocorax carbo*), kalakajakaid (*Larus canus*) ja tiire loendati kõige rohkem suvel. Alke (*Alca torda*) ja krüüsleid (*Cephus grylle*) kohati enim sügisloendustel. Ülejäänud liikide arvukused ja arvukuste muutused olid väga väikesed (tabel 3).

Liigid, kes eelistasid vastavalt kasutatud meetodikale madalamat (< 20 m sügavusega) merd olid aul, mustvaeras, tuttpütt, kormoran, kalakajakas ja hõbekajakas (*Larus argentatus* joonis 2, tabel 3). Tõmmuvaeras, kaurid, alk ja krüüsel ei näidanud selget eelistust mere sügavuse suhtes. Liike, kes oleksid eelistanud sügavamalt merd (>20 m sügavus), uuringus kogutud loendusandmete puhul ei leitud.

Tabel 2. Loendatud merelindude isendite koguarvukused liikide ja sugukondade kaupa.*Table 2.* Counted seabirds numbers based on species and family.

Sugukond, liik <i>Family, species</i>	Peatuvate isendite arv põhiribas <i>Number of stopover individuals in the main transect-belt</i>	Isendite arv sugukonnas <i>Number of individuals in the family</i>
Partlased (<i>Anatidae</i>)		11645
hahk (<i>Somateria mollissima</i>)	1	
aul (<i>Clangula hyemalis</i>)	4806	
mustvaeras (<i>Melanitta nigra</i>)	2997	
tõmmuvaeras (<i>Melanitta fusca</i>)	3837	
sõtkas (<i>Bucephala clangula</i>)	4	
Kaurlased (<i>Gaviidae</i>)		77
järve- või punakurk-kaur (<i>Gavia sp.</i>)	77	
Pütlased (<i>Podicipedidae</i>)		48
tuttpütt (<i>Podiceps cristatus</i>)	48	
Kormoranlased (<i>Phalacrocoracidae</i>)		64
kormoran (<i>Phalacrocorax carbo</i>)	64	
Alklased (<i>Alcidae</i>)		47
alk (<i>Alca torda</i>)	39	
krüüsel (<i>Cepphus grylle</i>)	8	
Tiirlased (<i>Sternidae</i>)		5
jõgi- või randtiir (<i>Sterna sp.</i>)	5	
Kajaklased (<i>Laridae</i>)		605
väikekajakas (<i>Hydrocoloeus minutus</i>)	143	
naerukajakas (<i>Larus ridibundus</i>)	4	
kalakajakas (<i>Larus canus</i>)	253	
tõmmukajakas (<i>Larus fuscus</i>)	1	
hõbekajakas (<i>Larus argentatus</i>)	188	
merikajakas (<i>Larus marinus</i>)	16	
Kokku	12 491	12 491



Joonis 2. Lindude liigilise koosseisu seosed loendusperioodi ja mere sügavusega osalise liiasus-analüüsi mudeli alusel. Joonise loetavuse huvides on esitatud kümme arvukaimat linnuliiki.

Figure 2. Bird species composition relationships with count season and depth of the sea based on the partial redundancy analysis. For clarity reason, ten most numerous species are presented.

Hahka (*Somateria mollissima*), naerukajakat (*Larus ridibundus*) ja tõmmukajakat (*Larus fuscus*) loendati küll sügavama mere korral, kuid valimid nendel juhtudel olid väga väikesed (vastavalt 1, 4 ja 1 isendit).

Liigirikkuse ja asustustiheduse seosed loendusperioodi ja mere sügavusega

Lindude liigirikkus sõltus loendusperioodist. Kõrgeim oli lindude liigirikkus kevadel, keskmine suvel ja madalaim sügisel (joonis 3A). Statistiliselt usaldusväärne erinevus esines kevadise ja sügisese

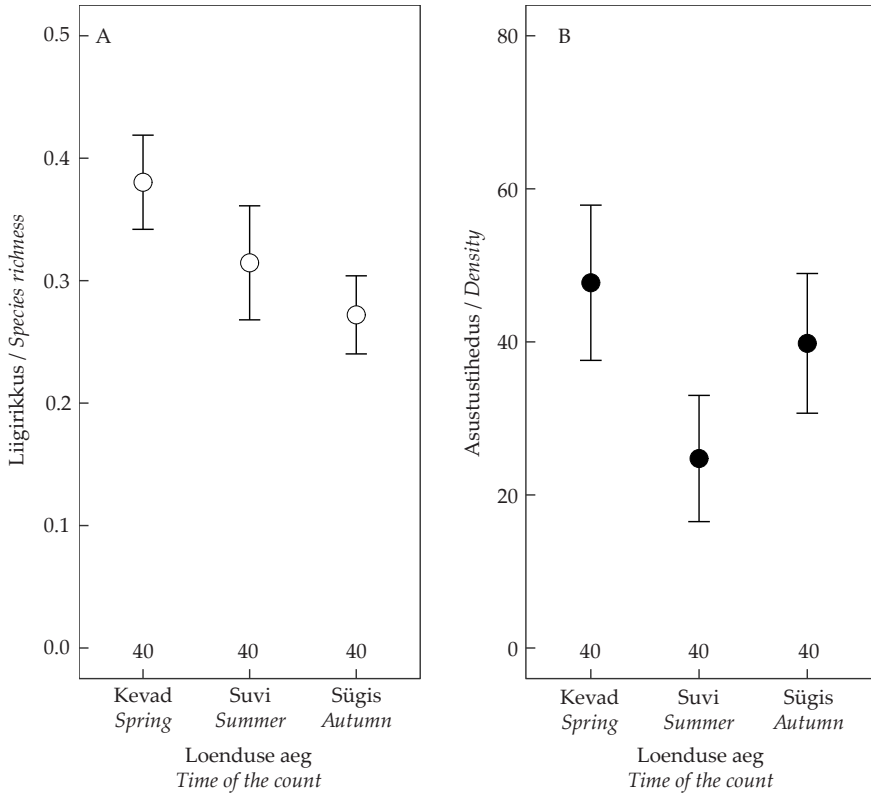
(t -statistik = -2,4, $p = 0,016$), kuid mitte kevadise ja suvise (t -statistik = -1,5, $p = 0,14$) ning suvise ja sügisese (t -statistik = -0,96, $p = 0,34$) liigirikkuse vahel. Madalamal merel (sügavus alla 20 m) oli lindude liigirikkus suurem kui sügavama mere puhul (t -statistik = -7,0; $p < 0,001$; joonis 4A).

Lindude asustustihedus ei erinenud statistiliselt usaldusväärset loendusperioodide vahel. Kõrgeim oli lindude asustustihedus kevadel ja sügisel, madalaim suvel (joonis 3B). Kevadloendusel oli küll lindude asustustihedus kõige

Table 3. Loendus transektidel kohatud liikide asustustihedus (keskmine ja standardviga) ruutkilomeetri kohta sõltuvalt loendusperioodist ja mere sügavusest.

Table 3. Bird species densities on count transects per square km (mean and standard error of mean, SEM) relation with count period and sea depth.

Liik Species	Loendusperiood / Count period				Mere sügavus / Sea depth					
	Kevadloendus Spring count (n = 40)		Suviloendus Summer count (n = 40)		Sügisloendus Autumn count (n = 40)		< 20 m (n = 60)		> 20 m (n = 60)	
	Keskmine Mean	Standardviga SEM	Keskmine Mean	Standardviga SEM	Keskmine Mean	Standardviga SEM	Keskmine Mean	Standardviga SEM	Keskmine Mean	Standardviga SEM
Hahk (<i>Somateria mollissima</i>)	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Aul (<i>Clangula hyemalis</i>)	15,00	5,35	0,04	0,04	30,22	8,64	20,91	6,59	9,26	2,47
Mustvaeras (<i>Melanitta nigra</i>)	11,92	4,99	21,07	8,26	0,35	0,26	20,29	6,30	1,94	0,94
Tõmmuvaeras (<i>Melanitta fusca</i>)	18,20	4,54	0,01	0,01	8,31	4,06	8,90	2,79	8,78	3,23
Sõtkas (<i>Bucephala clangula</i>)	0,00	0,00	0,01	0,01	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01
Määramata kaur (<i>Gavia sp.</i>)	0,34	0,10	0,07	0,06	0,14	0,05	0,20	0,07	0,17	0,05
Tuttpütt (<i>Podiceps cristatus</i>)	0,00	0,00	0,40	0,16	0,20	0,10	0,36	0,13	0,04	0,02
Kormoran (<i>Phalacrocorax carbo</i>)	0,01	0,01	0,58	0,27	0,01	0,01	0,35	0,18	0,05	0,02
Alk (<i>Alca torda</i>)	0,04	0,02	0,04	0,02	0,22	0,11	0,11	0,08	0,09	0,03
Krüüsel (<i>Cepphus grylle</i>)	0,01	0,01	0,00	0,00	0,07	0,04	0,03	0,02	0,01	0,01
Määramata tiir (<i>Sterna sp.</i>)	0,01	0,01	0,03	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
Väikekajakas (<i>Hydrocoloeus minutus</i>)	1,12	0,41	0,00	0,00	0,00	0,00	0,43	0,25	0,32	0,15
Nauerukajakas (<i>Larus ridibundus</i>)	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01
Kalakajakas (<i>Larus canus</i>)	0,56	0,18	1,62	0,71	0,01	0,01	0,96	0,46	0,50	0,20
Tõmmukajakas (<i>Larus fuscus</i>)	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Hõbekajakas (<i>Larus argentatus</i>)	0,49	0,11	0,80	0,19	0,27	0,12	0,64	0,15	0,39	0,07
Merikajakas (<i>Larus marinus</i>)	0,02	0,02	0,11	0,05	0,00	0,00	0,06	0,04	0,03	0,01



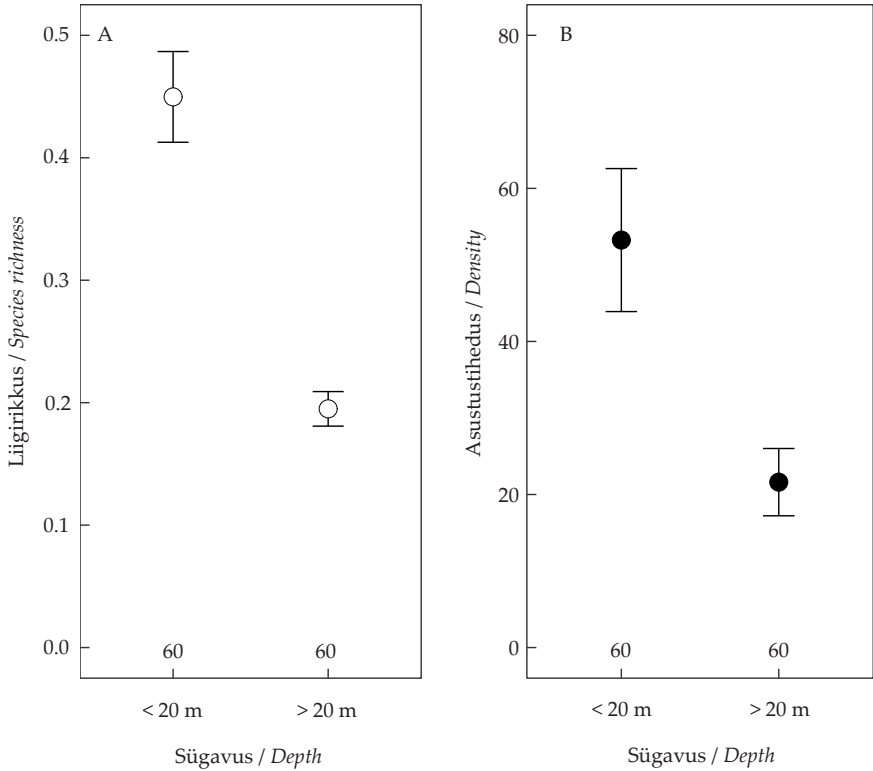
Joonis 3. Linnustiku liigirikkus (A, liikide arv 1 km transekti kohta) ning asustustihedus (B, isendite arv 1 km² kohta; keskmine ± standardviga) sõltuvalt loendusperioodist.

Figure 3. Bird species richness (A, species richness per 1 km transect) and density (B, density per 1 km², mean ± standard error of mean) relationships with count period.

kõrgem, kuid see ei erinenud napilt statistiliselt oluliselt suvistel loendustel saadud tulemustest (t-statistik = -1,8; $p < 0,07$). Ka kevadistel ja sügistel (t-statistik = -0,6, $p < 0,53$) ning suvistel ja sügistel (t-statistik = 1,2; $p < 0,23$) loendustel registreeritud asustustihedus ei erinenud statistiliselt olulisel määral. Madalamal merel (sügavus alla 20 m) oli lindude asustustihedus statistiliselt oluliselt kõrgem kui sügavamal mere puhul (t-statistik = -3,1; $p < 0,003$; joonis 4B).

Arutelu

Loendusperiood ja mere sügavus olid olulised tunnused kirjeldamiseks lindude liigilist koosseisu, liigirikkust ja asustustihedust Soome lahes. Kõrgeim oli laevaloenduste teel saadud tulemuse alusel lindude liigirikkus kevadel, keskmine suvel ja madalaim sügisel. Asustustihedus oli kõrgeim kevadel ja sügisel, madalaim suvel, kuid erinevus ei olnud statistiliselt usaldusväärne.



Joonis 4. Linnustiku liigirikkus (A, liikide arv 1 km transekti kohta) ning asustustihedus (B, isendite arv 1 km² kohta; keskmine ± standardviga) sõltuvalt mere sügavusest.

Figure 4. Bird species richness (A, species richness per 1 km transect) and density (B, density per 1 km², mean ± standard error of mean) relationships with sea depth.

Tulemused viitavad, et eri aastaegadel kasutatavad avamerd erinevad liigid ja see on seotud liikide fenoloogiaga. Lindude liigirikkus ja asustustihedus olid statistiliselt usaldusväärselt kõrgemad madalama mere puhul (sügavus alla 20 m). Tulemuste põhjal olid Soome lahes arvukad kaitsealused või ohustatud liigid.

Loenduste käigus kohati peatuvatest lindudest loendustransektidel kokku 12 491 isendit 19 liigist. Nendest viis on

linnudirektiivi I lisa liigid (punakurk- ja järvekaur, jõgi- ja randtiir ning väikekajakas); viis liiki kuuluvad II (järvekaur, alk, krüüsel, väike- ja tõmmukajakas) ja neli liiki III kaitsekategooria linnuliikide hulka (tõmmuvaeras, punakurk-kaur, jõgi- ja randtiir). Mõned linnudirektiivi I lisa ja Eesti kaitsekategooriat omavad liigid esinesid siiski väga väikesel arvil ja pole avamerel iseloomulikud (näiteks tõmmukajakas). Kõige arvukam liik, aul, on IUCNi järgi klassifitseeritud

ohualtiks (IUCN 2018). Ka tõmmuvaera ohustatuse taset tõsteti 2015. aastal ning liik klassifitseeriti samuti ohualtiks. Loendustulemused näitavad, et mere-loendusel olid arvukad just kaitsealused või ohustatud liigid.

Liigiline koosseis uuritud alal oli tüüpiline Eestis läbiviidud laevaloendustele (Eesti Ornitoloogiaühing 2018). Otseselt avamerega seotud linnuliigid võib jagada kolme rühma: põhjatoidulised (sukelpardid), pelaagilistes kihtides toituvad (kaurid, pütid, kormoran, alklased ja kosklad) ja pinnatoidulised linnud (kajakad, tiirud). Põhjatoidulistest liikidest olid laevaloendustel iseloomulikud aul, tõmmu- ja mustvaeras. Läbirändel peatuvad nimetatud liigid Läänemerele tihti suurte kogumitena ning seetõttu oligi nende liikide arvukus loendustel kõige kõrgem. Pelaagilistes kihtides toituvatest liikidest esinesid loendustel kaurid, alklased ja kormoran. Viimatimainitud liike kohati hajusalt või väiksemate salkadena ning nende arvukus oli kokkuvõttes väike võrreldes põhjatoiduliste liikidega. Pinnatoidulistest liikidest olid avamerel kõige sagedamad hõbe- ja kalakajakas. Erinevalt kahe eelmise linnurühma esindajatest viibivad pinnatoidulised liigid enamuse ajast mere kohal lennul ning peatuvate isendite eristamisel ülelendavatest oli kohati problemaatiline.

Loendusperiooditi oli lindude liigiline koosseis ja liigirikkus erinev. Sellest võib järeldada, et erinevatel aastaegadel kasutavad avamerd erinevad liigid. Uuringus leitud tulemust kinnitavad ka varasemalt Eestist kogutud andmed (Eesti Ornitoloogiaühing 2018). Mitmed

liigid esinevadki meie merealadel kas ainult (aul, mustvaeras, kaurid) või peamiselt läbirändel ja kes on pesitsemisena vähearvukad (tõmmuvaeras, alk, krüüsel). See tingib nende liikide kõrge arvukuse kevadel ja/või sügisel. See, kas loendustulemus saavutab maksimumi kevadel või sügisel, võib liikide ja alade kaupa varieeruda. Erand on mustvaeras, kelle arvukus võib sulgimise rände tõttu eriti Soome lahes saavutada maksimumi suvel. Suvistel loendustel esinesid sageli kõige arvukamalt ka koloniaalsed pesitsejad: kormoran, kajakad ja tiirud.

Kuigi kevad- ja sügisloendustel oli lindude hulk suurem kui suvel (tingituna rände mõjust), ei õnnestunud uurimisalal tõestada statistiliselt usaldusväärset erinevust lindude asustustiheduses loendusperiooditi. Selle põhjal saab järeldada, et uuritud Soome lahe mereala on lindude jaoks oluline nii kevadel, suvel kui sügisel. Suvist tulemust uurimisalal mõjutas ilmselt kõige rohkem sulgivate mustvaeraste kõrgem asustustihedus sel perioodil.

Lindude liigiline koosseis, üldine liigirikkus kui ka asustustihedus olid statistiliselt usaldusväärset erinevad mere sügavuste kaupa. Alla 20 meetri sügavusega merel olid uuritud lindude näitajad kõrgemad kui sügavama vee puhul. See on oluline tulemus raketuse aspektist. Näiteks on teada, et avamere tuuleparke kavandatakse reeglina just nende aladele, mis pole küll rannikule väga lähedal, et mitte segada kohalikke elanikke, kuid kus vee sügavus pole liiga suur tuulikute rajamise kulude seisukohast. Näiteks

Pärnumaaga piirnevatel merealadel on optimaalseteks tunnistatud alad, kus vesi oleks sügavusega kuni 20 m (Hendrikson & Ko 2015). Hiiumaaga piirnevatel merealadel on pakutud suurimateks sügavusteks, kuhu veel tasuks tuuleparki rajada, 30 – 35 m (Artes Terrae OÜ 2016). Tihti on need just linnurikkamad alad. Seetõttu tekibki konfliktsituatsioon looduskaitsete ja energiatootjate vahel. Konflikti oleks võimalik vältida, kui mere tuuleparke rajatakse veel sügavamasse vette. Samas on see tänaste tehniliste võimaluste juures kulukam ja seepärast selliste sügavustega alasid ei eelistata.

Tuuleparkide mõju lindudele võib olla erinev alates juurdemeelitamisest kuni väljatõrjumiseni (Eesti Ornitoloogiaühing 2016). Juurdemeelitamise põhjused on eelkõige seotud täiendavate või paranenud toitumisoludega tuuleparkides, võrreldes nendele eelnenud oludega. Siiski mitmete inimpelglike ja häirimis-tundlike mereliikide jaoks on avamerele püstitatud kõrged ja pöörlevate labadega tuulikud oluline häirimisfaktor ning vastavad liigid võivad olla täielikult või osaliselt tõrjutud mitte ainult tuulepargialalt, vaid ka mitme kilomeetrise ulatusega tsoonist tuulepargi ümbruses (Dierschke, Furness & Garthe 2016).

Hiljuti valminud meta-analüüs võimaldab hinnata lindude käitumuslikke reaktsioone Põhja- ja Läänemere 20 tuulepargi uuringu põhjal (Dierschke, Furness & Garthe 2016). Viimatimainitud meta-analüüsi alusel saab lindude reaktsiooni järgi tuuleparkide mõjule liike jagada rühmadesse. Nn. väljatõrjutavate liikide rühma kuulusid aul, vaerad, tuttpütt,

kaurid, alkased, väikekajakas ja tutttiir (*Sterna sandvicensis*); juurdemeelitava mõjuga liikide hulka rohkuskel (*Mergus serrator*), kormoran ja kajakad. Tuulepargi eemaletõrjuva mõju ulatus varieerus ühest kuue kilomeetrini (Welcker & Nehls 2016). Aja jooksul võivad mõned liigid tuuleparkidega kohaneda ja nende arvukus alal ka taastuda, teiste liikide puhul sellised andmed puuduvad. Näiteks Taanis taastus 5–7 aasta jooksul pärast tuuleparkide rajamist mustvaera arvukus, samas tõmmuvaera, auli ja kauride arvukus aga mitte (Danish Environmental Agency 2013). Seniste andmete põhjal järeldub, et tuuleparkide poolt kõige ohustatumad on just liigid, kelle arvukuses on toimunud langused (punakurk-kaur, aul; Skov *et al.* 2011) ja kelle jaoks Eesti merealad on väga olulisteks peatumisaladeks (aul, vaerad, kaurid).

Mere sügavuse seos seda mereala asustava linnustikuga on osutunud oluliseks ka varasemates uurimistöodes (Stone, Webb & Tasker 1995). Eelkõige seostatakse mere sügavuse mõju lindudele seoses toitumisega, sest sügavus mõjutab nii toidu hulka kui selle kättesaamise efektiivsust (Schneider 1997). Näiteks talvitavate aulide puhul on sobivamaks sügavusvahemikuks hinnatud 10–35 m, mustvaeral 5–15 m ja tõmmuvaeral 10–30 m (Skov *et al.* 2011). Ühe Eesti uuringu põhjal on näiteks leitud, et söödava rannakarbi (*Mytilus edulis*) leviku modelleerimisel osutus mere sügavus selle liigi arvukuse ja leviku kirjeldamisel oluliseks tunnuseks (Herkül *et al.* 2014). Karbid, sealhulgas söödav rannakarp, on üks olulisemaid bentostoiduliste liikide (aul, vaerad) toiduobjekte (Kõuts 2013).

Analüüsil ei leitud, et linnustiku koosseisu oleks uurimisala piires statistiliselt usaldusväärselt varieerunud ida-lääne suunas.

Saadud loendustulemuste võrdlemine rannikult (Põõsaspea neem, Läänemaa) kogutud andmetega (Ellermaa 2015) kinnitab muuhulgas, et puudub universaalne meetod kõigi merega seotud lindude loendamiseks ja täielikuma ülevaate saamiseks on vajalik erinevate meetodite kombineerimine. Ellermaa (2015) andmetel olid juulis või novembris näiteks sinakael-part (*Anas platyrhynchos*), hahk ja sõtkas (*Bucephala clangula*) tavalised liigid, keda kuu jooksul loendati kuni paarsada isendit. Laevaloendusel olid need liigid vastavatel perioodidel haruldased või puudusid täiesti (näiteks sinikael-part). Alki on seevastu Põõsaspea rändevaatluspunktis loendatud kalendrikuude summadena vaid üksikud isendid, lühiajalistel laevaloendusel oli alk mitte küll arvukas, kuid suhteliselt tavaline liik. Vaeraid ja aule saab loendada küll mõlema metoodikaga, kuid kaldalt teostatud loenduste puhul jääb enamasti teadmata, kui suur on nähtavuse piires asunud lindude osa kõigist peatuvatest isenditest.

Uurimistöös analüüsiti ainult mõningaid parameetreid, mis mõjutavad või võiksid mõjutada lindude liigirikust ja asustustihedust. Kindlasti on veel muidki olulisi parameetrid, mida on vaja täpsemalt välja selgitada. Näiteks varasemad uuringud on näidanud, et ka tuule suuna (mandrilt või merelt), pinnavee temperatuuri, vee soolsusel ja õhurõhul on mõju lindude rohkusele Põhjamerel

(Garthe *et al.* 2009). Seetõttu oleks kindlasti vaja jätkata merelindude uuringuid, et tagada nende hea käekäik nii rändel kui ka talvitusajal Läänemerel.

Tänuavaldused

Loendust Soome lahe idaosas finantseeris Keskkonnainvesteeringute Keskus. Täname loendustel osalenud Veljo Volket ja Liis Jaametsa. Avaldame tänu Tallinna Tehnikaülikooli Meresüsteemide Instituudi uurimislaeva Salme meeskonnale kapten Paul Mooki juhtimisel. Täname artikli retsensenti asjalike kommentaaride eest.

Kasutatud kirjandus

- Artes Terrae OÜ (2016) Hiiu maakonna merealade planeering. <https://trimis.ec.europa.eu/sites/default/files/project/documents/Seletuskiri.pdf>. (külastatud: 6.03.2018).
- Danish Environmental Agency (2013) *Danish Offshore Wind. Key Environmental Issues – a Follow-up*. The Environmental Group: The Danish Energy Agency, The Danish Nature Agency, DONG Energy and Vattenfall, Denmark.
- Dierschke, V., Furness, R.W. & Garthe, S. (2016) Seabirds and offshore wind farms in European waters: Avoidance and attraction. *Biological Conservation*, **202**, 59-68.
- Durinck, J. (2005) Methods for designation of MPAs. *Training course material in Riga November 21-25* (Käsitöö).
- Eesti Ornitoloogiaühing (2008) Veelindude loendus Neugrundi madalikul 2007 (Käsitöö Eesti Ornitoloogiaühingus).

- Eesti Ornitoloogiaühing (2016) Mereala planeeringu alusuuring; Eesti merealal paiknevate lindude rändekoridoride olemasolevate andmete koostamine ja kaardikihtide koostamine ning analüüsi koostamine tuuleparkide mõjust lindude toitumisaladele (Käsikiri Eesti Ornitoloogiaühingus).
- Eesti Ornitoloogiaühing (2018) Laevaloenduste andmebaas (Andmebaas asub Eesti Ornitoloogiaühingus, Tartu).
- Ellermaa, M. (2015) Peatuvad veelinnud põõsaspeal 2014. aasta sügisel. *Hirundo*, **28**, 50-54.
- Ellermaa, M. & Lindén, A. (2015) Sügisränne põõsaspeal 2014. aastal. *Hirundo*, **28**, 20-49.
- Ellermaa, M., Pettay, T. & Könönen, J. (2010) Sügisränne Põõsaspeal 2009. aastal. *Hirundo*, **23**, 21-46.
- Euroopa Komisjon (2008) Euroopa Parlamendi ja Nõukogu direktiiv 2008/56/EÜ. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ET/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008L0056&from=ET>. (külastatud: 7.02.2018).
- Euroopa Nõukogu (1979) Linnudirektiiv. <http://www.natura2000.envir.ee/files/doc/linnudirektiiv.pdf>. (külastatud: 19.03.2018)
- Garthe, S., Markones, N., Hüppop, O. & Adler, S. (2009) Effects of hydrographic and meteorological factors on seasonal seabird abundance in the southern North Sea. *Marine Ecology Progress Series*, **391**, 243-255.
- Helsingi Komisjon (2007) HELCOMi Läänemere tegevuskava. http://www.envir.ee/sites/default/files/laanemere-tegevuskava_eeistikeeles.pdf. (külastatud: 3.03.2018).
- Hendriksin & Ko (2015) Pärnu maakonnaga piirneva mereala maakonnaplaneering. <http://www.tuuleenergia.ee/wp-content/uploads/Mereplaneeringu-seletuskiri.pdf>. (külastatud: 6.03.2018).
- Herkül, K., Möller, T., Kotta, J. & Martin, G. (2014) Eesti territoriaalmeres merepõhja elupaikade ja liikide leviku modelleerimine. <https://www.kik.ee/sites/default/files/4097.pdf>. (külastatud 5.03.2018).
- IUCN (2018) The IUCN red list of threatened species. <http://www.iucnredlist.org/>. (külastatud 14.02.2018).
- Keskonnaagentuur (2016) Eluslooduse mitmekesisuse ja maastike seire alamprogrammi „Randa uhitud linnud“ 2015. aasta aruanne. http://seire.keskkonnainfo.ee/attachments/article/3905/aru16_6.27_RULL.pdf (külastatud 19.03.2018).
- Kuresoo, A., Luigujõe, L. & Rattiste, K. (2013) Kirjuhaha (*Polysticta stelleri*) asurkonna seisundist ja võimalikest kaitsemeetmetest Eestis. *Hirundo*, **26**, 1-25.
- Kuus, A. (2014) Mudelid linnustiku karakterliikide modelleerimiseks Eesti territoriaalmeres (Käsikiri Eesti Ornitoloogiaühingus).
- Kõuts, M. (2013) Muuga lahel ja Käsmu lahel talvituvate aulide (*Clangula hyemalis*) toitumisökoloogia: kaaspüügil põhineva andmestiku analüüs. Magistritöö, Tartu Ülikool, Eesti.
- Legendre, P. & Gallagher, E.D. (2001) Ecologically meaningful transformations for ordination of species data. *Oecologia*, **129**, 271-280.
- Lilleleht, V. (1992) Randa uhitud lindude loendus (RULL). *Hirundo*, **11**, 21-22.
- Luigujõe, L. (2015) Loode-Eesti rannikumerre kavandatava meretuulepargi keskkonnamõju hindamise raames keskkonnamõju hindamise menetluses osalemine. Aruanne. http://www.envir.ee/sites/default/files/lisa_4_loode-estimeretuulepark-linnustiku-uuring_sept-2016.pdf (külastatud: 3.03.2018).

- Luigujõe, L. & Kuus, A. (2016) Merelinnud. Eesti merealade loodusväärtuste inventeerimine ja seiremetoodika väljatöötamine (ed. Balti Keskkonnafoorum), pp. 22-39. NEMA, Tallinn, Estonia (Käsikiri Eesti Ornitoloogiaühingus).
- Maa-amet (2015) Eesti merekaart. <https://geoportaal.maaamet.ee/est/Teenused/Kaardirakendus/Merealadekaardirakendus-p484.html> (külastatud: 8.03.2018).
- Oksanen, J., Blanchet, F., Kindt, R., Legendre, P., O'Hara, R., Simpson, G., Solymos, P., Stevens, M. & Wagner, H. (2017) vegan: Community Ecology Package. R package version 2.4-4. URL: <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>.
- Pehlak, H., Luigujõe, L. & Kuresoo, A. (2001) Kesktalvised veelindude loendused Eesti rannavetes. *Hirundo*, **14**, 11-26.
- Pinheiro, J., Bates, D., DebRoy, S., Sarkar, D. & Team, R.C. (2017) nlme: Linear and Nonlinear Mixed Effects Models. R package version 3.1-131. URL: <https://CRAN.R-project.org/package=nlme>.
- R Development Core Team (2017) *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Remm, K., Remm, J. & Kaasik, A. (2012) *Ruumiliste loodusandmete statistiline analüüs*. Tartu Ülikool, Ökoloogia ja Maateaduste Instituut, Tartu, Estonia. http://kalleremm.ee/RASA/RASA_teooria.pdf (külastatud: 8.03.2018)
- Schneider, D.C. (1997) Habitat selection by marine birds in relation to water depth. *Ibis*, **139**, 175-178.
- Skov, H., Heinänen, S., Žydelis, R., Bellebaum, J., Bzoma, S., Dagys, M., Durinck, J., Garthe, S., Grishanov, G., Hario, M., Kieckbusch, J.J., Kube, J., Kuresoo, A., Larsson, K., Luigujõe, L., Meissner, W., Nehls, H.W., Nilsson, L., Petersen, I.K., Roos, M.M., Pihl, S., Sonntag, N., Stock, A., Stipniece, A. & Wahl, J. (2011) *Waterbird populations and pressures in the Baltic Sea*. TemaNord. Nordic Council of Ministers, Copenhagen, Denmark <http://norden.divaportal.org/smash/get/diva2:701707/FULLTEXT01.pdf>. (külastatud: 4.03.2018).
- Stone, C., Webb, A. & Tasker, M. (1995) The distribution of auks and *Procellariiformes* in north-west European waters in relation to depth of sea. *Bird Study*, **42**, 50-56.
- Welcker, J. & Nehls, G. (2016) Displacement of seabirds by an offshore wind farm in the North Sea. *Marine Ecology Progress Series*, **554**, 173-182.

Summary

Characteristics of open-sea birds and their relationships with seasonality, sea depth and longitude in the Gulf of Finland

The aim of current study was to describe bird species composition, richness and abundance relationships with seasonality (count period) and sea depth (< 20 m or > 20 m) based on open sea bird counts. An additional aim was to clarify whether bird species composition changes along the 70-km-long east–west study area (longitude). Open sea bird counts from a ship were carried out along the same transects in spring, summer and autumn in the years 2015 and 2016 in the Gulf of Finland. Only stopover birds in the 300 m wide transect belt were analysed. Partial redundancy analysis and linear mixed effect models were used. The total count was 12 491 individuals from 19 species. The most abundant species were the long-tailed duck (*Clangula hyemalis*), the common scoter (*Melanitta nigra*) and the velvet scoter (*Melanitta fusca*). Bird counts showed that on the open sea, protected and vulnerable species were numerous. Results showed, that count period and depth of the sea were important factors describing bird species composition, richness and abundance. Bird species richness was highest in spring, average in summer and lowest in autumn. Species richness was statistically different between spring and autumn counts. Bird abundance was highest in spring and autumn and lowest in summer, but the differences were not statistically significant. The results indicate that different species use open-sea habitat in relation to change in species composition, which is related in turn to phenology. Species richness and abundance were higher in shallower seas (sea depth < 20 m). This is probably related to food procurement, which is easier in shallower seas. This is important result of implementation aspect, because this should be taken into account when planning to build open-sea wind farms. Bird species composition did not change significantly along the east–west study transect.