

TARTU ÜLIKOOL  
ÖKOLOOGIA JA MAATEADUSTE INSTITUUT  
ZOOLOOGIA OSAKOND  
LOOMAÖKOLOOGIA ÕPPETOOL

Johan Boeijkens

**Ruumiandmete ja pikaajaliste andmeridade  
kogumismeetodid ning kasutusvõimalused merelindude  
uuringutes**

Bakalaureusetöö

Juhendajad: Kristjan Adojaan, Richard Meitern ja Tuul Sepp

TARTU 2023



## **Infoleht**

### **Ruumiandmete ja pikaajaliste andmeridade kogumismeetodid ning kasutusvõimalused merelindude uuringutes**

Merelindude ruumilise käitumise uurimine on vajalik, et leida ja kaitsta nendele sobilikke elupaiku, eriti inimtekkelise keskkonnamuutuste kontekstis. Merelinnud on pikaajalised, toiduahela tipplülidena haavatavad keskkonnamürkidele ning rännetel mõjutatud kliimamuutuste poolt, samal ajal on nad tugevalt mõjutatud lokaalsetest keskkonnamuutustest pesitsuskolooniates. Ookeanites toimuvad muutused mõjutavad populatsioonide dünaamikaid suure ajanihkega, mistõttu on oluline koguda andmeid süstemaatiliselt mitmete aastate vältel. Looduskaitsealsetel rakendatavate seoste leidmiseks tuleks võimalikult paljud merelindudelt kogutud andmed avalikustada. Selles töös uuritakse seniseid ruumiandmete kogumismeetodeid ja andmete haldamist merelindudega seotud uuringutes ning pakutakse välja lahendusi lihtsamaks andmete kogumiseks ning haldamiseks merelindude pesitsuskolooniates.

**Märksõnad:** merelinnud, linnupesad, ruumiandmed, andmebaasid, rakendusprogrammid

### **Spatial and longitudinal data gathering methods and usages for seabird studies**

The study of spatial behaviour in seabirds is necessary to identify and protect habitats, especially in the context of human-induced environmental change. Seabirds, as long-lived migratory birds and top predators in the food chain, are particularly vulnerable to the bioaccumulation of environmental toxins and are impacted by climate change during migrations. Simultaneously, they are also affected by local environmental change in their breeding sites. Changes occurring in the oceans influence population dynamics, but the effects are significantly delayed, highlighting the importance of systematic gathering of longitudinal data. For conservation purposes it is important to make all of the collected data from seabirds publicly available. This study examines the use of existing methods for managing and collecting spatial data in seabird studies and proposes solutions for more efficient data collection and managing methods in seabird breeding colonies.

**Keywords:** seabirds, bird nests, geospatial data, databases, application programmes



## Sisukord

1. Sissejuhatus.....	4
2. Materjal ja metoodika.....	7
3. Kirjanduse ülevaade.....	9
3.1. Ruumiandmete kasutusvõimalused merelindude uuringutes.....	9
3.2. Pikaajaliste andmekogumite kasutusvõimalused merelindude uuringutes.....	12
6. Küsitlustulemuste analüüs.....	15
7. Rakenduste väljatöötamise kirjeldus.....	24
8. Järeldused.....	28
Kokkuvõte.....	33
Tänuavaldus.....	34
Kasutatud kirjandus.....	35

# 1. Sissejuhatus

Inimtegevusest põhjustatud keskkonnamuutuste mõjul sagenenud ebasoodsate ilmastikunähtuste esinemine, laienenud inimasustus ja maakasutuse muutus on põhjustanud metsloomadele sobivate elupaikade vähenemist (Hooke jt., 2012). Elupaikade killustatuse tõttu on vähenenud elupaikade sidusus ning loomade võimalused endale sobiv elupaik leida (Tischendorf jt., 2005; Tucker jt., 2018). Lisaks on leitud, et keskkonnareostus on tõsiseks ohuteguriks elustikule (Barker & Tingey, 1992; Tovar-Sánchez jt., 2018). Sääraste inimtekkeliste keskkonnamuutuste tagajärjena langeb elupaikade rohkus ja kvaliteet ning elupaikade omavaheline ühendatus. Elupaikade kvaliteedi langedes on loomadel võimalik kas 1) muuta oma käitumist ja strateegiaid, et ellu jääda ja sigida samas piirkonnas, 2) migreeruda mujale või 3) välja surra (Grémillet & Boulinier, 2009). Nii lokaalsete keskkonnamuutustega kohanemine (muutunud elupaigakasutus) kui ka migratsioon on seotud muutustega ruumilises käitumises. Loomade populatsioonide kaitsmiseks on seetõttu vaja mõista keskkonnamuutuste mõju mitte ainult loomade arvukusele ja tervisele, vaid ka ruumilisele käitumisele.

Keskkonnamuutuste mõju uurimisel vabalt elavatele loomadele on võimalik valida erinevaid mudelsüsteeme. Üheks suurima potentsiaaliga mudeliks pikemaajaliste ja laiema ruumilise ulatusega keskkonnamuutuste mõistmiseks on merelinnud (Grémillet & Boulinier, 2009). Merelinde on mõjutavad paljud inimtekkelised keskkonnamuutused, sh kliimamuutused, kalavarude kahanemine, kaaspüük ja merereostus. Merelindude pikk eluiga ja paindlik elutempo võimaldavad viia läbi pikaajalisi uuringuid ja teeb neist seeläbi ideaalse uurimisrühma. Pika elueaga linnuliikidel on võimalik uurida nende haavatavust ja võimalikke kohanemismehhanisme inimtekkeliste keskkonnateguritele (Speakman jt., 2015). Lisaks puutuvad merelinnud kokku reostuse ja saastatusega nii maismaal, vees kui ka õhus ning toiduahela kõrgema lülina on nad haavatavad reoainete kuhjumisele (Burger & Gochfeld, 2004; Sagerup jt., 2000). Suurem osa merelinde on koloniaalsed pesitsejad, mistõttu on nad eriti tundlikud asustustihedusega seotud tegurite suhtes, mis on omakorda seotud elupaikade kao ja killustatusega (Miller jt., 2019). Merelinnud rändavad ka tihtipeale suures ruumilises ulatuses, puutudes kokku keskkonnamuutustega globaalsel tasemel.

Ökosüsteemides toimuvad muutused võtavad aega, nende hindamiseks on vaja teha pikaajalisi uuringuid, mis annavad parema võimaluse hinnata keskkonnamuutuste mõju loomadele ja nende kohanemisvõimele. Lisaks kohanemisele on pikaajalistel liikidel ainult pikema aja kestel kogutud andmetega võimalik uurida kohastumisvõimet pesitsemisega

seotud käitumises, kuna enamik merelinde saavad suguküpsaks mõne aastaga. Kasutades merelinde indikaatorliigina, on tähtis arvestada sellega, et nad kohandavad oma käitumist kõikuvate ilmastiku- ja toitumistingimustega, näiteks pesitsemise alustamine sõltub konkreetse aasta tingimustest (Davies jt., 2021).

Pikaajalistes ja ruumiandmeid kasutavates uuringutes tekivad suured andmemahud, mille laiem kasutus sõltub andmete kogumise ja haldamise meetoditest. Andmete kättesaadavus on usaldusväärset tekitavate uuringute oluline osa, sest see soodustab tulemuste korratavust. Jagatud andmetega on võimalik paremini läbi viia uusi uuringuid ja annab parema võimaluse neid kõrvutada teiste relevantsete andmetega. Siiski on suurel osal artiklidel andmete ligipääsetavus piiratud. Mõnel juhul on artiklites välja toodud andmete jagamise võimalus nende taotlemise korral, kuid praktika on näidanud, et eriti ökoloogias jäetakse need palved enamasti tähelepanuta või keeldutakse andmeid jagamast (Tedersoo jt., 2021).

Käesolevas uurimistöös püüan vastata järgnevale uurimisküsimustele:

1. Milliseid uuringuid on ruumiandmeid ja pikaajalist andmekogumist rakendades merelindude kohta siiani avaldatud?
2. Kuidas merelindude pesituskolooniates ruumiandmeid kogutakse ja kuidas neid kasutatakse?
3. Kuidas lihtsustada andmete kogumist ja haldamist, et tagada nende parem kättesaadavus ökofüsioloogilisteks ja looduskaitsebioloogilisteks uuringuteks?
4. Mis pärsib pikaajaliste uuringutega kogutud ruumiandmete avaldamist avaandmetena?

Elurikkuse kriisi valguses ei saa me enam lubada andmete ligipääsu piiranguid ja raiskuminemist, mis praegu ökoloogilistes uuringutes pahatihti juhtub. Indiviidipõhiste ruumiandmete parem registreerimine ja kättesaadavus võimaldaks paremat merelindude tundmaõppimist ja kaitset. Pakun oma töö raames välja ühe võimaliku lahenduse senisest tõhusamaks ruumiandmete kogumiseks, mis lihtsustab ka pikaajalist andmekogumist ning avaandmete tootmist. Merelinnud, andmete kogumine, haldamine ja pikaajalisus on mulle olulised teemad, kuna sain 2022. aasta kevadeks valmis andmete kogumist tõhustava tööriista, mille abil saab Kakrarahul koguda efektiivselt ohtralt erinevaid andmeid, andes laiema võimaluse merelindude pikaajalisteks ja ruumiandmeid kaasavateks uuringuteks.

## 2. Materjal ja metoodika

Merelindude ruumiandmete kogumise ja pikaajalise säilitamise strateegiate mõistmiseks analüüsisin esiteks merelindude-alaste teadusväljaannete metoodikapeatükke. Erinevaid võtmesõnu ja otsingumootoreid (nt ResearchGate, Google Scholar ja EBSCO Discovery) kasutades sai sobivuse leidmise eesmärgil põgusalt loetud üle 50-ne artikli.

Otsingunäide:

colon\* AND (bird\* OR avia\*) AND (seabird\* OR marine) AND ( (nest\* (geolocat\* OR coord\* OR position\* OR location\* OR spatial)) OR ((geolocat\* OR coord\* OR position\* OR location\* OR spatial) of nest\*) )

Keeruline oli leida võtmesõnade kombinatsioon, mis leiaks vasteid pesa ruumiandmete uuringutest, mitte vanalindude liikumisest. Selle töö käigus selgus, et andmekogumise metoodika on teadusartiklites väga puudulikult kajastatud, näiteks pesade täpse asukoha kogumise meetodite ja andmete kasutamise kohta on väga vähe infot. Seetõttu sai uurimisküsimustele vastuse saamiseks valitud küsitluse metoodika. Küsitluse saatsin ARCTOX võrgustikku kuuluvatele teadlastele, kuna kuulun tööühikule, kus Tuul Sepp on selle võrgustiku liige. ARCTOX võrgustiku peamiseks eesmärgiks on kaardistada ja monitoorida elavhõbedareostust arktilistes toiduahelates, kasutades merelinde bioindikaatoritena (Albert jt., 2021). ARCTOX võrgustikku kuuluvad paljud pikaajalisi merelindude uuringuid tegevad tööühikud, ruumiandmete kogumine on selles võrgustikus üks levinud töövahend. ARCTOX võrgustiku artiklitele keskendumine võimaldas loogiliselt omavahel seostada kirjanduse ülevaade ja küsitlustulemused.

Töö esimeses osas, kirjanduse ülevaates keskendusin peamiselt artiklitele, mille autorid olid uuritud rühmastiku ARCTOX kuulunud teadlased. ARCTOX võrgustiku valimine oli asjakohane, sest see ühendab panarktilisi teadlasi, kes tegelevad keskkonnamürkide mõju uurimisega merelindudele. Ühenduse peale on uuritud mitukümnend eri kolooniat, koosnedes paarikümnest merelinnuliigist (*ARCTOX*, s.a.).

Selleks, et saada lisaks artiklites avaldatud metoodikale andmeid ruumiandmete kogumise, pikaajaliste vaatlustulemuste säilitamise ning avalikustamise meetodite ja nende ajas muutumise kohta, koostas küsitluse. Eesmärk oli teha võimalikult lühike küsitlus, et saada võimalikult palju vastuseid. Palusin nimetada metoodika muutumist ajas, kogutud andmed, asukohateabe puhul milliseid vahendeid kasutati ja mis täpsusastmega koguti, uuritud liike ja

valimi suurust pesades või indiviidides ja koloonia uuritust aastates. Nende teadmistega lootsin leida seoseid näiteks metoodika muutumise sõltuvuse kohta koloonia uurituse ajast, kogutud andmete kasutatavust uurimistöodes ja valimi suuruse mõju erinevate andmete kogumise hulgale. Küsitluse lõpus uurisin kogutud andmete talletamisviise ja avalikkusele kättesaadavust. Kui andmed ei olnud avaldatud, palusin selgitada selle tegemata jätmise põhjuseid. Paraku jäi üks küsimus ka küsimata, nimelt oli soov uurida esmast andmete hoiustamise kohta, et hinnata algandmete ümberkirjutamise sagedust.

Proovisin leida kõikide liikmete e-posti aadressid, kes olid esindatud ARCTOX kodulehekülje tiimi või partneritena. Kokku sain 41 liikme kontaktid, kellele sai e-postiga saadetud nimetatud küsitlus ning ühe täitmise meeldetuletuse. Kokku täideti küsitlust 22 korral ja 19 isiku poolt.

### 3. Kirjanduse ülevaade

#### 3.1. Ruumiandmete kasutusvõimalused merelindude uuringutes

Merelindude uuringutes on võimalik koguda vähemalt kolme erinevat tüüpi ruumiandmeid. Esimene tüüp seisneb rännete uurimisel, tavaliselt linnu külge kinnitatud geopositioneerimisseadme (GPS) abil. Odavam variant on koguda andmeid rõngastatud lindude taasleidude kohta (püük-märgistus-taaspüük, nt Milot jt., 2008), kuid see on juhuslikum ja töömahukam meetod. Teine tüüp andmeid koguda on väiksemal ruumilisel skaalal, uurides lindude käitumist pesitsusala ümbruses – näiteks toiduotsimisretkede ulatust ja suunda. Kolmas tüüp uuringuid vaatab lindude käitumist pesitsusalal ning lähtub eelkõige pesitsuspaiga valikust kitsal ruumilisel skaalal ehk koloonia siseselt. Kirjanduse ülevaadet koostades selgus, et kui esimene ja teine ruumiandmete tüüp on merelindude puhul pigem hästi kaetud, siis pesitsuskoloonia siseseid ruumiandmeid avaldatakse pigem vähe.

Rännete käigus puutuvad merelinnud kokku keskkonnamuutustega väga laias ruumiulatuses – näiteks võib reostuse tase tugevalt varieeruda sõltuvalt sellest, kus lind talvitub (Albert et al. 2022). Lennuvõime tõttu on merelinde keeruline pikalt ja katkematult jälgida. Suure pesitsusaegse toitumisala ja pika rändete tõttu oleks asukohateabest kasu looduskaitsejatele, kes saaks andmete põhjal kaardistada liikidele tähtsamad toitumis- ja rändeteed. Kuigi seniseid uuringuid on osaliselt tagasi hoidnud globaalsel geopositioneerimissüsteemil põhineva tehnoloogia kõrge hind, siis uuema tehnoloogiaga abil on lindude pideva asukohateabe jälgimine tõhusam ja soodsam (Grissot jt., 2023a).

Geolokaatorid võimaldavad andmeid koguda suuremal alal liikuvate merelindude liikumisharjumuste kohta, mis võimaldab paremini mõista merelinde ohustavaid tegureid. Näiteks kergete geolokaatoritega (GLS, ingl *light-level logger* või *global location sensor*) varustatud hahkade (*Somateria mollissima*) andmestik näitas, et Norra suunas liikuvad linnud alustasid rännet hiljem ja veetsid seal vähem aega võrreldes isenditega, kes talvitusid Islandil (Hanssen jt., 2016). Paljud merelinnud lendavad kuni tuhandeid kilomeetreid merel ja satuvad maale vaid pesitsemiseks. Selle eluviisi tõttu on rändavaid merelinde keeruline kaitsta, kuid paremad andmekogumismeetodid aitaksid kaasaselle probleemi lahendamisele. Näiteks võimaldas tehnika odavnemine ja lihtsamad andmekogumismeetodid hiljuti varustada 24 erinevat merelinnuliiki geolokaatoritega (Davies jt., 2021). Nii avastati Atlandi ookeanis merelindudele tähtis läbikäigu tulipunkt. Selle paiga rahvusvahelisel tasemel looduskaitse

väärtust mõistes võeti koht OSPAR Konventsiooni (Oslo-Pariisi-konventsioon) kaitsealana kaalumisele (Davies jt., 2021).

Nende suure liikuvuse ja sarnase välimuse tõttu ongeolokaatoreid kasutamata keeruline, kui mitte võimatu, leida merelindude liigisiseseid rände erinevusi. Näiteks nõgi-tormilinnu (*Bulweria bulwerii*) külge kinnitatud geolokaatorite abil leiti, et põhja pool pesitsevad populatsioonid rändavad lõunapoolsematest populatsioonidest mööda, mis tähendab, et nad rändavad aastati proportsionaalselt rohkem. Tõenäoliselt saab sellist rändeteekonna pikkuse vahet selgitada sellega, et mõlemad populatsioonid on huvitatud oma pesitsusaegsest laiuskraadist teisel pool ekvaatorit, kus on sarnased toitumistingimused (Ramos jt., 2015). Ruumiandmete abil on võimalik paremini uurida ka inimtegevuse mõju ulatuse liigisisest varieeruvust eri piirkondades pesitsevatele, rändavatele ning talvituvatele liikidele. Näiteks Põhja-Atlandi kolmel erineval talvitusosal – Euroopa, Aafrika ja Lääne-Atlandi kaldal – uuriti GPS-saatjatega varustatud suurännide (*Stercorarius skua*) sulgedes sisalduva elavhõbeda taseme erinevusi (Albert jt., 2022). Geolokaatoritega varustatud atlantise tormilindudel (*Calonectris diomedea*), portugali tormilindudel (*Calonectris borealis*) ja tuhkpea tormilindudel (*Calonectris edwardsii*) uuriti aga seksuaalset segregatsiooni rännuperioodil (Pereira de Felipe jt., 2019). Leiti, et sugu ei mänginud rolli pesitsusvälise leviku suhtes, kuigi portugali tormilinnu isaslinnud rändavad keskmiselt lühemaid vahemaid, naasevad pesitsusaladele varem ja on öösiti vähem aktiivsed lendurid.

Võrreldes suurema ruumilise ulatusega sesoonsete rännetega on väiksema ruumilise ulatusega toitumiskäitumise uurimine ehk meetodiliselt seisukohalt väiksem väljakutse, kuid võimaldab paremini mõista merelindude bioloogiat liigisisisel tasemel. Näiteks leiti ühes geolokaatoritega varustatud jää-tormilindude (*Fulmarus glacialis*) uuringus, et emas- ja isaslinnud käivad toiduotsinguil eri paigus, mille tulemusena on nad erinevalt mõjutatud inimtegevusest nagu kaaspüük ja mereplast (Edwards jt., 2016). Väikealkide (*Alle alle*) GLS seadmetega varustamine võimaldas aga uurimuses mõista paremini nende käitumismustreid pesapaigal, koloonias ja toitumisel (Grissot jt., 2023).

Ruumiandmeid on võimalik kombineerida ka muude andmetega, et leida vastuseid erinevatele uurimisküsimustele muuhulgas liikide evolutsiooni kohta. Näiteks on merelindude pärilikkuse, liikumise või elupaikade kaudu võimalik konstrueerida fülogeograafilisi puid ja leida raskemini eristuvatele liikidele omaseid liikumismustreid. Ruumi- ja geenandmete kõrvutamise käigus avastati, et tõmmu-tormipääsust (*Oceanodroma castro*) on lahknunud ja

uue liigina avastatud assoori tormipääsu (*Oceanodroma monteiroi*) (Bolton jt., 2008). Uus liik on välimuselt praktiliselt identne *Oceanodroma castro*-ga, aga erineb toitumuslikult *castro*-st, jäädes talvel truuks oma pesitsusaegsele toiduotsingute piirkonnale. Kolooniaste asukohta ja geneetilise info põhjal saab konstrueerida lindude fülogeograafilisi mustreid ja ajaloolist demograafiat. Näiteks Atlandi ookeanis ja Vaikses ookeanis asuvate nõgi-tormilindude seitsmest kolooniast kogutud nuklearsest ja mitokondriaalsest materjalist leiti, et Vaikse ookeani nõgi-tormilinnud divergeerusid 850 000 aastat tagasi Vaikse ookeani lääne- ja kesk-kolooniasteks. Vaikse ookeani keskosa ja Atlandi ookeani kolooniad lahkesid viimase 200 000 aasta jooksul (Silva et al., 2023).

Ligikaudse asukohateabega on võimalik hinnata kliima soojenemise potentsiaalset mõju erinevatele merelinnu liikidele. Näiteks ühes viieaastases uurimuses võrreldi erinevatel laiuskraadidel pesitsevaid randtiire (*Sterna paradisaea*) ja leiti, et suurema troofilise väärtusega külmade vete põhjakoloonia lindudel ei olnud eelist sigimisparameetrites nagu munade arv ja suurus ning pesitsemise alguskuupäev (Mallory et al., 2017). Autorite hinnangul saab selliseid andmeid kasutada algandmetena edasiste andmeridade kogumisel ja keskkonnamuutuste mõju mõistmisel merelindudele. Sama töörühma uuringus jää-tormilindudega (samuti viieaastane uuring) võrreldi boreaalseid ja arktilisi pesitsuskolooniaid ning leiti, et arktilistel tingimustel on pesitsemise algusaeg paindlikum sealsete ennustamatute jääolude tõttu (Mallory et al., 2008). Ka sellised teadmised on väga väärtuslikud kliimamuutuste mõju mõistmiseks erinevatel laiuskraadidel elavatele populatsioonidele.

Kõige vähem leidsin uuemast teaduskirjandusest andmeid kolooniastiseseid ruumiandmeid kaasavate uuringute kohta. Pesapaigavalik kolooniast on merelinnu pesitsusedukuse seisukohalt kriitilise tähtsusega ning toimub mitmel ruumilisel tasandil - esiteks kolooniast valikul ning teiseks kolooniastisesele pesapaigavalikule. Kuna enamik merelinde on paigatruud (Bried & Jouventin, 2001) ning elupaikade kadu vähendab valikuid ka nende jaoks, kes kolooniast lahkuda sooviksid, muutuvad väikeskaalalised otsused järjest olulisemaks. Pesitsuskoloonia sees varieerub elupaik nii maastikuomaduste (mikrokliima, taimestik, topograafia) kui ka suhete tõttu liigikaaslaste ja teiste liikide esindajatega (sotsiaalsed suhted, konkurents, kisklus), mis kõik mõjutab pesapaiga kvaliteeti ja pesitsevate isendite sigimisedukust (Kokko jt., 2004; Pagenaud jt., 2022). Kuigi plastilisus pesapaigaeelistuses on adaptiivne kisklussurve muutudes (Forstmeier & Weiss, 2004), ei ole hästi teada, kas see plastilisus võimaldab edukalt reageerida ka keskkonnamuutuste tagajärjel toimuvatele

muutustele pesitsuskoloonias (Van De Loock jt., 2020). Täpsemad ruumiandmed võimaldaksid tulevikus nendele küsimustele vastata.

Ruumiandmete kogumise võimalused ei piirdu vaid GPS, GLS ja rõngastusandmete kasutamisega. Uuemate tehnoloogiate abil on asukohateabe hankimiseks tekkinud uudseid lahendusi, mis võimaldavad avastada kohti, kus lind oli minevikus käinud. Näiteks talvitusaaladelt naasnud jää-tormilinnu äsja sulginud sulgedelt võetud isotoobiproovidega on võimalik edukalt ligikaudselt hinnata nt ranniku- või süvamerepiirkonda, kus lind sulgimise ajal viibis (Quinn jt., 2016). Ka Bolton (2008) jõudis sulgede lämmastik- ja süsinikisotopide analüüsi kaudu järelduseni, et assoori tormipääsu, erinevalt tõmmu-tormipääsust, on toitumispiirkonna suhtes truum läbi aasta.

### **3.2. Pikaajaliste andmekogumite kasutusvõimalused merelindude uuringutes**

Inimese tõttu kiirelt muutunud keskkonna mõju ulatust ei saa hinnata pelgalt ühe-aastase perioodi vältel, sest muutused keskkonnas võtavad kauem aega või ilmneva seisundi muutumise tagajärjel alles aastaid hiljem. Näiteks ühes 50-aasta vältel tehtud uuringus leiti, et ookeani kliima varieeruvus mõjutab tormilindude populatsioonidünaamikat. Populatsiooni suurust mõjutas negatiivselt eelnenud talve Põhja-Atlandi ostsilatsiooniindeksi (NAO) ja temperatuuri anomaalia viieaastase viivituse tõus. (Thompson & Ollason, 2001). Ka positiivsemate mõjude nt taastamistöde efektiivsust saab hinnata pikaajaliste uuringutega (Bried jt., 2009).

Merelinnud peavad arvestama läbi aastate kõikumate toitumis- ja hoovustingimustega, et teha parimaid valikuid sigimisel. Kolmeteistkümne aasta jooksul kogutud jää-tormilinnu andmete põhjal avaldatud artiklis leiti, et erinevalt halbade toitumistingimustega aastatest, on heade toitumistingimustega aastatel positiivne seos sigimise ja sellele järgneva ellujäämise vahel (Robert jt., 2015). Parematel aastatel on toitu piisavalt ning pesitsusedukus ja ellujäämus sõltuvad peamiselt vanemate konditsioonist, halvematel aastatel võivad suurema vanemhoole tungiga vanemad maksta lõivu oma seisundiga. Teises uuringus leiti, et varem ebaõnnestunud pesitsusega paaridele mõjub NAO tõus pesitsusedukusele veelgi laastavamalt, jättes edukamaid jää-tormilinnu paare sisuliselt puutumata, kusjuures asustustihedus sigimisedukust ei mõjutanud (Lewis jt., 2009). Portugali tormilindude (*Calonectris borealis*) 15-aastasest uuringust aga leiti, et noorlindude kehakonditsioon ei olnud seotud Põhja-Atlandi

võnkumisega, kuid varieerub aastati ja on seotud merepinna temperatuuridega (Cuesta-García jt., 2022). Selliseid keskkonnatingimuste varieeruvusel põhinevaid mustreid on võimalik avastada vaid pikaajalise andmekogumise tulemusena.

Pikaajalised uuringud võimaldavad märgistuse-taaspüügi meetodil koguda andmeid merelindude populatsioonide demograafiliste näitajate, s.h ellujäämuse (Abadi jt., 2014) või populatsiooni mõjutavate peamiste valikusurvete kohta (Cruz-Flores jt., 2021). Näiteks pikaajaline uuring (10 aastat püük-taaspüüki) nõgi-tormilindudel (*Bulweria bulwerii*) näitas, et liik on kriitiliselt mõjutatud kliimamuutuste poolt, kuid mõju tuleb esile vaid mitmetelt populatsioonidelt kogutud andmeid kombineerides (Cruz-Flores jt., 2022).

Pikaajalisi demograafilisi uuringuid on kombineeritud ka geeniandmetega. Geeniandmete kombineerimine pikaajaliste vaatlusandmete ja ruumiandmetega võimaldab uurida lindude sigimistrateegiaid ja nende sõltuvust keskkonnatingimustest. Näiteks 11-aastane demograafiline uuring nõgi-tormilindudel (*Bulweria bulwerii*) kombineerituna geeniandmetega näitas, et väljasuremisohus populatsioonis paaruvad linnud iga võimaliku partneriga ning jäävad sama partneriga kokku nii kauaks, kui vähegi võimalik (Bried jt., 2021). Portugali tormilinnu geeniandmete kombineerimisel seitsmeaastaste vaatlustega näidati aga, et paarivälise poegade osakaal ei olnud seotud lahutuste ja pesa asukohaga, kuid oli seotud isaslinnu kehasuurusega, samas oli paariväliseid poegi rohkem siis, kui pesapaiku oli saadaval vähem (Bried et al. 2010)

Eestist on kõige pikaajalisemad merelindude andmerekogumised kogutud Matsalu Rahvusparkis asuvast Kakrarahu kalakajakakolooniast (vt ka peatükk 6), kasutades püüdmise-märgistuse-taaspüügi meetodit ehk rõngastamist. Kakrarahu andmete põhjal on uuritud näiteks kalakajakate pesitsuse alguse plastilisust, kasutades 37 aasta jooksul kogutud andmeid (Brommer jt., 2008). Pesitsuse algus sõltus temperatuurist, kuid isendite vahel esines ka varieeruvus pesitsuse alguse plastilisuses. Kuna pikaajalised andmerekogumised võimaldavad ka põlvkondadeüleseid uuringuid, leiti 11% pärilikkuse komponent pesitsuse algusajast (Brommer jt. 2008). Pikaajalised andmed Kakrarahu kalakajakakolooniast võimaldavad ka samade indiviidide põhjal longitudinaalseid analüüse. Näiteks leiti, et kalakajakate sigimisedukus kasvab vanuse suurenemisega, kuid hakkab langema peale kümnendat eluaastat, ning kukub järsult viimasel aastal enne surma (mida eeldati pesitsuskolooniasse mitte naasmise põhjal, (Rattiste, 2004).

Siin esitatud kirjanduse ülevaate osa tugineb põhiliselt ARCTOX võrgustikus tehtavatest uurimistöodes, mille autorid on võtnud laia valiku uurimissuundasid. Kuigi asukohapõhiseid uuringuid merelindudega oli tehtud erinevate geolokaatorite ja isotoopidega, siis nappis pesa-ruumi seoselisi uuringuid. Küll aga oli uuritud pesade asustustiheduse mõju pesitsusedukusele. Arvestatavalt oli kolooniaid uuritud aastaid, mille tõttu oli suure osakaaluga pikaajalistest andmetest sõltuvad tulemused, nagu näiteks NAO ja merejää muutuste mõju merelindude kohasusele.

## 6. Küsitlustulemuste analüüs

Küsimustiku kokkuvõte on toodud tabelis 1, toortulemuste fail (mis sisaldab mõningaid lisatulemusi ning täpseid ingliskeelseid vastuseid) on lisatud töö lisamaterjalina (Lisa 1). Suur osa teadlasi, kellegaühendust võtsin, täitsid küsimustikku. Mõned andsid e-posti teel teada, et nende tööd ei sobitu minu uurimisteesse. Kuigi iga küsimus oli vabatahtlik, et vältida inimeste tõrksust küsitluse täitmise suhtes, vastati siiski kõikidele osadele. Enamus nende andmete põhjal avaldatud artiklitest on päris kaasaegsed, mistõttu on keeruline hinnata arenenud tehnoloogia kasutusvaldkonna eeliseid. Samas on see paratamatu, kui saata küsitlus praegu tegutsevatele teadlastele. Töö edasiarenduseks võiks saata sama küsitlus pikaajaliste kolooniate jälgimisega seotud olnud pensioneerunud teadlastele, et saada parem ülevaade uurimismeetodite muutustest ajas.

Kui kasutusel oleksid vähem töömahukad andmekogumismeetodid, saaks lisa-andmeid koguda ilma erilise vaevata. Näiteks võimaldab automaatselt GPS-iga seotud andmekogumISRakendus (vt ptk 6) koos pesa registreerimisega sõltuvalt seadistustest koheselt salvestada ka muid pesa asukohaandmeid: geograafilised koordinaadid, kõrgusandmed, suhteline asukoht teiste pesade suhtes (sh asustustihedus), pesa registreerimise kuupäev, pesa staatuse (nt munade arv) jne. Juhul, kui teadlasel pole esialgu plaanis selliseid lisaandmeid kasutada, võivad need hiljem anda võimaluse teiste (nt samasse võrgustikku kuuluvate) teadlastega andmeid kõrvutada, eriti kui andmed on kogutud standardiseeritud meetoditega. Sellised mitmeidi kolooniaid kaasavad suured andmestikud on väga väärtuslikud laiemate bioloogiliste mustrite leidmise allikad (vt nt (Davies jt., 2021)). Pesa asukohaandmed on eriti väärtuslikud, kui nendega koos kogutakse andmeid iga paari kohasuse või sigimisedukuse kohta. Sellisteks andmeteks võib olla munade arv, munade mass või koorumisedukus – enamasti suhteliselt lihtsasti kogutavad näitajad, mida saab hiljem kasutada pesa asukohavaliku ja kohasuse vaheliste seoste mõistmiseks.

Uurimistöö põhieesmärgist kõrvale kalduvatele andmetele saab leida rakendust uutes uurimisteesmades ning see aitab vältida tulevikus vajaminevate andmete kogumist, mis omakorda vähendab uuritavate merelindude häirimist ja säästab teadlaste aega. Seega andmed, mis esmastes uuringutes kasutust ei leia, võivad leida kasutust autorite või teiste teadlaste edaspidistes töödes. Kuigi läbitöötatud uurimistööd kirjeldasid metoodikas materjalide kogumise protsessi, ei mainitud uuringut mittepuudutavate lisaandmete korjeid ning puudub kolooniast kogutud andmete täielik nimekiri, mis võiks pakkuda huvi teistelegi

teadlastele. Heaks soovitusena oleks edaspidi mainida kasvõi artikli lisa ära kõik konkreetsel välitöödeperioodil kogutud andmed ka siis, kui neid selles uurimistöös ei kasutatud, et teised teadlased oleksid teadlikud selliste andmete olemasolust. Näiteks selgus küsitluse käigus, et kuigi pesade täpseid koordinaate peaaegu alati korjatakse, siis nende kasutamist uuringutes kajastati võrdlemisi vähe. Pesade asukohaandmete kogumine pikaajaliselt, erinevatel laiuskraadidel ja erinevatelt liikidelt võimaldaks uurida keskkonnamuutuste mõju pesitsuskolooniate asustustihedusele ning kolooniasisestele suhetele.

Küsitlusest selgus erinevate teadlaste enimkogutud andmed. Näiteks märkisid 77% vastanutest vanalindude massi ja 68% vastanutest vereproovid. Kogutud andmete varieeruvus oli suur, seega ei saa öelda, et kõik koguvad samu andmeid. Vereproovide kogumine ei ole kõige lihtsam ja elementaarsem välitööde andmekogumismeetod. See nõuab linnu püüdmist, loomkatseluba ning oskusi vereproove võtta. Ilmselt on selle meetodi lai kasutus küsitlusele vastanute seas seotud ARCTOX võrgustiku põhieesmärgiga koguda andmeid elavhõbedareostuse kohta arktilistelt merelindudelt, sest elavhõbedat saab analüüsida vereproovidest (Carravieri jt., 2022).

Ruumiandmeid koguti enamasti geolokaatorit sisaldavate seadmetega nagu Garmin GPS, GLS, GPS-UHF ning välitööde arvuteid Yuma, Husky ja GeTac. Mõned märkisid pesa asukohti kaardile manuaalselt. Millegipärast ei olnud küsitletute seas kedagi, kes kogus koordinaate nutitelefoniga kasutades, millest saab järeldada, et paljud teadlased kasutavad ruumiandmete kogumiseks ainult vastavalt spetsialiseerunud seadmeid. Kuna ka nutiseadmetega on võimalik koguda satelliitidest tulevat infot, võiks mobiilirakenduste laiem kasutamine muuta välitööde varustuse odavamaks.

Kogutud andmeid salvestati hiljem pea eranditult MS Exceli või CSV failidena ja mõnel korral lisati ka erinevatesse andmebaasidesse nagu MS Access database. Lisaks andmete lihtsale kuvamisele ja tabelite tegemise võimalusele, kasutavad paljud statistilised programmid (näiteks R ja Python) Exceli faile, mis on sobilik valik andmeid analüüsivatele teadlastele.

Enamik vastanuid on andmed avalikustanud või soovivad seda kunagi teha. Avaandmeid avaldatakse kõige enam Dryadis (repositoorium teaduslike andmete talletamiseks), artiklite avaldamise käigus ja Norra veebileheküljel SEAPOP. Põhjuseid andmete avalikustamata jätmisele oli mitmeid, näiteks segab andmete avalikustamist nende korrastamisele kuluv aeg, üldine ajapuudus, ligipääsu võimaldamise keerulisus või soov oma andmeid enne veel

põhjalikumalt analüüsida. Siiski on vastustest näha, et suur osa kogutud andmetest pole endiselt laiemalt kättesaadavad. Kui andmeid on plaanis lähiajal teadusartikli jaoks kasutada, on andmete kinnihoidmine mõistlik ja mõistetav. Sellisel juhul avaldatakse andmed enamasti koos teadusartikliga, sest andmete vaba kättesaadavus on tänapäeval juba paljude teadusajakirjade avaldamisnõue. Samas nägin mitmest vastusest, et autorid ei tegelegi rahvusvaheliste teadusartiklite avaldamisega, sest nad ei lisanud küsitlusele ühtegi artikliviidet ning nende nimega ei tulnud viiteid välja ka Google Scholar andmebaasidest. Ilmselt on sellised vastajad seotud lihtsalt monitoorimisprogrammidega, tegemata ise teadustööd. Sellisel juhul oleks kogutud andmete kiire avalikustamine loogiline samm, mis võimaldaks andmete kogujatel ka kaasautorluse raames siiski teaduspublikatsioonideni jõuda ning looks suurema potentsiaali kogutud andmete väärindamiseks.

Tabel 1. Kokkuvõte küsitlustulemustest ruumiandmete kogumise ning andmete pikaajalise salvestamise kohta merelindude uurimise ArcTox võrgustikus osalevatelt teadlastelt. Uuringud on tabelis järjestatud pika-ajalisuse alusel - kauem uuritud kolooniad eespool.

Uuritud liik	Valimi suurus	Kogutud andmed	Ruumiandmete meetod	Uurimis- periood (aastates)	Andmete salvestamise meetod	Andmete kättesaadavus
Lunn ( <i>Fratercula arctica</i> ) jt merelinnud	Kümneid kuni sadu	Pesade GPS koordinaadid, vanalindude, munade ja poegade kaal, vereproovid	Enne 2010: käeshoitav GPS*, pärast: välitöödearvutid (Husky, Yuma, GeTac)	42	Paber, aga enamik jõudis hiljem Ascii, Excel, Access baasidesse	SEAPOP, SEATRACK ja ICES andmebaasid, osa andmeid saadaval küsimisel
Ännid ( <i>Catharacta sp.</i> ), kajakad ( <i>Larus sp.</i> ), hahad ( <i>Somateria sp.</i> )	Muutuv	Pesade GPS koordinaadid, vanalindude ja poegade kaal, vereproovid	GPS	>30	Excel	Jälgimisandmed saadaval Movebank andmebaasis
Hahk ( <i>Somateria mollissima</i> )	400	Pesade GPS koordinaadid, vanalindude kaal, vereproovid	GPS ja GLS** loggerid	28	Paber ja Excel	GLS andmed saadaval SEAPOP andmebaasis
Tormilinnud ( <i>Fulmar sp.</i> )	100	Pesade GPS koordinaadid, vanalindude ja poegade kaal, vereproovid	GPS, käsitsi kaardile märkimine	22	MS Access	Dryad, kui avaldatud
Lõunatirk ( <i>Uria aalge</i> ), kormoranid ( <i>Phalacrocorax sp.</i> )	100	Sigimisedukus	GLS, Fotod	21	Paber, Excel, pilveandmed	Iga-aastased raportid
Hahk ( <i>Somateria mollissima</i> ), jääkajakas ( <i>Larus hyperboreus</i> ), kaljukajas ( <i>Rissa</i> )	10-30	Pesade GPS koordinaadid, vanemlindude kaal, vereproovid	GPS koordinaadid jääkajakate pesadele	<20	Excel	Osa andmeid avaldatud, andmebaas ehitamisel

*tridactyla*)

Väikealk ( <i>Alle alle</i> )	20-50	Pesade GPS koordinaadid, vanemate ja tibude kaal, vereproovid	Käeshoitav GPS	20	Excel, CSV	Andmed tehakse kättesaadavaks peale seotud teadusartikli avaldamist (nt Dryad)
Väikealk ( <i>Alle alle</i> )	150	Pesade GPS koordinaadid, vanalindude, munade ja tibude kaal, vereproovid	GPS (Gamin)	18	Paber, Excel	Andmed privaatset, aga saadetakse küsimisel
Kaljukaajakas <i>Rissa tridactyla</i> , lunn ( <i>Fratercula arctica</i> )	50 liigi kohta	Pesade GPS koordinaadid, munade ja tibude kaal, vereproovid	GPS välitöödearvutis (Yuma)	17	Excel ja andmebaasid	Andmete kokkuvõte on saadaval SEAPOP lehel
Paljud merelinnuliigid (SEAPOP programm)	Sõltuvalt liigist 5-150	Vanalindude ja munade kaal, vereproovid	Käsitsi kaardile märkimine	12-14	Excel	Mõned andmed Dryadis, enamik kättesaamatud
Randtiir ( <i>Sterna paradisaea</i> )	300	Pesade GPS koordinaadid, vanalindude ja munade kaal	GPS	13	Excel	Andmed pole avalikud
5 erinevat merelinnuliiki	20-50	Pesade GPS koordinaadid, vanalindude kaal, vereproovid	Käeshoitav GPS (Garmin)	12	Excel, Access	Iga aasta osa andmeid avaldatakse avalikul veebilehel
jääkajakas ( <i>Larus hyperboreus</i> )	50	Pesade GPS koordinaadid, vanalindude kaal, vereproovid	GPS	12	Excel, andmebaas	Detailsed andmed pole avaldatud

6 erinevat merelinnuliiki	800	Pesade GPS koordinaadid, vanalindude ja tibude kaal, vereproovid	GPS, loorvõrgud, logerid	10	Excel	Regionaalne andmebaas
Hahk ( <i>Somateria mollissima</i> )	200	Pesade GPS koordinaadid, vanalindude kaal	GPS (Garmin)	10	Excel	Andmed pole avaldatud, kuid on saadetud asjasse puutuvatele ametnikele
Hahk ( <i>Somateria mollissima</i> ), lõunatirk ( <i>Uria aalge</i> ), jää-tormilind ( <i>Fulmarus glacialis</i> )	25	Vanalindude kaal	GLS	8	Excel	Andmed avaldatakse läbi publikatsioonide
Höbekajakas ( <i>Larus argentatus</i> ), tõmmukajakas ( <i>Larus fuscus</i> ), merikajakas ( <i>Larus marinus</i> )	15 liigi kohta	Pesade GPS koordinaadid, vanalindude, munade ja tibude kaal, vereproovid	GPS-UHF*** logerid	7	Failid arvutis	Andmed pole avalikud
Nõgi-tormilind ( <i>Bulweria bulwerii</i> )	300	Vanalindude ja tibude kaal, vereproovid	Käsitsi kaardile märkimine	4	Excel	Avalikult kättesaadavad Barcelona ülikooli repositooriumis
Väikealk ( <i>Alle alle</i> ), põhjatirk ( <i>Uria lomvia</i> ), kaljukajakas ( <i>Rissa tridactyla</i> )	15-30	Pesade GPS koordinaadid, vanalindude kaal	Fotole märkimine, GPS (Garmin)	2	Excel, tagavara-kõvaketas, SQL andmebaas	Andmed avaldatud SeaTrack veebilehel

\* GPS - geopositsioneerimissüsteem, \*\* GLS - kerge geolokaator (inglise keeles *light-level logger* või *global location sensor*), \*\*\*UHF - ultrakõrgsagedus (ingl. k. *ultra high frequency*)

## 7. Rakenduste väljatöötamise kirjeldus

Kuna nii kirjanduse kui mu enda praktiliste kogemuste põhjal käib ruumiandmete kogumine lindude uuringutes siiani küllalt aja- ja töömahukate meetoditega, siis on tõusnud selge vajadus paindlike rakenduste järele, mille abil andmekogumist ja andmehaldust lihtsustada. Oma bakalaureuseõpingute käigus töötasin välja kaks rakendust, millest üks oli mõeldud Vaibla Linnujaamas toimuvate rõngastamistöde lihtsustamiseks ning teine Matsalu Kakrarahu kalakajakate pesitsuskoloonia andmete kogumiseks. Mõlemad rakendused on juba ka praktikas kasutusele võetud.

Andmete haldamise, kogumise ja esitamise huvi tekkis Vaibla linnujaamas, kus rõngastamise abil uuriti lindude pikaajalisi muutusi (näiteks liigi keskmise tiivapikkuse muutus) ja välismaalt leitud meie rõngaste või meil leitud välismaiste rõngaste kaudu rännet. Nii nagu teisteski Eesti rõngastusjaamades, pandi päevas algselt sadade rõngastatud lindude kõik andmed (rõnga kood ja number, kuupäev, kell, liik, vanus, sugu, mass, tiivapikkus jm) vihikusse kirja ning päeva lõpus sai need ajamahuka tööna andmetabelisse ümber kirjutatud. Linnujaama enda taaspüükide korral sai enamasti vanematest vihikutest algse rõngastamise info kätte, vanemate andmete puhul Google Sheetsis kuni 140 000 rea aeganõudval itireerimisel (kümneid minuteid).

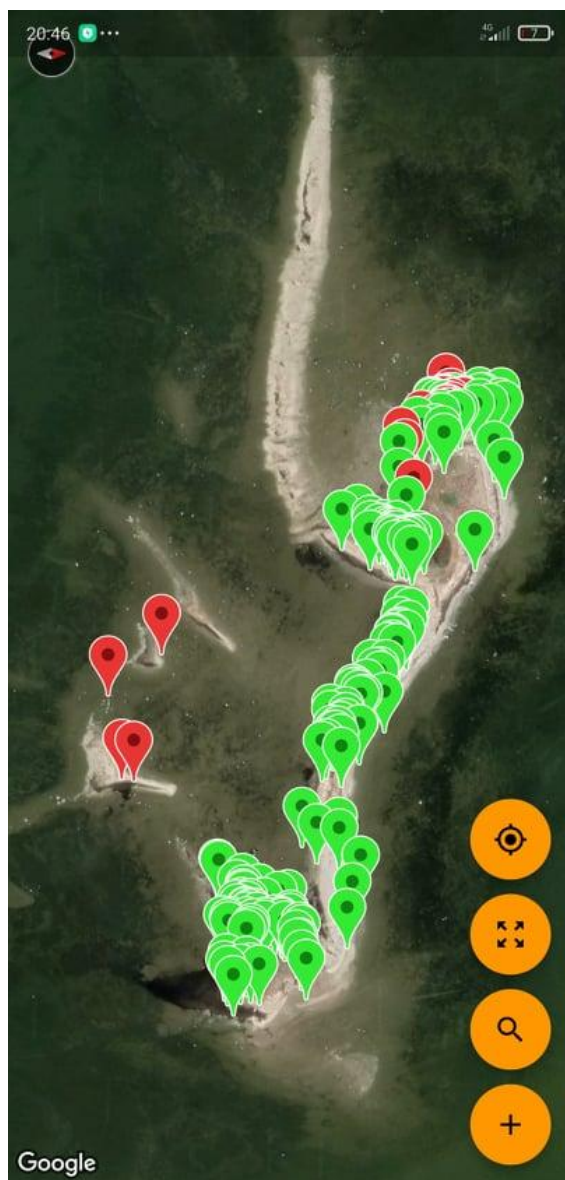
Vaibla linnujaamaga tahtsime tõhustada andmete korjet, jättes vahele ümberkirjutamisele kuluva aja, automatiseerides rõnga koodi, numbri, kuupäeva ja kella täitmise. Varasemate rõngastuste info kiireks kuvamiseks pidi muutma ka andmebaasi, mis oleks indekseeritud. Selleks sai loodud Vaibla mobiiliäpp, mille abil kulub linnurohketel aegadel vähem aega lindude rõngastamisel ja rohkem aega lindude võrgust päästmiseks. Lisaks võimaldab rakendus andmeid sisestada korraga mitmel inimesel.

Eestis alustati Kakrarahu kalakajaka (*Larus canus*) koloonia uurimist aastast 1962 (Rattiste & Lilleleht, 1987). Kakrarahu on väike laid arvukate pesitsejatega, mis andis hea võimaluse ühe ala piires uurida koloniaalsete merelindude pesitsusruumi andmeid. Varasemalt koguti Kakrarahul andmeid otse välipäevikusse ja kaardile, õhtuti kirjutati need ümber kartoteegikaartidele ning välitööde lõppemisel kanti kõik andmed arvutisse. Eelmiseks välitöödehooajaks (2022) arendatud mobiilirakendust kasutades kogusime automaatselt uute pesade asukoha täpseid koordinaate ning kõik andmetega seotud muudatuste dateerimine. Lisaks kogusime munade andmeid nagu mass, staatus ja seotus hiljem rõngastatud isendiga.

Ka need andmed dateeriti automaatselt. Kakrarahu välitööde peamine eesmärk oli koguda Jeffrey Carbillet' järel doktorantuuri projekti jaoks andmeid reostunud piirkonna ja puhtamate vete kaladega toitumise mõju kalakajakate poegadele. Selleks sai märkida katsepesad *clean* ja *polluted* eksperimendipesadeks.

Uute pesade ning kõigi teadaolevate pesade sees toimunud muutuste registreerimiseks kontrollisime kogu ala iga päev. Kõik pesad olid markeritena leitavad rakenduse kaardil ning iseenda positsiooni asukohatäpsuse ringina. Varasemalt avastatud pesade otsimist sai teha rakenduse kaudu, mis filtreeris kaardilt välja ülevaadatud pesad (ka kontrollid on dateeritud). Vahelejäädud pesade ülesleidmise hõlbustamiseks oli lisatud nupp, mis kasutades telefoni kompassi keeras kaarti päriselu orientatsioonile vastavaks. Mobiilirakenduste olemuse tõttu sai andmeid koguda paralleelselt suurem arv inimesi, kuna andmebaasi sisu oli sünkroniseeritud. See kõik soodustas suurema andmehulga kogumist ja kuluva ajamahu vähendamist, mis oli arvestades Kakrarahu pesade rekordilist aastat väga vajalik. Igapäevase saare ülekontrollimise käigus iga pesa oleku muutmine ja kinnitamine tõi endaga suure mahu andmeid, mida saab kasutada kvantitatiivsete uuringute tarbeks.

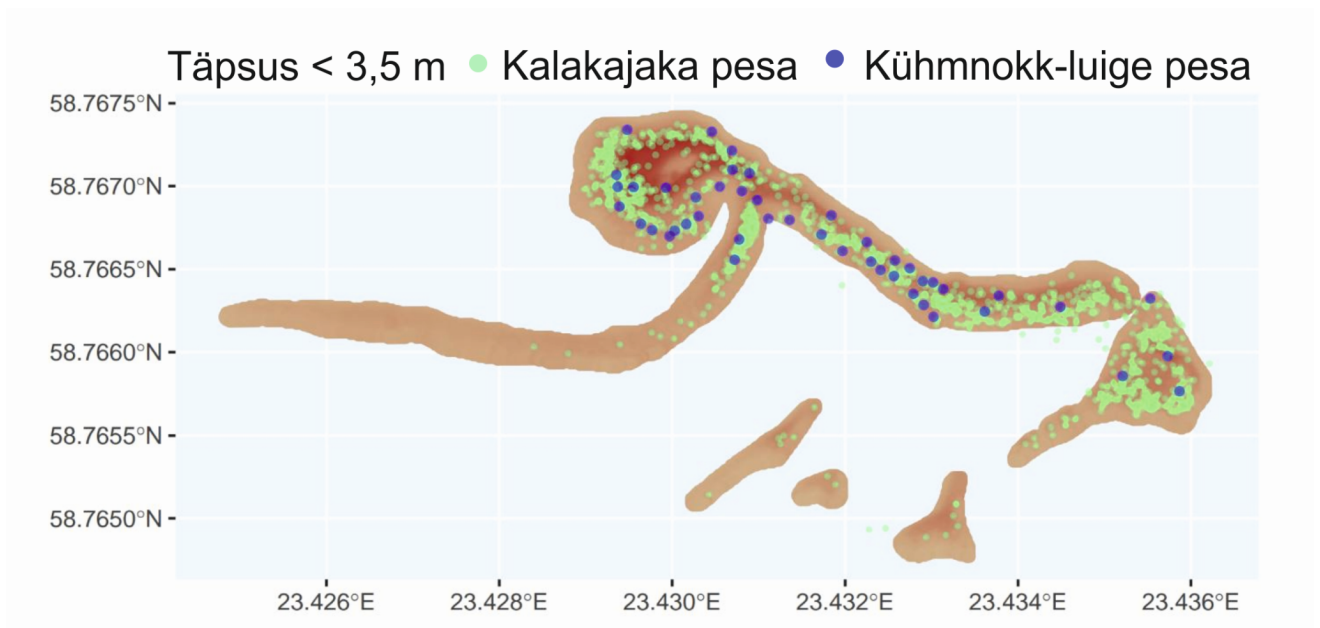
Eraldiseisva geolokaatoriga andmete kogumisel, kella pealt aja vaatamine ja muu puhul ei ole informatsiooni ülekandumine paberil automaatne. Lahendus korjata andmeid telefonirakendustega tulenes sellest, et arenenud tehnoloogia tõttu on nutitelefonidesse sisseehitatud palju vajaminevaid tööriistu nagu sünkroonis kellaeg, ühendatavus võrguga, kompass ja GPS.



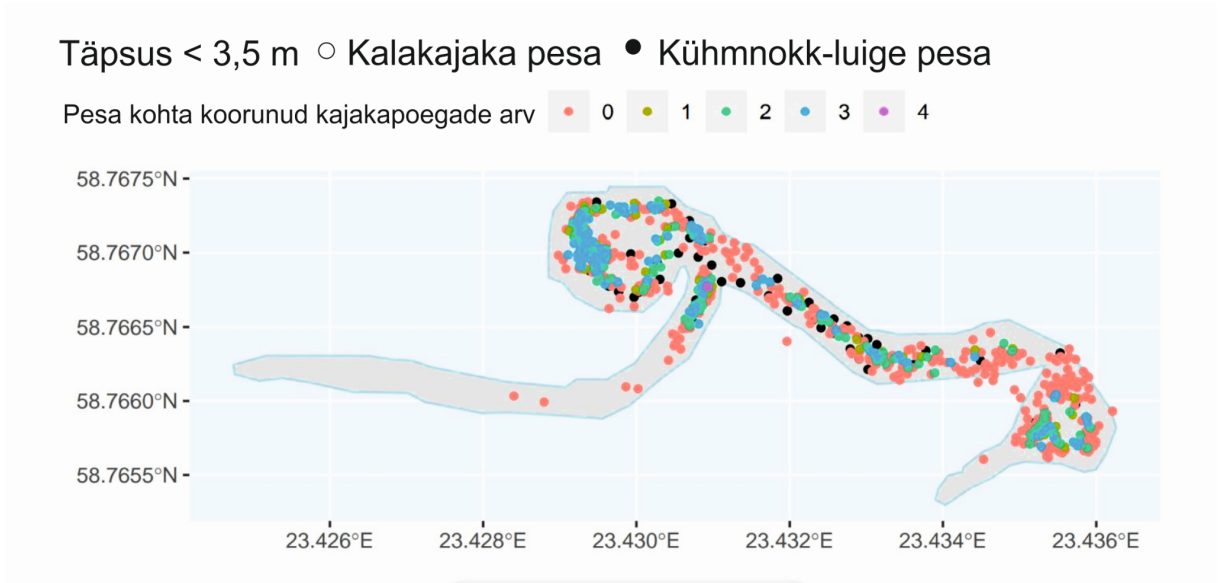
Joonis 1. "Kakrarahu rakendus". Kaardivaade rakendatud kalakajate pesade filtriga. Rohelised markerid - käesoleval päeval kontrollitud pesad. Punased markerid - kontrollimist vajavad pesad.

Kakrarahu äpp on tehtud Flutter raamistikus ja Darti programmeerimiskeeles. Flutter sai valitud selle järgi, et võimaldab kirjutada ühe koodiga PWA-sid (*progressive web app* ehk brauseri veebilehekülg-äppe) ja äppe nii Androidi kui ka Apple'i telefonidele. Andmete kiireks sünkroniseerimiseks ja hoiustamiseks kasutasin NoSQL (mitterelatsiooniline andmebaas) andmebaasi Firebase'i Firestore Database.

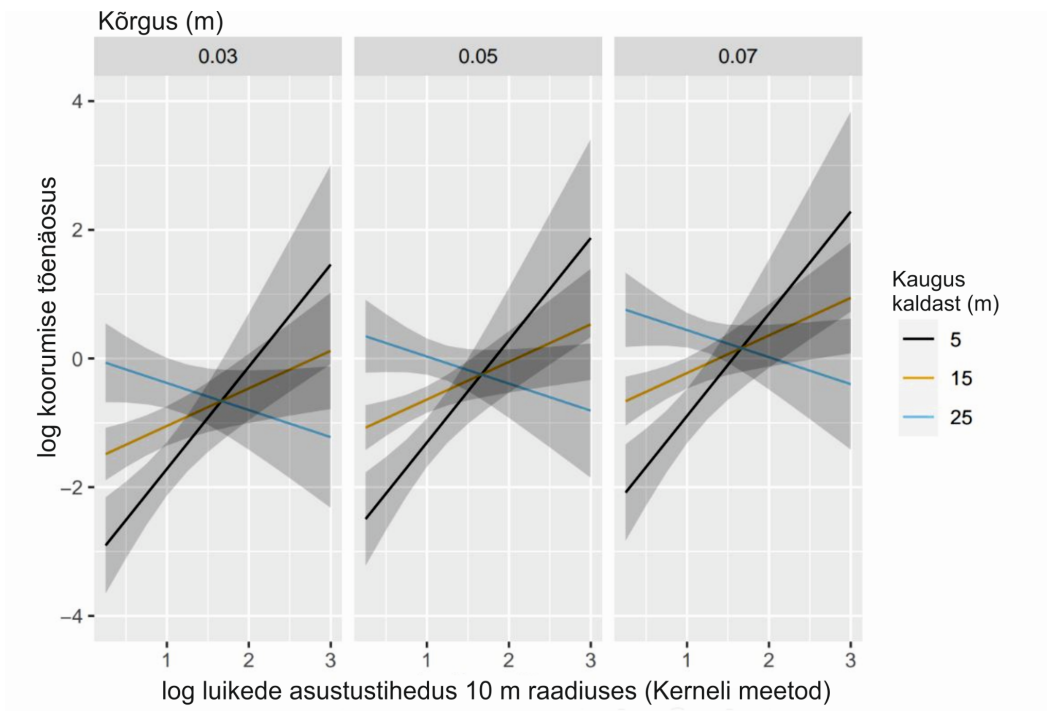
Kakrarahul kogutud andmete näidised on toodud allolevatel joonistel 2, 3 ja 4. Esimesed kaks näitavad pesade asukohti Kakrarahu kaardil, võimaldades eristada eri liikide (kalakajakas ja kühnokk-luik) pesasid. Joonis 2 kaasab pesade asukohade andmetesse kõrgusandmed. Joonisel 3 on võimalik näha, millistes piirkondades laiul on suurem pesistusedukus. Joonis 4 kirjeldab analüüsi, mille eesmärgiks oli uurida kühnokk-luige pesa läheduse võimalikku positiivset (rüüste eest kaitsvat) mõju kalakajakate pesadele. Analüüsist nähtus, et rannajoonele lähedal asuvate kajakapesade jaoks oli luigepesade lähedus koorumisedukusele positiivse mõjuga.



Joonis 2. "Kakrarahu rakenduse" rakendamine kalakajaka ja kühnokk-luige pesade asukohtade salvestamiseks koos kõrgusandmetega. Autor: Jeffrey Carbillet



Joonis 3. “Kakrarahu rakenduse” rakendamine kalakajaka ja kūhmnokk-luige pesade asukohtade salvestamiseks koos seotud koorumisedukuse andmetega. Autor: Jeffrey Carbillet



Joonis 4. “Kakrarahu rakendusega” kogutud andmete kasutamine teaduslikus analüüsis. Suurem koorumisedukus on kajakapesades, mille ümbruses asub rohkem luigepesi (võimalik kaitse rüüste eest), kuid positiivne mõju tuleb esile vaid kaldale lähedal asuvate pesade puhul. Tulemus ei sõltu pesa kõrgusest merepinnast (kolm eri paneeli eri kõrgustega). Autor: Jeffrey Carbillet

## 8. Järeldused

Käesolevas bakalaureusetöös uurisin koloniaalsete merelindude andmete kogumise meetodeid, et paremini mõista, milliseid andmeid kogutakse, kuidas neid kogutakse, milleks neid andmeid kasutatakse ja kuidas hallatakse. Kuna olen seotud töörühma kaudu pikaajalise merelindude uurimisprojektiga (kalakajakate pesituskoloonia Matsalus Kakrarahul), oli töö üheks eesmärgiks paremini mõista, kuidas andmeid koloniaalsete merelindude pesade kohta kogutakse, et parandada ka Kakrarahul kogutavate pesitsusandmete kvaliteeti ja meetodikat, ning leida inspiratsiooni uute tunnuste või seoste uurimiseks. Uurimistööd innustas ka Kakrarahu kolooniast andmete kogumiseks minu poolt Richard Meiterni juhendamisel ehitatud rakendus, sest soovisin mõista, kas sarnaseid rakendusi on merelindude kolooniatest andmete kogumisel veel kasutusel. Alustasin otsinguid teaduslikest andmebaasidest, kuid enamiku vastete metodoloogiline kirjeldus polnud uurimuse jaoks piisav - puudusid kirjelduse pesa asukoha andmete kogumise kohta. Seega kasutasin oma uurimisküsimustele vastuste saamiseks merelindude uurijatele välja saadetud küsitlust, mis võimaldas küsida konkreetseid küsimusi ja saada infot, mis teadusartiklite meetodikirjelduses puudusid. Küsitlusele vastasid ligi pooled teadlased, kellele selle saatsin, mis näitab suurt huvi andmekogumismeetodite arendamise vastu. Paljud soovisid minu uuringutulemustest ka hiljem ülevaadet. Seega võimaldas valitud uuringumeetod luua kontakti paljude merelindude kolooniate uurimisega tegelevate teadlastega, mis võib tulevikus olla aluseks uurimistöö koostöövõrgustiku ehitamiseks või minu poolt välja töötatud rakenduse laiemaks kasutuselevõtuks.

Ruumiandmeid koguti peamiselt lindude liikumise (GPS ja GLS saatjad) ning pesade asetuse kohta. Hoolimata sellest, et pesaandmeid koguti palju, ei avaldatud neid artiklites, mis ilmselt ongi põhjus, miks ma neid andmeid ja meetodeid enda poolt läbi töötatud kirjandusest ei leidnud. Avaldati peamiselt lindude liikumisandmeid, mis võimaldasid teha järeldusi lindude kokkupuute kohta reostusega erinevatel rände- puhke- ja toitumisalades või uurida kliimamuutuste mõju lindude laiemale ruumikasutusele. Põhjus võib peituda selle, et pesa ruumiandmete analüüsimine vajab arvukamat (kvantitatiivsemat) andmestikku, kuhu on kaasatud ka pesa asukoht teiste pesade suhtes. Andmestiku suuruse piirang võib tuleneda ebapiisavatest andmekogumistööriistadest. On ka võimalik, et andmeid koguti vaid pesa leidmise eesmärgil või ei leitud olulisi seoseid ruumiandmete analüüsi käigus (mis samas oleks ikkagi oluline ja avaldamist väärt info). Kuna kolooniasisesed ruumiandmed peaaegu alati töö käigus kogutakse, võiks kaaluda sellise andmekogumise standardiseerimist üle

kolooniate. ARCTOX võrgustik on loodud liikideüleseks elavhõbeda mõju uurimiseks merelindudel, ja sarnane võrgustik võiks olla kasulik ka kolooniasiseste asukohaandmete uurimiseks. Praeguseks ei ole teada, kas pesa asukohavalik või plastilisus asukohavalikus võimaldab paindlikult vastata keskkonnamuutuste tagajärjel toimuvatele muutustele pesitsuskoloonias ja keskkonnamuutuste mõju leevendada (Van De Loock jt., 2020). Kuna neid andmeid kogutakse nagunii, siis saaks võrgustiku kaudu neid ühiselt analüüsida ja avaldada, et nii mõista laiemaid keskkonnamuutuste mõju ja kohanemise/kohastumisega seotud protsesse nii liigisiselt kui liigiülel. Selliste koostöövõrgustike suurt potentsiaali näitavad ka varem ilmunud suuri andmemahte koondavad uuringud, nagu näiteks Davies et al. (2021) poolt avaldatud uurimistöö lindude rännete puhkepaikadest, mis võimaldas leida kaitse alla võtmise vajadusega alasid. Ka ARCTOX võrgustik ise võimaldab mõista lindude kokkupuudet elavhõbedareostusega suuremas ruumilises skaalas ja üle paljude liikide (nt Carravieri jt., 2022). Minu uurimistöö kinnitas seega, et Kakrarahu rakenduse poolt kogutavad pesaandmed on teadusmaailmas kõrge väärtusega, sest võimaldavad mõista keskkonnamuutustega kohanemist, kuid on siiani sellest vaatepunktist suuresti läbiuurimata. Näiteks elupaikade kvaliteedi languse, killustatuse ja vähenemise tõttu arvan, et võiks rohkem uurida ka pesa asukohaga seotuid dünaamikaid.

Lisaks andmete kogumise meetodile uurisin ka andmete haldamise ja avalikustamise meetodeid. Küsitlustulemuste kohaselt jõudsid koloniaalsete merelindude uuringutest kogutud andmed peaaegu eranditult lõpuks Exceli failidesse, mis tuleneb ilmselt sellest, et neid on seal kergem analüüsida. Mõnel üksikul juhul kasutati ka teisi andmebaase (nt Access). Andmebaaside vähese kasutamise põhjus võib olla see, et andmete kogumise meetodika ei võimaldanud andmeid otse andmebaasiprogrammidega sünkroniseerida, mistõttu andmebaasi täitmine oleks ajamahukas lisatöö. Spetsiifilised merelindude andmekogumist hõlbustavad rakendused (nagu “Kakrarahu rakendus”) võiksid selle probleemi lahendada. Kuigi suurem osa teadlasi oli oma andmed ka avalikustanud, selgus, et mitte kõik andmed ei olnud avalikud. Teadlased polnud avalikustamise vastu, kuid neid hoiab küsitluse põhjal tagasi ajapuudus, avalikustamise keerulisus, tunne, et andmed on veel toored ning soov enne jagamist veel andmestikku uurida. Need põhjused võivad seega pärssida teiste teadlasteni kasuliku info jõudmist. Kuigi tahe ruumiandmeid avaldada on suur ja tihtipeale tehakse ka pingutusi andmete avalikustamiseks (kasutades näiteks Dryad uurimisandmete repositooriumi), ei jõua enamik andmeid siiski laiemale avalikustamiseni. Paljud andmed avaldatakse näiteks kohalike monitoorimisprogrammide kodulehtedel, kust nad ei pruugi olla lihtsasti leitavad. Mõnikord esineb ka “kättesaadav küsimisel” meetodit (autor lubab andmeid jagada vastusena nende

küsimisele konkreetse uuringu jaoks), mis analüüside põhjal ei ole ökoloogilistes uuringutes kõige praktilisem (Tedersoo et al. 2021). Avalikustamist takistab küsitlusele vastanute kommentaaride põhjal ka töömahukus, mida annaks andmekogumise parema läbimõtleamise ja uute lahenduste kasutuselevõtuga vähendada.

Kirjanduse läbitöötamisest ja küsitlusest ei selgunud, et ükski uurimisrühm oleks kasutanud mobiiltelefoni ruumiandmete kogumiseks. Merelinde uurivate teadlaste seas on populaarne täpsete ruumiandmete kogumine, kasutades näiteks käeshoitavaid GPS seadmeid või geolokaatoritega varustatud välitööarvutiteid. Selle põhjus jääb mulle arusaamatuks, sest tänapäeva mobiiltelefonidel on olemas käeshoitavate GPS-seadmetega sarnane funktsionaalsus, ning samas suurem paindlikkus just konkreetse kolooniaga sobivate rakendusepõhiste lahenduste väljatöötamiseks. Lisaks GPS-seadmetele ja saatjatele koguti ligikaudseid ruumiandmeid ka biokeemiliste meetoditega, nagu sulest isotoopide analüüsimine. On selge, et vastavalt ruumiandmete kogumise metoodikale on võimalik vastata erinevatele teaduslikele küsimustele. Näiteks võimaldab rõngastamine koguda longitudinaalseid andmed linnu elukäigu kohta, aga ka rändeandmeid, kuigi sellise andmestiku kogumine põhineb suuresti juhusel ning vajab väga paljude lindude märgistamist. Lindude külge kinnitavad saatjad võimaldavad uurida lindude toitumiskäitumist ning koguda andmeid rännete kohta. Pesa GPS koordinaatide salvestamine aitab mõista aga kolooniasisest pesitsuskäitumist. Kuna viimaseid andmeid on teaduskirjanduses vähe kasutatud, näen siin suurt potentsiaali edasiseks teadustööks.

Küsitlusele vastanutest olid paljud uuringud pikaajalised, ulatudes mõnest aastast rohkem kui 40 aastani. Kakrarahu koloonia, mida on mõnede vahele jäänud aastatega uuritud juba 60 aastat, on seega üks maailma mastaabis erilisemaid ja pikaajalisemalt jälgitumaid merelinnukolooniaid, mistõttu selle koloonia edasisse uurimisse tasub investeerida. Kirjanduse läbitöötamisest selgusid olulisemaid merelinde mõjutavaid inimtekkelised keskkonnategurid, nagu suureskaalalised ilmastikumuutused (tormid), merevee temperatuurimuutused, pikaajaliste kliimanähtuste (Põhja-Atlandi võnkumine, hoovused) muutused ning merereostus, sh nii keemiline reostus kui ka plastireostus. Pikaajaliste uurimistulemuste parem kättesaadavus võimaldaks mõista erinevate liikide ja populatsioonide haavatavust keskkonnamuutustele, nende käitumusliku paindlikkuse ulatust (nt fenoloogias) ja kohanemisvõimet. Need teadmised aitaksid luua asjakohasemaid keskkonnaregulatsioone ja suunata looduskaitselist tööd.

## Kokkuvõte

Käesolev töö koosnes kolmest osast. Esiteks, kirjanduse ülevaade ruumiandmete ja pikaajaliste andmeridade kasutamisest merelindude uuringutes. Seejärel kirjeldasin kolonialisi merelinde uuriva ARCTOX võrgustiku liikmete seas läbi viidud küsitluse tulemusi, mille eesmärgiks oli uurida ruumiandmete kogumise metoodikat ja lähenemist andmete salvestamisele ja avalikustamisele. Kolmandaks kirjeldasin enda väljatöötatud rakendust, mis hõlbustab ruumiandmete kogumist merelindude kolooniate siseselt.

Uurimistöö käigus leidsin vastused sissejuhatuses püstitatud uurimisküsimustele.

1. Merelindude ja ruumiandmetega seotud publikatsioone on avaldatud kolmes peamises valdkonnas: ränne, liikumine pesitsusala ümbruses ning pesapaiga valik koloonias. Uuringud keskenduvad kliimamuutuste mõjule rännetele, keskkonnamürkide sisaldusele lindude kudedes sõltuvalt nende ruumikasutusest ning vähemal määral ka fülogeneesile. Uuringud näitavad, et pikaajaliste andmete kogumisel on võimalik hinnata keskkonnas toimuvate aeglase protsesside mõju lindudele, nende ellujäävusele ja sigimisedukusele.
2. Ruumiandmeid on erineval kujul kogutud juba aastakümneid. Pikaajalistel andmeridadel on eriti suur väärtus, kui neid on kogutud sarnase metoodika alusel. Kõige enam levinud on lindude külge kinnitatavate geolokaatoritega varustatud merelindude ruumilise käitumise uurimine. Võrreldes lindude külge kinnitatud saatjate abil läbiviidavate uuringutega on kolooniasisesid ruumiandmeid keskkonnamuutuste kontekstis vähem kasutatud, kuigi pesade täpsed koordinaadid peaaegu alati salvestatakse. Pesitsusandmete sidumine kohasuseandmetega ning selliste andmete kokkukogumine erinevates kolooniatest läbi aastate võimaldaks paremini mõista lindude käitumise paindlikkust ja kohanemisvõimalusi keskkonnamuutuste kontekstis.
3. Suurema ja kvaliteetsema andmehulga kogumist soodustaks kolooniaspetsiifilise metoodika väljatöötamine ning tänapäevase tehnoloogia rakendamine. Nagu minu poolt välja arendatud spetsiaalse rakenduse kasutamine Kakrarahu välitööde raames praktikas näitas, on nii võimalik tööd osaliselt automatiseerida, efektiivsemaks muuta ja andmeid paindlikumalt koguda. Juba töö käigus andmebaasistatud toorandmed võimaldavad mugavamalt edasisi analüüsi ning avaldamist avaandmetena.
4. Kui erinevate projektide (töögruppide) piires on andmed enamasti avalikkusele kättesaadavad, siis suuremas osas, eriti just pikaajaste andmeridade kontekstis, ei ole

andmed kuigi sageli avaldatud või on nende kättesaamine raskendatud. Andmete publitseerimata jätmise põhjusteks on ajapuudus, soov kõigepealt oma andmeid analüüsida ja korrastada või publitseerimise tehniline keerulisus.

Merelindudel on oma pikaealisuse tõttu võimalik kohaneda muutuvate tingimustega, kuid kohastumine, üle paljude põlvkondade toimuv protsess, on kiirete keskkonnamuutustega sammu pidamiseks pikaealiste liikide puhul pigem raske. Kohanemisvõime ja haavatavus keskkonnamuutustele erineb liigiti ja isegi populatsioonide vahel ja nende protsesside ulatust saab hinnata vaid pikaajaliste ja ruumiandmeid kaasavate uuringutega. Merelindude kolooniates kogutud andmete kiirem ja ulatuslikum avalikustamine soodustaks globaalsete muutuste ulatuse ja mõju hindamist ning vähendaks nende kolooniate häirimist. Kogutud andmete parem standardiseerimine ja avalikustamine võimaldab mahukamaid analüüse, soodustab koostööd ja aitab leida paremaid lahendusi merelindude kaitseks.

## Summary

This work consisted of three parts. Firstly, a literature review was made on the use of spatial data and longitudinal datasets in seabird studies. Then I conducted a survey among ARCTOX network members, who study colonial seabirds, aiming to get more insight on the use and methodology of spatial data collection and how they were stored and made publicly available. Lastly, I described the benefits of a custom-made mobile app that makes data collecting and managing more efficient.

During the investigation, I found answers to the research questions posed in the introduction.

1. Publications related to seabirds and spatial data have been published in three main categories: migration, movements during breeding season and the selection of nesting site. Studies focus on the impact of climate change on migrations and the presence of environmental pollutants in bird tissues depending on their spatial usage, and to a lesser extent, phylogenetics. Studies demonstrate that long-term data collection enables the assessment of the slow processes occurring in the environment and their effects on bird survival and breeding success.
2. Spatial data has been collected in various forms for decades. Long-term datasets are particularly valuable when collected using persistent methodologies. The most common approach is studying the spatial behavior of seabirds by equipping them with geolocators. Compared to studies conducted using trackers, colony-level spatial data has seen less use in research, although exact coordinates of nests were often recorded. Linking and collecting spatial data with breeding success and survival data provide a better understanding of bird behavior flexibility and adaptability in the context of environmental changes.
3. The collection of larger and higher-quality datasets would be facilitated by the development of colony-specific methodologies and the application of modern technology. The practical use of the specialized application I developed during fieldwork on Kakrarahu Island demonstrated the possibility of an improved workflow by partially automating collection of some data, increasing efficiency, and collecting data more flexibly. The on-field collected data can thereafter be readily made public and used for analysis without substantial extra work.
4. While data is generally available to the public within various projects (study groups), in most cases, especially in the context of long-term datasets, data is not frequently published, or accessing it is difficult. The reasons for withholding data from

publication include time constraints, the desire to analyze and organize one's data first, or the technical complexity of publication.

Due to their longevity, seabirds have the potential to adapt to changing conditions. However, adaptation, which is a process occurring over many generations, is challenging for long-lived species to keep up with rapid environmental changes. The ability to adapt and vulnerability to environmental changes vary among species and even between populations, and the extent of these processes can only be assessed through long-term studies that incorporate spatial data. extensive publication of data collected in seabird colonies would facilitate the assessment of the scope of global changes and reduce disturbance to these colonies. Improved standardization and publication of collected data enable more comprehensive analyses, foster collaboration, and help find better solutions for the conservation of seabirds.

## Tänuavaldus

Eriti suur aitäh minu juhendajatele Tuul Sepp, Richard Meitern ja Kristjan Adojaan, kes olid alati valmis mind abistama ja aitasid töökulgu sujuvamaks muuta. Nad aitasid mind kogu töö valmimise jooksul väga erinevates aspektides. Ilma nende abita oleks selle töö valmimine põhimõtteliselt võimatu. Tahan tänada ka Mari, kes aeg-ajalt minu mõtteid transkribeeris ja keeleteoimetustega tegeles. Suur aitäh minu kursusekaaslasele, Itile, kes tegi palju soovitusi keeleteoimetuste osas.

## Kasutatud kirjandus

### ARCTOX

- Abadi, F., Barbraud, C., Besson, D., Bried, J., Crochet, P.-A., Delord, K., Forcada, J., Grosbois, V., Phillips, R. A., Sagar, P., Thompson, P., Waugh, S., Weimerskirch, H., Wood, A. G., & Gimenez, O. (2014). Importance of accounting for phylogenetic dependence in multi-species mark–recapture studies. *Ecological Modelling*, *273*, 236–241. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2013.11.017>
- Albert, C., Helgason, H. H., Brault-Favrou, M., Robertson, G. J., Descamps, S., Amélineau, F., Danielsen, J., Dietz, R., Elliott, K., Erikstad, K. E., Eulaers, I., Ezhov, A., Fitzsimmons, M. G., Gavriilo, M., Golubova, E., Grémillet, D., Hatch, S., Huffeldt, N. P., Jakubas, D., ... Fort, J. (2021). Seasonal variation of mercury contamination in Arctic seabirds: A pan-Arctic assessment. *Science of The Total Environment*, *750*, 142201. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142201>
- Albert, C., Strøm, H., Helgason, H. H., Bråthen, V. S., Gudmundsson, F. T., Bustamante, P., & Fort, J. (2022). Spatial variations in winter Hg contamination affect egg volume in an Arctic seabird, the great skua (*Stercorarius skua*). *Environmental Pollution*, *314*, 120322. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.120322>
- Barker, J. R., & Tingey, D. T. (Toim). (1992). *Air Pollution Effects on Biodiversity*. Springer US. <https://doi.org/10.1007/978-1-4615-3538-6>
- Bolton, M., Smith, A., Gómez-Díaz, E., Friesen, V., Medeiros, R., Bried, J., Roscales, J., & Furness, R. (2008). Monteiro's Storm-petrel *Oceanodroma monteiroi*: A new species from the Azores. *Ibis*, *150*, 717–727. <https://doi.org/10.1111/j.1474-919X.2008.00854.x>
- Bried, J., Andris, M., Dubois, M., & Jarne, P. (2021). Decreased selectivity during mate

- choice in a small-sized population of a long-lived seabird. *Journal of Avian Biology*, 52. <https://doi.org/10.1111/jav.02837>
- Bried, J., & Jouventin, P. (2001). Site and mate choice in seabirds: An evolutionary approach. *Biology of Marine Birds*.
- Bried, J., Magalhães, M., Bolton, M., Neves, V., Bell, E., Pereira, C., Aguiar, L., Monteiro, L., & Santos, R. (2009). Seabird Habitat Restoration on Praia Islet, Azores Archipelago. *Ecological Restoration*, 27. <https://doi.org/10.3368/er.27.1.27>
- Brommer, J. E., Rattiste, K., & Wilson, A. J. (2008). Exploring plasticity in the wild: Laying date–temperature reaction norms in the common gull *Larus canus*. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 275(1635), 687–693. <https://doi.org/10.1098/rspb.2007.0951>
- Burger, J., & Gochfeld, M. (2004). Marine Birds as Sentinels of Environmental Pollution. *EcoHealth*, 1, 263–274. <https://doi.org/10.1007/s10393-004-0096-4>
- Carlsen, T. H., Ásgeirsson, Á., & Jónsson, J. E. (s.a.). *Variation in eider down quality among individuals and colonies*.
- Carravieri, A., Vincze, O., Bustamante, P., Ackerman, J. T., Adams, E. M., Angelier, F., Chastel, O., Cherel, Y., Gilg, O., Golubova, E., Kitaysky, A., Luff, K., Seewagen, C. L., Strøm, H., Will, A. P., Yannic, G., Giraudeau, M., & Fort, J. (2022). Quantitative meta-analysis reveals no association between mercury contamination and body condition in birds. *Biological Reviews*, 97(4), 1253–1271. <https://doi.org/10.1111/brv.12840>
- Cruz-Flores, M., Pradel, R., Bried, J., González-Solís, J., & Ramos, R. (2021). Sex-specific costs of reproduction on survival in a long-lived seabird. *Biology Letters*, 17(3), Article 3. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2020.0804>
- Cruz-Flores, M., Pradel, R., Bried, J., Militão, T., Neves, V. C., González-Solís, J., & Ramos,

- R. (2022). Will climate change affect the survival of tropical and subtropical species? Predictions based on Bulwer's petrel populations in the NE Atlantic Ocean. *Science of The Total Environment*, 847, 157352. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157352>
- Cuesta-García, M., Rodríguez, A., Martins, A. M., Neves, V., Magalhães, M., Atchoi, E., Fraga, H., Medeiros, V., Laranjo, M., Rodríguez, Y., Jones, K., & Bried, J. (2022). Targeting efforts in rescue programmes mitigating light-induced seabird mortality: First the fat, then the skinny. *Journal for Nature Conservation*, 65, 126080. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2021.126080>
- Davies, T., Carneiro, A. P., Tarzia, M., Wakefield, E., Hennicke, J., Frederiksen, M., Hansen, E., Campos, B., Hazin, C., Lascelles, B., Anker-Nilssen, T., Arnardóttir, H., Barrett, R., Biscoito, M., Bollache, L., Boulinier, T., Catry, P., Ceia, F., Chastel, O., & Dias, M. (2021). Multispecies tracking reveals a major seabird hotspot in the North Atlantic. *Conservation Letters*, 14. <https://doi.org/10.1111/conl.12824>
- Edwards, E., Quinn, L., & Thompson, P. (2016). State-space modelling of geolocation data reveals sex differences in the use of management areas by breeding northern fulmars. *Journal of Applied Ecology*, 53. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12751>
- Forstmeier, W., & Weiss, I. (2004). Adaptive plasticity in nest-site selection in response to changing predation risk. *Oikos*, 104(3), 487–499. <https://doi.org/10.1111/j.0030-1299.1999.12698.x>
- Grémillet, D., & Boulinier, T. (2009). Spatial ecology and conservation of seabirds facing global climate change: A review. *Marine Ecology Progress Series*, 391, 121–138.
- Grissot, A., Borrel, C., Devogel, M., Altmeyer, L., Johansen, M. K., Strøm, H., & Wojczulanis-Jakubas, K. (2023a). Use of geolocators for investigating breeding ecology of a rock crevice-nesting seabird: Method validation and impact assessment. *Ecology and Evolution*, 13(3), Article 3. <https://doi.org/10.1002/ece3.9846>

- Grissot, A., Borrel, C., Devogel, M., Altmeyer, L., Johansen, M. K., Strøm, H., & Wojczulanis-Jakubas, K. (2023b). Use of geolocators for investigating breeding ecology of a rock crevice-nesting seabird: Method validation and impact assessment. *Ecology and Evolution*, *13*(3), e9846. <https://doi.org/10.1002/ece3.9846>
- Hanssen, S. A., Gabrielsen, G., Bustnes, J., Bråthen, V., Skottene, E., Fenstad, A., Strøm, H., Bakken, V., Phillips, R., & Moe, B. (2016). Migration strategies of common eiders from Svalbard: Implications for bilateral conservation management. *Polar Biology*, *39*. <https://doi.org/10.1007/s00300-016-1908-z>
- Home. (s.a.). A Pan-Arctic Network to Track Mercury Contamination across Arctic Marine Food Webs. Salvestatud 20. mai 2023, <https://arctox.cnrs.fr/en/home/>
- Hooke, R., Martin Duque, J., & de Pedraza, J. (2012). Land transformation by humans: A review. *GSA Today*, *22*, 4–10. <https://doi.org/10.1130/GSAT151A.1>
- Kokko, H., Harris, M. P., & Wanless, S. (2004). Competition for breeding sites and site-dependent population regulation in a highly colonial seabird, the common guillemot *Uria aalge*. *Journal of Animal Ecology*, *73*(2), 367–376. <https://doi.org/10.1111/j.0021-8790.2004.00813.x>
- Lewis, S., Elston, D., Daunt, F., Cheney, B., & Thompson, P. (2009). Effects of extrinsic and intrinsic factors on breeding success in a long lived seabird. *Oikos*, *118*, 521–528. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0706.2009.17308.x>
- Mallory, M., Gaston, A., Forbes, M., Gilchrist, H., Cheney, B., Lewis, S., & Thompson, P. (2008). Flexible incubation rhythm in northern fulmars: A comparison between oceanographic zones. *Marine Biology*, *154*, 1031–1040. <https://doi.org/10.1007/s00227-008-0994-z>
- Mallory, M. L., Boadway, K. A., Davis, S. E., Maftei, M., & Diamond, A. W. (2017). Breeding biology of Arctic terns (*Sterna paradisaea*) in the Canadian High Arctic.

- Polar Biology*, 40(8), Article 8. <https://doi.org/10.1007/s00300-016-2072-1>
- Miller, J., Furness, R., Trinder, M., & Matthiopoulos, J. (2019). The sensitivity of seabird populations to density-dependence, environmental stochasticity and anthropogenic mortality. *Journal of Applied Ecology*, 56. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13448>
- Milot, E., Weimerskirch, H., & Bernatchez, L. (2008). The seabird paradox: Dispersal, genetic structure and population dynamics in a highly mobile, but philopatric albatross species. *Molecular Ecology*, 17(7), 1658–1673.  
<https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2008.03700.x>
- Pagenaud, A., Ravache, A., Bourgeois, K., Mathivet, M., Bourguet, É., Vidal, É., & Thibault, M. (2022). Nest-site selection and its influence on breeding success in a poorly-known and declining seabird: The Tahiti petrel *Pseudobulweria rostrata*. *PLOS ONE*, 17(4), e0267408. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0267408>
- Pereira de Felipe, F., Reyes-González, J. M., Militão, T., Neves, V., Bried, J., Oro, D., Ramos, R., & González-Solís, J. (2019). Does sexual segregation occur during the nonbreeding period? A comparative analysis in spatial and feeding ecology of three *Calonectris* shearwaters. *Ecology and Evolution*, 9. <https://doi.org/10.1002/ece3.5501>
- Quinn, L., Meharg, A., Van Franeker, J., Graham, I., & Thompson, P. (2016). Validating the use of intrinsic markers in body feathers to identify inter-individual differences in non-breeding areas of northern fulmars. *Marine Biology*, 163.  
<https://doi.org/10.1007/s00227-016-2822-1>
- Ramos, R., Sanz, V., Militão, T., Bried, J., Neves, V., Biscoito, M., Phillips, R., Zino, F., & González-Solís, J. (2015). Leapfrog migration and habitat preferences of a small oceanic seabird, Bulwer's Petrel (*Bulweria bulwerii*). *Journal of Biogeography*, 42, 1651–1664. <https://doi.org/10.1111/jbi.12541>
- Rattiste, K. (2004). Reproductive success in presenescent common gulls (*Larus canus*): The

- importance of the last year of life. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 271(1552), 2059–2064. <https://doi.org/10.1098/rspb.2004.2832>
- Rattiste, K., & Lilleleht, V. (1987). *Population ecology of the Common Gull Larus canus in Estonia*.
- Robert, A., Bolton, M., Jiguet, F., & Bried, J. (2015). The survival–reproduction association becomes stronger when conditions are good. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 282(1818), Article 1818. <https://doi.org/10.1098/rspb.2015.1529>
- Sagerup, K., Henriksen, E. O., Skorping, A., Skaare, J. U., & Gabrielsen, G. W. (2000). Intensity of parasitic nematodes increases with organochlorine levels in the glaucous gull. *Journal of Applied Ecology*, 37(3), 532–539. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2664.2000.00521.x>
- Silva, M. C., Catry, P., Bried, J., Kawakami, K., Flint, E., & Granadeiro, J. P. (2023). Contrasting patterns of population structure of Bulwer’s petrel (*Bulweria bulwerii*) between oceans revealed by statistical phylogeography. *Scientific Reports*, 13(1), Article 1. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-28452-z>
- Speakman, J., Blount, J., Bronikowski, A., Buffenstein, R., Isaksson, C., Kirkwood, T., Monaghan, P., Ozanne, S., Beaulieu, M., Briga, M., Carr, S., Christensen, L., Cochemé, H., Dominic, L., Cram, D., Dantzer, B., Harper, J., Jurk, D., King, A., & Selman, C. (2015). Oxidative stress and life histories: Unresolved issues and current needs. *Ecology and Evolution*, 5. <https://doi.org/10.1002/ece3.1790>
- Tedersoo, L., Küngas, R., Oras, E., Köster, K., Eenmaa, H., Leijen, Ä., Pedaste, M., Raju, M., Astapova, A., Lukner, H., Kogermann, K., & Sepp, T. (2021). Data sharing practices and data availability upon request differ across scientific disciplines. *Scientific Data*, 8, 192. <https://doi.org/10.1038/s41597-021-00981-0>
- Thompson, P. M., & Ollason, J. C. (2001). Lagged effects of ocean climate change on fulmar

population dynamics. *Nature*, 413(6854), Article 6854.

<https://doi.org/10.1038/35096558>

Tischendorf, L., Grez, A. A., Zaviezo, T., & Fahrig, L. (2005). Mechanisms Affecting Population Density in Fragmented Habitat. *Ecology and Society*, 10.

<https://doi.org/10.5751/ES-01265-100107>

Tovar-Sánchez, E., Hernández-Plata, I., Martínez, M., Valencia-Cuevas, L., & Mussali, P. (2018). *Heavy Metal Pollution as a Biodiversity Threat*.

<https://doi.org/10.5772/intechopen.74052>

Tucker, M., Böhning-Gaese, K., Fagan, W., Fryxell, J., Moorter, B., Alberts, S., Ali, A., Allen, A., Attias, N., Avgar, T., Bartlam Brooks, H., Bayarbaatar, B., Belant, J., Bertassoni, A., Beyer, D., Bidner, L., van Beest, F., Blake, S., Blaum, N., & Mueller, T. (2018). Moving in the Anthropocene: Global reductions in terrestrial mammalian movements. *Science*, 359, 466–469. <https://doi.org/10.1126/science.aam9712>

Van De Loock, D., Strubbe, D., Thijs, K. W., Van De Peer, T., De Neve, L., Githiru, M., Matthysen, E., & Lens, L. (2020). Flexible nest-site selection under anthropogenic habitat change in an Afrotropical understory insectivore. *Ibis*, 162(1), 187–200.

<https://doi.org/10.1111/ibi.12691>

# Lisa 1. küsitlustulemus

Which species were observed?	Approximate sample size (individuals/nests)	Collected data	Additional list of collected data	With what tools was the positional data collected?	With what accuracy was the positional data collected?	How long have you been gathering data for this colony?	Has the methodology remained the same since the initial data collection?	Can you briefly tell us in which format and where the data from all the years has been stored?	To what extent is the data available to the public?
Bulwer's petrel	300 individuals /60 nests per year	Parent weight, Chick weight, Blood samples	Foraging area (with GPS), feathers,	Drawing maps (if you refer to the nest position)		4 years (but Jacob González-Solís is the "owner" of this colony, and he has been working there since 2010)	only between 2015-2018 (during my thesis) we wrote down the breeding success of the individuals	Excel	It's public in a repository of the University of Barcelona
See our extensive list of publications on <a href="http://www.seapop.no/en">www.seapop.no/en</a> , where you can also read more about the SEAPOP programme (of which I am the National coordinator) <a href="https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/1365-2656.13884">https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/1365-2656.13884</a>	Hydrobates monteiroi: 75 pairs each year, H. castro: 150 pairs each year, Calonectris borealis: 70 pairs each year, Bulweria bulwerii: 45 pairs each year, Puffinus baroli: 5-10 pairs each year. Studies were conducted from 200 to 2012 included, except for both Hydrobates (2000-2012 included).	Parent weight, Egg weight, Blood samples	Body measurements. Fieldwork was conducted using capture-mark-recapture. Blood samples were collected to sex the birds and for genetic studies (population genetics, molecular systematics and parentage analyses).	The study plots were manually mapped.		12 to 14 years, depending on species (see above)	Yes, the methodology remained the same throughout the study	Data were stored (and not was stored! In Latin: one datum, several data) in Excel files.	Some Bulwer's petrel data are available in Dryad. The raw data concerning the other species have not been made accessible (I do not have time for this)

Little auks	150	Exact GPS coordinates for nests, Parent weight, Chick weight, Egg weight, Blood samples	behaviour from accelerometers, feather samples, faeces samples, resighting from individual color ring (survival), body temperature from thermal camera	GPS device (Garmin)	1	18	yes	Paper notebook in the field and Excel once back at the laboratory	Private but available upon request
Common eider	400	Exact GPS coordinates for nests, Parent weight, Blood samples	Gls (light logger) locators on rings on most birds	gps and gls-logger	10	28	gsp data since 2000, gls data since 2012	paper and excel	gls data on <a href="https://seapop.no/en/seatrack/">https://seapop.no/en/seatrack/</a>

Glaucos gull, Larus hyperboreus	50 nests	Exact GPS coordinates for nests, Parent weight, Blood samples	List if catch (adult bird): date; ring_number; euring_code; color_ring; logger_status; logger_model_retrieved;  logger_id_retrieved; logger_model_deployed;  logger_id_deployed; species morph; subspecies; age; sex; sexing_method; weight; scull; tarsus; wing; breeding_stage; eggs; chicks; hatching_success; breeding_success; breeding_success_criterion; country; colony; colony_latitude; colony_longitude; nest_id; blood_sample; feather_sample; other_samples; data_responsible; back_on_nest; logger_mount_method; comment; other relevant variables, e.g. 'gonys', 'culmen; old_ring_number;	GPS waypoint, no relative distance	1	12	yes	Excel + data base	Detailde data is private. Population data puplished: <a href="https://mosj.no/indikator/dyreliv/dyreliv-i-havet/polarmake/">https://mosj.no/indikator/dyreliv/dyreliv-i-havet/polarmake/</a>
Eiders, glaucous gulls, kittiwakes	Eiders (10-20 birds), glaucous gulls (15-20 birds), kittiwakes 30 birds))	Exact GPS coordinates for nests, Parent weight, Blood samples	Feather samples	GPS coordinates of nest was only collecetd from glaucous gulls	1	From around 2000	Same methodology have been used for the field sampling	Excel sheet	Some data has been published (a database is being established)

Calonectris borealis, Puffinus lherminieri, Hydrobates monteiroi, Hydrobates castro, Puffinus puffinus, Bulweria bulwerii	800 nests	Exact GPS coordinates for nests, Parent weight, Chick weight, Blood samples	Breeding success, mark recapture methods, foraging trips, light pollution measurement	GPS, mistnets, loggers	6	10	yes	Excel	Regional database and published
Many different ones : long-tailed skua, parasitic skua, phalaropes, ivory gulls, common eiders, etc (you can search with my name on Movebank and Research gate)	variable	Exact GPS coordinates for nests, Parent weight, Chick weight, Blood samples		GPS	3	Some since 1990		Excel	Tracking data available through Movebank, some colony data published
Common eider, Common guillemot, Northern fulmar	25	Parent weight	GLS data	Markers on maps	10	8 years	Yes	Excel	Through collaborative publications
Common murre, pelagic cormorant, Brandt's cormorant	100,35,35		Productivity	Photos		21	Mostly	Paper, excel, cloud	Annual reports
Fulmar	Colonyvoif about 100 pairs	Exact GPS coordinates for nests, Parent weight, Chick weight, Blood samples	Stomach Oil, feathers, microbiome samples	GPS and adding markers to maps	10	22	no	MS Access database	data provided in dryad if appropriate.

Arctic Tern	300 individuals / 150 nests in some years	Exact GPS coordinates for nests, Parent weight, Egg weight	wing chord, on/off nest, annual movement, breeding success,	inter-nest distance calculated from GPS measurements		13 years	although we used inter-nest distance, we switched to focusing on nesting density (nests with x m2)	MSExcel	Data were part of MSc, didn't get used, kept for special research project, now have moved on; Data can be public; not done for all years; not "public" because not used much now and time limitations (not enough time to clean and upload somewhere, etc.)
Little auk	Depends on the study question, usually ranges from 20-50	Exact GPS coordinates for nests, Parent weight, Chick weight, Blood samples	Feathers, egg shells, faeces, body measurements, behavior video and audio recordings, GLS data	Manual GPS	1	20	Roughly the same	Excel/csv	Data are released with every recent paper in repo or as supplementary material. Working on raw data, examining various question I don't make them all public until I am done with my project
Common Eider	Colony: approx 200 nesting female	Exact GPS coordinates for nests, Parent weight	Biometric data (standard)	Garmin GPS	5	10	Yes	Excel	Nest site position has not been published, but all data from the female eiders has been sent to Sea Track administration
Brünnich's guillemot, black-legged kittiwake, little auk, glaucous gull, northern fulmar, Atlantic puffin	Varies among species but usually several tens of nests and individuals (20 to 50 per species)	Exact GPS coordinates for nests, Parent weight, Blood samples	demographic data, tracking data	For glaucous gull nests (the only ones we mark with GPS), nests are marked with a handheld GPS (Garmin)	10	12	Yes	Excel files (for GPS coordinates), Access database for the other data	Some are published every year (public website)

Kittiwake, puffin	50 per species, per year	Exact GPS coordinates for nests, Chick weight, Egg weight, Blood samples	chick survival	GPS in field computer (yuma)	5	17	yes	Excel and database	summary of data is available on <a href="http://www.seapop.no">www.seapop.no</a> .
Atlantic puffin (main focus from 1964 to the start of SEAPOPOP in 2005), with parallel data collected for common guillemot (from 1960), black-legged kittiwake (from 1980), European shag (from 1985) and black guillemot (from 1990). Less extensive datasets (i.e. fewer parameters monitored) are collected for northern fulmar, great cormorant and razorbill (all from 1997), common eider and great skua (both from 1988), and common gull, herring gull, great black-backed gull and lesser black-backed gull (all from 2006), occasionally also common and arctic terns (which do not	Highly variable (annually tens to hundreds per series), depending on parameter	Exact GPS coordinates for nests, Parent weight, Chick weight, Egg weight, Blood samples	Key data sets include annual monitoring of population size (# of breeding pairs), adult survival rate (CMR data), chick diet (physical sampling and by photo), breeding success, and tracking of movements outside the breeding non-breeding with geolocator loggers.	Before 2010: handheld GPS, from 2010: Field computers (Husky, Yuma, GeTac)	10	42	In most cases, yes. Where new methods have been implemented, overlap of approaches has been run for several years to allow calibration of results. Note that many data series don't date back to 1981, and some data (puffins and common guillemots) date back to the early 1960s.data	Paper, but most data are/have been computerised as Ascii, Excel and Access data files.	All key data are stored and shared in the SEAPOPOP ( <a href="http://www.seapop.no/en/seatrack">www.seapop.no/en/seatrack</a> ) and SEATRACK ( <a href="http://www.seapop.no/databases">www.seapop.no/databases</a> ) and raw data are available at request. Data on population trends and breeding success are also stored in the database of the ICES Data Centre for use in regular reporting on the Environmental Status of the OSPAR areas (I and II).

breed ever year).										
hering gull, lesser black-back gull, great black-back gull,	15 individual per species per year	Exact GPS coordinates for nests, Parent weight, Chick weight, Egg weight, Blood samples	regurgitates; morphometric data	<i>GPS UHF</i>	15	2016	yes	as computer files	They are not available. The problem is to manage the interface to provide public access	
Little auk, Thick-billed Murre, Kittiwake	15-30	Exact GPS coordinates for nests, Parent weight	gls (SeaTrack), feathers (ArcTox protocol)	marked on photo + GPS (Garmin)	1	2	Yes	Excel on back-up drive + sql database	Yes, published on SeaTrack webpage	
Common guillemots <i>Uria aalge</i>	9000 to 3000		Attending birds	The location of the breeding ledges are marked on pictures	1	50 years 1972-2022	The method has remained the same	The data has been stored on paper, pictures and Excel on the Faroe Marine Research Institute	The data will be public when they have been analysed	
Black legged kittiwake / <i>Rissa tridactyla</i>	2000-5000 nests		Number of nests, birds, and the production of nearly fledged chicks	The nests were marked on paper scatches drawn from pictures.	10	22. 2001-2022	The method has been the same, but since 2016 the counting has been on high quality pictures.	The data has been stored on paper, Excel and pictures, and they are stored at the Faroe Marine Research Institute	They will be made public when they have been analyzed.	
Northern fulmar/ <i>Fulmarus glacialis</i>	196-310 apparently occupied sites AOS and 62-171 nearly fledged chicks		Number of apparently occupied nests AON, number of birds and production of fledged chicks pr nest	The position was marked on pictures	1	22 (2001-2022)	The methodology has been the same all years	The data has been stored on pictures, scatches and on Excel	The data will be available to the public when they have been analyzed.	

## **Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks**

Mina, Johan Boeijkens

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) minu loodud teose  
“Ruumiandmete ja pikaajaliste andmeridade kogumismeetodid ning kasutusvõimalused merelindude uuringutes“,  
mille juhendajateks on Tuul Sepp, Richard Meitern ja Kristjan Adojaan,  
reprodutseerimiseks eesmärgiga seda säilitada, sealhulgas lisada digitaalarhiivi DSpace kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.
2. Annan Tartu Ülikoolile loa teha punktis 1 nimetatud teos üldsusele kättesaadavaks Tartu Ülikooli veebikeskkonna, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace kaudu Creative Commons'i litsentsiga CC BY NC ND 4.0, mis lubab autorile viidates teost reprodutseerida, levitada ja üldsusele suunata ning keelab luua tuletatud teost ja kasutada teost ärieesmärgil, kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.
3. Olen teadlik, et punktides 1 ja 2 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
4. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei riku ma teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse õigusaktidest tulenevaid õigusi.

Johan Boeijkens

**24.05.2023**