

## Lindude väljaheitest tulenevate toitainete ligikaudne aastane kogus ja mõju Haapsalu lahele. Ettepanekud uuringuteks ja seireks.

Eksperthinnang - Katrin Kaldma, Leho Luigujõe (MTÜ Taevasikk)

**Töö eesmärk:** Anda eksperthinnang lindude poolt otse vette heidetud või rannikult veetõusuga vette minevate väljaheidete mõju osas Haapsalu lahele. Eksperthinnangus antakse ligikaudsed arvutused alal pesitsevate ja läbi rändavate lindude liigirühmade kaupa ning mõju hinnang Haapsalu lahele. Esitakse ka ettepanekuid täiendavateks uuringuteks ja seireks.

METOODIKA. Eksperthinnangu andmiseks kasutati EOÜ Väinamere linnustiku inventuuri 2017.a andmeid, mida on täiendatud eElurikkuse (<https://elurikkus.ee>) sama perioodi vaatlusandmetega. Arvestuste aluseks võetud pesitsusperioodi pikkus oli **90 päeva** (mai, juuni, juuli), kevadise peatumise pikkuseks **45 päeva** (aprilli algusest mai keskpaigani) ja sügisrändel peatumise perioodiks **90 päeva** (august, september, oktoober).

Üsna vähe on Eestis teada pesitsevate või rändavate lindude liikumiste kohta toitumisalade ja peatuskohtade vahel. Samuti pole keegi varasemalt uurinud väljaheidete kogust ning nendes sisalduvate toitainete suhtelist osakaalu, et hinnata piisava täpsusega lindude väljaheidetes sisalduvatest toitainetest tulenevat koormust veekogudele. Seetõttu võeti aluseks mujal tehtud uuringud ja avaldatud tulemused. Arvutuste aluseks oli Scherer jt. (1995) ja Huang ja Isobe (2012) meetodika, mis arvestab lindude arvu, väljaheidete ligikaudset kuivkaalu, lämmastiku ja fosfori hinnangulist kogust selles ning tõenäosust, et väljaheide satub vette või kaldaalale, kust on võimalik selle kandumine vette.

Loenduspäevadel saadud lindude arvudest tuletati perioodi keskmised väärtused ja edasi vaatlusperioodi pikkuse arvesse võtmisel nn linnupäevade arv. Selline lähenemine pigem ülehindab arvukust. Täpsemate andmete puudumisel eeldati, et ainevahetuse kiirus on lindudel enam-vähem sarnane ja väljaheite kuivkaaluks (DW) arvestati kõikide liikide jaoks **2,25%** kehakaalust, millest on lähtunud oma arvestustes veelindude kohta ka teised autorid (Scherer jt, 1995; Huang ja Isobe, 2012 viide algallikale: Sanderson ja Anderson, 1978).

Varasemate töödega analoogselt eeldati, et veelinnud sarnanevad oma käitumise ja toidueelistuste poolest. Manny jt (1994) uuringu kohaselt moodustas fosforisisaldus (P) hanede väljaheites  $1.5 \pm 0.5\%$  kuivkaalust. Käesolevas hinnangus on P kogused hanede ja partide väljaheites Scherer jt (1995) hinnangust lähtuvalt võetud 1,87%. Luikede mõju hindamisel on lähtutud Huang ja Isobe (2012) originaaluuringust, mille kohaselt moodustasid P 4,4% ja lämmastikusisaldus (N) 10,7% Sakata laguuni luikede väljaheite kuivkaalust.

Scherer jt (1995) järgi mõjutavad päevast lindude vahendatud fosforikoormust kolm peamist faktorit: a) veekogu kasutatavate lindude arv; b) väljaheite kogus; c) fosfori sisaldus väljaheites:

$$P = (B) (D) (C_d) (p)$$

P – P lisandumise määr (kg P/ajas); B – linnupäevade arv (linnupäevi/ajas); D – ühe linnu poolt tekitatud väljaheite kuivkaal (mg väljaheite DW /linnu kohta/päevas);  $C_d$  – kogu P sisaldus väljaheites väljendatuna protsendina kuivkaalust (mg P DW/ väljaheite kohta); p – tõenäosus,

et väljaheide satub veekogusse. N arvutati sama valemil alusel. N sisaldus kõikus kirjanduse andmetel juba sama liigi sees oluliselt. See sõltus toiduvalikust, linnu füsioloogilisest seisundist ja geneetilistest iseärasustest. Samuti, kuivõrd kuseteed ja seedekanal avaneb kloaaki, siis toitainete sisaldus linnu väljaheites oleneb vedela ja tahke osa osakaalust. **Seega, kõik toitainete osakaalu arvutused on väga ligikaudsed ja peegeldavad ainult ainekoguste suurusjärke.**

Lindude väljaheited võivad sattuda vette, aga samuti rannale, kust need suurvee või sademetega veekogusse kanduvad, seetõttu lisatakse arvutustesse selle arvesse võtmiseks tõenäosusfaktor. Scherer jt (1995) andmetel veetsid veelinnud vees või veelähedasel kaldal 7-8 tundi. Väljaheite vette sattumise tõenäosus sõltub vees või veelähedasel kaldal veedetud ajast. Siit tulenevalt võeti tõenäosust arvestava faktori p suuruseks 1/3. Kuivõrd siinsest hinnangust puuduvad täiesti kahelajad, siis suurendati väljaheite vette sattumise tõenäosust, et vältida alahinnangut. Nõ merepartidel (vardid, vaerad, aul, sõtkas) ja teistel veelindudel (pütid, kosklad, haigrud, lauk, kormoran) hinnati tõenäosust 100%-liseks, luikede-hanede ja nõ tavaliste partide väljaheite vette sattumise tõenäosust hinnati 80%, viupardi ja kajakate-tiirude väljaheite jaoks võeti see 60%-liseks ja sookurele 25%.

Haapsalu lahe lähiumbruses pesitsevad ja rändel peatuvad linnud on koondatud **suurusklassidesse** (vt tabel 1): 1) üle 5 kg kaaluvad linnud (luigid); 2) 2,5-5 kg kaaluvad linnud (haned, lagled); 3) 1-2,5 kg kaaluvad suured veelinnud (haigrud, vaerad, suuremad pardid ja kajakad, kormoran, lauk); 4) 0,5-1 kg kaaluvad keskmised veelinnud (vardid, pütid, aul, kalakajakas ja keskmise suurusega pardid, samuti liigini määramata jäänud pardid) ja 5) 0,1-0,5 kg kaaluvad väikesed veelinnud (piilpart, väikekoskel, tiirud ja väiksemad kajakad) (BWPi 2.0, 2006).

Lahes peatuvad linnud jagati toitumisharjumuste alusel **kolme bilansigruppi** (vt tabel 2): a) bilanss 1 märgib linde, kes toovad toitaineid teistelt aladelt sisse, st käivad lahel ööbimas; b) bilanss 0 tähistab linde, kes toituvad Haapsalu lahes ja seega toitaineid sisse ei too vaid tegemist on olemasolevate toitainete ringkäiguga; c) bilanss -1 märgib linde, kes viivad toitaineid lahest ja piirkonnast välja. Selline jaotus ei ole kindlasti täiuslik, sest see ei võta arvesse liike, kes toituvad nii veekogul kui ka toidu kättesaadavuse korral lähipiirkonnas asuvatel märgaladel või kultuurmaastikel (kajakad, luigid, haned, lagled jt). Täpsemad arvutused vajaksid paremat algandmestikku ja ülevaadet lindude tegutsemisharjumustest.

**TULEMUSED.** 2017. a vaatlusandmete kohaselt peatub Haapsalu lahel nii kevad- kui sügisrändel korraga keskmiselt 20 000 veelindu päevas, samas ei tea me aga sealset rändekäivet, st rändlindude koguhulka, kes ala kasutavad. Pesitsusaegne arvukus saartel ja rannikul on hinnanguliselt 4500-5000 lindu.

Grupi 1 suurus (vt tabel 1) oli 528750 lindu vaadeldud perioodi jooksul. Haapsalu lahe puhul oli selle grupi tõenäosuslik kogupanus ligikaudu 23141 kg, millest fosfor (P) moodustas ligi 433 kg ja N 533 kg. Grupi 0 suurus oli 2147044 lindu vaadeldud perioodi jooksul ja 0-grupi kogupanus oli ligikaudu 93330 kg, millest P moodustas 3537 kg ja N 8460 kg. Grupi -1 suurus vaadeldud perioodil oli 13 279 lindu, kellelt veekokku võis sattuda 645 kg väljaheiteid, milles P ja N osakaal oli vastavalt 32 kg ja 94 kg.

TABEL 1. Toitainete päritolu ja osakaal lahes peatuvate lindude väljaheites.

toitainete päritolu	bilanss	linnupäevi	vette sattuva väljaheite kuivkaal DW (kg)	P (kg)	N (kg)
lahte sisse	1	528750	23141	433	533
kohalik	0	2147044	93330	3537	8460
lahest välja	-1	13279	645	32	94

Tabelis 2 on toodud suurusklasside osakaalud Haapsalu lahe lindude jaoks ja nende väljaheite ligikaudne kogus kogu perioodi (aasta) kohta. Arvesse ei ole võetud asjaolu, et linnud veedavad veekogul ja selle kallastel ligikaudu kolmandiku ööpäevast. Eraldi on toodud fosfori (P) ja lämmastiku (N) kogused, mille arvutamisel on lähtutud kirjanduses toodud osakaaludest (Manny jt, 1994; Scherer jt, 1995; Huang ja Isobe 2012).

TABEL 2. Linnukogumite suurusklassid, arvukushinnang ja ligikaudne panus veekogu toitainetes.

liigirühmad	kaal (kg)	suurusklass	linnupäevi	P (kg)	N (kg)
luiged	> 5	1	285865	2229	5420
haned	2,5-5	2	409233	512	633
suured veelinnud	1-2,5	3	453301	324	662
keskmised veelinnud	0,5-1	4	1508901	930	2357
väikesed veelinnud	0,1-0,5	5	31733	7	14
<b>KOKKU</b>			<b>2 689 033</b>	<b>4002</b>	<b>9089</b>

Kõige rohkem panustavad veekogu toitainetes kõige suuremad liigid – luiged. Nende aastane väljaheite kogus, mis tõenäoliselt satub veekokku, on kuni 50 tonni. Samas, luikedest kõige arvukam kühmnokk-luik vastutab sellest ligikaudu 38 tonni eest ja on 100 % kohapealne toitaja. Seetõttu ei saa luikede P (2229 kg) ja N (5420 kg) oletatavat panust hinnata lahele mõjuva täiendava koormusena. Sama kehtib ka keskmiste veelindude grupi kohta, kes on kohalikud toitujad. Nende rolliks jääb samuti olemasolevate toitainete ringlusse toomine. Lisanduv kogus on hanede ligi 512 kg P ja 633 kg N. Siinkohal tuleb uuesti mainida, et kui paljud varem viidatud autorid kasutasid väljaheite veekogusse sattumise tõenäosuse arvestamiseks nn kolmandiku reeglit, siis siinsetes arvutustes on kasutatud maksimaalseid tõenäosusi, mis jäävad enamuses 0,8 ja 1 vahele.

Tabel nr 3 väljendab suurusrühmade arvukamate liikide panuseid. Kõige arvukamad on kevadrände ajal meri- ja tutvardid (keskmised veelinnud), sügisrände ajal kühmnokk-luiged, viupardid (keskmise veelind) ja laugud (väike veelind; vt tabel 2). Piirkonnas pesitsejatest on kõige arvukamad liigid naerukajakas, hallhaigur, kühmnokk-luik, jõgi- ja randtiir.

TABEL 3. Arvukamate rändepeatujate individuaalsed panused kevad- ja sügisrändel.

LIIK	toitainete voog (bilanss)	linnupäevi kevadel	linnupäevi sügisel	linnupäevi kokku	P (kg)	N (kg)
külmnokk-luik	kohal (0)	15090	199800	215140	1704	4144
suur-laukhani	sisse (1)	106500	3600	110100	122	144
valgepõsk-lagle	sisse (1)	37500	104940	142440	120	141
viupart	kohal (0)	4800	778950	783750	198	275
tuttvart	kohal (0)	110700	38574	149304	168	487
merivart	kohal (0)	469500	234	469734	528	1533
lauk	sisse (1)	7200	211500	218730	110	154
kokku		751290	1337598	2089198	2950	6878

Scherer jt (1995) ja Fleming jt (2001) lähtudes eeldasime, et lindude kiirest metabolismist tulenevalt satub suurem osa väljaheidetest lindude toitumisaladele. Seega, rannikust kaugemal ümbritsevatel aladel toituvad linnud väljutavad suurema osa toitainetest kohapeal, kuid mingi osa liigub lindude abil lahte. Lahel toituvad ja jääke väljutavad linnud veekogu toitainetkogust ei mõjuta, kuivõrd tegemist on kohapealse aineringlusega. Toitainete kättesaadavamaks muutumine taimedele seedimise tulemusel on siiski tõenäoline. Lahel toituvatest lindudest osa viib sealt toitaineid välja. Arvestuste aluseks tuletatud jaotused on võimalikult tõelähedased, kuid siiski osaliselt kunstlikud ja ei pretendeeri lõplikule tõele. Näiteks, paljud liigid on võimelised olenevalt toidu kogusest ja kättesaadavusest ümber lülituma eri saakobjektidele ja/või toitumisaladele. Suured taimtoidulised veelinnud nagu luiged ja haned toituvad periooditi maismaal ja käivad puhkamas ning joomas veekogudel. Ja kuigi arvatakse, et nende osa veekogude toitainetesisalduse suurendamisel on oluline, pole selle rolli suurust piisavalt tõestatud (Hahn jt 2007) ja tegelik panus sõltub nii toiduobjektist kui ka lindude pendeldamise sagedusest toitumiskoha ja puhkeveekogu vahel, mis sõltub omakorda toitumiskoha e põldude liigniiskusest. Liigniisketel põldudel toituvatel lindudel puudub näiteks vajadus teha lende joogikohtadesse, mis on reeglina veekogud.

Lisaks mõjutavad mitmed linnud oma tegutsemisega veel teisi veekogu või ranniku protsesse. Nii näiteks võib mustsaba-vigle setete segustamisel olla veekogu seisundile teistsugune ja olulisem mõju, kui lihtsalt bentose-toidulise liigina lagunemisprotsessi osa olles (Olah jt 2006).

Haapsalu lahe linnustikuandmed ei ületa Huang ja Isobe (2012) kiireks **diagnostiliseks indikaatoriks** pakutud lävendit 200 lindu/ha kohta. Kokku 2 689033 linnupäeva jaguneb 225 päeva vahel ja annab keskmiselt 5-6 lindu hektari kohta. Selle arvestuse puhul on lähtutud linnurikkama laheosa, Silma looduskaitsealasse kuuluvate Tagalahe, Saunja lahe ja Tahu lahe pindalast – ligikaudu 2100 ha. Kui lisada siia ka Haapsalu eeslaht, siis on vaadeldava veela suurus ligikaudu 4200 ha ja tulemus 2-3 linnu/ha. Samas, on võimalik, et esineb päevi või perioode, mil see nn kriitiline lindude arv ületatakse.

**KOKKUVÕTE:** Ühetaoline arusaam lindude väljaheidete mõjust veekogudele puudub. Haapsalu lahel peatuvad liigid on valdavalt liigid, kes toituvad lahes ja veeäärsel rannikul ning seetõttu nad veekogusse uusi toitaineid sisse ei kannu, vaid toimub kohapealse aine ringkäik.

Väljaheidete edasise „saatuse“ kohta tehtud Unckless ja Makarewics (2007) mesokosmose uuring näitas, et väljaheite sadenemine veekogus toimub ruttu, seetõttu kiiret ja vahetut veekeemia muutust ei täheldatud ja kuigi tsüanobakterite hulk suurenes ajas, ei erinenud tulemus katse kontrollandmetest. Mõju veekogule pole märgata enne, kui lisanduvad muud tegurid. Näiteks, kui algab tuulte põhjustatud vee segunemine või toimuvad muutused produktiivsuses või bentose koosseisus.

Varasemates uuringutes (Scherer jt 1995) leiti, et väljaheite P ei põhjustanud vetikate kasvu lühiajalises perspektiivis, pigem rikastas setteid. Nn õigetel tingimustel – nt madalatel lahustunud hapniku kontsentratsioonidel või kõrge pH juures, võib P vabaneda ja halvendada veekvaliteeti. Samuti leiti (Fleming jt 2001), et väljaheite kusihape ei lahustunud ja sadenes veekogu põhja. Nii toitainete ringkäik kui sette tekkimine sõltub väga palju konkreetsest ökosüsteemist.

Lindudega kaasnevate toitainete kogused vees sõltuvad liigist. Näiteks kalatoidulise kormorani väljaheite N-sisaldus on ca 8 korda suurem, kui taimtoidulise hallhane väljaheites (Andrikovics jt 2006), linnupopulatsiooni suurusel, lindude toitumisharjumustest (näiteks hanedel, kes toituvad lutsernist, sisaldasid väljaheited 5 korda rohkem N ja 2,6 korda rohkem P, kui maisist toituvatel hanedel), veekogu lahjendusvõimest, ajast ja aastaajast (Fleming jt 2001). Rändlindudel kahtlemata on potentsiaali panustada eutroofilistesse protsessidesse, kuid varasemates uuringutes leiti valdavalt, et toimivas süsteemis linnud ei mõjuta toitainete taset olulisel määral.

Marion jt (1994) leidsid, et aastatel 1981-82 peatunud 1 021 600 linnu ja 1990-91 peatunud 2 435 000 linnu osa oli 6300 ha järvele Prantsusmaal suhteliselt ebaoluline. Nende arvestuste kohaselt linnud vastutavad 0.7 ja 0.4% ( 7640 kg ja 5800 kg) kogu N ja 2.4 ja 6.6% (2000 kg ja 2530 kg) kogu P lisandumise eest. Leidsid, et P osakaal suureneb taimekasvu perioodil (apr – september) kuni 37%-ni. Need näitajad on võrreldavad ligikaudsete arvutustega (P 4002 kg ja N 9089 kg) Haapsalu lahe kohta.

Kättesaadava andmestiku põhjal tehtud ligikaudsetest arvutustest selgub, et lahel peatuvad liigid on valdavalt kohapeal toituvad liigid, mis tähendab, et lindude vahendatud toitainete lisandumine Haapsalu lahte ei ole kuigi suur.

## ETTEPANEKUD UURINGUTEKS JA SEIREKS.

Mõjude hindamine, mis oleks suurema täpsusastmega, vajab eraldi uuringut, mis arvestab aastate vahelisi erinevusi lindude liigikoosseisus ja muutusi arvukuses, s.t toimuks mitmel järjestikusel aastal ja võttes arvesse uurimisalal peatuvate lindude käitumist.

1. Tuleb kindlaks teha uurimisala suurus. See peab sisaldama kõiki alasid, mida veekogul peatuvad või pesitsevad linnud kasutavad (ööbimisalad, toitumisalad, puhkealad, sulgimisalad), sest lindude viibimine ja toitainete sissekanne lahte sõltub suurel määral ümbritsevatest aladest.

2. Kahe nädalase intervalliga tuleb läbi viia loendus kogu alal, hõlmates nii ööbimis- kui toitumisala. Vaatlustega tuleb katta kõik perioodid - kevadränne, pesitsemine, sulgimine, sügisränne ja talvitumine.

3. Samal ajal (rändeperioodidel) tuleb registreerida kõik toitumislennud, mis toimuvad ööbimis- ja toitumiskohtade vahel. Vajaduse korral võiks olla võimalik toitumis- või ööbimisalade loomise/kujundamisega mõjutada rändel peatuvate lindude eelistusi. Näiteks põllukultuuride valikuga, poldrialadel veetaseme muutmise või uute üleujutusalade loomisega sobivamatesse piirkondadesse, et hajutada võimalikku koormust veekogudele ja kasutada ära väljaheites sisalduvat P ja N.
4. Võimaluse korral tuleks uurida rändekäivet (turn over), kasutades selleks satelliitjälgimist ja rõngavaatlusi (n luiged ja haned). See annaks väga väärtuslikku lisateavet uurimisala kasutamise kohta lindude poolt. Teades rändekäivet, saame me täpsemalt arvutada lindpäevi, mis on üheks oluliseks aluseks edaspidiste kalkulatsioonide tegemisel.
5. Tuleb kindlaks teha veekogul pesitsevate lindude arvukus.
6. Tuleb määrata toitainete hulk arvukamalt esindatud liikide väljaheites (haned, luiged, kajakad), sõltuvalt aastaajalistest muutustest lindude toitumises.
7. Võimaluse korral tuleks määrata veekokku tuleva ning sealt väljuva vee keemiline koostis.

## KASUTATUD KIRJANDUS

- Andrikovics, S., G. Gere, J. Juhasz and G. Lakatos. 2006. Mallard waste production and effects on water quality in small water bodies. Pp.125-130 in Hanson, A., J. Kerekes and J. Paquet. 2006. Limnology and Aquatic Birds: Abstracts and Selected Papers from the Fourth Conference of the Societas Internationalis Limnologiae (SIL) Aquatic Birds Working Group. Canadian Wildlife Service Technical Report Series No.474 Atlantic Region. xii + 203 pp.
- BWPi 2.0. - Handbook of the Birds of Europe, the Middle East, and North Africa: The Birds of the Western Palearctic 2006, BirdGuides Ltd & Oxford University Press.
- Chaichana, R., M., Leah. B., Moss. 2010. Birds as eutrophic agents: a nutrient budget for a small lake in a protected area. *Hydrobiologia*, 646: 111-121.
- Fleming, R., P. Eng and H., Fraser. 2001. The Impact of Waterfowl on Water Quality – Literature Review. Ridgetown College, University of Guelph Ridgetown, Ontario Canada.
- Hahn, S., S., Bauer and M., Klaassen. 2008. Quantification of allochthonous nutrient input into freshwater bodies by herbivorous waterbirds. *Freshwater Biology*, 53: 181-193
- Huang G. and M. Isobe. 2012. Carrying capacity of wetlands for massive migratory waterfowl. *Hydrobiologia*, 697: 5-14.
- Marion, L., P. Clergeau, L. Brient, and G. Bertru. 1994. The importance of avian-contributed nitrogen (N) and phosphorus (P) to Lake Grand-Lieu, France. *Hydrobiologia*. 279/280: 133-147.
- Olah, J., Jr., G. Lakatos, B. Kovacs, S. Andrikovics and J. Olah. 2006. Waterbird guilds in Hungarian wetlands. Pp.92-102 in Hanson, A., J. Kerekes and J. Paquet. 2006. Limnology and Aquatic Birds: Abstracts and Selected Papers from the Fourth Conference of the Societas Internationalis Limnologiae (SIL) Aquatic Birds Working Group. Canadian Wildlife Service Technical Report Series No.474 Atlantic Region. xii + 203 pp.

Scherer, N. M., H. L. Gibbons, K. B. Stoops and M. Muller. 1995. Phosphorus Loading of an Urban Lake by Bird Droppings. *Lake and Reservoir Management*, 11:4, 317-327.

Unckless, R., L. ja J. C., Makarewics. The impact of nutrient loading from Canada Geese (*Branta canadensis*) on water quality, a mesocosm approach, 2007. *Hydrobiologia*, 586: 393-401.

Silma looduskaitseala ja Karjatsimere hoiuala kaitsekorralduskava 2017-2026. Keskkonnaamet 2017.

Lisa 1. Lindude arvukus kevadel ja sügisel.

toitainete voog	bilanss	lindpäevi kevadel	lindpäevi sügisel	lindpäevi kokku	DW tõenäoline (kg)	P (kg)	N (kg)
sisse	1	188700	340020	528750	23141	433	533
kohal	0	713910	1431540	2147044	93330	3537	8460
välja	-1	4455	8064	13279	645	32	94

Arvudest nähtub, et sügisrändel peatub lahes ca 2 korda rohkem linde kui kevadrändel. Mis on igati ootuspärane arvestades seda, et linnud naasevad pesitsusaladelt.