

X Mullapäev

5. detsember 2019



Euroopa Maaelu Arengu
Põllumajandusfond:
Euroopa investeeringud
maapiirkondadesse

EROSIOON

NÄHTUSE OLEMUSEST SELLE HINDAMISE JA POLIITIKANI

AIN KULL, ANNE KULL, TAMBET KIKAS, PRIIT PENU

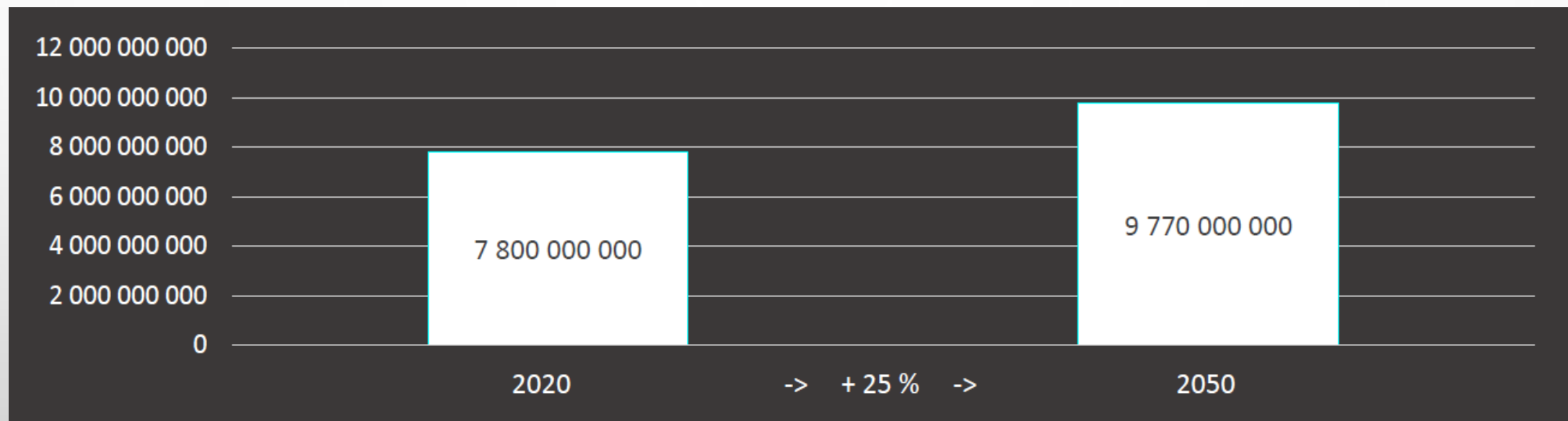
Ain.Kull@ut.ee

Tartu Ülikool, Eesti Maaülikool, Põllumajandusuuringute Keskus

EROSIOON

- **MULLA EROSION** - MULLA JA SELLE LÄHTEKIVIMI ÄRAUHTUMINE AJUTISE VOOLUVEEGA (VEE-EROSIOON) VÕI LENDUMINE TUULEGA (TUULEEROSIOON). MULLA EROSIONI TAGAJÄRJEL TEKIVAD KÕRGENDIKE LAGEDELE JA NÕLVADELE ERODEERITUD MULLAD, NÕGUDES JA KÕRGENDIKE JALAMEIL PEALEUHTE- EHK DELUVIAALMULLAD (EESTI ENTSÜKLOPEEDIA, 2006)
- LOODUSLIK PROTSESS
- KIIRENDAB INIMTEGEVUS (sh. tehnogeenne erosioon)
- **KAHANDAB MULLAVILJAKUST, MUUDAB MULDADE OMADUSI JA SEELÄBI SUURENDAB VAJADUST UUE HARITAVA MAA JÄRELE**

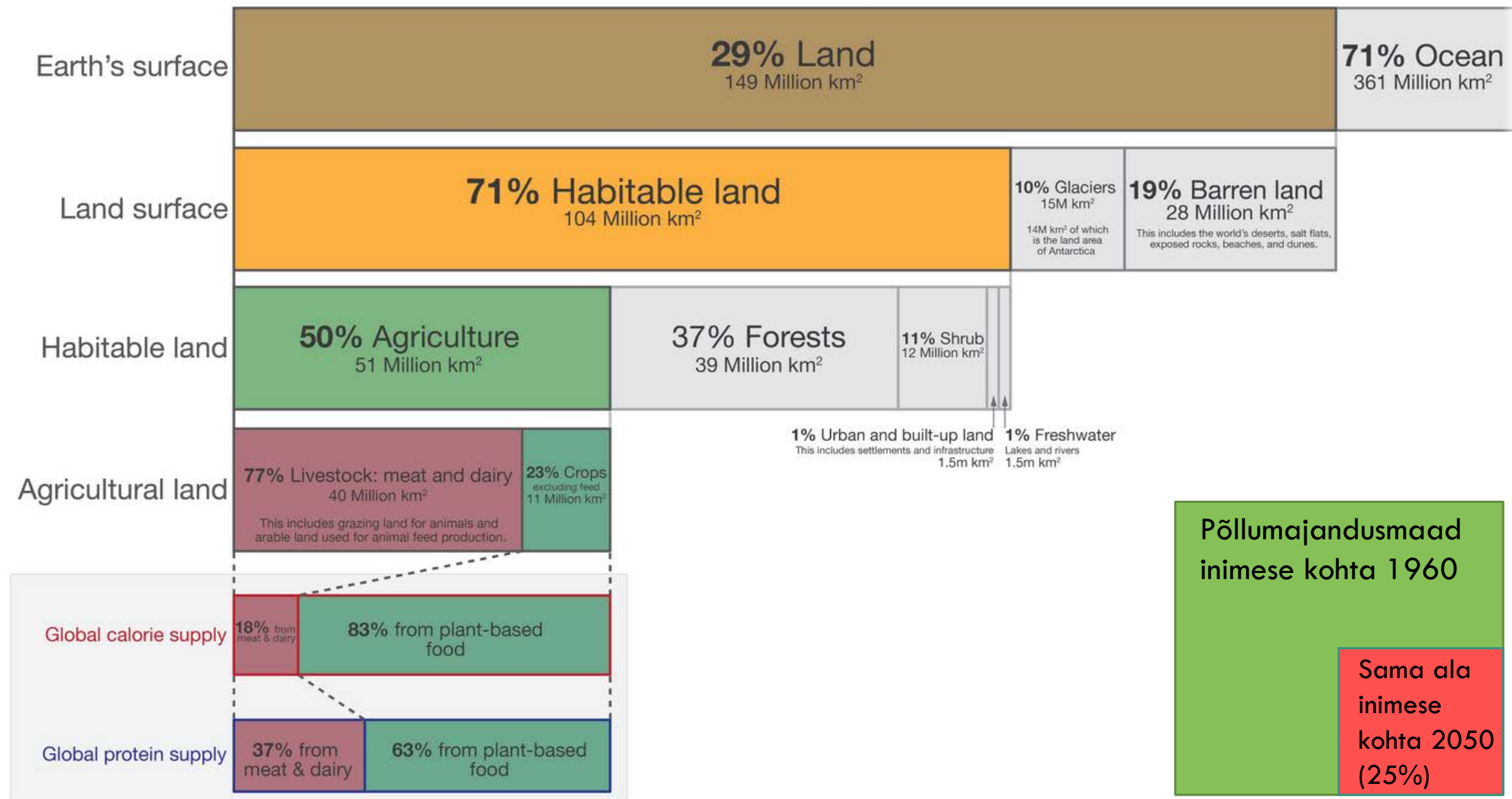
GLOBALSED VÄLJAKUTSED: RAHVASTIKU KASV



Allikas: www.ourworlddata.com

- **Järgmise 30 aastaga kasvab maailma rahvastik ligi 2 miljardi inimese võrra**
- Toidu päevane tarbimine inimese kohta on kasvanud 2200 kcal (1960) tasemelt 2900 kcal (2015) tasemele, kasv lineaarne ja 2050 aastal oodatakse päevaseks toidu tarbimiseks 3400 kcal inimese kohta

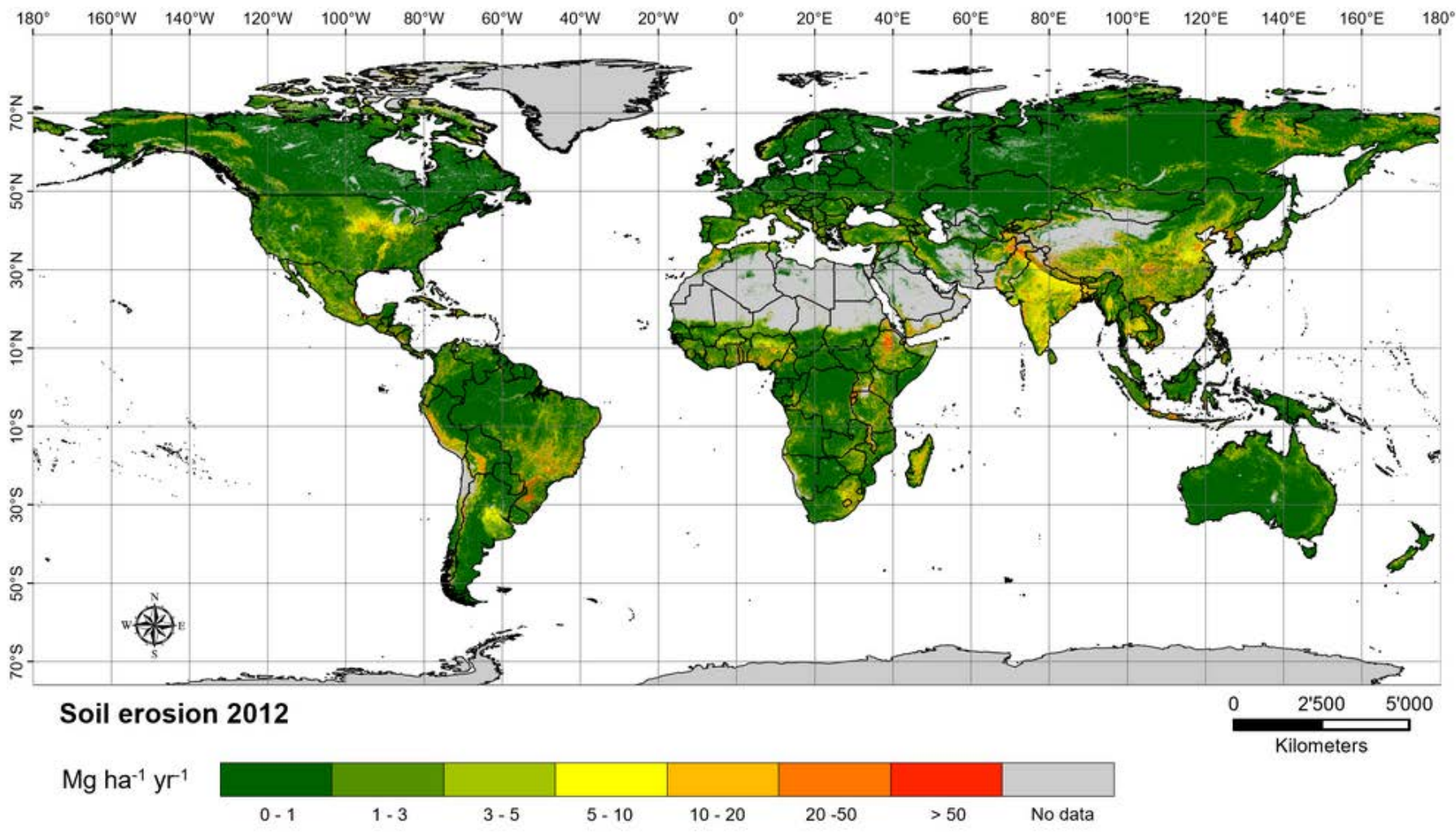
GLOBALNE MAAKASUTUS



Põllumajandusmaad
inimese kohta 1960

Sama ala
inimese
kohta 2050
(25%)

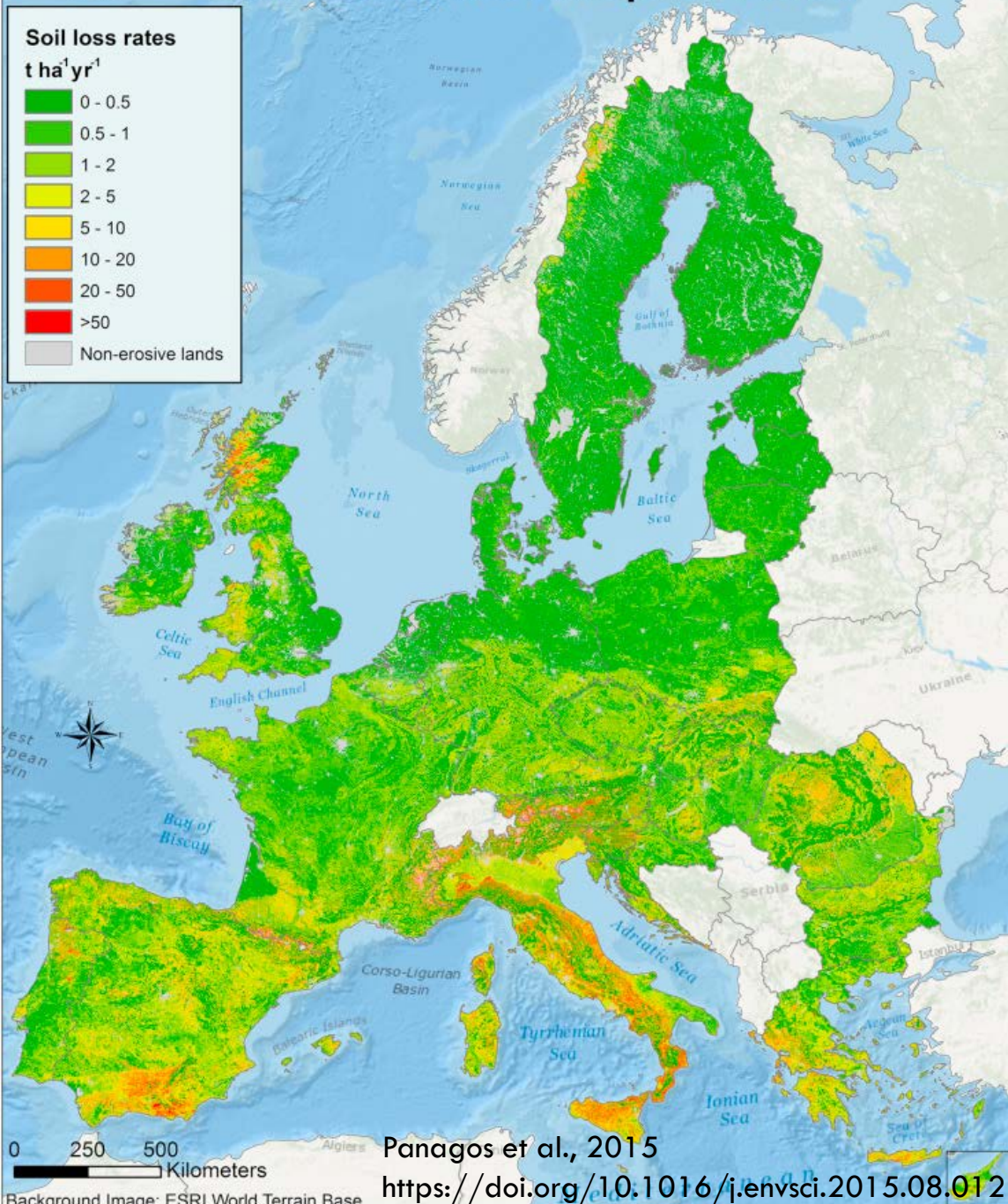
EROSIOON MAAILMAS



- 35 Pg mulda kanti erosiooni tõttu ära 2001. aastal
- 35.9 Pg mulda (kasv 2.5%) erodeeriti maakasutuse muutuste tõttu 2012. aastal
- Põllumajanduslikus kasutuses aladelt kantakse aastas ära keskmiselt 17 Pg mulda
- **Mulla vee-erosiooni tõttu kaotatakse igal aastal u. 2.5 Pg mulla orgaanilist süsinikku**

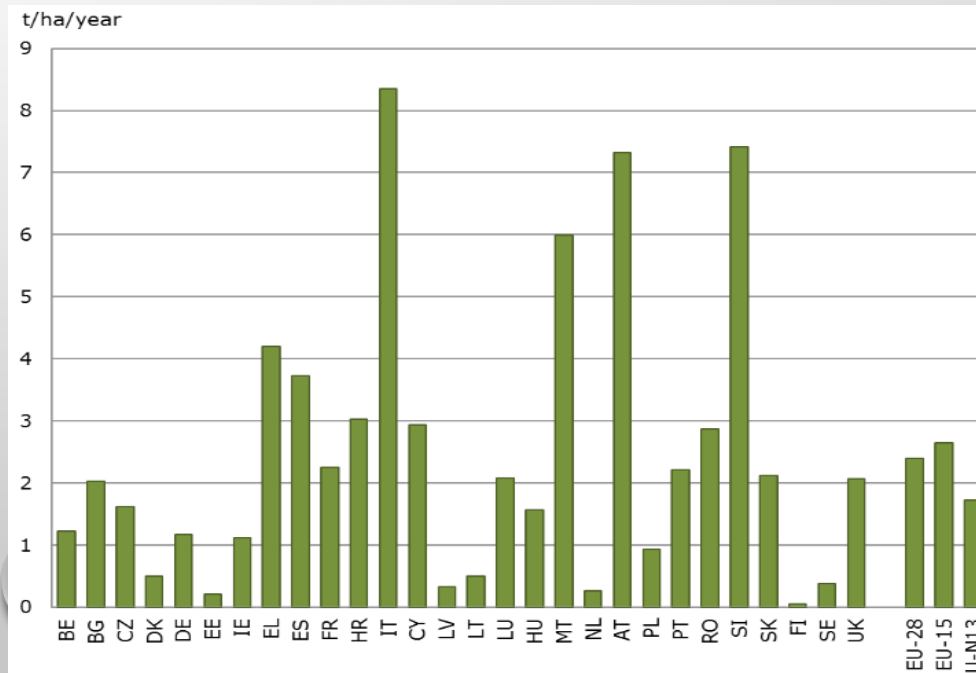
Allikas: Borrelli P., Robinson D.A., Fleischer L.R., Lugato E., Ballabio C., Alewell C., Meusburger K., Modugno, S., Schutt, B. Ferro, V. Bagarello, V. Van Oost, K., Montanarella, L., Panagos P. 2017. An assessment of the global impact of 21st century land use change on soil erosion. Nature Communications, 8 (1): art. no. 2013

Soil loss in the European Union

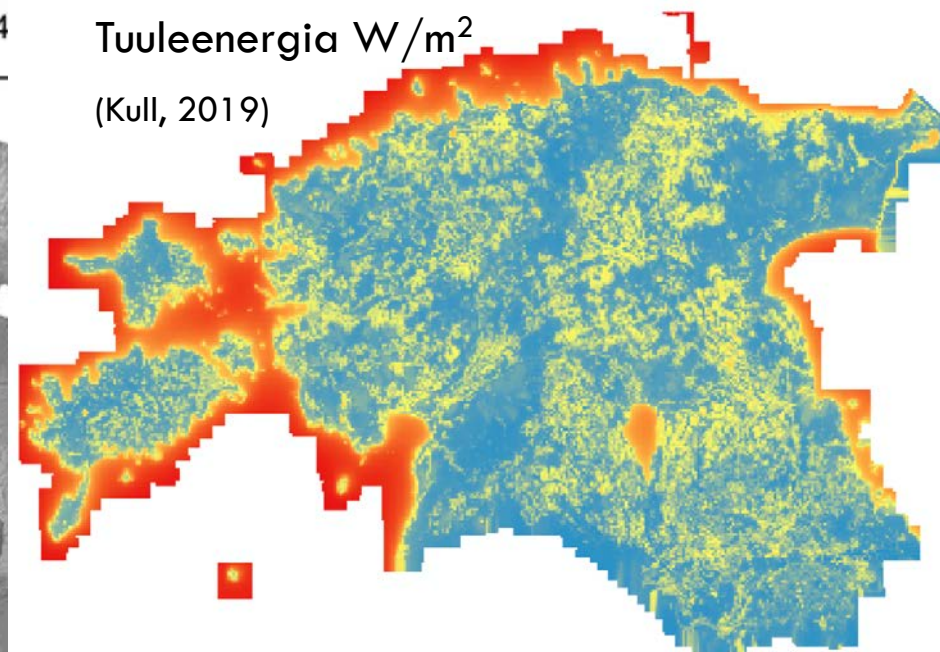
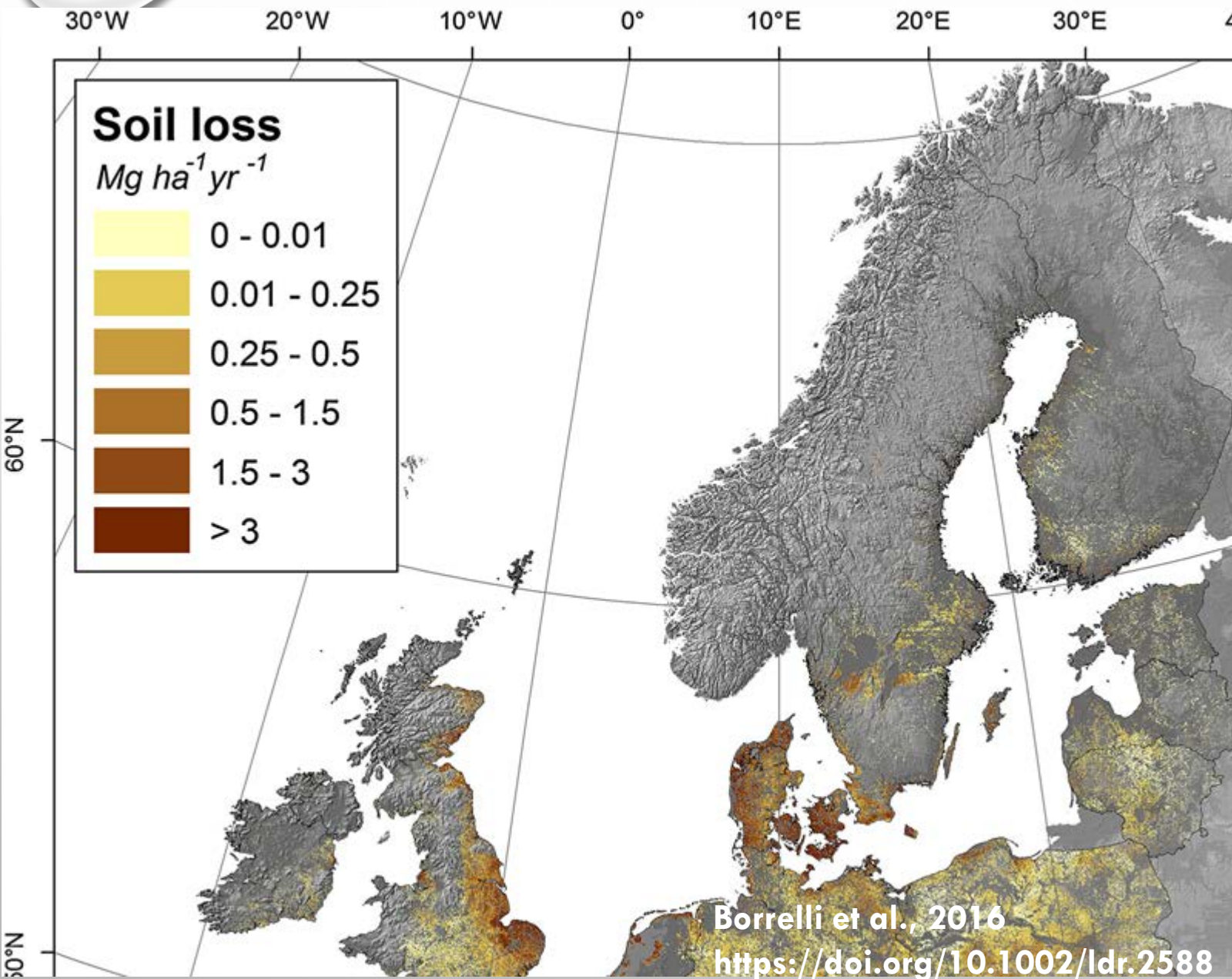


EROSIOON EUROOPAS

- Keskmise mulla ärakanne EL-s on 2.46 t/ha*a
- 12.7% EL haritavast maast ületab mullakadu vee-erosiooni tõttu >5 t/ha*a
- Eestis on sama uuring hinnanud keskmiseks mulla ärakandekseks põllumaadelt vee-erosiooniga **0.21 t/ha*a**



TUULEKANNE



Borrelli et al., 2017 järgi on Eestis 1.2% haritavast maast tuuleerosioonist ohustatud, keskmine tuuleärakanne neilt aladelt on hinnatud $0.27\ t/ha^*a$ Lätis keskmine 0.07 ja Leedus $0.1\ t/ha^*a$

See ületab Köster jt., 2008 ning Ratas, 1977 hinnanguid.

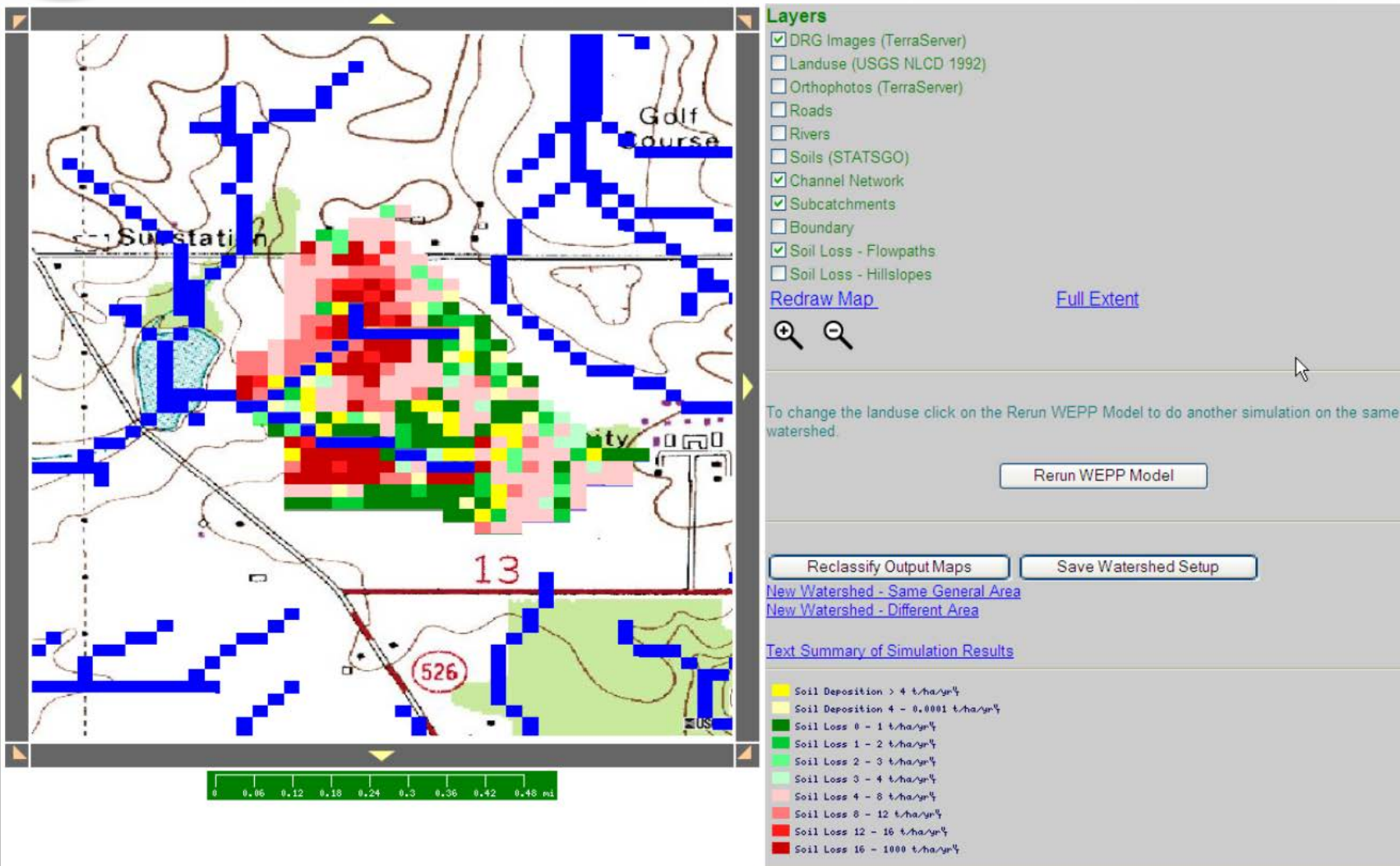
EMPIIRILINE VÕI FÜÜSIKALINE STAATILINE VÕI DÜNAAMILINE ?

- **USLE**
- **MUSLE**
- **RUSLE (RUSLE1, RUSLE2, RUSLE3D)**

- **WEPP (WATER EROSION PREDICTION PROJECT)** – füüsikaline mudel alates 1995.a., pidevalt edasiarendatav, laialt kasutatav USA-s
- **KINEROS (KINEMATIC RUNOFF AND EROSION MODEL)** – numbriline väiksemate alade ja üksiksündmuste aegreana erosiooni arvutav mudel alates 1990.a., edasiarendatav
- **EUROSEM (EUROPEAN SOIL EROSION MODEL)** – numbriline mudel väiksemate alade erosiooni ajalist dünaamikat arvestavaks modelleerimiseks alates 1989.a., edasiarendatav projektipõhiselt, nt. EUROSEM-2010
- **PESERA (PAN-EUROPEAN SOIL EROSION RISK ASSESSMENT)** – füüsikaline mudel alates 2003.a., piiratud edasiarendamine

- **Mitmeotstarbelised (sh. erosioon) mudelid: SWAT, RHEM, EPIC, APEX**

WEPP



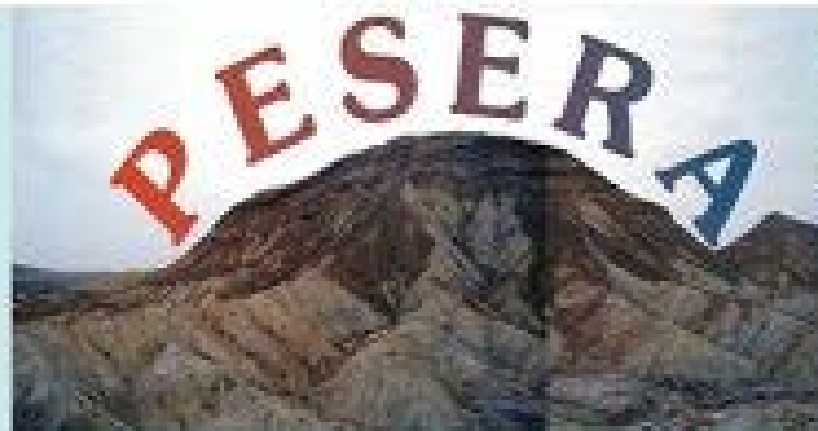
- **WEPP sisendid:**

climate, topography, soil, and management (vegetation)

- **WEPP peamised väljundid:**

and provides various types of outputs, including water balance (surface runoff, subsurface flow, and evapotranspiration), soil detachment and deposition at points along the slope, sediment delivery, and vegetation growth.

PESERA



Soil sediment loss

$$Y = \frac{S}{L} = kR^2 \frac{\exp\left(-\frac{\theta}{r_p R}\right)}{L} \sum \left[2r_p R \exp\left(-\frac{h}{r_p}\right) \right] - 1490$$

where: Y is sediment loss (mean per unit area)

k is the soil erodibility

R is the topographic erosion indicator

Ω is the bio-climatic erosion indicator

R is total monthly rainfall

r_p is mean rain per rain day

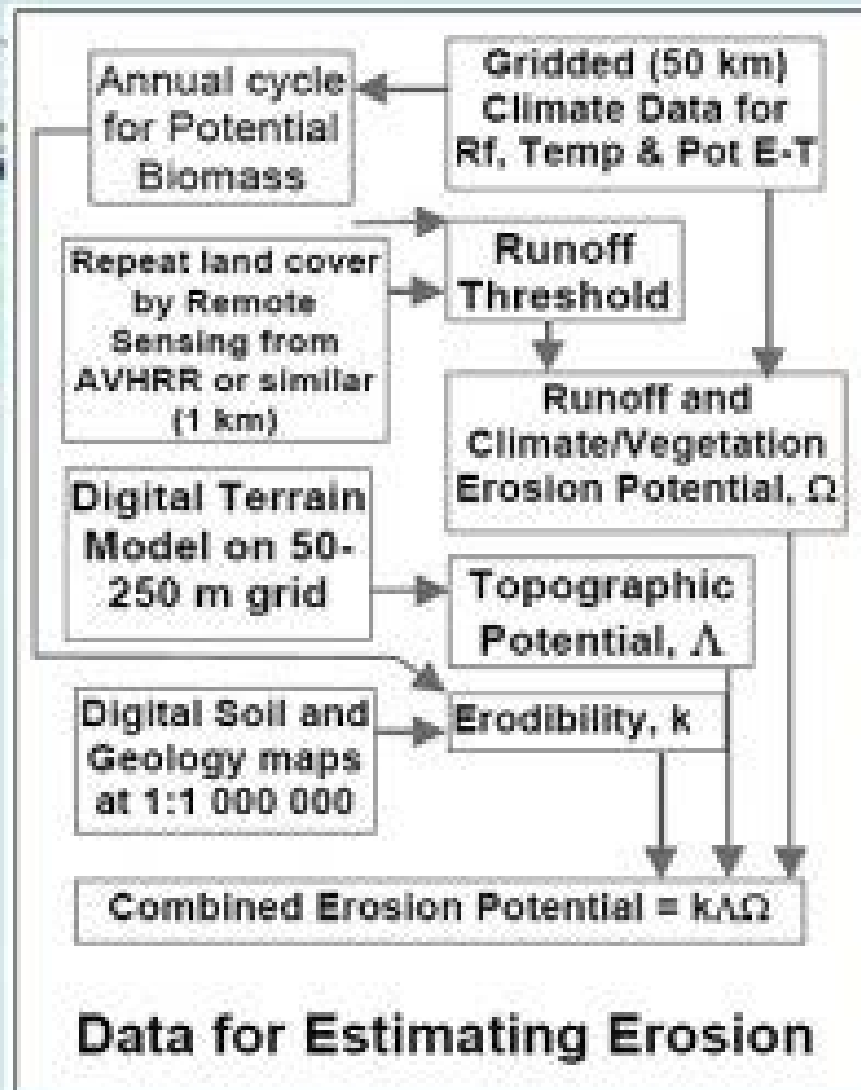
h is runoff threshold from equation above

p is proportion of runoff above the runoff threshold

θ is the flow power erosion threshold

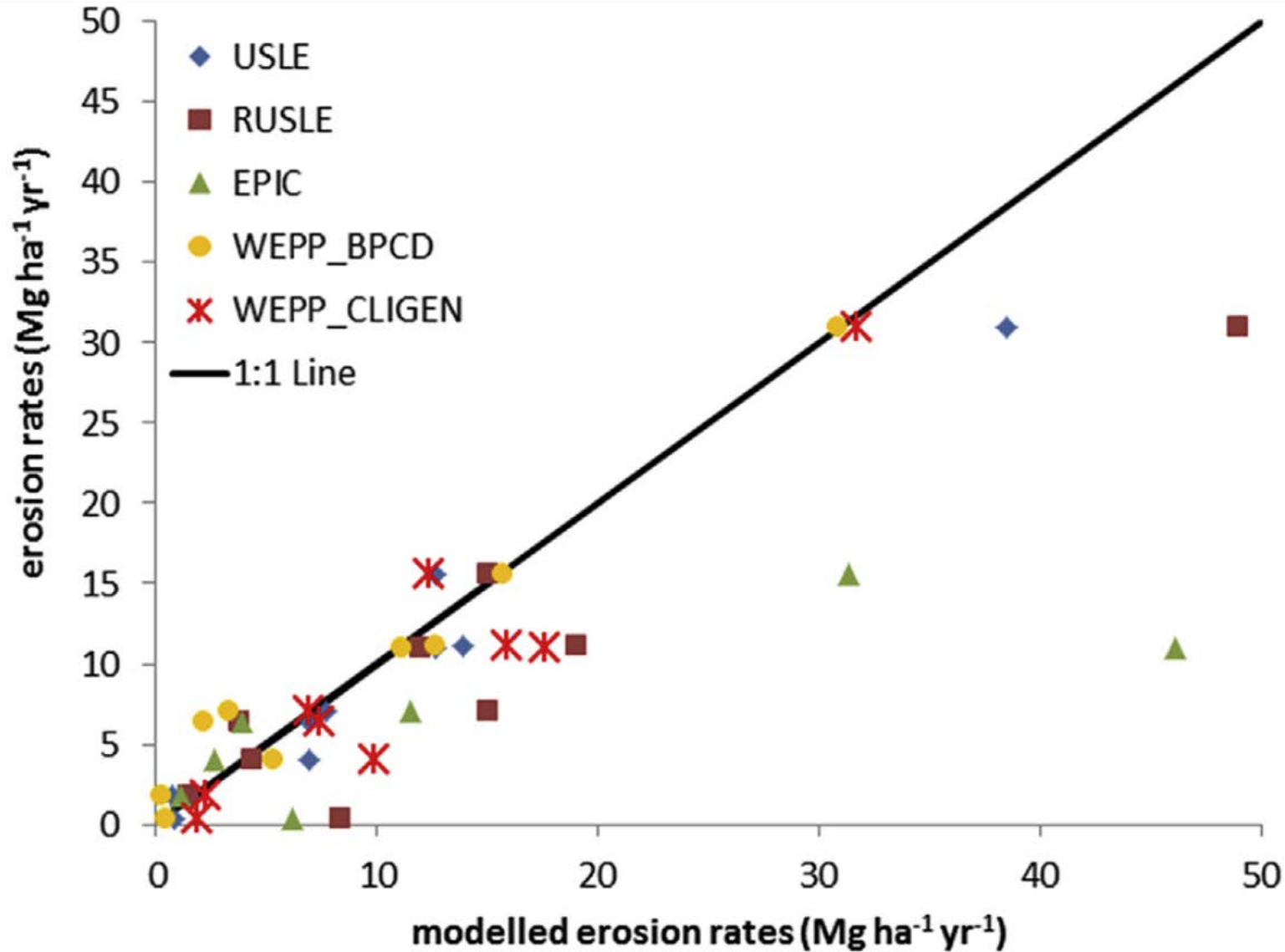
H is mean slope relief

L is mean slope length



- WEPP MUDELI EUROOPA VASTE
- MUDEL OLI MÕELDUD ASENDAMA USLE MUDELIL PÕHINEVAT EROSIONI HINDAMIST EUROOPA LIIDUS
- Komistuskiviks sai (ja on jäänud) ebaühtlane lähteandmete kvaliteet EL ulatuses ja ebapiisav valideeritus

Kas USLE aeg on läbi?



- Füüsikalised mudelid on enamasti täpsemad väiksemate piirkondade ja lühemate perioodide / üksikepisoodide modelleerimisel
- Ulatuslike alade ja riikideülese võrdluse korral on (pool)empiirilised valemid jätkuvalt konkurentsivõimelised ja eelistatud väiksema andmevajaduse tõttu

MULLA VEE-EROSIOONI MODELLEERIMINE EESTIS

Erosiooni hinnatakse (R)USLE mudeliga mingis piirkonnas kuue põhifaktori lineaarse kombinatsiooni (korrutise) tulemusena:

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

A – mulla ärakanne (t/ha);

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

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

L – nõlva pikkuse faktor (dimensionita suhtarv);

S – nõlvakalde faktor (dimensionita suhtarv);

C – taimkatte faktor (dimensionita suhtarv);

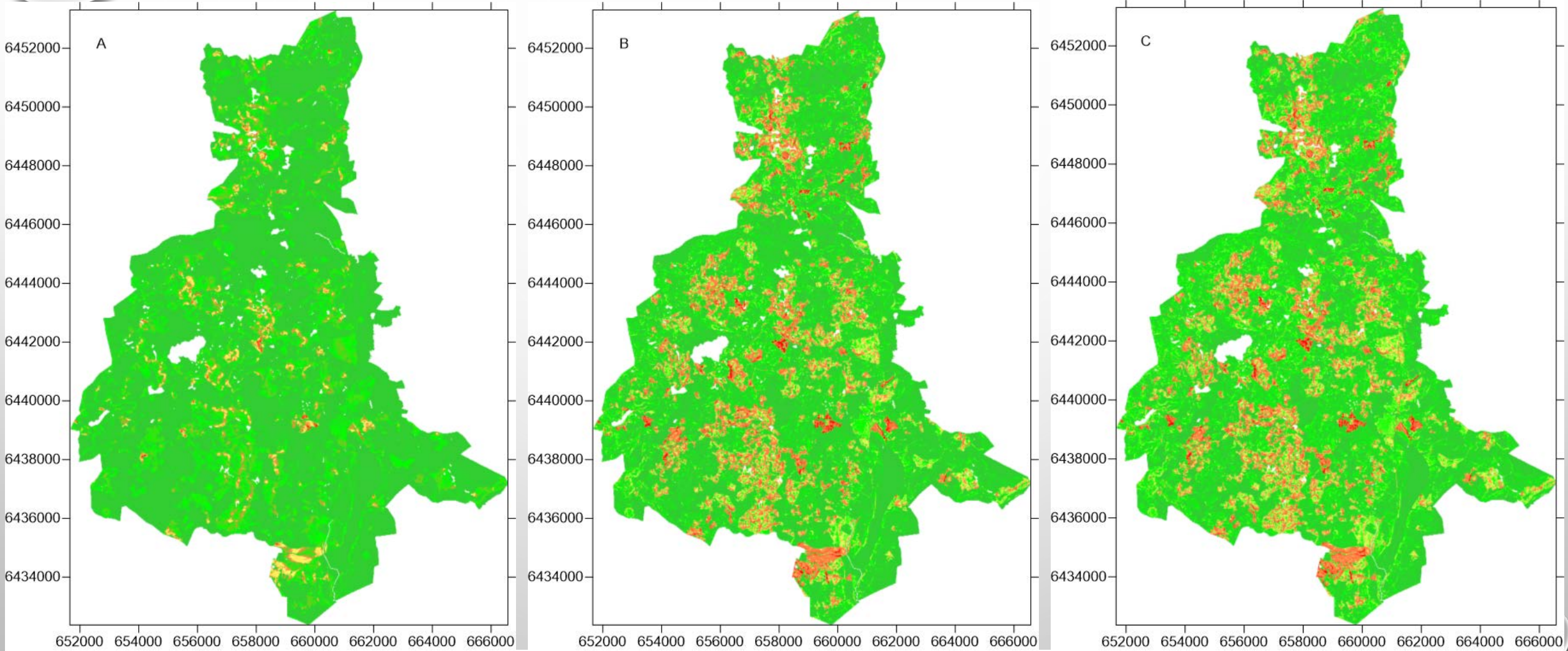
P – kaitseabinõude rakendamise faktor (dimensionita suhtarv).

MULLA VEE-EROSIOONI MODELLEERIMINE EESTIS

- Kasutati USLE ja RUSLE faktorite arvutamise võrrandeid
- Sademete faktor põhineb 2003-2018.a. sademete intensiivsuse (1 h intervall, mm/h) ja pika perioodi (1966-2018) ööpäevaste sademete andmetel Ilmateenistuse vaatlusvõrgustikust
- Mulla erodeeritavuse faktor põhineb 1:10 000 mullastikukaardi andmetel
- Nõlva pikkuse ja nõlvakalde faktor arvutati 5x5 ja 10x10 m LIDAR maapinna kõrgusmudelist
- Taimkatte faktor arvutati PRIA 2018.a. kultuuride ja majandamisviiside andmestikust ning teiste maakasutustüüpide puhul ETAK andmestiku alusel.

Peamine erinevus JRC-ISRIC arvutustega on oluliselt täpsem reljeef, suurem ruumiline lahutus, täpne põllupõhine kultuur

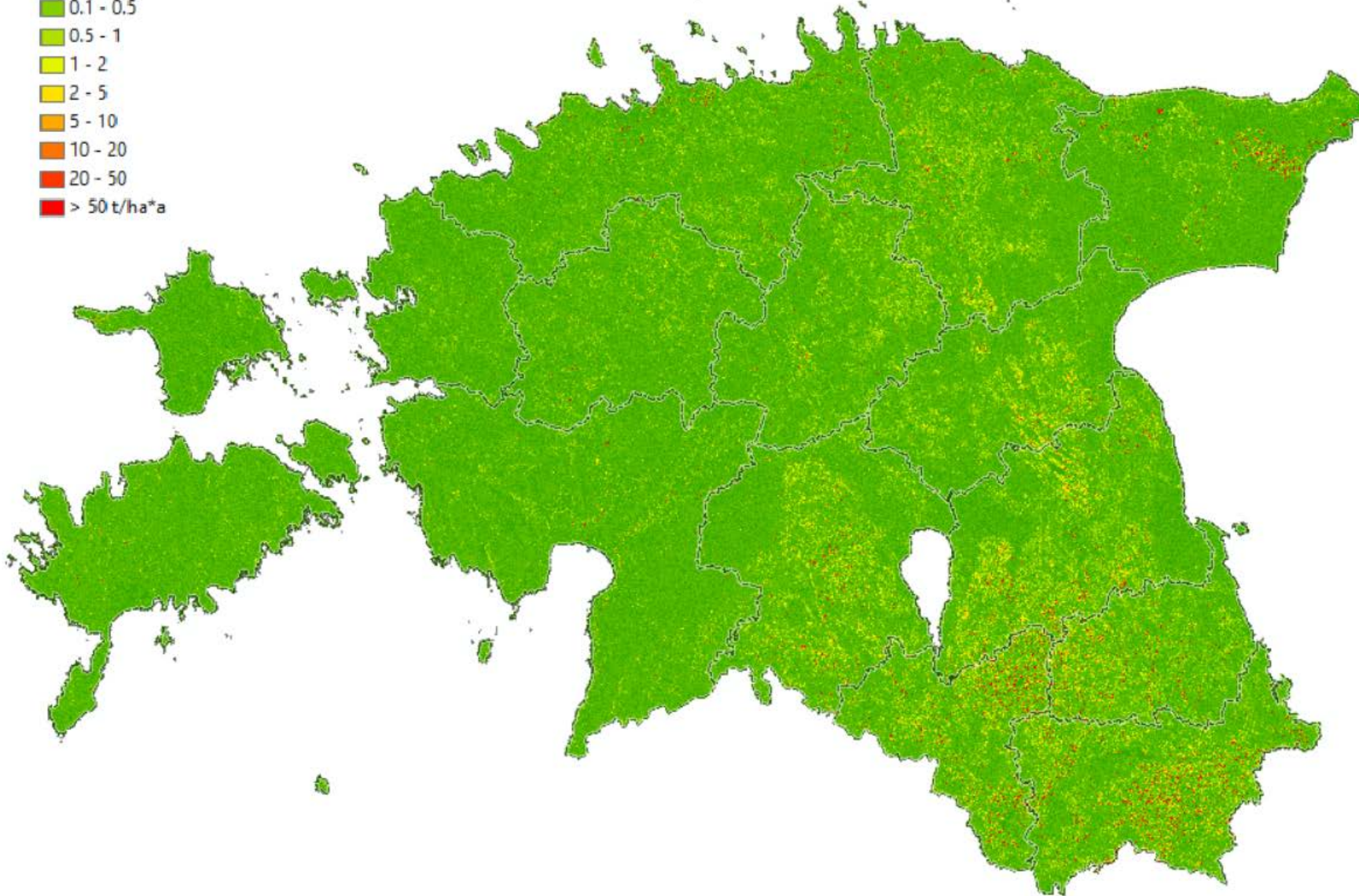
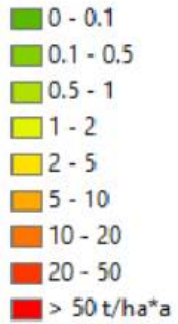
KUI SUURUS ON OLULINE...



NÕLVA PIKKUSE JA –KALDE LS FAKTOR VALGJÄRVE VALLA TERRITOORIUMIL ARVUTATUNA:

A) TOPOGRAAFILISE KAARDI, B) LIDAR 10X10 m ja C) LIDAR 5X5 m KÕRGUSMUDELI JÄRGI

MULLA ÄRAKANNE (t/ha*a)

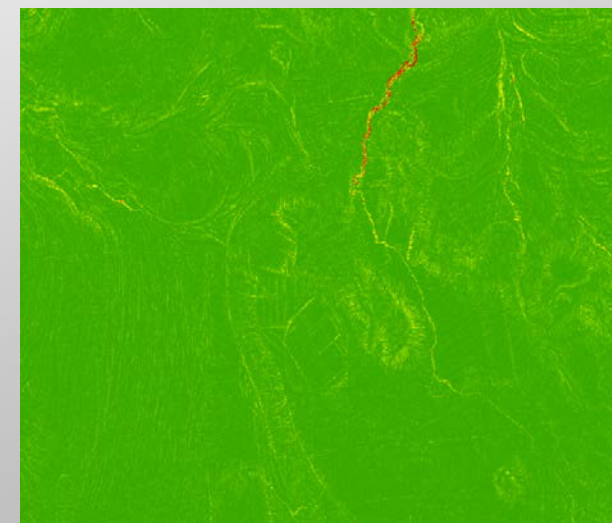
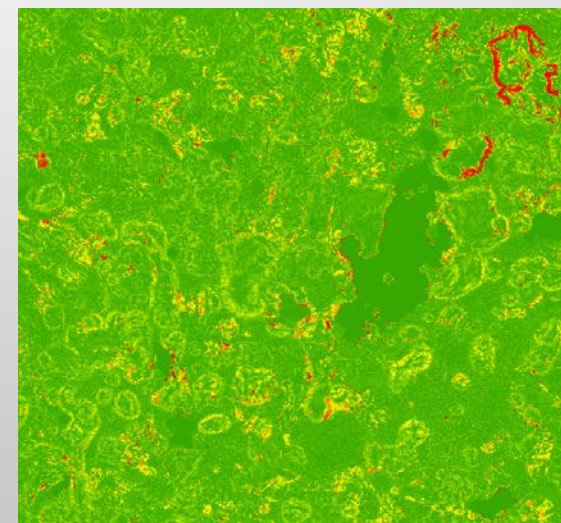
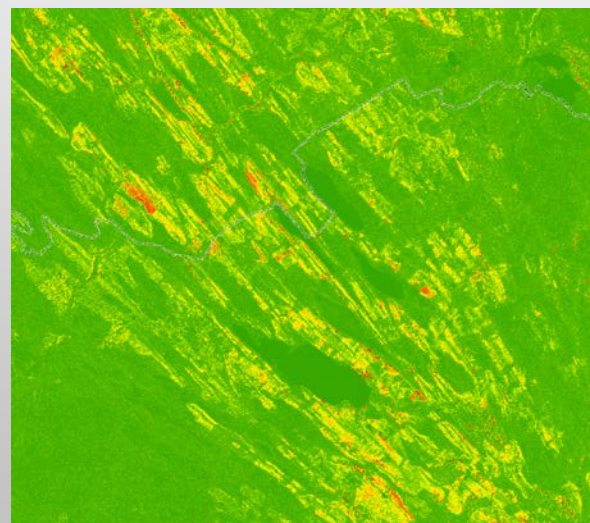


Aasta keskmine ärakanne
on:

- 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

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
	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



MAJANDAMISVIIS JA ÄRAKANNE

■ KSM
■ ÜPT
■ MAHE
■ Muu

KSM 0.824 t/ha*a

MAHE 0.153 t/ha*a

ÜPT 0.136 t/ha*a

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

KÕRGE ÄRAKANDE INTENSIIVSUS EI SÕLTU MAJANDAMISVIISIST

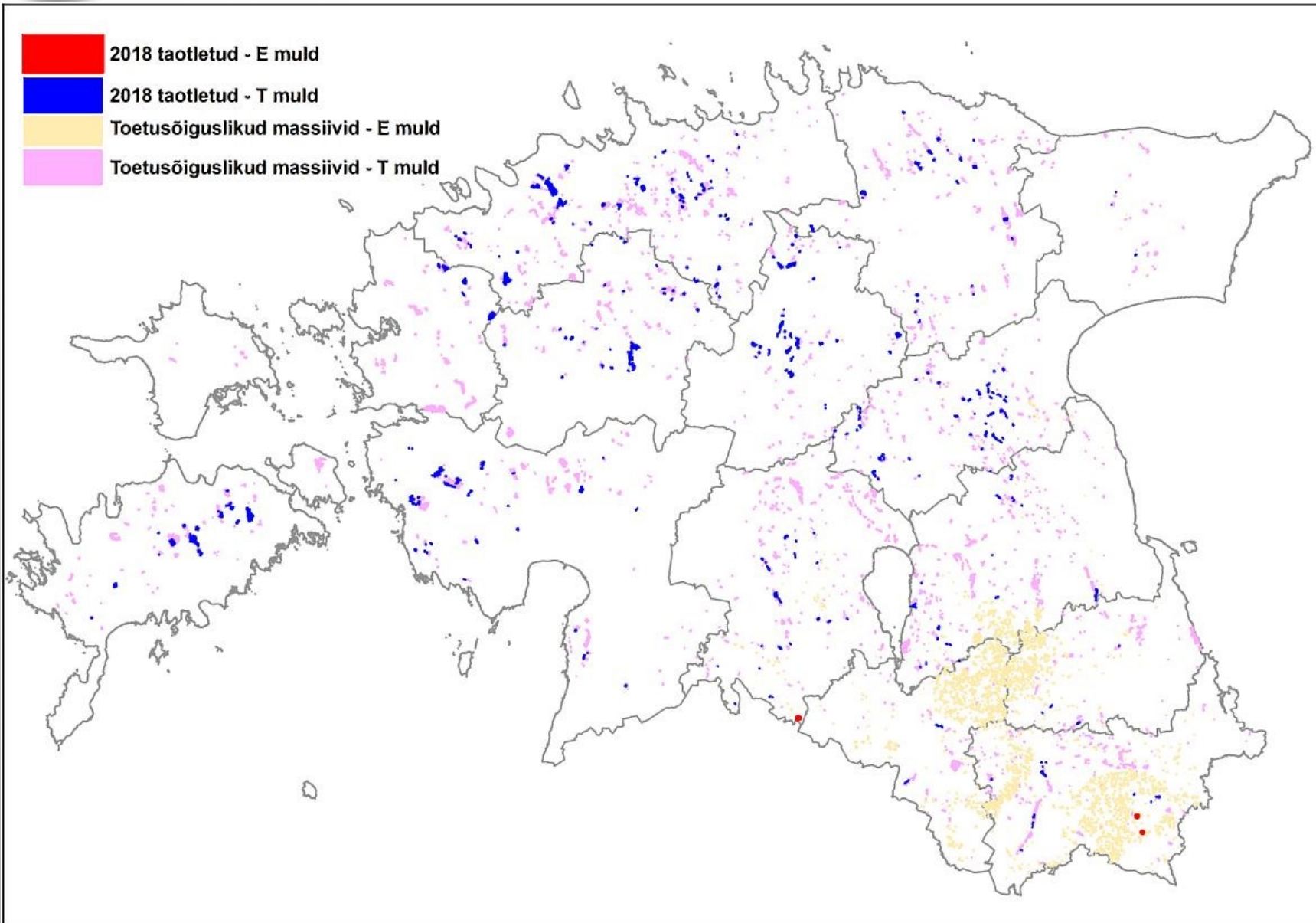
Erosiooni klass (t/ha*a)	hektarit KSM	hektarit ÜPT	hektarit MAHE	hektarit Muu
0	153866	125810	71980	1920
0 - 0.1	79151	138410	74956	2279
0.1 - 0.5	147236	38606	25879	94
0.5 - 1	43625	10769	7815	27
1 - 2	18381	5380	3909	14
2 - 5	6886	2757	1795	9.0
5 - 10	1120	625	359	1.9
10 - 20	253	199	95	0.6
20 - 50	55.3	58.1	23.5	0.05
>50	3.5	5.9	3.3	0
Kokku	450578	322618	186815	4346

JRC-ISRIC hinnangul on Eestis u.
100 ha haritavat maad suurema
ärakandega kui > 11 t/ha*a

Tegelikult:

- **KSM ALAD EROSIOONIGA ÜLE 11 t/ha*a ON SUMMAARSE PINDALAGA 236 ha**
- **ÜPT ALAD EROSIOONIGA ÜLE 11 t/ha*a ON SUMMAARSE PINDALAGA 203 ha**
- **MAHE ALAD EROSIOONIGA ÜLE 11 t/ha*a ON SUMMAARSE PINDALAGA 93 ha**

TOETUSMEETMED JA NENDE KASUTAMINE



Praegu on põllumajanduslikus kasutuses üle 500 ha põlde, kus mulla ärakanne ületab 11 t/ha*a

2018.a. taotleti toetust 50 ha, 2019. a. on taotletud 53 ha...

Maakond	Erodeeritud muld (ha)	Toetusõiguslik E muld (ha)	Taotletud E muldade pind (ha)
Harju			
Hiiu			
Ida-Viru	3		
Jõgeva	54	38	3
Järva			
Lääne			
Lääne-Viru	4	4	
Põlva	1829	587	1
Pärnu			
Rapla	0.5		
Saare			
Tartu	1279	313	1
Valga	3332	495	
Viljandi	161	64	11
Võru	3943	675	34
Kokku	10604	2175	50

EROSIOONIGA KOHANEMINE VÕI VÕITLEMINE?

- **PEAMISED PROBLEEMID:**

TOITAINETE KADU JA VEEKOGUDE EUTROFEERUMINE, MULLA STRUKTUURI MUUTUS, ORGAANILISE AINE KADU, NIISKUSREŽIIMI HALVENEMINE, SAAGIKUSE KAHANEMINE

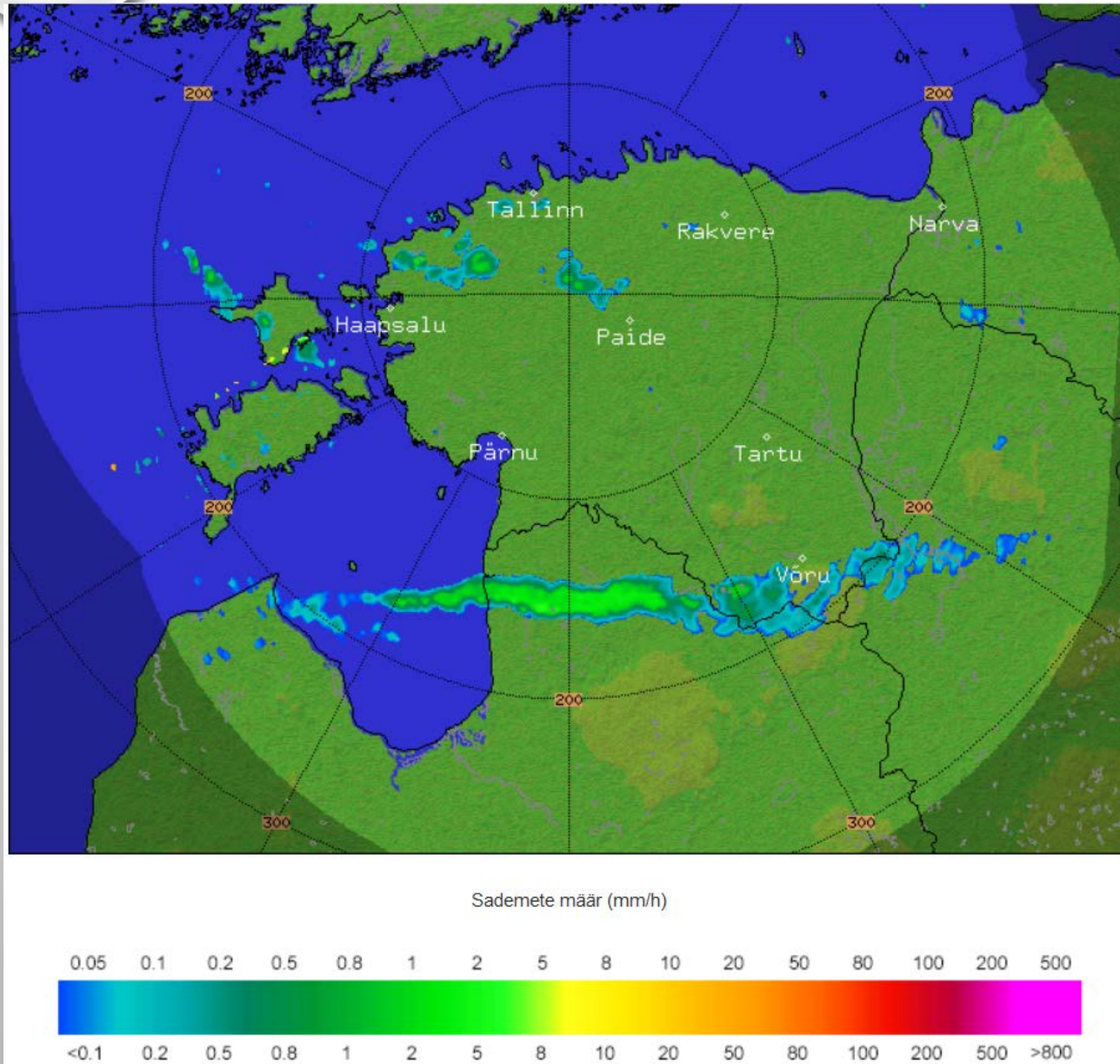
- **ABINÕUD:**

- MAJANDAMISVÕTTED, TALIVILJA OSAKAALU SUURENDAMINE

- **LEEVENDUS:**

- TÄPPISVILJELUSEL KOMPENSEERIDA TOITAINEKADU

ARVUTUSTE TÄPSUSTAMISE VÕIMALUSED



- Ilmaradari andmete kasutamine
- Ärakande kontrollmõõtmiste läbiviimine
- Erodeeritud mullas toitainete sisalduse määramine ja arvutustesse lisamine
- Taimkatte katvuse ning arengufaaside aastaajaline arvestamine ja hindamine satelliitpiltidelt

VÕIMALIKUD EDASIARENDUSED

- EROSIONI ARVUTAMINE IGA-AASTASELT TAGASIULATUVA DÜNAAMILISE MODELLEERIMISENA (MUUTUVAD PARAMETRID MAAKASUTUS, MAAHARIMISVÕTTED, SADEMED)
- HINNATA EROSIONIGA ÄRA KANTUD MULLA ALUSEL TOITAINETE KADU JA TÄPPISVILJELUSE JAOKS KOHANDADA VASTAVALT VÄETISTE VAJADUST
- LIHTSUSTATUD VEEBIRAKENDUS MAAHARIJATELE, KUS SAAVAD KONKREETSETE PÕLDUDE KAUPA HINNATA KASVATATAVAST KULTUURIST LÄHTUVALT VÕIMALIKKU EROSIONI INTENSIIVSUST

MULLAKAITSE JA -POLIITIKA

EUROOPA KOMISJON TÖÖTAS 2006. AASTAL VÄLJA MULLA RAAMDIREKTIIVI EELNÕU, KUID SELLE VASTUVÕTMISENI POLE JÕUTUD

- EL tasandil on kaudselt mulla kaitsega seotud „Mullakaitse teemastrateegia“, „Veedirektiiv“, „Euroopa Nõukogu direktiiv 86/278/EMÜ“ ja „ EL keskkonnavastutuse direktiiv“
- EL direktiivide sätted kanduvad üle ka Eesti õigusaktidesse, kuid ka Eesti seadusandluses on mullakaitse reguleeritud pigem kaudselt teiste õigusaktide kaudu, nt. „Maaparandusseadus“, „Tööstusheite seadus“, „Maapõueseadus“, „Veeseadus“
- On tavapärane rääkida kaitstavatest liikidest, liigilisest- ja maastikulisest mitmekesisusest, kuid harva kuuleb midagi mullastikulisest mitmekesisusest...

IGA PÄEV HÄVIB EUROOPAS 3 RUUTKILOMEETRIT MULDA ...