



## Ruumiandmete ja pikaajaliste andmeridade kogumismeetodid ning kasutusvõimalused merelindude uuringutes

Johan Boeijkens\*, Kristjan Adojaan, Richard Meitern, Tuul Sepp

Ökoloogia ja maateaduste instituut, Tartu Ülikool, J. Liivi 2, Tartu, 50409

### Kokkuvõte

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. Looduskaitsele 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.

### Sissejuhatus

Inimtegevusest põhjustatud keskkonnamuutuste mõjul saagenud ebasoodsate ilmastikunähtuste esinemine, laienenud inimasustus ja maakasutuse muutus on põhjustanud metsloomadele sobivate elupaikade vähenemist (Hooke *et al.* 2012). Elupaikade killustatuse tõttu on vähenenud elupaikade sidusus ning loomade võimalused endale sobiv elupaik leida (Tischendorf *et al.* 2005, Tucker *et al.* 2018).

Lisaks on leitud, et keskkonnareostus on tõsiseks ohuteguriks elustikule (Barker & Tingey 1992, Tovar-Sánchez *et al.* 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

\*johan.boeijkens@gmail.com

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 pikaajaliste 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 *et al.* 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 *et al.* 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 *et al.* 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 suguküpseks mõne aastaga. Kasutades merelinde indikaatorliigina, on tähtis arvestada sellega, et nad kohanavad oma käitumist kõikumate ilmastiku- ja toitumistingimustega, näiteks pesitsemise alustamine sõltub konkreetse aasta tingimustest (Davies *et al.* 2021).

Pikaajalistes ja ruumiandmeid kasutavates uuringutes tekivad suured andmemahud, mille laiem kasutus sõltub andmete kogumise ja haldamise meetoditest. Andmete kättesaadavus on usaldusväärst tekitavate uuringute oluline osa: avalikult jagatud (toor) andmetega kõrvutades on võimalik paremini läbi viia uusi uuringuid ja tulemusi võrdlevalt analüüsida. Siiski on suurel osal artiklitel 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 (Tederloo *et al.* 2021).

Käesolevas uurimistöös püüan vastata järgnevale uurimisküsimustele:

- Milliseid uuringuid on ruumiandmeid ja pikaajalist andmekogumist rakendades merelindude kohta siiani avaldatud?
- Kuidas merelindude pesituskolooniates

ruumiandmeid kogutakse ja kuidas neid kasutatakse?

- Kuidas lihtsustada andmete kogumist ja haldamist, et tagada nende parem kättesaadavus ökofüsioloogilisteks ja looduskaitsebioloogilisteks uuringuteks?
- 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. Pakume oma töö raames välja ühe võimaliku lahenduse senisest tõhusamaks ruumiandmete kogumiseks, mis lihtsustab ka pikaajalist andmekogumist ning avaandmete tootmist. 2022. aastal valmis meie töörühmal esimene versioon andmete kogumist tõhustav tööriist, mille abil saab Kakrarahul (58.77°N, 23.43°E) koguda efektiivselt ohtralt erinevaid andmeid, andes laiemal võimalusel merelindude pikaajalisteks ja ruumiandmeid kaasavateks uuringuteks. Rakendust on sellest ajast alates edasi arendatud. 2023. aasta kevadel kaitses Johan Boeijkens selle põhjal oma bakalaureusetöö bioloogias ning 2025. aasta alguses Richard Meitern oma magistritöö tarkvaratehnoloogias.

## Materjal ja meetodika

Merelindude ruumiandmete kogumise ja pikaajalise säilitamise strateegiate mõistmiseks analüüsime esiteks

merelindude-alaste teadusväljaannete metoodikapeatükke. Erinevaid võtmesõnu ja otsingumootoreid (nt ResearchGate, Google Scholar ja EBSCO Discovery) kasutades leidsime analüüsimiseks üle 50-ne artikli.

Otsingunäide:

```
colon* AND (bird* OR avia*) AND (seabird* OR marine) AND ( (nest* (geolocal* OR coord* OR position* OR location* OR spatial)) OR ((geolocal* 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 meetodika 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 meetodika. Küsitluse saatsime ARCTOX võrgustikku kuuluvatele teadlastele. ARCTOX võrgustiku peamiseks eesmärgiks on kaardistada ja monitoorida elavhõbedareostust arktilistes toiduahelates, kasutades merelinde bioindikaatoritena (Albert *et al.* 2021). ARCTOX võrgustikku kuuluvad paljud pikaajalisi merelindude uurinuid tegevad töörühmad, 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 keskendusime peamiselt artiklitele, mille autorid olid võrgustikku ARCTOX kuulunud teadlased. ARCTOX võrgustiku valimine oli asjakohane, sest see ühendab panarktilisi teadlasi, kes tegelevad keskkonnamürkide mõju uurimisega merelindudele. Ühenduse liikmete poolt on uuritud mitutkümnet paarikümnest merelinnuliigist koosnevat kolooniat (ARCTOX, s.a.).

Selleks, et saada lisaks artiklites avaldatud meetodikale andmeid ruumiandmete kogumise, pikaajaliste vaatlustulemuste säilitamise ning avalikustamise meetodite ja nende ajas muutumise kohta, koostasime küsitluse. Eesmärk oli teha võimalikult lühike küsitlus, et saada võimalikult palju vastuseid. Palusime nimetada meetodika muutmist ajas, kogutud andmeid, asukoha teabe puhul milliseid vahendeid kasutati ja mis täpsusastmega koguti, uuritud liike ja valimi suurust pesades või indiviidides ja koloonia uuritust aastates. Nende teadmistega lootsime leida seoseid näiteks meetodika muutmise sõltuvuse kohta koloonia uurituse ajast, kogutud andmete kasutatavust uurimistöodes ja valimi suuruse mõju erinevate andmete kogumise hulga. Küsitluse lõpus uurisime kogutud andmete talletamisviise ja avalikkusele kättesaadavust. Kui andmed ei olnud avaldatud, palusime selgitada selle tegevata jätmise põhjuseid. Paraku jäi üks küsimus ka küsimata, nimelt oli soov uurida esmast andmete hoiustamise kohta, et hinnata algandmete ümberkirjutamise sagedust.

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

### **Kirjanduse ülevaade**

Ruumiandmete kasutusvõimalused merelindude uuringutes

Merelindude uuringutes on võimalik koguda vähemalt kolme erinevat tüüpi ruumiandmeid. Esimene tüüp seisneb rännete uurimisel, tavaliselt linnu külge kinnitatud geopositsioneerimiseadme (GPS) abil. Odavam variant on koguda andmeid rõngastatud lindude taasleidmise kohta (püük-mürgistus-taaspüük, nt Milot *et al.* 2008), kuid see on juhuslikum ja tömahukam meetod. Teine viis andmeid koguda on väiksemal ruumilisel skaalal, uurides lindude käitumist pesitsusala ümbruses – näiteks toiduotsimisretkede ulatust ja suunda. Kolmas tüüp uuringuid vaatab lindude käitumist pesitsusosal 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 sisesed 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 looduskaitsetele, kes saaks andmete põhjal kaardistada liikidele tähtsamad toitumis- ja rändeteed. Kuigi seniseid uuringuid on osaliselt tagasi hoidnud globaalsel geopositsioneerimissüsteemil põhineva tehnoloogia kõrge hind, siis uuema tehnoloogiaga abil on lindude pideva asukohateabe jälgimine tõhusam ja soodsam (Grissot *et al.* 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 *et al.* 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 kaasa selle probleemi lahendamisele. Näiteks võimaldas tehnika odavnemine ja lihtsamad andmekogumismeetodid hiljuti varustada 24 erinevat merelinnuliiki geolokaatoritega (Davies *et al.* 2021). Nii avastati Atlandi ookeanis merelindudele tähtis läbikäigu tulipunkt. Selle paiga rahvusvahelisel tasemel looduskaitsest väärtust mõistes võeti koht

OSPAR Konventsiooni (Oslo-Pariisi-konventsioon) kaitsealana kaalumisele (Davies *et al.* 2021).

Nende suure liikuvuse ja sarnase välimuse tõttu on geolokaatoreid 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 pesitsusaegselt laiuskraadist teisel pool ekvaatorit, kus on sarnased toitumistingimused (Ramos *et al.* 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 *et al.* 2022). Geolokaatoritega varustatud atlantise tormilindudel (*Calonectris diomedea*), portugali tormilindudel (*Calonectris borealis*) ja tuhkpea tormilindudel (*Calonectris edwardsii*) uuriti aga seksuaalset segregatsiooni rännuperioodil (Pereira de Felipe *et al.* 2019). Leiti, et sugu ei mänginud rolli pesitsusvälise leviku suhtes, kuigi portugali tormilinnu isalinnud rändavad keskmiselt lühemaid vahemaid, naasevad pesitsusaladele varem ja on öösi vähem aktiivsed lendajad.

Võrreldes suurema ruumilise ulatusega sesoonsete rännetega on väiksema ruumilise ulatusega toitumiskäitumise uurimine ehk metoodiliselt seisukohalt väiksem väljakutse, kuid võimaldab paremini mõista merelindude bioloogiat liigisisel 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 kaaspuük ja mereplast (Edwards *et al.* 2016). Väikealkide (*Alle alle*) GLS seadmetega varustamine võimaldas aga uurimuses mõista paremini nende käitumismustreid pesapaigal, koloonias ja toitumisel (Grissot *et al.* 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 lahknend ja uue liigina avastatud assoori tormipääsu (*Oceanodroma monteiroi*) (Bolton *et al.* 2008). Uus liik on välimuselt praktiliselt identne *Oceanodroma castro*-ga, aga erineb toitumuslikult *castro*-st, jäädes talvel truuks oma pesitsusaegsele toiduotsingu piirkonnale. Kolooniate asukoha ja geneetilise info põhjal saab konstrueerida lindude fülogeograafilisi mustreid ja ajaloolist demograafiat. Näiteks Atlandi ookeanis ja Vaikses ookeanis

asuvate nõgi-tormilindude seitsmest kolooniast kogutud nukleaarsest ja mitokondriaalsest materjalist leiti, et Vaikse ookeani nõgi-tormilinnud lahkesid 850 000 aastat tagasi Vaikse ookeani lääne- ja keskkolooniateks. 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 merelinnuliikidele. 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 tööühma uuringus jää-tormilindudega (samuti viieaastane uuring) võrreldi borealseid 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 leidsime uuemast teaduskirjandusest andmeid kolooniasisesest ruumiandmeid kaasavate uuringute kohta. Pesapaigavalik koloonias on merelinnu pesitsusedukuse seisukohalt kriitilise tähtsusega ning toimub mitmel

ruumilisel tasandil - esiteks koloonia valikul ning teiseks kolooniasisesel pesapaiga valikul. Kuna enamik merelinde on paigatruud (Bried & Jouventin, 2001) ning elupaikade kadu vähendab valikuid ka nende jaoks, kes kolooniast lahkuda sooviksid, muutuvad väikese skaalalised 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 *et al.* 2004; Pagenaud *et al.* 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 *et al.* 2020). Täpsemad ruumiandmed võimaldaksid tulevikus nendele küsimustele vastata.

Ruumiandmete kogumise võimalused ei piirdu vaid GPS, GLS ja röntgastusandmete kasutamisega. Uuemate tehnoloogiate abil on asukohateabe hankimiseks tekkinud uudseid lahendusi, mis võimaldavad avastada kohti, kus lind oli minevikus käinud. Näiteks talvituslaladelt naasnud jää-tormilinnu äsja sulginud sulgedelt võetud isootoobiproovidega on võimalik edukalt ligikaudselt hinnata nt ranniku- või süvamerepiirkonda, kus lind sulgimise ajal viibis (Quinn *et al.* 2016). Ka Bolton (2008) jõudis sulgede lämmastik- ja süsinikisotopide analüüsi kaudu järelduseni,

et assoori tormipääsu, erinevalt tõmmu-tormipääsust, on toitumispiirkonna suhtes truum läbi aasta.

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 ostsi-latsioonindeksi (NAO) ja temperatuuri anomaalia viieaastase viivituse tõus. (Thompson & Ollason 2001). Ka positiivsemate mõjude nt taastamistöde efektiivsust saab hinnata pikaajaliste uuringutega (Bried *et al.* 2009).

Merelinnud peavad arvestama läbi aastate kõikuvate 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 *et al.* 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 *et al.* 2009). Portugali tormilindude (*Calonectris borealis*) 15-aastases uuringus aga leiti, et noorlindude kehakonditsioon ei olnud seotud Põhja-Atlandi võnkumisega, kuid varieerub aastati ja on seotud merepinna temperatuuridega (Cuesta-García *et al.* 2022). Selliseid kesskkonnatingimuste varieeruvusel põhinevaid mustreid on võimalik avastada vaid pikaajalise andmekogumise tulemusena.

Pikaajalised uuringud võimaldavad märgistuse-taaspüügi meetodil koguda andmeid merelindude populatsioonide demograafiliste näitajate, sh ellujäämuse (Abadi *et al.* 2014) või populatsiooni mõjutavate peamiste valikusurve kohta (Cruz-Flores *et al.* 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 *et al.* 2022).

Pikaajalisi demograafilisi uuringuid on kombineeritud ka geenianndmetega. Geenianndmete kombineerimine pikaajaliste vaatlusandmete ja ruumiandmetega võimaldab uurida lindude sigimistrateegiaid ja nende sõltuvust keskkonnatingimustest. Näiteks 11-aastane demograafiline uuring nõgi-tormilindudel (*Bulweria bulwerii*) kombineerituna geenianndmetega näitas, et väljasuremisohus populatsioonis paaruvad linnud iga võimaliku partneriga ning jäävad sama partneriga kokku nii kauaks, kui vähegi võimalik (Bried *et al.* 2021). Portugali tormilinnu

geenianndmete kombineerimisel seitsmeaastaste vaatlustega näidati aga, et paariväliste 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 andmerealised kogutud Matsalu Rahvusparkis asuvast Kakrarahu kalakajakakolooniast, kasutades püüdmise-märgistuse-taaspüügi meetodit ehk rõngastamist. Kakrarahu andmete põhjal on uuritud näiteks kalakajakate pesitsuse alguse plastilisust, kasutades 37 aasta jooksul kogutud andmeid (Brommer *et al.* 2008). Pesitsuse algus sõltus temperatuurist, kuid isendite vahel esines ka varieeruvus pesitsuse alguse plastilisuses. Kuna pikaajalised andmerealised võimaldavad ka põlvkondadeüleiseid uuringuid, leiti 11% pärilikkuse komponent pesitsuse algusajast (Brommer *et al.* 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.

### Küsitlustulemuste analüüs

Küsimustiku kokkuvõte on toodud tabelis 1. Suur osa teadlasi, kellega ühendust võtsime, täitsid küsimustikku. Mõned andsid e-posti teel teada, et nende tööd ei sobitu 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 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 *et al.* 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 uurimisteesades 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 mittepuudutatava lisaandmete korjeid ning puudub kolooniast kogutud andmete täielik nimekiri, mis võiks pakkuda huvi teistele 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, loomkatseteluba 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 *et al.* 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 küsitlute 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 portaalis Dryad (repositoorium teaduslike andmete talletamiseks), artiklite avaldamise käigus ja Norra veebileheküljel SEAPOP. Põhjuseid andmete avalikustamata jätmisele oli mitmeid, näiteks segab andmete avalikustamist nende korrastamise 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 nägime mitmes vastusest, et autorid ei tegelegi rahvusvaheliste teadusartiklite avaldamisega, sest nad ei lisanud küsitlusele ühtegi

**Table 1.** Kokkuvõtte küsitlustulemustest ruumiandmete kogumise ning andmete pikaajalise salvestamise kohta merelindude uurimise ArcTox võrgustikus osalevatelt teadlastelt. Uuringud on tabelis järjestatud pika-ajalise alusel – kauem uuritud kolooniad eespool.

**Table 1.** Summary of survey results on the collection of spatial data and long-term storage of data on seabird research from scientists participating in the ArcTox network. The studies are listed in the table in order of duration – the longer-studied colonies are listed first.

Uuritud liik Studied species	Valimi suurus Sample size	Kogutud andmed Gathered data	Ruumiandmete meetod Spatial data method	Uurimisperiood (aastates) Study period (years)	Andmete salvestamise meetod Data storing method	Andmete kättesaadavus Data accessibility
lunn ( <i>Fratercula arctica</i> ) jt merelinnud	Kümneid kuni sadu	pesade GPS koordi- naadid, vanalindude, munade ja poegade kaal, vereproovid	enne 2010: käeshoitud GPS, pärast: välitöö- dearvutid (Husky, Yumä, Gefac)	42	paber, aga enamik jõudis hiljem Ascii, Excel, Access baasidesse	SEAPO, SEATRACK ja ICES andme- baasid, osa andmeid saadaval küsimisel
ännid ( <i>Catharacta sp.</i> ), kajakad ( <i>Larus sp.</i> ), hahad ( <i>Somateria sp.</i> )	Muutuv	pesade GPS koor- dinaadid, vanalin- dude ja poegade kaal, vereproovid	GPS	>30	Excel	jälgimisandmed saadaval Movebank andmebaasis
hahk ( <i>Somateria mollissima</i> )	400	pesade GPS koor- dinaadid, vanalindude kaal, vereproovid	GPS ja GLS** loggerid	28	Paber ja Excel	GLS andmed saadaval SEAPO andmebaasis
tormlinnud ( <i>Fulmar sp</i> )	100	pesade GPS koor- dinaadid, vanalin- dude ja poegade kaal, vereproovid	GPS, käsitsi kaar- diile märkimine	22	MS Access	Dryad, kui avaldatud
lõunatrik ( <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> ), kalljukajas ( <i>Rissa tridactyla</i> )	10-30	pesade GPS koor- dinaadid, vanemlindude kaal, vereproovid	GPS koordinaadid jääkajakate pesadele	<20	Excel	osa andmeid avaldatud, andmebaas ehitamisel

Uuritud liik <i>Studied species</i>	Valimi suurus <i>Sample size</i>	Kogutud andmed <i>Gathered data</i>	Ruumiandmete meetod <i>Spatial data method</i>	Uurimisperiood (aastates) <i>Study period (years)</i>	Andmete salvestamise meetod <i>Data storing method</i>	Andmete kättesaadavus <i>Data accessibility</i>
väikealk ( <i>Alle alle</i> )	20-50	pesade GPS koordinaadid, vanemate ja tibuade 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 tibuade kaal, vereproovid	GPS (Gamin)	18	Paber, Excel	andmed privaatseid, aga saadetakse küsimisel
kaljukajakas ( <i>Rissa tridactyla</i> ), lunn ( <i>Fratricula arctica</i> )	50 liigi kohta	pesade GPS koordinaadid, munade ja tibuade kaal, vereproovid	GPS välitöödearvutis (Yuma)	17	Excel ja andmebaasid	andmete kokkuvõtte on saadaval SEAPOP lehel
palljud 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

Uuritud liik <i>Studied species</i>	Valimi suurus <i>Sample size</i>	Kogutud andmed <i>Gathered data</i>	Ruumiandmete meetod <i>Spatial data method</i>	Uurimisperiood (aastates) <i>Study period (years)</i>	Andmete salvestamise meetod <i>Data storing method</i>	Andmete kättesaadavus <i>Data accessibility</i>
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 saadatud 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>Bufoveria butoerii</i> )	300	vanalindude ja tibude kaal, vereproovid	käitsi 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 - geopositsioneerimisüsteem, \*\* GLS - kerge geolokaator (inglise keeles *light-level logger* või *global location sensor*), \*\*\*UHF - ultrakõrgsagedus (ingl. k. *ultra high frequency*)

artikli viidet 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.

### Rakenduste väljatöötamise kirjeldus

Kuna nii kirjanduse kui me 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. Meie arendustöö käigus töötasime 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 aeganõudva (kümneid minuteid) otsinguga 140-tuhande realises andmetabelis *Google Sheets* keskkonnas.

Vaibla linnujaamaga tahtsime tõhustada andmete korjet, jättes vahele ümberkirjutamisele kuluva aja, automatiseerides rõnga koodi, numbriga, kuupäeva ja kellaaja sisestamise. 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. Testides spetsiaalset mobiilirakendust välitöödehooaegadel 2022-2024, kogusime automaatselt uute pesade asukoha täpseid koordinaate ning dateerisime kõik andmetega seotud muudatused. Lisaks kogusime munade andmeid nagu mass, staatus



**Joonis 1.** “Bird Colony”. Kaardivaade rakendatud kalakajate pesade filtriga.

*Figure 1.* “Bird Colony”. Map view with applied filter for common gull nests.

ja seotus hiljem rõngastatud isendiga. Ka need andmed dateeriti automaatselt.

Uute pesade ning kõigi teadaolevate pesade sees toimunud muudatuste 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). Vahelejäänud 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 arvu iga-aastast kasvu 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 kellaaeg, ühendatavus võrguga, kompass ja GPS.

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

## Järeldused

Käesolevas töös uurisime koloniaalsete merelindude andmete kogumise meetodeid, et paremini mõista, milliseid andmeid kogutakse, kuidas neid kogutakse, milleks neid andmeid kasutatakse ja kuidas hallatakse. Kuna oleme tööühmana seotud 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 meetoodikat, ning leida inspiratsiooni uute tunnuste või seoste uurimiseks. Uurimistööd innustas ka Kakrarahu koloonias andmete kogumiseks meie poolt ehitatud rakendus, sest soovisime mõista, kas sarnaseid rakendusi on merelindude kolooniatest andmete kogumisel veel kasutusel. Alustasime otsinguid teaduslikest andmebaasidest, kuid enamiku vastete metodoloogiline kirjeldus polnud uurimuse jaoks piisav - puudusid kirjelduse pesa asukoha andmete kogumise kohta. Seega kasutasime 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 meie 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 me neid andmeid ja meetodeid endi 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 arvuamat (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 kolooniasisesete asukohtaandmete uurimiseks. Praeguseks ei ole teada, kas pesa asukohavalik või plastilisus asukohavalikus võimaldab paindlikult vastata keskkonnamuutuste tagajärjel toimuvatele muutustele pesituskoloonias ja keskkonnamuutuste



mõju leevendada (Van De Loock *et al.* 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 liigiüleselt. Selliste koostöövõrgustike suurt potentsiaali näitavad ka varem ilmunud suuri andmemahte koondavad uuringud, nagu näiteks Davies *et al.* (2021) poolt avaldatud uurimistööst 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 *et al.* 2022). Meie uurimistööst kinnitas seega, et *Bird Colony* 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 arvame, et võiks rohkem uurida ka pesa asukohaga seotuid dünaamikaid.

Lisaks andmete kogumise meetodile uurisime 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 metoodika ei võimaldanud andmeid otse

andmebaasiprogrammidega sünkroniseerida, mistõttu andmebaasi täitmine oleks ajamahukas lisatöö. Spetsiifilised merelindude andmekogumist hõlbus-tavad rakendused (nagu “Bird Colony”) 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 monitooringiprogrammide 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 (Tedesoo et al. 2021). Avalikustamist takistab küsitlusele vastanute kommentaaride põhjal ka tömahukus, mida annaks andmekogumise parema läbimõtleamise ja uute lahenduste kasutuselevõtuga vähendada.

Kirjanduse läbitöötamisest ja küsitlusest ei selgunud, et ükski uurimiserühm 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 meile 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 meetodikale on võimalik vastata erinevatele teaduslikele küsimustele. Näiteks võimaldab röntgastamine 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, näeme siin suurt potentsiaali edasiseks teadustöök.

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 eriliseid ja pikaajalisemalt jälgitumaid merelinnukolooniaid, mistõttu selle koloonia edasisse uurimisse tasub investeerida. Kirjanduse läbitöötamisest

selgusid olulisemaid merelinde mõjutavaid inimtekkelised keskkonnategurid, nagu suureskaalalised ilmastikumutused (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 looduskaitsetööd.

### Kasutatud kirjandus

- 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., Gavrilo, 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>
- ARCTOX. A pan-Arctic network to track mercury contamination across Arctic marine food webs. <https://arctox.cnrs.fr/en/home/>
- 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., Maffei, 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., Kungas, 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 understorey insectivore. *Ibis*, 162(1), 187–200. <https://doi.org/10.1111/ibi.12691>

## Summary

# Methods for collecting spatial data and long-term data series and their applications in seabird studies

This study comprises of three main components. Firstly, a comprehensive literature review was conducted to explore the utilization of spatial data and longitudinal datasets in seabird research. Subsequently, a survey was conducted among ARCTOX network members, who specialize in colonial seabirds, to gain deeper insights into the methodologies of spatial data collection, storage, and public availability. Lastly, we describe the advantages of a custom-developed mobile application designed to enhance the efficiency of data collection and management.

**Categories of Publications:** Research on seabirds and spatial data predominantly falls into three categories: migration, movements during the breeding season, and nesting site selection. Studies have primarily focused on the impacts of climate change on migration patterns, the presence of environmental pollutants in bird tissues relative to their spatial use, and, to a lesser extent, phylogenetics. Long-term data collection has proven essential for assessing gradual environmental processes and their effects on bird survival and reproductive success.

**Spatial Data Collection:** Spatial data has been collected in various forms over decades, with long-term datasets being particularly valuable when consistent methodologies are employed. The prevalent method involves equipping seabirds with geolocators to study their spatial behavior. While colony-level spatial data has been less frequently utilized compared to tracker-based studies, precise nest coordinates are often recorded. Integrating spatial data with breeding success and survival metrics provides a comprehensive understanding of seabird behavioral flexibility and adaptability to environmental changes.

**Enhancing Data Collection:** The development of colony-specific methodologies and the application of modern technology are pivotal for collecting larger and higher-quality datasets. The specialized application developed and utilized during fieldwork in the seabird breeding colony on Kakrarahu islet demonstrated the potential for improved workflows by partially automating data collection, thereby increasing efficiency and flexibility. The data collected in the field can be readily made public and analyzed with minimal additional effort.

**Data Accessibility:** Although data is generally made available to the public within various projects, long-term datasets are often underpublished or difficult to access. Reasons for withholding data include time constraints, the desire to analyze and organize data prior to publication, and technical complexities associated

with data dissemination. Seabirds, due to their longevity, are able to adapt to changing conditions. However, the rapid pace of environmental changes poses significant challenges for long-lived species. The ability to adapt and vulnerability to environmental changes vary among species and populations, and these processes can only be thoroughly assessed through long-term studies incorporating spatial data. Extensive publication of data collected in seabird colonies would facilitate the assessment of global changes and minimize disturbances to these colonies. Improved standardization and publication of collected data would enable more comprehensive analyses, foster collaboration, and contribute to better conservation strategies for seabirds.