

**Gulácsi András–Kovács Ferenc:**

# **Sentinel-1 C-SAR feldolgozás Google Earth Engine webalkalmazással**

**Előadó: Gulácsi András**

PhD hallgató

**Dr. Kovács Ferenc**

egyetemi docens

Szegedi Tudományegyetem Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék

Fény-Tér-Kép Konferencia 2019, Tihany

# Az előadás vázlata

- 1. Bevezetés
- 2. Google Earth Engine
- 3. Célkitűzések
- 4. Adat, mintaterület és módszer
- 5. Eredmények
- 6. Validáció
- 7. Következtetések



# 1. Bevezetés

- Korábban: csak **kevés** távérzékelte adat állt rendelkezésre a környezeti monitoring számára
- Ma teljesen megváltozott a helyzet: más tekintélyes számú műhold/szenzor szolgáltat nehezen kezelhető mennyiségben adatokat (**Big Data**), melyek feldolgozása kihívás.  
Hatványozottan igaz ez a **radaradatok** esetén!
- Az adatfeldolgozás és elemzés felhő alapú szolgáltatásokkal oldható meg, melyek a hálózaton keresztül érhetők el
- A felhő alapú számítástechnika hatalmas tárolókapacitást, szerverparkokat és adatbázisokat kínál

## 2. Google Earth Engine

- A Google Earth Engine (GEE) egy **felhő alapú számítási platform**, amit műholdképek és egyéb földi megfigyelési adatok feldolgozására hoztak létre.
- Egy alkalmazásprogramozási felületet, **API-t** biztosít, amin keresztül hozzáférünk az adatokhoz és az adatok feldolgozására/elemzésére írt metódusokat
- A **JavaScript** API a GEE Code Editor webalkalmazáson belül használható, másik lehetőség a **Python** könyvtár használata (telepíteni kell a számítógépre)
- Honlap: <https://earthengine.google.com/>

### 3. Célkitűzések

- Az éghajlatváltozás által indukált szárazodás a Duna-Tisza közén nagy hatással lehet az élővilág, a természetvédelem számára nagy értékkel bíró szikes tavak, **vizes élőhelyek** szélsőséges vízellátottságára
- A **felszíni vízborítás** részletesebb és nagy időfelbontású megfigyelése a Sentinel-1 műholdak C sávú szintetikus apertúra radarjainak felvételeivel
- Korábban: a kevés adat, a passzív szenzorok, a **felhőborítás** problémát jelentett -> hiányos adatsorok
- A radarfelvételek feldolgozása **nagy számításigényű** és a **sok feldolgozási lépés** miatt időigényes -> a feldolgozási folyamat **automatizálása** a célunk

# 4. Adat, mintaterület és módszer

- Sentinel 1A és Sentinel 1B **C-SAR** radarfelvételek
- Felvételezés: **Interferometrikus** Szélessáv mód (250 km)
- Geometriai felbontás: 20 m \* 22 m, 10 m-re átmintázva
- **VH** és **VV** polarizáltságú sávok, időfelbontás: 6 nap
- Level-1 Ground Range Detected (**GRD**) felszíni tartomány
- Google adatbázis: előfeldolgozott Sentinel-1 felvételek
  - 1. **Pályaadatokkal** való korrekció;
  - 2. **Háttérzaj** eltávolítása (a kép szélein látható sötét sávok);
  - 3. **Radiometrikus kalibráció**: visszaszóródás intenzitásértékeinek ( $\sigma^0$ ) számítása a szenzoros kalibrációs paraméterek alapján;
  - 4. **Domborzati korrekció**: felszíni tartományba konvertálás (SRTM DEM);
  - 5. A visszaszóródási együttható ( $\sigma_0$ ) **dB-be** konvertálása ( $10 \cdot \log_{10} \sigma^0$ );
  - 6. Az értékek leszorítása az 1-99. percentilis értékére, 16 bitbe kvantálás.

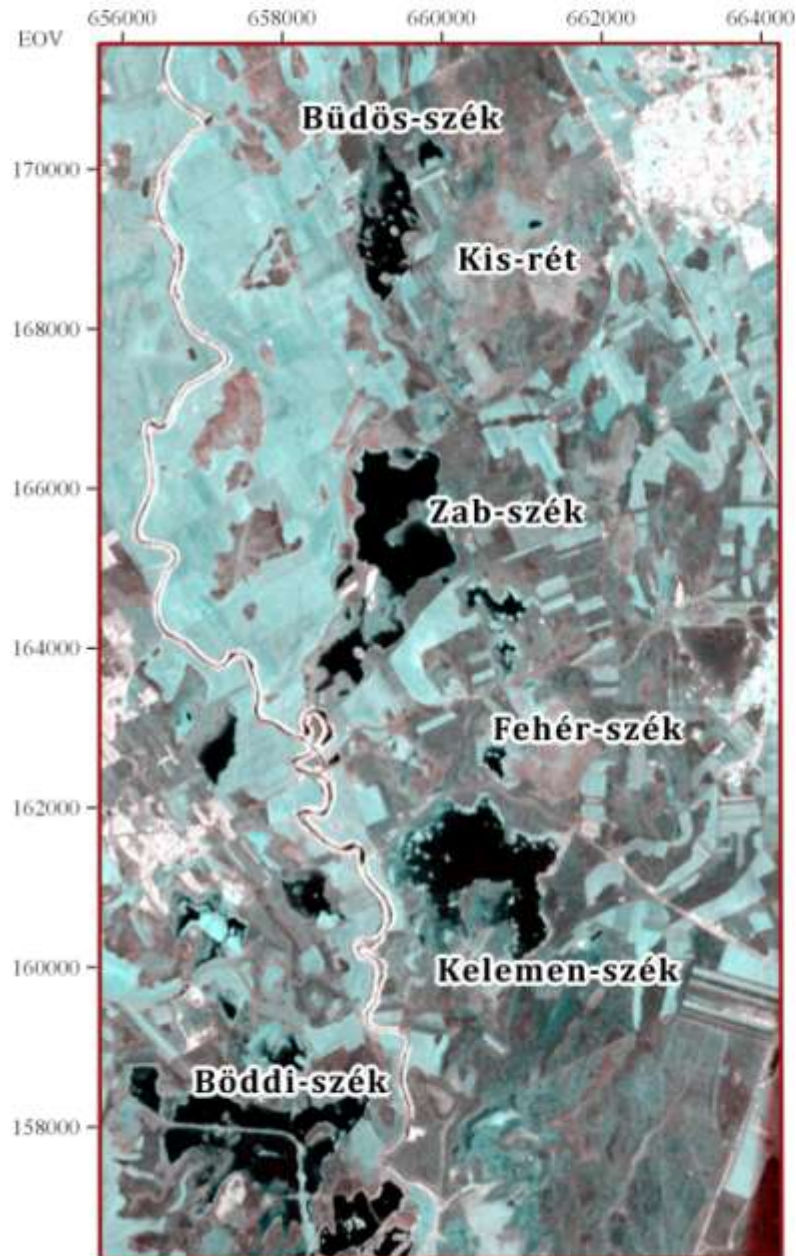
# A vízborítás detektálása

- A felszín **érdessége** alapján. Érdes felszín -> nagyobb visszaszóródás az antenna felé
- Minél simább a felszín (víz, aszfalt, beton) -> a ferde megvilágítás miatt kevés energia szóródik vissza
- Vízfelszínek: nagyon sötét objektumokként kontrasztosan elkülönülnek -> tapasztalataink szerint **-17–18 dB** vagy alatti  $\sigma^0$
- Azonos polarizáltság (HH, VV) alkalmasabb detektálásra
- C sáv ( $f=5$  GHz /  $\lambda = 5$  cm) -> lágyszárú növényzettel borított vizes élőhelyeknél alkalmazható (P, L sáv: fás szárúnál jobb)

# Mintaterület

Felső-Kiskunsági tavak  
(130 km<sup>2</sup>, Duna-Tisza köze)

Sentinel-1 2014-2018  
RGB: VH/VV/VV



# A vízborítás detektálás problémái

- **A szél érdeességnövelő hatása** -> a vízfelszínen hullámok alakulnak ki, amelyek növelik a vízfelszín érdeességét -> nagyobb visszaverődés (**kritikus probléma**)
- Más felszínek (pl. aszfalt, beton) hasonlóan simák (könnyen kiszűrhetők)
- Télen jégborítás lehet -> bár hasonlóan sima felszínként jelentkezik a radarképen
- Örök probléma: szemcsés zaj a radarképen (tüskék, speckle) -> tüskeszűrő algoritmusok, pl. finomított Lee)
- **Beesési szög variancia hatása** a visszaszóródásra (**kritikus**)

# Normalizálás a beesési szögekkel

- Normalizálni kell a visszaszóródási értékeket a beesési szöggel
- A  $\sigma$  és a  $\gamma$  értékek radiometriája ellipszoidális alapú, csak a geometria domborzati alapú ([Small et al. 2009](#))
- A normalizáció ellipszoidális beesési szögeken alapszik
- Egy *Rem. Sens.* publikáció mellékletében találtam egy Earth Engine szkriptet, amiben ezt a képletet használták ([Hird et al. 2017](#), pdf):

```
// Function to apply angle correction (for VV)
function toGammaVV(image) {
  return image.addBands(image.select('VV').subtract(image.select('angle')
    .multiply(Math.PI/180.0).cos().log10().multiply(10.0)).rename('VV_corr'));
}
```

- Koszinusz korrekció?
- A mintaterület síkság, a domborzat hatása elhanyagolható

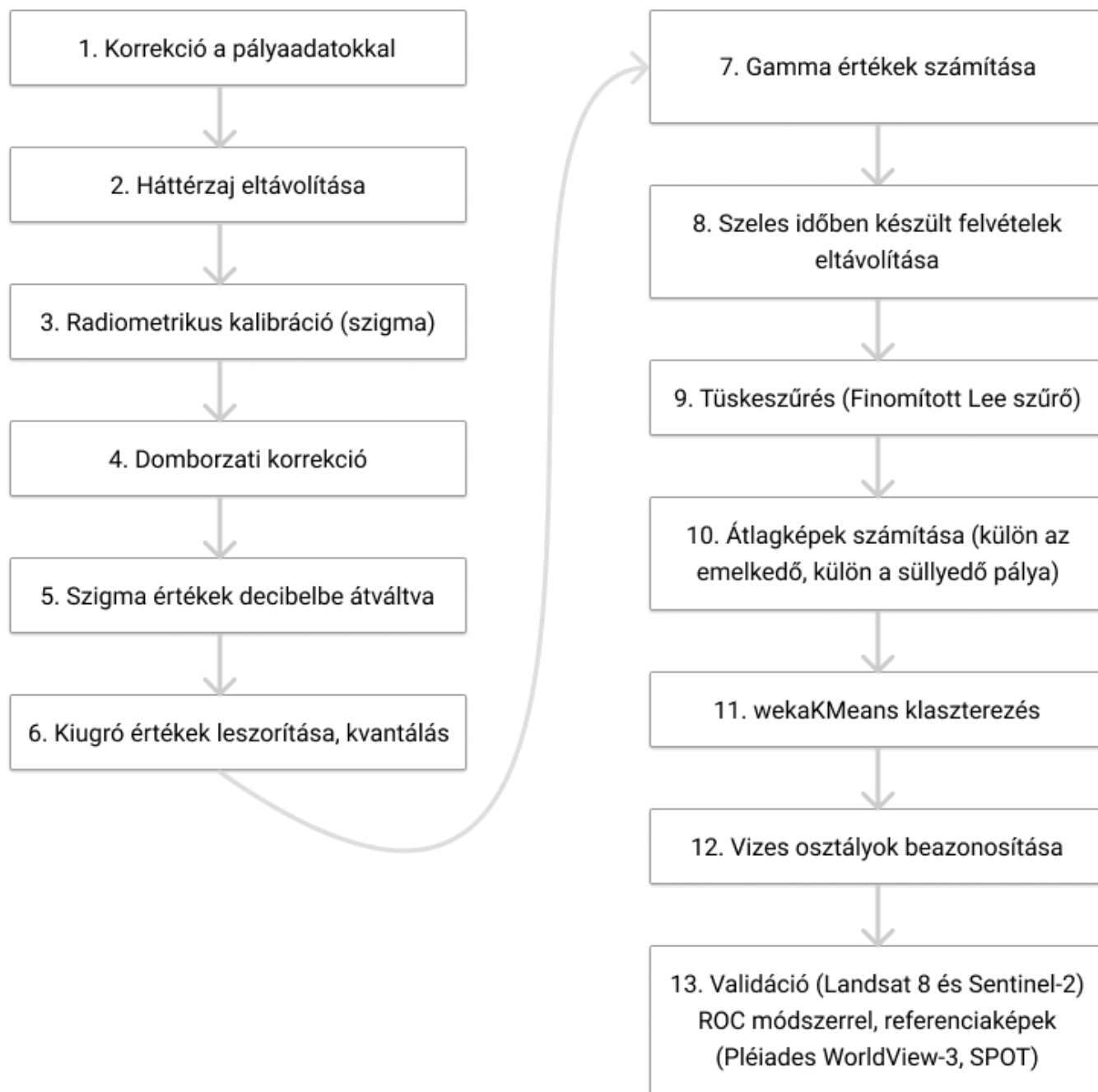
# Szél hatásának kiküszöbölése, tüskeszűrés

- A széles időben készült radarfelvételek kizárása (12 m/s feletti területek).Szélsébség adatok:
- CFSV2: NCEP Climate Forecast System Version 2, 6-Hourly Products
- Felbontás: 20 km, részben modell számítás alapú
- Tüskeszűrésre Finomított Lee szűrőt használtunk
- Yommy et al. 2015 a Google Earth Engine-re implementálta a Lee szűrőt. Az ő szkriptjüket használtam fel.

# Havi átlagkép számolás, osztályozás

- Külön számoltunk átlagot az emelkedő (ascending) és a süllyedő (descending) műholdpályák esetén (rossz ötlet keverni)
- Az adatok osztályozására wekaKmeans klaszterező algoritmust használtunk (kmeans típusú kemény osztályozás, a kezdeti osztályközepeket véletlenszerű mintákból nyeri)
- 15 kimenő klaszter
- Távolságfüggvény: euklidészi távolság
- Vizes osztályok beazonosítása: vizuális interpretáció
- Újraosztályozás, nyílt vízzel borított felszín területének számítása

## Sentinel-1 feldolgozás



main1 \*

Get Link

Save

Run

Reset



```
112
113 var calculateBtn = ui.Button({
114   label: 'Start Processing!',
115   onClick: function() {
116     var path = selectPath.getValue();
117     print(path);
118     var year = yearInput.getValue();
119     var month = monthInput.getValue();
120
121     var dateInput = date.dateInput(year, month);
122     // Filtering based on metadata properties
123     var vh = sentinel1
124       // Filter to get images with VV and VH dual polarization.
125       .filter(ee.Filter.listContains('transmitterReceiverPolarisation',
126       .filter(ee.Filter.listContains('transmitterReceiverPolarisation',
127       // Filter to get images collected in interferometric wide swath mode
128       .filter(ee.Filter.eq('instrumentMode', 'IW'))
129       .filterBounds(region)
130       .filterDate(dateInput.start, dateInput.finish)
131   };
132
133   print(vh);
134
135   var vhSelectedPath;
136   var pathString;
137   if(path === 'ASCENDING') {
138
```

Inspector

Console

Tasks

## Sentinel-1 radarfeldolgozás

2019

09

Which path you want to process?

ASCENDING

Start Processing!

ASCENDING

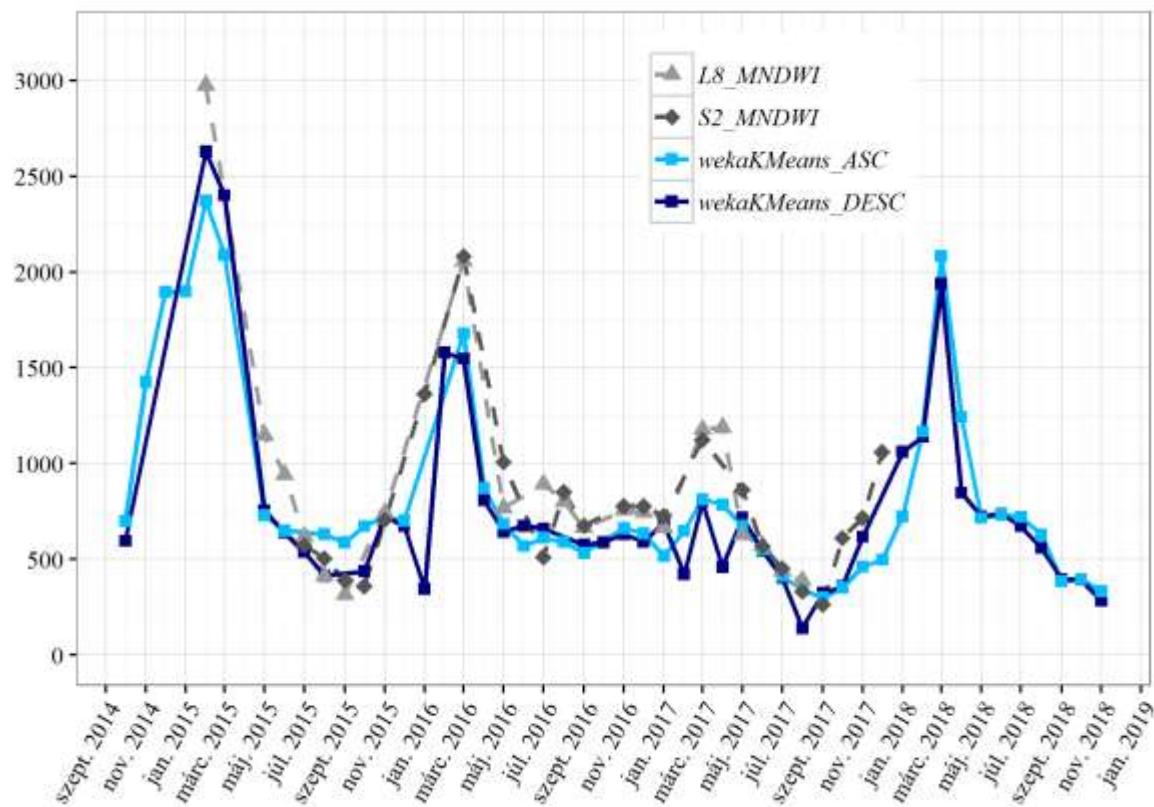
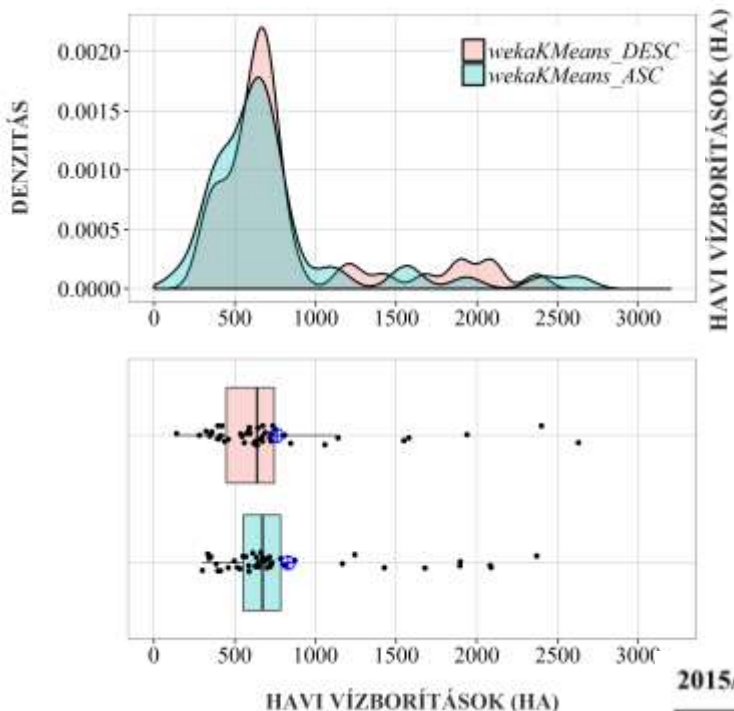
JSON

► ImageCollection COPERNICUS/S1\_GRD (15 elem...) JSON

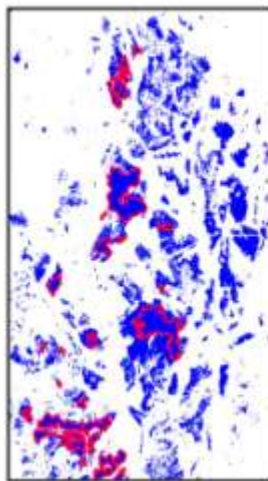
► ImageCollection COPERNICUS/S1\_GRD (5 elem...) JSON



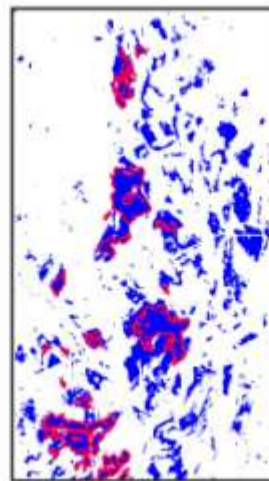
# 5. Eredmények



2015/02 DESC



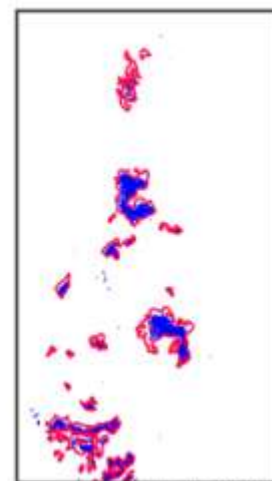
2015/02 ASC



2017/08 DESC



2017/08 ASC



## 6. Validáció Landsat 8 és Sentinel-2 MNDWI-vel

- Felhőszűrt, légkör teteji (TOA) reflektancia adatok, 20/30 m fb.
- MNDWI, Modified Normalized Difference Water Index (Xu 2006)
- $MNDWI = (G - SWIR 2) / (G + SWIR 2)$ , ahol G a látható zöld sáv, SWIR az egyik rövidhullámú IR sáv (2,1  $\mu m$ )
- „vevő működési karakterisztika” (Receiver Operator Characteristics, ROC) módszer segítségével osztályoztuk
- Elv: megvizsgáljuk egy bináris osztályozó igaz pozitív és hamis pozitív arányát. Azt az osztályozót (és a hozzá tartozó küszöbértéket) keressük, aminél az igaz pozitív arány a lehető legmagasabb, míg a hamis pozitív arány a legkisebb.

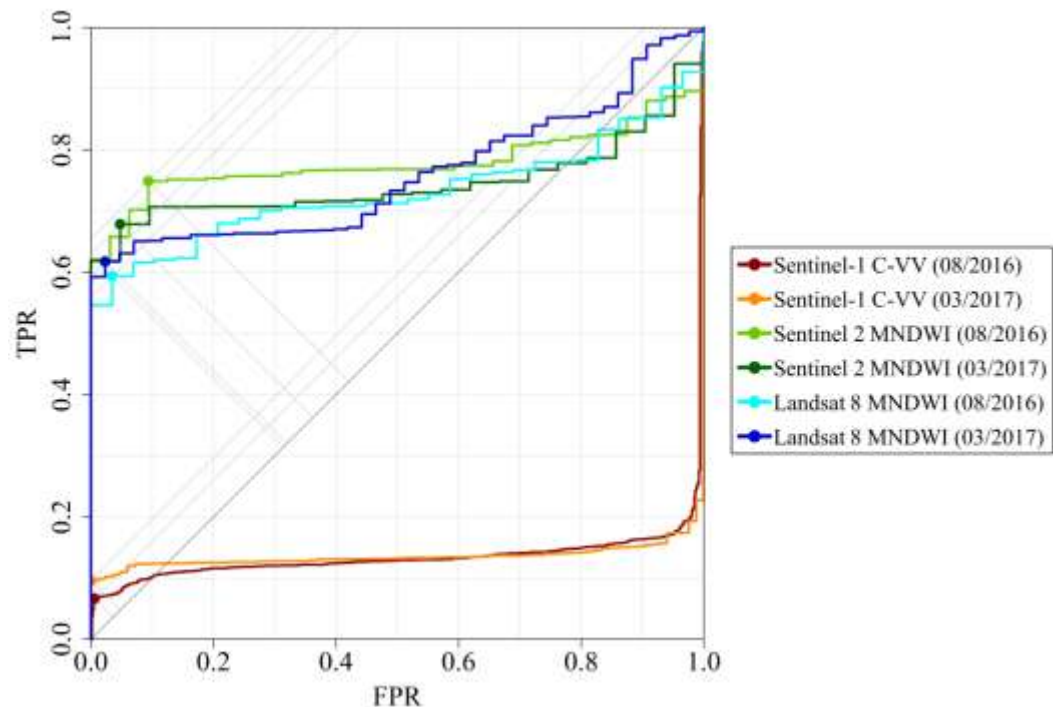
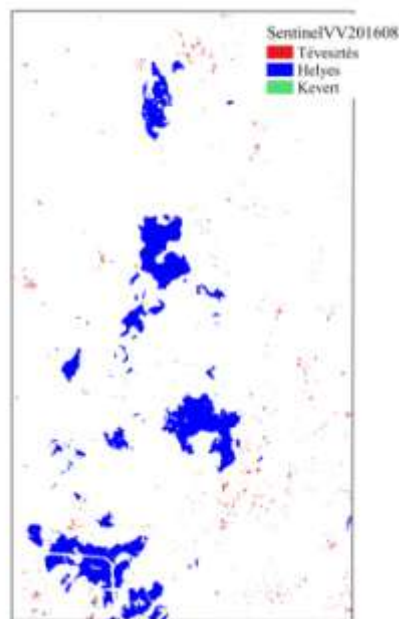
# 6. A validáció menete

1. Az MNDWI adatokat automatikusan osztályozzuk (ISODATA algoritmus, SAGA GIS)
2. Nagy felbontású képek alapján meghatározzuk a helyesen és tévesen osztályozott vízfoltokat a ROC görbe számításához (igaz pozitív/hamis pozitív arányok)
3. A kapott küszöbértékek (Landsat 8: 0,63; Sentinel-2: 0,57) alapján újraosztályozzuk az MNDWI képet
4. Összevetjük az MNDWI és a radar alapján számolt vízborításokat (Pearson's és Spearman's korrelációszámítás, kétoldali t-próba)

A ROC elemzést egy R szoftverhez írt szkripttel végeztem:

<http://oku.edu.mie-u.ac.jp/~okumura/stat/ROC.html>

# 6. A validáció eredménye



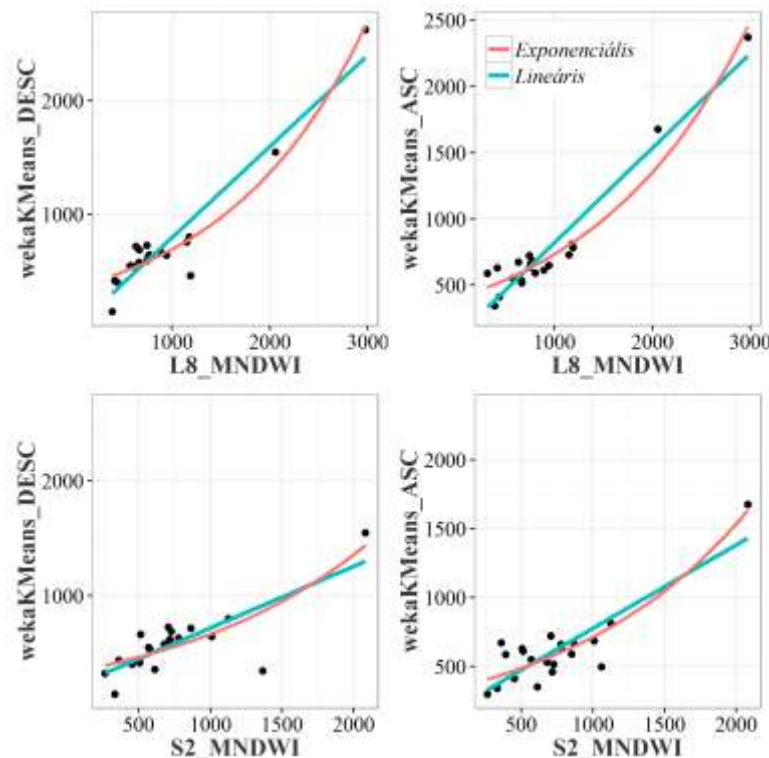
| Műholdkép                                   | Dátum      |
|---------------------------------------------|------------|
| Pléiades 1B (50 cm)<br>(CNES / Airbus 2016) | 2016-08-09 |
| WorldView 3 (30 cm)<br>(DigitalGlobe 2017)  | 2017-03-17 |
| SPOT 7 (1,5 m)                              | 2019-03-28 |

|                      | AUC         |
|----------------------|-------------|
| Landsat 8 2016/2017  | 0,73/0,76   |
| Sentinel 2 2016/2017 | 0,78/0,74   |
| Sentinel 1 2016/2017 | 0,135/0,135 |

Görbe alatti terület (AUC=0,5 -> random osztályozó)

# 6. A validáció eredménye

| Statisztikai<br>kapcsolatok   | Lineáris regresszió             |                                   |
|-------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|
|                               | Pearson-féle<br><i>R</i> -érték | Spearman-<br>féle <i>p</i> -érték |
| wekaKMeans_DESC<br>~ L8_MNDWI | 0,95***                         | 0,70***                           |
| wekaKMeans_ASC<br>~ L8_MNDWI  | 0,96***                         | 0,79***                           |
| wekaKMeans_DESC<br>~ S2_MNDWI | 0,79***                         | 0,65**                            |
| wekaKMeans_ASC<br>~ S2_MNDWI  | 0,85***                         | 0,57**                            |



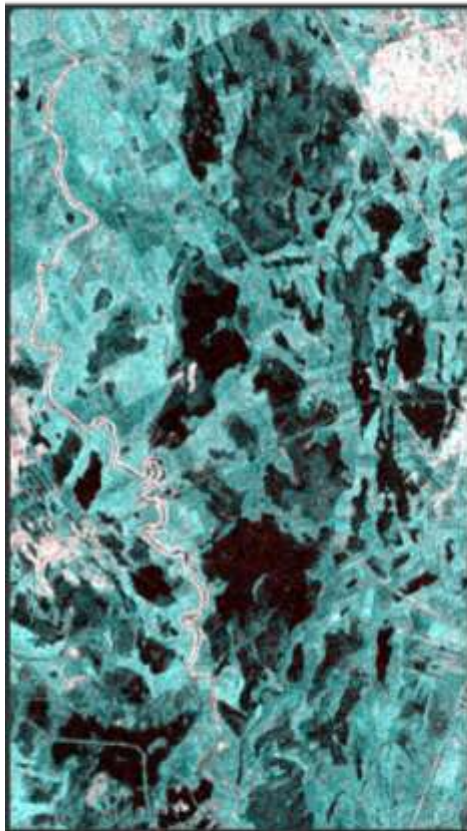
# 7. Következtetések

- Az optikai és a radaradatokból számolt vízborítások jól egybevágnak.
- Kapcsolat áll fenn a radar és az MNDWI alapján kapott vízborítások között, de esetenként lehetnek nagyobb eltérések is, pl. 2017 februárjában, áprilisában és augusztusában a süllyedő pálya esetén egy hónapra kicsit „lezuhantak” a vízborítás-értékek, majd visszaálltak -> bizonytalanság.
- Beesési szög variancia, „szél érdeesség hatások” kiküszöbölése fontos az idősoros elemzéseknél.
- Nincsen jelentős különbség az emelkedő vagy süllyedő pályán vételezett adatok között.

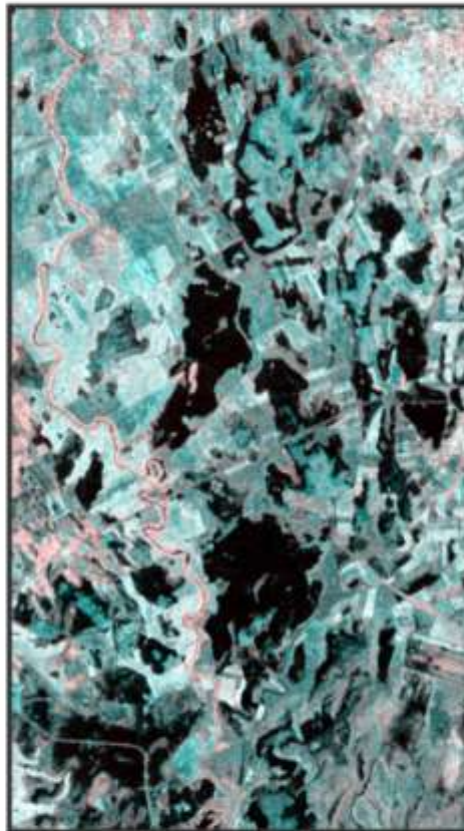
# 7. Következtetések

2015. februári 18-i Landsat 8 hamis színes kompozitképpel

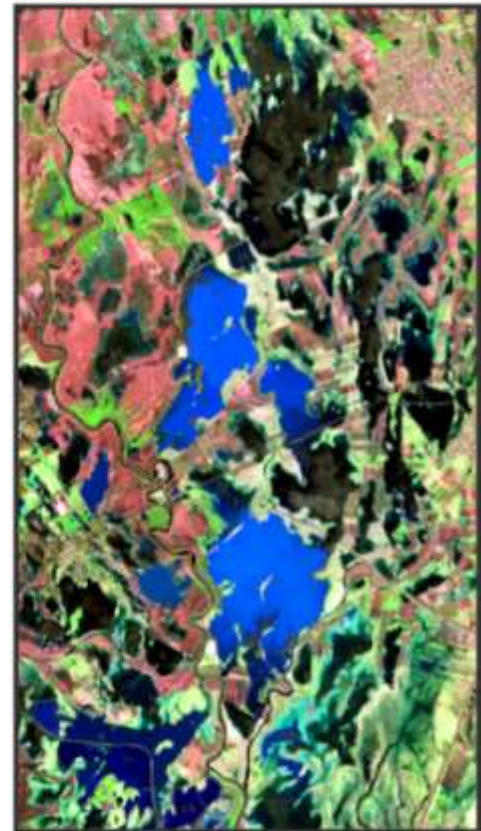
Sentinel-1 DESC  
RGB: VH/VV/VV



Sentinel-1 ASC  
RGB: VH/VV/VV



Landsat 8  
RGB: 7/5/4



*Dátum: 2015/02*

1000 0 1000 2000 3000 m



# 7. Következtetések

- Emelkedő műholdpálya esetén kicsivel jobb az adatminőség a vizsgált területen, ugyanis a legtöbbször több kép állt rendelkezésre havonta
- A minimum és maximum borítások az emelkedő és süllyedő pályák esetén ugyanazokra a hónapokra esnek, viszont értékekben kicsit eltérnek.
- Lehetséges ok: eltérő időben készült felvételek, a szél által keltett hullámok miatti rossz képminőség és a felvételek eltérő száma.
- A feldolgozás erőforrásigényes -> GEE memórialimit túllépés, ezért a részeredményt le kell menteni.
- Nem nélkülözhetők a terepi felmérések sem a validációhoz.

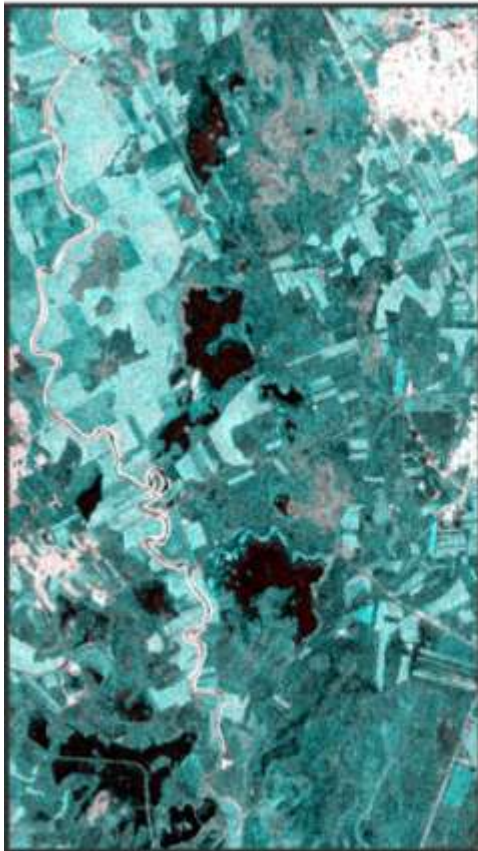
# 7. Következtetések

- A téli jégborítás befolyásolja-e a vízborítás érzékelését a radarnál?
- Azt tapasztaltuk, hogy a radar esetén a téli időszak jégpáncélja nem befolyásolja lényegesen az érzékelés pontosságát. A jég is hasonlóan sima felszínt képez, mint a nyugodt víztükör.
- A vízindexek esetén viszont problémát okozhat a vízhez hasonló, magas indexértékeket felvevő hóborítás, ezért ez esetben célszerű elkerülni a havas képek használatát, ahogyan mi is tettünk.
- Példa: 2017 januárja (köv. dia)

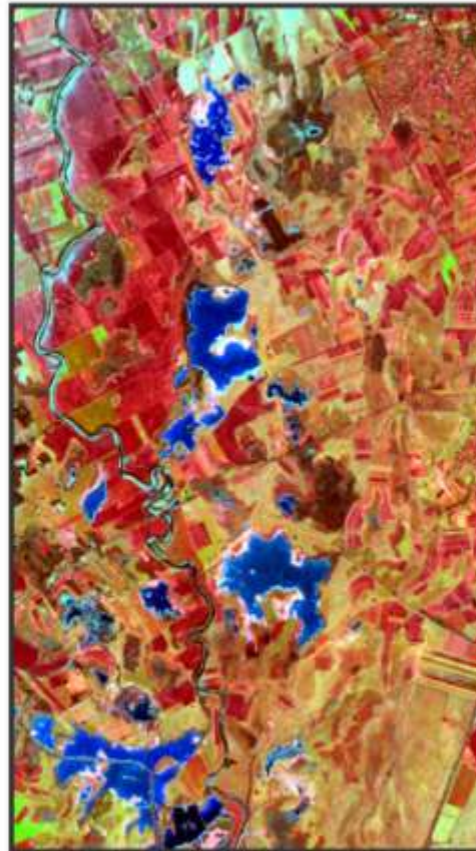
# 7. Következtetések

Sentinel-2 kép január 8-án készült, míg a Landsat 8 mediánkép január 6-án, 15-én és 22-én készült felvételekből áll össze

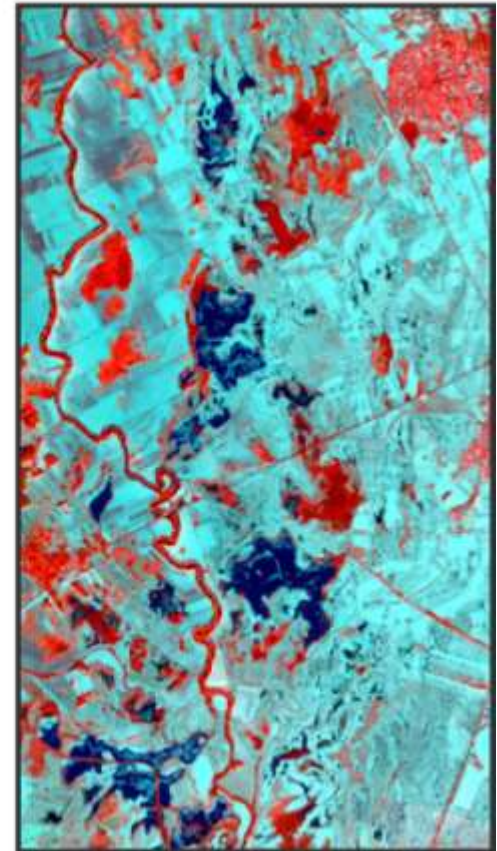
**Sentinel-1 DESC**  
**RGB: VH/VV/VV**



**Sentinel-2**  
**RGB: 12/8/4**



**Landsat 8**  
**RGB: 7/5/4**



*Dátum: 2017/01*

1000 0 1000 2000 3000 m

A scale bar with markings for 1000, 0, 1000, 2000, and 3000 meters. The bar is divided into segments corresponding to these distances.

# Köszönöm a megtisztelő figyelmüket!

Gulácsi András

[gulandras90@gmail.com](mailto:gulandras90@gmail.com)

Gulácsi A. – Kovács F. (2019). Radaralapú vizesélőhely-monitoring Sentinel-1 adatokkal. – Hidrológiai Közlöny 99(1), pp.38-47.

A kódok:

<https://code.earthengine.google.com/4e088a30ce53cc677d0153ab552508a0>

git clone

<https://earthengine.google.com/users/gulandras90/inlandExcessWater>