



KESKKONNAAGENTUUR

Poollooduslike koosluste hoolduse mõju päevaliblikatele riikliku seire andmete põhjal

Koostajad: Laura Kütt ja Ragne Oja

VÄLJAANDJA:

KESKKONNAAGENTUUR

Mustamäe tee 33, Tallinn

www.keskkonnaagentuur.ee

KOOSTAJAD:

Laura KÜTT, keskkonnanalüüsi osakond, panus: andmestiku koondamine ja vormistus, peatükkide “Sissejuhatus” ja “Andmestik” autor

Ragne OJA, eluslooduse osakond, panus: sisuline juht ja andmete statistiline analüüs, peatükkide “Andmete statistiline analüüs” ja “Arutelu” autor

© Keskkonnaagentuur 2020

Viitamine: Keskkonnaagentuur. 2020. Poollooduslike koosluste hoolduse mõju päevaliblikatele riikliku seire andmete põhjal.

Sisukord

Kokkuvõte	4
1. Sissejuhatus	5
2. Andmestik	6
2.1 Keskkonnanäitajad.....	7
2.2 Korrelatsioonid	8
2.3 Hooldatud ja hooldamata alade võrdlus	11
3. Andmete statistiline analüüs.....	12
3.1 Metoodika.....	12
3.2 Tulemused	13
4. Arutelu.....	25
4.1 Järeldused	27
Allikad	28

Kokkuvõte

Käesoleva töö eesmärk on analüüsida poollooduslike koosluste hoolduse mõju päevaliblikate arvukusele ja liigirikkusele. Selleks kasutati päevaliblikate seire andmeid, võttes arvesse nii poollooduslike koosluste hooldust kui erinevaid päevaliblikaid ja nende tuvastamist mõjutavaid keskkonnaparameetreid.

Analüüsi tulemusena leiti, et poollooduslike koosluste hooldamine mõjub päevaliblikatele positiivselt. Hooldatud aladel oli kõrgem päevaliblikate arvukus kui hooldamata aladel. Vaatamata sellele, et hoolduse peamõju ei olnud kõikide mudelite puhul oluline, leiti kõigis mudelites positiivne koosmõju seireala hoolduse ja naabruses asuva hooldustoetust saava poolloodusliku ala pindala vahel. Koos toetust saava poolloodusliku koosluse pindala kasvuga hooldatud alade ümbruses kasvab nii kõigi päevaliblikate kui niitudele spetsialiseerunud isendite arvukus ning niiduliblikate liikide arv. Niiduliblikatele, kes on elupaikade kinnikasvamise suhtes tundlikum päevaliblikate rühma, avaldas negatiivset mõju ka hooldusest möödunud aeg. Mida rohkem aega oli möödunud viimasest hooldusest, seda vähem niiduliikide isendeid alalt leiti. Nendest tulemustest järeldub, et poollooduslike koosluste hooldusest ja hooldustoetuste maksmisest on päevaliblikatele oluline positiivne mõju.

Lisaks leiti analüüsi käigus, et vaatlusaegsed kõrged õhutemperatuurid ning suur tuule tugevus pärsivad päevaliblikate arvukust, kuid seireaasta kuu keskmine päikesepaiste hulk ja kõrgem õhutemperatuur mõjuvad niiduliblikatele positiivselt. Kuigi niiduliikidele mõjub alade liigniiskus ning metsasus ümbritsevas maastikus negatiivselt, oli metsa naabruses päevaliblikatele üldiselt just positiivne mõju. Sellest järeldub, et päevaliblikad on tugevasti mõjutatud keskkonnatingimustest ning erinevad isendite rühmad võivad eelistada erinevaid tingimusi. Seetõttu tuleb päevaliblikakoosluste analüüsimisel erinevaid keskkonnanäitajad kindlasti arvesse võtta.

1. Sissejuhatus

Käesoleva töö eesmärk on välja selgitada poollooduslike koosluste hoolduse mõju päevaliblikate arvukusele ja liigirikkusele. Päevaliblikate seire andmeid analüüsiti varasemalt (2019 a.) ühe osana Riho Marja töös „Pool-looduslike koosluste hooldustoetuse efektiivsuse hindamine elurikkusele riiklike keskkonnaseirete põhjal“ (Keskkonnaagentuur 2019). Selle töö tulemusena leiti, et nii ohustatud taimekooslused kui ka rannaniitude linnud on positiivselt mõjutatud poollooduslikele kooslustele makstavast hooldustoetust, kuid päevaliblikate puhul sellist positiivset mõju ei tuvastatud. Positiivne seos leiti vaid toetust saavale alale jääva seiretransekti pikkuse ning päevaliblikate liigirikkuse vahel. Tulemus oli üllatav, kuna päevaliblikaid peetakse väga heaks poollooduslike alade seisundi indikaatoriks (Rákosy ja Schmitt 2011).

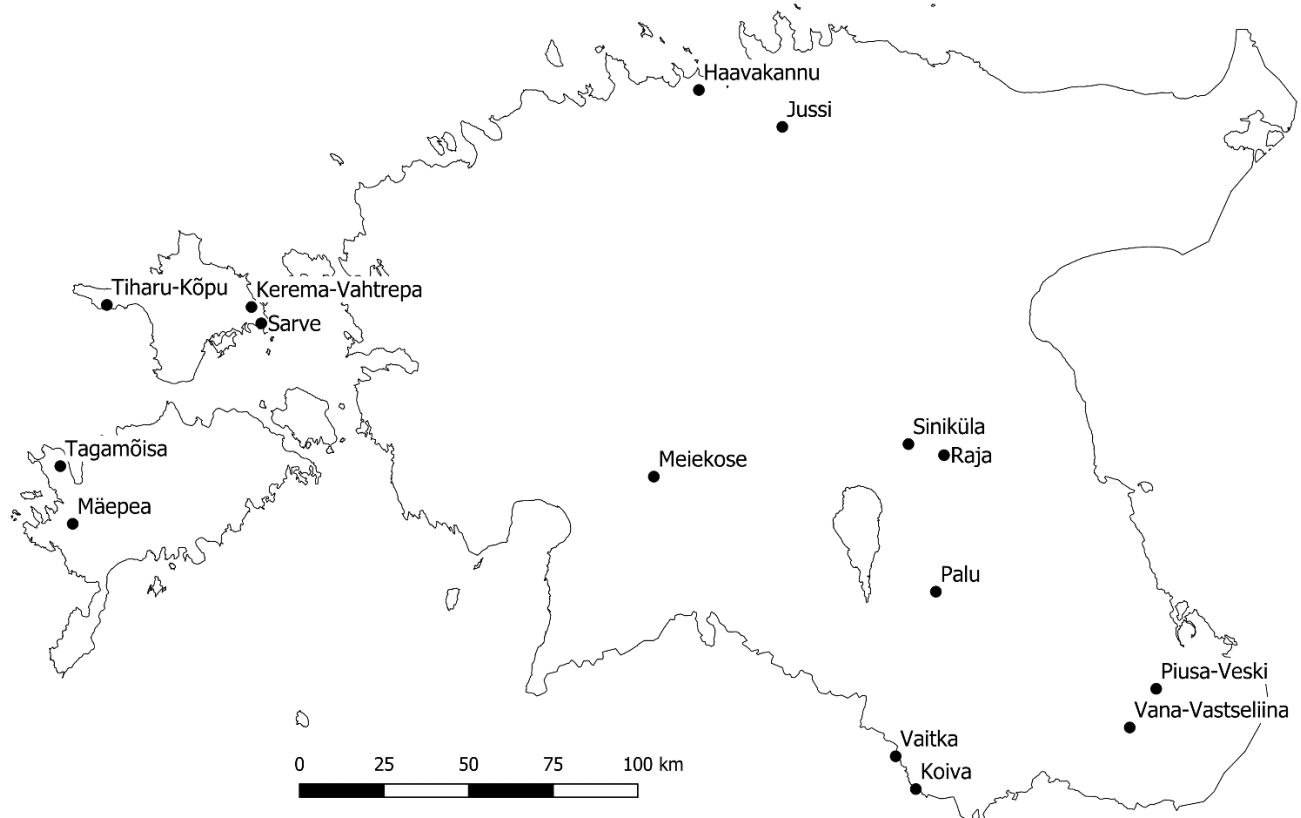
Kirjandusest on teada, et päevaliblikad on elupaiga kvaliteedi suhtes tundlik putkate rühm (Thomas 1994), kes on tugevalt mõjutatud nii põllumajandustegevuse intensiivistumisest kui ka elupaikade kinnikasvamisest (Bubová jt. 2015; Van Swaay jt. 2010). Vaatamata sellele, et varasemas töös võeti küll arvesse seiretransekti ja selle puhverala kattuvus hooldustoetust saavate poollooduslike kooslustega, on toetuse saamine pigem kaudne indikaator seireala tegeliku hooldamise kohta. Kuna päevaliblikate seire käigus registreeritakse hooldus igal transektil, kus see toimub, siis võiks nende andmete kaasamine analüüsi anda täpsemaid tulemusi hoolduse mõju kohta päevaliblikate arvukusele ja liigirikkusele.

Hoolduse mõju hindamisel päevaliblikatele tuleks lisaks arvesse võtta ka keskkonnatingimused. Ilmastik mõjutab päevaliblikate arvukust ja liigirikkust nii otseselt seire läbiviimise ajal (õhutemperatuur, tuule tugevus, päikesepaiste hulk) (Kuussaari jt. 2007; Õunap, 2003) kui ka kaudselt. Näiteks võib põuase suve korral taimeistik põuakartlikel aladel närbuda ning päevaliblikatele sobilike toidutaimede hulk väheneda (Õunap ja Tiitsaar 2018). Ala mullastik ning selle niiskuserežiim annab indikatsiooni ala põuakartlikkusest ning taimeistiku läbikuivamise ohust sademetevaesel aastal. Keskmise niiskustingimusega kooslused võiksid seepärast olla päevaliblikatele sobivaimad (Viljur jt. 2020), sest liigne niiskus pärsib samuti päevaliblikate liikide arvukust (Kuussaari jt. 2007). Lisaks mullastikule mõjutab päevaliblikaid ka ümbritsev maastik (Viljur jt. 2020), milles metsad ning põõsastikud loovad päevaliblikatele soodsaid mikrokliima tingimusi (Rosin jt. 2012). Päikesepaistelised metsaservad on päevaliblikate poolt sageli eelistatud elupaigad, kuna kaitsevad liblikaid tugeva tuule eest ning pakuvad lisa toiduressurssi (Kuussaari jt. 2007; Öckinger jt. 2012).

Neid asjaolusid arvesse võttes tuleb elupaikade hoolduse mõju hindamisel lähtuda nii otsesest infost seirealal toimuva hoolduse kohta kui ka keskkonnaparameetritest. Kuigi päevaliblikate arvukust ja liigirikkust mõjutavad väga mitmed tegurid, pole kõiki neid alati võimalik analüüsi kaasata. Käesolevasse analüüsi said lisaks hooldustoetust saavatele poollooduslikele aladele kaasatud veel seire läbiviimise ajal registreeritud hooldus ja ilmastiku tingimused (õhutemperatuur, päikesepaiste, tuule tugevus) ning seireaasta kuu keskmised ilmastikunäitajaid, seireala mullastiku näitaja ja metsa olemasolu seireala naabruses, et saada täpsemaid tulemusi järelduste tegemiseks.

2. Andmestik

Analüüsis kasutati päevaliblikate seireandmeid aastatest 2004-2019 (väljavõte Keskkonnaseire infosüsteemist KESE <https://kese.envir.ee>), kõik andmed koondati aasta ja mõõtekoha (transekti blokk) tasemel. Päevaliblikate seireandmestikku kuulub 15 transekti (joonis 1). Mäepea, Tagamõisa, Raja, Vana-Vastseliina, Haavakannu, Jussi ja Piusa-Veski transekte on seiratud kõige kauem (2004 – 2019 a.), Vaitka ja Koiva transektid lisandusid 2005. a., Tiharu-Kõpu ja Sarve lisandusid 2007. a., Siniküla lisandus 2012. a. ning 2014. a. lisandus veel kaks transekti, Meiekose ja Palu. Kõikidel transektidel on päevaliblikate seiret läbi viidud igal aastal kuni 2019. aastani, v.a Sarve transektil, kus seire toimus kuni 2014. aastani.



Joonis 1 Päevaliblikate seiretransektide asukohad.

2.1 Keskkonnanäitajad

Seiretransekti bloki pikkus ja bloki puhvri pindala. Iga transekti bloki ehk mõõtekoha kohta leiti pikkus, mida mõõdeti kaardikihilt meetrites (tulemuste tabelis näitaja **Pikkus**). Sarnaselt varasemale päevaliblikate analüüsile (Keskkonnaagentuur 2019), võeti arvesse ka seiretransekti blokki ümbritsevasse 500 m puhveraalasse jääva toetust saava poolloodusliku koosluse pindala (ha) (**PLK**). Puhveralana arvestati 500 m raadiusega ala, kuna on leitud, et päevaliblikad liiguvad suhteliselt vabalt elupaikade vahel, mis paiknevad kuni 600 meetri kaugusel (Tiitsaar ja Talgre, 2015).

Hoolduse andmed on koondatud iga-aastaste seirearuannete (2004–2019 a) ja seireandmete märkuste (2004–2017 a) põhjal niitmise või karjatamise kohta (**Hooldus**). Hooldamata seiretransekti blokk ehk mõõtekoht kodeeriti väärtusega „0“, hooldatud blokk väärtusega „1“. Seireandmete märkustes oli info niitmise või karjatamise kohta esitatud transekti bloki ehk mõõtekoha täpsusega, seirearuandes transekti ehk seirejaama täpsusega. Seirearuannete transekti tasemel antud info niitmise ja karjatamise kohta laiendati kogu transekti blokkidele, v.a juhul kui mitme aasta seireandmete märkustest võis välja lugeda täpsemaid andmeid üksikute blokkide hooldamise või mitte-hooldamise kohta. Kõigile seiretransekti blokkidele, mis kulgesid piki maanteed, sai hoolduse väärtuseks märgitud „1“, sest teeservi peab Maanteeamet iga-aastaselt niitma. Enamasti oli teeservas paiknevatel transektidel niitmine iga-aastaselt ka märgitud.

Eraldi hoolduse näitaja **Hooldusaeg** põhineb samadel hoolduse andmetel iga bloki kohta ning näitab, mitu aasta on möödunud viimasest hooldusest. Kui hooldus oli vaadeldaval aastal märgitud, sai see väärtuseks „0“ ehk hooldusest oli möödunud null aastat. Kui hooldus vaadeldaval aastal puudus, kuid eelneval oli ala hooldatud, sai hooldus väärtuseks „1“, ehk viimasest hooldusest oli möödunud üks aasta. Eelnevale hooldamata jäänud aastale lisandus järgmisel aastal uuesti üks aasta, kui hooldust polnud toimunud või märkus hoolduse kohta puudus. Kui seirearuandes või seireandmete märkustes hoolduse kohta info puudus, siis eeldati, et hooldust ei toimunud. Kui varasemate ja hilisemate aastate kohta puudusid igasugused märkmed hoolduse toimumise kohta ning oli raske selgeks määrata kui palju aega on hooldusest möödunud, sai hoolduse kohta märgitud, et info puudub (selliseid transekte oli vaid mõnel üksikul aastal).

Metsasuse näitaja. Seiretransekti ümbritseva metsa olemasolu hinnati Maa-ameti ortofotode alusel (Ortofoto, Maa-amet 2005-2018). Metsasuse astet hinnati seiretransekti iga bloki ehk mõõtekoha kohta eraldi (**Metsasus**). Blokk märgiti avatuks (väärtus „0“), kui mõlemal pool blokki puudus lähimas ümbruses mets või puude koridor. Blokk märgiti pool-avatuks (väärtus „1“), kui üks pool blokist jäi metsa kõrvale või kui ühele poole blokki tekkis põõsaste või puude ribast tõke päevaliblikate lendamiseks. Pool-avatuks märgiti ka blokid, mis olid ümbritsetud osaliselt metsast või üksikutest puudest, mis vaheldusid avatud rohumaalaidudega. Blokk märgiti suletuks (väärtus „2“), kui transekti blokki piiras mõlemast küljest mets või põõsastik.

Mullastiku näitajat kasutati analüüsis mulla niiskustaseme määramiseks, mis omakorda mõjutab nii taimestikku kui ka hoolduse tingimusi ja vajadust (**Niiskus**). Mullastiku andmed on koondatud Maa-ameti Mullastiku kaardikihilt (Mullastiku kaart: Maa-amet 2020) seiretransekti iga bloki kohta. Erinevatele mullatüüpidele on omistatud niiskustaseme kategooria Maaülikooli poolt välja

antud „Muldade väliuurimise“ (Astover jt., 2013) tabeli „Eesti muldade nimestik“ alusel. Selles tabelis on ära toodud erinevate mullatüüpide üldine jaotus niiskustaseme järgi. Vastavalt sellele jaotusid mullatüübid nelja kategooriasse: põuakartlikud – „0“, parasniisked – „1“, ajutiselt liigniisked – „2“ ja alaliselt liigniisked – „3“. Madalsoo mullad said selle analüüsi jaoks paigutatud alaliselt liigniiskesse kategooriasse. Mõnel juhul esines ühe bloki piires eri tüüpi muldasid, sellisel juhul sai otsustatud selle mullatüübi kasuks, mida oli rohkem või kui kaht eri tüüpi mulda oli võrdselt, sai blokile antud kahe domineeriva mullatüübi niiskusréžiimide keskmine väärtus.

Ilmastiku näitajad on nii seire läbiviimise ajal registreeritud keskmine õhutemperatuur (**Temperatuur**), päikesepaiste % (**Päike**) ja tuule tugevus pallides (**Tuul**) (näitajate kirjeldus, Õunap 2003) kui ka Riigi Ilmateenistuse andmetest saadud iga-aastased kuu keskmised õhutemperatuuri (**Aasta temperatuur**), päikese hulga (**Aastapäike**) ja sademete hulga (**Aastasade**) kohta. Iga-aastased ilmastiku andmed on kirjeldatud kõigi 5 kuu kohta aprillist augustini, mil viidi läbi ka päevaliblikate seire. Keskmise sademete hulga protsent normist (**Sadenorm**) on antud kõrvalekaldena 100 %-ist. Kõrvalekalle normist (normi kõrvalekalde protsent miinus 100%) registreeriti positiivsena, kui sademeid oli normist rohkem ning negatiivsena, kui sademeid oli normist vähem.

2.2 Korrelatsioonid

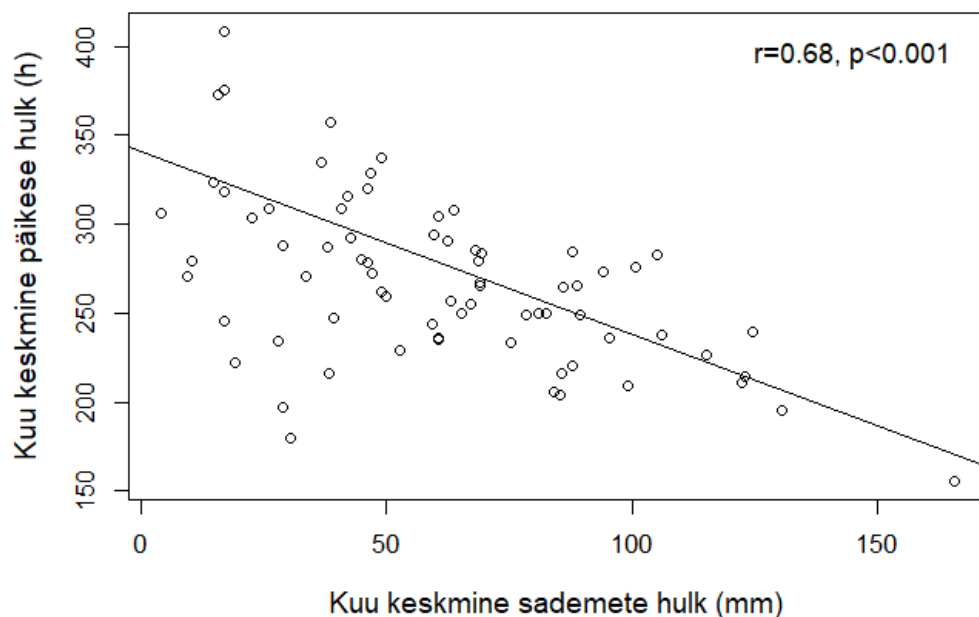
Selleks, et välja selgitada, millised Riigi ilmateenistuse iga-aastased kuu keskmised ilmastiku näitajad korreleeruvad seiretransekti blokkidel seire läbiviimise ajal registreeritud keskmise õhutemperatuuri (Temperatuur), päikesepaiste % (Päike) ja tuule tugevusega (Tuul), viidi läbi korrelatsioonitestid. Test teostati Pearson'i korrelatsiooniga, sest enamus ilmastiku näitajaid on normaaljaotusega, v.a keskmine bloki päikesepaiste % ja tuule tugevus. Bloki päikesepaiste % ja tuule tugevuse korrelatsioonitesti jaoks kasutati seepärast Spearman'i korrelatsiooni. Tulemused korrelatsiooni tugevuste kohta on ära toodud tabelis 1.

Tabel 1 Ilmastiku näitajate korrelatsioonitesti tulemused.

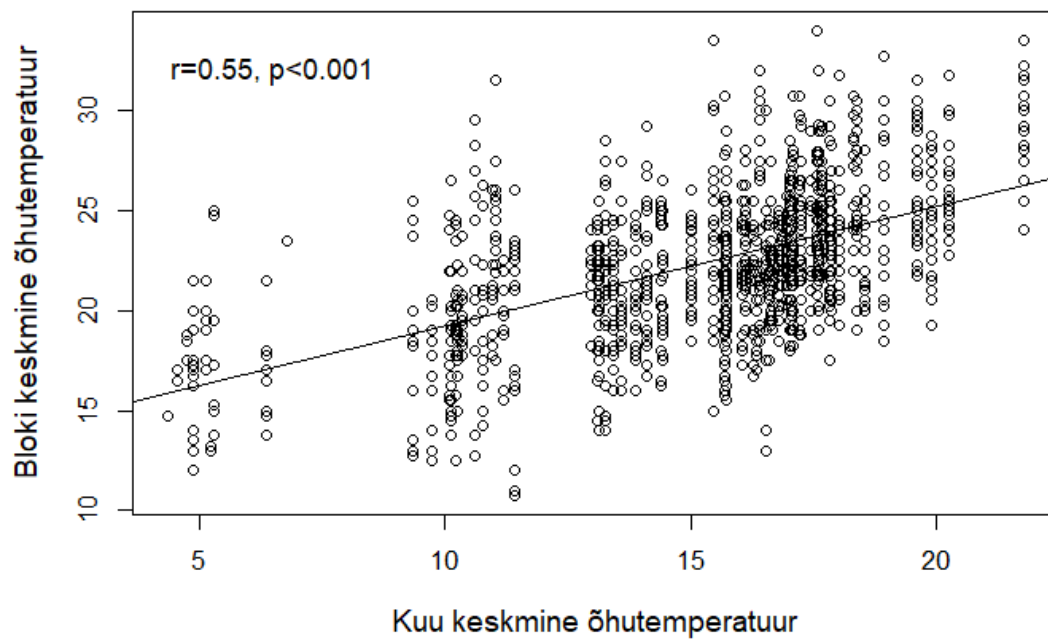
Näitaja	Aastapäike	Aastasade	Temperatuur	Päike ¹	Tuul ¹
Aasta temperatuur	0,14*	0,29*	0,55*	-0,13*	-0,05*
Aastapäike		-0,68*	0,13*	0,14*	-0,05*
Aastasade			0,12*	-0,19*	0,01
Sadenorm	-0,71*	0,87*	-0,04*	-0,11*	0,04*
Temperatuur				0,11*	0,005
Päike ¹					-0,01

¹näitajate Päike ja Tuul puhul on kasutatud Spearman'i korrelatsioonikordajat. Keskmised ja tugevad korrelatsioonid on tabelis märgitud jämedas kirjas. * p < 0,0001.

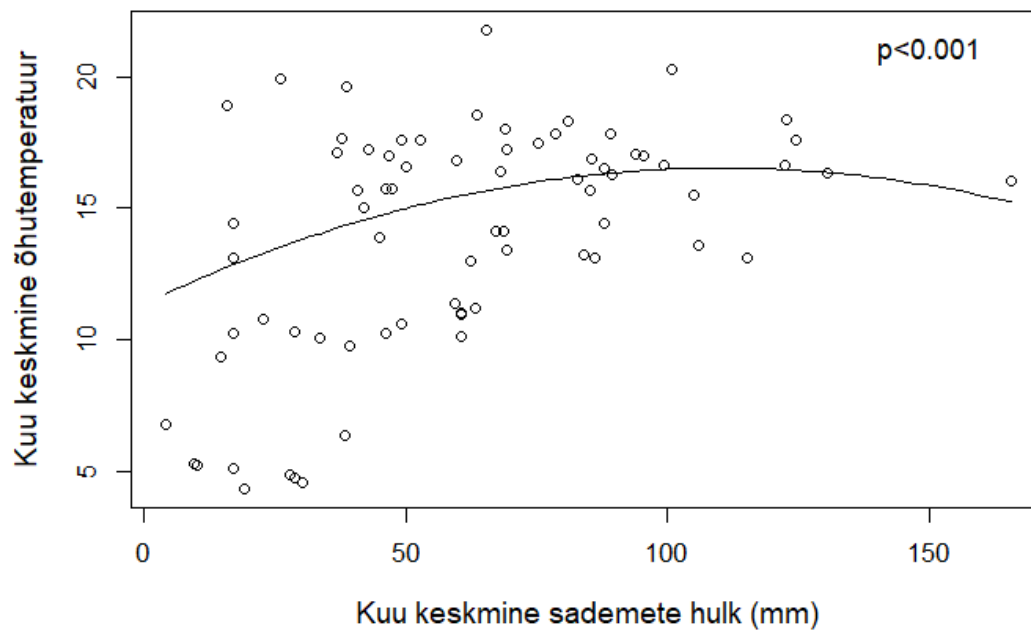
Lisaks sademete näitajatele (Aastasade ja Sadenorm) on omavahel kõige tugevamini korreleeritud kuu keskmine sademete hulga erinevus normist ja kuu keskmine päikese hulk tundides ning kuu keskmine sademete hulk ja kuu keskmine päikesepaiste tundides (joonis 2). Keskmise tugevusega korrelatsioon oli kuu keskmise õhutemperatuuri ja vaatluse ajal blokil registreeritud keskmise õhutemperatuuri vahel (joonis 3). Mõnevõrra nõrgem korrelatsioon, mis paistav olevat pigem mitte-lineaarne, on kuu keskmise õhutemperatuuri ja kuu keskmise sademete hulga vahel (joonis 4).



Joonis 2 Kuu keskmise päikese ja sademete hulga korrelatsioon.



Joonis 3 Kuu keskmise õhutemperatuuri ja bloki keskmise õhutemperatuuri korrelatsioon.



Joonis 4 Kuu keskmise õhutemperatuuri ja keskmise sademete hulga vaheline seos.

2.3 Hooldatud ja hooldamata alade võrdlus

Hooldatud ja hooldamata alade puhveralasse jäävate hooldustoetust saavate poollooduslike koosluste pindalade võrdluseks viidi läbi t-test. Analüüsiks kasutati Welch'i t-testi, sest poollooduslike koosluste pindalad ei olnud normaaljaotusega. Analüüsi tulemusena leiti, et hooldatud blokkide 500 m puhveralale jääva toetust saava poolloodusliku koosluse keskmine pindala on statistiliselt oluliselt suurem kui hooldamata blokkide puhveralal ($t = -6,434$; $df = 459,26$; $p < 0,0001$). Hooldamata blokkide puhveralale jääv hooldustoetust saav poollooduslike koosluste pindala oli keskmiselt 7,4 ha ning hooldatud blokkidel keskmiselt 10,4 ha.

3. Andmete statistiline analüüs

3.1 Metoodika

Et uurida poollooduslike koosluste hooldamise mõju päevaliblikakooslustele, koostati neli eri tüüpi mudelite valimit, millega kirjeldati vastavalt mõju:

- loendatud isendite arvule (kõik liigid ja liigini määramata isendid);
- loendatud üldlevinud liikide isendite arvule (kümme enim registreeritud liiki kogu seireprogrammi jooksul: *Aphantopus hyperantus*, *Argynnis paphia*, *Brenthis ino*, *Coenonympha glycerion*, *Gonepteryx rhamni*, *Maniola jurtina*, *Pieris napi*, *Plebejus argus*, *Plebejus idas*, *Thymelicus lineola*);
- rahvusvaheliselt kasutatava niiduliblikate indeksi (*European grassland butterfly indicator* – EBI) (Van Swaay jt. 2019) aluseks olevate liikide isendite arvule (seireprogrammi jooksul registreeritud EBI liigid: *Anthocharis cardamines*, *Coenonympha pamphilus*, *Lycaena phlaeas*, *Maniola jurtina*, *Ochlodes sylvanus*, *Polyommatus icarus*, *Cupido minimus*, *Erynnis tages*, *Euphydryas aurinia*, *Phengaris arion* ja *Polyommatus semiargus*);
- seirehooaja jooksul kirjeldatud EBI liikide arvule.

Analüüsis kasutati segamudeleid (*mixed effects models*), millesse kaasati mõõtekoha ehk seirebloki tasemel fikseeritud tunnustena seiretransekti kogupikkus (sama aasta eri vaatluskorrad summeeritult), seiretransekti metsasus („0“ – avatud, „1“ – ühelt poolt metsaga piiratud, „2“ – mõlemalt poolt metsaga piiratud), seiretransekti niiskus (vastavalt mullatüübile „0“ – põuakartlikud, „1“ – parasniisked, „2“ – ajutiselt liigniisked, „3“ – alaliselt liigniisked), ala hooldatus („0“ – hooldamata, „1“ – hooldatud) ja hooldustoetust saava poolloodusliku koosluse pindala hektarites 500 m raadiuses ümber transekti ja nende kahe tunnuse vaheline interaktsioon ning keskmistatud keskkonnatingimused loenduse läbiviimise ajal (päikesepaiste, tuule tugevus, õhutemperatuur) või Eestis registreeritud keskkonnatingimused loenduskuudel (õhutemperatuur, päikesepaiste, sademete hulk, sademete vastavus normile). Samas mudelis ei kasutatud omavahel tugevalt korreleeruvaid näitajaid (tabel 1). Juhuslike tunnustena olid mudelitesse kaasatud aasta (**Aasta**), seirejaama nimi (**SJ**) ja mõõtekoht (**MK**) (üks blokk transektil). Erinevaid mudeleid võrreldi ainult juhuslikke tunnuseid sisaldava nullmudeliga ja omavahel ning parim mudel valiti korregeeritud Akaike informatsioonikriteeriumi (AICc) alusel (Burnham ja Anderson 2004).

Statistilised analüüsid viidi läbi rakendustarkvaraga R, versioon 3.6.1 (R Core Team 2019). Segamudelite jaoks kasutati lisapaketti lme4 (Bates jt. 2015).

3.2 Tulemused

Et kõigis registreeritud isendite arvu selgitavates mudelites oli ala niiskusrežiim ebaoluline, jäeti see mudelivaliku käigus lõplikest mudelitest välja. Kõik fikseeritud tunnuseid sisaldavad mudelid olid nullmudelitest paremad, kuid mudelivaliku alusel parim mudel sisaldas fikseeritud tunnustena transekti pikkust, tuule tugevust ja õhutemperatuuri loenduse ajal, metsasust, hooldust, poollooduslike koosluste pindala ning hoolduse ja poollooduslike koosluste pindala vahelist interaktsiooni (tabel 2). Tunnuste väärtused parimas mudelis on kujutatud tabelis 3 ja joonisel 5. Pikematel transektidel loendati rohkem isendeid, kuid tugev tuul ja kõrge temperatuur loenduse ajal mõjutasid loendatud isendite arvu negatiivselt. Isendeid loendati rohkem sellistel transektidel, mis olid kas osaliselt või mõlemalt poolt metsaga ümbritsetud. Hooldatud aladel loendati isendeid rohkem kui hooldamata aladel, kuid toetust saavate poollooduslike koosluste pindala transekti naabruses peamõjuna ei mõjutanud loendatud isendite arvu. Hoolduse ja poollooduslike koosluste pindala interaktsioon näitab siiski, et hooldatud aladel kasvab isendite arv koos poollooduslike alade pindala tõusuga.

Tabel 2 Registreeritud isendite arvu sõltuvus ala hooldusest ja teistest tunnustest – mudelivalik.

Mudel	K _i	AIC _{Ci}	Δ _i (AIC _C)	ω _i (AIC _C)
Isendeid ~ Pikkus + Tuul + Temperatuur + Hooldus + Metsasus + PLK + Hooldus*PLK + (1 Aasta) + (1 SJ) + (1 MK:SJ)	12	30365,15	0	0,63
Isendeid ~ Pikkus + Päike + Tuul + Temperatuur + Hooldus + Metsasus + PLK + Hooldus*PLK + (1 Aasta) + (1 SJ) + (1 MK:SJ)	13	30366,17	1,02	0,37
Isendeid ~ Pikkus + Hooldus + Metsasus + Aasta temperatuur + PLK + Hooldus*PLK + (1 Aasta) + (1 SJ) + (1 MK:SJ)	11	30593,13	227,98	0
Isendeid ~ Pikkus + Hooldus + Metsasus + Sadenorm + PLK + Hooldus*PLK + (1 Aasta) + (1 SJ) + (1 MK:SJ)	11	30615,13	249,98	0
Isendeid ~ Pikkus + Hooldus + Metsasus + Aastasade + PLK + Hooldus*PLK + (1 Aasta) + (1 SJ) + (1 MK:SJ)	11	30625,13	259,98	0
Isendeid ~ Pikkus + Hooldus + Metsasus + Aastapäike + PLK + Hooldus*PLK + (1 Aasta) + (1 SJ) + (1 MK:SJ)	11	30657,13	291,98	0

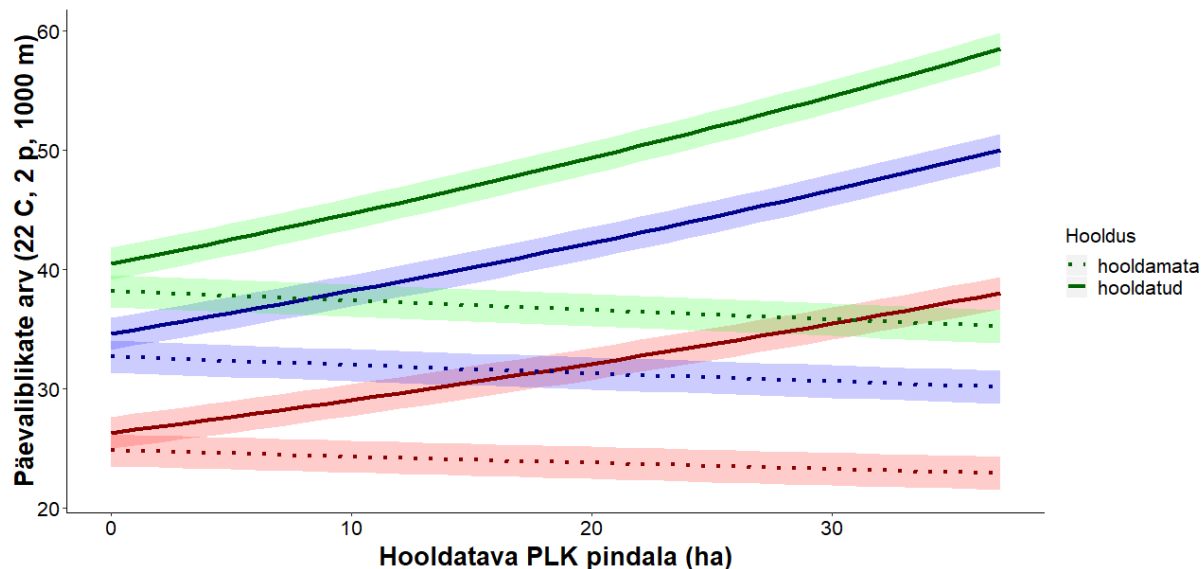
Isendeid $\sim 1 + (1|Aasta) + (1|SJ) + (1|MK:SJ)$

4 31020,02 654,87 0

Parim mudel valiti AICc väärtuse alusel. K_i – mudelis i olevate parameetrite arv; $\Delta_i(AICc) = [AICc_i - \min(AICc)]$; $\omega_i(AICc)$ – mudeli i AICc kaal.

Tabel 3 Registreeritud isendite arvu sõltuvus ala hooldusest ja teistest tunnustest – parima mudeli tulemused.

Tunnus	β	SV	p
Vabaliige	3,903	0,173	<0,001
Pikkus	0,0004	0,0001	<0,001
Tuul	-0,07	0,0073	<0,001
Temperatuur	-0,0411	0,003	<0,001
Metsasus (1)	0,2745	0,0309	<0,001
Metsasus (2)	0,4308	0,0422	<0,001
Hooldus (1)	0,0574	0,0146	<0,001
PLK	-0,0022	0,0021	0,3
Hooldus(1):PLK	0,0122	0,002	<0,001



Joonis 5 Registreeritud isendite arvu sõltuvus ala hooldusest ja teistest tunnustest – parima mudeli tulemused. Isendite arvu hooldatud aladel kirjeldab pidevjoon, hooldamata aladel punktiirjoon, usalduspiirid on kujutatud varjutatud aladena. Ala metsasus on tähistatud värvidega – avatud transekt punane, poolavatud sinine, metsaga piiratud roheline. Mudelis on isendite arv kirjeldatud standardtingimustel keskmine õhutemperatuur 22 °C, tuule tugevus 2 palli, loendustransekti kogupikkus hooaja kohta 1000 m.

Et kõigis arvukaimate liikide registreeritud isendite arvu selgitavates mudelites oli ala niiskusežiim statistiliselt mitteoluline, jäeti see mudelivaliku käigus lõplikest mudelitest välja. Kõik fikseeritud tunnuseid sisaldavad mudelid olid nullmudelitest paremad, kuid mudelivaliku alusel eristus kaks võrdselt head mudelit, mis erinesid vaid ühe tunnuse poolest – päikesepaiste loenduse läbiviimise ajal (tabel 4). Et antud tunnus oli mudelis statistiliselt mitteoluline ($p = 0,122$), eelistati parima mudelina teist, mis sisaldas fikseeritud tunnustena transekti pikkust, tuule tugevust ja õhutemperatuuri loenduse ajal, metsasust, hooldust, poollooduslike koosluste pindala ning hoolduse ja poollooduslike koosluste pindala vahelist interaktsiooni. Tunnuste väärtused parimas mudelis on kujutatud tabelis 5 ja joonisel 6. Pikematel transektidel loendati rohkem isendeid, kuid tugev tuul ja kõrge temperatuur loenduse ajal mõjutasid loendatud isendite arvu negatiivselt. Isendeid loendati rohkem sellistel transektidel, mis olid kas osaliselt või mõlemalt poolt metsaga ümbritsetud. Hooldatud aladel loendati isendeid rohkem kui hooldamata aladel, kuid toetust saavate poollooduslike koosluste pindala transekti naabruses peamõjuna ei mõjutanud loendatud isendite arvu. Hoolduse ja poollooduslike koosluste pindala interaktsioon näitab siiski, et hooldatud aladel kasvab isendite arv koos poollooduslike alade pindala tõusuga.

Tabel 4 Arvukaimate liikide registreeritud isendite arvu sõltuvus ala hooldusest ja teistest tunnustest – mudelivalik.

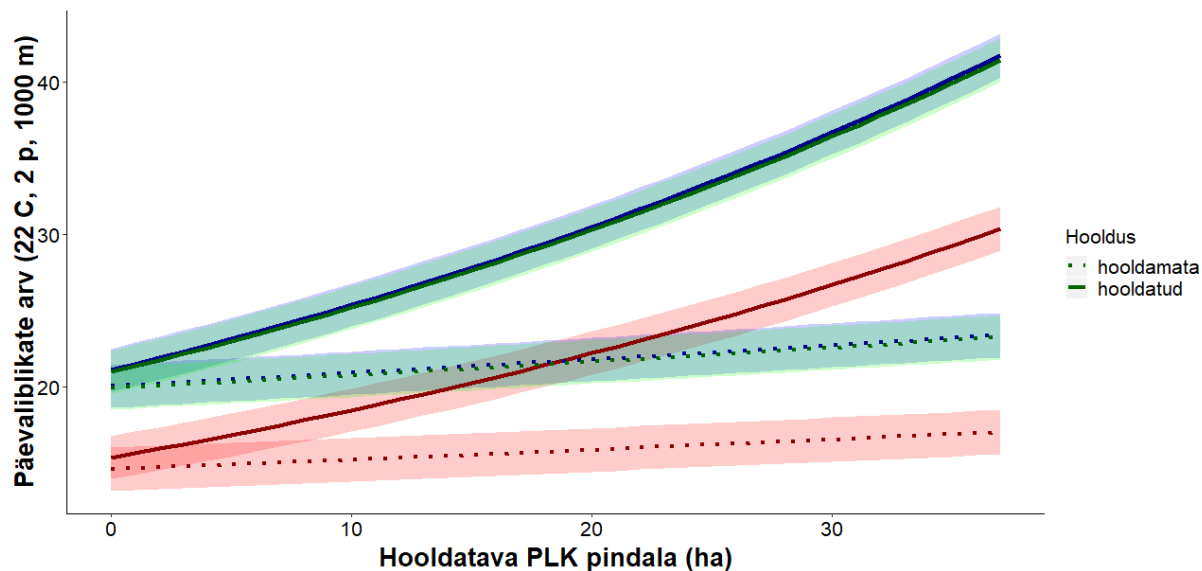
Mudel	K _i	AIC _{Ci}	Δ _i (AIC _C)	ω _i (AIC _C)
Isendeid ~ Pikkus + Päike + Tuul + Temperatuur + Hooldus + Metsasus + PLK + Hooldus*PLK + (1 Aasta) + (1 SJ) + (1 MK:SJ)	12	27810,15	0	0,50
Isendeid ~ Pikkus + Tuul + Temperatuur + Hooldus + Metsasus + PLK + Hooldus*PLK + (1 Aasta) + (1 SJ) + (1 MK:SJ)	13	27810,17	0,02	0,50
Isendeid ~ Pikkus + Hooldus + Metsasus + Sadenorm + PLK + Hooldus*PLK + (1 Aasta) + (1 SJ) + (1 MK:SJ)	11	28004,13	193,98	0
Isendeid ~ Pikkus + Hooldus + Metsasus + Aastasade + PLK + Hooldus*PLK + (1 Aasta) + (1 SJ) + (1 MK:SJ)	11	28020,13	209,98	0
Isendeid ~ Pikkus + Hooldus + Metsasus + Aasta temperatuur + PLK + Hooldus*PLK + (1 Aasta) + (1 SJ) + (1 MK:SJ)	11	28032,13	221,98	0
Isendeid ~ Pikkus + Hooldus + Metsasus + Aastapäike + PLK + Hooldus*PLK + (1 Aasta) + (1 SJ) + (1 MK:SJ)	11	28062,13	251,98	0
Isendeid ~ 1 + (1 Aasta) + (1 SJ) + (1 MK:SJ)	4	28405,02	594,87	0

AIC_C väärtuse alusel eristub kaks võrdselt head mudelit. K_i – mudelis i olevate parameetrite arv; Δ_i(AIC_C) = [AIC_{Ci} – min(AIC_C)]; ω_i(AIC_C) – mudeli i AIC_C kaal.

Tabel 5 Arvukaimate liikide registreeritud isendite arvu sõltuvus ala hooldusest ja teistest tunnustest – parima mudeli tulemused.

Tunnus	ß	SV	p
Vabaliige	3,4	0,2067	<0,001
Pikkus	0,0006	0,0001	<0,001
Tuul	-0,0613	0,0093	<0,001
Temperatuur	-0,0547	0,0039	<0,001

Metsasus (1)	0,3168	0,0379	<0,001
Metsasus (2)	0,3101	0,0525	<0,001
Hooldus (1)	0,0513	0,0182	<0,001
PLK	0,0042	0,0025	0,101
Hooldus (1):PLK	0,0142	0,0024	<0,001



Joonis 6 Registreeritud arvukaimate liikide isendite arvu sõltuvus ala hooldusest ja teistest tunnustest – parima mudeli tulemused. Isendite arvu hooldatud aladel kirjeldab pidevjoon, hooldamata aladel punktiirjoon, usalduspiirid on kujutatud varjutatud aladena. Ala metsasus on tähistatud värvidega – avatud transekt punane, poolavatud sinine, metsaga piiratud roheline. Mudelis on isendite arv kirjeldatud standardtingimustel keskmine õhutemperatuur 22 °C, tuule tugevus 2 palli, loendustransekti kogupikkus hooaja kohta 1000 m.

Et kõigis EBI niiduliikide registreeritud isendite arvu selgitavates mudelites oli metsasuse lisatunnus statistiliselt mitteoluline, jäeti see mudelivaliku käigus lõplikest mudelitest välja. Kõik fikseeritud tunnuseid sisaldavad mudelid olid nullmudelitest paremad, kuid mudelivaliku alusel eristus parimana selgelt mudel, mis sisaldas fikseeritud tunnustena transekti pikkust, aasta kuu keskmist temperatuuri, niiskusraja, hooldust, poollooduslike koosluste pindala ning hoolduse ja poollooduslike koosluste pindala vahelist interaktsiooni (tabel 6). Tunnuste väärtused parimas mudelis on kujutatud tabelis 7 ja joonisel 7. Pikematel transektidel loendati rohkem isendeid, kuid kõrge temperatuur mõjutas loendatud isendite arvu negatiivselt. Loendatud isendite arvu mõjutas ka ala niiskusraja – alaliselt liigniisketel aladel loendati niiduliblikaid vähem kui põuakartlikel, kuid erinevus parasniiskete ja ajutiselt liigniiskete aladega ei olnud statistiliselt oluline. Ala hooldatus peamõjuna ei mõjutanud loendatud isendite arvu, kuid toetust saavate poollooduslike

koosluste pindala suurenemisega transekti lähikümbruses tõusis ka loendatud isendite arv. Hoolduse ja poollooduslike koosluste pindala interaktsioon näitab siiski, et hooldatud aladel kasvab isendite arv koos poollooduslike alade pindala tõusuga.

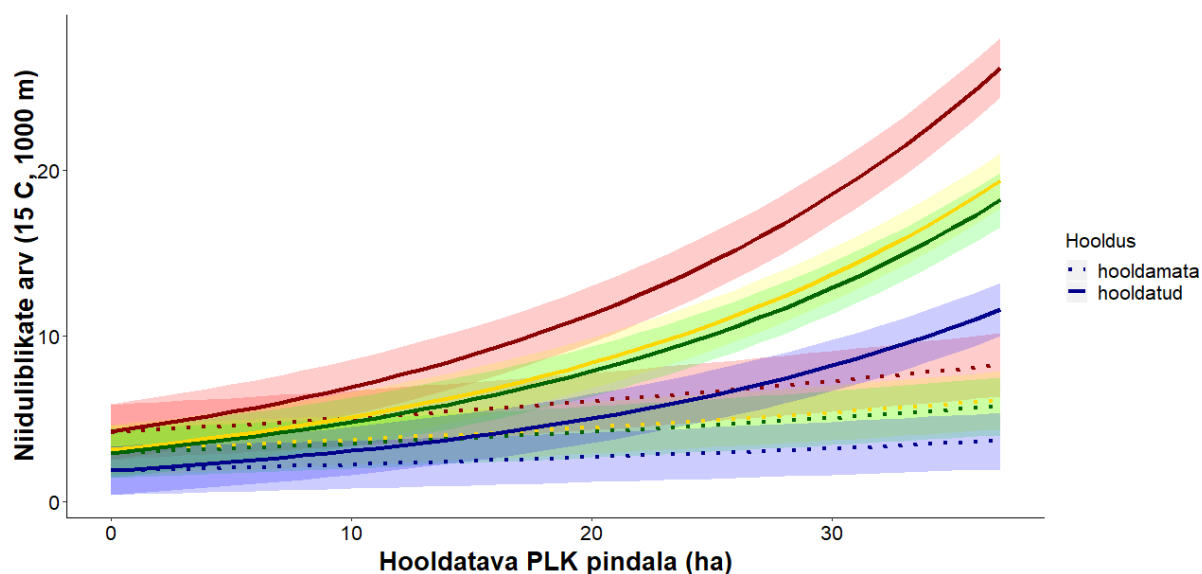
Tabel 6 EBI niiduliikide registreeritud isendite arvu sõltuvus ala hooldusest ja teistest tunnustest – mudelivalik.

Mudel	K_i	AIC_c	$\Delta_i(AIC_c)$	$\omega_i(AIC_c)$
Isendit ~ Pikkus + Aasta temperatuur + Hooldus + PLK + Hooldus*PLK + Niiskus+ (1 Aasta) + (1 SJ) + (1 MK:SJ)	12	11728,15	0,00	1,00
Isendit ~ Pikkus + Päike + Tuul + Temperatuur + Hooldus + PLK + Hooldus*PLK + Niiskus+ (1 Aasta) + (1 SJ) + (1 MK:SJ)	13	11748,17	20,02	0
Isendit ~ Pikkus + Päike + Temperatuur + Hooldus + PLK + Hooldus*PLK + Niiskus+ (1 Aasta) + (1 SJ) + (1 MK:SJ)	14	11750,20	22,05	0
Isendit ~ Pikkus + Aastasade + Hooldus + PLK + Hooldus*PLK + Niiskus+ (1 Aasta) + (1 SJ) + (1 MK:SJ)	12	11768,15	40,00	0
Isendit ~ Pikkus + Aastapäike + Hooldus + PLK + Hooldus*PLK + Niiskus + (1 Aasta) + (1 SJ) + (1 MK:SJ)	12	11774,15	46,00	0
Isendit ~ Pikkus + Sadenorm + Hooldus + PLK + Hooldus*PLK + Niiskus+ (1 Aasta) + (1 SJ) + (1 MK:SJ)	12	11774,15	46,00	0
Isendit ~ 1 + (1 Aasta) + (1 SJ) + (1 MK:SJ)	4	11940,02	211,87	0

Parim mudel valiti AIC_c väärtuse alusel. K_i – mudelis i olevate parameetrite arv; $\Delta_i(AIC_c) = [AIC_{c_i} - \min(AIC_c)]$; $\omega_i(AIC_c)$ – mudeli i AIC_c kaal.

Tabel 7 EBI niiduliikide registreeritud isendite arvu sõltuvus ala hooldusest ja teistest tunnustest – parima mudeli tulemused.

Tunnus	β	SV	p
Vabaliige	9,3126	0,4435	<0,001
Pikkus	0,0004	0,0001	<0,001
Aasta temperatuur	-0,1627	0,023	<0,001
Niiskus (1)	-0,6109	0,3062	0,324
Niiskus (2)	-0,6974	0,2835	0,2
Niiskus (3)	-1,4554	0,2526	0,001
Hooldus (1)	0,0072	0,0469	0,89
PLK	0,0186	0,0059	0,002
Hooldus (1):PLK	0,0314	0,0054	<0,001



Joonis 7 Registreeritud EBI niiduliikide isendite arvu sõltuvus ala hooldusest ja teistest tunnustest – parima mudeli tulemused. Isendite arvu hooldatud aladel kirjeldab pidevjoon, hooldamata aladel punktiirjoon, usalduspiirid on kujutatud varjutatud aladena. Ala niiskusrežiim on tähistatud värvidega – põuakartlikud punasega, parasniisked kollasega, ajutiselt liigniisked rohelisega ja alaliselt liigniisked sinisega. Mudelis on isendite arv kirjeldatud standardtingimustel loendusperioodi (aasta) keskmise õhutemperatuuriga 15 °C, loendustransekti kogupikkus hooaja kohta 1000 m.

EBI niiduliblikaliikide arvu selgitavates mudelites olid kõik fikseeritud tunnuseid sisaldavad mudelid nullmudelitest paremad, kuid mudelivaliku alusel eristus parimana selgelt mudel, mis sisaldas fikseeritud tunnustena transekti pikkust, aasta kuu päikesepaistet, metsasust, niiskuserežiimi, hooldust, poollooduslike koosluste pindala ning hoolduse ja poollooduslike koosluste pindala vahelist interaktsiooni (tabel 8). Tunnuste väärtused parimas mudelis on kujutatud tabelis 9 ja joonisel 8. Pikematel transektidel loendati rohkem isendeid ning päikesepaiste mõjutas loendatud liikide arvu positiivselt. Loendatud liikide arvu mõjutasid ka ala niiskuse režiim – alaliselt liigniisketel aladel loendati niiduliike vähem kui põuakartlikel, kuid erinevus parasniiskete ja ajutiselt liigniiskete aladega ei olnud statistiliselt oluline – ja metsasus – kahelt poolt metsaga piiratud transektidel loendati niiduliike oluliselt vähem kui täielikult avatud aladel ning ühelt poolt metsaga piiratus näis omavat positiivset mõju, kuid seos ei olnud statistiliselt oluline. Ala hooldatus ja poollooduslike koosluste pindala peamõjudena ei mõjutanud loendatud liikide arvu, kuid hoolduse ja poollooduslike koosluste pindala interaktsioon näitab siiski, et hooldatud aladel kasvab liikide arv koos poollooduslike alade pindala tõusuga.

Tabel 8 Registreeritud EBI niiduliikide arvu sõltuvus ala hooldusest ja teistest tunnustest – mudelivalik.

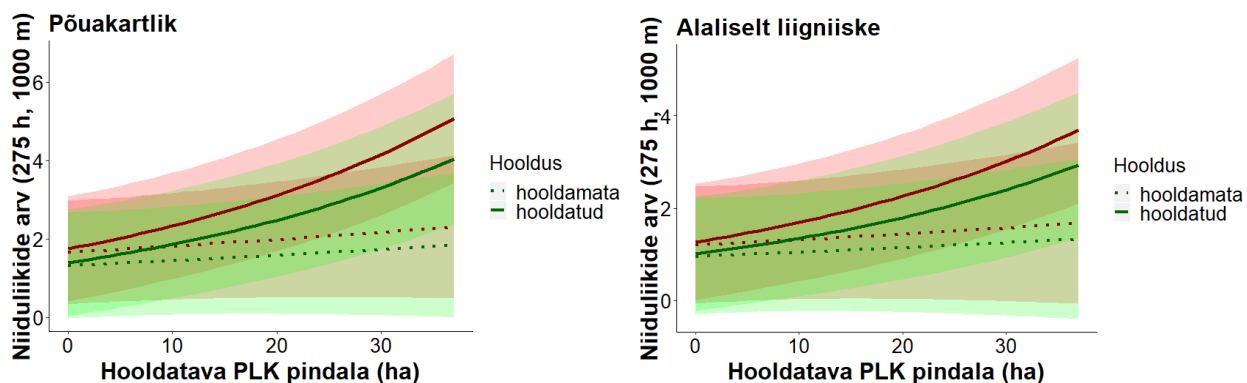
Mudel	K _i	AIC _{Ci}	Δ _i (AIC _C)	ω _i (AIC _C)
Liiki ~ Pikkus + Hooldus + Metsasus + Aastapäike + PLK + Hooldus*PLK + Niiskus + (1 Aasta) + (1 SJ) + (1 MK:SJ)	14	6519,10	0,00	0,71
Liiki ~ Pikkus + Hooldus + Metsasus + Aastasade + PLK + Hooldus*PLK + Niiskus + (1 Aasta) + (1 SJ) + (1 MK:SJ)	14	6523,10	4,00	0,10
Liiki ~ Pikkus + Hooldus + Metsasus + Sadenorm + PLK + Hooldus*PLK + Niiskus + (1 Aasta) + (1 SJ) + (1 MK:SJ)	14	6523,50	4,40	0,08
Liiki ~ Pikkus + Hooldus + Metsasus + Aasta temperatuur + PLK + Hooldus*PLK + Niiskus + (1 Aasta) + (1 SJ) + (1 MK:SJ)	14	6523,90	4,80	0,06
Liiki ~ Pikkus + Päike + Temperatuur + Hooldus + Metsasus + PLK + Hooldus*PLK + Niiskus + (1 Aasta) + (1 SJ) + (1 MK:SJ)	15	6525,13	6,03	0,03
Liiki ~ Pikkus + Päike + Tuul + Temperatuur + Hooldus + Metsasus + PLK + Hooldus*PLK + Niiskus + (1 Aasta) + (1 SJ) + (1 MK:SJ)	16	6526,76	7,66	0,02

Liiki $\sim 1 + (1|Aasta) + (1|SJ) + (1|MK: SJ)$ 4 6581,72 62,62 0

Parim mudel valiti AICc väärtuse alusel. K_i – mudelis i olevate parameetrite arv; $\Delta_i(AICc) = [AICc_i - \min(AICc)]$; $\omega_i(AICc)$ – mudeli i AICc kaal.

Tabel 9 Registreeritud EBI niiduliikide arvu sõltuvus ala hooldusest ja teistest tunnustest – parima mudeli tulemused.

Tunnus	β	SV	p
Vabaliige	-0,6561	0,4099	0,110
Pikkus	0,0003	0,0001	<0,001
Aastapäike	0,0031	0,0014	0,025
Metsasus (1)	0,1317	0,0733	0,072
Metsasus (2)	-0,2281	0,1004	0,023
Niiskus (1)	-0,0161	0,1653	0,923
Niiskus (2)	-0,2445	0,1553	0,115
Niiskus (3)	-0,3194	0,1401	0,023
Hooldus (1)	0,0547	0,0674	0,417
PLK	0,009	0,0077	0,242
Hooldus (1):PLK	0,0198	0,0078	0,011



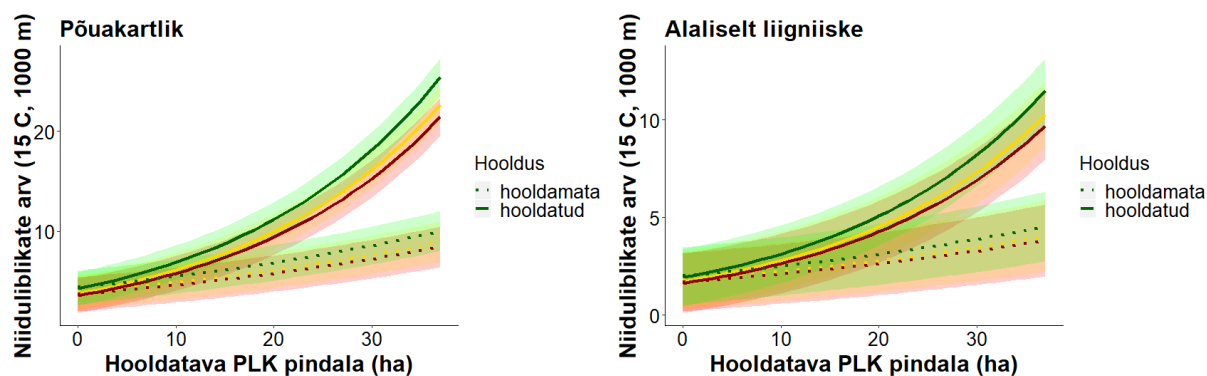
Joonis 8 Registreeritud EBI niiduliikide arvu sõltuvus ala hooldusest ja teistest tunnustest – parima mudeli tulemused. Isendite arvu hooldatud aladel kirjeldab pidevjoon, hooldamata aladel

punktiirjoon, usalduspiirid on kujutatud varjutatud aladena. Ala metsasus on tähistatud värvidega – avatud transekt punane, metsaga piiratud roheline, joonisel ei ole kuvatud niiduliikide arvu poolavatud transektidel (erinevus avatud transektidega statistiliselt mitteoluline). Ala niiskusrežiim on kujutatud eri joonistel (ainult statistiliselt olulise erinevusega tasemed). Mudelis on isendite arv kirjeldatud standardtingimustel loendusperioodi (aasta) päikesepaiste 275 h, loendustransekti kogupikkus hooaja kohta 1000 m.

Et osade transektide kohta ei olnud teada, kui palju aega on möödunud hooldusest, lisati see tunnus ainult niiduliikide parimatele mudelitele. Andmed näitavad, et mida rohkem aega on hooldamisest möödunud, seda vähem leitakse sealt EBI niiduliikide isendeid (tabel 10, joonis 9), kõigi teiste mudelites olevate tunnuste osas jäävad seosed samaks. Sarnast seost ei leitud aga niiduliikide arvu ja hooldamisest möödunud aja kohta (tabel 11). Suuremas valimis võib see seos siiski ilmned, sest selliseid koha ja aasta kombinatsioone, kus hooldusest oli möödunud üle kümne aasta, esines kogu valimis ainult 164 ehk vähem kui 8% kõigist kombinatsioonidest, mille kohta oli võimalik aruannete põhjal kirjeldada hooldusest möödunud aega.

Tabel 10 Niiduliikide registreeritud isendite arvu sõltuvus ala hooldusajast ja teistest tunnustest.

Tunnus	B	SV	p
Vabaliige	9,6709	0,4505	<0,001
Pikkus	0,0004	0,0001	<0,001
Hooldus (1)	-0,0389	0,0506	0,494
Aasta temperatuur	-0,164	0,0232	<0,001
Hooldusaeg	-0,0116	0,0052	0,028
PLK	0,0225	0,0066	<0,001
Niiskus (1)	-0,588	0,3143	0,364
Niiskus (2)	-0,7121	0,2859	0,197
Niiskus (3)	-1,4235	0,2538	0,002
Hooldus (1):PLK	0,0264	0,0056	<0,001

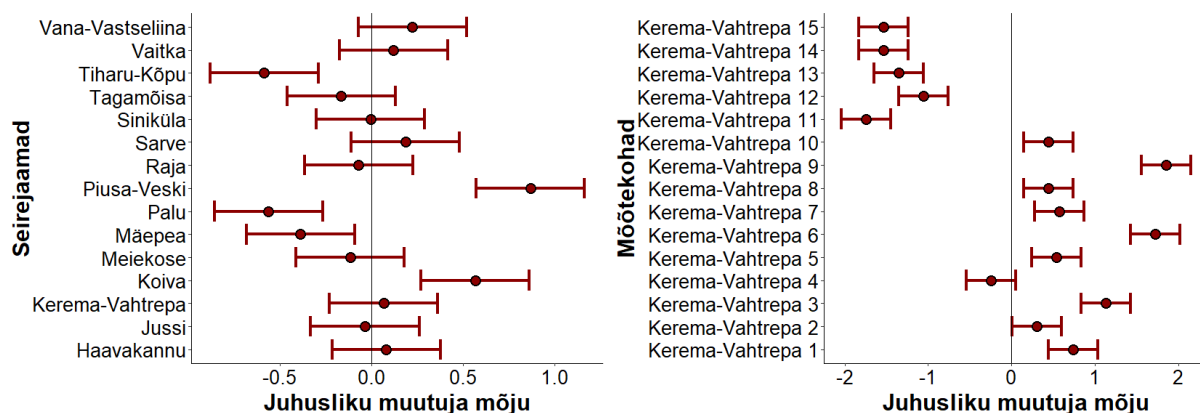


Joonis 9 Registreeritud EBI niiduliikide isendite arvu sõltuvus ala hooldusest, viimasest hooldusest möödunud ajast ja teistest tunnustest. Isendite arvu hooldatud aladel kirjeldab pidevjoon, hooldamata aladel punktiirjoon, usalduspiirid on kujutatud varjutatud aladena. Viimasest hooldusest möödunud aeg on kujutatud eri värvidega – samal aastal hooldatud transektid rohelisega, 10 a tagasi hooldatud transektid kollasega, 15 a tagasi hooldatud transektid punasega. Ala niiskusrežiim on kujutatud eri joonistel (ainult statistiliselt olulised erinevused). Mudelis on isendite arv kirjeldatud standardtingimustel loendusperioodi (aasta) keskmine õhutemperatuur 15 °C, loendustransekti kogupikkus hooaja kohta 1000 m.

Tabel 11 Registreeritud EBI niiduliikide arvu sõltuvus ala hooldusajast ja teistest tunnustest.

Tunnus	β	SV	p
Vabaliige	-0,7217	0,4011	0,072
Pikkus	0,0003	0,0001	<0,001
Aastapäike	0,0033	0,0013	0,014
Metsasus (1)	0,1377	0,0739	0,062
Metsasus (2)	-0,2371	0,1012	0,019
Niiskus (1)	-0,0387	0,1743	0,824
Niiskus (2)	-0,3061	0,1626	0,060
Niiskus (3)	-0,3081	0,1463	0,035
Hooldusaeg	-0,0014	0,0076	0,849
Hooldus (1)	0,0773	0,0755	0,306
PLK	0,0246	0,0092	0,008
Hooldus (1):PLK	0,0093	0,0084	0,271

Uurides lähemalt niiduliikide arvukuse nullmudelis juhuslike tunnuste mõju, hakkab silma Kerema-Vahtrepa seirejaama mõõtekohtade mõju – kui seirejaam tervikuna näib olevat valimis üsna keskpärane, siis mõõtekohtade osas on Vahtrepa-poolsetes mõõtekohtades mõju vabaliikmele tugevalt negatiivne (11–15), samas kui Kerema-poolsetes mõõtekohtades (1–10) valdavalt positiivne (joonis 10).



Joonis 10 Juhuslike muutujate mõju niiduliikide isendite arvu nullmudeli alusel – seirejaamade mõju vasakul ja Kerema-Vahtrepa mõõtekohtade mõju paremal. Veapiirid näitavad tunnuse standardhälvet.

4. Arutelu

Kirjeldatud mudelites ei olnud ala hooldatuse ja poollooduslike koosluste pindala peamõjud alati statistiliselt olulised, mis võib olla põhjustatud valimi ülesehitusest. Nimelt oli hooldatud alade lähiümbruses toetust saavaid poollooduslikke kooslusi oluliselt rohkem kui hooldamata alade lähiümbruses ning niiduliikide isendite arvukust hindavas mudelis ilmnes ka viimasest hooldusest möödunud aja mõju. Hooldatud aladel leiti kõigis mudelites positiivne koosmõju poolloodusliku koosluse pindalaga loendustransekti lähiümbruses, mis näitab, et senise seireskeemi alusel sobivad päevaliblikad indikaatorrühmana poollooduslike koosluste seisundi muutuste hindamiseks.

Samas piirab päevaliblikate seniste seireandmete kasutamist poollooduslike koosluste hooldamise mõju hindamisel mõneti valimi ülesehitus – püsiseirealade valikul on lähtutud eeldusest, et muutused maakasutuses oleksid loendustransektil või selle vahetus ümbruses prognoositavalt minimaalsed, sh ei oleks ohtu ala kinnikasvamiseks ega päevaliblikatele ebasobivaks muutumiseks (Päevaliblikate kooslused. Riikliku keskkonnaseire elustiku mitmekesisuse seire programm: <https://kese.envir.ee/kese/viewProgram.action?uid=473584>). Et seirejaamad asuvad stabiilsetes maastikes, on ka muutused liigirikkuses ja arvukuses keskeltläbi aeglasemad kui tugeva inim mõjuga maastikes – nii neis, kus muutused on päevaliblikate seisukohast positiivsed (näiteks elupaikade taastamise tõttu) kui ka neis, kus need on negatiivsed (näiteks põllumajanduse intensiivistumise tõttu) (Teder 2019).

Enamik püsiseirealasid on paigutatud poollooduslikesse kooslustesse, vaid kolm (Siniküla, Palu ja Raja) asuvad valdavalt metsakooslustes. Osa transekte on valitud nõ väga heade liblikaalade seast (Mäepea, Tagamõisa, Raja, Piusa-Veski) või leidus alal kaitsealuseid liike (Siniküla, Kerema-Vahtrepa). Sellise kallutatud aladevalikuga kaasneb süstemaatilise vea oht – kõrge algse liigirikkuse tõttu liikide arv sellistel seirealadel maastikuliste muutuste tõttu märkimisväärselt suurenedagi ei saa, küll aga langeda, kui muutused on ebasobivad (Teder 2019). Seda ilmestab Kerema-Vahtrepa transekti näide, mis valiti eelkõige vareskaera-aasasilniku esinemise tõttu alal ning kus toimusid suuremahulised taastamistööd. Vahtrepa-poolsetel aladel eemaldati võsa ja valmistati ala ette karjatamiseks, kuid sellega avati ala tuulele, mis omakorda vähendas selle kvaliteeti päevaliblikatele. 2018. ja 2019. a leiti Vahtrepalt riikliku seire käigus vaid üks vareskaera-aasasilnik ehk vähem kui viis protsenti kõigist loendatud isenditest, sellal kui esimestel aastatel ulatus seirejaama Vahtrepa-osas fikseeritud isendite osakaal kuni kolmandikuni kõigist isenditest (Õunap ja Tiitsaar 2019). Ka käesoleva analüüsi käigus ilmnes Kerema-Vahtrepa seirejaamas väga tugev mõõtekoha mõju – Vahtrepa-poolsetes mõõtekohtades on mõju vabaliikmele tugevalt negatiivne, samas kui Kerema-poolsetes mõõtekohtades valdavalt positiivne. Edasine seire näitab, kui võrd muutub ala kvaliteet päevaliblikatele järgneva hoolduse käigus.

Päevaliblikate andmete analüüsimiseks ei sobi robustne lähenemine, mis jätab arvestamata ilmastikuolud loenduse läbiviimise ajal või konkreetse seireaastal (Kuussaari jt. 2007). Kõigis mudelites leiti positiivne seos liblikate isendite või liikide arvu ja loenduspingutuse ehk transekti pikkuse vahel, kuid mudelivaliku käigus parimad mudelid erinesid aastate või loendusolusid kirjeldavate tunnuste poolest. Kui kõigi ja arvukaimate liikide arvukust kirjeldavates parimates mudelites esines negatiivne seos kõrge temperatuuri ja tugeva tuulega, siis niiduliblikate arvukust

ja liikide arvu kirjeldavates mudelites olid loendusolusid kirjeldavate näitajate asemel olulised hoopis aastat üldiselt kirjeldavad tunnused (vastavalt kõrge temperatuuri positiivne ja päikesepaiste positiivne mõju). Seega võrreldes üldlevinud liikidega mõjutavad niiduliblikaid konkreetse aasta ilmastikuolud rohkem kui ilmastikuolud loenduse läbiviimise ajal. Tõenäoliselt avaldub mõju eelkõige sobivate toidutaimede ohtruse kaudu.

Kõigi loendatud isendite ja arvukaimate liikide isendite arvu mudelivalikute käigus jõuti võrdlemisi sarnastele tulemustele. Rohkem isendeid loendati mõõtekohtades, kus esines suurem biotoobiline mitmekesisus ehk loendustransekti piiras vähemalt ühelt poolt mets. Niiduliikide isendite arvukuse puhul metsasuse statistiliselt olulist mõju ei täheldatud, kuid EBI niiduliikide arv oli kahelt poolt metsaga piiratud transektidel oluliselt madalam kui avatud transektidel. See tulemus on kooskõlas elupaigaspetsialistide elupaiganõudlusega ning näitab, et metsaga kinnikasvamine on niiduliikide elupaigas ohutegur (Van Swaay jt. 2012). Antud valimi põhjal jääb siiski selgusetuks nn poolavatuse mõju – niiduliikide arvukust kirjeldavas mudelis esineb positiivne tendents, kuid see jääb napilt välja statistilise usaldusväärsuse piirist ($\alpha=0,05$). Eelkõige tuulisemates elupaikades võib poolavatus niiduliblikatele isegi soodne olla, sest vähendab tuule negatiivset mõju tundlikele liikidele, kuid praegune valim seda hüpoteesi täielikult ei toeta. Hüpoteesi võiks aga uuesti kontrollida juba mõne aasta pärast, kui päevaliblikate täiendatud meetodika alusel on kogunenud rohkem andmeid erinevatest kooslustest üle Eesti.

2018. a täheldati, et põuatundlikel aladel loendati just seirehooaja teises pooles vähem päevaliblikaid, sest pika põuaperioodi tagajärjel kippus taimestik kuivama (Õunap ja Tiitsaar 2018). Niiduliblikate arvukust ja liikide arvu kirjeldavates mudelites leiti erinevalt arvukaimate ja kõigi liikide arvukust kirjeldavatest mudelitest seos ka ala niiskusega – liigniisketel aladel olid põuakartlikega võrreldes nii liikide kui isendite arv madalamad kui põuakartlikel. Kuigi ala liigniiskus mõjub päevaliblikatele negatiivselt (Kuussaari jt. 2007), tuleb sellesse tulemusse suhtuda teatava ettevaatusega, sest vaadates valimit lähemalt, võib siin ilmned ka piiratud valimi struktuurist tingitud viga. Nimelt asuvad liigniisketel muldadel enamik metsabiotoopi rajatud transektidest (Raja ja Siniküla seirejaamad), kus niiduliblikaid ongi vähem ja võrdlemisi uue Kerema-Vahtrepa seirejaama Vahtrepa-poolsed transektid, kus hiljutised taastamistööd on avaldanud tugevat negatiivset mõju päevaliblikatele.

Alates 2020. a on päevaliblikate seire skeemi täiendatud (vastavalt Teder 2019) – igal aastal on 2/3 loendustest püsiseirealadel asendatud loendustega juhualadel, mis on paigutatud päevaliblikatele omastesse elupaikadesse üle Eesti. Seirest jäävad välja küll päevaliblikatele sobimatud elupaigad, kuid sobivad elupaigad kaasatakse kogu spektri ulatuses. Juhuseirealadelt saadud andmete analüüsimisel tehtavad järeldused on laiendatavad sarnastele elupaigalaikudele ja maastikele üldisemalt. Nii võiks juba mõne aasta möödudes teostada päevaliblikate seireandmete põhjal uue analüüsi, mis kontrolliks muuhulgas ka ümbritseva maastiku ning erineva hooldusrežiimi mõju päevaliblikatele (hooldusrežiimi osas vajalikud detailsed lisaandmed teistest riigiasutustest).

4.1 Järeldused

- Elupaigaspetsiifilised päevaliblikad kirjeldavad hästi ala hoolduse mõju elurikkusele.
- Hooldatud loenduskohtades on päevaliblikate üldarvukus kõrgem, samuti ilmneb hooldatud aladel positiivne koosmõju naabruses asuva hooldustoetust saava poolloodusliku ala pindalaga – toetuste maksmisel on päevaliblikatele positiivne mõju.
- Analüüsi võiks korrata mõne aasta pärast, kasutades täiendatud seireskeemi alusel kogutud päevaliblikate andmeid, mis võimaldavad senisest paremini kirjeldada ka ümbritseva maastiku ja erineva hooldusrežiimi mõju päevaliblikatele.

- Astover, A., Reintam, E., Leedu, E., Kölli, R. (2013) Muldade väliuurimine. Eesti Maaülikool. Tartu, 45-47
- Bates, D., Maechler, M., Bolker, B., Walker, S. (2015) Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. *Journal of Statistical Software*, 67(1), 1-48. doi:10.18637/jss.v067.i01
- Bubová, T., Vrabec, V., Kulma, M., Nowicki, P. (2015) Land management impacts on European butterflies of conservation concern: a review. *Journal of Insect Conservation*, 19(5): 805–21, doi:10.1007/s10841-015-9819-9
- Burnham, K.P., Anderson, D.R. (2004) Multimodel inference understanding AIC and BIC in model selection. *Sociol Methods Res.* 33, 261–304, doi:10.1177/0049124104268644
- Keskkonnaagentuur. (2019) Pool-looduslike koosluste hooldustoetuse efektiivsuse hindamine elurikkusele riiklike keskkonnaseirete põhjal. Koostaja: Riho Marja. Keskkonnaanalüüsi osakond.
- Kuussaari, M., Heliöla, J., Luoto, M. & Pöyry, J. (2007) Determinants of local species richness of diurnal Lepidoptera in boreal agricultural landscapes. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 122: 366-376, doi:10.1016/j.agee.2007.02.008
- R Core Team (2019) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Rákósy, L., Schmitt, T. (2011) Are butterflies and moths suitable ecological indicator systems for restoration measures of semi-natural calcareous grassland habitats? *Ecological Indicators*, 11:1040–1045. doi: 10.1016/j.ecolind.2010.10.010
- Rosin, Z.M., Myczko, L., Skórka, P., Lenda, M., Moroń, D., Sparks, T.H., Tryjanowski, P. (2012) Butterfly responses to environmental factors in fragmented calcareous grasslands. *Journal of Insect Conservation*, 16:321–329, doi: 10.1007/s10841-011-9416-5
- Teder, T. (2019) Päevaliblikate seire analüüs.
- Thomas, J.A. (1994) Why small cold-blooded insects pose different conservation problems to birds in modern landscapes. *Ibis* 137, 112-119. doi:10.1111/j.1474-919X.1995.tb08431.x
- Tiitsaar, A., Talgre, I. (2015) Päevaliblikad vajavad mõõdukalt majandatud loopealseid. Koost. Rannap, R., Sõber, V., Tiitsaar, A., Kraut, A. Loopealsete ja rannaniitude majandamine ja elustiku seisund. Tartu.
- Van Swaay, C., Cuttelod, A., Collins, S., Maes, D., López Munguira, M., Šašić, M., Settele, J., Verovnik, R., Verstrael, T., Warren, M., Wiemers, M., Wynhoff, I. (2010) European Red List of Butterflies. Publications Office of the European Union, Luxembourg, doi:10.2779/83897
- Van Swaay, C., Collins, S., Dušej, G., Maes, D., Munguira, M. L., Rakosy, L., Ryrholm, N., Šašin, M., Settele, J., Thomas, J., Verovnik, R., Verstrael, T., Warren, M., Wiemers, M., Wynhoff, I.

(2012) Dos and Don'ts for butterflies of the Habitats Directive of the European Union. – *Nature Conservation*: 73–153, doi:10.3897/natureconservation.1.2786

Van Swaay, C.A.M., Dennis, E.B., Schmucki, R., Sevilleja, C.G., Balalaikins, M., Botham, M., Bourn, N., Brereton, T., Cancela, J.P., Carlisle, B., Chambers, P., Collins, S., Dopagne, C., Escobés, R., Feldmann, R., Fernández-García, J. M., Fontaine, B., Gracianteparaluceta, A., Harrower, C., Harpke, A., Heliölä, J., Komac, B., Kühn, E., Lang, A., Maes, D., Mestdag, X., Middlebrook, I., Monasterio, Y., Munguira, M.L., Murray, T.E., Musche, M., Õunap, E., Paramo, F., Pettersson, L.B., Piqueray, J., Settele, J., Stefanescu, C., Švitra, G., Tiitsaar, A., Verovnik, R., Warren, M.S., Wynhoff, I. & Roy, D.B. (2019) The EU Butterfly Indicator for Grassland species: 1990-2017: Technical Report. Butterfly Conservation Europe & ABLE/eBMS (www.butterfly-monitoring.net)

Viljur, M.-L., Tiitsaar, A., Gimbutas, M., Kaasik, A., Valdma, D., Õunap, E., Tammaru, T., Teder, T. (2020) Conserving woodland butterflies in managed forests: Both local and landscape factors matter. *Forest Ecology and Management*, 462, doi. 118002.10.1016/j.foreco.2020.118002

Õunap, E. (2003) Päevaliblikate seire 2003. a. aruanne. Riikliku keskkonnaseire elustiku mitmekesisuse seire programm.

Õunap, E., Tiitsaar, A. (2018) Päevaliblikate kooslused 2018. a. lõpparuanne. Riikliku keskkonnaseire elustiku mitmekesisuse seire programm.

Õunap, E., Tiitsaar, A. (2019) Päevaliblikate kooslused 2019. a. lõpparuanne. Riikliku keskkonnaseire elustiku mitmekesisuse seire programm.

Öckinger, E. Lindborg, R., Sjödin, N. E. & Bommarco, R. (2012) Landscape matrix modifies richness of plants and insects in grassland fragments. *Ecography* 35: 259-267, doi: 10.1111/j.1600-0587.2011.06870.x