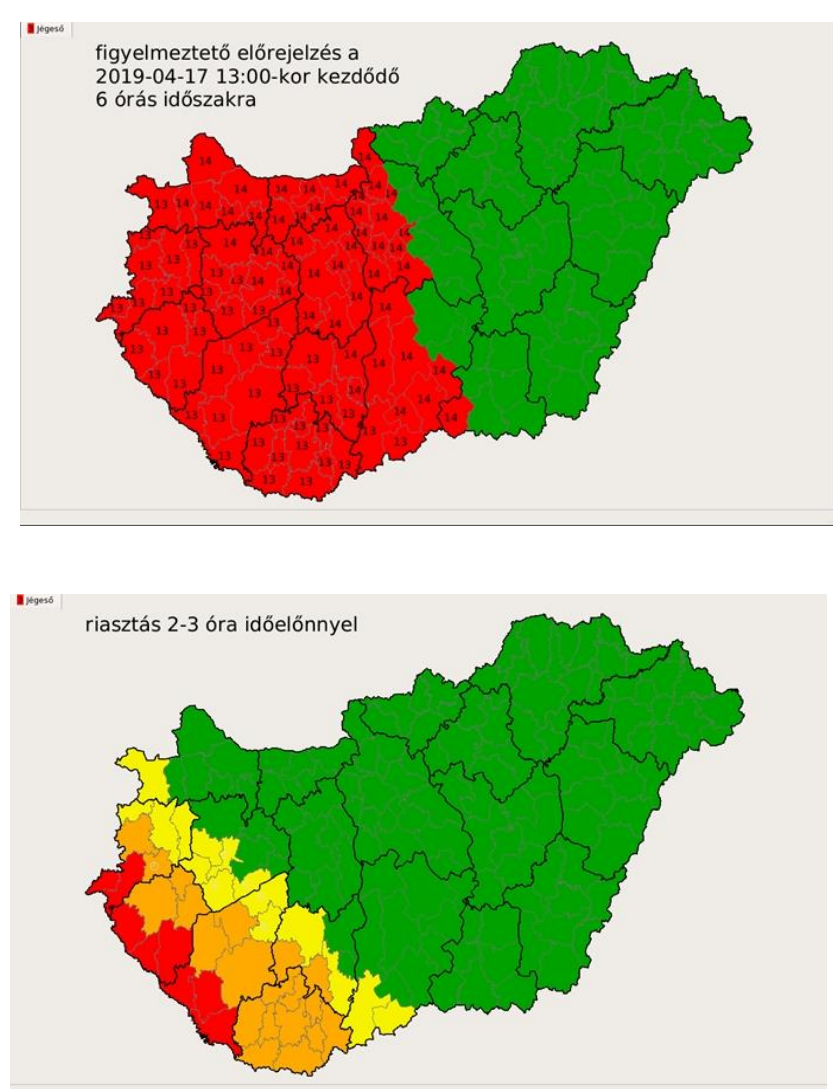


# A jégeső előrejelzése és detektálása – fejlesztési és kutatási tevékenységek az OMSZ-nál



Kelemen Tibor, Baár Péter, Csirmaz Kálmán  
[kelemen.t@met.hu](mailto:kelemen.t@met.hu), [baar\\_p.@met.hu](mailto:baar_p.@met.hu), [csirmaz.k@met.hu](mailto:csirmaz.k@met.hu)  
 Országos Meteorológiai Szolgálat

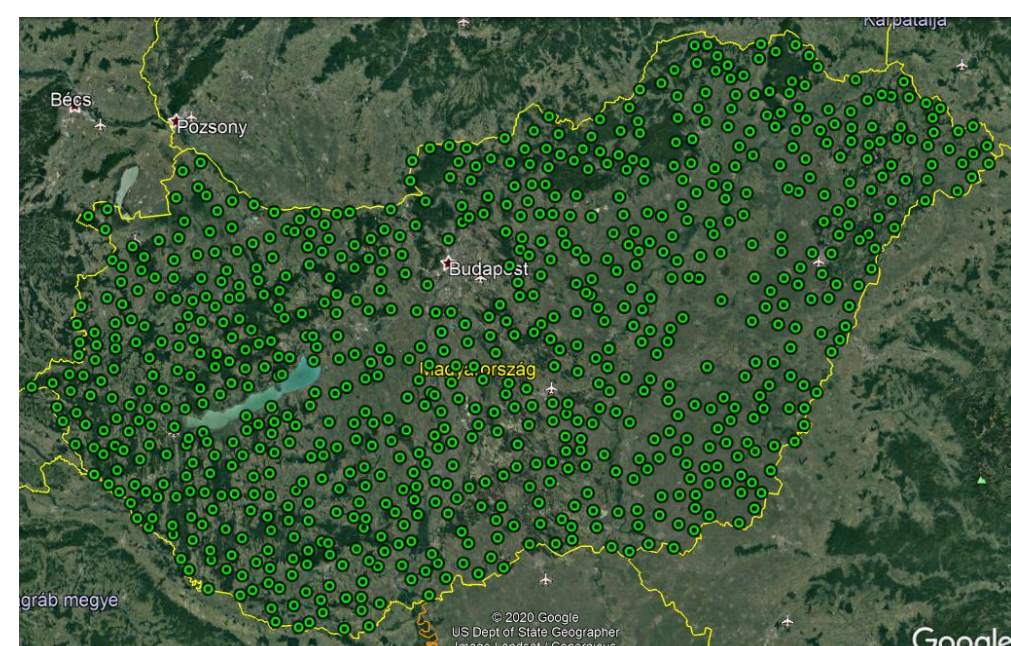
## Bevezetés



Magyarországon 2018 májusában indult el az országos jégkárenyhítő rendszer a Nemzeti Agrárgazdasági Kamara (NAK) működtetésében. A rendszert az Országos Meteorológiai Szolgálat látja el meteorológiai információkkal, ami leegyszerűsítve a jégeső előrejelzését jelenti. A NAK részére nyújtott előrejelzési információ kétlépcsős: egyrészt készül egy rövidtávú prognózis (figyelmeztető előrejelzés) 6/12/24 órás időtávra, ami járási szinten adja meg, hogy az adott területen és időszakban várható-e jégeső vagy sem; másrészt egy ultrarövid-távú előrejelzést (riasztást) bocsátunk ki szintén járási szinten, ami a következő néhány órában bekövetkező jégeső valószínűségét adja meg három valószínűségi kategóriában: 1-30 % (citrom fokozat), 30-60 % (narancs fokozat), 60 % felett (piros fokozat). A jégesőt produkáló légköri objektumok, a zivatarfelhők detektálása és követése alapvetően radarmérésekkel történik, emellett országosan mintegy 770 helyről érkeznek szisztematikus jégészlelések a NAK által működtetett megfigyelői hálózatból. Az előrejelzés első közelítésben a zivatar előrejelzését jelenti, ezt követi annak eldöntése, hogy a zivatarban kialakul-e jégeső (azaz megjelennek-e jégzemek a felszínen). Az előrejelzés kiértékelésénél (verifikáció) a már említett mérési/megfigyelési információkat alkalmazzuk. A kutatási/fejlesztési eljárások jelenleg a jégesőt produkáló/nem produkáló zivatarok elkülönítésére irányulnak - az előrejelzési és detektálási szegmensben egyaránt. Az eredményeket fokozatosan építjük be az előrejelzési gyakorlatba.

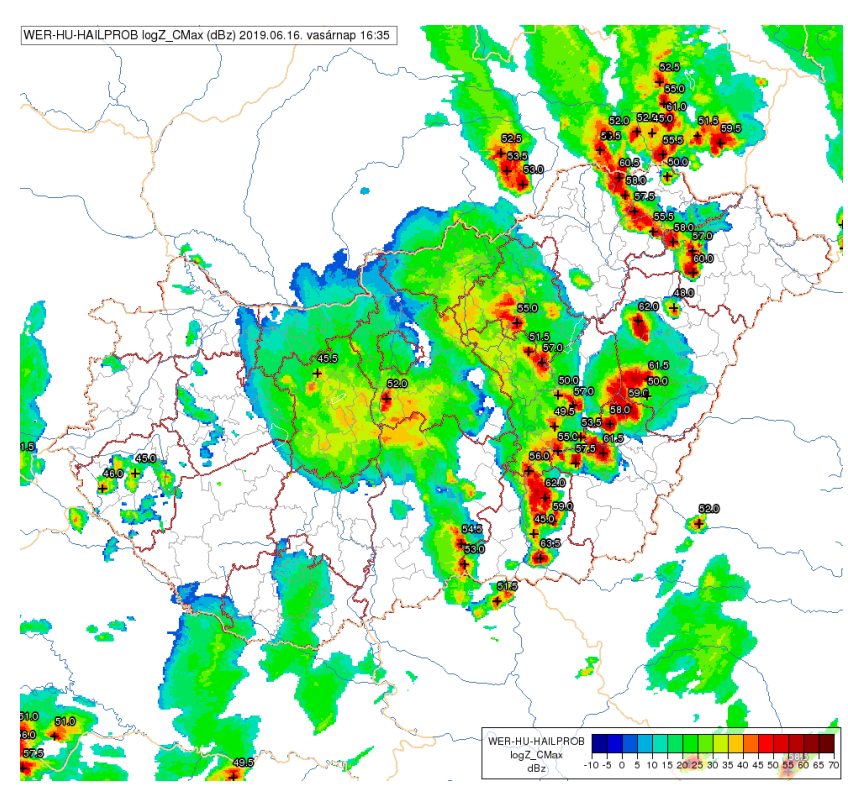
## Detektálás

771 jégészlelő pont  
 2019-2020 időszakban 676 db észlelés

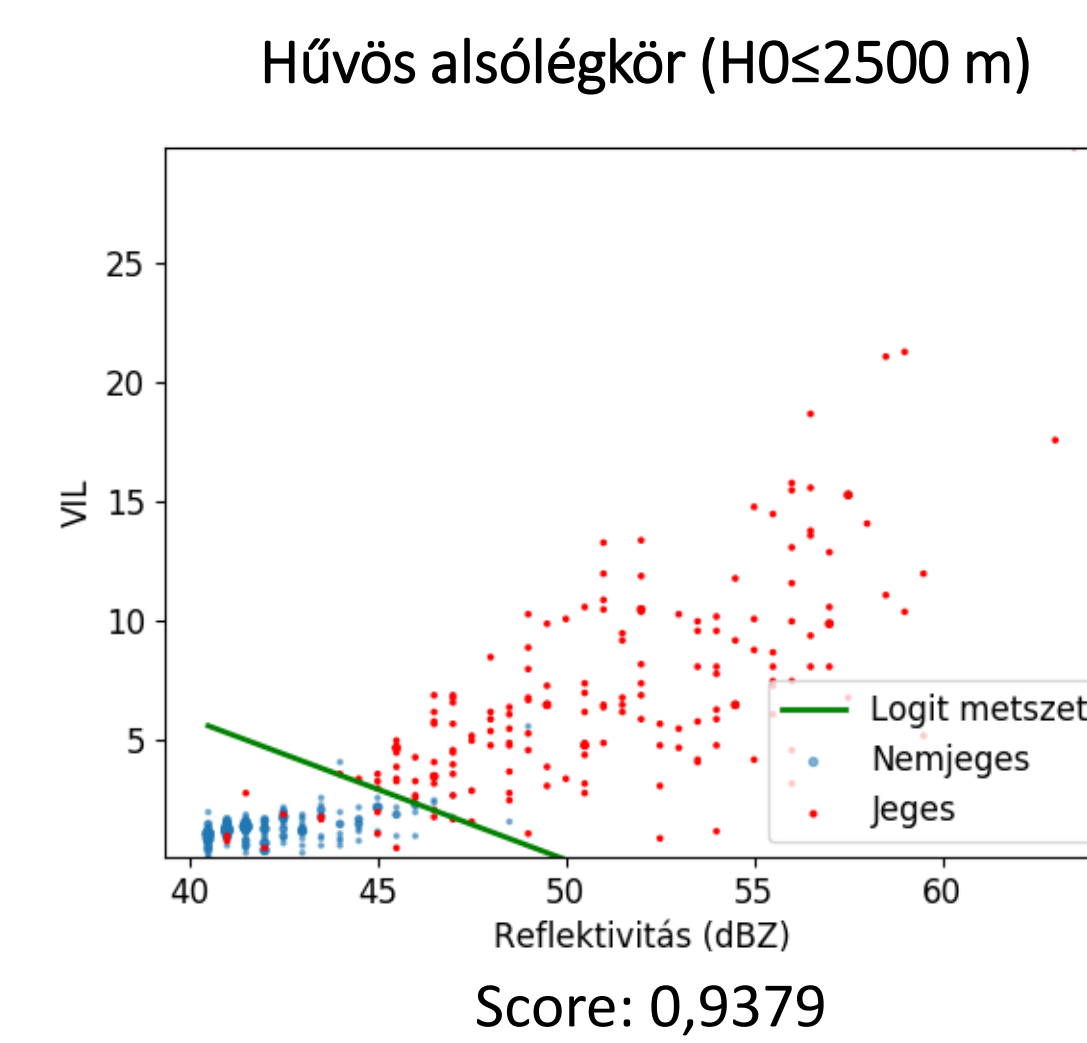
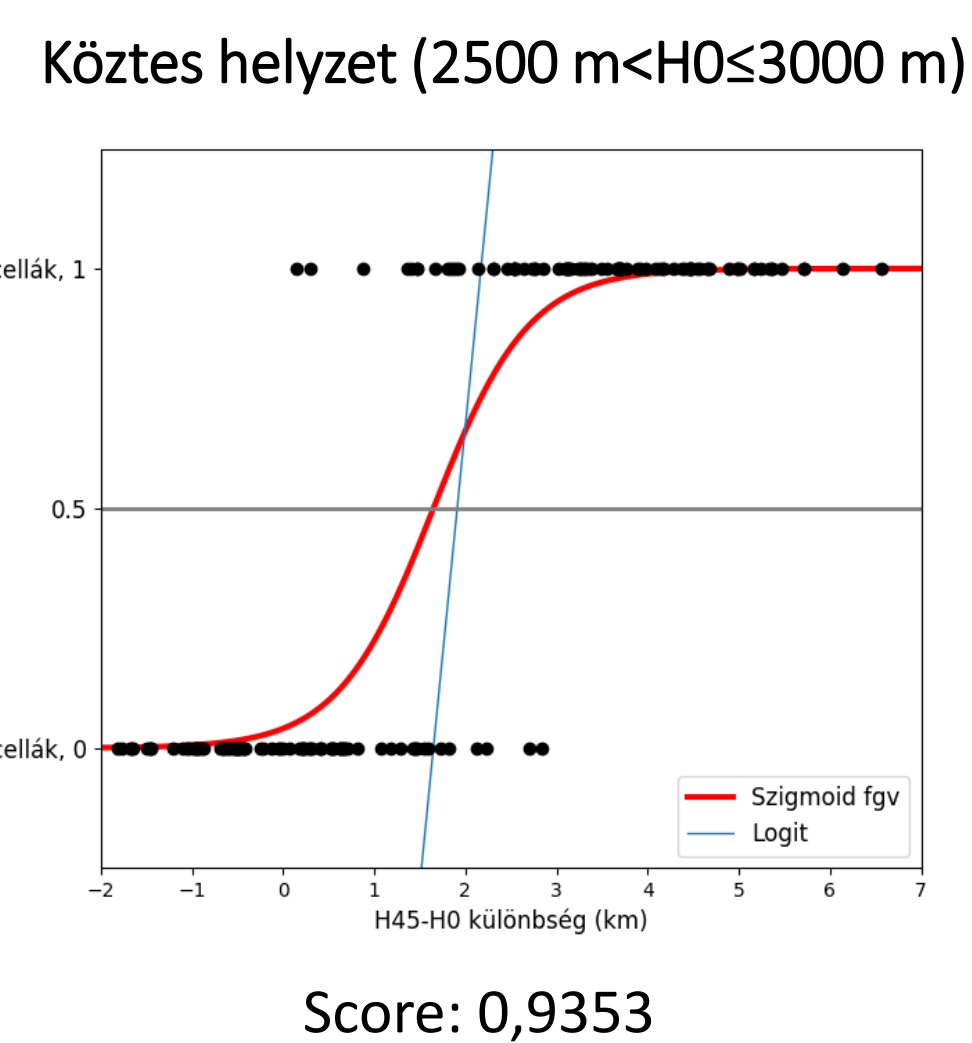
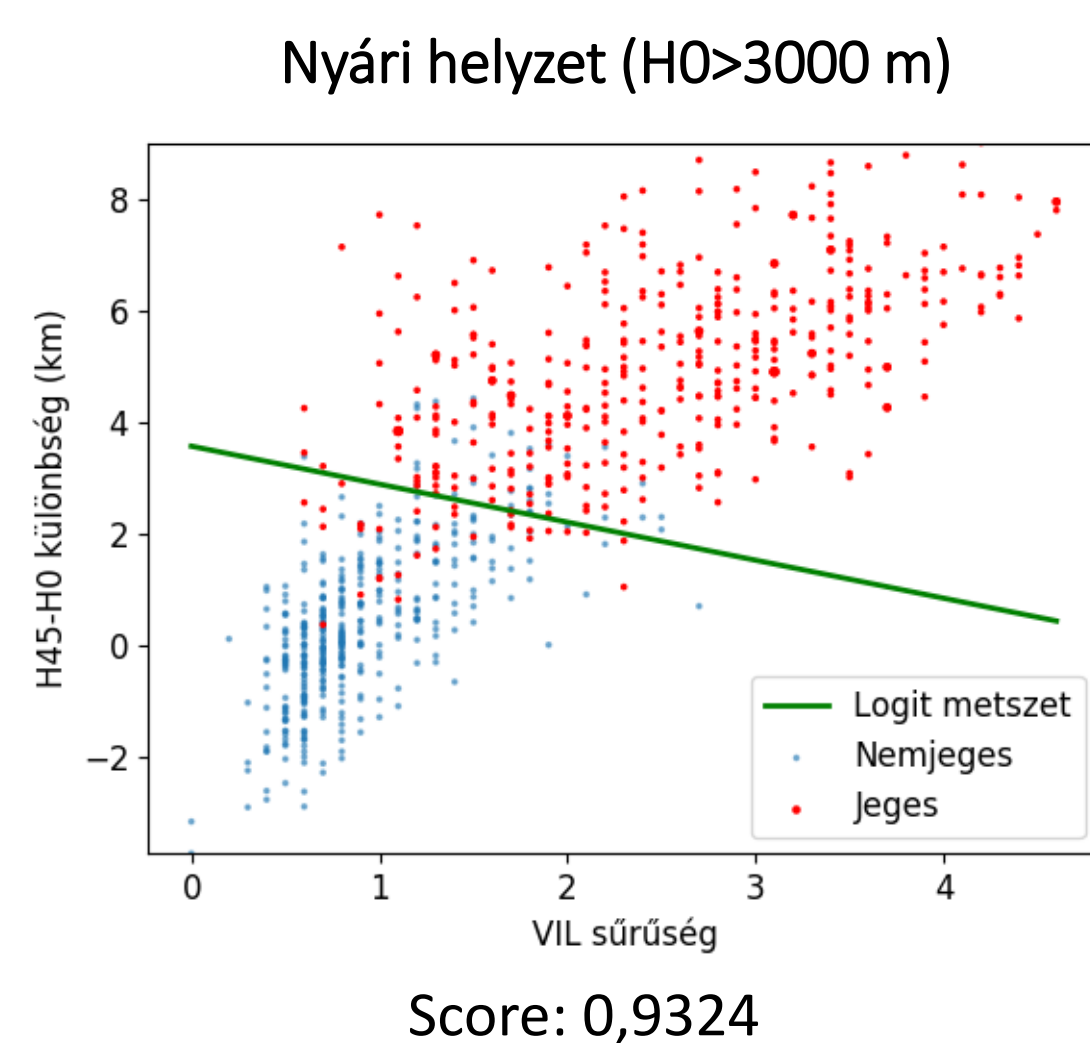


Az észlelőpontok fölött elhaladó cellák radaros tulajdonságait megvizsgáltuk a jégészlelés idején (jeges pontok), illetve abban az esetben is, amikor jég nem hullott (nemjeges pontok), de áthaladt egy legalább 40 dBZ-s cella a pont fölött. A kétféle ponthalmazra egy egyszerű *machine learning* módszerrel (logisztikus regresszió) kerestük az elválasztó pontot, azaz küszöbértéket (egyparaméteres esetben), illetve egyenest (kétparaméteres esetben). Az alsólégkör hőmérséklete alapján elkülönítettünk nyári ( $H_0 > 3000$  m, ahol  $H_0$  a 0 fok magassága), köztes ( $2500 \text{ m} < H_0 \leq 3000$  m), illetve hűvös légkörös helyzetet ( $H_0 \leq 2500$  m). A legmagasabb score-ral rendelkező paramétert (-párost) választottuk ki a jeges-nemjeges esetek szétválasztására.

5 perces radarmérések (1 km-es felbontás, 16 vertikális szint)

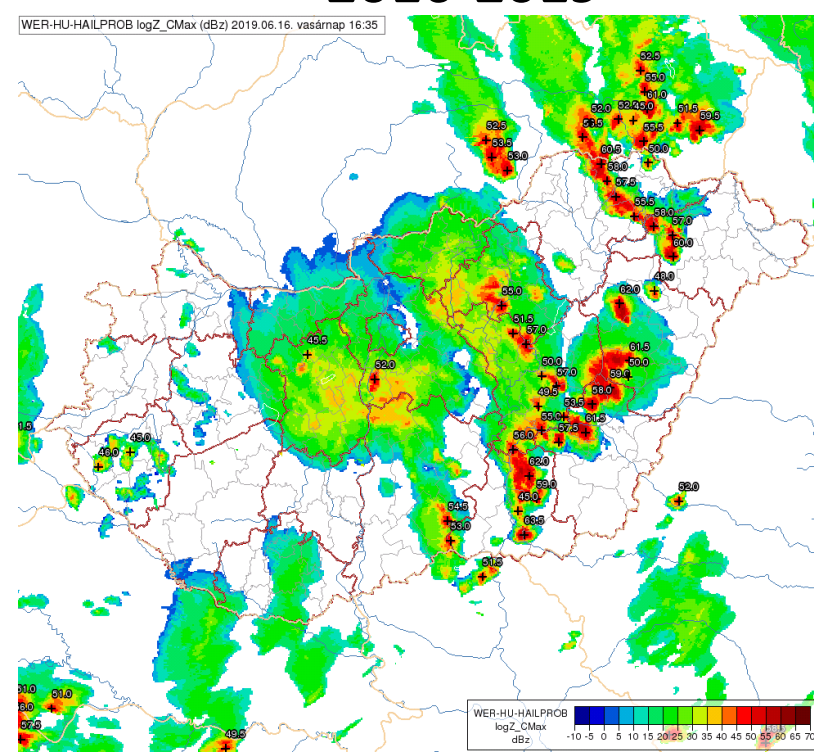


Logisztikus regresszió (egy és kétváltozós)



Vizsgált mennyiségek: cMax, VIL, VIL sűrűség, H45-H0

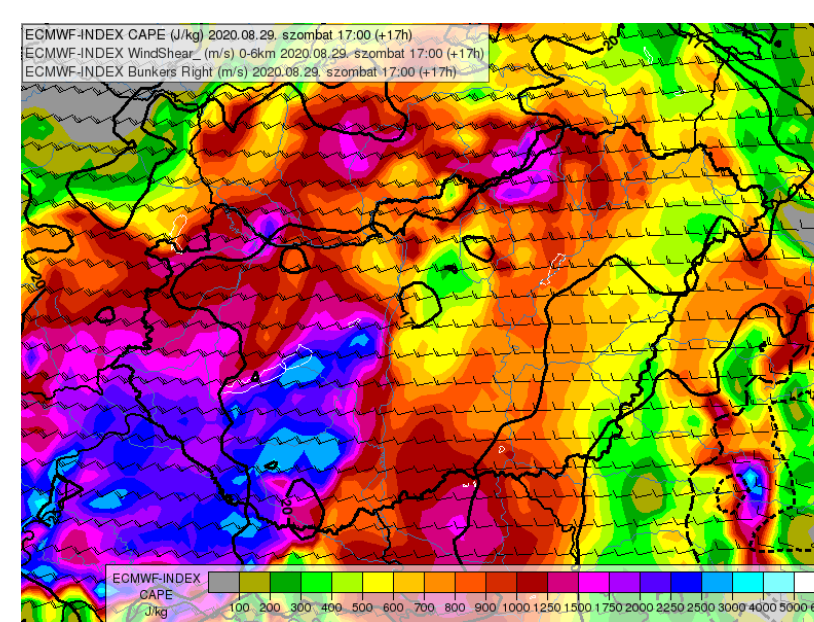
5 perces radarmérések (felbontás 1 km, 16 vertikális szint) 2016-2019



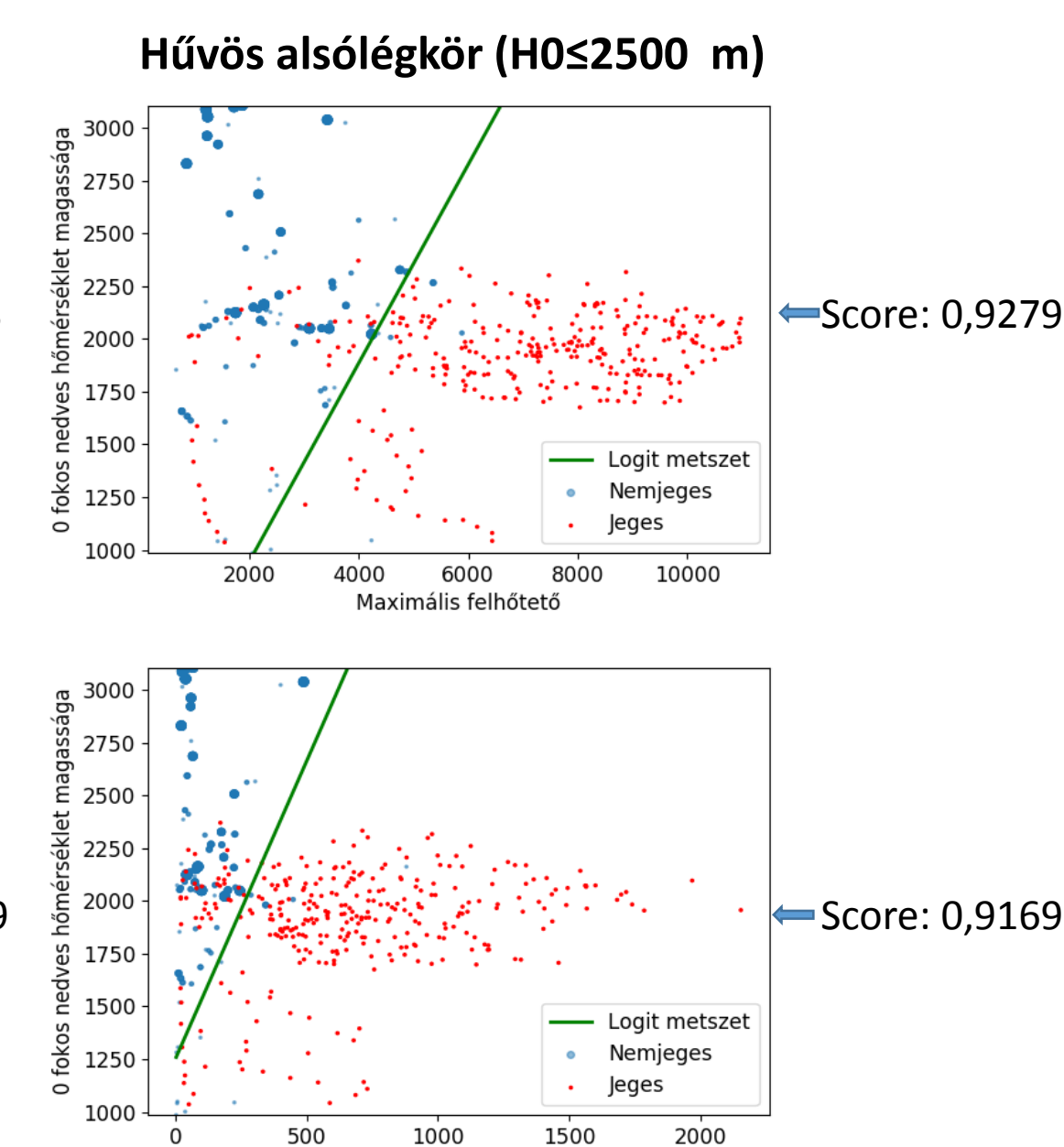
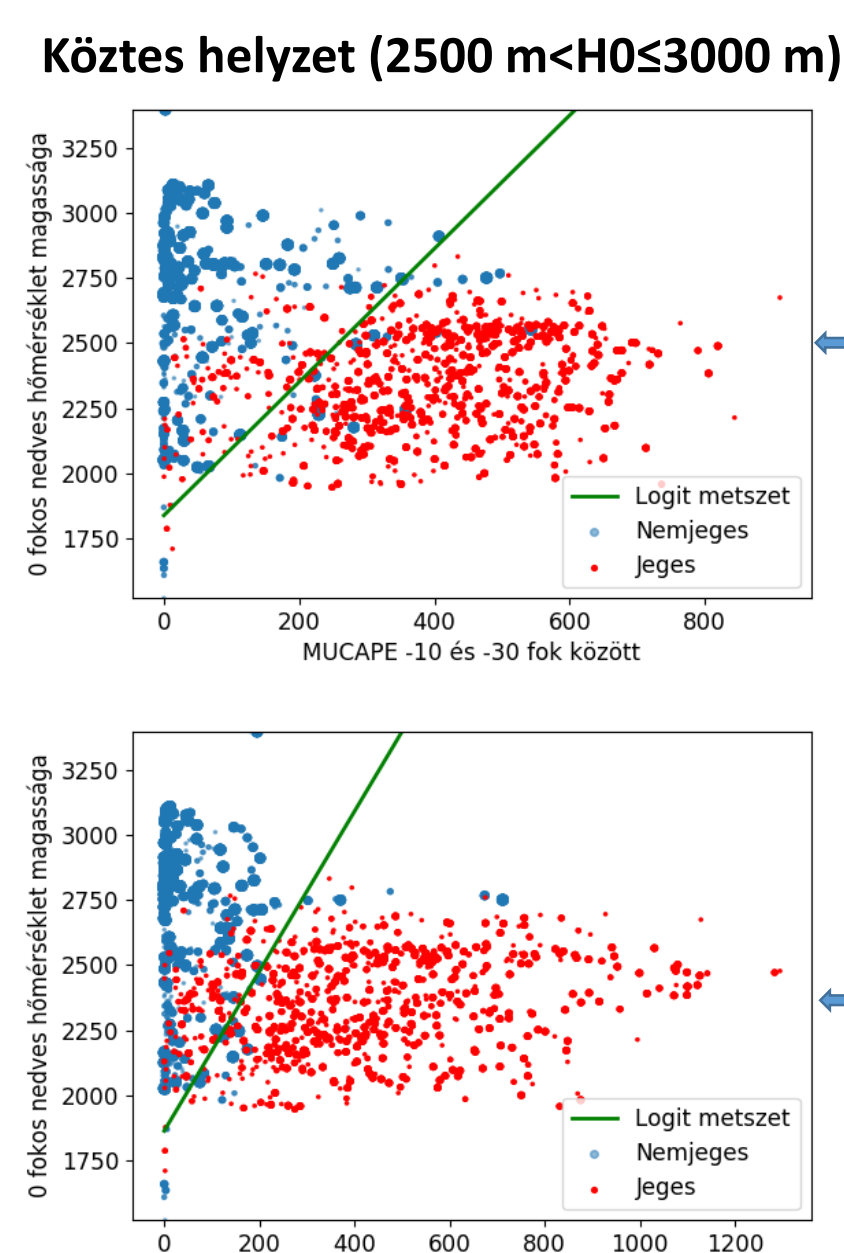
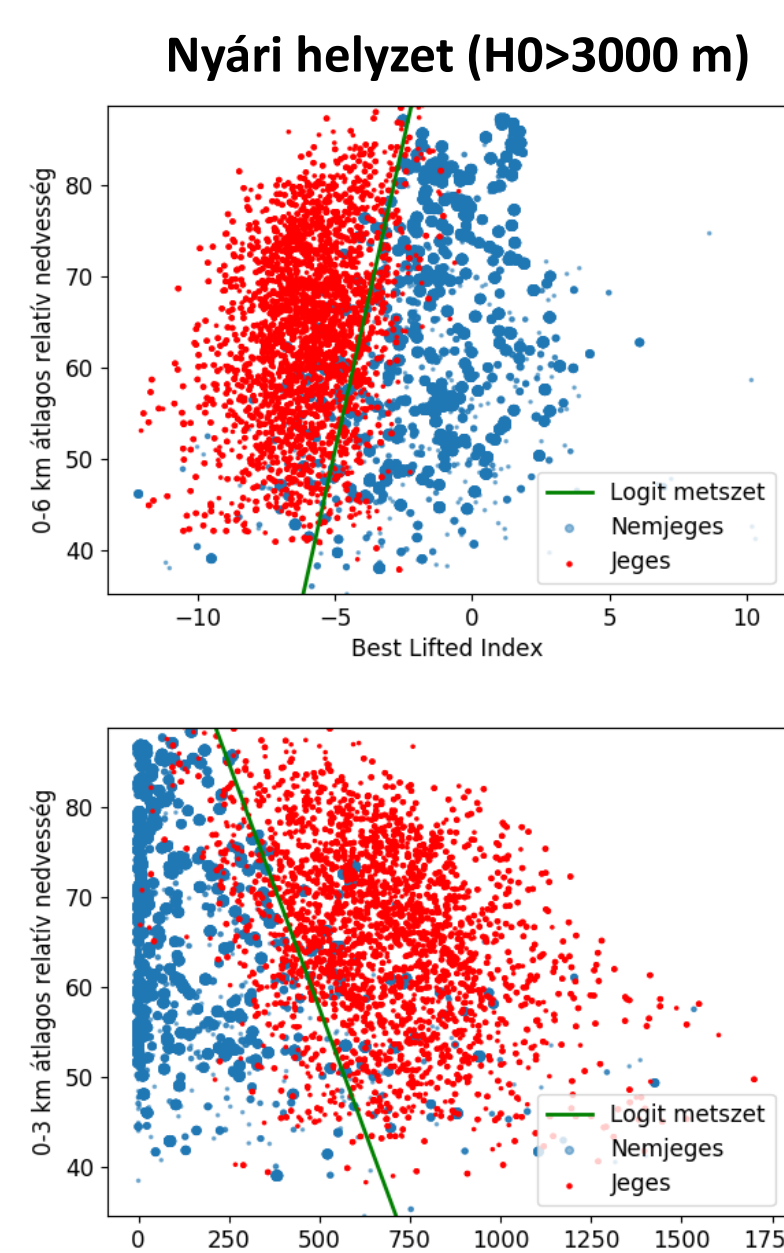
## Előrejelzés

A radarmérések és jégészlelések összevetéséből megállapított jeges kritériumok alapján 2016-2019 nyári időszakában azonosítottuk a jégesős zivatarokat, amelyek környezetében megvizsgáltuk az ECMWF 0,1 fokos horizontális felbontású előrejelzési mezőiből származtatott különféle labilitási, szélnyírási, nedvességi (ún. konvektív) paraméterek értékét. Ugyanezeket az értékeket előállítottuk a kritériumok alapján nem jeges, de 40 dBZ fölötti oszlopmaximum reflektivitású cellák esetében is. A kapott két adathalmaz között logisztikus regresszióval kerestünk megfelelő elválasztó küszöböt az adott paraméterre, illetve paraméterpárosokra is. A jeges/nem-jeges esetek elválasztására a legmagasabb score-ral rendelkező paramétereket/paraméterpárosokat választottuk ki.

ECMWF alapmezőkből saját algoritmussal származtatott konvektív paraméterek (2016-2019)

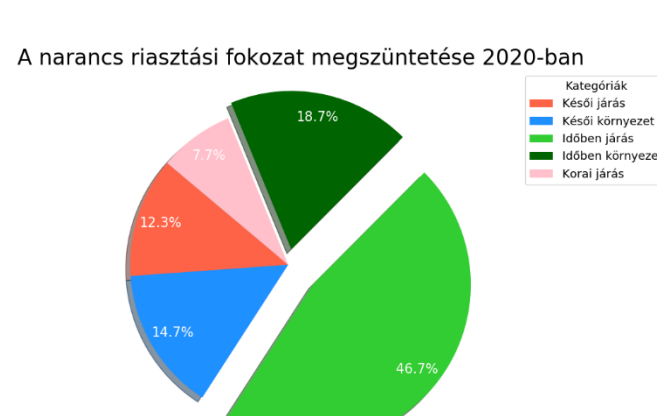
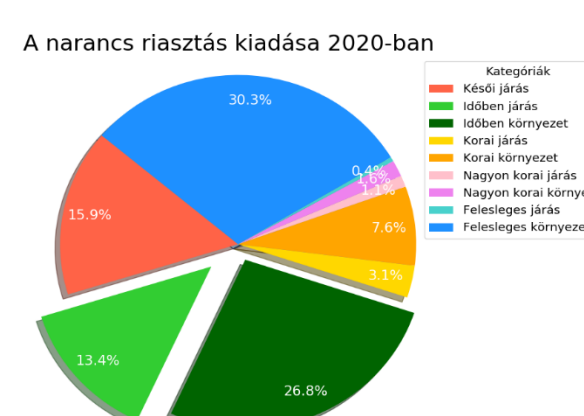


Logisztikus regresszió (egy és kétváltozós)



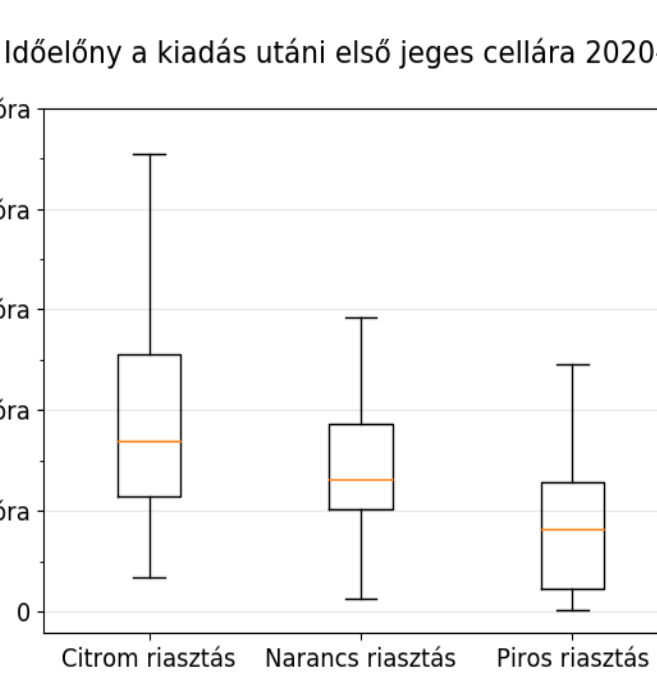
SBCAPE, MUCAPE, MLCAPE, Thompson Index, Delta ThetaE, 0-3 és 0-6 km-es átlagos relatív nedvesség, 0-6 km-es szélnyírás stb.

## Verifikáció



A radaros detektálásra támaszkodva kifejlesztettünk egy komplex eljárást a riasztások bevalásának kiértékelésére: egyrészt számszerűen és statisztikai diagramok segítségével is értékeljük a riasztások kiadásának időelőnyét, a riasztások fenntartási idejének indokoltságát (a riasztási fokozat megszüntetése/levétele), továbbá a riasztási kategóriák megfelelőségét is. Az előrejelzések térbeli bizonytalanságát megengedve a kiértékelésnél figyelembe vettük a jégeső előfordulását az adott járás környezetében is (ami egy 40 km-es sugarú kör a járás középpontja körül). A kiadott riasztások értékelésénél a főbb kategóriák:

Riasztás fokozat	Fokozat megnevezése	Beváltás hatékonysága	Elméleti hatékonyság	Kiadott riasztások darabszáma
0	Zöld riasztás a járásban	96,9 %	> 90 %	14776
1	Citromsárga riasztás a járásban	11,7 %	< 30 %	21078
2	Narancssárga riasztás a járásban	25,5 %		
3	Piros riasztás a járásban	39,8 %	30 – 60 %	10481
összesen	Narancssárga riasztás	52 %		
3	Piros riasztás a járásban	64,7 %	> 60 %	1457
3	Piros riasztás összesen	70 %		



- Időben kiadott: a kiadást követően a 2-4 órás időszakban detektáltunk jégesőt az adott járásban és/vagy annak környezetében
- Későn kiadott: a kiadást követően 2 órán belül detektáltunk jégesőt az adott járásban és/vagy annak környezetében
- Korai riasztás: a kiadást követően 4-6 órában detektáltunk jégesőt az adott járásban és/vagy annak környezetében
- Nagyon korai riasztás: a kiadást követően 6 órán túl detektáltunk jégesőt, de a jégeső esemény a riasztás levétele előtt következett be
- Felesleges riasztás: kiadást követő első jégeső esemény a kiadás után több, mint 6 órával, a riasztás levételénél jelenik meg, illetve ha egyáltalán nem volt jég a riasztás levételéig, illetve az azt követő 3 órában.