



KESKKONNAAGENTUUR



KESKKONNAMINISTEERIUM



Ökosüsteemide seisundi ja looduse hüvede üleriigiline hindamine ja kaardistamine – ELME projekti tulemuste avalik seminar 29.10.2020

Ökosüsteemid aine- ja energiaringes, sh kliimareguleerijana, erosiooni, üleujutuste ja müra puhverdajana

Ain Kull

Tartu Ülikool geograafia osakond

Ain.Kull@ut.ee



Euroopa Liit
Ühtekuuluvusfond



Eesti
tuleviku heaks

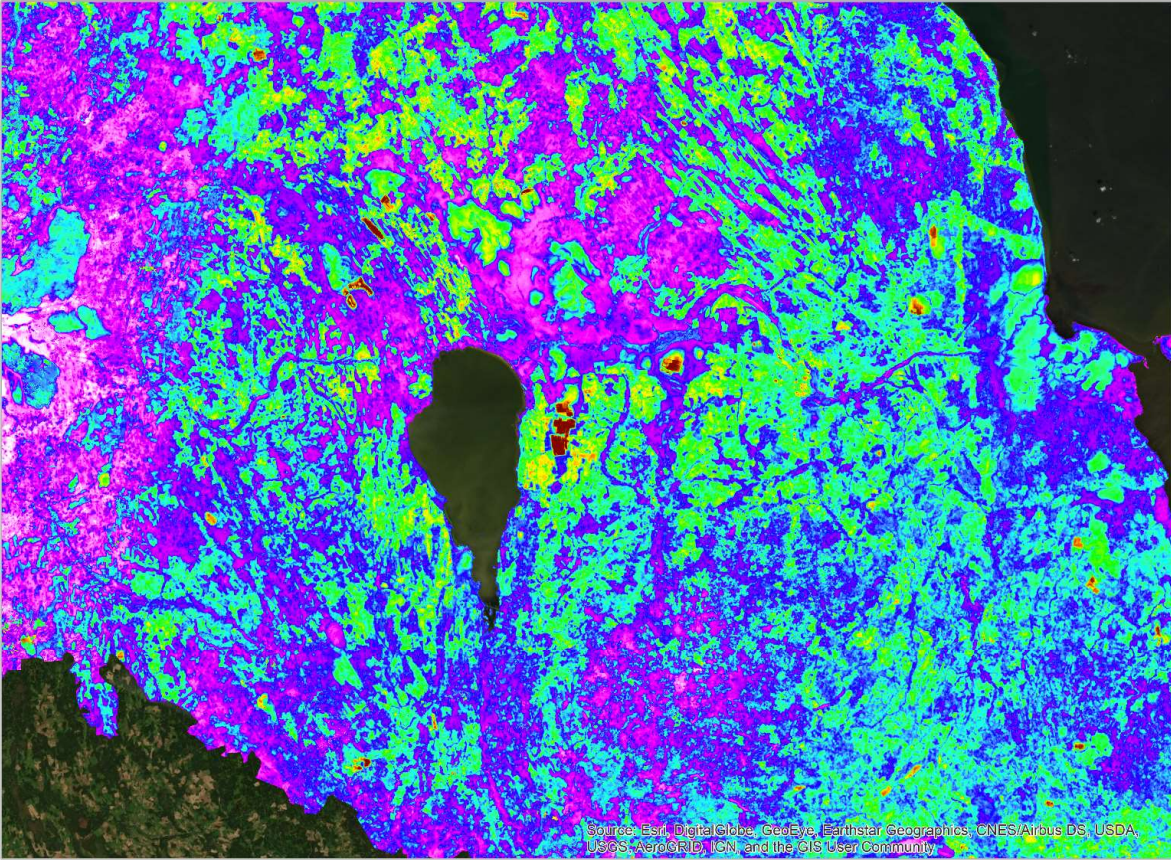


Ökosüsteemiteenuste 4 rühma näidetega

Reguleerivad teenused	Varustusteenused	Kultuuriteenused
	€ £ ¥ \$	
Kliima reguleerimine Vee reguleerimine Õhu kvaliteedi reguleerimine Haiguste ja kahjurite reguleerimine Vee puhastamine ja jäätmete lagundamine Tolmeldamine Erosiooni pidurdamine	Toit Joogivesi Energia Kiudmaterjalid Biokeemilised ühendid ja looduslikud ravimid Geneetiline ressurss	Rekreatsioon Spirituaalsed ja religioossed väärtused Esteetilised väärtused Haridus Kultuuriline mitmekesisus
Tugiteenused Mullateke, fotosüntees ja primaarproduktioon, aineringsed, veeringe		

Kliimaregulatsiooniteenus

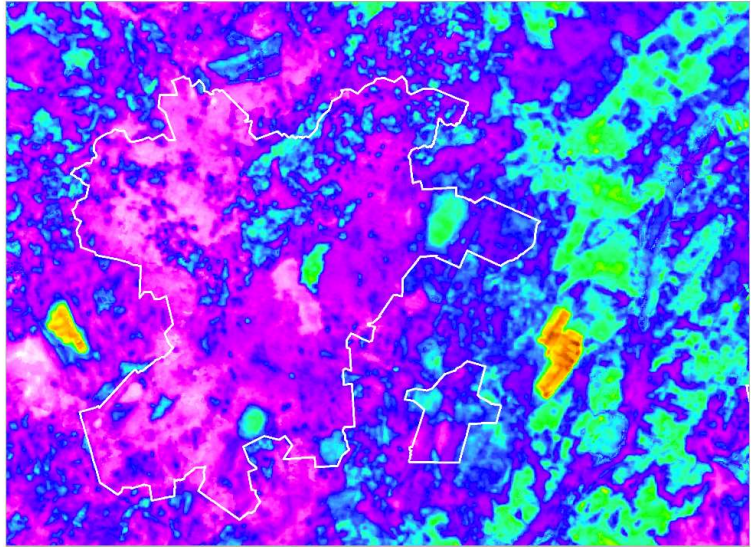
mikrokliima reguleerimise teenus



1: Maximum thermal amplitude. No relevant microclimate regulation
0: Minimum thermal amplitude. Maximum microclimate regulation



20 Km



1: Maximum thermal amplitude. No relevant microclimate regulation
0: Minimum thermal amplitude. Maximum microclimate regulation

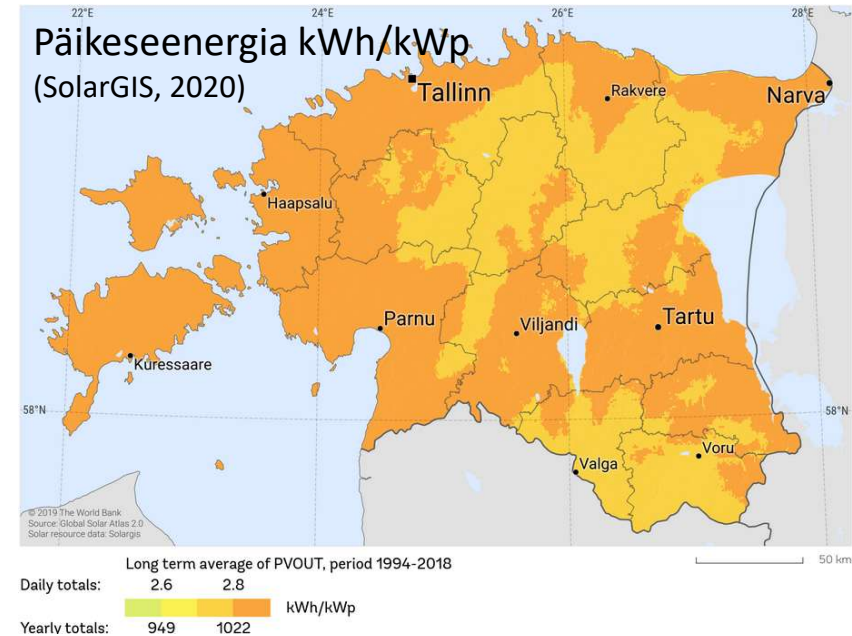


5 Km

Koostaja: Miguel Villoslada Pecina, EMÜ

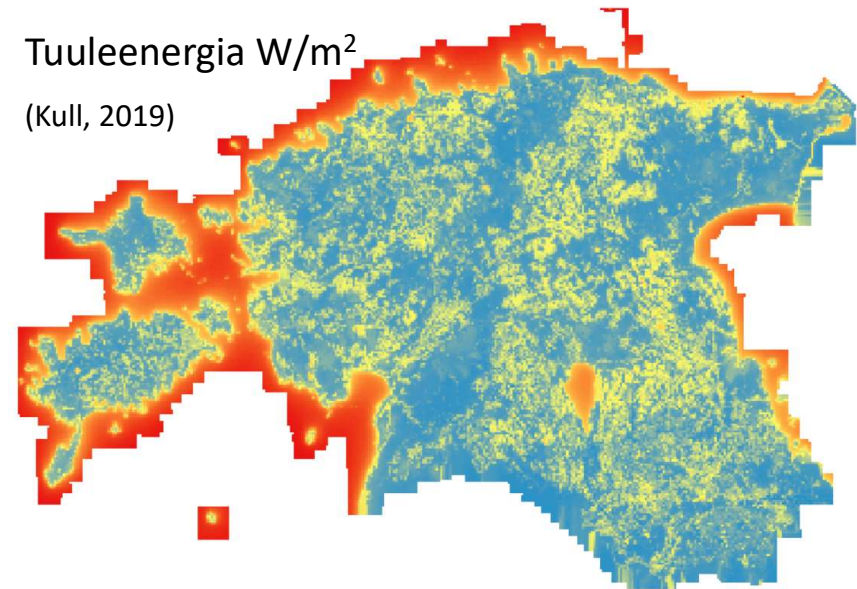
Energiapotentsiaal

- Tuule, tuuleenergia (energiatihedus W/m^2)
- Päikeseenergia, energiapotentsiaal kWh/kWp
- Kütteturba tootmine
- Puidutooraine, küttepuit m^3
- Varustusteenusena: nt. potentsiaal energia tootmiseks (varieerub ökosüsteemiti ja sõltub seisundiklassist)
- Reguleeriva teenusena: nt. tuulevarju pakkumine ja tormikahjustuste kahandamine, õhuvahetuse tagamine (õhukvaliteet), tuultolmeldamine (nt. astelpajuistandustes), C-varu reguleerija (puit, rohtne biomass)



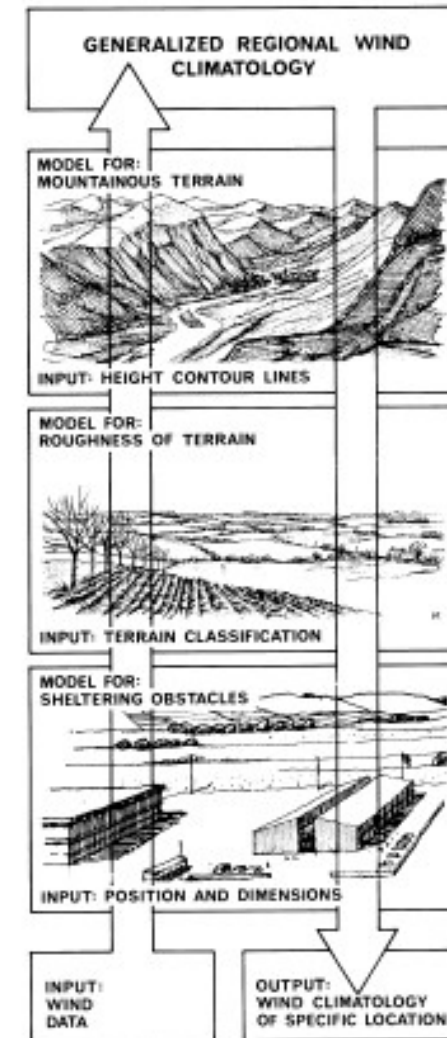
Tuuleenergia W/m^2

(Kull, 2019)

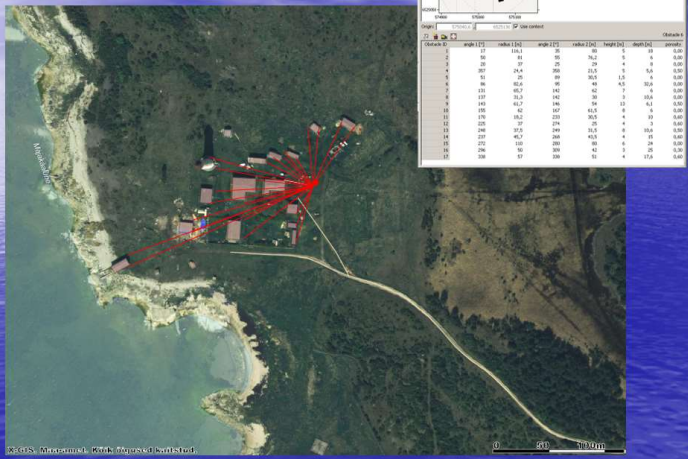


Tuulepotentsiaali modelleerimine: WAsP

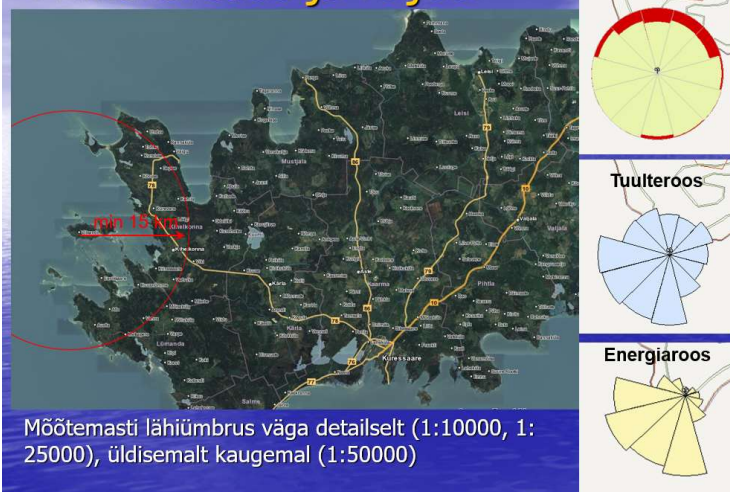
- Töövoog
 - Tuuletõkete kaardistamine
 - polaarkoordinaatides mõõtemasti suhtes: mõõtmed, poorsus
 - Reljeef
 - väga täpselt lähiümbruses, vähemalt 10km raadiuses
 - Pinnakaredus (maakasutus)
 - suurus, kõrgus, kuju, tihedus
 - Algandmed
 - ilmajaama mõõtemastid (10 m)
 - Kõrged mõõtemastid, sondid



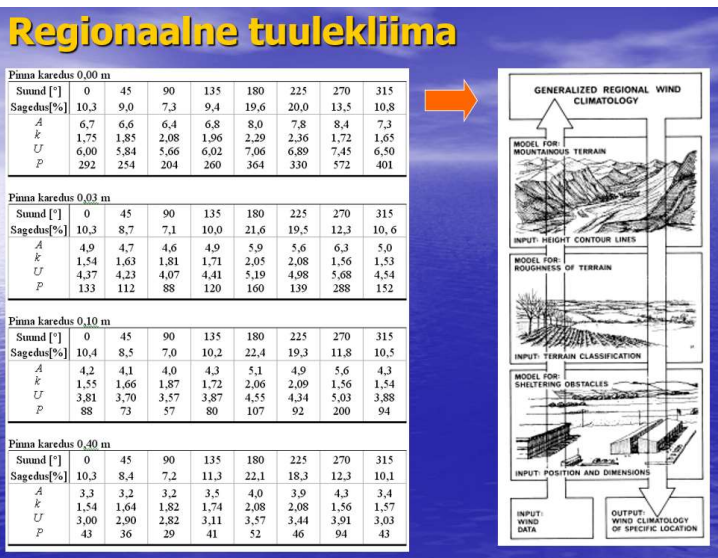
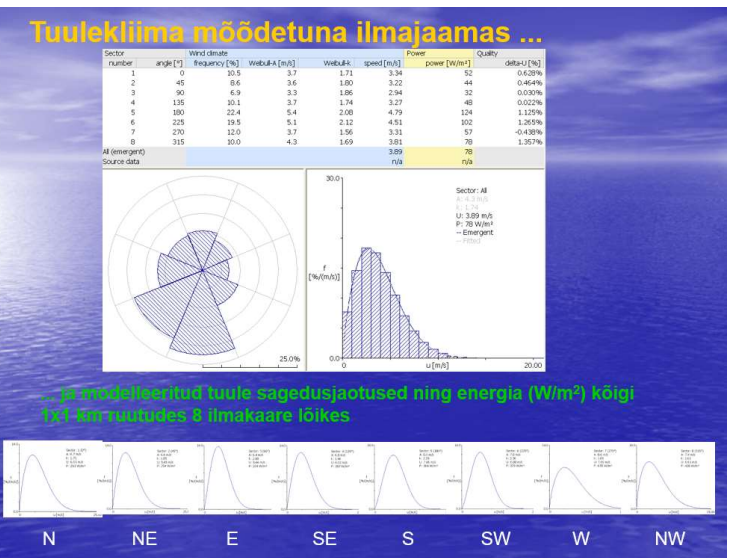
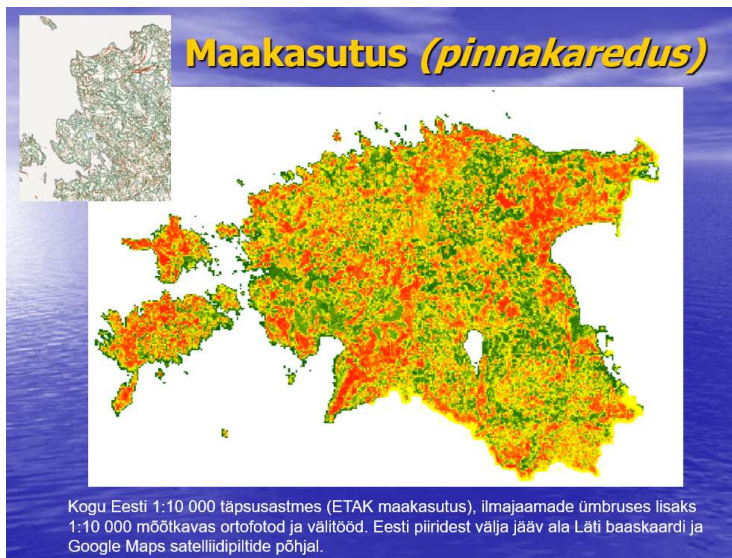
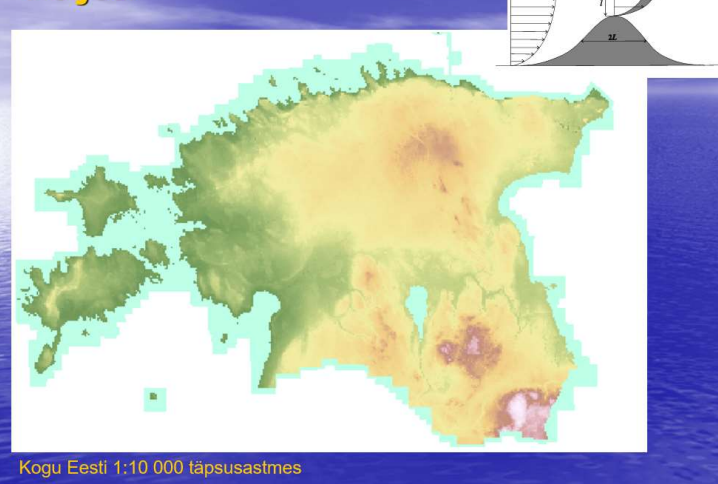
Tuuletõkete kaardistamine Vilsandi



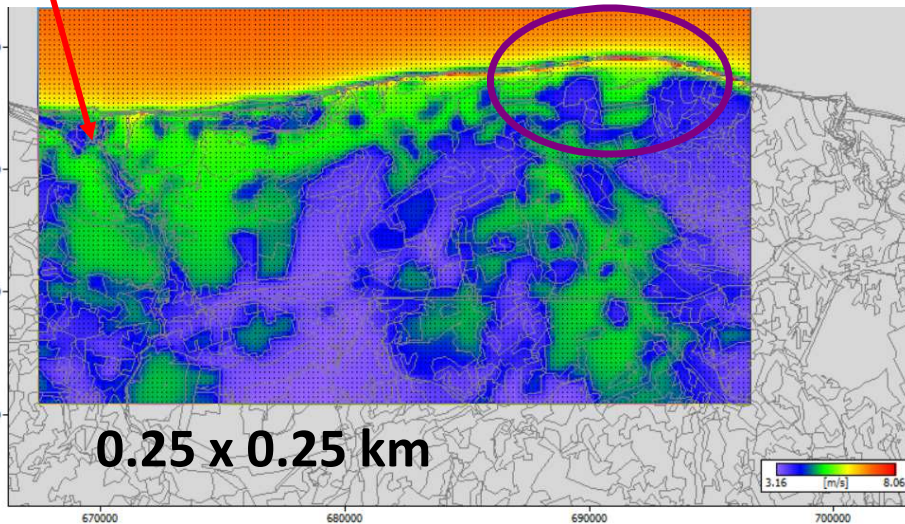
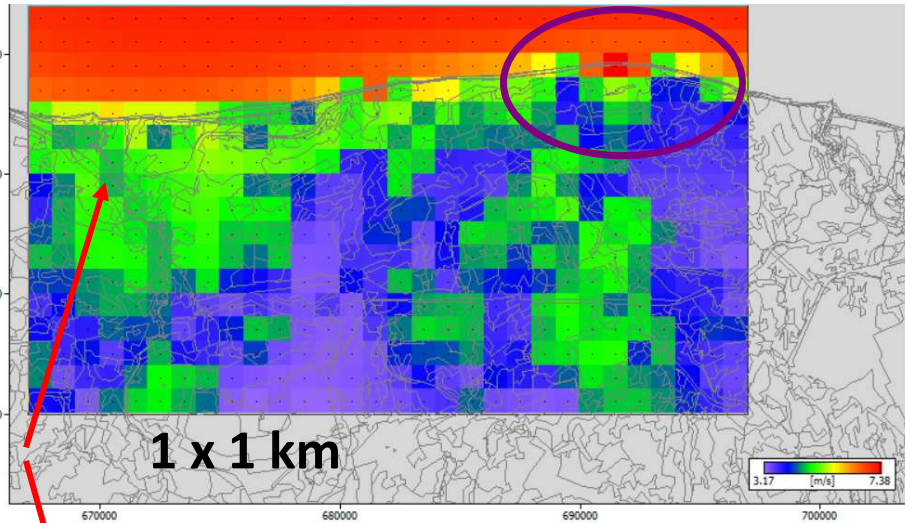
Pinnakaredus ja reljeef



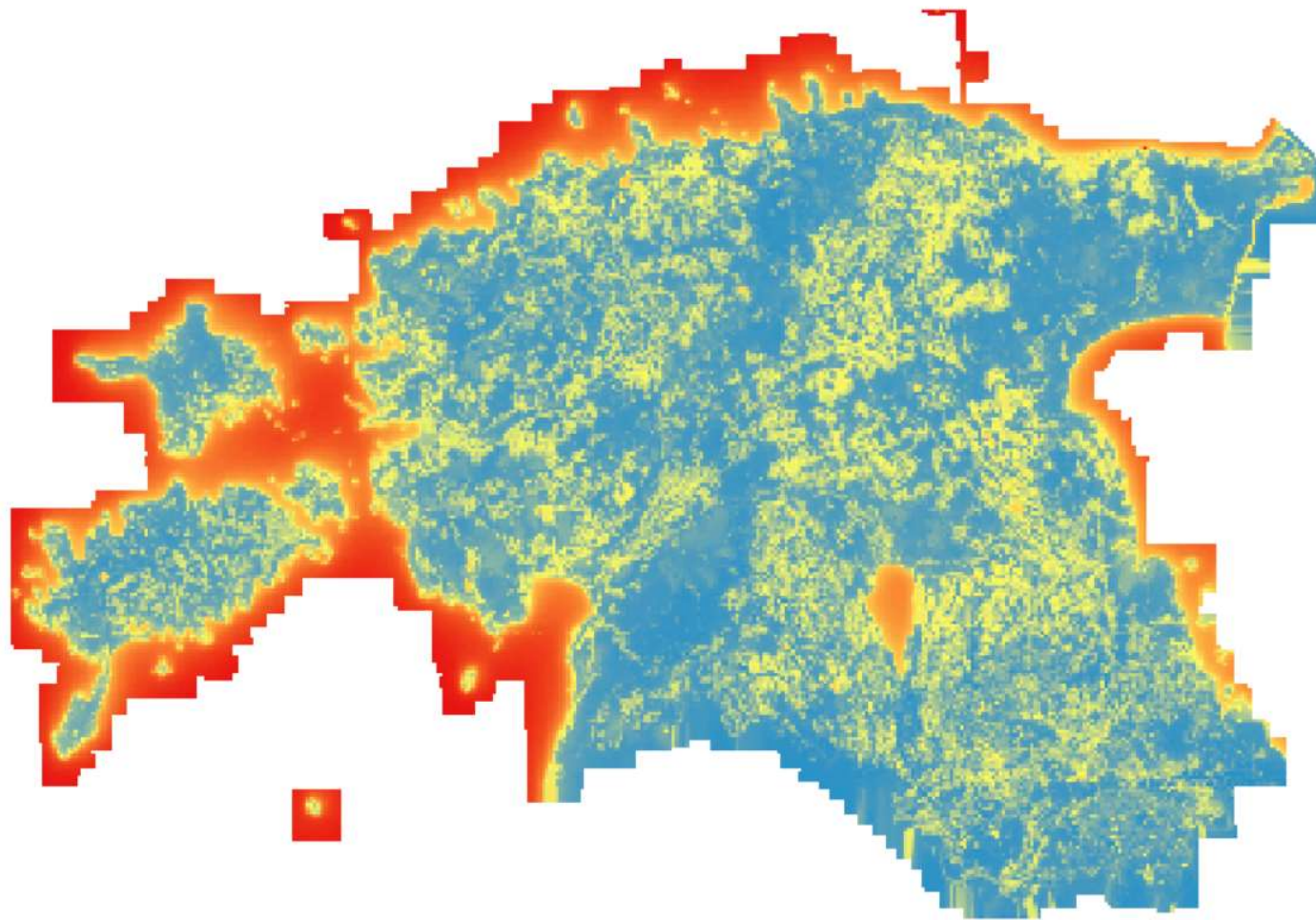
Reljeef



Arvutussammu mõju tulemustele



- Joonistuvad välja maakasutusüksused ja tuultekoridorid,
- pankrannikul tuleb esile turbulentse tuulega tsoon ja kaovad järsud üleminekud 1x1 km ruutude vahel,
- lisandub eeskätt keskmise kiirusega klasse, aga ka mõnevõrra nõrgema ja suurema kiirusega arvutusruute,
- suuremad muutused avalduvad konkreetsete suundade puhul, vähem kogujaotuse juures.



Tuuleenergia W/m^2
(energiatihedus)

Tuule tugevus /tuuleenergia võimaldab hinnata ökosüsteemis esinevaid häiringuid, nt. tormimurd ja tormiheide

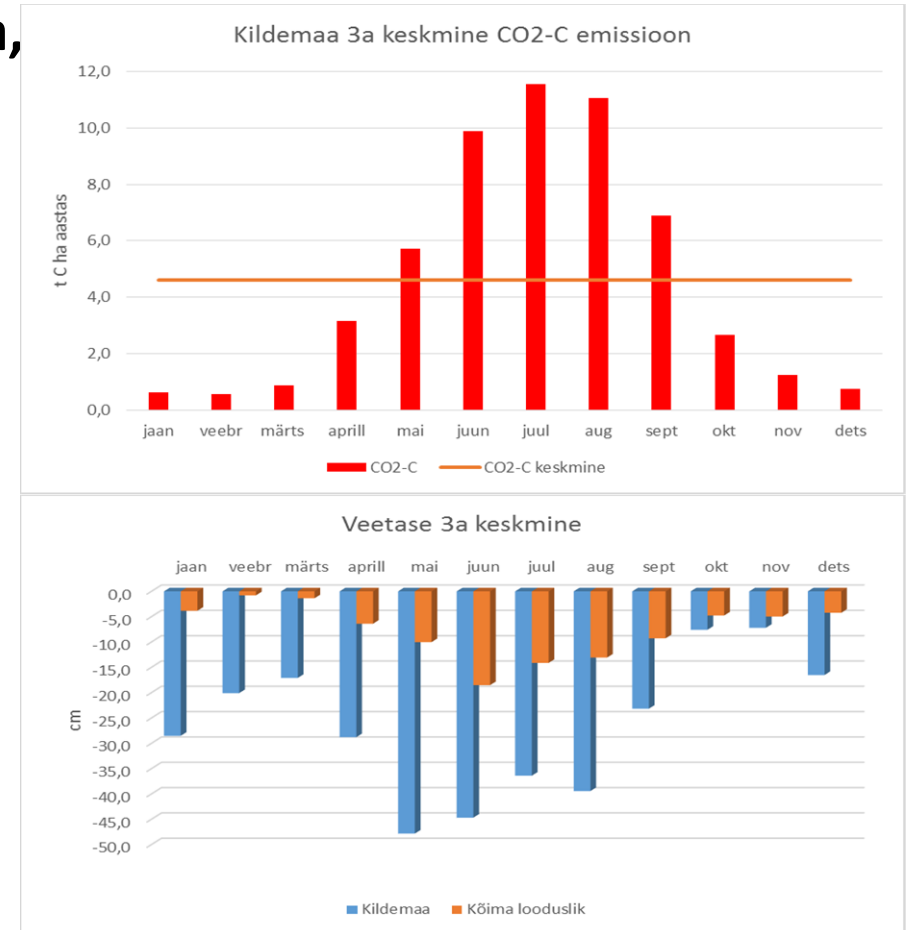
Metsad on kõige efektiivsemad tuule kiiruse kahandajad.

Isegi kõigest 10 m laiune hekk suudab tuule kiirust kahandada vähemalt 8-kordse heki kõrguse kaugusele ja 2 korda hekist kõrgemale.

Ainevood: tuuleenergia ja päikeseenergia maapinnal määrab koos mullalõimise ja maakasutusega (ÖS) tuuleerosiooni intensiivsuse. Kõige suurem turbatootmisaladel ja kergetel haritavatel liivmuldadel.

Turvasmuldade kadu mineraliseerumise tõttu

- Madalsoomuldadel kuivendusjärgselt 15–20 t/ha, hiljem 10–15 t/ha
- Rabamuldadel kuivendusjärgselt 5–10 t/ha, hiljem 3–6 t/ha
- „Turvas- ja turvastunud muldade kordusmääramised mullastikukaardi täpsustamiseks„ projekt (Alar Astover, Elsa Putku, Priit Penu, Tambet Kikas) leidis, et väga õhukestel põllu turvasmuldadel tuli kirjeid parandada 29% juhtudel ning toetusõigusega aladel 21% juhtudel
- PMK põllumuldade andmebaasi (n=2076, 2004–2012) ja rohumaade (n=668; 2002–2014) analüüs näitab **põllumuldadel C varu olulist kahanemist** ja **rohumaadel C varu püsimist või väga vähest kasvu** („Huumusbilansi mudel taimekasvatuse jätkusuutlikkuse hindamise töövahendina“ K. Kauer)



Kliimaregulatsiooniteenus: kasvuhoonegaaside voog (CO_2 , CH_4 , N_2O)

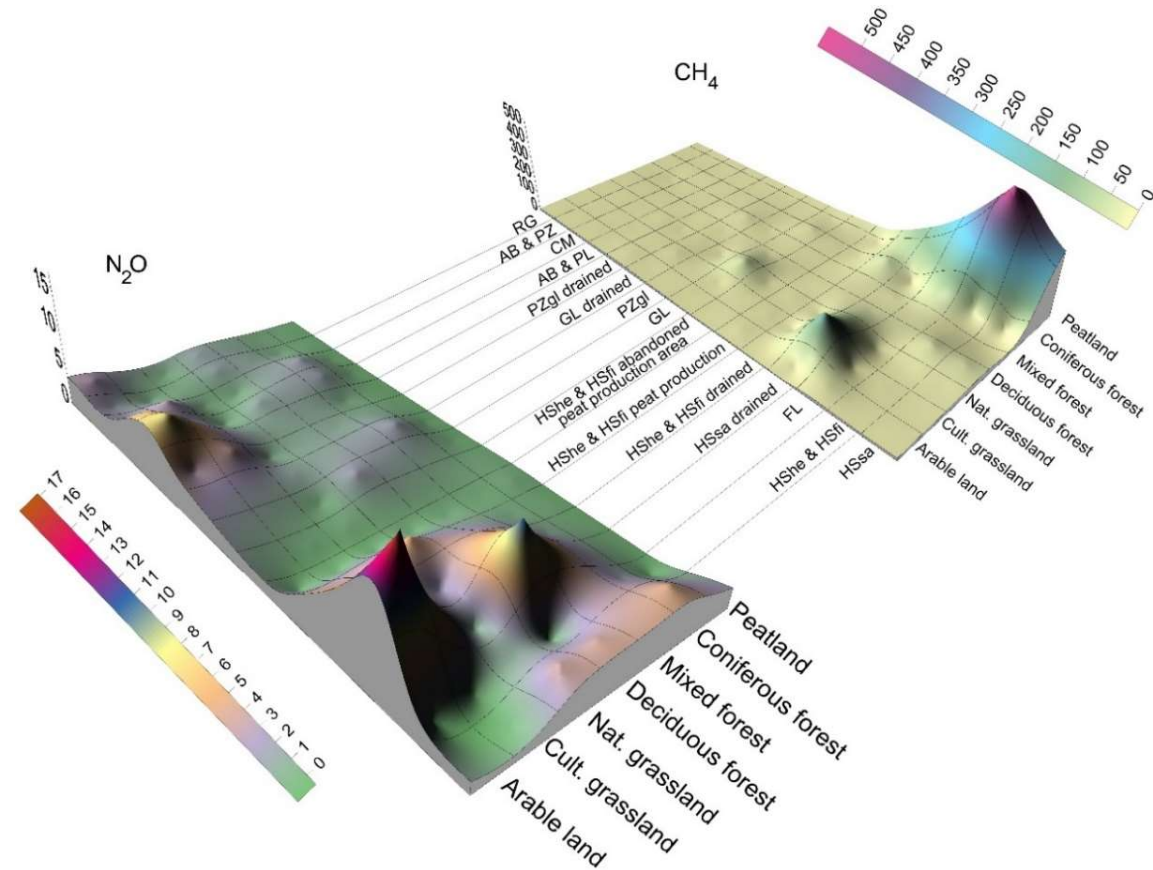
Kasvuhoonegaaside voog (emissioon või sidumine) on määratud peamiselt mullas mikrobioloogiliste protsesside poolt ja sõltuvad eeskätt mullastiku omadustest ning taimkattest/maakasutusest

Mullastik ordineeritud niiskusrežiimi alusel (RPI, 1982. Kaardistamisühikute diagnostika; E. Kitse, 1963. Mulla vee-, õhu- ja soojusrežiim), ruumiandmed: mullastikukaart 1:10 000.

Maakasutus ordineeritud mullastiku C/N suhte järgi. Maakasutuse/taimkatte aluseks CORINE LC, mis võimaldab sarnase meetodika alusel tagasiulatuvaid arvutusi.

Detailsemate andmete olemasolul kasutusel ELME baaskaardi kaardistusüksused ja ÖS seisundiklassid (nt. sood), mis lisavad kuivenduse info.

Puuduvate andmete puhul (kui mõõtmisi pole kas konkreetse mullatüübi või maakasutusklassi kohta) kasutatakse interpoleeritud väärtusi.



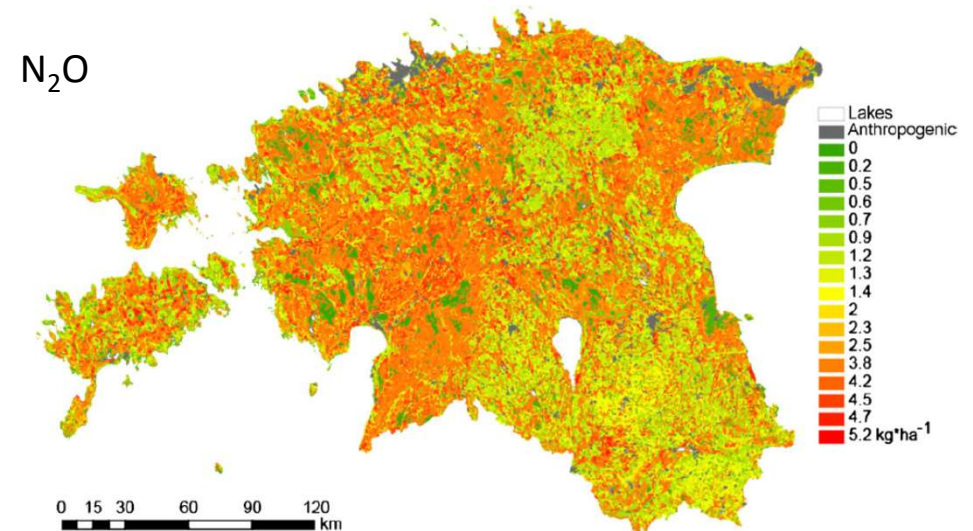
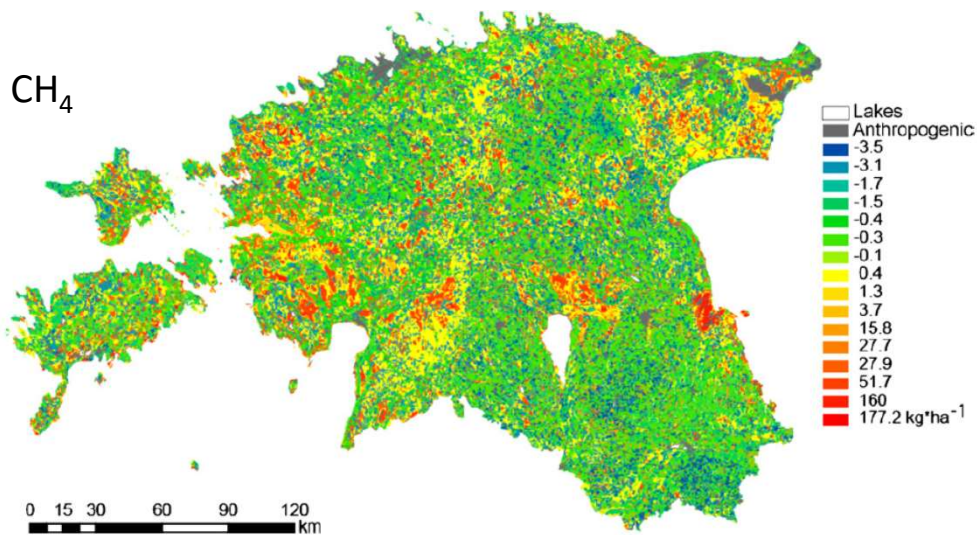
Metoodika: Mander et al., 2010. Assessment of methane and nitrous oxide fluxes in rural landscapes
doi:10.1016/j.landurbplan.2010.08.021

• Kliimaregulatsiooniteenus

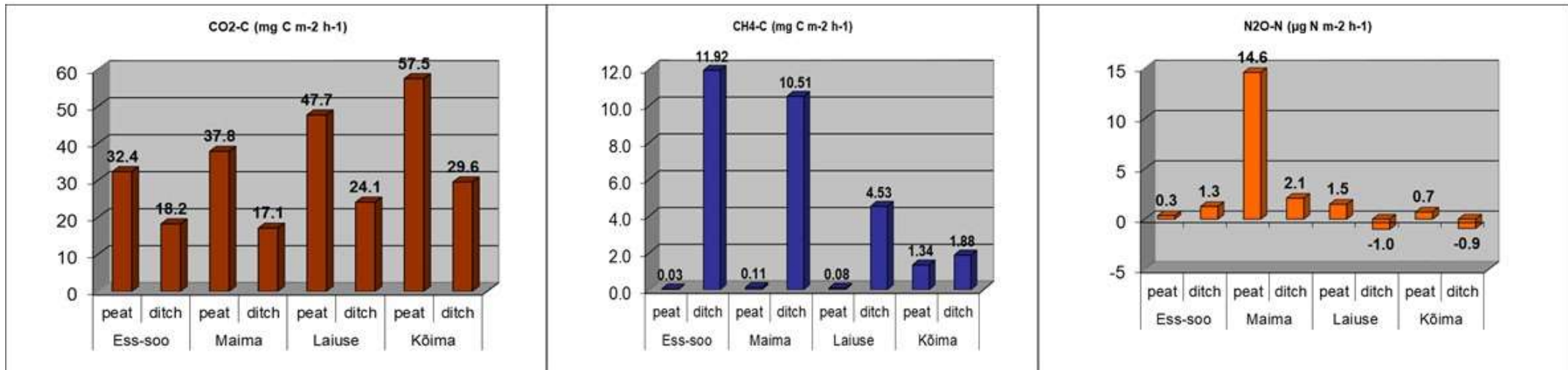
Kasvuhoonegaaside voog (CO_2 , CH_4 , N_2O)

- Voo hindamiseks vajalik aastaringsete gaasivoogude mõõtmiste olemasolu (CO_2 puhul nii hingamine kui sidumine fotosünteesil)
- Põllumaj. ÖS puhul, kus pidev viljavahetus, võimalik kasutada C-sisalduse pikaajalist muutust mullas (PMK mullaseirebüroo, K. Kauer)
- Metsa ÖS puhul kõige täpsem *eddy-covariance* meetod, seni enam kasutatud kombineeritud kamber- ja biomassi ning lagunemise bilansilise arvutamise meetod.

Eestis **puudub pikaajaline gaasivoo mõõtmiste referentsaegrida (seire)**, mõõtmised on projektipõhised ja seetõttu lühiajalised, seotud pigem konkreetse uurimisteema kui ülepinnalise katvuse saavutamise saavutamise ökosüsteemide lõikes.

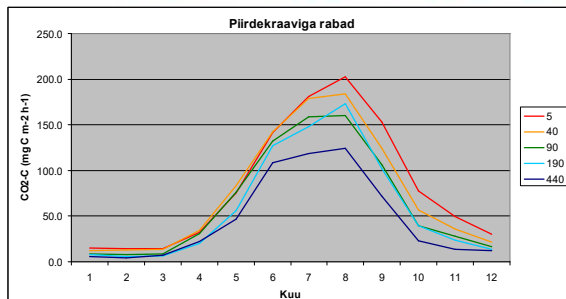


Gaasivoog maapinnalt või (kraavi)veepinnalt?



Turbaväljadel on CO₂ voog kraavidest ligi 50% väiksem, CH₄ voog 100x suurem, N₂O voog enamasti väike, kuid võib olla suure ajalise varieeruvusega.

Täielikult on teadmata gaasivoog metsanduslikest ning põllumajanduslikest kraavidest.



Ökosüsteemihingamise sesoonne käik ja sõltuvus ala looduslikkusest

Kui erinevad on kasvuhoonegaaside vood erinevates soodes?

CO₂ hingamise puhul standardhälve alade vahel 30-50%, CH₄ ja N₂O voo puhul üle 100% keskmisest väärtusest.

Aineringete reguleerimine: Erosiooni pidurdamine, mullaärakanne, t/ha*a

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

USLE mudeli põhivalem:

A – mulla ärakanne (t/ha);

R – sademete erosiooni faktor (N/h) või $([kJ/m^2] \cdot [mm/h])$;

K – mulla erodeeritavuse faktor $([t/ha] \cdot [h/N])$, $([t/ha] \cdot [m^2/kJ] \cdot [h/mm])$;

L – nõlva pikkuse faktor (dimensioonita suhtarv);

S – nõlvakalde faktor (dimensioonita suhtarv);

C – taimkatte faktor (dimensioonita suhtarv);

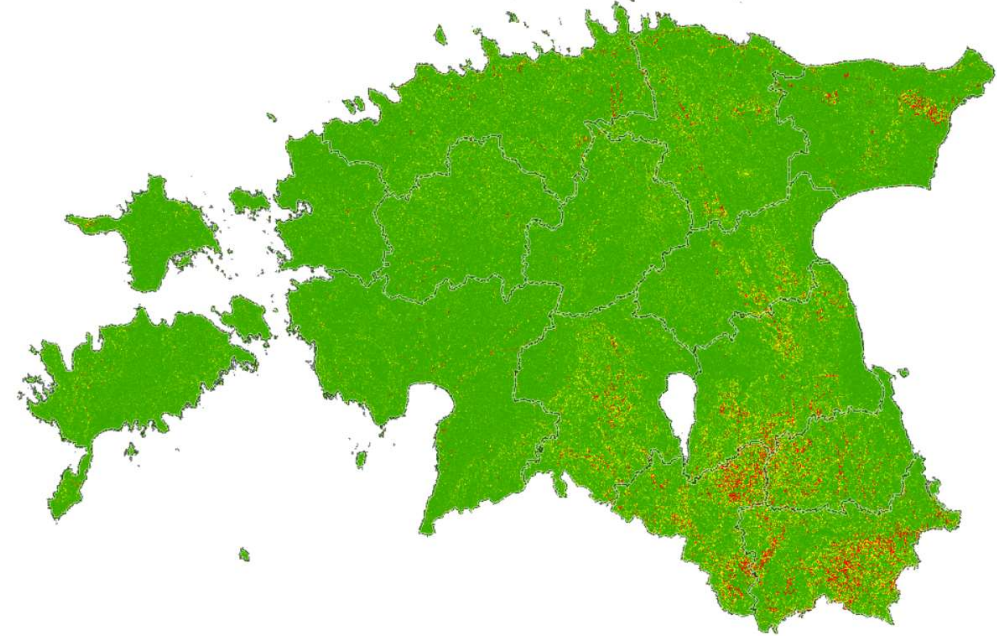
P – kaitseabinõude rakendamise faktor (dimensioonita suhtarv).

- **Nõlvakalde ja pikkuse tegur** (nn. LS faktor, Wischmeier & Smith, 1978)

$$LS = \left(\frac{\lambda}{22.13} \right)^m (65.41 \sin^2 \theta + 4.56 \sin \theta + 0.065)$$

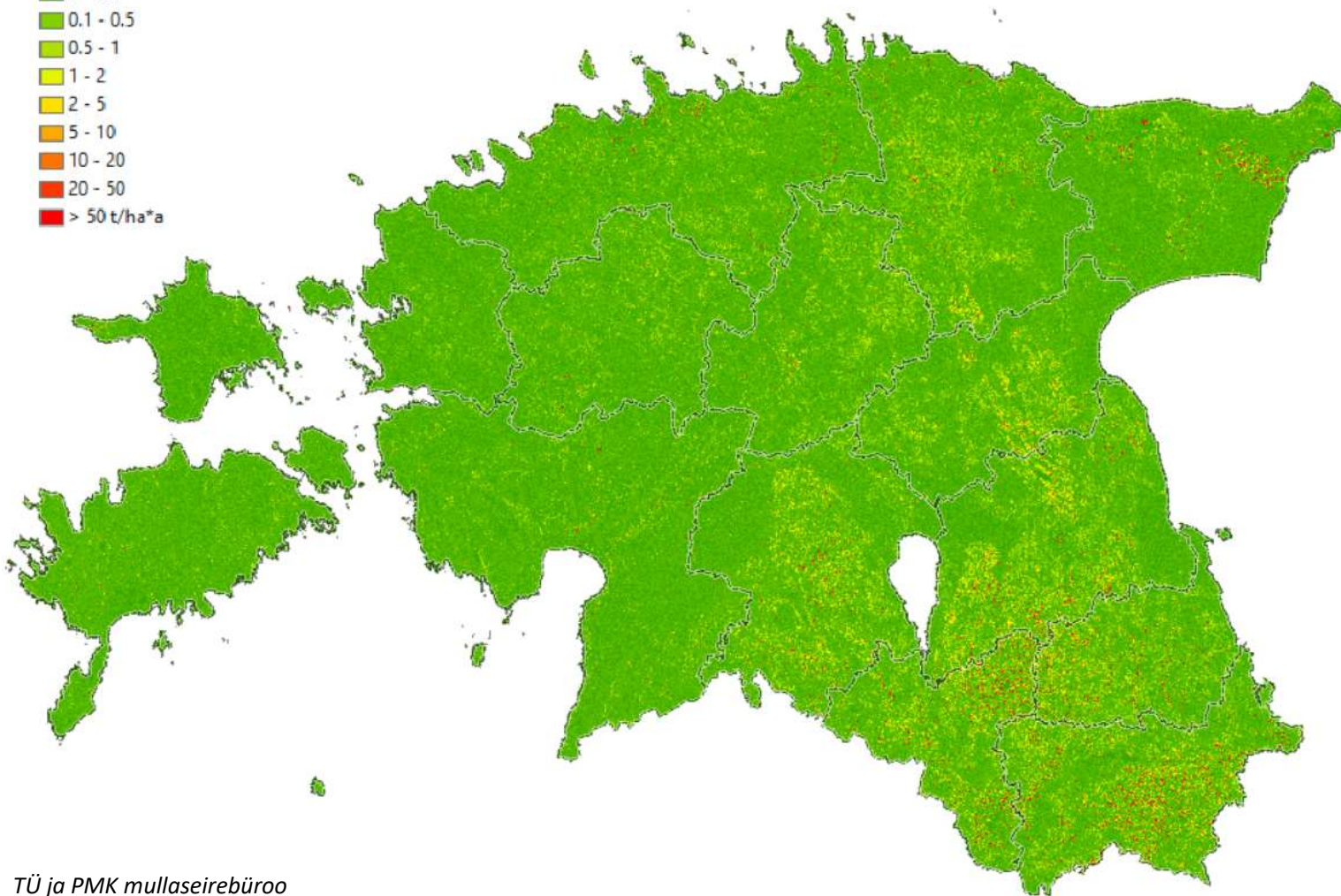
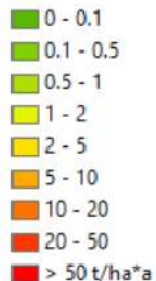
- λ – nõlva pikkus (m);
- θ – nõlvakalle ($^{\circ}$);
- m – m faktor, nõlva pikkuse astendaja

Nõlvakalle % (s)	Nõlva pikkuse astendaja (m)
< 0.01	0.2
0.01 - 0.035	0.3
0.035 - 0.05	0.4
> 0.05 (üle 5%)	0.5



- **Vooluakumulatsiooniala** – pindmist äravoolu määrav tegur

Mulla ärakanne (t/ha*a)



Aasta keskmine ärakanne
on:

- üle kõikide maakasutus-
klasside 0.08 t/ha*a
- intensiivselt haritavalt
maalt 0.38 t/ha*a
- rohumaadelt 0.012
t/ha*a
- kõigilt põllumajandus-
likus kasutuses maadelt
0.21 t/ha*a

Majandamisviis ja mullaärakanne

KSM 0.824 t/ha*a

Mahe 0.153 t/ha*a

ÜPT 0.136 t/ha*a

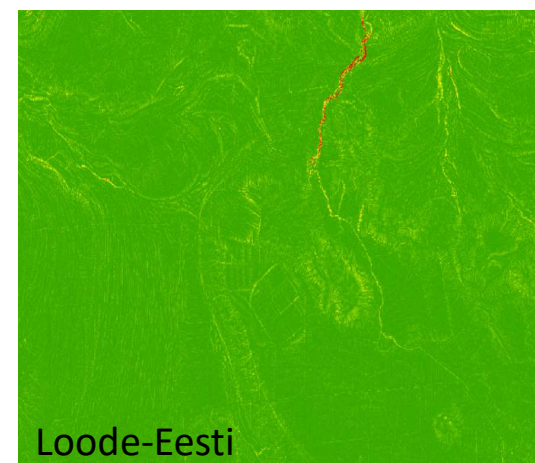
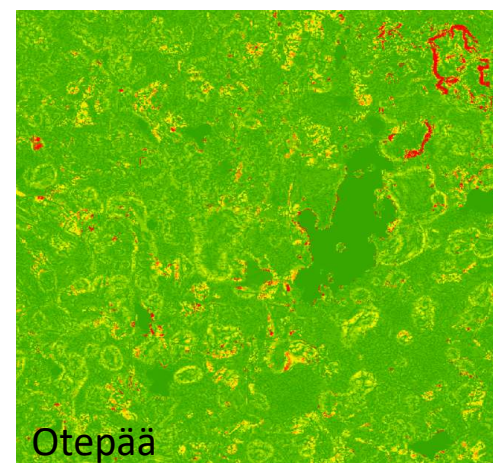
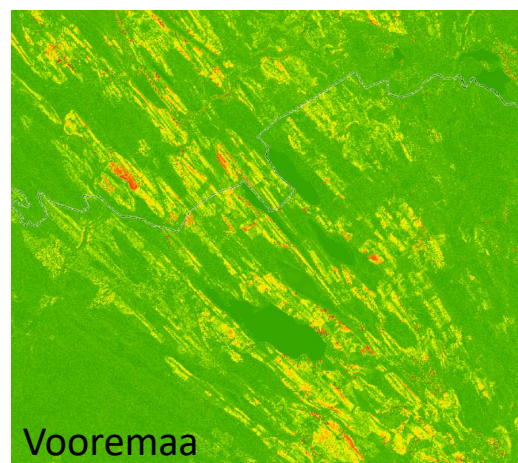
■ KSM
■ ÜPT
■ MAHE
■ Muu

Nõlvakalle kraadides	hektarit KSM	hektarit ÜPT	hektarit MAHE	hektarit Muu
0 - 5	446222	315651	181591	4298
5 - 10	4487	7341	4892	97
10 - 15	144	743	473	20
15 - 20	1.9	42.9	22.7	4.0
20 - 25	0.21	1.6	0.88	0.58
25 - 30	0.15	0.05	0.24	0.09
>30	0.05	0	0.26	0
Kokku	450855	323779	186980	4419

- ÜPT alad erosiooniga üle 11 t/ha*a on summaarse pindalaga 203 ha
- KSM alad erosiooniga üle 11 t/ha*a on summaarse pindalaga 236 ha
- MAHE alad erosiooniga üle 11 t/ha*a on summaarse pindalaga 93 ha

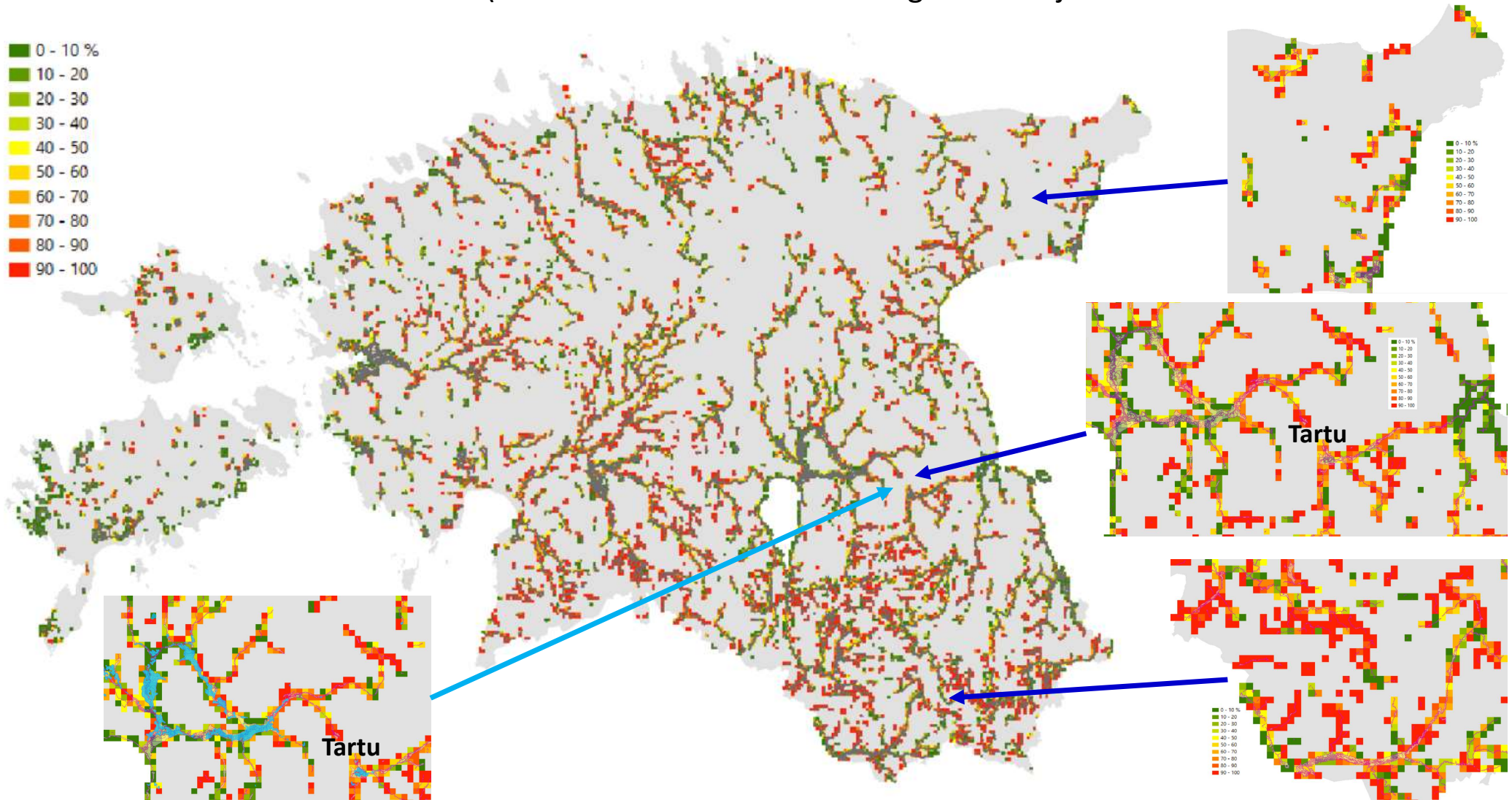
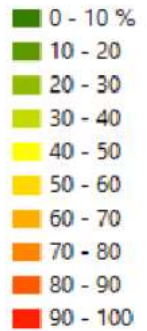
Mulla ärakandest mõjutatud ala intensiivsuse järgi maakondade lõikes

Erosiooni klass (t/ha*a)	ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha
	Saaremaa	Viljandima	Hiiumaa	Harjumaa	Läänemaa	Raplamaa	Lääne-Virumaa	Ida-Virumaa	Põlvamaa	Valgamaa	Tartumaa	Pärnumaa	Järvamaa	Võrumaa	Jõgevamaa	Kokku	
0	132488	139982	52895	187731	87512	127654	151262	132990	74488	74230	139304	256769	115669	108452	108438	1889863	
0 - 0.1	144329	148928	45894	191670	81473	121927	156741	129611	71292	80784	124328	247746	114499	114662	107302	1881186	
0.1 - 0.5	8907	28732	2220	23090	7145	18948	41332	12316	22261	20362	36610	23427	25181	30990	22603	324123	
0.5 - 1	774.2	11472.8	165.5	4873.1	789.7	3653.9	9792.9	2767.2	6643.4	5851.4	13616.7	3510.0	6707.8	8477.6	7612.9	86709	
1 - 2	198.9	5610.0	29.6	1451.3	183.4	1057.8	3538.4	1155.0	3316.3	3167.8	7255.1	1040.2	2270.5	4567.6	3461.6	38303	
2 - 5	51.1	2203.5	5.6	328.4	37.1	273.1	1120.9	362.2	1723.0	1825.6	3359.8	268.7	677.4	2737.6	1443.3	16417	
5 - 10	3.5	330.0	0.2	29.2	2.0	26.5	136.7	33.2	393.8	505.7	684.9	39.1	84.0	731.8	231.1	3232	
10 - 20	0.17	70.2	0.01	4.24	0.11	2.89	28.66	6.98	86.93	151.09	190.06	6.92	17.4	195.55	60.65	822	
20 - 50	0	9.87	0	1.45	0	0.84	6.02	1.72	15.62	34.91	39.47	1.13	6.1	34.08	14.81	166	
>50	0	0.23	0	0.12	0	0.01	0.13	0.1	0.69	5.35	3.96	0.14	0.28	1.79	0.4	13	
Kokku	286752	337340	101211	409178	177142	273543	363958	279244	180221	186918	325392	532808	265112	270849	251168	4240835	

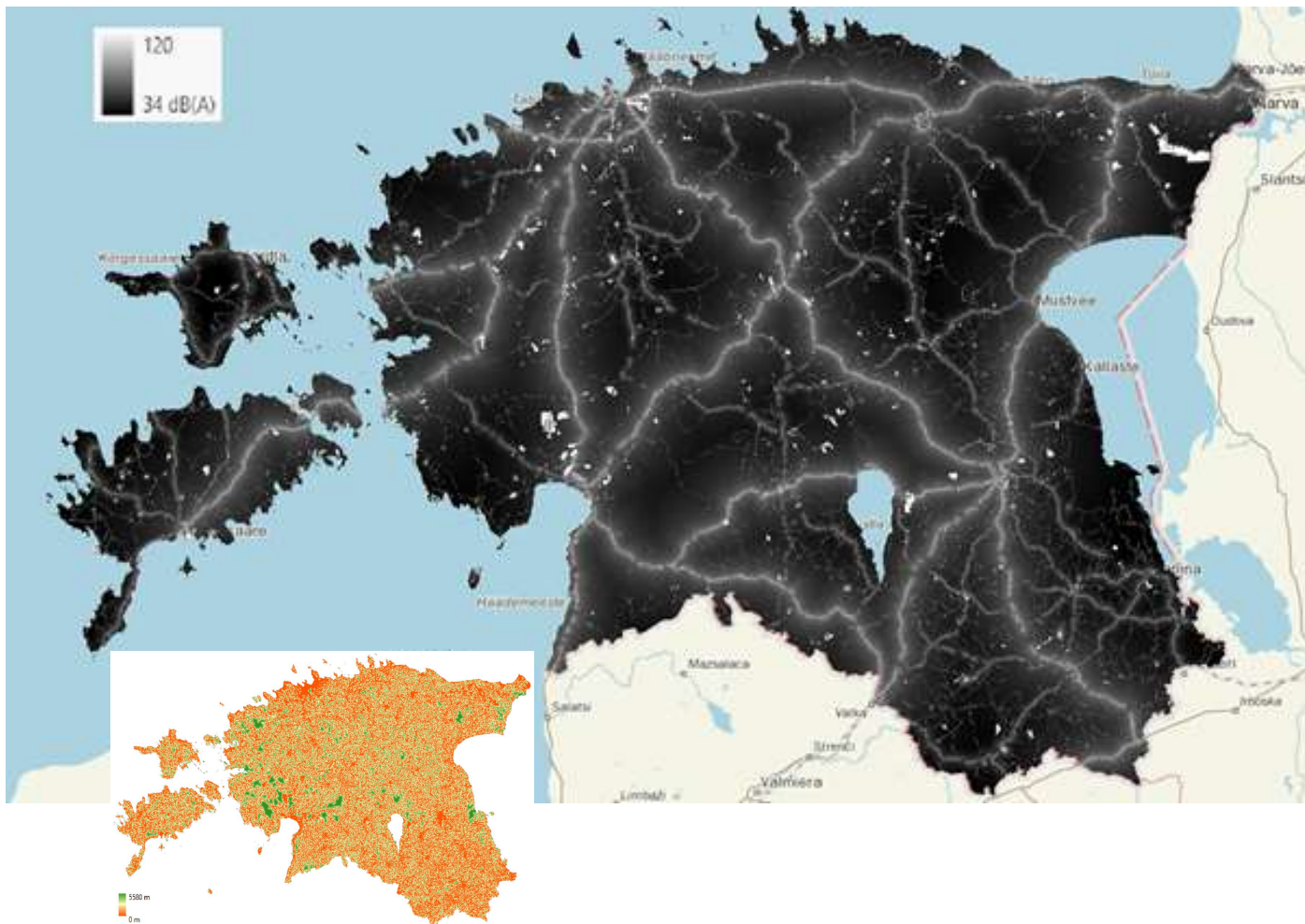


Reguleerivad teenused: veevoogude reguleerimine

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



Reguleerivad teenused: müra sumbumine ÖS reguleeriva toime tõttu



- Lihtsustatud müra leviku mudel, kus eristati punktallikad (nt. asustus, karjäärid) ja joonelised müraallikad (teed, raudtee).
- Kasutati ajaga kaalumata mürataset, kuna ei hinnata inimeste eksponeeritust mürale, vaid looduskeskkonnale potentsiaalselt avaldatavat mõju ja loomad võivad olla häiritud ka lühiajalisest tugevast mürast.
- Ökosüsteemi vahetu mõju lisati müra levikukaardile vastavalt ISO9613-2:1996 maapinna mõju standardile
- (Ground Effect, reflection and absorption).



KESKKONNAAGENTUUR



KESKKONNAMINISTEERIUM



Täna!



Euroopa Liit
Ühtekuuluvusfond



Eesti
tuleviku heaks

