

SZÉLSŐSÉGES KLÍMASZITUÁCIÓ HATÁSÁNAK VIZSGÁLATA IPOLY MENTI PANNON, LEGELTETETT HOMOKI GYEPEKBEN

TURCSÁNYI-JÁRDI Ildikó, S.-FALUSI Eszter, PENKSZA Károly

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Növénytermesztés Tudományok Intézete,
Növénytan Tanszék
2100 Gödöllő, Páter K. u. 1. e-mail: ildikojardi@gmail.com

Kulcsszavak: Sentinel-2A, szélsőséges klímaszituáció, NDVI, MNDVI, élőhely változás

Összefoglalás: A globális éghajlatváltozás Magyarország területén is megfigyelhető szélsőségeket eredményez. Jelen tanulmány ennek példáját elemzi az Ipoly-menti gyepterületeket egy 5 évet felölelő vizsgálata útján – ezen belül főként két szélsőséges klimatikus év tavaszi aspektusát hasonlítjuk össze és ennek hatását a tájhasználati szempontból meghatározó legelők vonatkozásában. A műholdfelvételek térhódítása és gyors fejlődése teszi lehetővé az élőhelyek minél pontosabb elemzését és a változások nyomon követését is, amit ezen tanulmányban is alkalmaztunk – a Sentinel-2A műhold adatainak felhasználásával. A műholdképeknek köszönhetően kvantilis információkat szerezhetünk, amelyek segítenek a vegetációs aktivitás kimutatásában – NDVI (Normalizált Vegetációs Index) –, míg a talajfelszínhez közeli rétegek víztelítettségének kimutatásához az MNDVI (Módosított Normalizált Víz Index) indexeket használtuk. A kutatásban a 2017 és 2022 közötti időszakot vizsgáltuk, melyből kiemelhető a 2020-as és a 2021-es, mint szélsőséges két év, aminek a tavaszi állapotát elemeztük részletesen. A műhold adatokat terepi, klasszikus kvadrát módszer felvételeivel egészítettük ki, illetve eredményeivel vettük össze. A vizsgált periódus alatt a csapadék mennyisége jelentősen eltért: 2021 volt a legszárazabb, míg a 2022-es év volt a legcsapadékosabb. A műholdképek alapján szélsőséges klímahatását detektáltuk az Ipoly-mentén található homoki gyepekben. A különböző, mintázott vegetáció egységekben, a mintapontok NDVI és MNDVI adatai között eltérés tapasztalható a vizsgált években, melyek összefüggést mutatnak a növényzetben megjelenő változásokkal. Az alkalmazott indexek a természetes gyepek, homoki gyepek esetében is jól alkalmazhatóak voltak, továbbá az eltérések is kivehetővé, követhetővé váltak. Ezzel párhuzamosan a cönológiai felvételek adatai alapján a vegetációban bekövetkezett változások szintén jól indikálták a környezeti változást, elsősorban a nedvességi viszonyokat.

Bevezetés

Az elmúlt pár évtizedben jelentős(ebb) szélsőségek figyelhetők meg Európa klímájában is, ami a globális éghajlatváltozás következményének tudható be (IPCC 2014). Ennek köszönhetően az aszályok és az árvizek rendszertelen váltakozása nyomon követhető a Kárpát-medence területén is (Bartholy et al. 2009, 2014), ahol a 19. század kezdetétől a vizes élőhelyek kiterjedése jelentősen lecsökkent (Čížková-Končalová et al. 2013). A folyók árterei és a szomszédságukban található nedves élőhelyek – melyek természetvédelmi szempontból kiemelkedőek – egyre inkább ki vannak téve a szélsőséges klímahatásnak (Capon et al. 2013). Az ártéri területek a klimatikus hatások miatt még inkább kitéttek az inváziós fajok terjedésével szemben (Schmotzer 2008, Fűri 2000, Fűri és Kelemen 1997), valamint a földhasználatban bekövetkezett változások is súlyosbítják ezen problémát (Mosner et al. 2015, Penksza et al. 2012, Járdi et al. 2021, T-Járdi et al. 2022).

Az Ipoly, Magyarország egyik legutolsó olyan folyója, mely a vízrendezés által kevésbé érintett, ezen kívül az egész Ipoly-völgy területe törvényileg védett oltalmat élvez, emellett különleges madárvédelmi (HUDI10008) és különleges élőhelyvédelmi irányelvnek (HUDI20026) megfelelő terület, valamint Ramsari terület (Fodor és Gálosi-Kovács 2019, Brow et al. 2018). Bár az Ipoly lineáris elhelyezkedésű, az Ipoly-völgy területén mozaikos élőhelyekkel tarkított, mely a természetes, szabályozástól mentes folyónak köszönhető (Penksza et al. 2012). A talaj nedvességtartalma és a vegetáció heterogenitása közötti összefüggést már más vízfolyás mentén is kimutatták a Pannon régióban (Mjazovszky et al. 2007). A talajvízben bekövetkezett változások egyértelműen befolyásolják a növényzettípusok térbeli elrendezését (Verrasztó 2010, Járdi et al. 2021). A mezőgazdaság térhódításával a legelők nagy részét lecsapolták és felszántották (Nagy és Déri 2008), így ez a terület ideális kutatási helyszínt nyújt a természetes élőhely változásainak detektálásához.

Az Ipoly-mente ártéri élőhelyei érzékenyséjük miatt gyorsan reagálnak a különböző környezeti változásokra, ami megfelel a mintaterület kiválasztásához támasztott elvárásnak (Borhidi 2003, Penksza et al. 2012, Mosner et al. 2015).

A pannon gyepek nem csak gazdasági, hanem jelentős biológiai sokféleségük miatt természetvédelmi szempontból is értékesek, hosszú távú megőrzésük azonban rendszeres természetvédelmi kezelést igényel (Deák et al. 2016, 2021, Valkó et al. 2018, 2021, 2022, Csontos et al. 2022, Szentes et al. 2012a, 2012b, 2022). A rendszeres, de alacsony intenzitású legeltetés és kaszálás támogathatja a gyepek fenntartását (Poschlod et al. 2002, Valkó et al. 2018, Szentes et al. 2007, 2009a, 2009b) – megfelelő kezeléssel megakadályozható az inváziós növényfajok dominanciája, függetlenül attól, hogy őshonos vagy nem őshonos fajról van-e szó (Fülöp et al. 2021, Bajor et al. 2016). A megfelelő legeltetési nyomás állandóan alacsony szintű zavarást biztosíthat, ami az inváziós fajok növekedésének megakadályozásához és a magas fajdiverzitás megőrzéséhez szükséges (Házi et al. 2009, 2012, 2013, 2022, Valkó et al. 2018, Herczeg et al. 2005, Valkó és Deák 2021). A jelen vizsgálatban különösen a homoki gyepek kerültek előtérbe, amelyek vegtációjával kapcsolatban új eredmények is születtek az elmúlt években (Penksza et al. 2019a, 2020, 2021a, 2021b). A homoki területek kezelésére vonatkozóan a legeltetés vagy kaszálás kérdéskörében is több dolgozat született (Ónodi et al. 2008, Kiss et al. 2011, Kiss és Penksza 2018), akárcsak a területek talajtani kutatásával kapcsolatosan, amely a különböző vegtáció típusok közötti különbségeket vizsgálta (Szabó et al. 2017). A homoki területek inváziós fajainak fennmaradásáról Pándi és munkatársai (2014) közölnek adatokat, míg a homoki gyepek restaurációjáról több dolgozat született és igazolta, hogy jól lehet restaurálni (Csecserics et al. 2011, 2016, Czóbel et al. 2012., Reis et al. 2022).

A vizsgált gyepekben a pázsíffajok szerepe gyepegzdkodási (Tasi 2007) és cönológia szempontból is jelentős (Borhidi et al. 2012). A domináns nemzetségek közül kiemelkedő a *Festuca* genus, amely a pannon gyepek meghatározó és jellegzetes fajokat foglal magában (Szentes et al. 2009a, 2009b, 2022). A homoki gyepek meghatározó faja a *Festuca vaginata* vagy a *Festuca pseudovaginata* (Szabó et al. 2017a, 2017b, Penksza 2003, 2019, Penksza et al. 2019, 2021), amely fajok a jelen vizsgálati területen hiányoztak –

domináns fajként a *Festuca rupicola* vagy a rokon *Festuca javorkae* (Penksza 2000a, 2000b, 2009, 2019, Markgraf-Dannenberg 1980) van jelen.

A vizsgálat során a következő kérdések megválaszolását tűztük ki célul:

- A vizsgált 5 év alatt (2017–2022) kimutatható-e szélsőséges klimatikus hatás?
- Ebben az időszakban vannak-e kiemelendően szélsőséges évek?
- Az élőhely átalakulása és változás esetén megfigyelhető-e, hogy pontosan milyen fajokat és élőhelyeket érint ez leginkább?

Így összességében: célunk bemutatni a szélsőséges klímaszituációk vegetációra gyakorolt hatását legeltetett gyepekben.

Anyag és módszer

Vizsgálati terület lehatárolása

A vizsgálati terület Magyarország északi részén, az Ipoly folyó bal partján helyezkedik el Dejtár és Patak község között, összesen egy mintegy 3,35 km² szakaszon, amelynek elhelyezkedését a 1. ábra szemlélteti.

A gyepterületek kiválasztása során olyan reprezentatív térszíneket különítettünk el, melyek bemutatják a területi sajátosságokat, továbbá érzékenységük miatt jól reagálnak a mikroklimatikus változásokra.

Összesen 5 mintaterületet különítettünk el (1. ábra mutat).

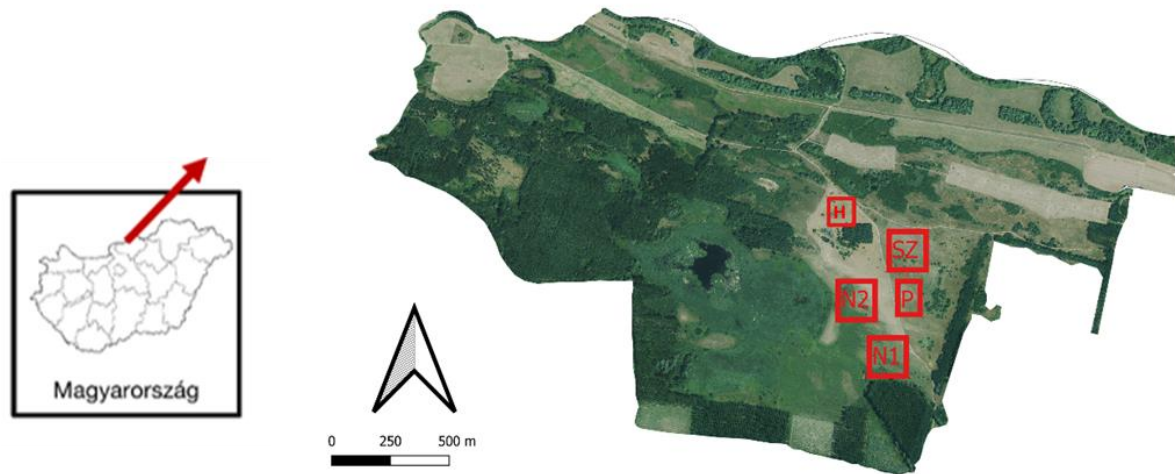
Az első területen (H): mészkerülő homoki gyep, ezüstperjével (*Corynephorus canescens*). Az ezüstperje gyep cönológia besorolása: *Thymo serpylli-Festucetum pseudovinae* Borhidi 1958.

A 2. és a 3. mintaterület N1 és N2 jelzéssel került bemutatásra: közös jellemzőjük, hogy 10 évvel ezelőtt kaszálóként hasznosították mindkettőt, majd húsmarhával (Charolais) legeltetik 10 éve. A fő különbségük, hogy az N1 terület üdebb terület, míg az N2-es terület szárazabb élőhely. Cönológiai besorolása: *Cynodonti-Poetum angustifolae* Rapaics ex Soó 1957. A mezofilabb típusban (N1) a réti ecsetpázsit (*Alopecurus pratensis*), a csomós ebír (*Dactylis glomerata*), a franciaperje (*Arrhenatherum elatius*) és a tarackos tippán (*Agrostis stolonifera*) válik dominánssá, valamint a hegyi rétekre jellemző cérna tippán (*Agrostis tenuis*) is megtalálható. A szárazabb állományában a közönséges tarackbúza (*Elymus repens*) lesz domináns gyepalkotó faj, valamint az intenzív legeltetés eredményeként a csillagpázsit (*Cynodon dactylon*) is gyakori.

A 4. mintaterület: az SZ-szel jelzett terület magasabb térszínén kb. 20 éve magyar szürke szarvasmarhával legeltetnek. A terület kevésbé igénybevett területén sztyepprét található, ami a homoki sztyepprét (*Salvio-nemorosae-Festucetosum rupicolae* Zólyomi ex Soó 1964) társulásba sorolható.

Az 5. mintaterület (P): a magyar szürke szarvasmarhák pihenőhelyeként használják, ez a terület a degradációnak leginkább kitett a vizsgált mintaterületek közül. Cönológia besorolása: *Cynodonti-Poetum angustifolae* Rapaics ex Soó 1957.

A cönológiai felvételezés 2×2 méteres kvadrátokat alkalmazva, Braun-Blanquet (1964) módszere alapján a borítási értékeket feljegyezve történt. A fajnevek Király (2009), illetve Engloner és munkatársainak (2001) nómenklatúráját követik.



1. ábra. A vizsgálat terület. Az elkülönített gyepek mintaterületek (N1- üdebb homoki gyepek, N2- száraz homoki gyepek, SZ- szarvasmarha legelő, P- szarvasmarha pihenő, H- *Corynephorus canescens* dominált száraz homoki gyepek) [FF/268/1/2019., dr. Nagy Levente, 2019.03.29. Készült az állami alapadatok felhasználásával, Marosi és Somogyi (1990) munkája alapján]

Figure 1. Location of the grassland areas within the study area (N1- semi-wet sandy grassland, N2- dry sandy grassland 2, SZ- cattle pasture, P- cattle resting place, H- dry sandy grassland dominated by *Corynephorus canescens*) [FF/268/1/2019. Dr. Levente Nagy, 29/03/2019.

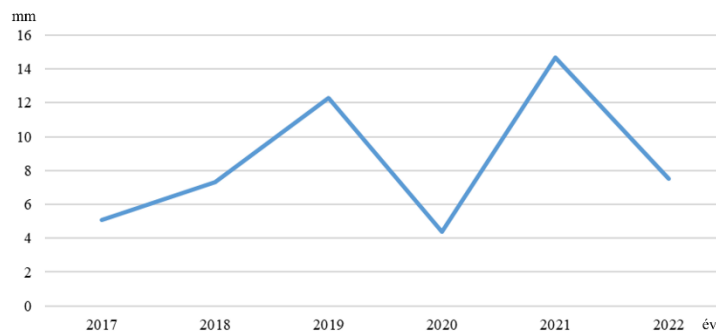
Prepared using state basic data, based on the work of Marosi and Somogyi (1990)]

Az élőhelyek és műholdképek vizsgálata 7 különböző évben történt. Az OMSZ információi alapján a vizsgálati területhez legközelebb eső, Tésa mérőállomás elérhető, a vizsgált időszakot megelőző 10 napi adatainak alapján számítottuk.

A vizsgált területeken kézi GPS használata mellett cönológiai megfigyelés történt, továbbá ezt kiegészítve, a Sentinel-2A adatokból generált Normalizált Vegetációs Index (NDVI) és Módosított Normalizált Vízkülönbség Index (MNDVI) értékeket számoltunk – vizsgálati területenként 20 ponton. A térbeli információk képi megjelenítését a QGIS 3.20.3. szoftver tette lehetővé. Az adatok kiértékelésében a Past Statisztikai Softver segítségével matrix plotot készítettünk, mely a felhasznált adatmátrix kétdimenziós diagramja. Az értékeket korrelációt alkalmazva, például kék–piros színskála segítségével szemlélteti a módszer.

Eredmények

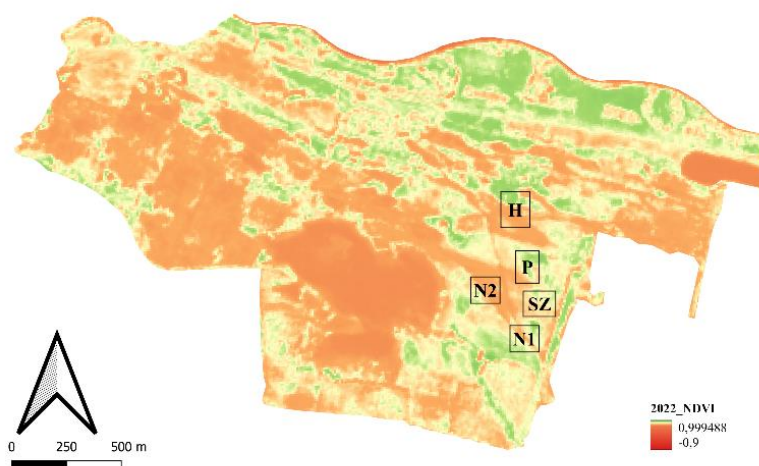
A meteorológiai adatokat figyelembe véve (2. ábra) elmondható, hogy a 2017-es és a 2022-es évek esetében vizsgált 10 napos periódusokban kevés csapadék hullott a kutatási területre. A 2018-as és a 2020-as években a csapadék mennyisége nagyobb volt, összességében legkevesebb a 2022-es évben, legtöbb pedig a 2021-es évben volt a csapadék a vizsgált periódus alatt.



2. ábra. A felvételezést megelőző 10 nap csapadék összege (mm) az OMSZ adatai alapján (Tésa mérőállomás)

Figure 2. Amount of precipitation (mm) for the 10 days prior to the recording based on OMSZ data (Tésa measuring station)

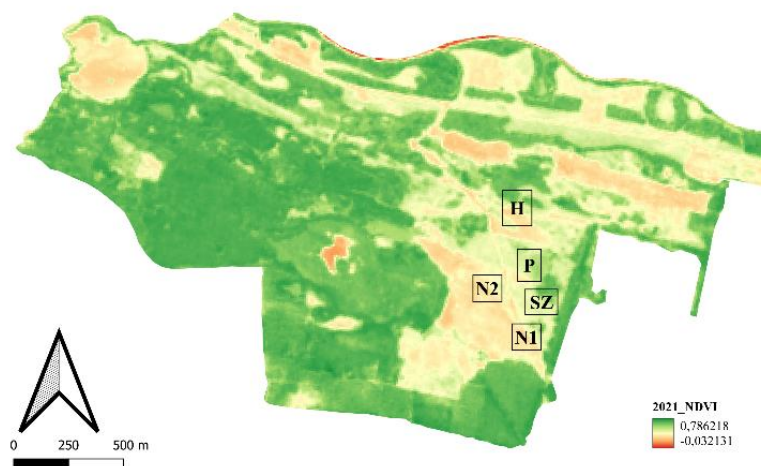
A vegetáció indexek alapján történő összehasonlítást tehát az utóbbi két év tavaszán végeztük el. Az NDVI vegetációs index színezésénél zöld–piros színskálát használtunk, ahol a pixelek minél magasabb értéke a magasabb a biológiai aktivitást mutatja (3–4. ábra). Ennek megfelelően jól látható, hogy a legszárazabb, 2022-es évben 0,3 alatti NDVI értékeket figyelhetünk meg (3. ábra).



3. ábra. A vizsgálati terület és a mintaterületek NDVI értékek szerint színezve a 2022-es vizsgálati évben

Figure 3. The study area and the sample areas colored according to NDVI values in the study year 2022

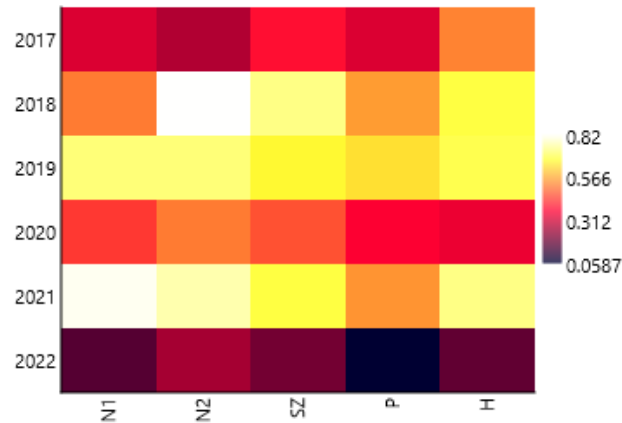
Míg a nedvesebb években, magasabb, 0,5-ös és főleg a 2021-es év tavaszán (4. ábra) a legmagasabb 0,8-as NDVI érték volt megfigyelhető. A cönológiai adatok alapján a vizsgált kvadrátokban csökkent a szárazabb években egyébként nagyobb arányban megjelenő kúszó szárú és a tőlevélrózsás fajok aránya. A *Fetuca* fajok közül a *Fetuca rupicola* nagyobb mennyiségben fordult elő, azonban a *Festuca pseudovina*, a *Carex liparicarpos* és az *Equisetum ramosissimum* jelentek meg magasabb arányban – a szárazabb évekhez viszonyítva.



4. ábra A vizsgálati terület és a mintaterületek NDVI értékek szerint színezve a 2021-es vizsgálati évben

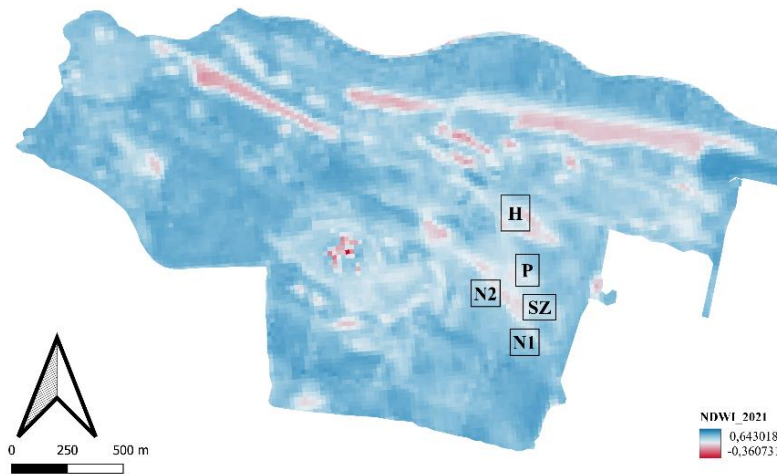
Figure 4. The study area and sample areas colored according to NDVI values in the study year 2021

A mátrix plot (5. ábra) eredményei is igazolják, hogy a 2022-es volt a leginkább szárazságnak kitett év, itt volt tapasztalható a legalacsonyabb növényi aktivitás. Ezen kívül alacsony biológiai aktivitás figyelhető meg a 2017-es és a 2020-as évek vizsgált periódusaiban is. Szignifikáns eltérés tapasztalható egyes mintaterületek esetében is: a legalacsonyabb növényi borítás a leginkább degradált területen, a szarvasmarhák pihenőterületén volt megfigyelhető (P), amit a műholdadatokból generált NDVI eredmények is alátámasztanak. A *Corynephorus canescens* által dominált terület is jól elkülöníthető a többi vizsgált területtől.



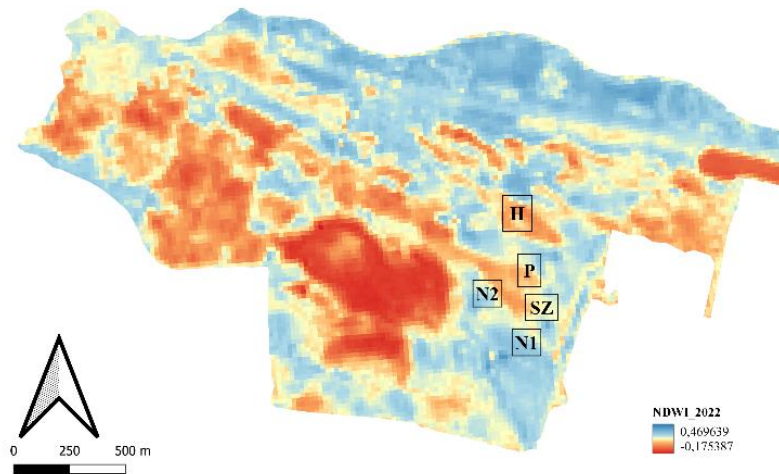
5. ábra. A mintaterületek NDVI értékei évek szerinti bontásban matrixploton
 Figure 5. NDVI values of the sample areas by years on a matrix plot

A Normalizált Víz Indexet (NDVI) leginkább az aszály kimutatására használják, a magas érték (kék szín) a magas növényi víztartalmat jelzi, míg az alacsony érték (pirossal jelzett pixelek) az alacsony növényi víztartalomnak felelnek meg – itt kell kiemelni, hogy a vízstressz is mutathat alacsonyabb NDVI értéket. A 2021-es NDVI értékek szerint színezett műholdképen (6. ábra) azt tapasztaltuk, hogy a homoki terület (H) egyes kvadrátjai a leginkább kitettek a szárazságnak – szintén megfigyelhető a 2022-es (7. ábra) felvételen.



6. ábra. A vizsgálati terület és a mintaterületek NDVI értékek szerint színezve a 2021-es vizsgálati évben

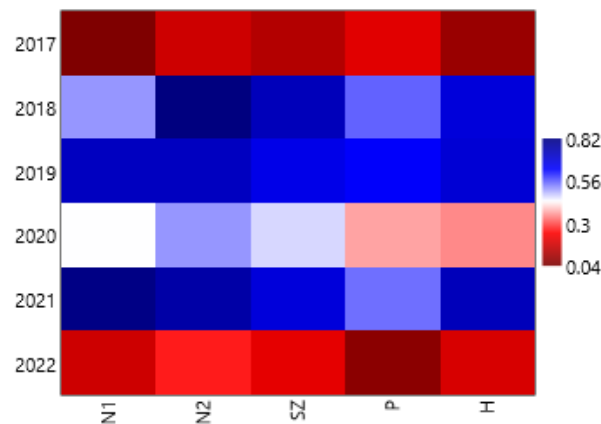
Figure 6. The study area and the sample areas colored according to NDVI values in the study year 2021



7. ábra. A vizsgálati terület és a mintaterületek NDVI értékek szerint színezve a 2022-es vizsgálati évben

Figure 7. The study area and the sample areas colored according to NDVI values in the study year 2022

A mátrix plot eredményei is alátámasztják a megfigyelést, miszerint a vizsgált intervallumban 2017, 2020 és 2022 bizonyultak a legszárazabb éveknek – a többi évhez viszonyítva (8. ábra). A 2017-es és a 2022-es év különösen kiemelkedett mind a cönológiai megfigyelés, mind az NDVI pixeladatai alapján is – a pihenő (P), *Corynephorus canescens* által dominált terület, valamint a 10 éve legeltetett száraz terület (N1) kvadrájtjai bizonyultak a leginkább aszályal sújtottnak.



8. ábra. A mintaterületek NDVI értékei évek szerinti bontásban mátrix ploton

Figure 8. NDVI values of the sample areas by years on a matrix plot

A vegetációban megjelenő változások eredménye

Általánosságban jellemző volt, hogy a cönológiai felmérés során a fajok és a borítási értékeik követték a klimatikus eltéréseket. A 2022-es – legszárazabb vizsgált évben – a vegetáció minden vizsgált részén megnövekedett a szárazságtűrő fajok aránya, amelyek főként a következők voltak: *Agropyron repens*, *Koeleria cristata*, *Festuca*

pseudovina, *Cynodon dactylon*. A homoki sztyeppréten a *Stypa borysthenica* borítási értéke is jelentősebb lett. Ezzel egyidőben a kisebb biomassza miatt a legeltetési nyomás nagyobb volt és így a tölevélrózsás, valamint a kúszó szárú növények aránya is nagyobb lett. A csillagpázsit (*Cynodon dactylon*) nagyarányú elterjedése is ehhez kapcsolódik, továbbá megnőtt a fehér here (*Trifolium repens*) mennyisége is. A tölevélrózsás fajok közül pedig a lándzsás útifű (*Plantago lanceolata*) mennyisége nőtt meg, duplázódott. A szúrós fajok mennyisége is megnőtt: tövises iglice (*Ononis spinosa*) és mezei iringó (*Eryngium campestre*).

Értékelés

Az Ipoly-völgy dejtári rész élőhelyfoltjainak a megjelenése, mozaikossága azt igazolja, a térszín nagyon érzékeny a vízellátásra, a domborzatra és a talaj kémhatására, amit a jelen vizsgálat során generált Normalizált Vegetációs Index (NDVI) és Módosított Normalizált Vízkülönbőség Indexet (MNDVI) adatainak térképi megjelenítése is jól igazol. A mélyebben fekvő térszínen összefüggő, zömmel hazai élőhelyekre is jellemző komplex foltok jelennek meg (Malatinszky et al. 2013, Penksza et al. 2012, Járdi et al. 2021). A mélyedésekben nedves, mocsári, lápi vagy vízhez kötött vegetációfoltok alakulnak ki, ami általánosságban is (Körner 1998, Courtwright és Findlay 2011, Bátori et al. 2014) jellemző, de a Kárpát-medence központi területére különösen. A vízszint állása ezért is fontos – változatos és fajgazdag vegetáció megjelenéshez vezet (Tölgyesi et al. 2014, Erdős et al. 2014, 2017, Bátori et al. 2014, Szabó et al. 2011a, 2011b). A jelen vizsgálat azonban azt is megerősíti, hogy a magasabban fekvő, homoki gyepek vegetációjában is jól kimutathatók változások.

A Sentinel-2A műhold adatai potenciális lehetőséget rejtenek a természetes élőhelyek térképezése szempontjából (Bekkema 2018, Kaplan 2017, Majasalmi és Rautiainen 2016, Veloso et al. 2017, Beck et al. 2007). Megfigyeléseink alapján látható, hogy azon egyes élőhelyfoltokon belül, amelyek ugyan az élőhelytérképezés során viszonylag egységes foltként különülnek el (Járdi et al. 2021, 2022), részletesebb elemzésre és változások pontosabb nyomon követésére is alkalmasak (Burai et al. 2016).

Köszönetnyilvánítás

A munkát az Innovációs és Technológiai Minisztérium által kitüntetett Felsőoktatási Intézményi Kiválósági Program (NKFIH-1159-6/2019), valamint az OTKA K-125423 támogatta.

Irodalom

- Bajor Z., Zimmermann Z., Szabó G., Fehér Zs., Járdi I., Lampert R., Kerény-Nagy V., Penksza P., L. Szabó Zs., Székely Zs., Wichmann B., Penksza K. 2016: Effect of conservation management practices on sand grassland vegetation in Budapest, Hungary. *Applied Ecology and Environmental Research* 14(3): 233–247. DOI: [10.15666/aeer/1403_233247](https://doi.org/10.15666/aeer/1403_233247)
- Bartholy, J., Pongrácz, R., Pieczka, I., 2014: How the climate will change in this century? *Hungarian Geographical Bulletin* 63: 55–67. DOI: [10.15201/hungeobull.63.1.5](https://doi.org/10.15201/hungeobull.63.1.5)
- Bartholy, J., Pongrácz, R., Torma, Cs., Pieczka, I., Kardos, P., Hunyady, A. 2009: Analysis of regional climate change modelling experiments for the Carpathian basin. *International Journal of Global Warming* 1: 238–252. DOI: [10.1504/IJGW.2009.027092](https://doi.org/10.1504/IJGW.2009.027092)
- Bátori Z., Farkas T., Erdős L., Tölgyesi Cs., Körmöczy L., Vojtkó A. 2014: A comparison of the vegetation of forested and non-forested solution dolines in Hungary: a preliminary study. *Biologia* 69(10): 1339–1348. DOI: [10.2478/s11756-014-0430-4](https://doi.org/10.2478/s11756-014-0430-4)
- Beck, P.S.A., Jönsson, P., Høgda, K.-A., Karlsen, S.R., Eklundh, L., Skidmore, A.K. 2007: A ground-validated NDVI dataset for monitoring vegetation dynamics and mapping phenology in Fennoscandia and the Kola peninsula. *International Journal of Remote Sensing* 28: 4311–4330. DOI: [10.1080/01431160701241936](https://doi.org/10.1080/01431160701241936)
- Bekkema, M.E. 2017: The potential of Sentinel-2 data for detecting grassland management intensity to support monitoring of meadow bird populations. Master thesis, UNIGIS, VU Amsterdam. DOI: [10.1553/giscience2018_01_s194](https://doi.org/10.1553/giscience2018_01_s194)
- Borhidi A. 2003: Magyarország növénytársulásai. Akadémiai Kiadó, Budapest. p. 610.
- Borhidi, A., Kevey, B., Lendvai, G. 2012: Plant communities of Hungary. Akadémiai Kiadó, Budapest. p. 544.
- Brow, A.G., Lespez, L., Sear, D.A., Macaire, J., Houben, P., Klimek, K., Brazier, R.E., Van Oost, K., Pears, B. 2018: Natural vs. anthropogenic streams in Europe: History, ecology and implications for restoration, river-rewilding and riverine ecosystem services. *Earth-Science Reviews* 180: 185–205. DOI: [10.1016/j.earscirev.2018.02.001](https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2018.02.001)
- Čížková-Končalová, H., Květ, J., Comín, F., Laiho, R., Pokorný, J., Pithart, D. 2013: Actual state of European wetlands and their possible future in the context of global climate change. *Aquatic Sciences*. 75: 1–24. DOI: [10.1007/s00027-011-0233-4](https://doi.org/10.1007/s00027-011-0233-4)
- Courtwright, J., Findlay, S.E.G. 2011: Effects of microtopography on hydrology, physicochemistry, and vegetation in a tidal swamp of the Hudson River. *Wetlands* 31: 239–249. DOI: [10.1007/s13157-011-0156-9](https://doi.org/10.1007/s13157-011-0156-9)
- Czóbel Sz., Pap K., Huszti E., Szirmai O., Pándi I., Németh Z., Vikár D., Penksza K. 2012: Nyílt homokpusztagyep társulás magászóras technikával történt kialakításának előzetes eredményei ex situ körülmények között. *Természetvédelmi Közlemények* 18: 127–138.
- Csontos, P., Tamás, J., Kovács, Zs., Schellenberger, J., Penksza, K., Szili-Kovács, T., Kalapos, T. 2022: Vegetation dynamics in a loess grassland: plant traits indicate stability based on species presence, but directional change when cover is considered. *Plants-Basel* 11(6): 763. DOI: [10.3390/plants11060763](https://doi.org/10.3390/plants11060763)
- Deák, B., Bede, Á., Rádai, Z., Tóthmérész, B., Török, P., Torma, A., Lőrinczi, G., Nagy, A., Mizser, S., Kelemen, A., Valkó, O. 2021: Different extinction debts among plants and arthropods after loss of grassland amount and connectivity. *Biological Conservation* 264: 109372. DOI: [10.1016/j.biocon.2021.109372](https://doi.org/10.1016/j.biocon.2021.109372)
- Deák, B., Valkó, O., Török, P., Tóthmérész, B. 2016: Factors threatening grassland specialist plants – A multi-proxy study on the vegetation of isolated grasslands. *Biological Conservation* 204(B): 255–262. DOI: [10.1016/j.biocon.2016.10.023](https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.10.023)
- Engloner A., Penksza K., Szerdahelyi T. 2001: A hajtásos növények ismerete. Egyetemi és Főiskolai tankönyv. Nemzeti tankönyvkiadó, Budapest. p. 268.

- Erdős, L., Bátor, Z., Penksza, K., Dénes, A., Kevey, B., Kevey, D., Magnes, M., Sengl, P., Tölgyesi, Cs. 2017: Can naturalness indicator values reveal habitat degradation? A test of four methodological approaches. *Polish Journal of Ecology* 65(1): 1–13. DOI: [10.3161/15052249PJE2017.65.1.001](https://doi.org/10.3161/15052249PJE2017.65.1.001)
- Erdős, L., Tölgyesi, Cs., Horzse, M., Tolnay, D., Hurton, Á., Schulcz, N., Körmöczi, L., Lengyel, A., Bátor, Z. 2014: Habitat complexity of the Pannonian forest-steppe zone and its nature conservation implications. *Ecological Complexity* 17: 107–118. DOI: [10.1016/j.ecocom.2013.11.004](https://doi.org/10.1016/j.ecocom.2013.11.004)
- Fodor I., Gálosi-Kovács B. 2019: A Kárpát-medence határokön átnyúló természeti értékei Tiszteletkötet Nagy Imre 65. születésnapja alkalmából. Regionális Tudományi Társaság, Szabadka. pp. 39–51.
- Fülöp, B., Pacsai, B., Bódis, J. 2021: Minor treatments can play a significant role in preserving natural habitats and protected species on the shore of a Central European lake. *Agronomy* 11(8): 1540–1552. DOI: [10.3390/agronomy11081540](https://doi.org/10.3390/agronomy11081540)
- Füri A. 2000: Három nagy táj ölelkezése. A Duna–Ipoly Nemzeti Park. In: Tardy J. (szerk.): Értékkörző Magyarország. Nemzeti parkok, világörökség. Természetbúvár Alapítvány Kiadó, Budapest. pp. 132–133.
- Füri A., Kelemen Z. 1997: A Duna–Ipoly Nemzeti Park létesítése. *Természet* 11(4): 415.
- Házi, J., Bartha, S., Szentes, Sz. Wichmann, B., Penksza, K. 2013: Seminatúrális grassland management by long-term mowing of *Calamagrostis epigejos* in western Cserhát, Hungary (Management sekundärer Trockenrasen durch Langzeit-Mahd von *Calamagrostis epigejos* im westlichen Cserhát, Ungarn). In: Baumbach, H. (ed.): Steppenlebens-räume Europas. Steppenlebensräume Europas – Gefährdung, Erhaltungsmaßnahmen und Schutz. pp. 331–340.
- Házi J., Nagy A., Szentes Sz., Tamás J., Penksza K. 2009: Adatok a siska nádtippán (*Calamagrostis epigeios*) (L.) Roth. Cönológiai viszonyaihoz Dél-tiszántúli gyepekben. *Tájökológiai Lapok* 7(2): 1–13.
- Házi, J., Penksza, K., Barcsi, A., Szentes, S., Pápay, G. 2022: Effects of long-term mowing on biomass composition in Pannonian dry grasslands. *Agronomy* 12(5): 1107. DOI: [10.3390/agronomy12051107](https://doi.org/10.3390/agronomy12051107)
- Házi, J., Penksza, K., Bartha, S., Hufnagel, L., Tóth, A., Gyuricza Cs., Szentes, Sz. 2012: Cut mowing and grazing effects with grey cattle on plant species composition in case of Pannon wet grasslands. *Applied Ecology and Environmental Research* 10(3): 223–231. DOI: [10.15666/aeer/1003_223231](https://doi.org/10.15666/aeer/1003_223231)
- Herczeg E., Pottyondy Á., Penksza K. 2005: Cönológiai vizsgálatok eltérő gazdálkodású dél-tiszántúli löszgyepekben. *Tájökológiai Lapok* 3(1): 1–12.
- IPCC 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri, R.K., Meyer, L.A. (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland. p. 151.
- Járdi, I., Saláta, D., S.-Falusi, E., Stilling, F., Pápay, G., Zachar, Z., Falvai, D., Csontos, P., Péter, N., Penksza, K. 2021: Habitat mosaics of sand steppes and forest-steppes in the Ipoly valley in Hungary. *Forests* 12(2): 135. DOI: [10.3390/f12020135](https://doi.org/10.3390/f12020135)
- Kaplan, G. 2017: Mapping and Monitoring Wetlands Using Sentinel 2 Satellite Imagery. Available online: <https://pdfs.semanticscholar.org/a101/515a9d639c896364cec0b589172af3649717.pdf> (letöltve: 2017.10.15.)
- Király G. (szerk.) 2009: Új Magyar Fűvészkönyv. Magyarország Hajtásos Növényei. Határozókulcsok. Aggteleki Nemzeti Park Igazgatóság, Jósvaló. pp. 3–456.
- Kiss, T., Lévai, P., Ferencz, Á., Szentes, Sz., Hufnagel, L., Nagy, A., Balogh, Á., Pintér, O., Saláta, D., Házi, J., Tóth, A., Wichmann, B., Penksza, K. 2011: Change of composition and diversity of species and grassland management between different grazing intensity in Pannonian dry and wet grasslands. *Applied Ecology and Environmental Research* 9(3): 197–230.
- Kiss T., Penksza K. 2018: A legeltetés hosszú távú hatása kiskunsági füves pusztákon. *Természetvédelmi Közlemények* 24: 104–113.
- Körner, C. 1998: A reassessment of high-elevation treeline positions and their explanation. *Oecologia* 115: 445–459. DOI: [10.1007/s004420050540](https://doi.org/10.1007/s004420050540)

- Majasalmi, T., Rautiainen, M. 2016: The potential of Sentinel-2 data for estimating biophysical variables in a boreal forest: A simulation study. *Remote Sensing Letters* 7(5): 427–436. DOI: [10.1080/2150704X.2016.1149251](https://doi.org/10.1080/2150704X.2016.1149251)
- Malatinszky, Á., Ádám, S., Falusi, E., Saláta, D., Penksza, K. 2013: Climate change related land user problems in protected wetlands: A study in a seriously affected Hungarian area. *Climate Change* 118: 671–683. DOI: [10.1007/s10584-012-0689-9](https://doi.org/10.1007/s10584-012-0689-9)
- Markgraf-Dannenbergh, I. 1980: 'Festuca L.'. In: Tutin, T.G., Heywood, V.H., Burges, N.A., Moore, D.M., Valentine, D.H., Walters, S.M., Webb, D.A. (eds.): *Flora Europaea*. Cambridge University Press, Cambridge, Volume 5. pp. 125–153.
- Mjazovszky Á., Csontos P., Tamás J. 2007: A patakkísérő növényzet vizsgálata négy hazai táj viszonylatában. *Botanikai Közlemények* 94: 45–55.
- Mosner, E., Weber, A., Carambia, M., Nilson, E., Schmitz, U., Zelle, B., Donath, T., Horchler, P. 2015: Climate change and floodplain vegetation—future prospects for riparian habitat availability along the Rhine River. *Ecological Engineering* 82: 493–511. DOI: [10.1016/j.ecoleng.2015.05.013](https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2015.05.013)
- Nagy G., Déri E., Lengyel, S. 2008: Irányelvek a pannon száraz lösz- és szikespuszta gyepek rekonstrukciójához és természetvédelmi szempontú kezeléséhez. Hortobágyi Nemzeti Park Igazgatóság, Debrecen. p. 57.
- Ónodi, G., Kertész, M., Botta-Dukát, Z., Altbäcker, V. 2008: Grazing effects on vegetation composition and on spread of fire on open sand grasslands. *Arid Land Research and Management* 22: 273–285. DOI: [10.1080/15324980802388223](https://doi.org/10.1080/15324980802388223)
- Pándi, I., Penksza, K., Botta-Dukát, Z., Kröel-Dulay, Gy. 2014: People move but cultivated plants stay: abandoned farmsteads support the persistence and spread of alien plants. *Biodiversity and Conservation* 23(5): 1289–1302. DOI: [10.1007/s10531-014-0665-y](https://doi.org/10.1007/s10531-014-0665-y)
- Penksza, K. 2000a: Die Koerrektur der histologischen Beschreibung von *Festuca javorkae* von Májovszky im Jahre 1962, und Angaben zum Vorkommen der Art in Ungarn. *Ber. Inst. Landsch.-Pflanz. Univ. Hohenh.* 10: 49–54.
- Penksza K. 2000b: A *Festuca javorkae* Májovský és a *Festuca wagneri* Degen, Thaisz et Flatt jellemzése és a *Festuca ovina* csoport határozókulcsa. *Kitaibelia* 5: 275–278.
- Penksza, K. 2003: *Festuca pseudovaginata*, a new species from sandy areas of the Carpathian basin. *Acta Botanica Hungarica* 45: 356–372.
- Penksza K. 2009: Poaceae – Pázsitfűvek nemzetségeinek határozókulcsa. *Festuca* – Csenkeszek, *Lolium* – Vadóc, *Festulolium* – Korcsvadóc. In: Király G. (szerk.): *Új magyar fűvészkönyv*. pp. 498–509.
- Penksza K. 2019: Kiegészítések a hazai *Festuca* taxonok ismeretéhez I. A *Festuca psammophila* series *Festuca vaginata* alakkörei). *Botanikai Közlemények* 106(1): 65–70.
- Penksza, K., Csík, A., Filep, A.F., Saláta, D., Pápay, G., Kovács, L., Varga, K., Pauk, J., Lantos, C., Lisztes-Szabó, Z. 2020: Possibilities of speciation in the central sandy steppe, woody steppe area of the Carpathian Basin through the example of *Festuca* taxa. *Forests* 11(12): 1325–1327. DOI: [10.3390/f11121325](https://doi.org/10.3390/f11121325)
- Penksza, K., Csontos, P., Pápay, G. 2021a: Syntaxonomical analysis of sandy grassland vegetation dominated by *Festuca vaginata* and *F. pseudovaginata* in the Pannonian Basin. *Hacquetia* 20(1): 217–224. DOI: [10.2478/hacq-2021-0001](https://doi.org/10.2478/hacq-2021-0001)
- Penksza, K., Fűrész, A., Lisztes-Szabó, Zs., Penksza, V., Vojnich, V.J., Pápay, G. 2019b: Óshonos, kertészeti vagy inváziós *Festuca* taxonok a magyar flórában (*Festuca brevipila* és a *F. rubra* subsp. *trichopylla*) *Georgikon Napok* pp. 314–322.
- Penksza, K., Nagy, A., Laborczi, A., Pintér, B., Házi, J. 2012: Wet habitats along River Ipoly (Hungary) in 2000 (extremely dry) and 2010 (extremely wet). *Journal of Maps* 8(2):157–164. DOI: [10.1080/17445647.2012.680777](https://doi.org/10.1080/17445647.2012.680777)
- Penksza, K., Saláta, D., Pápay, G., Péter, N., Bajor, Z., Lisztes-Szabó, Zs., Fűrész, A., Fuchs, M., Michéli E. 2021b: Do sandy grasslands along the Danube in the Carpathian Basin preserve the memory of forest-steppes? *Forests* 12(2): 114. DOI: [10.3390/f12020114](https://doi.org/10.3390/f12020114)

- Penksza, K., Szabó, G., Zimmermann, Z., Lisztes-Szabó, Zs., Pápay, G., Járdi, I., Fűrész, A., S.-Falusi, E. 2019a: The taxonomic problems of the *Festuca vaginata* agg. and their coenosystematic aspects. *Georgikon for Agriculture* 23(3): 63–76.
- Poschlod, P., Wallis de Vries, M.F. 2002: The historical and socioeconomic perspective of calcareous grasslands – lessons from the distant and recent past. *Biological Conservation* 104(3): 361–376. DOI: [10.1016/S0006-3207\(01\)00201-4](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(01)00201-4)
- Reis, B.P., Szitár, K., Kövendi-Jakó, A., Török, K., Sáradi, N., Csákvári, E., Halassy, M. 2022: The long-term effect of initial restoration intervention, landscape composition, and time on the progress of Pannonic sand grassland restoration. *Landscape and Ecological Engineering* 18: 429–440. DOI: [10.1007/s11355-022-00512-y](https://doi.org/10.1007/s11355-022-00512-y)
- Schmotzer A. 2008: Az Ipoly Balassagyarmat és Drégelypalánk közti szakaszának élőhelyterképezése és védett növényfajainak felmérése. Kutatási jelentés. Duna–Ipoly Nemzeti Park Igazgatóság, Budapest. p. 30.
- Szabó G., Zimmermann Z., Bartha S., Szentes Sz., Sutyinszki Zs., Penksza K. (2011a): Botanikai, természetvédelmi és gyepgazdálkodási vizsgálatok Balaton-felvidéki szarvasmarha-legelőkön. *Tájökológiai Lapok* 9(2): 431–440.
- Szabó, G., Zimmermann, Z., Catorci, A., Csontos, P., Wichmann, B., Szentes, Sz., Barczy, A., Penksza, K. 2017b: Comparative study on grasslands dominated by *Festuca vaginata* and *F. pseudovaginata* in the Carpathian Basin. *Tuexenia* 37: 415–429. DOI: [10.14471/2017.37.018](https://doi.org/10.14471/2017.37.018)
- Szabó G., Zimmermann Z., Csontos P., Wichmann B., Szentes Sz., Barczy A., Pápay G., Járdi I., Penksza K. 2017a: Nyílt homoki gyepek cönológiai és talajtani vizsgálata a Duna–Tisza közén. *Gyepgazdálkodási Közlemények* 15(2): 47–56.
- Szabó G., Zimmermann Z., Szentes Sz., Sutyinszki Zs., Penksza K. 2011b: Természetvédelmi és gyepgazdálkodási vizsgálatok a Dinnyési, fertő gyepeiben. *Gyepgazdálkodási Közlemények* 9(1–2): 31–38.
- Szentes, Sz., Kenéz, Á., Saláta, D., Szabó, M., Penksza, K. 2007: Comparative researches and evaluations on grassland management and nature conservation in natural grasslands of the Transdanubian mountain range. *Cereal Research Communications* 35(2): 1161–1164. DOI: [10.1556/CRC.35.2007.2.249](https://doi.org/10.1556/CRC.35.2007.2.249)
- Szentes, Sz., Nagy, A., Sutyinszki, Zs., Házi, J., Penksza K. 2012a: The change of wet grasslands in extreme climate-rainfall along the River Ipoly (Hungary). *Növénytermelés* 61: 271–274.
- Szentes, Sz., Sutyinszki, Zs., Kiss, T., Fűrész, A., Saláta, D., Harkányiné Székely, Zs., Penksza K. 2022: Verges as fragments of loess grasslands in the Carpathian Basin and their *Festuca* species. *Diversity* 14(7): 510. DOI: [10.3390/d14070510](https://doi.org/10.3390/d14070510)
- Szentes, Sz., Sutyinszki, Zs., Szabó, G., Zimmermann, Z., Házi, J., Wichmann, B., Hufnágel, L., Penksza, K., Bartha, S. 2012b: Grazed Pannonian grassland beta-diversity changes due to C4 yellow bluestem. *Central European Journal of Biology* 7(6): 1055–1065. DOI: [10.2478/s11535-012-0101-9](https://doi.org/10.2478/s11535-012-0101-9)
- Szentes Sz., Tasi J., Házi J., Penksza K. 2009a: A legeltetés hatásának gyepgazdálkodási és természetvédelmi vizsgálata Tapolcai- és Káli-medencei lólegelőn a 2008. évi gyepgazdálkodási idényben. *Gyepgazdálkodási Közlemények* 7(1–2): 65–72.
- Szentes Sz., Wichmann B., Házi J., Tasi J., Penksza K. 2009b: Vegetáció és gyep produkció havi változása badacsonytördemici szürkemarha legelőkön és kaszálón. *Tájökológiai Lapok* 7(2): 319–328.
- T.-Járdi, I., Saláta, D., S.-Falusi, E., Kovács, G.P., Láposi, R., Zachar, Z., Penksza, K. 2022: Habitat Changes along Ipoly River Valley (Hungary) in Extreme Wet and Dry Years. *Water* 14(5): 787. DOI: [10.3390/w14050787](https://doi.org/10.3390/w14050787)
- Tasi, J. 2007: Diverse impacts of nature conservation grassland management. *Cereal Research Communications* 35: 1205–1209. DOI: [10.1556/crc.35.2007.2.260](https://doi.org/10.1556/crc.35.2007.2.260)
- Valkó, O., Deák, B. 2021: Increasing the potential of prescribed burning for the biodiversity conservation of European grasslands. *Current Opinion in Environmental Science & Health* 22: 100268. DOI: [10.1016/j.coesh.2021.100268](https://doi.org/10.1016/j.coesh.2021.100268)

- Valkó, O., Rádai, Z., Deák, B. 2022: Hay transfer is a nature-based and sustainable solution for restoring grassland biodiversity. *Journal of Environmental Management* 311: 114816. DOI: [10.1016/j.jenvman.2022.114816](https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.114816)
- Valkó, O., Tóth, K., Kelemen, A., Migléc, T., Sonkoly, J., Tóthmérész, B., Török, P., Deák, B. 2018: Cultural heritage and biodiversity conservation—Plant introduction and practical restoration on ancient burial mounds. *Nature Conservation* 24: 65–80. DOI: [10.3897/natureconservation.24.20019](https://doi.org/10.3897/natureconservation.24.20019)
- Veloso, A., Stéphane, M., Bouvet, A., Le Toan, T., Planells, M., Dejoux, J., Ceschia, E. 2017: Understanding the temporal behavior of crops using Sentinel-1 and Sentinel-2-like data for agricultural applications. *Remote Sensing of Environment* 199: 415–426. DOI: [10.1016/j.rse.2017.07.015](https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.07.015)
- Verrasztó Z. 2010: Környezeti monitoring vizsgálatok az Ipoly vízgyűjtőjén (célkitűzések és általános tájékoztatás). *Tájkológiai Lapok* 8(3): 535–561.

INVESTIGATION ON THE EFFECT OF EXTREME CLIMATIC CONDITIONS IN PANNONIAN GRAZED SANDY GRASSLANDS IN THE IPOLY VALLEY

I. TURCSÁNYI-JÁRDI, E. S.-FALUSI, K. PENKSZA

Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Institute of Crop Production,
Department of Botany
H-2100 Gödöllő, Páter K. u. 1., e-mail: ildikojardi@gmail.com

Keywords: Sentinel-2A, extremely climate conditions, NDVI, MNDVI, habitat changes

The changes in the global climate can be observed in the climate of Hungary as well. The present study analyzes an example of this in sensitive grassland areas during a 5-years period, within this, it mainly compares the spring aspects of two extreme climatic years and analyzes of effects on the area of pastures that determine landscape use. The rapid development of satellite images makes it possible to accurately analysis and monitor the changes. With satellite images were used to obtain quantile information within various multi-purpose applications. NDVI (Normalized Vegetation Index) was used to detect vegetation activity, and MNDVI (Modified Normalized Water Index) was used to detect the water saturation of layers close to the ground surface. In this research we focused on the period between 2017–2022, from which we can highlight the 2 extreme years of 2020 and 2021, whose spring conditions were analyzed in detail. The satellite data were supplemented and combined with field recordings using the classic square method. During the examined 5 years, the amount of precipitation differed significantly and 2021 was the lowest, while 2022 was the most abundant. Based on the satellite images, we detected the impact of the extreme climate situation in the sandy grasslands along the Ipoly. There are differences between the NDVI and MNDVI data of the different vegetation units and sample points in the examined years, which show a correlation with the changes in the vegetation. With the help of the applied indices, in this case, it was also applicable in the case of natural lawns and hard-to-detect sandy lawns, and the deviations also became discernible and traceable. At the same time, the changes in the vegetation, which, based on the data of the coenological recordings, also well indicated the environmental change, mainly the moisture conditions.