Kliimaministeerium

Kaasrahastanud Euroopa Liit

KeMIT

Tartu Ülikool

Republic of Estonia Environment Agency

Natura 2000

Kanada FWI meetodi tutvustus ja Eesti aladele kohandamine

Tõnu Oja,
Valentina Sagris,
Tartu Ülikool

21.01.2025

Jutuks tuleb:

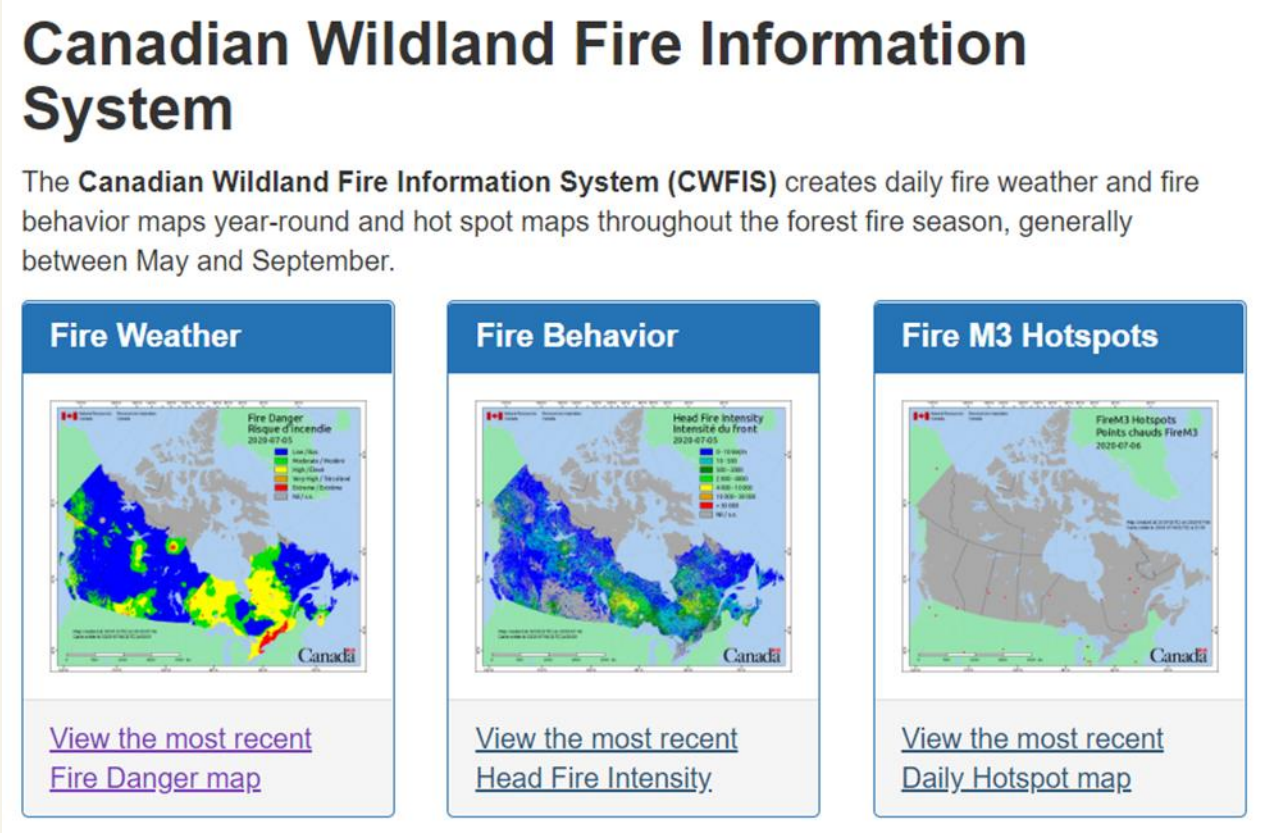
- Mida siis Eestis nüüd rakendati?
- Kanada metsa- ja maastikupõlengute haldamise süsteem, ajalugu, rakendused Kanadas ja laiemalt maailmas.
- Maastikupõlengud RITA kaugseire rakendamise projektis.
- Vajalikud kohandamised Eestis – sobivad lähteandmed, soovituslik ohuklasside skaala.
- Mille poolest võiks uus rakendus olla seni kasutatust parem? Sarnasused ja erinevused senisega.
- Süsteemi edasiarendamise võimalused.

Mida siis Eestis nüüd rakendati?

- Nesterovi asemel FWI
  - Arvestab ka tuult
- Sademed radarilt, meteo mudelist ja ilmajaamadest
  - Parem ruumiline lahutus
- On juurutatud KAUR'i operatiivtöös ja veebis
  - Tuleoht ka prognoosidele
- Parem ennetustugi Päästele
- Võimalus minna edasi tule leviku mudeliga

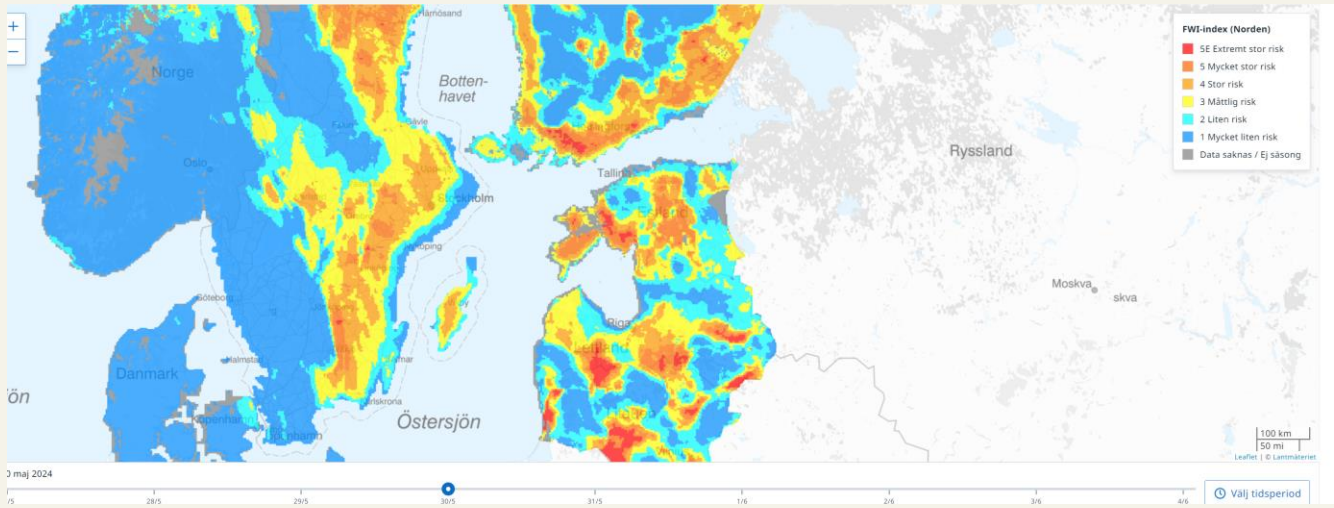
Fire Weather Index (FWI)

- Osa CWFIS süsteemist
- hindab potentsiaalset ohtu arvestades ilmastiku andmeid
- Sisendiks järgmisele etapile - potentsiaalse põlengu käitumise hindamisele e. Forest Fire Behavior Prediction (FBP)



https://cwfis.cfs.nrcan.gc.ca/home

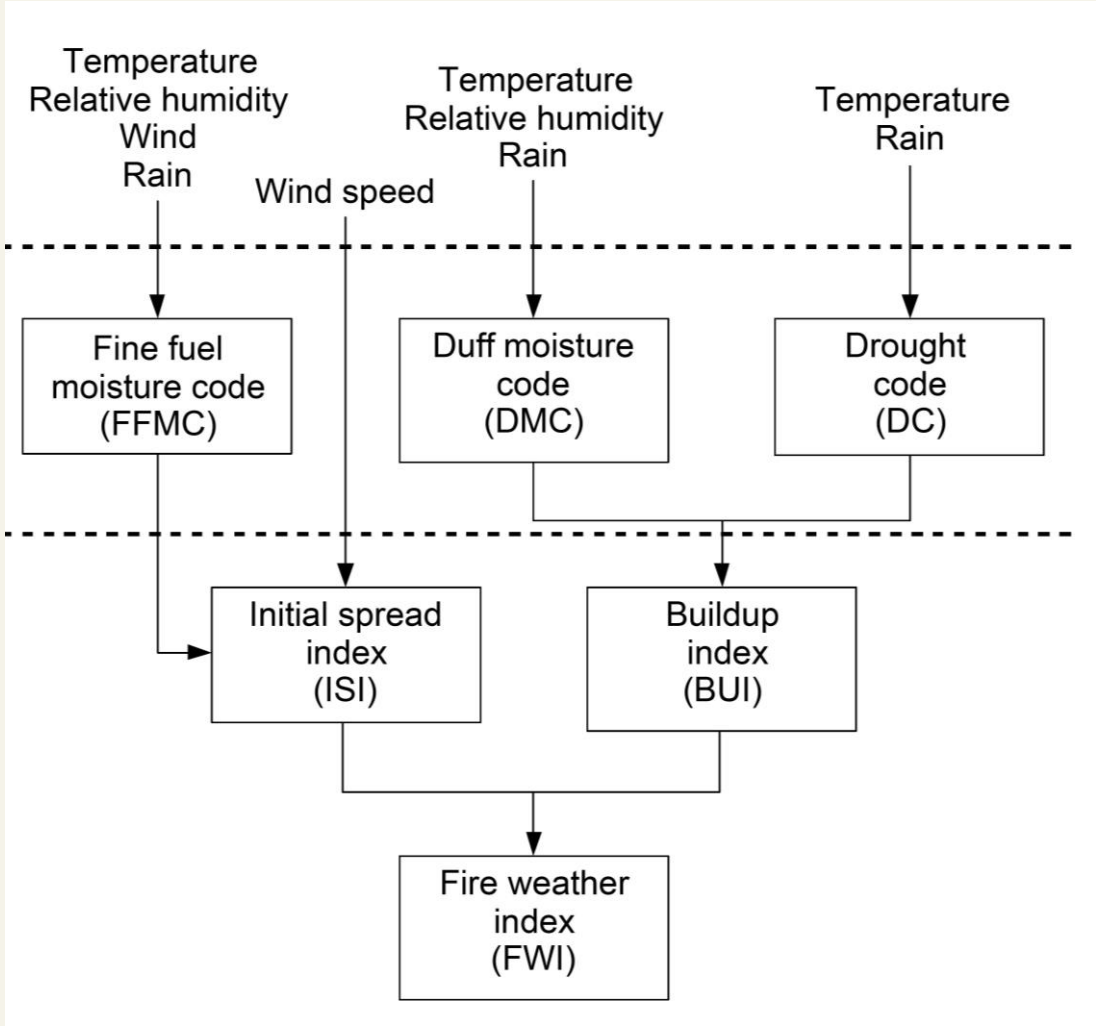
FWI ajalugu



- Metsa tuleohtlikkuse arvutamise meetod, arendatud Kanadas 1970-ndatel aastatel
- Praegu on see (variatsioonidega) rakendatud paljudes riikides: Kanada, Rootsi, Norra, Soome, EL Copernicus programmi EFFIS (European Forest Fire Information System) jt.

Turner, J.A.; Lawson, B.D. 1978. **Weather in the Canadian Forest Fire Danger Rating System. A user guide to national standards and practices**. Environment Canada, Pacific Forest Research Centre, Victoria, BC. BC-X-177

FWI arvutuse skeem

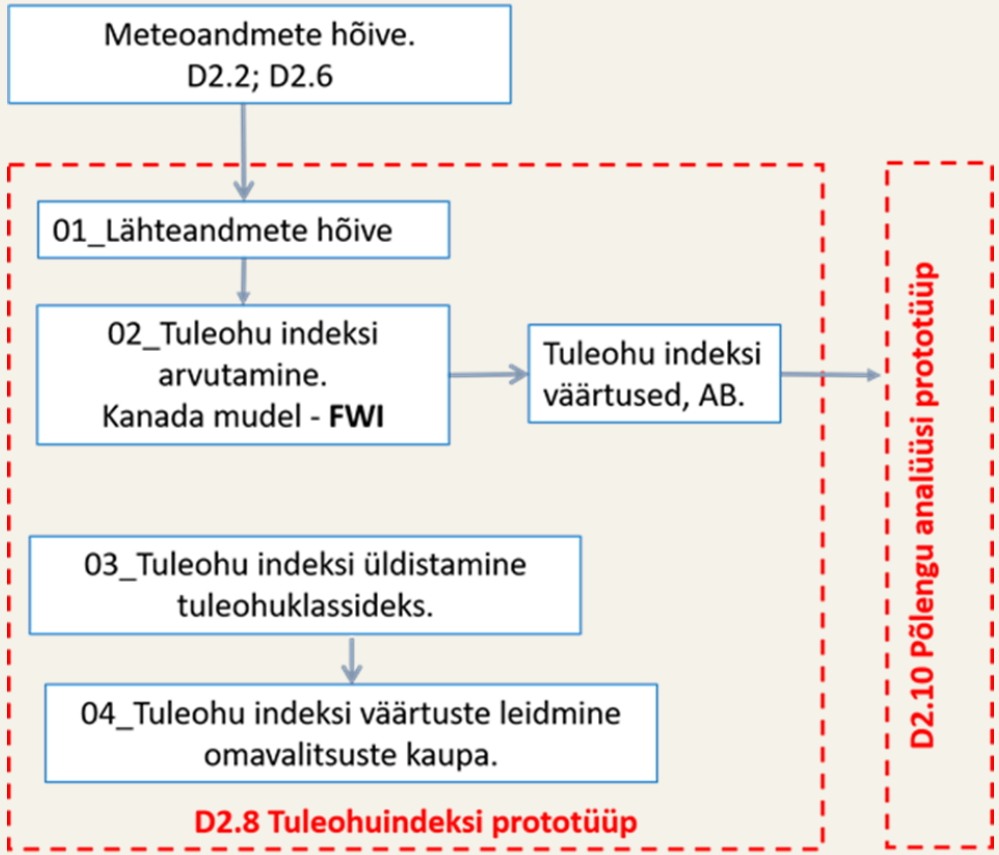


- **FFMC** – kirjeldab peenema põlevmaterjali niiskust
- **DMC** – kirjeldab niiskust väiksema tihedusega kõduneval orgaanilisel ainel
- **DC** – kirjeldab sügavama orgaanika kihi niiskust

- **ISI** – kirjeldab potentsiaalse tulekahju leviku kiirust kui kütteks on ainult peenem põlevmaterjal
- **BUI** – kirjeldab kõduneva ja sügavama orgaanika kihi kuivuse summaarset panust tuleohtlikkusele

Rita projekti prototüübid

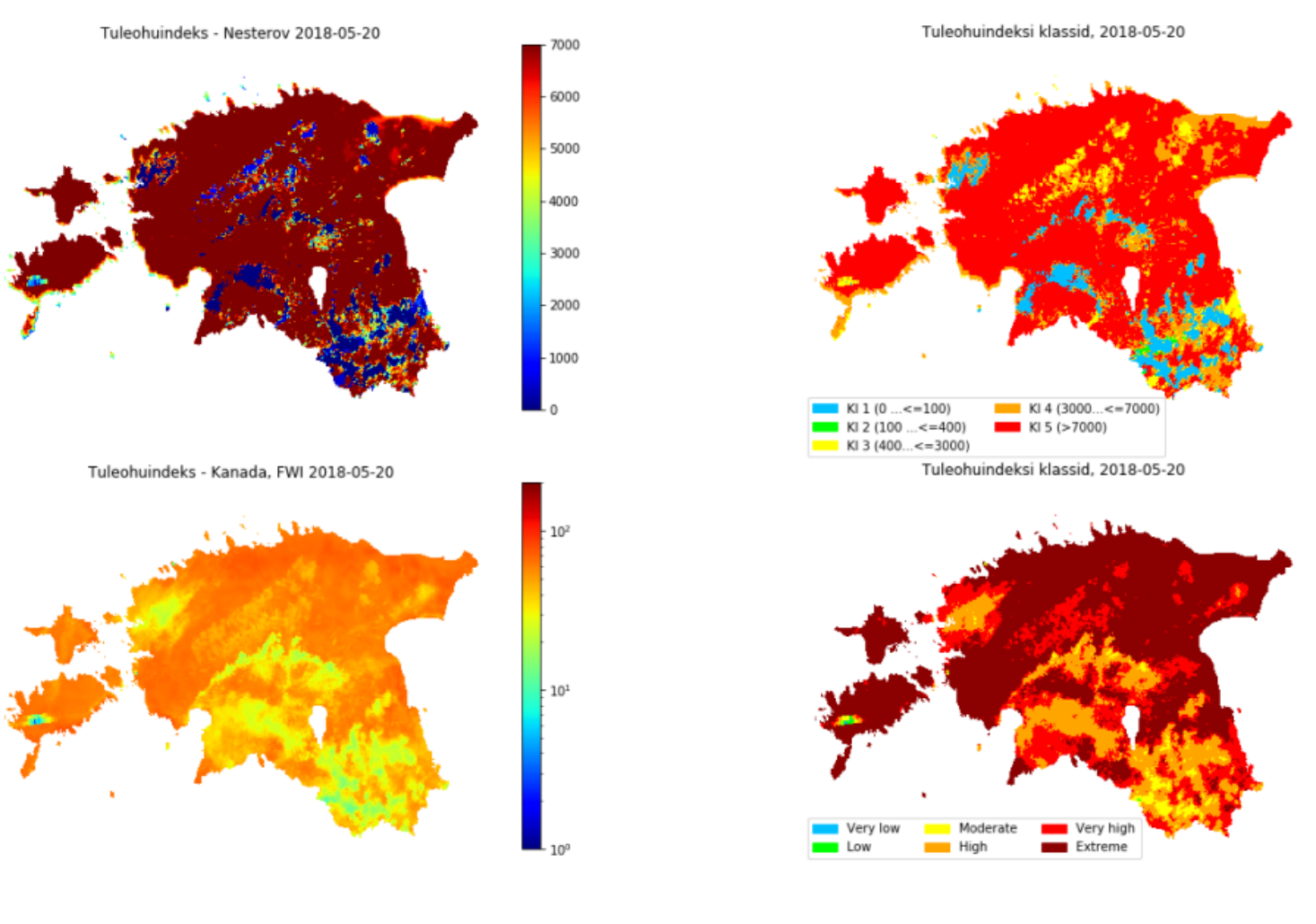
- RITA1/02-52 "Kaugseire andmete kasutuselevõtt avalike teenuste väljatöötamisel ja arendamisel" (1.01.2019-31.12.2020)
- **D2.8 Tuleohuindeksi prototüüp (FWI)** k.a. võrdlus Nesterovi indeksiga
- **D2.10 Põlengu analüüsi prototüüp (FBP)** k.a. põlevmaterjali kaardistamine 2018. a satelliidiandmetel
- https://datadoi.ee/handle/33/318



Euroopa Liit
Euroopa Regionaalarengu Fond
Eesti tuleviku heaks
TARTU ÜLIKOOL
Eesti Maaülikool
Estonian University of Life Sciences
Siseministeerium
Keskkonnaamet

FWI prototüüp

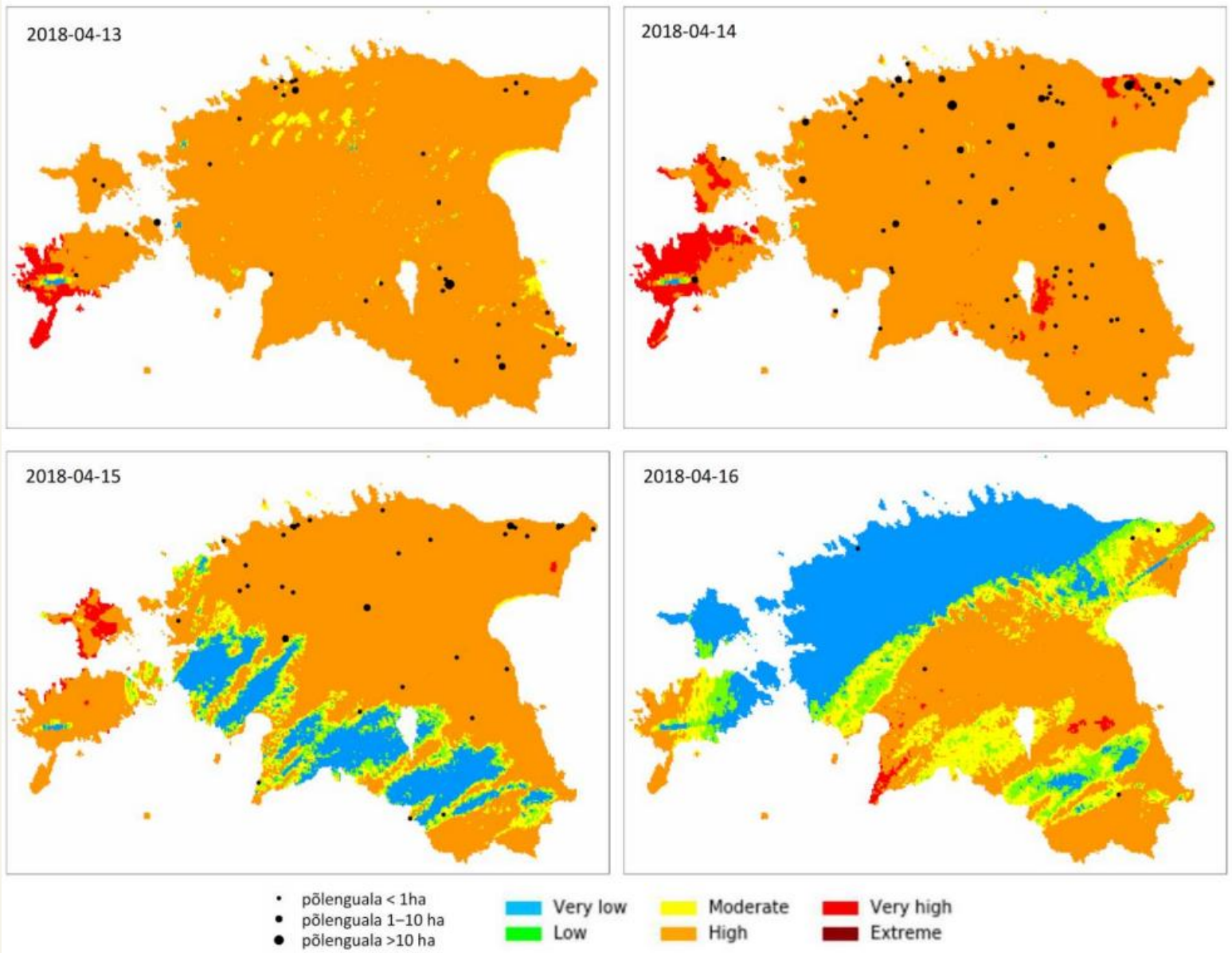
- Lähteandmetena kasutati radari sajuhulkasid ja teiste elementide jaoks – ilmamudeli järelanalüüse
- Võrreldi Nesterovi tuleohuindeksiga – selleks arvutati indeks sama täpsusega andmetel kui FWI
- Pakuti välja 1x1 km võrk
- Generaliseerimise ja pildi silumise protseduurid
- Analüüsiti erinevaid skaalasid



Nesterovi ja nn Kanada mudeli *FWI* tuleohuindeksid ja tuleohu klassid, 20. mai 2018.

- Samuti tehti võrdlus FWI klasside ja registreeritud põlengute paiknemise vahel

2018-04-14 kuni 2018-04-16



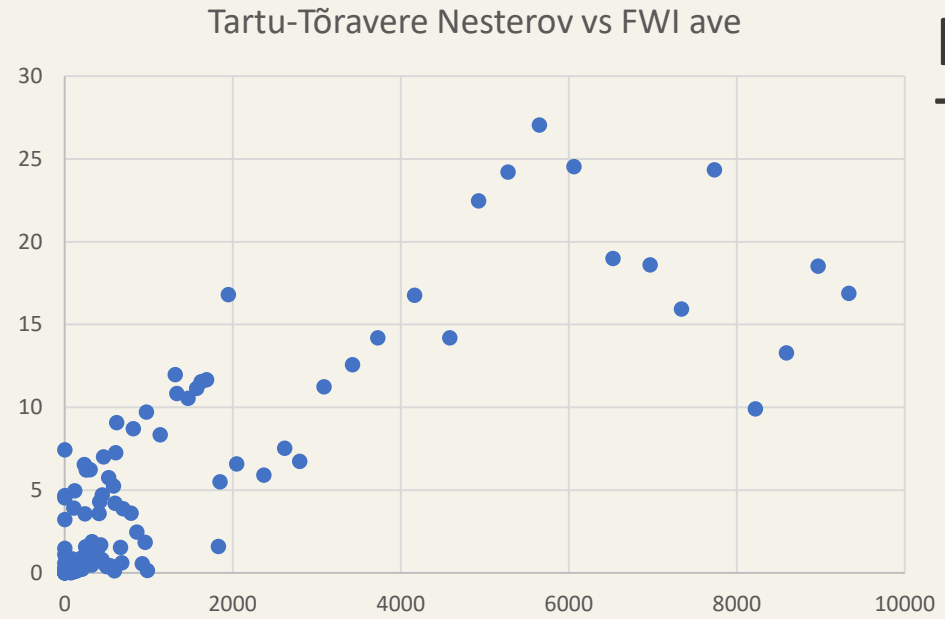
Joonis A.11. Tuleoht ja maastikutulekahjud Eestis 11.-16. aprill 2018. Tuleohuklassid vastavalt tabelile A.6, tulekahjud vastavalt Päästeameti andmestikule.

Kohandamised Eestis: LifeAdapt

- RITA projektis läbitestitud valikute tutvustamine LifeAdapt partneritele
- RITA projekti FWI prototüübi protseduurid (Python skriptid) lähteandmete eeltöötlemiseks, indeksite arvutamiseks 1x1 km võrgul ja üldistamiseks asustusüksustele üle antud Keskkonnaagentuuri spetsialistidele
- „Anomaalia“ kõrvaldamine – FWI skripti veider käitumine väga kuiva ilmaga ja FWI madalate väärtuste juures
- Võrdlused tegelike põlengutega ja senise tuleohu prognoosimisega
- Erinevate skaalade testimine 2023-2024 andmetel

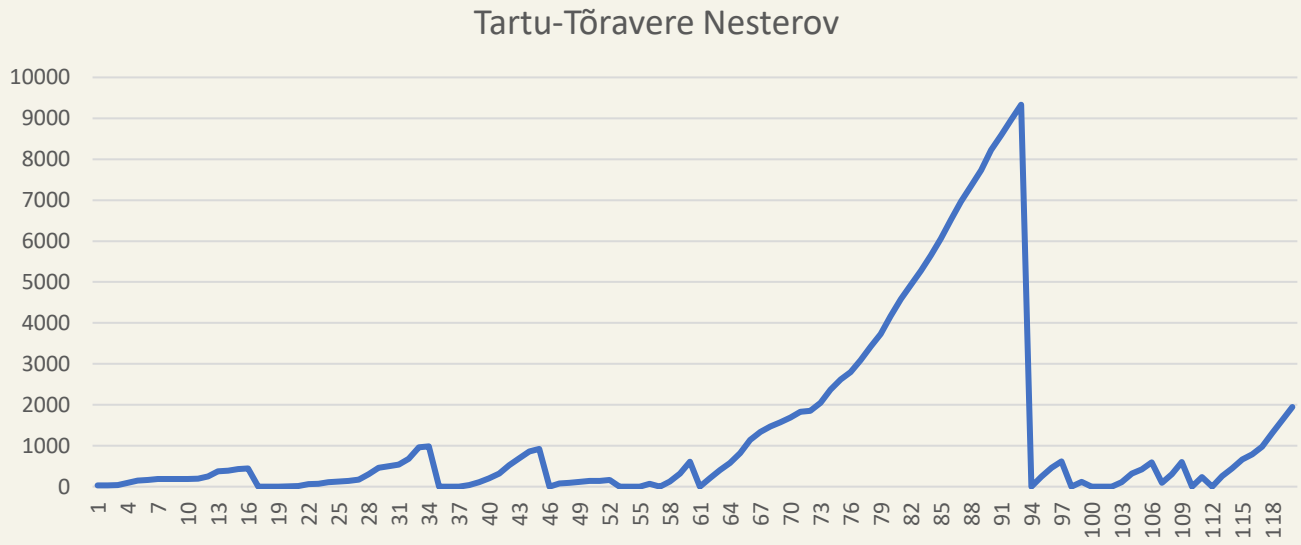
KLIIMANUTIKAS EESTI

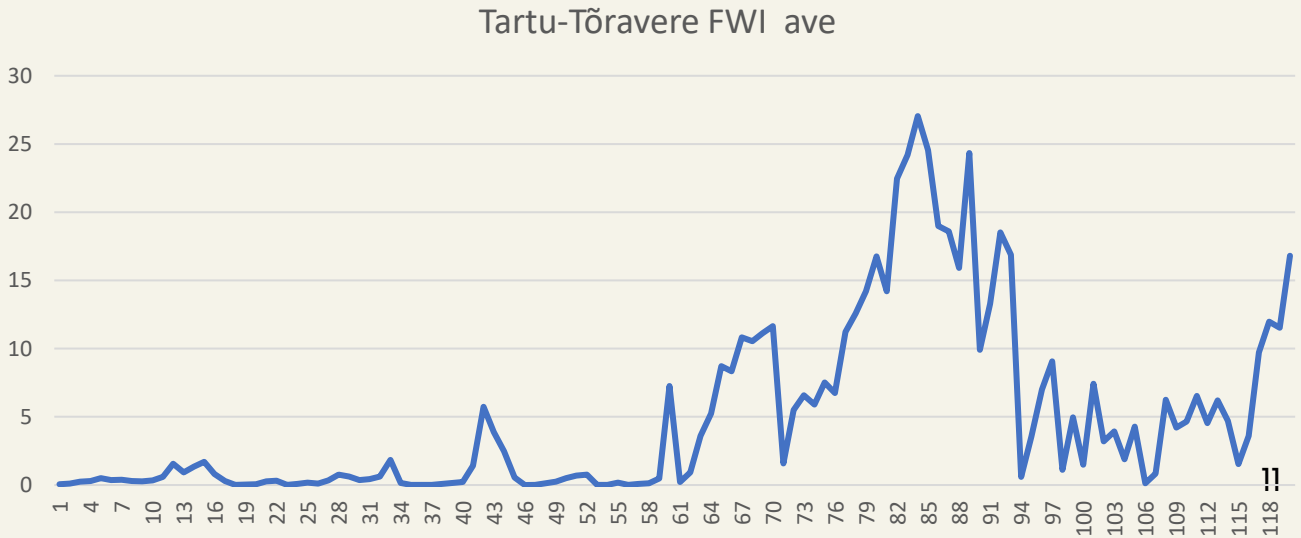
Nesterov vs FWI **tegelikes ilmajaamades.** Tartu-Tõravere, 01.03.2024 - 28.06.2024



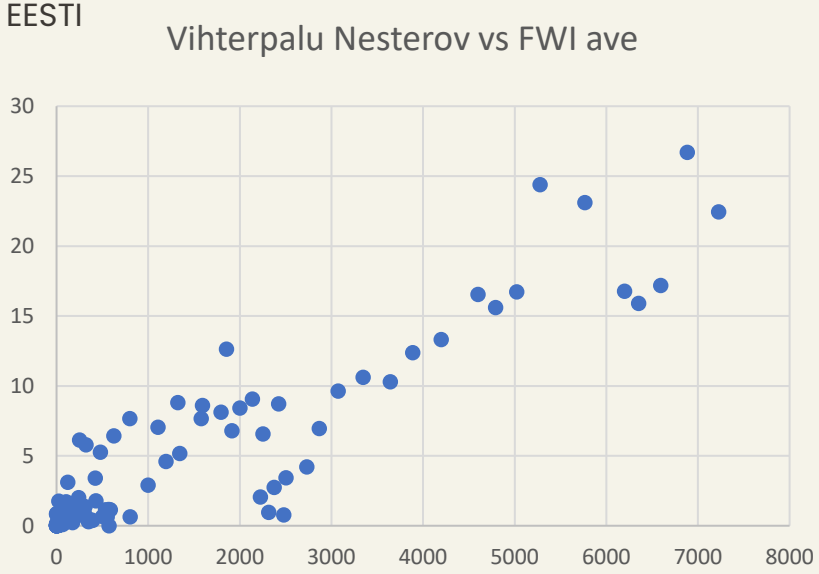
Regression Statistics								
Multiple R	0,829							
R Square	0,687							
Adjusted R Square	0,685							
Standard Error	3,673							
Observations	120							
ANOVA								
	df	SS	MS	F	Significance F			
Regression	1,000	3498,602	3498,602	259,377	0,000			
Residual	118	1591,643	13,488					
Total	119	5090,244						
	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95,0%	Upper 95,0%
Intercept	1,776	0,388	4,575	0,000	1,008	2,545	1,008	2,545
X Variable 1	0,002	0,000	16,105	0,000	0,002	0,003	0,002	0,003

Üle kõigi jaamade R = 0.7

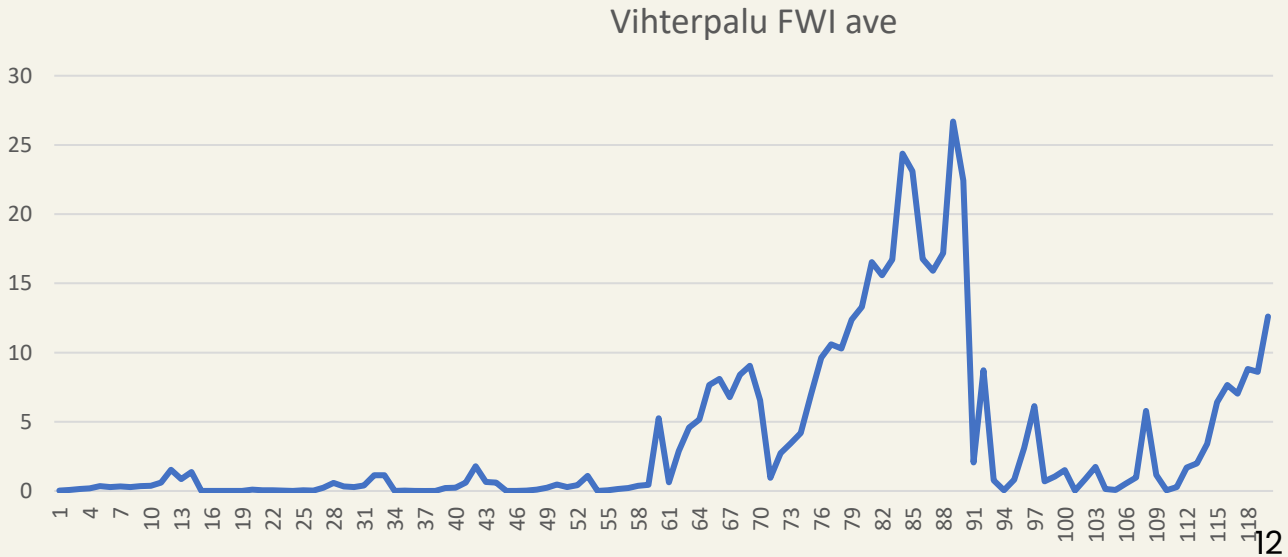




Nesterov vs FWI **tegelikes ilmajaamades.** Vihterpalu, 01.03.2024 - 28.06.2024

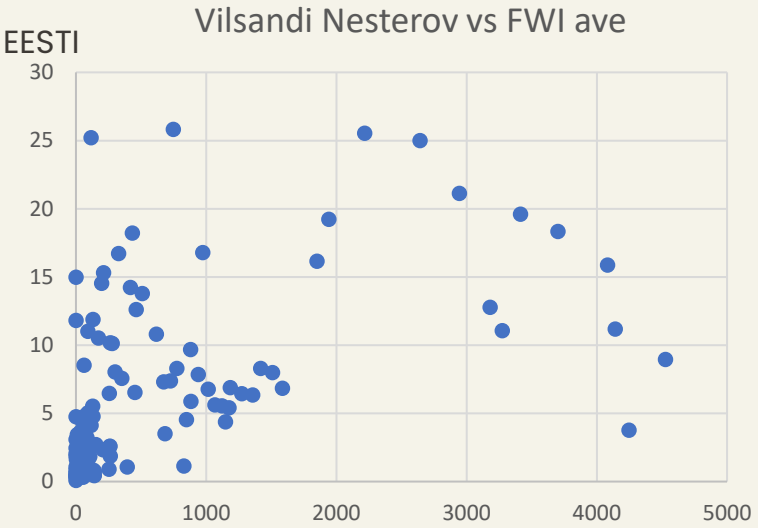


Regression Statistics								
Multiple R	0,925648							
R Square	0,856824							
Adjusted R Square	0,855611							
Standard Error	666,2898							
Observations	120							
ANOVA								
	df	SS	MS	F	Significance F			
Regression	1	3,13E+08	3,13E+08	706,1609	1,24E-51			
Residual	118	52385174	443942,2					
Total	119	3,66E+08						
	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95,0%	Upper 95,0%
Intercept	69,87442	72,12049	0,968857	0,334598	-72,9438	212,6926	-72,9438	212,6926
X Variable 1	275,3513	10,3618	26,57369	1,24E-51	254,8321	295,8705	254,8321	295,8705

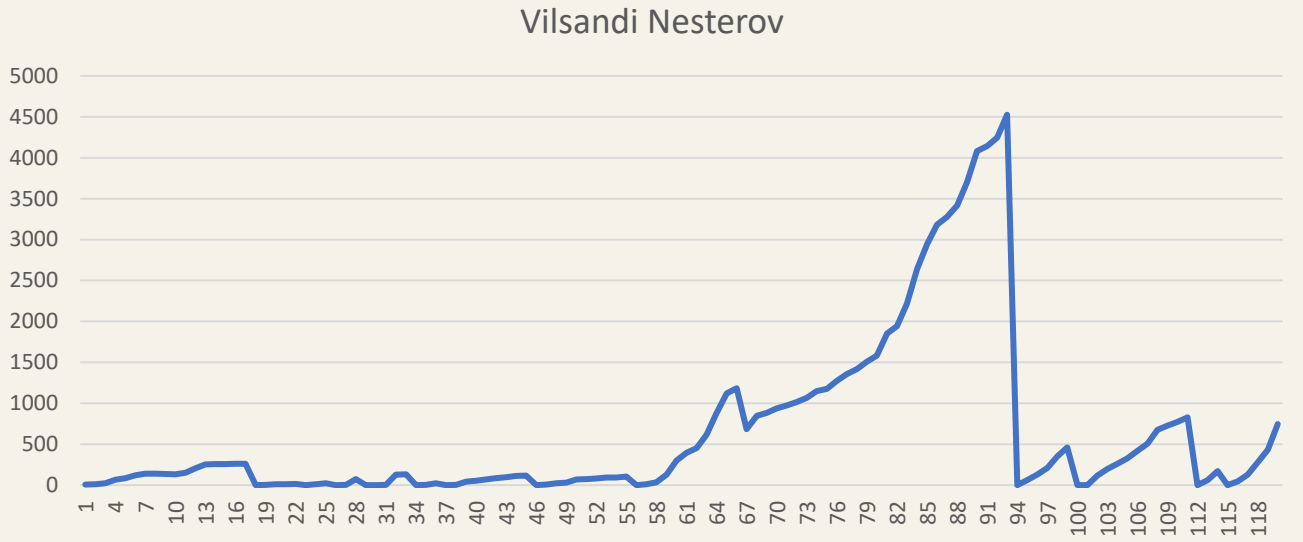


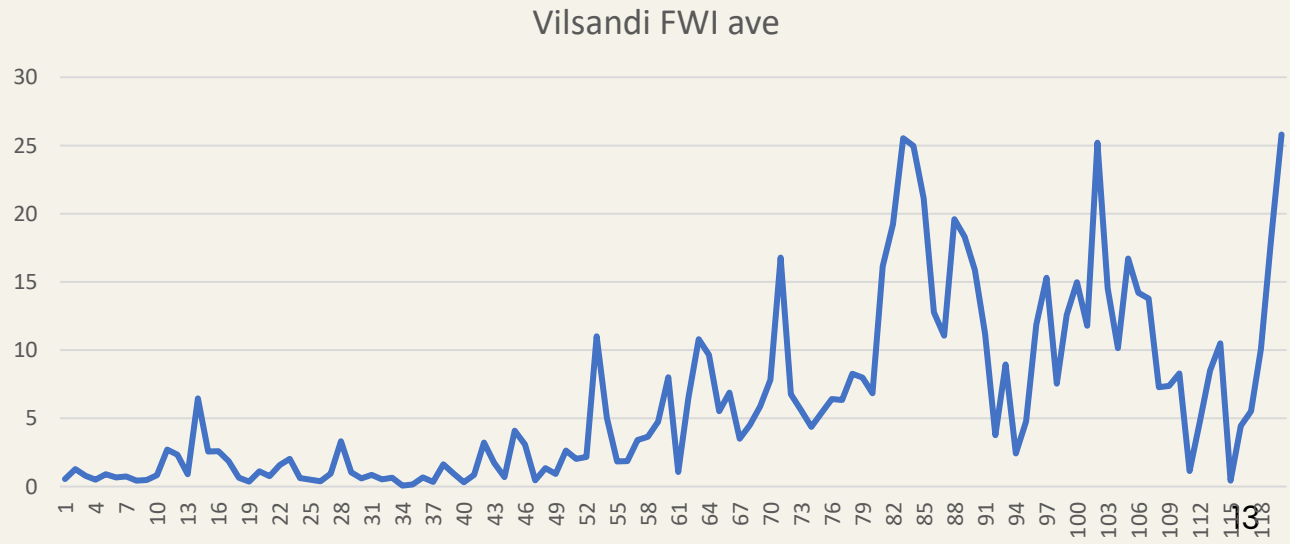
KLIIMANUTIKAS EESTI

Nesterov vs FWI **tegelikes ilmajaamades.** Vilsandi, 01.03.2024 - 28.06.2024



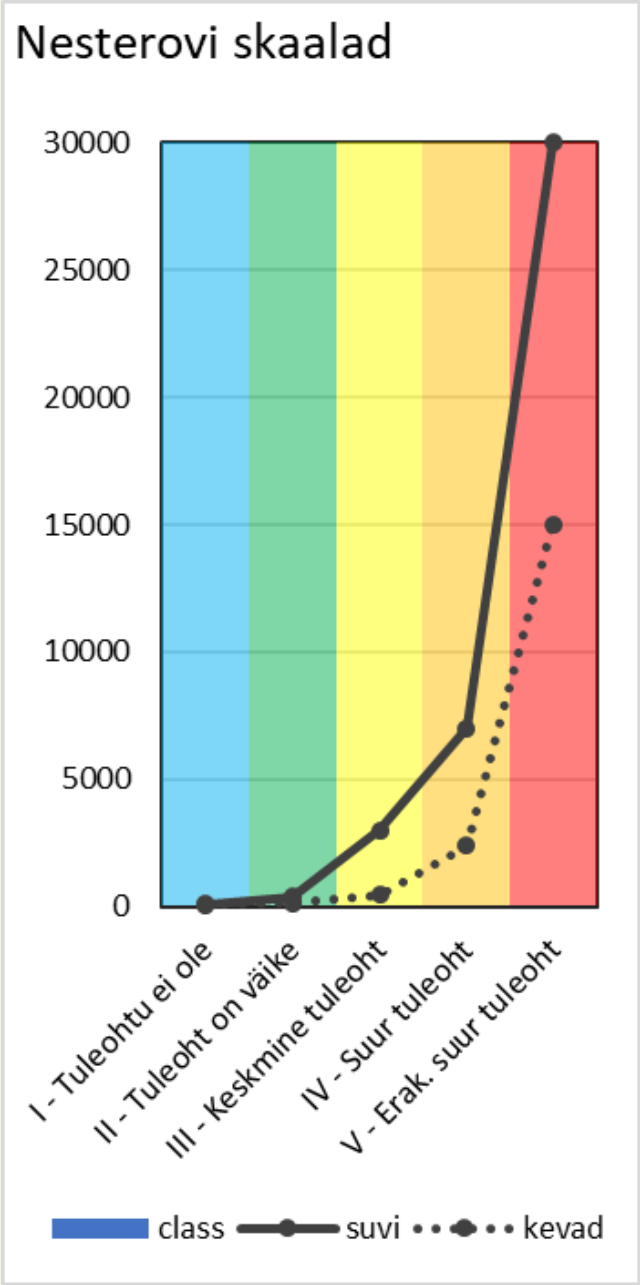
Regression Statistics								
Multiple R	0,521221							
R Square	0,271671							
Adjusted R Square	0,265499							
Standard Error	886,1876							
Observations	120							
ANOVA								
	df	SS	MS	F	Significance F			
Regression	1	34565985	34565985	44,01468	1,04E-09			
Residual	118	92668766	785328,5					
Total	119	1,27E+08						
	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95,0%	Upper 95,0%
Intercept	107,613	112,5441	0,955185	0,340934	-115,255	330,481	-115,255	330,481
X Variable 1	83,81314	12,6332	6,634356	1,04E-09	58,79596	108,8303	58,79596	108,8303





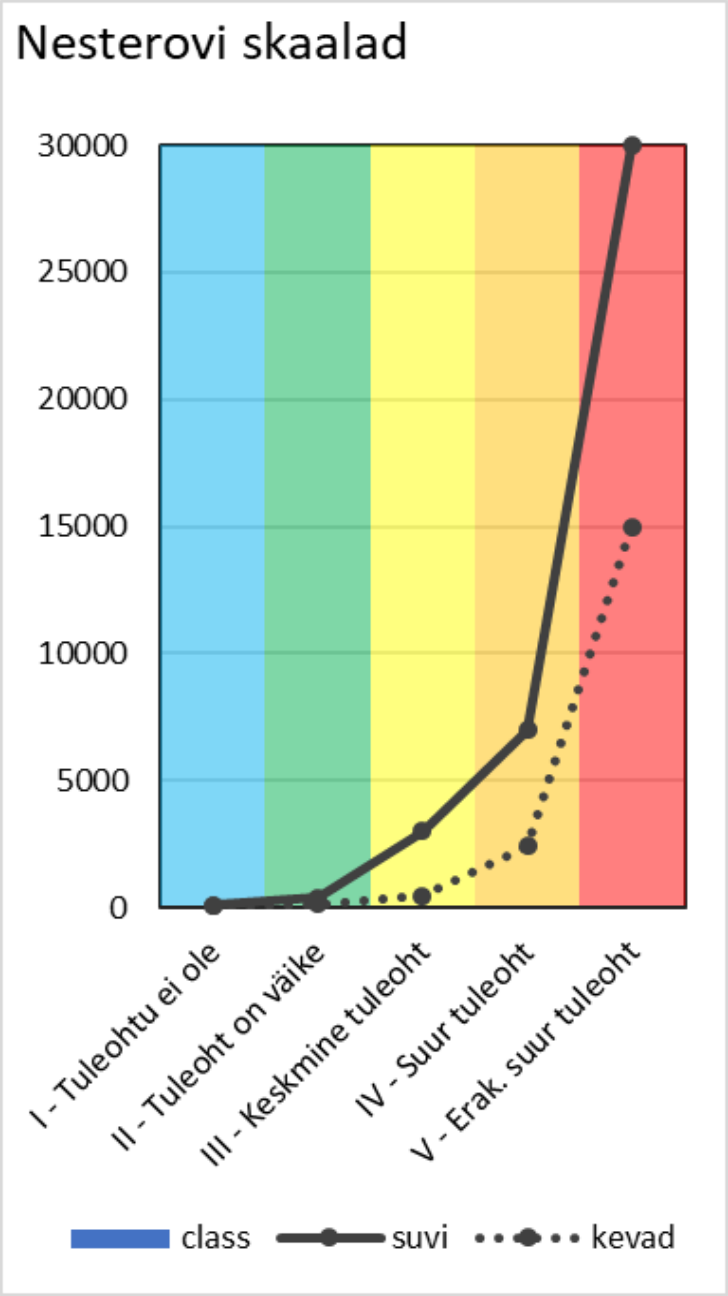
FWI tuleohuklassid

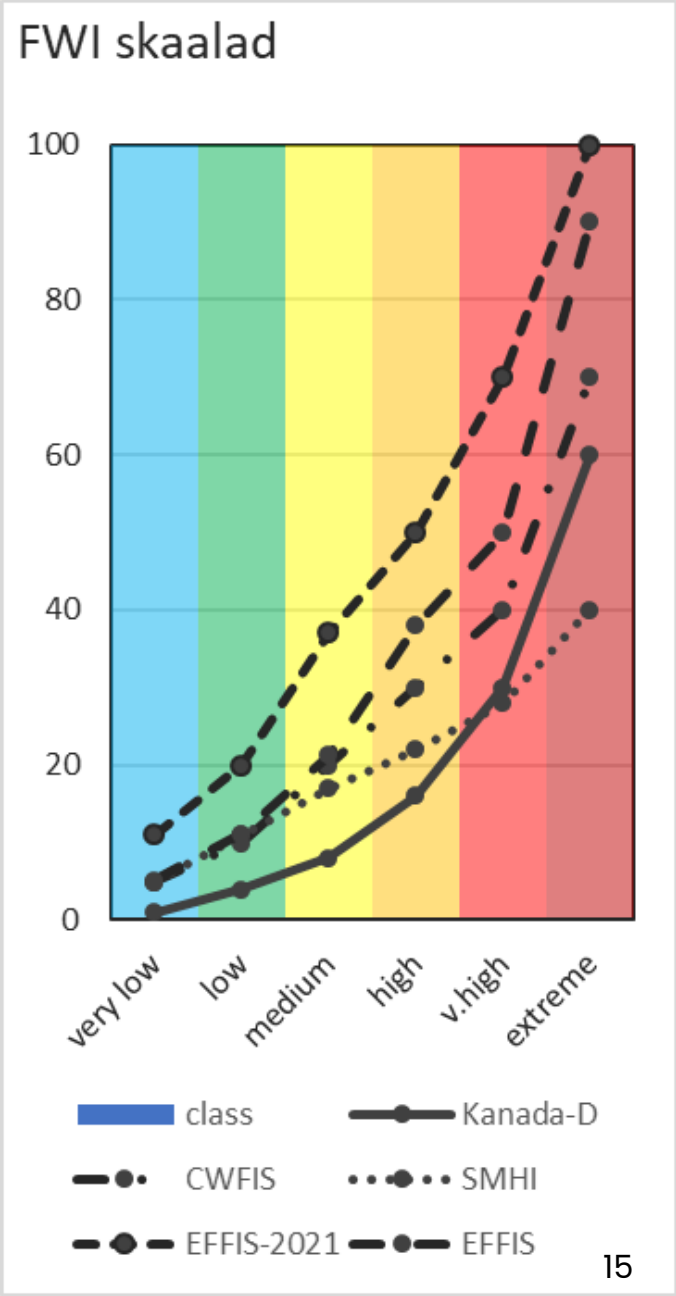
- Tuleohu klassid interpreteerivad pidevaid indeksi väärtusi vastavalt ohu tõsidusele
- Ohuklassid määravad selle, kuidas ühiskond ohule reageerib, sh mis tegevused tuleb ette võtta
- Ilmselget põhjust senist ohuklasside tunnetust muuta ei ole



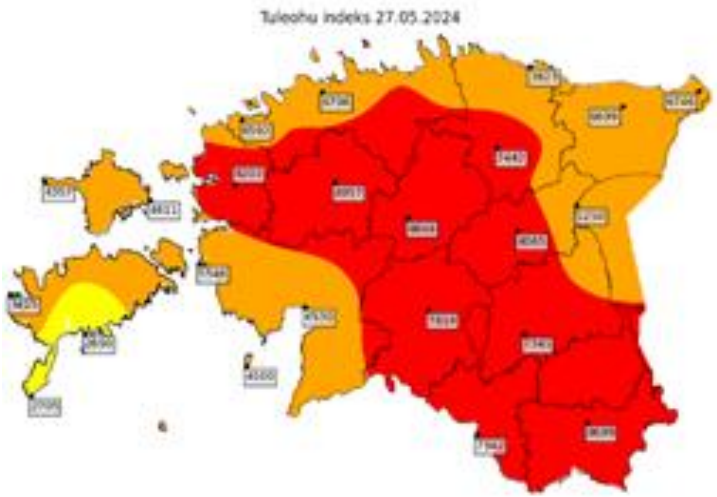
Nesterov vs. FWI

- Eesmärk on aidata kasutajal uue süsteemiga kohaneda
- Määrata „õiged“ ohuklassid, midaiganes see „õiged“ tähendab.

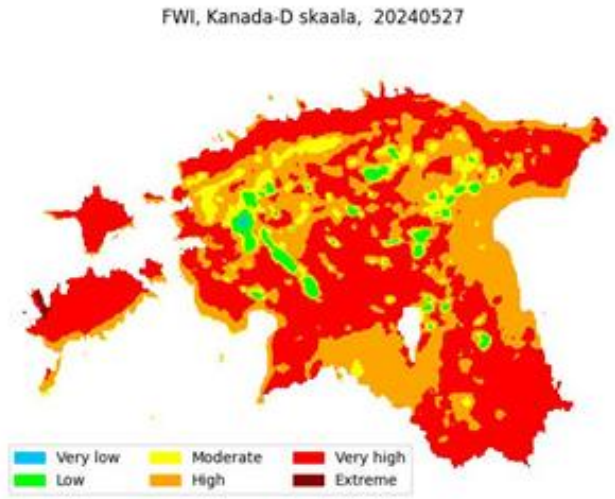


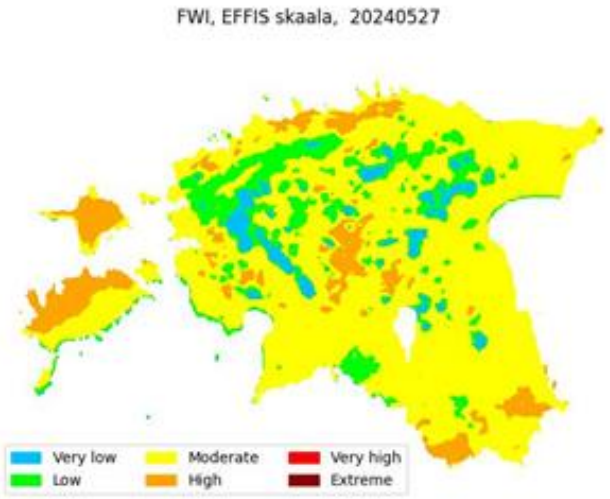


Näide: Skaalade võrdlus 27.05.2024

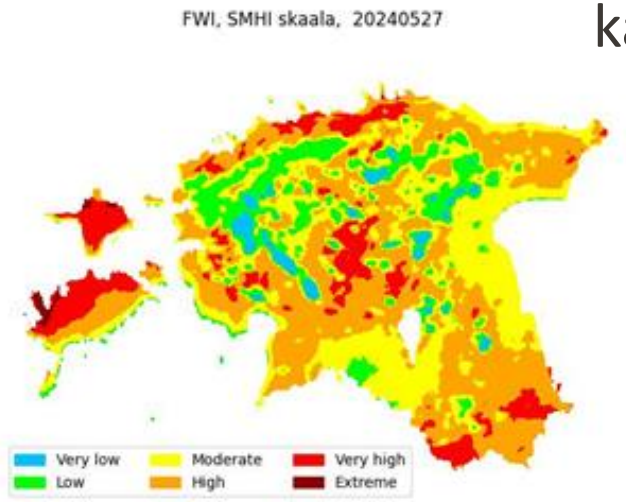


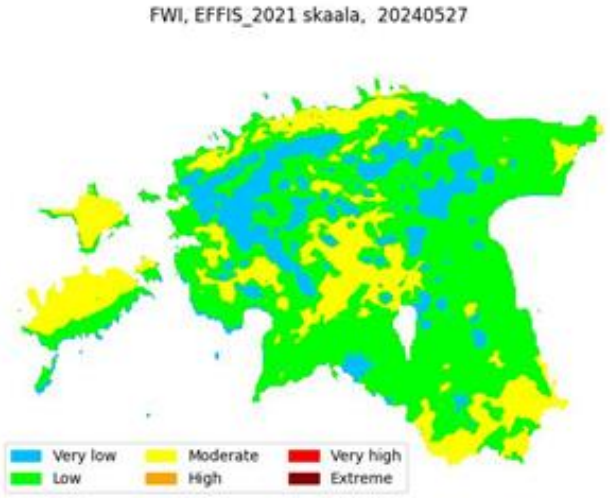
Seni kasutatav skaala ja Nesterovi arvutus



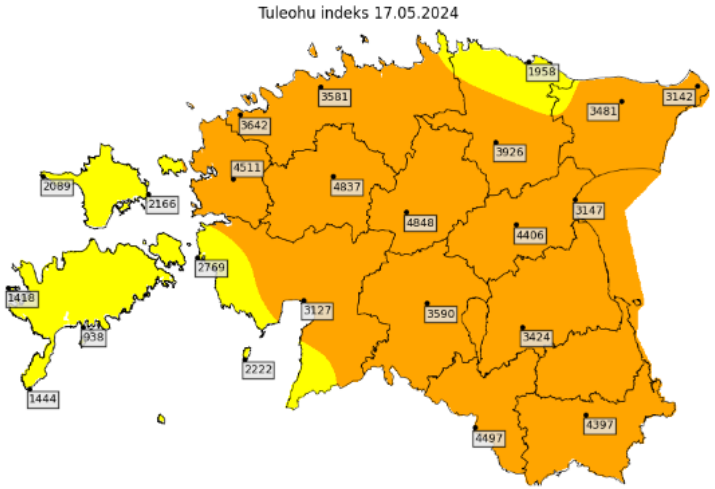


FWI ja erinevad maailmas kasutatavad skaalad

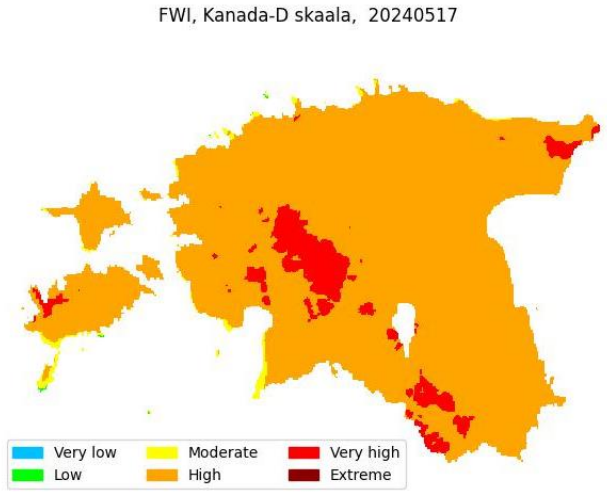


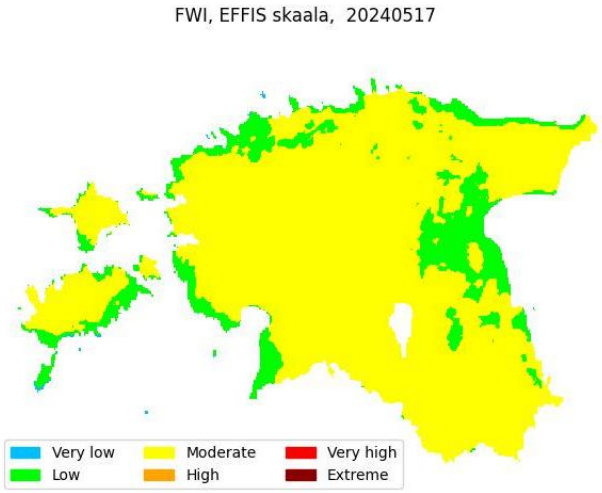


Näide: Skaalade võrdlus 17.05.2024

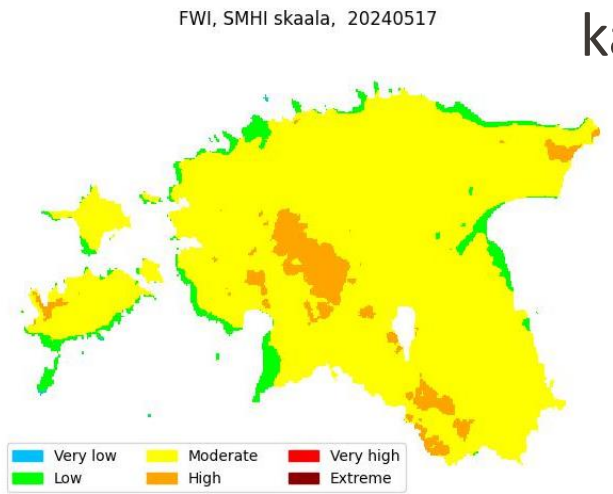


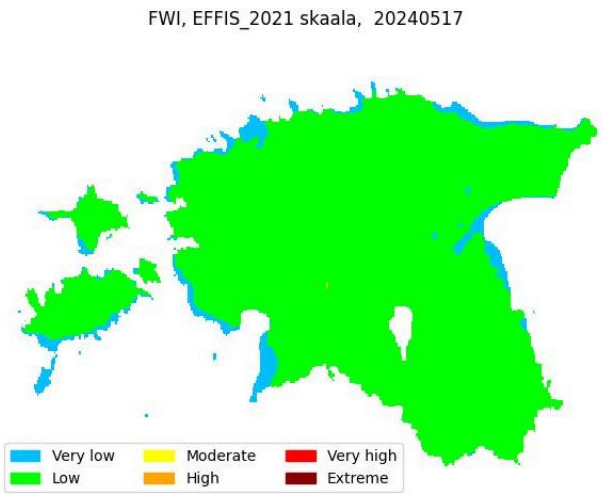
Seni kasutatav skaala ja Nesterovi arvutus





FWI ja erinevad maailmas kasutatavad skaalad





Kuivõrd õnnestub leida korrelatsiooni FWI ja tegelike põlengute vahel?

Andmestik:

Metsa- ja maastikutulekahjude avaandmed, Päästeamet, 2023-2024

- sündmuse number, kuupäev, liik
- kohal_ressursside_arv
- sundmuse_kestvus
- metsa_polenud_pind
- maastiku_polenud_pind
- kõrgem_aste (PÄÄSTE 1-4)
- https://www.rescue.ee/et/juhend/avaandmed/metsa-ja-maastikutulekahjud

Andmestik

- Terve 2024. a suvi oli rekordiliselt soe, kuid põuda või pikka kuiva perioodi ei olnud ja seega on põlengute arv suhteliselt väike
- mai - juuni 2024 sündmusi: 212 põlengut, valdavas osas madala astmega sündmused (Pääste 1 – 118, Pääste 2 – 70). Suuremaid põlenguid on ainult 23 ja neist ei ole ühtki 4. astme sündmust

- 2023. a suvi oli soe ja põlenguid oli palju
- 1. märts - 1. september: 823 põlengut, valdavas osas madala astega sündmused (Pääste 1 – 548, Pääste 2 – 253). Suuremaid põlenguid on ainult 20, ja neist on kaks 4. astme sündmust

FWI versus põlengute sagedus

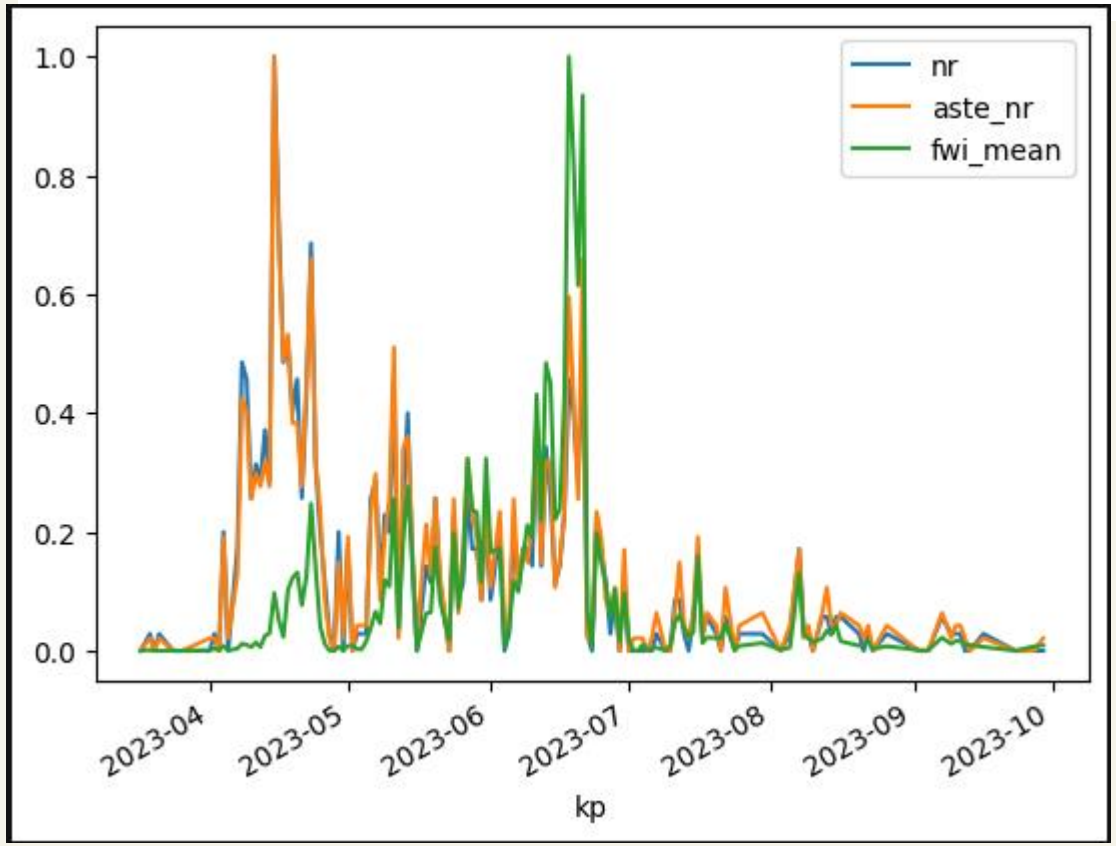
- FWI ja teiste põlengu näitajate puhul on korrelatsioon väga nõrk (0.10-0.12)
- Iga kuupäeva kohta leidsime põlengute arvu ja summaarse ressursi, astme, pinna, kestvuse kestuse ja FWI väärtused.
- Combo väärtused: ressurss + pind

	põl_arv	aste	ressurss	pind	kestvus	combo	FWI
põl_arv	1.00	0.94	0.66	0.63	0.35	0.62	0.80
aste	0.94	1.00	0.77	0.69	0.47	0.72	0.85
ressurss	0.66	0.77	1.00	0.82	0.76	0.94	0.69
pind	0.63	0.69	0.82	1.00	0.68	0.93	0.62
kestvus	0.35	0.47	0.76	0.68	1.00	0.86	0.41
combo	0.62	0.72	0.94	0.93	0.86	1.00	0.64
FWI	0.80	0.85	0.69	0.62	0.41	0.64	1.00

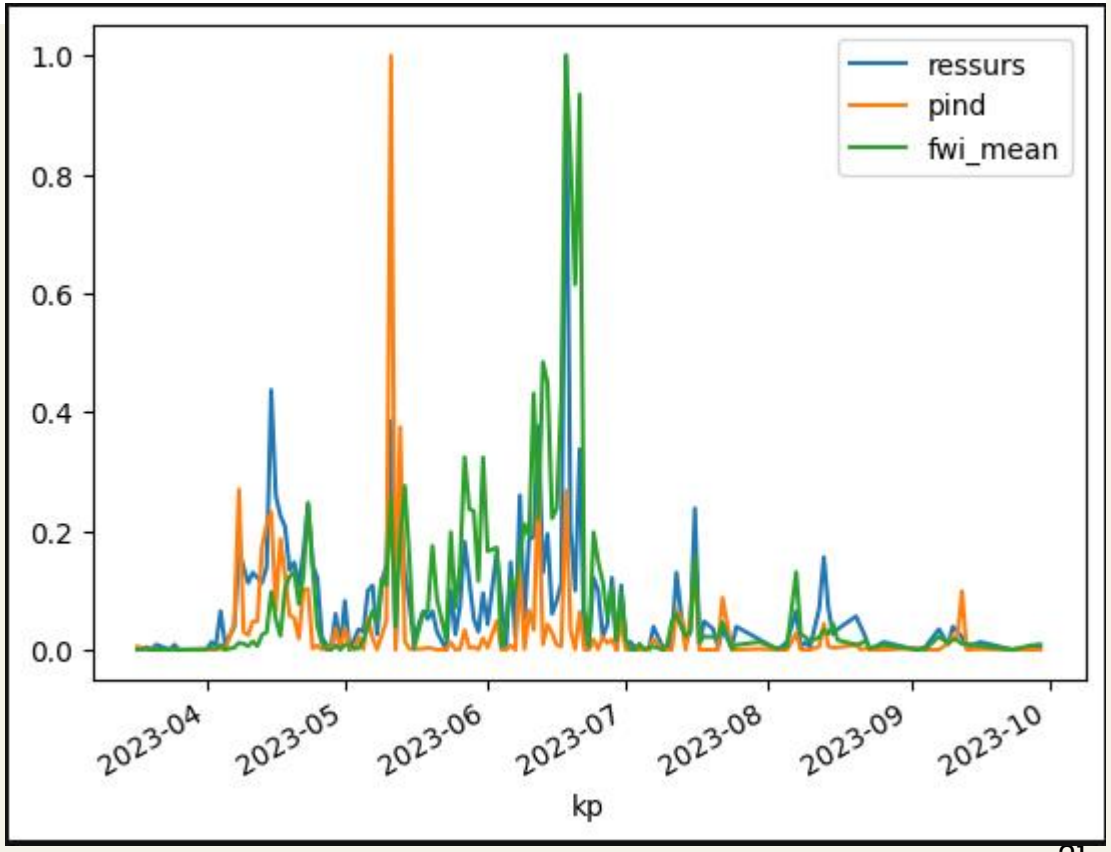
FWI versus põlengute sagedus

- Terve hooaeg on jagatud kaheks grupiks: enne ja pärast 15. maid

FWI	0.57	0.60	0.66	0.51	0.66	0.67	1.00



FWI	0.92	0.92	0.74	0.45	0.52	0.58	1.00



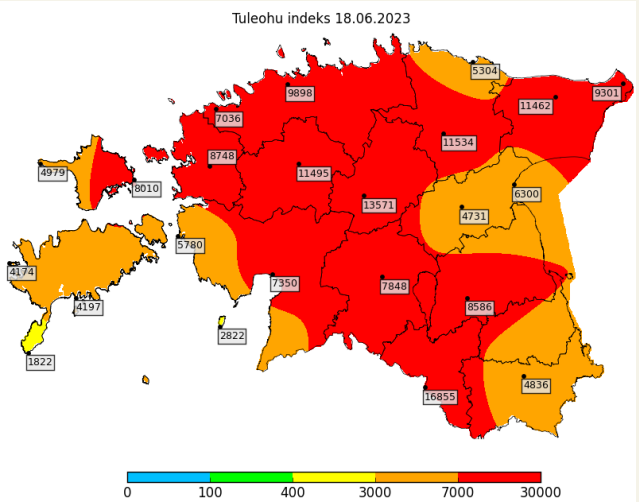
Tuleoht 18-06-2023

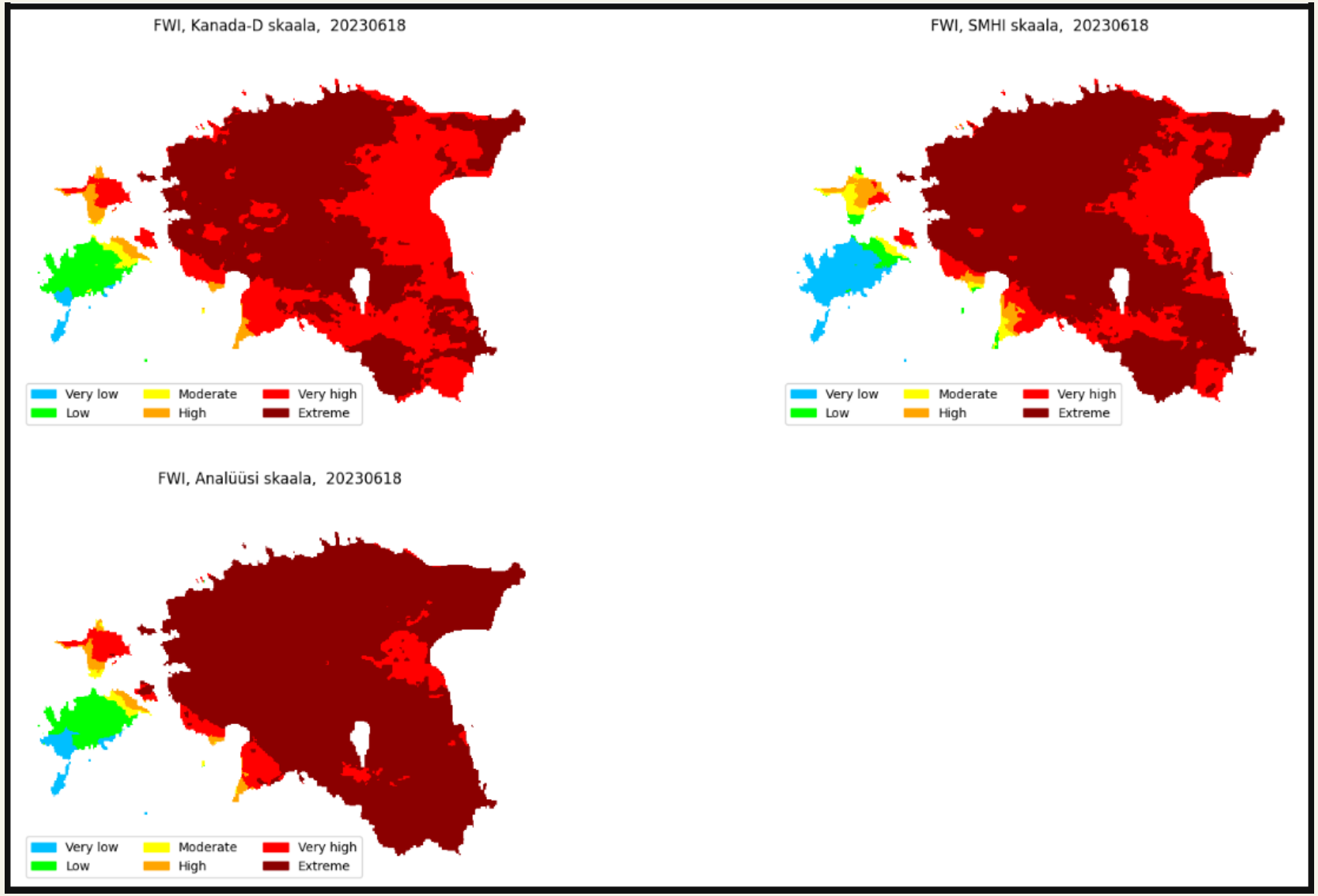
17 sündmust

Pääste 4 – Tapa vald

Pääste 3 – Alutaguse, Haljala, Hiiumaa ja Lääne-Harju

Pääste 2 - Mulgi vald





Kuidas pakkuda skaalat?

FWI ohuklassid	Pääste aste *	Protsent sündmustest **	FWI väärtus, ülemine piir 2023	FWI väärtus, ülemine piir 2024	Kanada-D, ülemine piir	SMHI
Väga madal	Ei ole		**1**	3	1	5
Madal	Pääste 1	25 %	**5**	6	4	11
Keskmine	Pääste 1	50 %	**9**	10	8	17
Kõrge	Pääste 2	75 %	**16**	16	16	22
Väga kõrge	Pääste 3	75 %	**25**	25	30	28
Ekstreemne	Pääste 4		**> 25**	> 25	>30	>28

*Sõltub, kuidas sündmust tajub / hindab päästeamet ehk mis on FWI klassi vastavus Pääste astmele.

**Tähendab, et 25% PÄÄSTE 1 kategooria sündmustest toimus 2024. a FWI-väärtusega, mis on 5 või madalam.

Tuleoht 21-05-2023

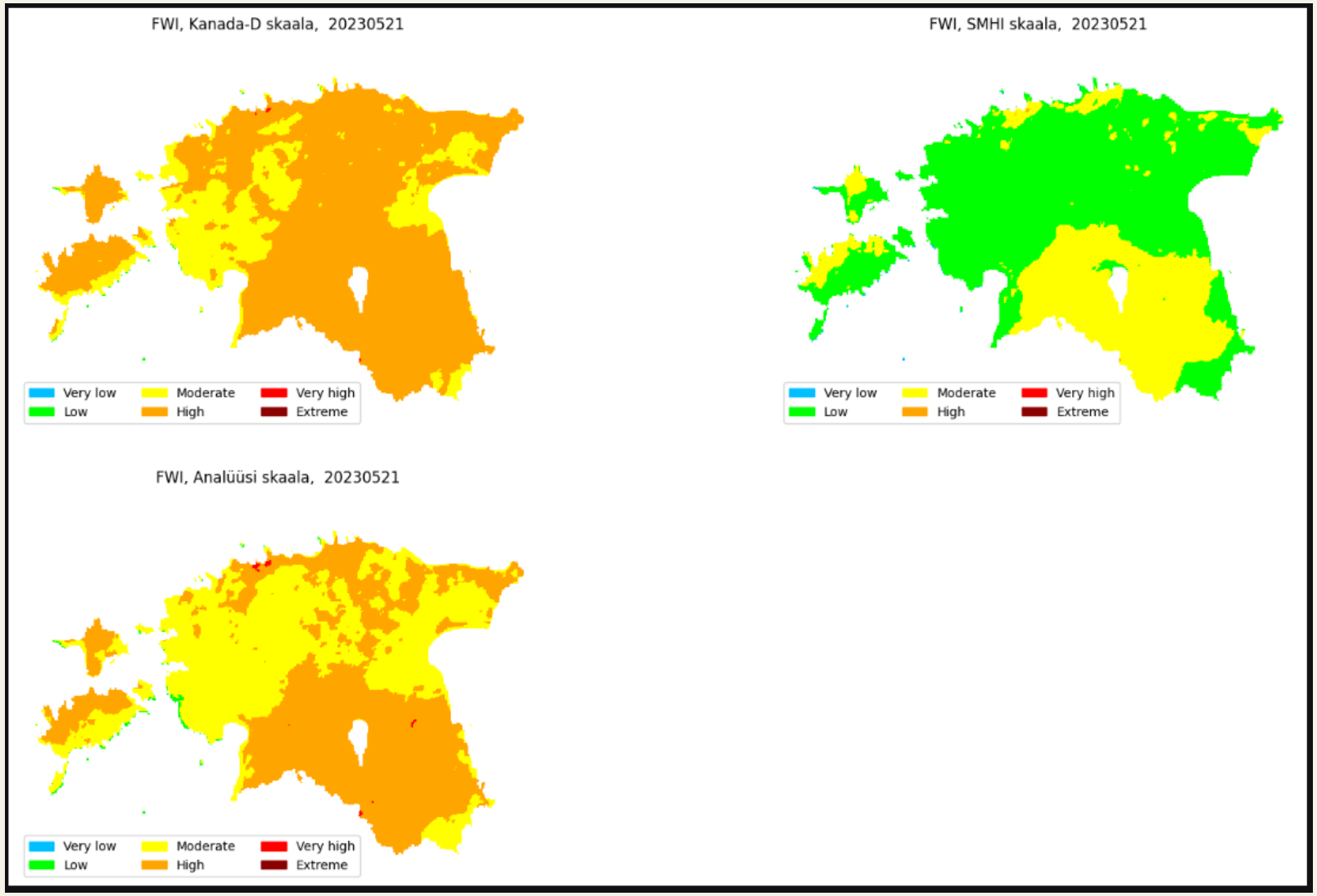
3 sündmust

Pääste 4 –

Pääste 3 –

Pääste 2 –

Pääste 1 – Kohtla-Järve linn, Lääne-Harju ja Tapa vallad



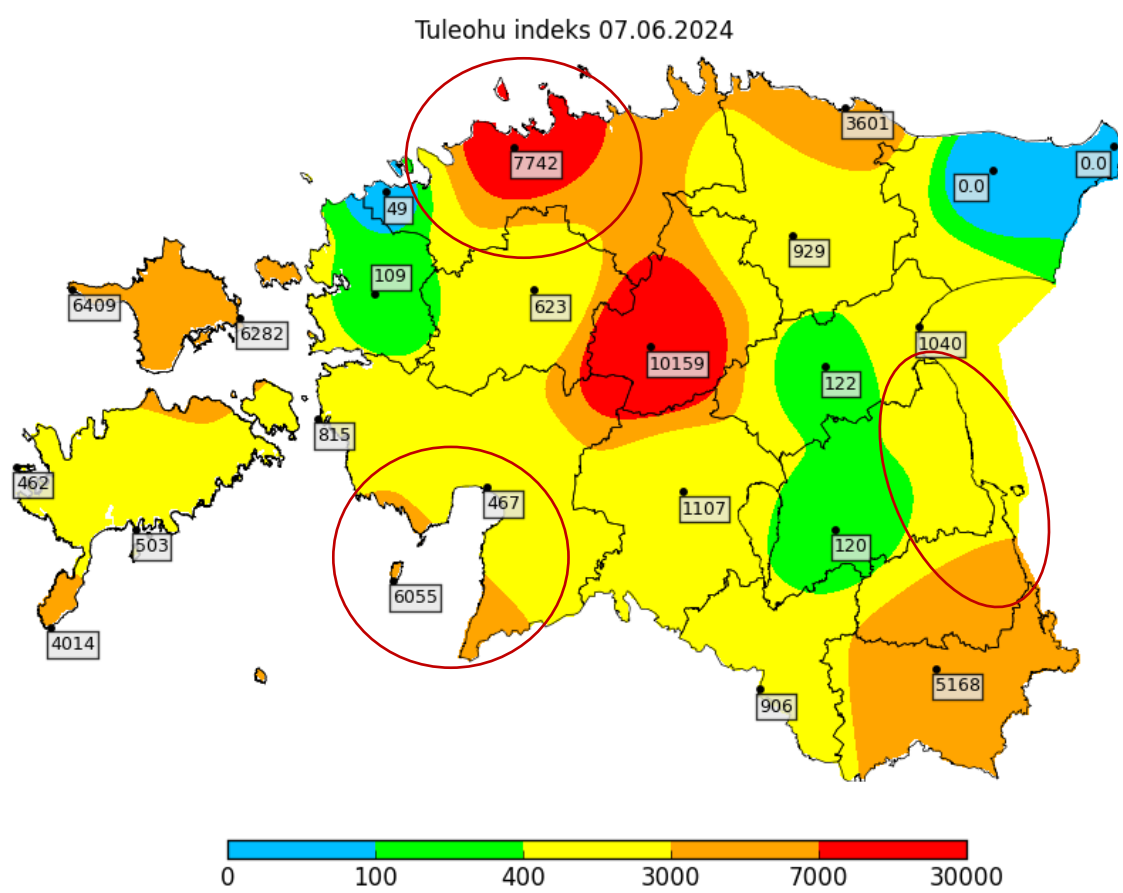
Rakendatud tuleohuklassid FWI väärtustele:

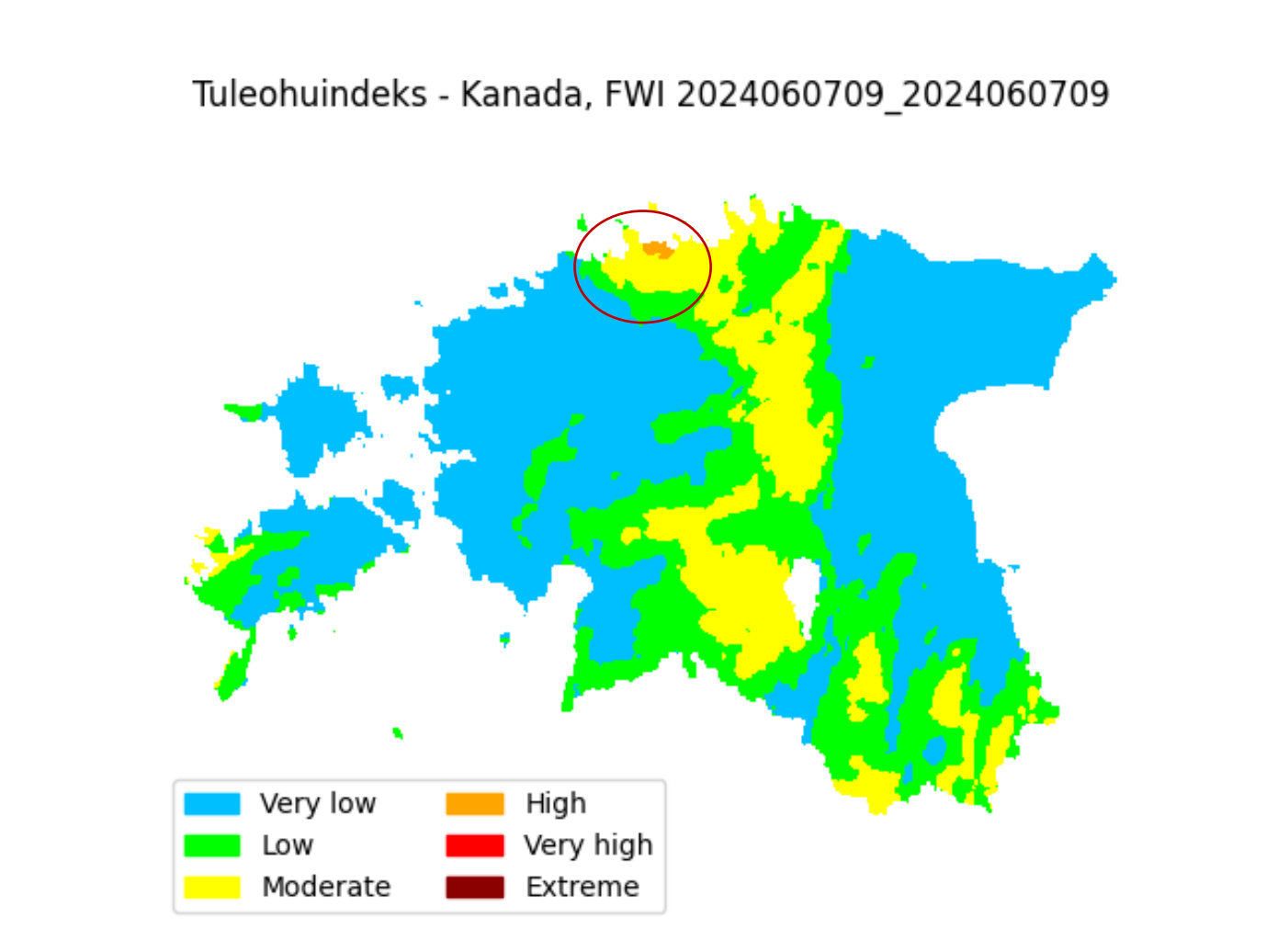
- on kooskõlas Päästeameti reageeringutega toimunud põlengutele 2023. ja 2024. aastal;
- kevadise ja suvise skaala erinevus on mõistlik säilitada, sest kulupõlengute tekke riskid on metsapõlengute tekke omadest erinevad;
- soovitatavad tuleohuklassid Eesti jaoks on järgmised (senisega võrreldes lisandub klass ekstreemne, nii on klasside arv kooskõlas EFFIS kasutatava skaalaga)

	FWI väärtus, ülemine piir		Pääste reageering	
FWI ohuklassid	Kevad	Suvi	aste	Sündmuste %
Väga madal	**1**	**1**	Ei ole	
Madal	**2**	**5**	Pääste 1	25%
Keskmine	**4**	**9**	Pääste 1	50%
Kõrge	**10**	**16**	Pääste 2	75%
Väga kõrge	**20**	**25**	Pääste 3	100%
Ekstreemne	**>20**	**> 25**	Pääste 4	

Mille poolest on uus rakendus parem?

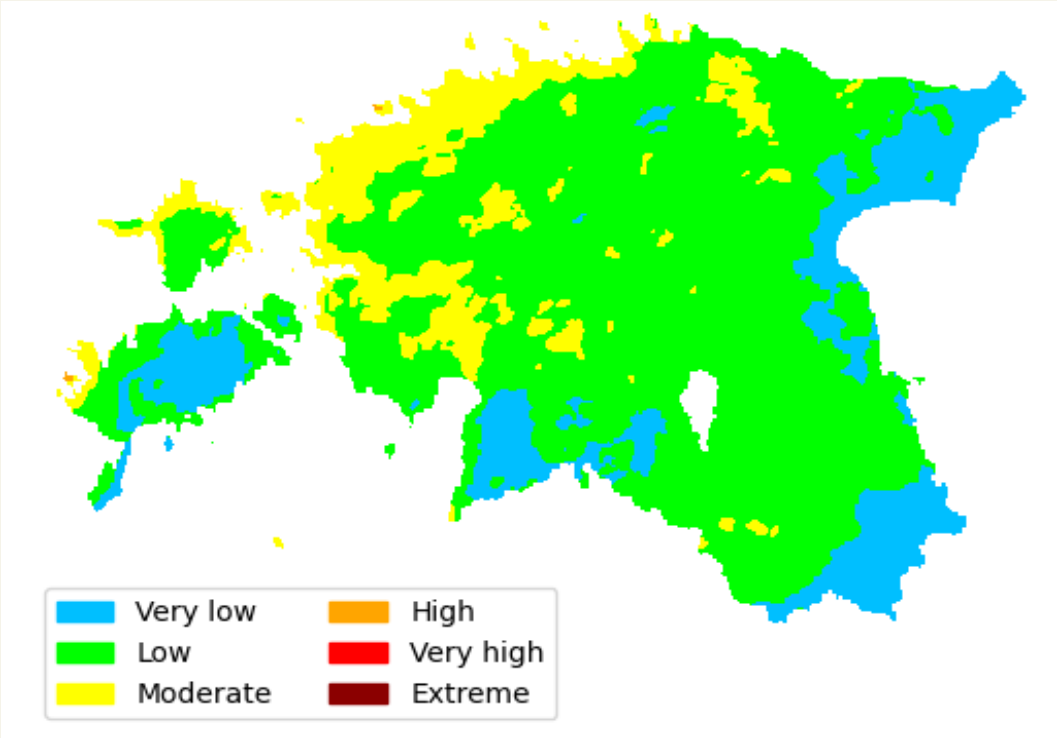
1. Parem ruumiline lahutus ja detailsemad meteoandmed, sh sademed, mille suhtes tuleoht on kõige tundlikum
2. Tuleohu rehkendamine 1x1 km rastril, ei vaja kompleksnäitaja interpoleerimist, (vajadusel) interpoleeritakse lähteandmeid
3. Adekvaatsem tuleoht interpoleeringute äärealadel
4. Tundlikum ajaline varieeruvus
5. Mõnevõrra parem ilmatingimuste ajaloo kajastumine
6. Tuleoht ka ilmaprognoosidele
7. Nesterov'i mudel vs FWI
8. Detailsemad põlevmaterjali hulga ja selle struktuuri andmed parandavad põlenguriski ja tule leviku modelleerimist (suurel määral potentsiaalne „tulu")



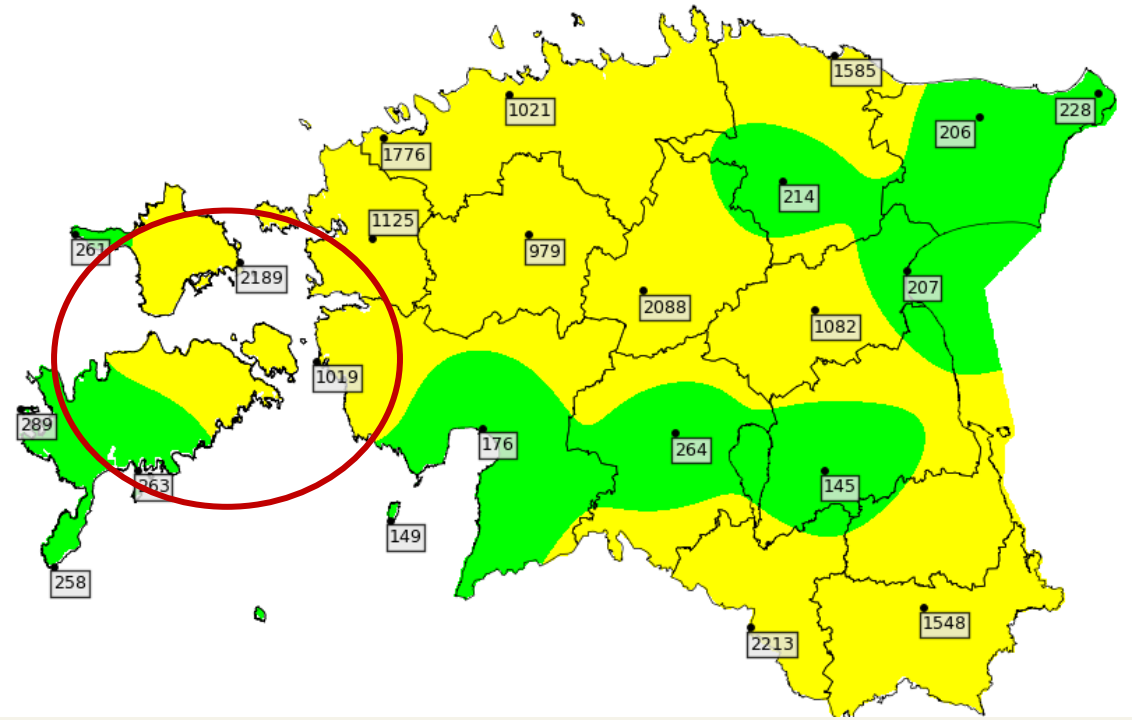


Tuleoht 07.06.2024

Ringidega piirkondades on interpolatsioon küsitava väärtusega, Kihnu ilmajaama interpoleerimine Tõstamaale ja Häädemeestele on kahtlane, Võru ja Tõravere ilmajaamade andmete alusel Peipsiääre tuleohu määramine veel küsitavam. Harku ilmajaama mõju arvutatakse ka märksa laiemale alale kui õigustatud.

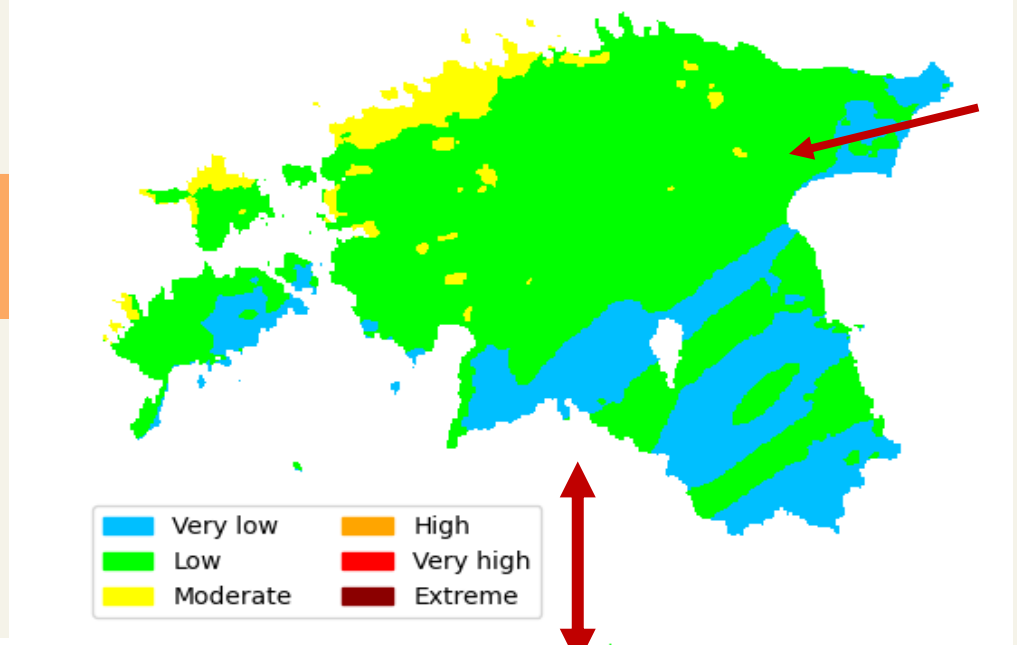


Tuleoht „Kanada“ FWI järgi 25.08.2024

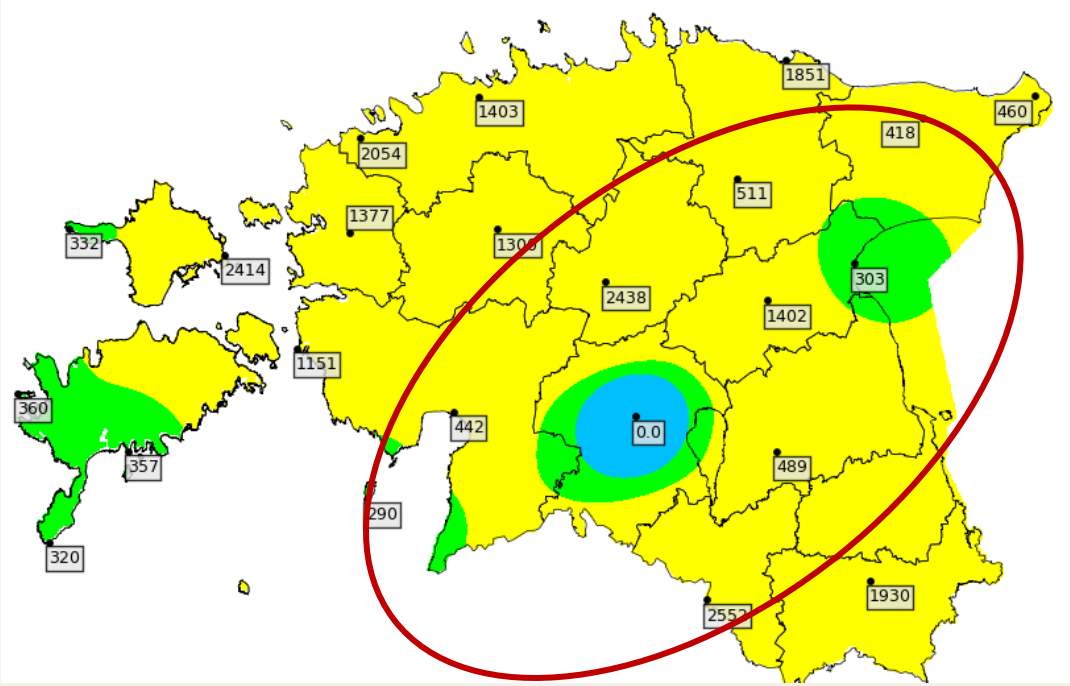


Tuleoht Nesterovi järgi ilmajaamades interpoleerituna kogu Eestile 25.08.2024

Saaremaa idapooles ja Muhus ei ole ilmajaamu, interpolatsioon tuleb Virtsu ja Orissaare jaamadest.

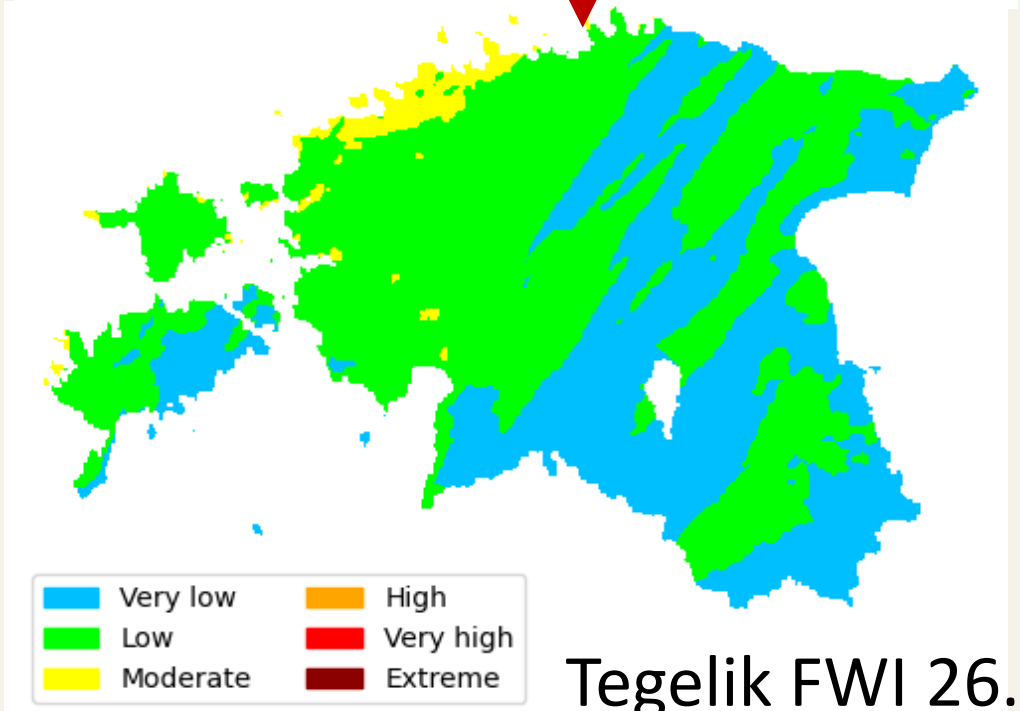


Tuleohu prognoos arvutatuna 25.08.2024 järgmiseks päevaks 26.08.2024



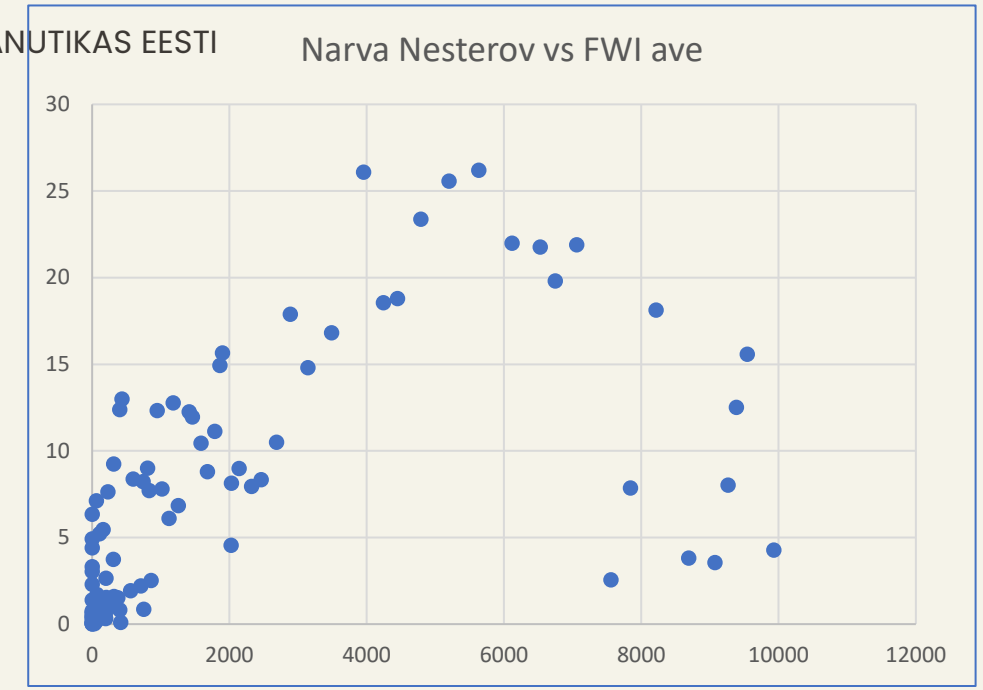
Tuleoht Nesterovi järgi ilmajaamades interpoleerituna kogu Eestile 26.08.2024

„Triibulisus“ interpolatsioonis välja ei tule.

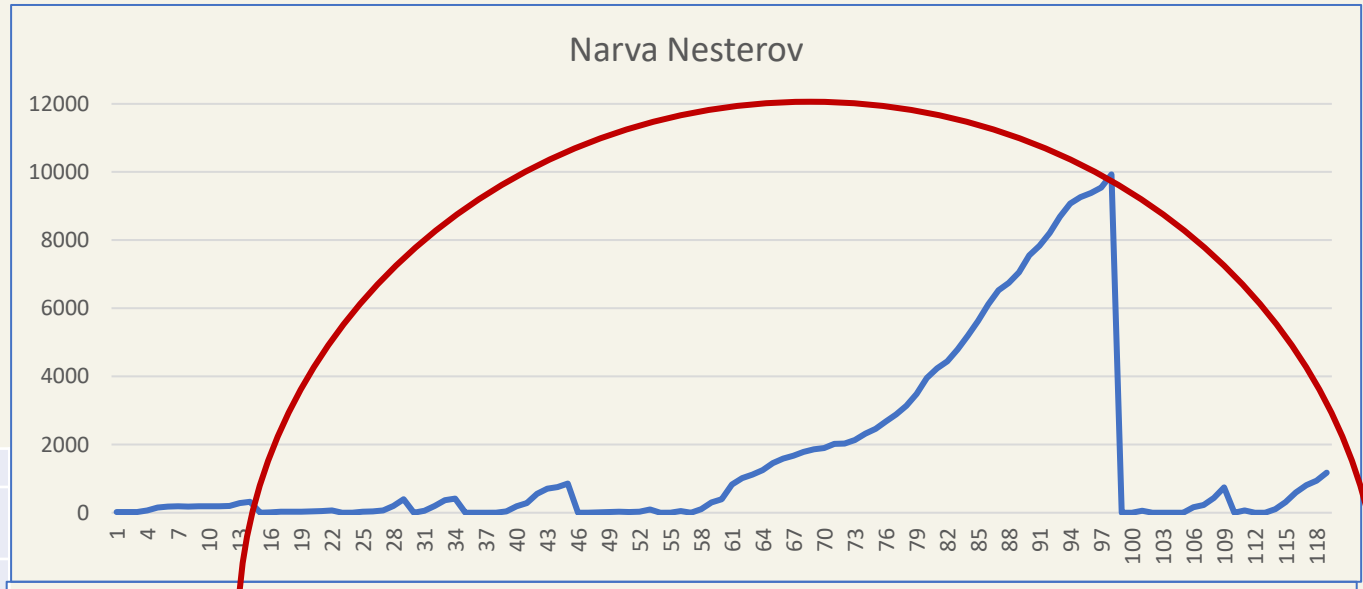


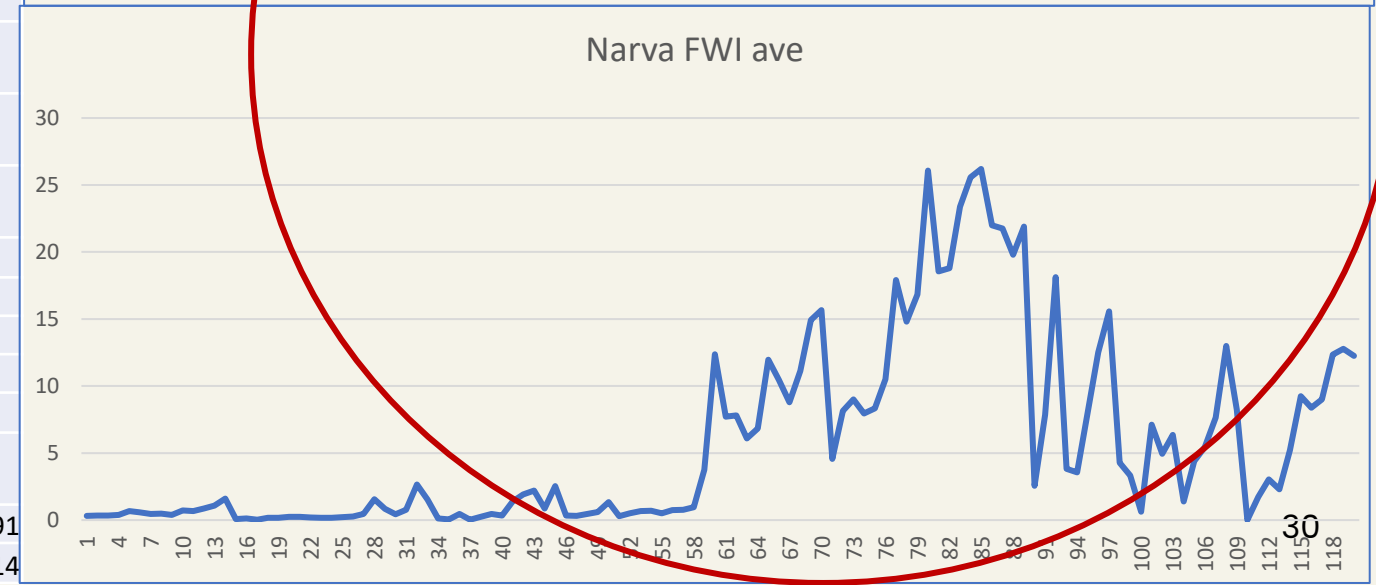
Tegelik FWI 26.08.2024

Nesterov vs FWI tegelikes ilmajaamades. Narva, 01.03.2024 - 28.06.2024



Regression Statistics								
Multiple R	0,612402				Üle kõigi jaamade			
R Square	0,375036					nester		
Adjusted R Square	0,36974				nester	1		
Standard Error	5,540969				FWImin	0,670155		
Observations	120				FWIave	0,697308		
ANOVA					FWImax	0,707543		
	df	SS	MS	F				
Regression	1	2174,06	2174,06	70,81089	1,07E-13			
Residual	118	3622,876	30,70234					
Total	119	5796,936						
	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95,0%	Upper 95,0%
Intercept	3,223724	0,589498	5,46859	2,58E-07	2,056357	4,391091	2,056357	4,391091
X Variable 1	0,00163	0,000194	8,414921	1,07E-13	0,001247	0,002014	0,001247	0,002014





Süsteemi edasiarendamise võimalused

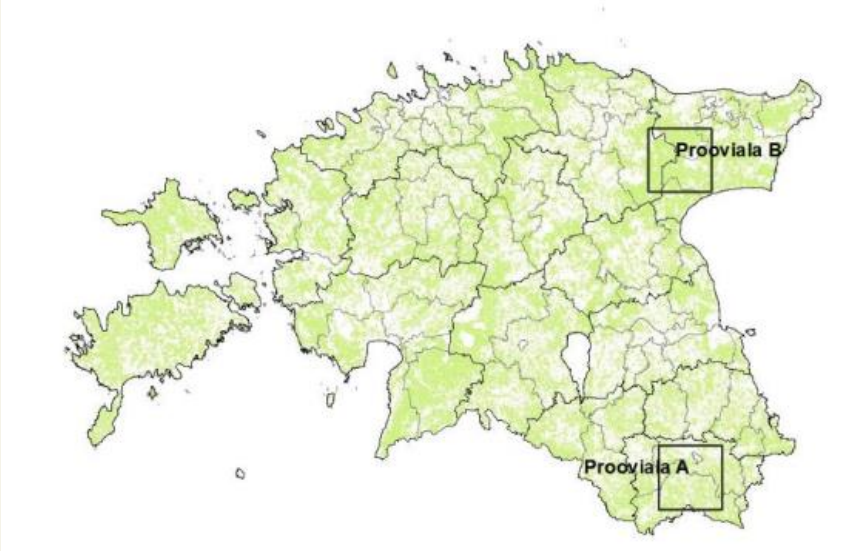
- 2025. a jälgida, kuidas süsteem hakkab toimima avalikus kasutuses ja kuulata lõpptarbija arvamust
  - Vajadusel korrektuurid
- Tule käitumise modelleerimine (prototüüp olemas, vajab ehk veidi kohendamist)
  - Abi põlengu haldamisel
  - Leviku prognoos
- Kahjude hindamine (RITA D2.14)
  - Põlengualade määramine
  - Kahjud ökosüsteemiteenustele

Potentsiaalse põlengu käitumise hindamine

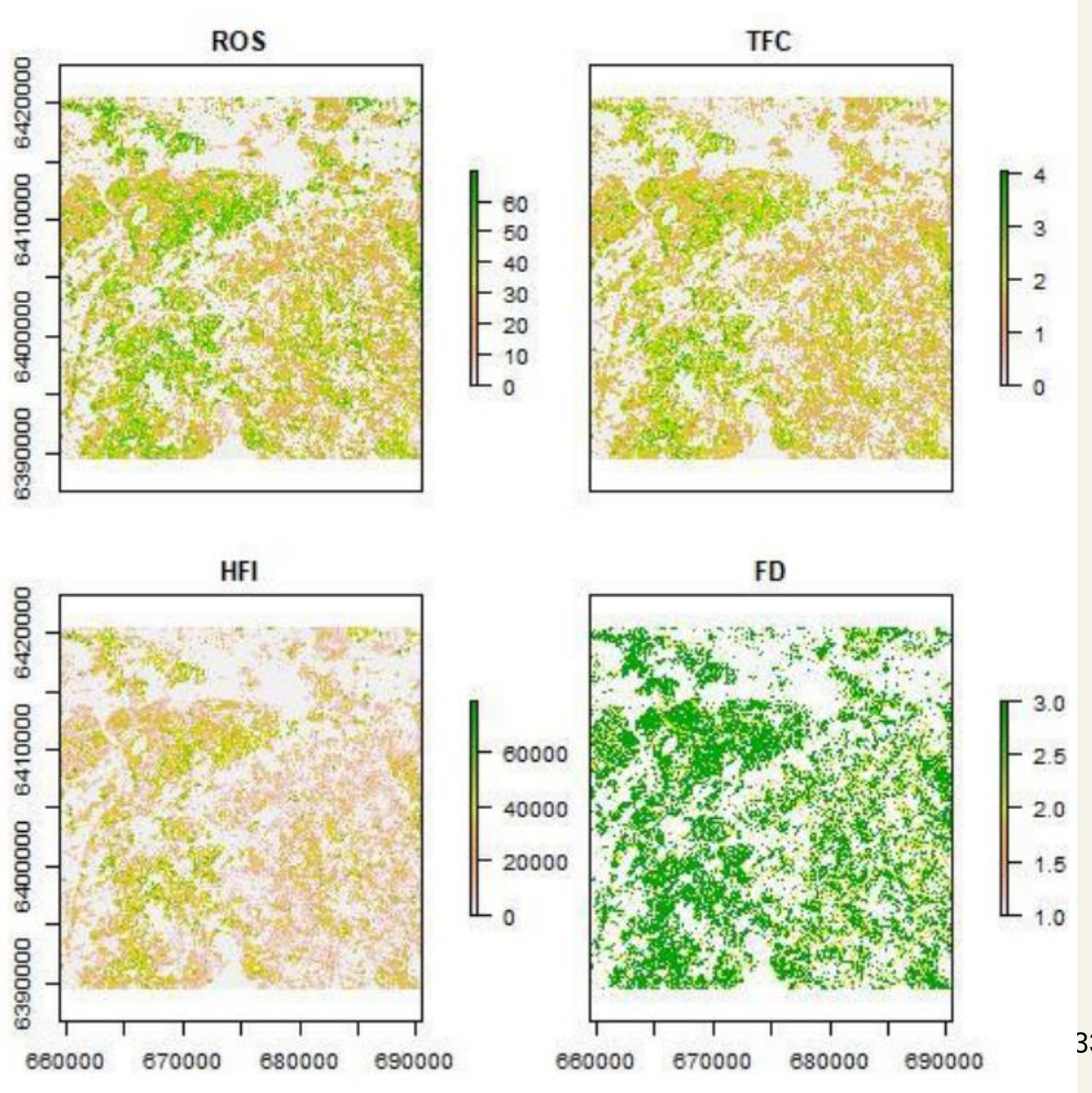
- RITA raames loodi potentsiaalse põlengu arengu ennustamise (**Fire Behavior Prediction e. FPB)** prototüüp:
  - Tule leviku kiirus ja suund
  - Intensiivsuse hinnangud
  - Põlengu tüüp
  - Põlevmaterjali kaart
  - Kõrgusmudel

- Sisendina kasutatakse FWI arvutuste vaheindekseid, põlevmaterjali andmeid, topograafia ja pinnakatte teavet

Arvutuse väljundid Haanja proovialal 2018-05-05, lehtedeta puud:



- **ROS – Rate of Spread**, m/min. – Tulefrondi leviku kiirus
- **TFC – Total Fuel Consumption**, kg/m^2. – Summaarne põlevmaterjali kulu
- **HFI – Head Fire Intensity**, kW/m. – Tulefrondi intensiivsus
- **FD – Fire Description**, 1 – Surface, 2 – Intermittent, 3 – Crown. – Põlengu kirjeldus, rohttaimestik/puistu keskosa/võrapõleng



Kliimaministeerium

Kaasrahastanud Euroopa Liit

Republic of Estonia Environment Agency

Tartu Ülikool University of Tartu 1632

KeMIT 11111011101

Natura 2000

adaptest

Tänan kuulamast!

Projekti elluviimist on rahastatud projektist „Kliimamuutustega kohanemise tegevuste elluviimine Eestis“ (Implementation of national climate change adaptation activities in Estonia, LIFE21-IPC-EE-LIFE-SIP AdaptEst/101069566), mida rahastavad Euroopa Liidu liikmesriikide keskkonnaprojektide kaasrahastamise programm LIFE ja Eesti riik kasvuhoonegaaside lubatud heitkoguse ühikutega kauplemise tulust. Euroopa Liit ega abiandvad asutused ei vastuta ettekandes oleva informatsiooni õigsuse ja sisu kasutamise eest.