



Euroopa Liit
Ühtekuuluvusfond



Eesti
tuleviku heaks



KESKKONNA-
INVESTEERINGUTE
KESKUS



ELME

Eesti maismaaökosüsteemide hüvede (ökosüsteemiteenuste)
majandusliku väärtuse üleriigiline hindamine ja kaardistamine

**Kuidas loodus meie elukeskkonda hoiab.
Reguleerivate hüvede tähtsus**

Ain Kull

ELME projekti seminar 18.04.2023



KESKKONNAMINISTEERIUM



KESKKONNAAGENTUUR



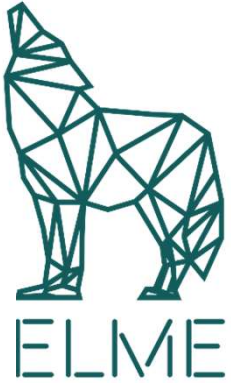
TARTU ÜLIKOOL



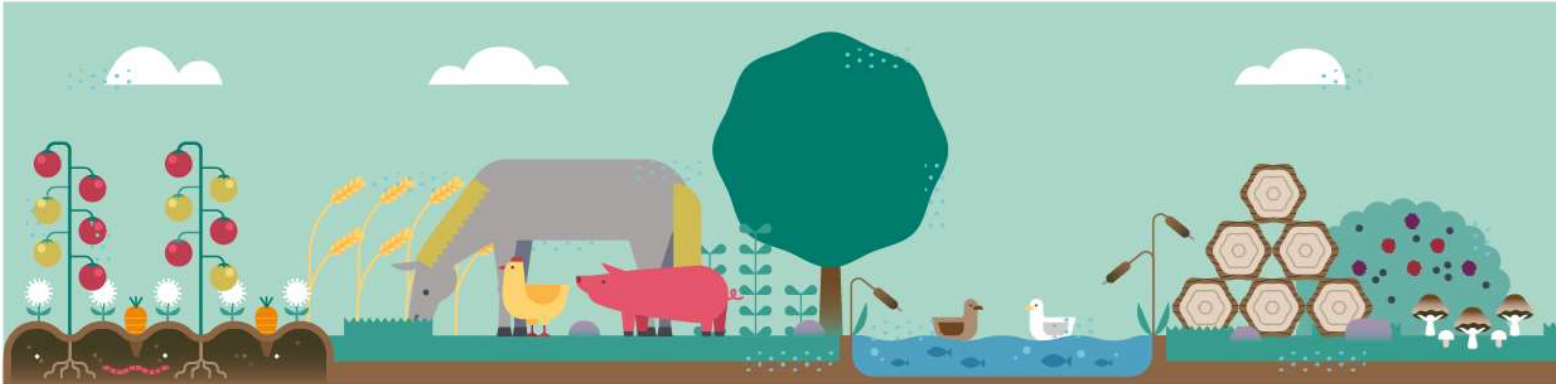
Eesti Maaülikool
Estonian University of Life Sciences

www.emu.ee

Ökosüsteemiteenused



Varustus- teenused



- Toit ja sööt
- Puit
- Marjad, seemned
- Kalad, ulukid
- Ravimtaimed
- Puhas vesi
- Viljakas muld
- Puhas õhk

Reguleerivad teenused



- Tolmeldamine
- Kahjurite-ja haiguste kontroll
- Kliima reguleerimine
- **Süsinikusidumine ja -varu**
- **Erosiooni reguleerimine**
- **Ainevood ja mullaviljakus**
- **Veevoogude reguleerimine**
- Vee- ja õhukvaliteedi reguleerimine

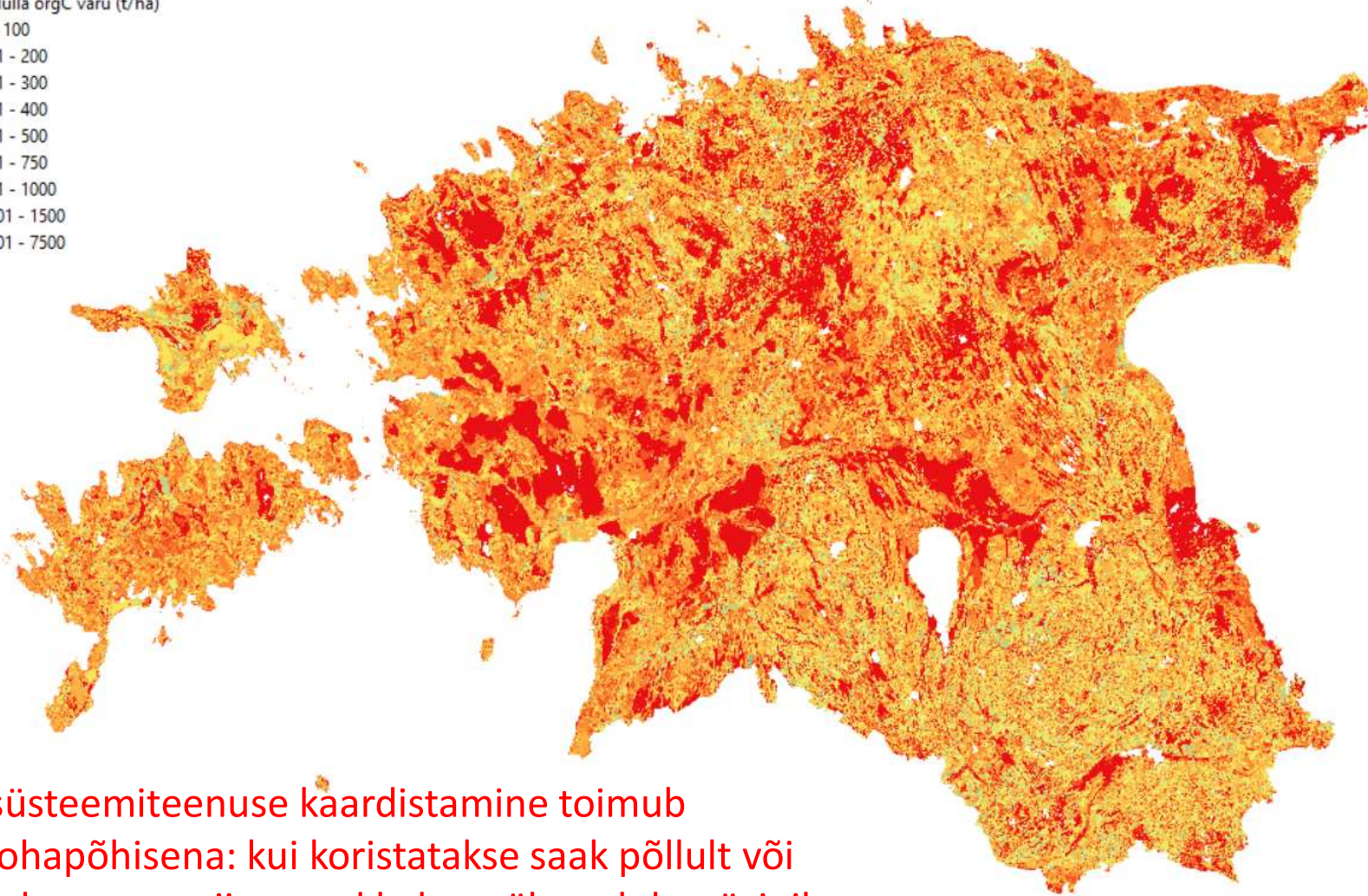
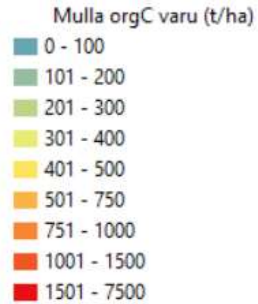
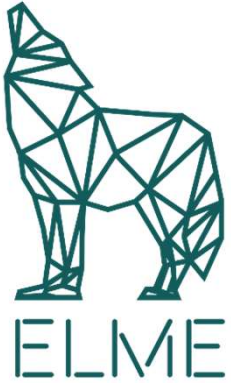
Kultuuri- teenused



- Rekreatiivsed teenused
- Kultuur ja kohatundmus
- Esteetilise ja vaimse naudinguga pakkumine,
- Teaduslike uuringute / teadmiste allikas

Globaalne kliimaregulatsioon

Süsinikuvaru ja kasvuhoonegaaside voog

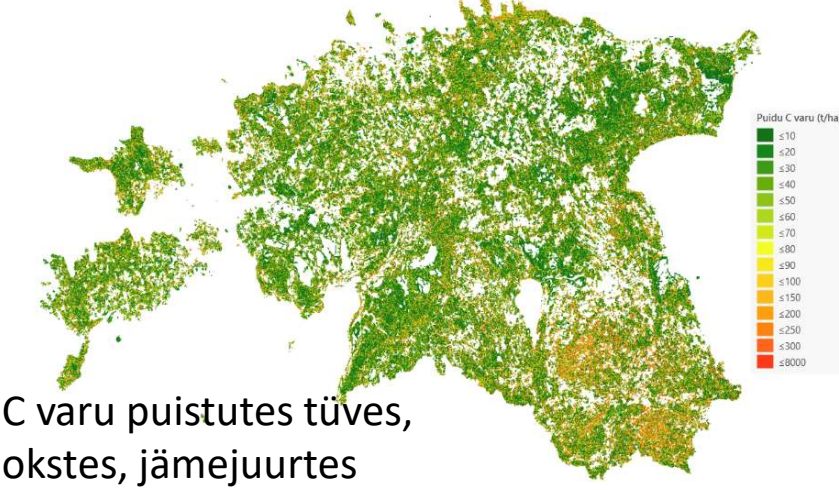
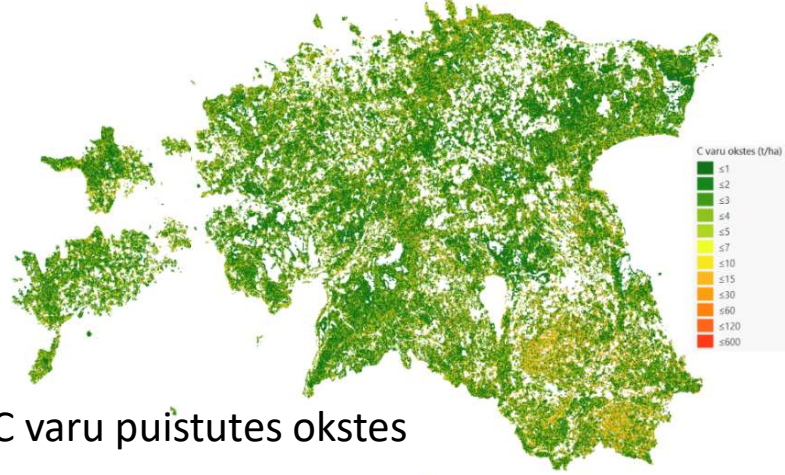
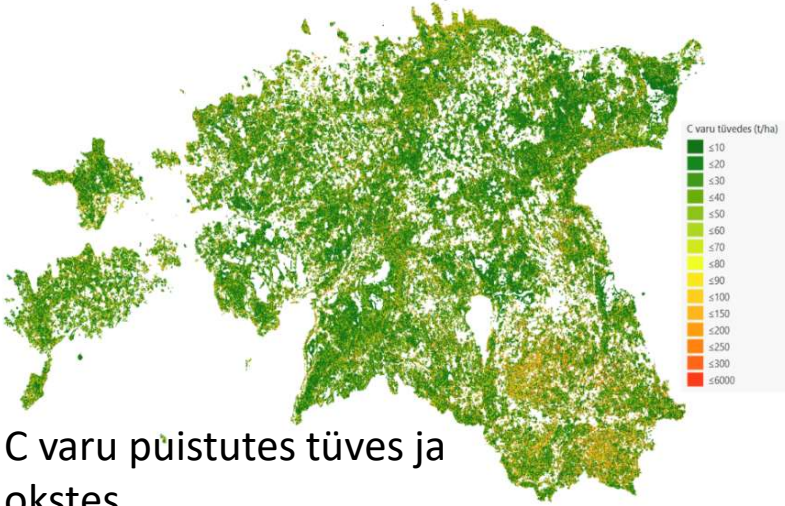
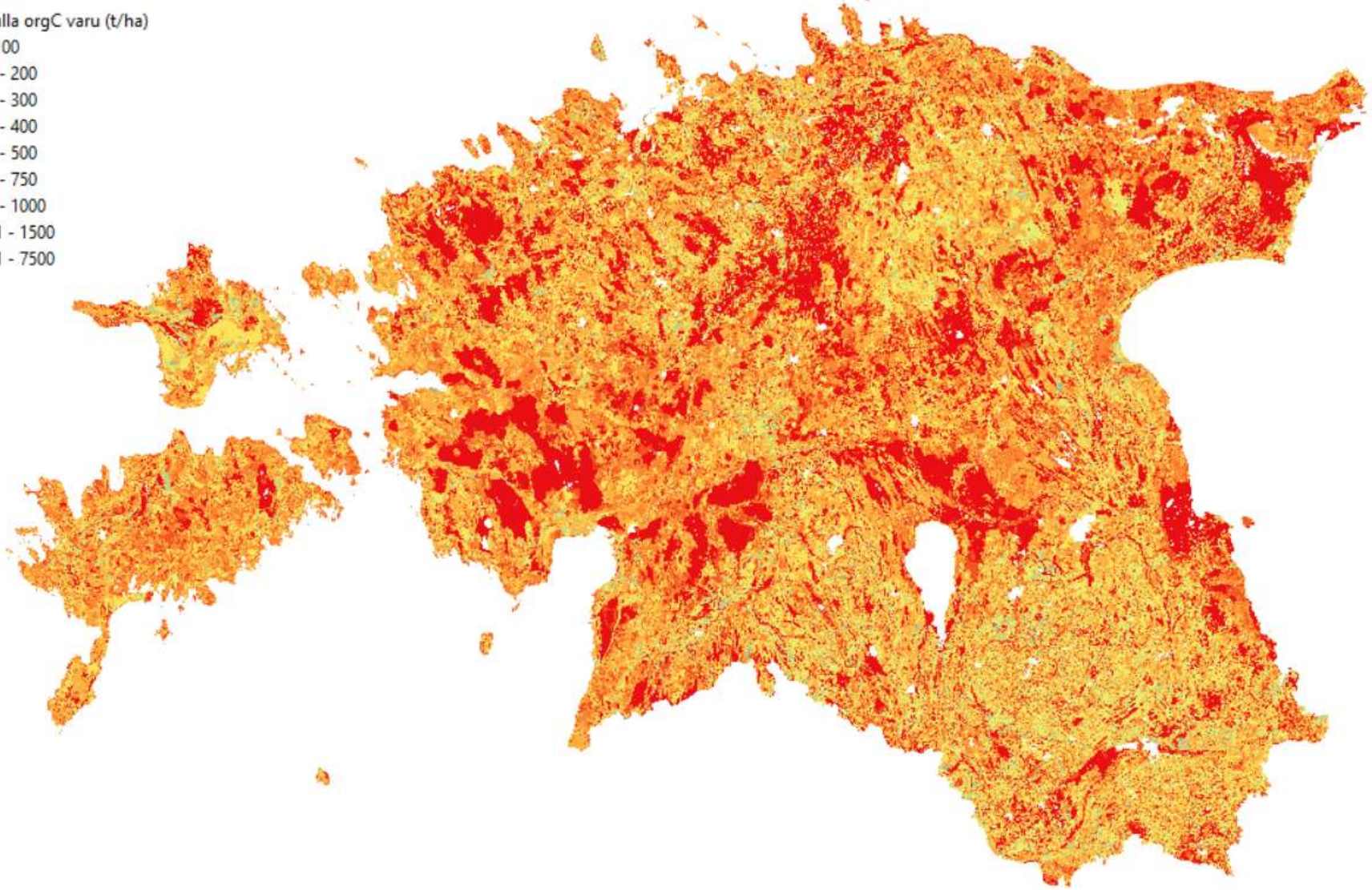
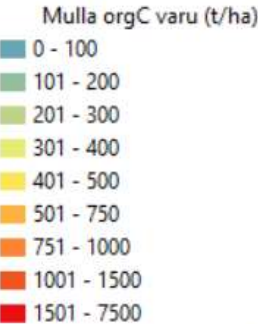


**Mulla süsinikuvaru –
eelneval perioodil
akumuleerunud kapital**

CO₂ ja CH₄ voog näitab kas me kulutame ökosüsteemis kogunenud kapitali (mullas pikaajaliselt ladestunud süsinikku) või suurendame kapitali (toimub orgaanilise aine ladestumine mullas)

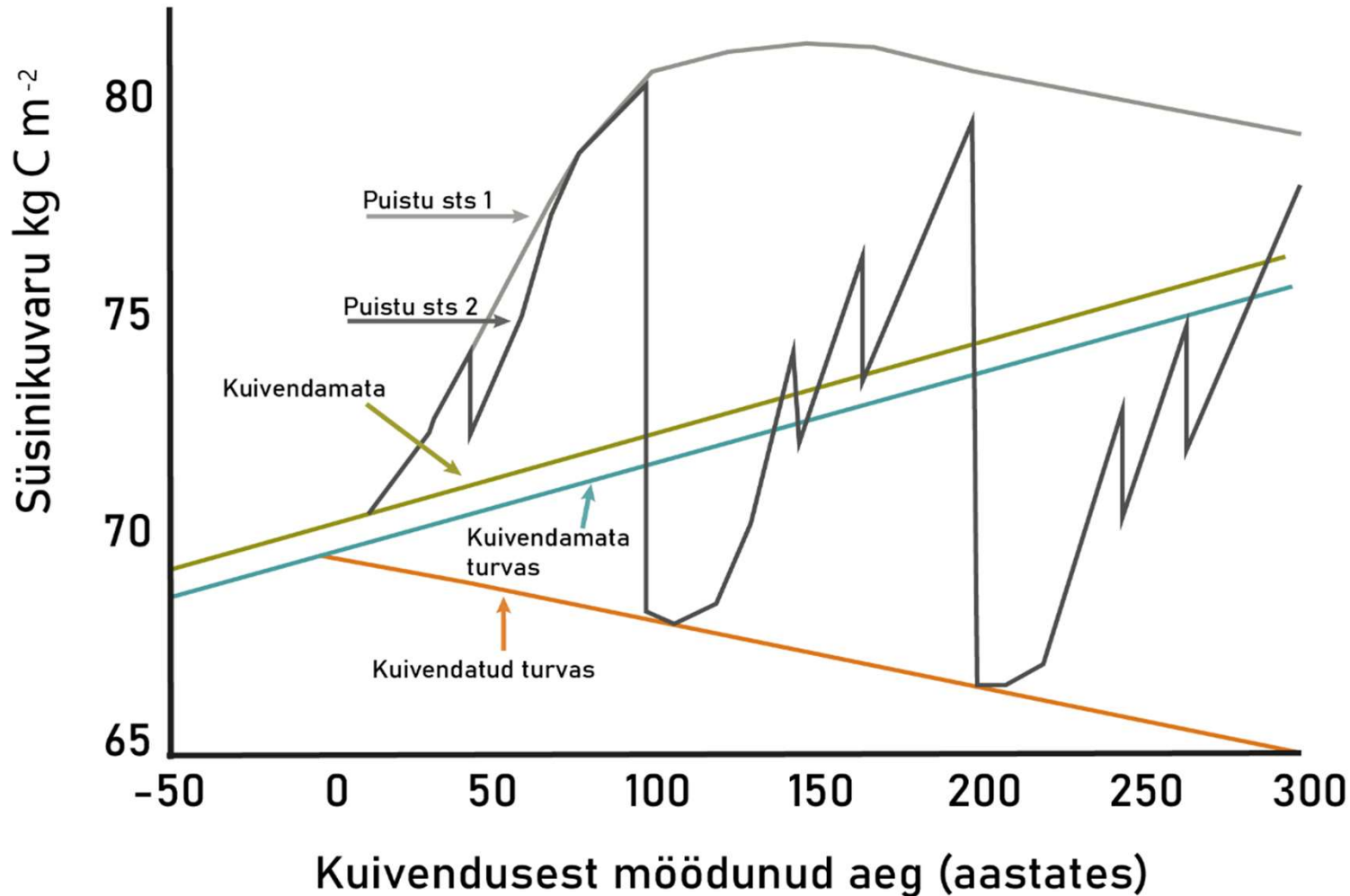
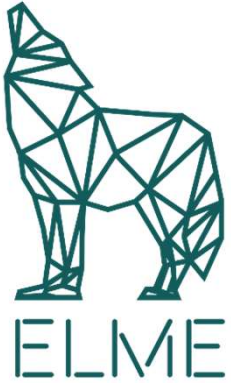
Ökosüsteemiteenuse kaardistamine toimub asukohapõhisena: kui koristatakse saak põllult või raiutakse mets, siis antud kohas väheneb ka süsinikuvaru vastavalt eemaldatud süsinikukoguse võrra.

Kus on süsinik?



Igal kooslusel ja mullal on talle omane C sidumise ja säilitamise võime!
Sooökosüsteem ja rabamuld on selles osas eriline...

Süsinikuvaru – talletamine või käive?



Kliima ehk ilmastu on teatud piirkonnale omane pikaajaline keskmistatud ilmaste režiim. Lühimaks kliimaperioodiks on 30 aastat, kliimaprotsesside muutumine võib võtta sajandeid...

Lühiajalise kasu nimel ei tohi loobuda pikaajalisest ja püsivast kasust!

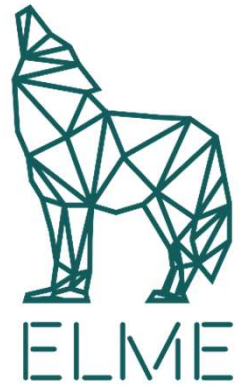
Mullas ja turvas talletatakse atmosfäärist seotud süsinikku pikaajaliselt, biomassis olev süsinik on ringluses olev süsinik.

Süsinikuvaru dünaamika vähetoitelises rabamännikus kuivendusjärgselt 300 a kohta.

Puistu stsenaariumid (sts): 1 – süsinikuvaru raieta; 2 – süsinikuvaru raietega (harvendus- ja lageraiet). Süsinikuvaru muutus kuivendamata rabas (sinine joon) ja puistus (roheline ja sinise joone vahe). Laine & Minkinen (1996) järgi.

Mida teha süsiniku sidumise tagamiseks?

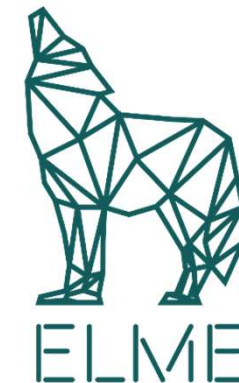
- Koosluse muutmisel võime saavutada suurema C-varu biomassis (nt. kuivendatud soomullal metsa majandades), aga kaotame pikaajaliselt seotud C-varu kuivendatud turvasmullas.
- Agrotehniliste võtetega saame säilitada või suurendada mullas C-varu, aga igal mullal on talle omane C sidumise ja säilitamise võime.
- Sooökosüsteemi säilitamine tagab aeglase kuid aastatuhandeid kestva pideva C-varu suurenemise pikaajaliselt seotuna turbas.
- Jääksoode korrastamine sooökosüsteemidena on ainus lahendus pikaajaliseks süsiniku eemaldamiseks atmosfäärist.



Jääksoode ja turbaväljade korrastamise kolm meetodi



Süsiniku hind



- Süsiniku maksumust kliima reguleerimise teenuse puhul ei hinnata kvalitatiivse erinevuse alusel (nt. süsinik CO₂, CH₄, huumuse, puidu või rohtse biomassi koosseisus on sama hinnaga)

- Turuhinna meetod:

EU ETS süsinikuheitme maksumus

80.68 EUR CO₂/t

(7.07 – 99.22 EUR CO₂/t)

- Sotsiaalse kulu meetod:

185 USD CO₂-SC/tonn

(\$44–\$413 tCO₂: 5%–95% range, 2020 USD)

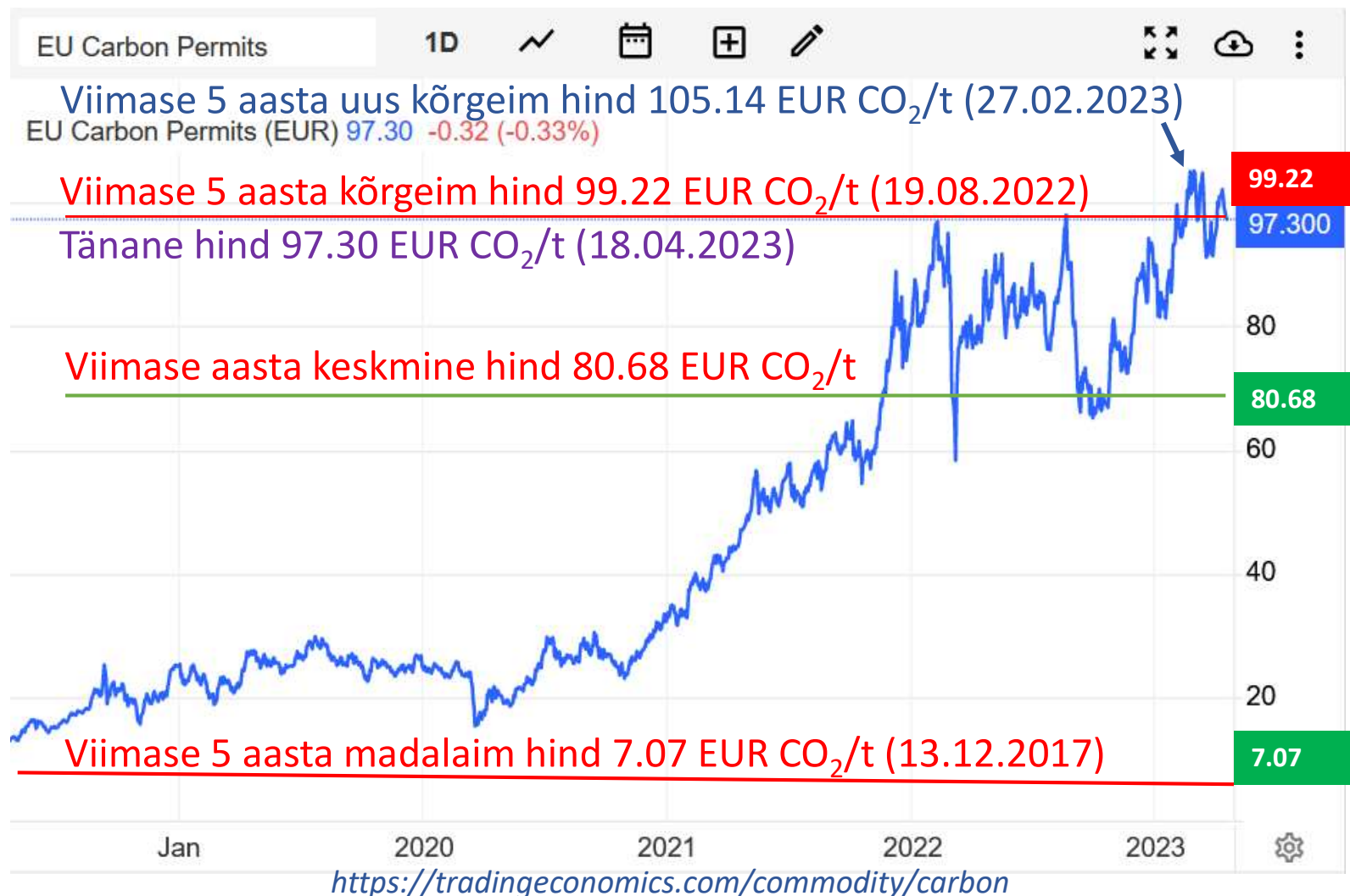
Rennert et al., 2022: <https://doi.org/10.1038/s41586-022-05224-9>

- Ära hoitud kahju meetod:

IPCC hinnangul hind, mis on vajalik et hoida kliimasoojenemine alla 1.5 °C

135 – 5500 USD/t CO₂ aastal 2030,

245 – 13 000 USD/t CO₂ aastal 2050



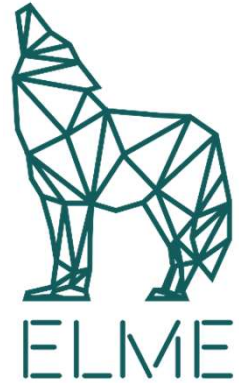
Mulla orgaanilise süsiniku hind

The price of soil organic carbon



Eesti maismaaökosüsteemide hüvede (ökosüsteemiteenuste)
sotsiaalmajandusliku väärtuse üleriigiline hindamine ja kaardistamine

Keskkonnaagentuur, 2023

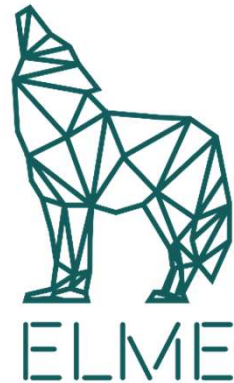


Mulla süsinikuvaru hind:

- Kaitsealade sees:
297 660 444 226 EUR
(pindala ca 810 612 ha)
- keskmine
hind 367204 EUR/ha
- Väljaspool
kaitsealaid:
860 837 588 703 EUR
(pindala 3 380 919 ha)
- keskmine
hind 254617 EUR/ha

Aineringete reguleerimine

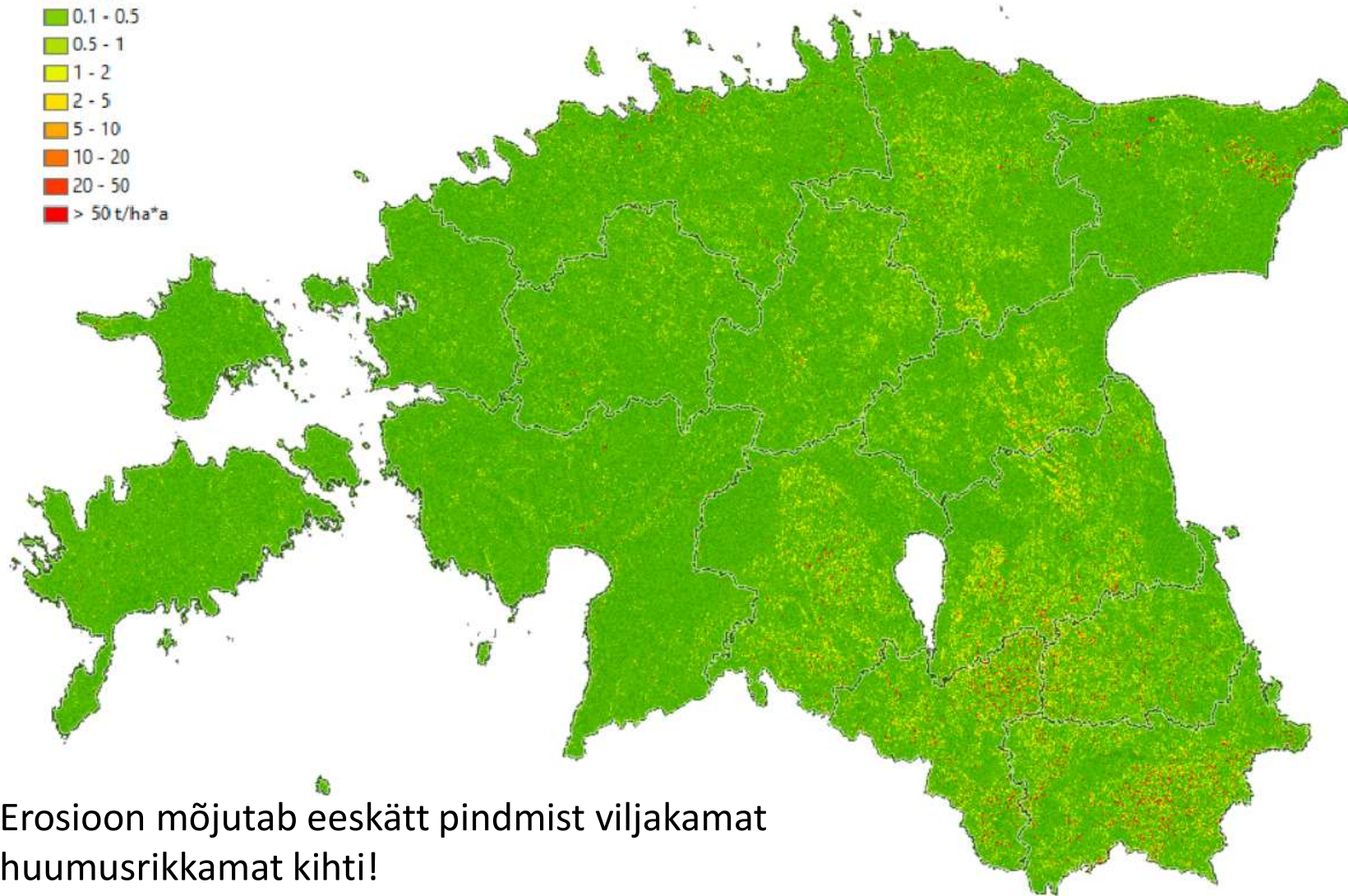
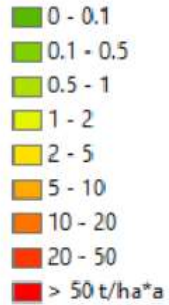
ehk kuidas hinnata erosiooni maksumust?



- Saagikuse langus
Võrreldakse tugevalt, keskmiselt ja nõrgalt erodeeritud mullal saagi kahanemist omavahel ja referentsmullal saaki. Saamata jäänud saagi maksumuse alusel arvutatakse mulla ärakande maksumus (Den Biggelaar et al. 2004)
- Arvestades põhiliste mullaliikide keskmisi N ja P sisaldusi ning erosiooni käigus ära kantud mulla koguseid, arvutatakse ärakande kompenseerimiseks vajalik toitainete maksumus väetiste hinna alusel (Telles, 2011)
- Setete ärakanne ja veekogude eutrofeerumine

Aineringete reguleerimine

Mulla ärakanne (t/ha*a)



Erosioon mõjutab eeskätt pindmist viljakamat huumusrikkamat kihti!

Reguleerivate teenuste põimik:

Süsiniku ärakanne mõjutab niiskusrežiimi, kahaneb toitainete varu, väheneb C sidumise ja kliima reguleerimise võimekus jne.

$$A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$$

A – mulla ärakanne (t/ha);
 R – sademete erodeeriv faktor ($[\text{kJ/m}^2][\text{mm/h}]$);
 K – mulla erodeeritavuse faktor ($[\text{t/ha}][\text{h/N}]$),
 L – nõlva pikkuse faktor (dimensioonita suhtarv);
 S – nõlvakalde faktor (dimensioonita suhtarv);
 C – taimkatte faktor (dimensioonita suhtarv);
 P – kaitseabinõude rakendamise faktor

Aasta keskmine ärakanne on:

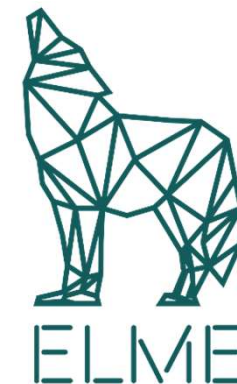
- üle kõikide maakasutusklasside **0.08 t/ha*a**
- **intensiivselt haritavalt maalt 0.38 t/ha*a**
- **rohumaadelt 0.012 t/ha*a**
- **kõigilt põllumajanduslikus kasutuses maadelt 0.21 t/ha*a**

Aineringete reguleerimine

Fosfori ärakanne erosiooniga (t/ha*a)



Künnikihi ja looduslike ökosüsteemide pindmise kihi fosforisisaldus (mg/kg)



Aineringete reguleerimise teenuse hindamine ärakanne kompenseerimiseks vajaliku fosforväetiste koguse ja maksumuse alusel (Telles, 2011)

Erosiooniga ära kantava mulla P sisalduse järgi on vaja fosforisisalduse säilitamiseks iga aasta hektari kohta kulutada:

- **tervilja ja rapsipõldudel 108-113 EUR ha*a,**
- **vaheltharitavatel kultuuridel 131 EUR ha*a**
- **rohumaadel 2.4 EUR ha*a**

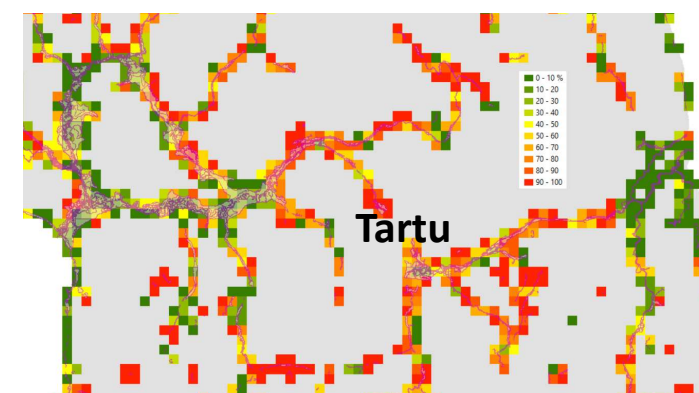
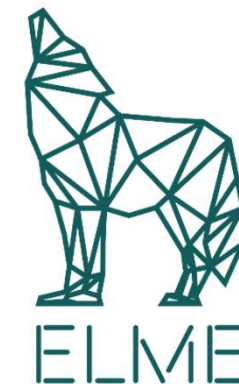
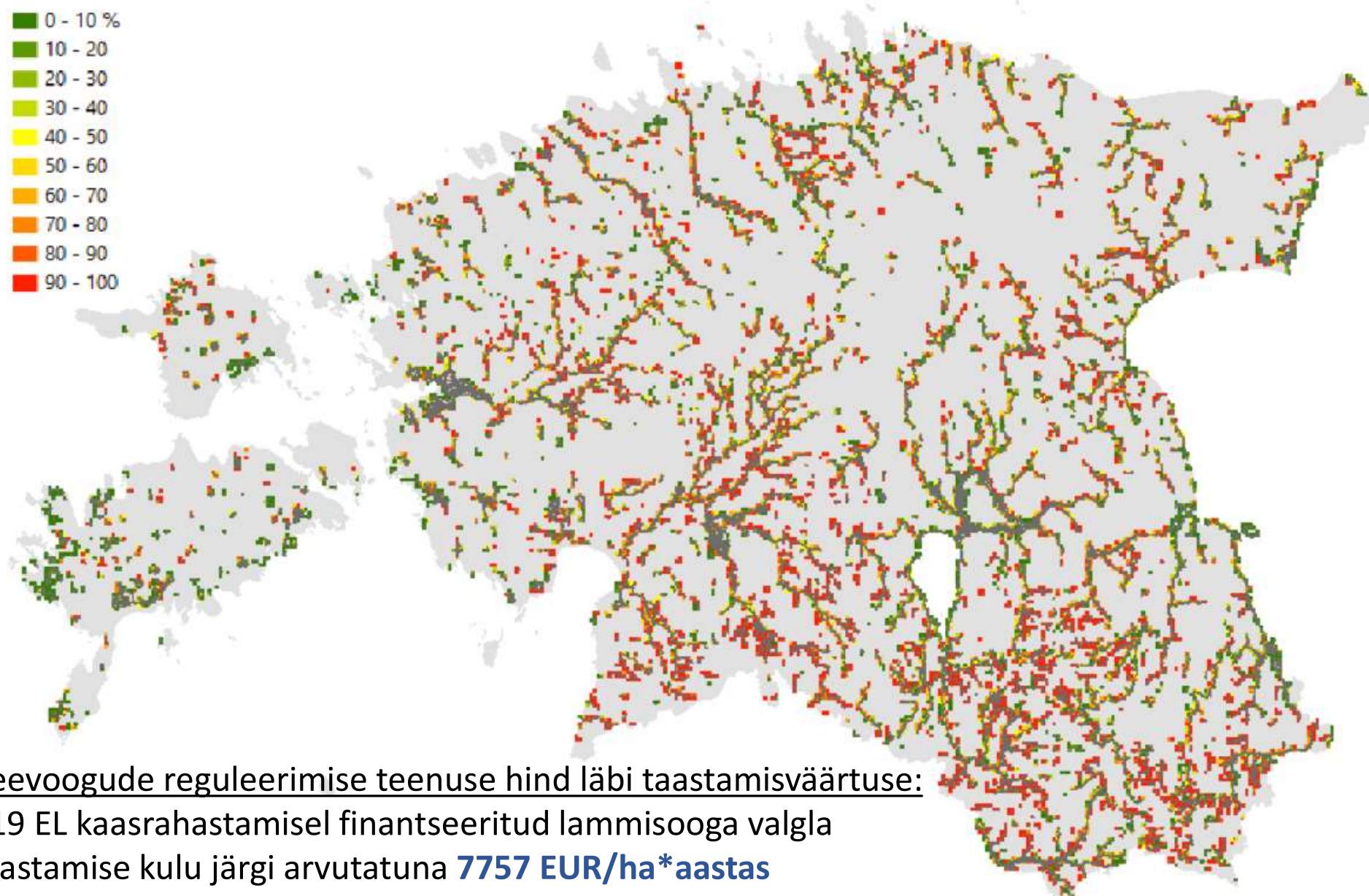
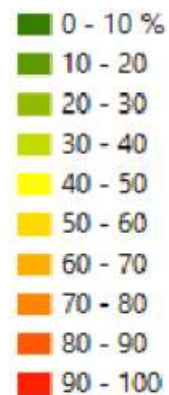
eeldades, et kasutatava P₂O₅ kompleksväetise hind on 800 EUR/tonn.

Lisaks tuleb arvestada eutrofeerumisega seotud kulu 366 EUR/t veekokku jõudnud P kohta

Gourevitch et al., 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112838>

Reguleerivad teenused: veevoogude reguleerimine.

Lammimuldade kuivendatuse määr (kuivendatud lammimulla % kõigist 1 km² jäävatest lammimuldadest)

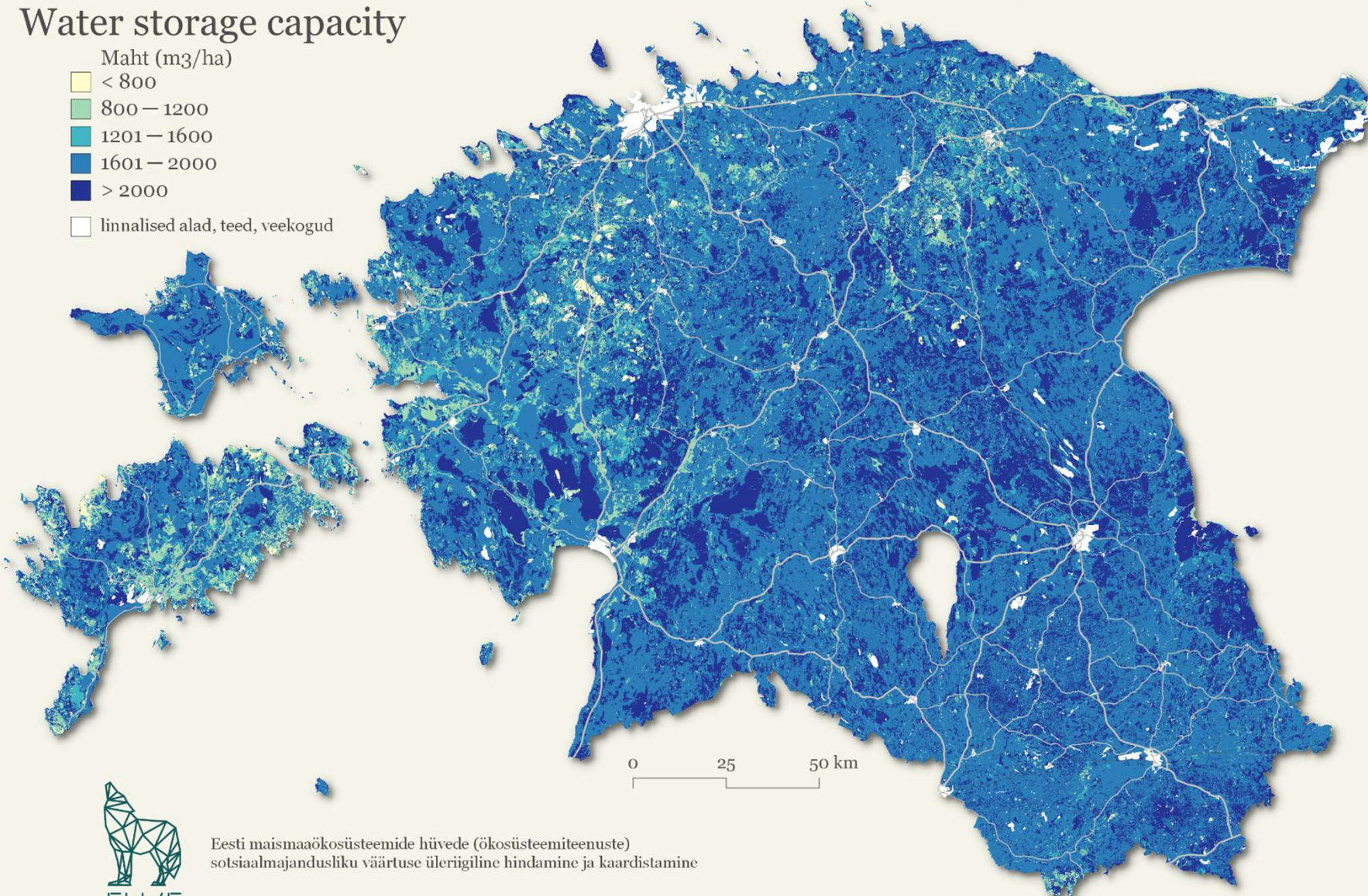
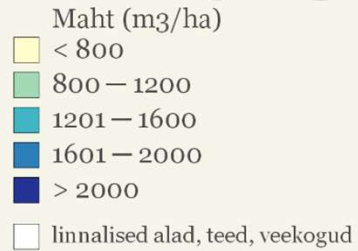


Väärtuse rahaline hindamine ülepinnaoliselt keeruline (sõltub asustuse paiknemisest, planeeringutest, objektide väärtusest), aga hinnatav kvantitatiivselt

Veevoogude reguleerimise teenuse hind läbi taastamisväärtuse:
119 EL kaasrahastamisel finantseeritud lammisooaga valgla taastamise kulu järgi arvatuna **7757 EUR/ha*aastas**
(Szalkiewicz et al., 2018)

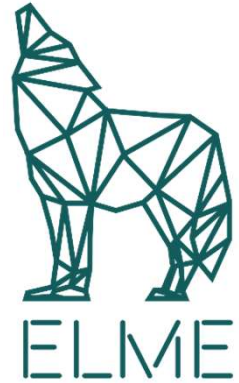
Veevoogude puhverdamine

Vee reguleerimise maht Water storage capacity



Eesti maismaaökosüsteemide hüvede (ökosüsteemiteenuste)
sotsiaalmajandusliku väärtuse üleriigiline hindamine ja kaardistamine

Keskkonnaagentuur, 2023



Reguleerimisvõime arvutati
maksimaalse ehk täieliku
veemahutavuse ja
närbumisniiskuse vahena:

$$W_r = W_{\max} - W_{\text{närb}}$$

Aluseks Toth et al., 2017 andmestik
(<https://doi.org/10.1002/hyp.11203>)

Veevoogude puhverdusvõime
kaitsealadel:

Kokku: 1 534 150 162 m³
(pindala 815 023.92 ha)
keskmise **1882.34 m³/ha**

Väljaspool kaitsealaid:

Kokku: 6 270 715 061.03 m³
(pindala: 3 431 149.8 ha)
keskmise **1827.58 m³/ha**

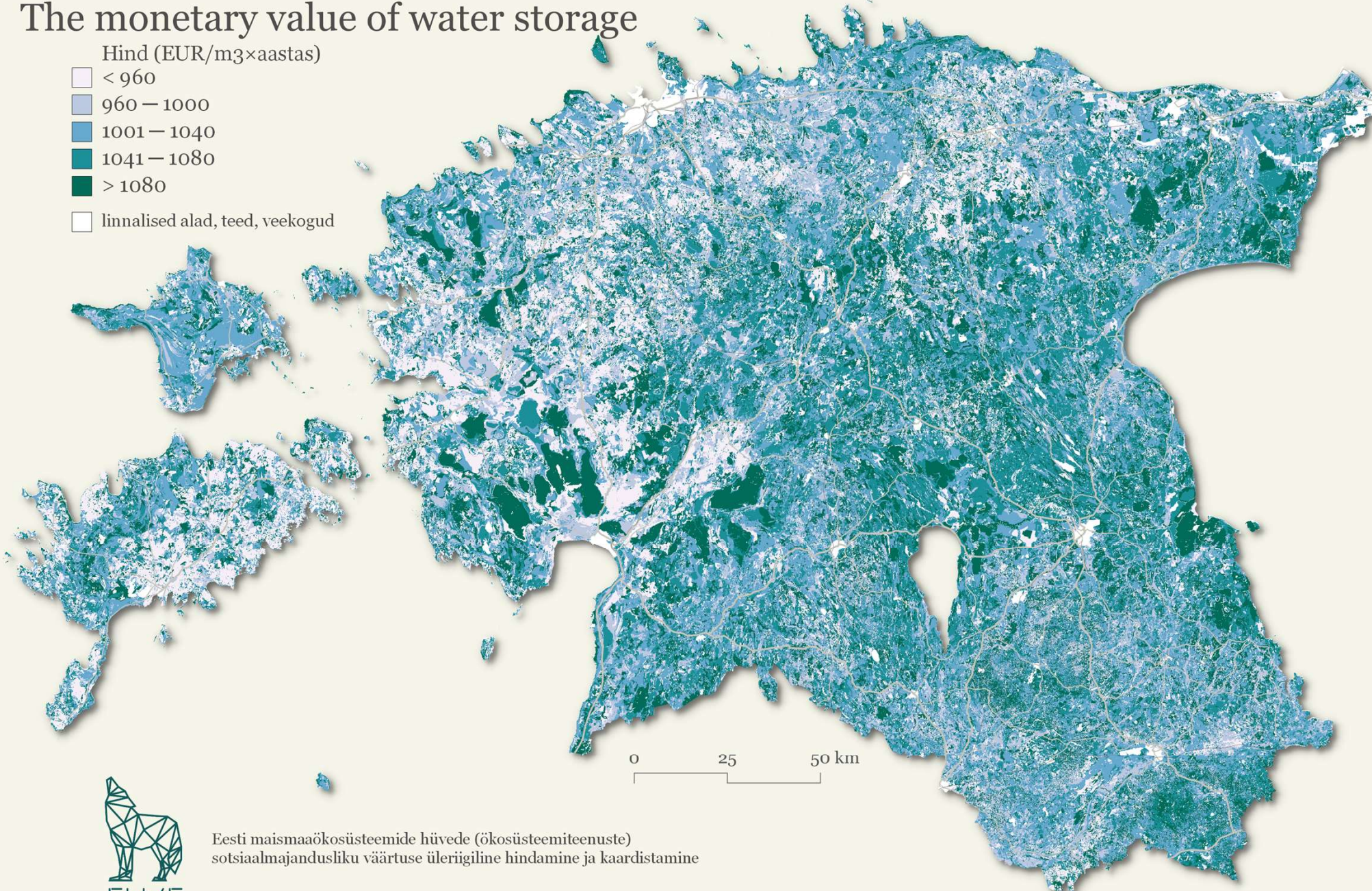
Vee reguleerimisvõime maksumus

The monetary value of water storage

Hind (EUR/m³×aastas)

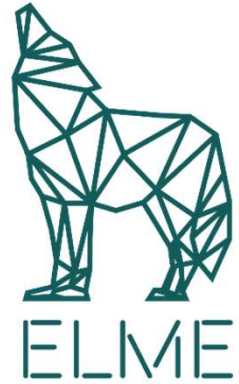
- < 960
- 960 – 1000
- 1001 – 1040
- 1041 – 1080
- > 1080

□ linnalised alad, teed, veekogud



Eesti maismaaökosüsteemide hüvede (ökosüsteemiteenuste) sotsiaalmajandusliku väärtuse üleriigiline hindamine ja kaardistamine

Keskkonnaagentuur, 2023



Vee puhverduisvõime maksumus **0.53 EUR m³*aastas** (Grygoruk et al., 2013)

$$Scost = \frac{\sum (Rc + M)}{\sum Rv} \cdot Dr^{-1}$$

Kaitsealadel:

813 101 695.91 EUR
(pindala 815023.92 ha)
keskmise maksumus
997.64 EUR/ha

Väljaspool kaitsealaid:

3323443587.72 EUR
(pindala: 3431149.8 ha)
keskmise maksumus
968.61 EUR/ha



Euroopa Liit
Ühtekuuluvusfond



Eesti
tuleviku heaks



KESKKONNA-
INVESTEERINGUTE
KESKUS



ELME

Täna!



KESKKONNAMINISTEERIUM



KESKKONNAAGENTUUR



TARTU ÜLIKOOL



Eesti Maaülikool
Estonian University of Life Sciences

www.emu.ee