

Mapování spálených oblastí při požárech v Řecku v roce 2021 s využitím dat Sentinel-1 použitím neřízené klasifikace

Daniel Paluba¹, L. G. Papale²,
T. Perivolioti³, A. Mouratidis³, P. Štych¹

¹ EO4Landscape, *Katedra aplikované geoinformatiky a kartografie, PŘF UK*

² University of Rome Tor Vergata

³ Aristotle University of Thessaloniki



CHARLES UNIVERSITY
Faculty of science



Obsah

Motivácia

Ciele

Záujmové územie a dáta

Metodické kroky

Výsledky a diskusia

Plány do budúcnosti

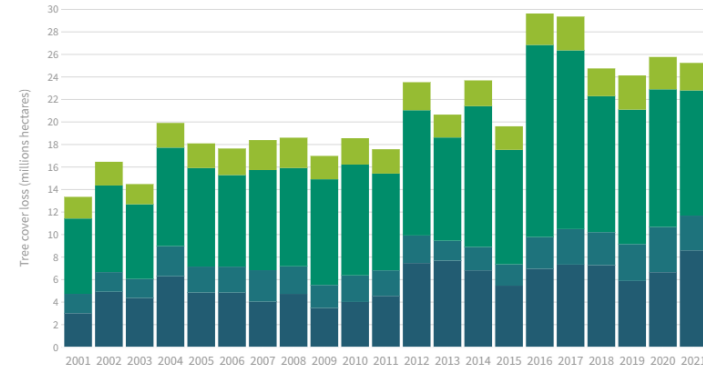
Motivácia

- Odlesňovanie z 13,4 miliónov ha (Mha) v roku 2001 na 25,3 Mha v roku 2021
 - lesné požiare postihujú najmä lesy a spôsobili tretinu všetkých strát lesov v rokoch 2001 až 2019 (Tyukavina et al. 2022),
 - odlesňovanie tropických pralesov – takmer 50%, z toho primárne pralesy 1/6 z celkového
- **Odhadnúť rozsah disturbance (požiarov) čo najskôr a sledovať jej vývoj v čase**
- Metódy a dáta diaľkového prieskumu Zeme (DPZ) lepšia a rýchlejšia lokalizácia rôznych zmien
- Multitemporálne prístupy, napr. analýza časových radov (Time Series – TS)
 - systematické zachytenie a opis procesov narušenia a obnovy
- 21. storočie ☞ "éra big dát",: veľké množstvo (nielen) voľne dostupných dát ☞ potreba používať nástroje, ktoré ich dokážu rýchlo a efektívne spracovať
- Spracovanie dát v cloudových prostrediach, napr. Google Earth Engine (GEE)
 - Dáta + výpočtová technika
- Klasické použité dáta pre sledovanie požiarov ☞ Optické dáta
 - ☞ nevýhody – oblaky, dym z požiaru
- ☞ **Radarové satelitné dáta**
 - prienik cez oblaky, hmlu, dym; snímání deň/noc

Annual rates of global tree cover loss have risen since 2000

Gross tree cover loss by ecozone

■ Boreal ■ Temperate ■ Tropical ■ Subtropical

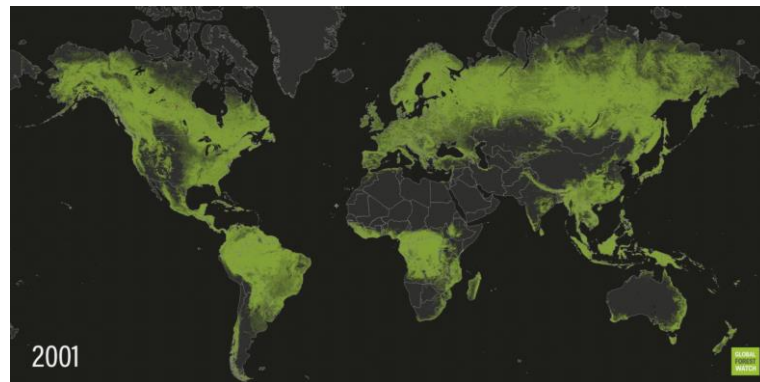


All figures calculated with a 30 percent minimum tree cover canopy density



WORLD RESOURCES INSTITUTE

Zdroj: <https://research.wri.org/gfr/forest-extent-indicators/forest-loss#how-much-tree-cover-is-lost-in-tropical-versus-temperate-and-boreal-forests>



Zdroj: <https://www.globalforestwatch.org/blog/data-and-research/trends-tree-loss-from-fires-unprecedented-detail/>

Ciele

1. Vytvoriť algoritmus pre polo-automatickú neriadenú detekciu požiarov pomocou Sentinel-1 dát v GEE
2. Mapovanie vývoja požiaru (možnosť využitia všetkých dostupných akvizícií)
3. Vyhodnotiť zmeny v časových radoch jednotlivých polarizácií a polarimetrických indexov
4. Vyhodnotenie a výber najvhodnejších vstupných radarových parametrov/indexov
5. Nájsť najlepšie metódy pre- a post-processingu pre mapovanie spálených oblastí s použitím dát Sentinel-1 (speckle filtre, veľkosť kernel okien, minimálna mapovacia jednotka - MMJ)
6. Overiť presnosť dosiahnutých výsledkov

Záujmové územie

Tri najviac zasiahnuté oblasti v gréckych požiaroch v Auguste 2021:

- Ostrov Evia
- Polostrov Attica
- Polostrov Peloponéz

Výber území s najväčšími spálenými územiami na základe European Forest Fires Information System (EFFIS)



Study area	Fire start	Fire end	Total burnt area (ha)	Main land cover types (%)
Evia	03.08.2021	11.08.2021	>51 000	coniferous forest (31), mixed forest (21), agricultural areas (16), transitional woodland-shrubland (10)
Olympia	04.08.2021	12.08.2021	18 400	agricultural areas (62), mixed forest (13), transitional woodland-shrubland (13), sclerophyllous vegetation (8)
Athens	16.08.2021	16.08.2021	10 175	sclerophyllous vegetation (49), coniferous forest (19), transitional woodland-shrubland (17), mixed forest (7)

Tabuľka 1. Charakteristika záujmových území

Dáta

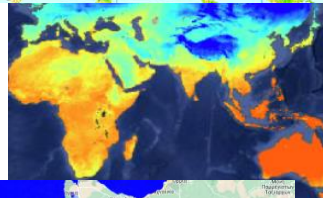
Hlavné zameranie na voľne dostupné dáta Copernicus:

- C-pásmové SAR Sentinel-1, multispektrálne Sentinel-2,

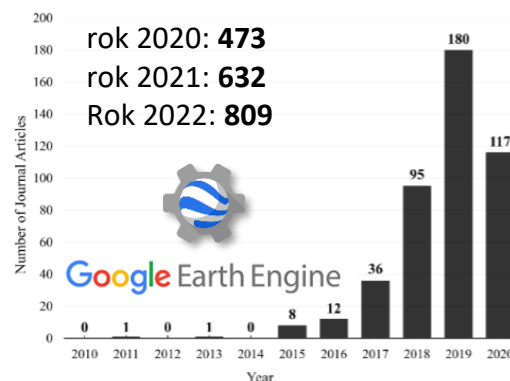
Pomocné datasety:

- Global Surface Water dataset
- Globálne meteorologický dataset (zrážky) – GPM

- Spracovanie a analýza dát ? Cloudová platforma: primárne Google Earth Engine (GEE) v JavaScripte;
- Vyhodnotenie presnosti výsledkov – Jupyter Notebook v jazyku Python



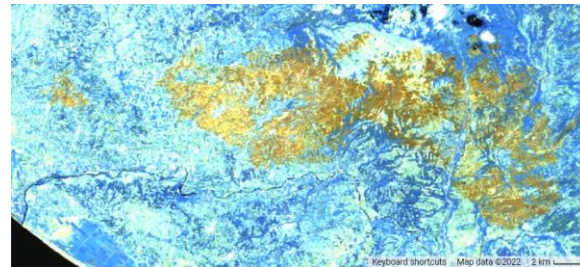
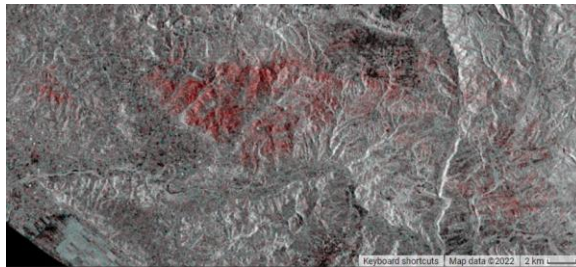
GEE v článkoch Web of Science



Prebraté z Amani et. Al 2020 (Máj 2020)



Metodika



- Neriadená klasifikácia K-means

- s nastavením 2 zhlukov
- Manhattanova vzdialenosť – experimentálne zistené
- 10 000 „trénovacích dát“

$$NBR = \frac{NIR - SWIR_{2.2\mu m}}{NIR + SWIR_{2.2\mu m}}$$

$$dNBR = NBR_{pre-fire} - NBR_{post-fire}$$

- Referenčné dáta: Difference Normalized Burn Ratio Index (dNBR) z dát Sentinel-2 (dNBR > 0.440 = vysoká a stredne vysoká intenzita požiaru – fire severity – podľa USGS)

- 1:1 hodnotenie
- F1-score, Celková presnosť (Overall Accuracy - OA), Omission Error (OE), Commission Error (CE)

- Predspracovanie dát: bez speckle filtru, Lee, Refined Lee, Lee Sigma, Gamma MAP

Kernel okná: 3x3, 5x5, 7x7, 9x9, 11x11, 13x13, 15x15

Metodika

- Vstupné pásma – multitemporálne pásma:

- ΔRVI $RVI = 4 VH \left(\frac{4VH}{VV+VH} \right) \longrightarrow \Delta RVI = RVI_{post} - RVI_{pre}$

- $\Delta RFDI$ $RFDI = \left(\frac{HH - HV}{HH + HV} \right) \sim \left(\frac{VV - VH}{VV + VH} \right) \longrightarrow \Delta RFDI = RFDI_{post} - RFDI_{pre}$

- log-ratio $log-ratio_{pg} = 10 \log_{10} \left(\frac{\delta_{post_{pg}}^0}{\delta_{pre_{pg}}^0} \right)$

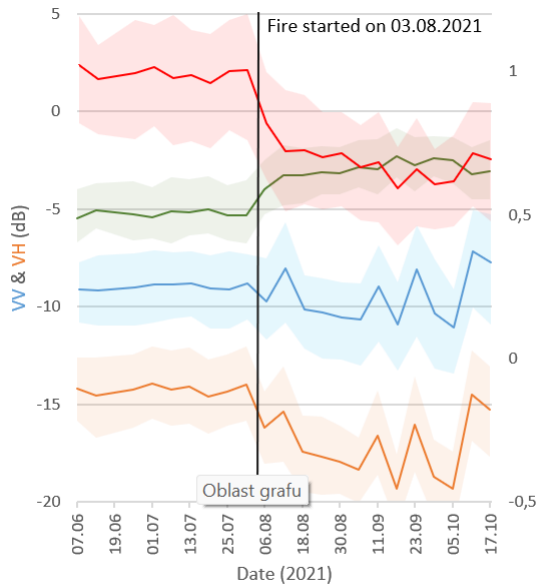
- K-map $Kmap = \left(\frac{log-ratio}{\sigma} \right)$

- Median

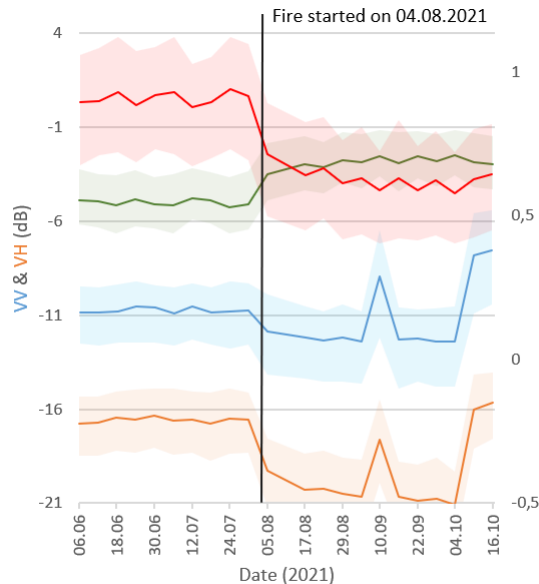
- StdDev $\sigma(i, j) = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^N (\beta^t(i, j) - \bar{\beta}(i, j))^2}{N-1}}$

Výsledky – časové rady

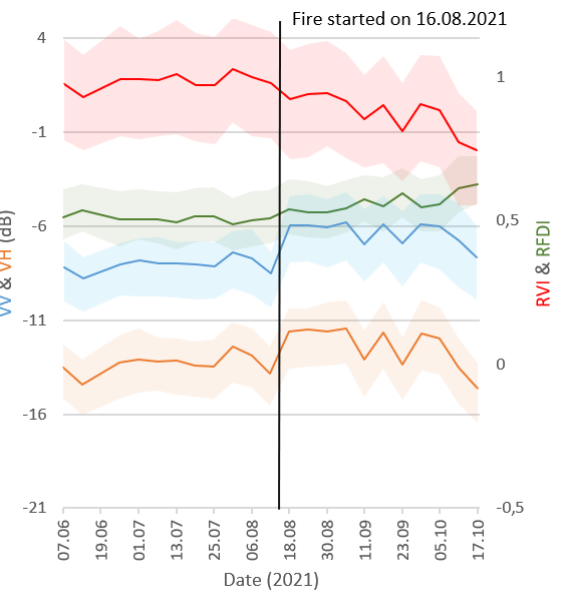
- Prvý krok - monotemporálne indexy a polarizácie
- Jasne identifikovateľná zmena v časových radoch v radarových polarimetrických indexoch
- Málo jasná identifikácia zmeny vo VV polarizácii



Evia, n=198, 2021-08-06 04:31



Olympia, n= 330, 2021-08-05 04:39

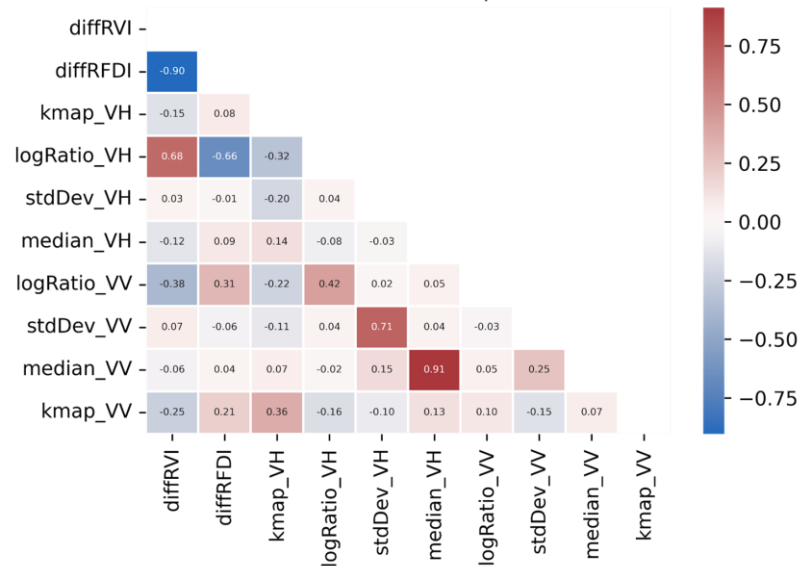


Athens, n = 260, 2021-08-06 04:31

Výsledky: výber vstupných parametrov

- Najlepšia kombinácia vstupných pásiem: Log-Ratio VH & K-map (vizuálna analýza priestorovej komplexnosti výsledkov)

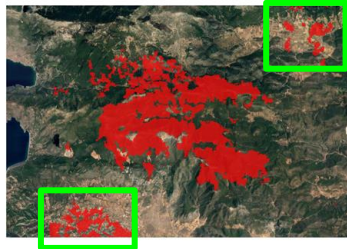
Correlation Graph



a) Athens – IF: Kmap VH,LR VH (final choice)



b) Athens – IF: Kmap VH,RFDI



d) Olympia – IF: Kmap VH,StdDev VH,LR VH



e) Olympia – IF: Kmap VV,LR VV,RFDI



f) Olympia – IF: Median VV,Kmap VV,LR VV,RFDI



c) Olympia – IF: Kmap VH,RFDI (final choice)



classified as burned area

0 5 10 km



Výsledky speckle filtre

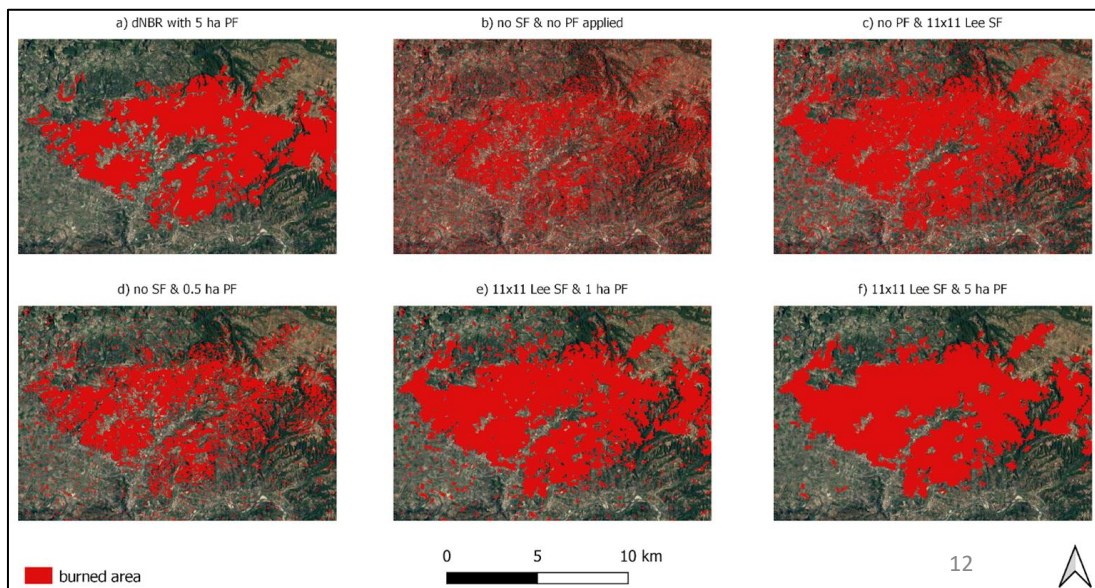
- Zlepšenie oproti stavu bez speckle filtru (až 15% OE, 10 v F1)
- Najlepší speckle filter: Lee Filter
- Rôzne výsledky pre každé územie
- Finálny výber - prienik 3 najlepších výsledkov
- Najhorší: GammaMAP, pri Olympii menší F1,OA pri väčších kernel oknách
- Výsledky bez post-filtrov

Filter	Kernel size	Evia		Olympia		Athens	
		F1/OA	OE/CE	F1/OA	OE/CE	F1/OA	OE/CE
no filter	-	57.57 / 64.9	49.49 / 33.06	40.25 / 74.38	47.1 / 67.52	38.88 / 62.39	50.7 / 67.91
Refined Lee	-	62.96 / 70.93	42.61 / 30.28	44.78 / 73.5	34.13 / 66.08	46.56 / 68.85	44.08 / 60.12
Lee Filter	3x3	64.13 / 71.99	41.84 / 28.55	48.8 / 76.88	32.46 / 61.8	48.79 / 70.59	42.25 / 57.76
	5x5	67.39 / 74.6	39.01 / 24.7	52.25 / 78.58	28.18 / 58.94	55.01 / 75.09	37.22 / 51.04
	7x7	68.02 / 75.25	38.86 / 23.37	53.55 / 79.46	27.43 / 57.57	59.08 / 78.53	36.1 / 45.05
	9x9	68.59 / 75.39	37.57 / 23.91	53.82 / 79.74	27.64 / 57.15	61.0 / 80.13	35.94 / 41.77
	11x11	68.91 / 75.3	36.41 / 24.8	53.29 / 79.36	27.84 / 57.76	61.59 / 80.52	35.62 / 40.97
	13x13	68.96 / 75.07	35.67 / 25.69	51.3 / 77.98	28.89 / 59.88	61.43 / 80.53	36.07 / 40.87
	15x15	68.62 / 74.77	35.91 / 26.16	50.74 / 77.67	29.51 / 60.37	61.12 / 80.39	36.48 / 41.11
Lee Sigma	3x3	63.79 / 71.52	41.72 / 29.55	48.51 / 77.1	33.85 / 61.7	48.46 / 70.53	42.89 / 57.91
	5x5	66.52 / 73.68	39.27 / 26.48	49.26 / 76.7	30.66 / 61.8	54.1 / 74.89	39.0 / 51.39
	7x7	66.98 / 74.1	38.97 / 25.79	49.53 / 76.73	30.02 / 61.67	56.58 / 76.33	36.43 / 49.03
	9x9	66.94 / 73.98	38.78 / 26.15	49.0 / 76.29	30.18 / 62.26	57.7 / 77.46	36.63 / 47.04
	11x11	66.96 / 73.7	38.1 / 27.09	48.53 / 76.18	31.15 / 62.53	57.66 / 77.57	37.06 / 46.81
	13x13	66.82 / 73.36	37.68 / 27.99	47.65 / 75.5	31.63 / 63.43	57.18 / 77.3	37.53 / 47.28
	15x15	66.5 / 73.04	37.82 / 28.53	47.03 / 75.03	32.06 / 64.04	56.63 / 77.04	38.22 / 47.73
GammaMAP	3x3	62.11 / 70.25	43.35 / 31.27	46.87 / 76.18	35.59 / 63.16	47.12 / 68.93	42.94 / 59.87
	5x5	62.74 / 70.58	42.44 / 31.05	47.57 / 77.44	37.27 / 61.69	45.08 / 70.37	49.86 / 59.05
	7x7	61.88 / 70.08	43.59 / 31.48	46.21 / 76.68	38.59 / 62.95	50.97 / 72.7	41.51 / 54.83
	9x9	60.93 / 69.59	44.9 / 31.86	45.56 / 77.19	41.47 / 62.7	50.53 / 71.6	40.23 / 56.24
	11x11	60.13 / 69.15	45.94 / 32.25	45.11 / 77.25	42.7 / 62.8	49.72 / 71.39	41.69 / 56.67
	13x13	59.77 / 68.89	46.32 / 32.59	44.72 / 76.96	42.87 / 63.26	48.81 / 71.06	43.13 / 57.25
	15x15	60.0 / 68.59	45.28 / 33.6	44.43 / 77.07	43.81 / 63.26	48.21 / 70.92	44.21 / 57.55

Výsledky: post-klasifikačné filtre

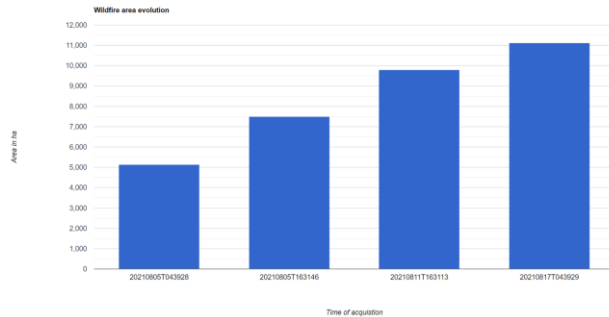
- Najlepší post-klasifikačný filter: 10 ha
- Zlepšenie oproti NoSpeckle a NoPost
- Skok medzi 2 ha a 5 ha v CE
- 5 ha - kompromis medzi MMJ a odstránením speckle

Filters		Evia		Olympia		Athens	
Post-	Speckle	F1/OA	OE/CE	F1/OA	OE/CE	F1/OA	OE/CE
NO	NO	57.57/64.9	49.49/33.06	40.25/74.38	47.1/67.52	38.88/62.39	50.7/67.91
0.5ha	NO	61.1/71.87	53.16/12.17	55.59/86.98	50.06/37.32	49.13/77.99	56.19/44.08
NO	YES	72.45/76.98	35.82/16.84	53.29/79.36	27.84/57.76	69.74/86.29	34.88/24.95
0.5ha	YES	75.36/79.71	35.09/10.18	63.89/86.26	25.27/44.21	68.61/85.33	34.91/27.46
1ha	YES	75.88/80.09	34.94/8.99	67.18/88.01	24.51/39.48	70.5/86.49	34.78/23.29
2ha	YES	76.31/80.32	34.84/7.95	70.33/89.51	23.62/34.84	72.34/87.56	34.72/18.89
5ha	YES	76.85/80.6	34.7/6.63	73.63/90.96	22.66/29.74	73.85/88.37	34.75/14.94
10ha	YES	76.91/80.54	34.98/5.89	74.96/91.49	22.45/27.46	74.84/88.7	33.95/13.65

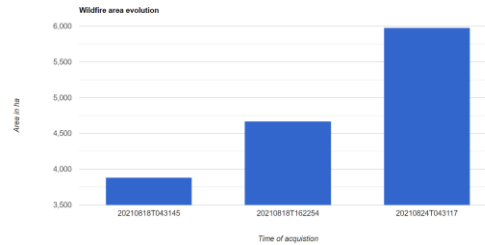


Výsledky – vývoj požiarov

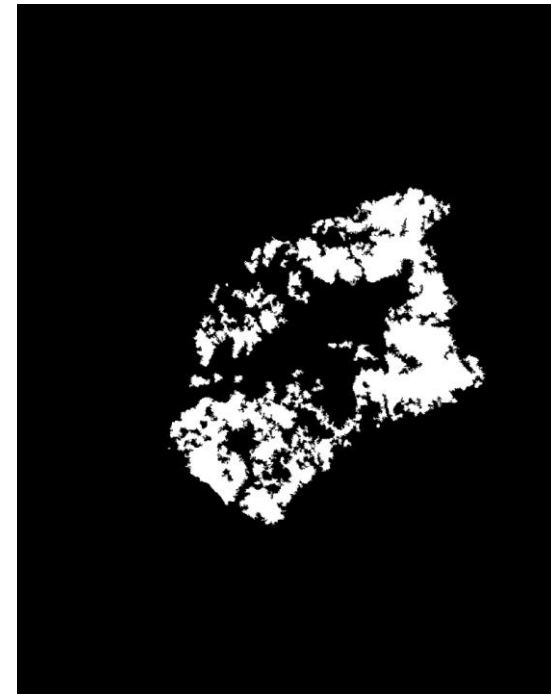
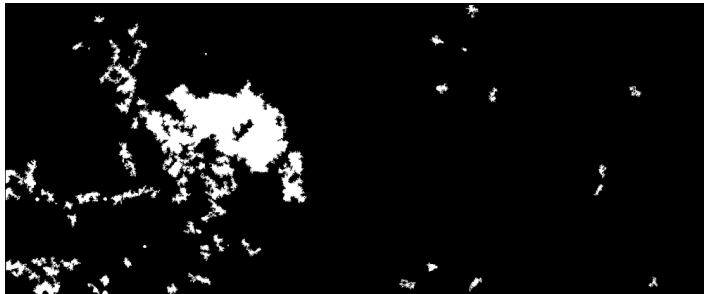
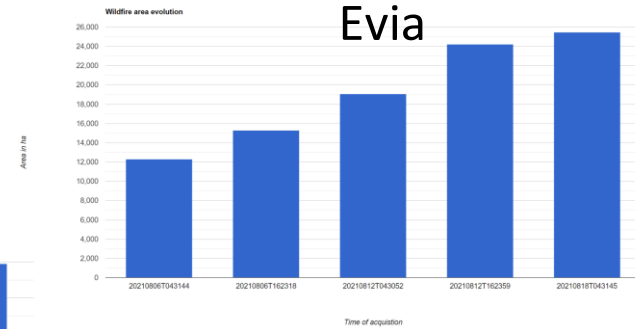
Olympia



Athens

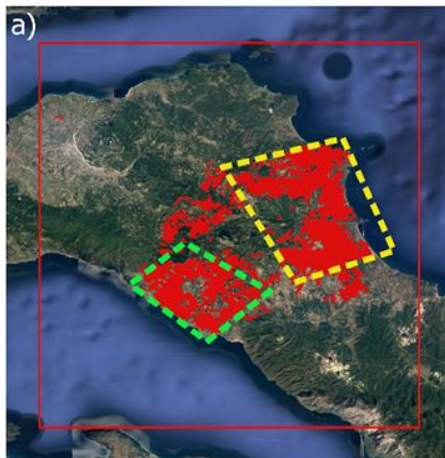


Evia



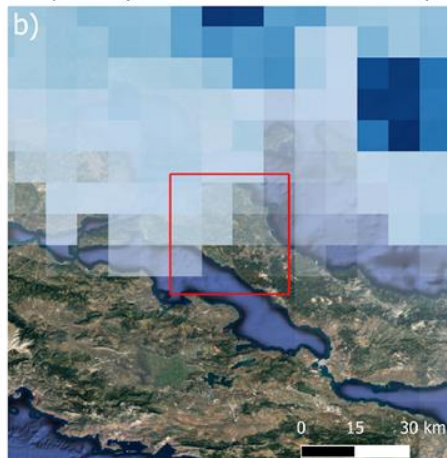
Možný vplyv zrážok

Classification result on 6.8.2021 16:23



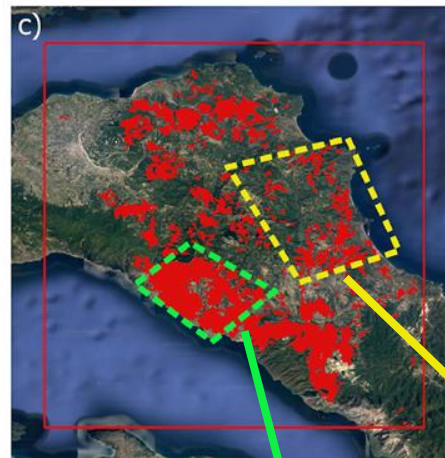
- Burned area
- Study Area
- Affected area
- Unaffected area

Accumulated precipitation 12 h. before the SAR acquisition (11.8.2021 17:00-12.8.2021 05:00)

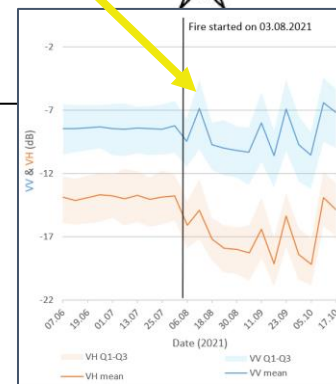
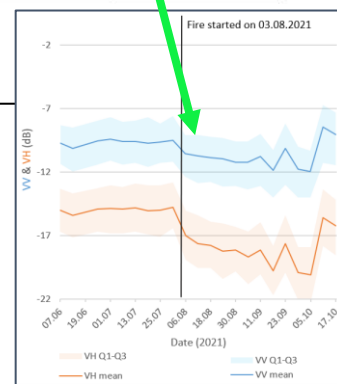
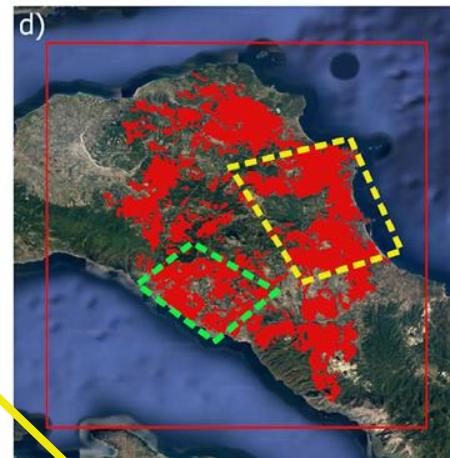


- Precipitation (mm)
- | | | |
|-------------|-----------|-------------|
| 0.1 - 20 | 20.1 - 40 | 80.1 - 100 |
| 40.1 - 60 | 60.1 - 80 | 100.1 - 120 |
| 120.1 - 140 | | |

Classification result on 12.8.2021 04:30



ClassClassification result on 12.8.2021 16:24



GEE funkcia - Sentinel-1 Burned Area Mapping Toolbox (S1BAM)

- 3-krokový súbor nástrojov/funkcií
- Bude k dispozícii pre širokú verejnosť
 - Dokumentácia na GitHub: <https://github.com/palubad>
 - Importovateľná funkcia v GEE
- Ktokoľvek môže opätovne použiť, upraviť alebo vylepšiť

- ▼ S1BAM_processing_chain
 - Step1_Input_data_preprocessing
 - Step2_Burnt_area_classification
 - Step3_Statistics&GIF

Fungovanie:

1. Nastavenie oblasti záujmu (AOI), dátumu, speckle filtra, veľkosti kernel okna filtru, použitia polarizačných pásiem (iba VV, VH alebo VŠETKO)
 - Výstup: predspracovaný súbor snímok pre vybranú oblasť a čas + polygón AOI
2. Použitie polygónu AOI + vstupných údajov na klasifikáciu, nastavenie veľkosti post-klasifikačného filtru
 - Výstup: klasifikované snímky pre vybrané dátumy z prvého kroku
3. Použite klasifikovaný výsledok na vytvorenie štatistiky a animácie GIF
 - Výstup: štatistiky a GIF animácia

Kroky do budúcnosti

- Hlbšie preskúmať vplyv zrážok
- Preskúmať ďalšie možné vplyvy, ktoré ovplyvňujú získané výsledky, ako napríklad miestny uhol dopadu, charakteristiky terénu.
- Porovnanie s presnými Land cover datasetmi (mieste datasety, ESA World Cover?)  analýza citlivosti SAR dát pri monitorovaní spálených oblastí.
- Skúmanie korelácie medzi zistenými spálenými plochami a hodnotami dNBR  lepšie pochopiť vzťah medzi výsledkami získanými pomocou SAR a optickými indexami.
- Zvážiť testovanie rôznych metód agregácie vstupných dát na nižšie priestorové rozlíšenie, ako to navrhli Belenguer-Plomer et al. 2020
- Odoslanie článku na recenzie do odborného časopisu 😊

Ďakujem za pozornosť!

Daniel Paluba
palubad@natur.cuni.cz

Tato prezentace a studie byly vytvořeny s finanční podporou grantu poskytnutého GA UK č. 412722 „Hodnocení disturbancí a obnovy lesa pomocí radarových a optických družicových dat v Česku“.