

## Operatív aszály- és vízhiánykezelő monitoring rendszer

Fiala Károly\*, Barta Károly\*\*, Benyhe Balázs\*, Fehérvári István\*, Lábdy Jenő\*\*\*\*, Sipos György\*\*, Gyórfy Lajos\*\*\*

\*: Alsó-Tisza vidéki Vízügyi Igazgatóság, 6720 Szeged Stefánia 4.

\*\* : Szegedi Tudományegyetem, Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék, 6722 Szeged, Egyetem u. 2-6.

\*\*\*: Szegedi Tudományegyetem, Bolyai Intézet 6720 Szeged, Aradi vértanúk tere 1.

\*\*\*\*: Országos Vízügyi Főigazgatóság, 1012 Budapest, Márvány u. 1/D

(E-mail: [fialak@ativizig.hu](mailto:fialak@ativizig.hu), [benyheb@ativizig.hu](mailto:benyheb@ativizig.hu), [fehervaryi@ativizig.hu](mailto:fehervaryi@ativizig.hu))

### Kivonat

A monitoring rendszer megvalósítása az objektív alapokra helyezett aszálykezelés (megelőzés előtérbe helyezése) és a vízkészlet-gazdálkodás támogatása céljából kezdődött meg. A rendszer új észlelési- és elemzési módszereket foglal magába, amelynek tapasztalatai alapján a döntéshozatal támogató beavatkozási- és jogalkotási folyamatok kerülnek kidolgozásra. A rendszer kifejlesztését megelőző kutatások eredményeképpen egy napi időlépéssel működő új aszályindex (HDI) került kifejlesztésre, melyhez a szükséges adatokat a 2016-2018 között országsszerte megépült monitoring állomáshálózat szolgáltatja, mely jelenleg 47 db, a közeljövőben pedig megközelítőleg 150 db állomást fog magába foglalni.

A meteorológiai alapparamétereken túlmenően az állomások több mélységben mért talajnedvesség adatokat is szolgáltatnak, új alapokra helyezve ezzel a magyar vízgazdálkodás és vízhiány kezelés gyakorlatát. A talajnedvességgel kapcsolatos új információk nagymértékben támogatják a vízkészlet-gazdálkodás jelenlegi gyakorlatának fejlesztését, a készletek és igények meghatározást, amely szoros összefüggésben van az agrárium öntözésfejlesztési célkitűzéseivel, a precíziós mezőgazdasági tevékenység feltételeinek megteremtésével.

A rendszer kiemelt célja egy olyan operatív aszálymonitoring tevékenység megvalósítása, mely az ágazat számára az ár- és belvízvédkezéshez hasonló aszálykezelési tevékenységet tesz lehetővé, egyrészt a védekezési fokozatok meghatározásával, másrészt az operatív beavatkozások és kapcsolódó jogharmonizációs folyamatok pontos definiálásával. A monitoring rendszer által mért- és számított adatokat egy internetes felület teszi közzé, mely térítésmentesen szolgáltatja az információkat a döntéshozók, a szakemberek vagy a gazdálkodók számára, nagymértékben segítve ezzel a legfontosabb érintett szereplők munkáját.

### Kulcsszavak

Aszály, aszálykezelés, aszályindex, HDI, vízhiány, vízgazdálkodás, monitoring, talajnedvesség, öntözéstámogatás.

## Operational drought and water scarcity monitoring system

### Abstract

The monitoring system has been developed in order to support drought and water management placed on an objective basis. The system consists of new detection, evaluation and intervention practices, aiding decision making. Research prior to the implementation of the system has led to the development of a new, daily data based drought index (Hungarian Drought Index – HDI). The data required for the computations is being provided by 47 monitoring stations currently, however the complete network will consist of 150 stations countrywide.

Besides the measured meteorological data, the monitoring stations are providing measured soil moisture data as well, placing on new foundation the practices of Hungarian water and drought management. Information related to the soil moisture is strongly supporting irrigation development possibilities, furthermore it can bring a major breakthrough in water resource management.

The aim of the system is to create and maintain an operational drought monitoring, which will support a drought management practice (similar to flood and excess water management) by determining alert levels and helping legislative procedures. Nevertheless, information provided by the system is available on an internet website, which is granting the data to farmers, experts and decision makers free of charge, greatly helping the work of the most important stakeholders.

### Keywords

Drought, drought management, drought index, HDI, water scarcity, water management, monitoring, soil moisture, irrigation.

## BEVEZETŐ

### Változó klíma, változó vízgazdálkodási kihívások

Az éghajlati tendenciákat figyelembe véve Földünk klímája – a fokozódó antropogén hatások következtében – egyre melegebbé válik (Riebeek 2010). Vannak olyan területek, ahol a hőmérséklet hosszútávon csökkenő tendenciát mutat, a kelet-közép-európai régióban pozitív hőmérsékleti változásokat észleltek, így például Magyarországon a hőmérséklet átlagos emelkedése 1901 és 2009 között 1,36 °C-nak adódott (Lakatos és Bihari 2011). A csapadék hosszú távú mennyiségi változásai már nem annyira egyértelműek, (Lakatos és társai

2013) az elmúlt bő fél évszázad eseményei alapján kijelenthető, hogy az ezredforduló óta megszaporodtak az időben szélsőséges csapadékeloszlású időszakok, így a száraz periódusok, az aszályok is (Fiala és társai 2014).

Az aszály és a vízhiány jelentős kockázati tényezővé vált, melynek előfordulási gyakorisága és erőssége az utóbbi évtizedekben nőtt. Az éghajlat-előrejelzési modellek és a megfigyelések tanulsága alapján, hazánk aszály általi érintettsége várhatóan fokozódni fog, a vízkészletek mennyiségi és minőségi változásai az alkalmazkodáson túl, a megelőzést, a tervszerű használatot fogják megkövetelni.

Mindezek ellenére a magyar vízgazdálkodási gyakorlatban a vízhiánykezelést napjainkig egyfajta kárkövető magatartás jellemezte. Az aszály és a vízhiány értékelésére utólagosan került sor, és a gyakorlati feladatok gyakran a kártérítési tevékenységekre szűkültek le. A probléma súlyosságát emeli ki az is, hogy a vízhiány okozta gazdasági károk sokévi átlagban kifejezve a belvízkárt több mint kétszeres mértékben haladják meg. Ennek ellenére a vízgazdálkodási gyakorlatban nem alakult ki az ár- és a belvízvédkezéshez hasonló operatív beavatkozási rendszer. Kis túlzással azt mondhatjuk, hogy a magyar vízgazdálkodás az utóbbi évtizedekben nem tudott megbirkózni az aszály és a vízhiány okozta kihívásokkal. Ez részben a jogi háttér hiányosságaival magyarázható, mivel az aszály és az aszálykezelés a hatályos jogszabályokban alig jelenik meg. Megelőzési és kezelési gyakorlatra vonatkozó szabályozás pedig gyakorlatilag nincs. A kialakult állapotot nehezíti, hogy a 20. század végére kialakult földtulajdoni struktúra, a birtokrendszer felaprózódása, nem kedvez az öntözésnek (*Hanyecz 2000*), így a vízügyi ágazat által üzemeltetett öntözőrendszerek többsége leépült, ennek következtében pedig a vízhiány kezelése a vízgazdálkodási gyakorlatban fokozatosan háttérbe szorult. Az aszály és a vízhiány kezelése körüli kérdések egyik fontos előidézője, hogy az aszály fogalmi meghatározása körül elég nagy a bizonytalanság (*Pálfai 2002*), miközben a probléma ágazati szinteken kezeletlen maradt.

#### **Az aszálykezelést támogató monitoring rendszer kifejlesztésének előzményei**

A monitoring rendszer koncepcionális fejlesztései a munka kezdeti szakaszában nagymértékben támaszkodtak a 2013-2014-ben lezajlott WAHASTRAT projekt eredményeire, ami rávilágított az aszálykezeléssel kapcsolatos hiányosságokra, mind szakmai, mind pedig tudományos vonalon. Emellett a projekt keretében létesült talajnedvesség mérő monitoring állomások által szolgáltatott adatsorok új megvilágításba helyezték a korábban inkább meteorológiai adatokra szorító aszálykutatói módszereket. A mezőgazdaság hatékony támogatása, az öntözésfejlesztés a talaj nedvességi viszonyainak ismerete nélkül nem valósulhat meg, így az aszálykezelés egyik fő szegmensévé a talajnedvesség mérő monitoring hálózat kiépítése lépett elő.

Felismerve a vízgazdálkodási gyakorlat hiányosságait, a probléma hatékony kezelése érdekében az Országos Vízügyi Főigazgatóság (OVF) az aszály jelenségének észlelését lehetővé tevő, magas műszaki színvonalú operatív intézkedéseket támogató, monitoring rendszer kiépítését készítette elő, amely új módszereket, innovatív technológiákat együttesen alkalmazva nyújt megfelelő információt a szakemberek és az érintettek számára. A Vízügyi Tudományos Tanács 2016. március 7-én megrendezett ülésén, a Tanács tagjainak támogatása mellett, az OVF elrendelte az Operatív aszály- és vízhiánykezelő Monitoring Rendszer kiépítését. A rendszer struktúrája és működése három fő pilléren alapul; a megfigyelésen az elemzésen, illetve a kezelés és jogalkotás tevékenységein. A tevékenységek között ki kell emelnünk – hozzávetőlegesen a végrehajtás sorrendjében – (1) a talajnedvesség mérő monitoring hálózat tervezését és kiépítését, (2) az aszály detektálására és a

védekezési fokozatok elrendeléséhez szükséges napi időlépéssel számítható vízhiány index (HDI) kifejlesztését, (3) a monitoring tevékenység keretét képező térinformatikai szoftver létrehozását, illetve (4) az ezekre épülő elemzéseket, valamint a kármentesítési tervek és védekezési fokozatok kidolgozásának feladatait.

A rendszer kiépítésében és a módszerek kifejlesztésében az Alsó-Tisza Vidéki Vízügyi Igazgatóság szakemberei, a Szegedi Tudományegyetem kutatói, valamint a GDI Magyarország Kft. geoinformatikai stábjja vesz részt. A munka összehangolását, valamint a fejlesztéshez szükséges forrásokat az OVF biztosítja.

A monitoring rendszer kiépítési munkáit mélyreható tudományos munka előzte meg, az aszály és a vízhiány fogalmi kérdéseinek tisztázása, illetve a módszertani lehetőségek számbavétele kapcsán, melynek eredményei az alábbiakban összegezhetők.

#### **AZ ASZÁLY FOGALMI MEGHATÁROZÁSA ÉS SZÁMSZERŰSÍTÉSE**

##### **Az aszály definiálása**

Az aszály kutatás egyik jellegzetes sajátossága, hogy az aszály fogalmát a különböző tudományágak másként értelmezik (*Urbán 1993*). A Meteorológiai Világszervezet (WMO) által közölt definíció szerint az aszály az átlagos állapotot jelentősen és tartósan meghaladó vízhiány. A leegyszerűsített fogalom tehát három kritériumot; az intenzitást, a tartósságot és a víz valamiféle hiányát jelöli meg, ami egyébként lényegében a *Palmer (1965)* által adott egyszerű és logikus megfogalmazást adja vissza.

A vízhiány, mint az aszály kifejezés szinonimája azonban túl általános ahhoz, hogy a mélyrehatóbb érdeklődéssel bíró tudományos és szakmai igényeknek megfeleljen. A mögöttes tartalom feltárását hazánkban *Pálfai (2002)* végezte el a legátfogóbban. A Magyar Nagylexikon 2. kötete (1994) a megfogalmazás mellett említést tesz az aszály típusairól, melyek a vízhiány következménye alapján meteorológiai (légköri), mezőgazdasági (talaj), és hidrológiai aszályt különböztetnek meg.

Az aszály definiálásánál meg kell említenünk, hogy az aszály egy relatív állapot (*Pálfai 2002*), az aszály jelentése nem azonos a szárazsággal. Az arid területeken, így például a sivatagokban nem beszélhetünk aszályról, hiszen a kevés csapadék az éghajlat természetes velejárója. Az aszályt tehát célszerű a területi és az időszaki adottságokhoz (átlagos állapothoz) képest viszonylagosan értelmezni. Ezen ésszerűnek tűnő megközelítés alkalmazását nehezíti a klíma folyamatos változása, azonban az időbeli összehasonlítás hosszabb (referencia) időszakok alkalmazásával így is lehetséges.

Az aszály kezelésének kérdéseivel kapcsolatban egyszerűsítést jelenthet a tény, hogy a vízhiány valamekkora mértékéről beszélünk, kialakulása elsődlegesen meteorológiai okokra vezethető vissza, szerteágazó és sok (társadalmi vagy gazdasági) szereplőt érintő következményei miatt vizsgálata és kezelése több ágazat közreműködését igényli.

### A legelterjedtebb aszályindexek áttekintése

Az aszálykezelés hiányosságai részben az aszály számszerűsítésének problematikájával magyarázhatóak, ugyanis az aszály kimutathatósága és számszerűsítése során is érzékelhető az aszálydefiníciók megosztottsága, hiszen – ellentétben sok más természeti jelenséggel – az aszály nem mérhető egyetlen, objektíven meghatározható fizikai paraméterrel. A monitoring rendszer fejlesztésének megkezdése előtt átfogóan áttekintettük a nemzetközi és a hazai gyakorlatban eddig kifejlesztett módszereket, melyek alkalmasak az aszály (a vízhiány) intenzitásának és tartósságának meghatározására.

#### *Az aszályindexek csoportosítása*

Az aszály mérőszámait a WMO-GWP (2016) által kiadott kiadvány két fő csoportra, indikátorokra és indexekre osztja. Indikátorok alatt az aszályhoz szorosan kapcsolódó, mérhető meteorológiai és hidrológiai paramétereket érthetjük (csapadék, hőmérséklet, vízhozam és vízállás, talajnedvesség stb.), míg indexek azok az összetett mutatók, melyek az indikátorokból matematikai műveletekkel próbálják egyetlen számértékkel kifejezni – határértékek megadásával – az aszály erősségét, hosszát és területi kiterjedését.

Az indexeket a klasszikus aszály-tipizálásnak megfelelően – egyben az aszály erősségének sorrendjére is utalva (*Wilhite és Glantz 1985*) – meteorológiai, mezőgazdasági és hidrológiai kategóriákba csoportosítják, melyekhez *Niemeyer (2008)* további osztályozási szempontot javasolt, elkülönítve az átfogó (comprehensive), kombinált (combined) és a távérzékelte adatokon alapuló (Remote-sensing-based) index típusokat.

A probléma komplexitásából következően – a folyamatot teljes egészében leíró – átfogó aszályindex jelenleg nem létezik. Az aszály által generált környezeti folyamatok a Föld különböző területein eltérő mértékben jelentkeznek, az éghajlati különbségek pedig eltérő módszerek kidolgozását tették szükségessé. Ennek eredményeképpen az évtizedekre visszatekintő nemzetközi aszálykutatási gyakorlatban mára több mint száz aszályindexet tartunk számon (*Zargar 2011*), vagyis – kis túlzással – majdnem annyi indexet hoztak létre, mint ahány kutató a jelenséggel foglalkozott. Nemzetközi szinten azok az indexek váltak igazán népszerűvé, melyek könnyen hozzáférhető és kevés számú adattal dolgoznak, illetve a közönség és a döntéshozók számára egyszerűen (pl. a világhálón) hozzáférhetőek.

#### *Nemzetközi áttekintés*

Mivel az indexek használhatósága régióként (és az adatok hozzáférhetősége miatt országonként is) különböző, nem tartjuk szerencsésnek a meglévő indexek rangsorolását, azonban nem hagyhatjuk figyelmen kívül azt a tényt, hogy egyes indexek kimondottan sikeressé és ismertté váltak.

Nemzetközi viszonylatban a WMO által első helyre rangsorolt aszály mutatószám a *McKee és társai (1993)* által kifejlesztett Standardizált csapadékindex (SPI), mely elsősorban a meteorológiai aszály leírására alkalmas (*Hayes és társai 2011*), mivel kizárólag csapadékadatot vesz

figyelembe. Ugyancsak nagy népszerűségnek örvend (elsősorban az USA-ban) a *Palmer (1965)* által kifejlesztett Palmer-index (PDSI), mely az aszály legfőbb aspektusait (párolgás, talajvíztartalom, lefolyás) számszerűsíti meteorológiai adatok alapján. A PDSI Európában kevésbé terjedt el. Mind az SPI, mind pedig a PDSI sajátossága, hogy csak hosszabb időszakokra vonatkozó vizsgálatot tesznek lehetővé, hiszen hónapos időlépésű adatsorokat használnak fel. Napi időlépéssel működő meteorológiai aszályindex a *Keetch és Byram (1968)* által tűzveszély előrejelzés céljából kidolgozott KBDI index, mely ugyancsak a tengerentúlon honosodott meg igazán.

A talajnedvesség fontossága ellenére alig találunk a talaj nedvességi állapotához kapcsolódó aszályindexeket. A mezőgazdasági aszály számszerűsítésének egyik elterjedt módszerévé a Talajnedvesség Anómia index (SMA) vált, melynek elméleti hátterét *Bergman és társai (1988)* fejlesztették ki, és meteorológiai adatok alapján számítja a talaj nedvességtartalmát. Hasonló talajnedvesség indexek a *Narasimhan és Srinivasan (2005)* által kifejlesztett Evapotranspirációs Deficit Index (ETDI) és a Talajnedvesség Deficit Index (SMDI), melyek ugyancsak számított talajnedvesség adatokkal operálnak.

A hidrológiai aszály számszerűsítése esetében az indikátorok dominálnak, hiszen különféle számítások nélkül is jól reprezentálják a víz hiányát. Ennek ellenére a kategóriába sorolhatók egyes normalizált hidrológiai mutatók, melyek az SPI-hez hasonlóan a várható állapottól való eltérést számszerűsítik. Ilyen index például a Standardizált Vízsint Index (SWI), melyet *Bhuiyan (2004)* fejlesztett ki Indiában a talajvízsint változás vizsgálata céljából.

A távérzékelte adatokon alapuló indikátorok (fAPAR) és indexek (EVI, NDVI stb.) a távérzékelte módszerek minden problémájával együtt inkább kárfelmérésre, mintsem napi szintű monitoring tevékenységre alkalmazhatóak.

Az aszálykutatásban élen járó szervezetek így pl. az NDMC (USA), illetve az EDO (EU) nem egyetlen aszályindexre, hanem több különböző indexre támaszkodva végez aszálymonitoring tevékenységet. Az NDMC osztályozási rendszere a PDSI, az SPI, a KBDI és modellezett talajnedvesség értékek (CPC Soil Moisture) együttes elemzésén alapul, míg az EDO kombinált indexe (CDI) az SPI-t, a LISFLOOD modell talajnedvesség értékeit és a fAPAR (*Gobron és társai 2006*) adatait használja fel. Mindkét szervezet online felületen teszi közzé az indexekből számított produktumokat, melyek közül leghasznosabbak az aszály területi eloszlását és erősségét bemutató eloszlástérképek.

#### *Magyarországi áttekintés*

A nemzetközi gyakorlatban legismertebb aszályindexek Magyarországon kevésbé kerültek a figyelem középpontjába. Az SPI és a PDSI hazai adatokon alapuló számítására történtek kísérletek (*Faragó és társai 1988*, *Bussay és társai 1999*), azonban a nevesebb külföldi mutatók használata csak a 2000-es évektől kezdődően kezdett honosodni.



A Magyarországon kifejlesztett aszályindexek közül első helyen kell említeni a Pálfi Imre által 1988-ban megalkotott PAI indexet (Pálfi 2002). A PAI index kifejezetten magyarországi viszonyokra lett kifejlesztve és az aszály mértékét a mezőgazdasági év vonatkozásában egyetlen számértékként fejezi ki, elsődlegesen havi csapadékösszeg és havi középhőmérséklet értékek felhasználásával. A hazai szakirodalom tanulmányozásakor az aszály vonatkozásában szinte minden esetben a PAI indexhez jutunk el, így nyugodtan kimondhatjuk, hogy az elmúlt évtizedekben ez volt Magyarország aszályindexe. A PAI mellett a vízügyi ágazat a „Havi vízháztartási tájékoztató” c. kiadványában megjelenő gördülő vízháztartási mutató (GVM) szintén Pálfi Imre nevéhez fűződik. Az index a csapadék és a párolgás viszonyából ad havonta becslést az aszályos és a belvizes időszakok erősségére.

Magyar vonatkozású, a komplexitásra törekvő kísérlet *Bálint és társai (2011)* a kenyai állomásokra kidolgozott összetett aszályindexe (CDI).

Az indexek vonatkozásában a Délkelet Európai Aszálykezelési Központ létrehozására irányuló (DMCSEE) projekt sem hozott nagy áttöréseket. A projekt az SPI és a PDSI értékein alapuló elemzéseket (*Lakatos és társai 2012*), illetve a PAI index módosítását (PaDI) tűzte ki célul (*Kozák és társai 2012*). A Központ létrehozása nem eredményezett áttörést a régió aszálykezelési gyakorlatában, az elméleti és a gyakorlati tudás összekapcsolása elmaradt.

Az aszályindexek nagy száma látszólag korlátlan lehetőséget teremt az aszály számszerűsítésére, elemzésére és a kárenyhítő tevékenységek támogatására is, hangsúlyozni kell azonban, hogy a prevencióra való törekvések nem jutottak érvényre. Az elmúlt évtizedek tapasztalatai alapján hazánkban nem végeztek operatív aszálymonitoring tevékenységet, a meglévő aszályindexeket – vagy tradicionális, vagy módszertani okokból – Magyarországon nem alkalmazták hatékonyan.

Munkánk kezdeti szakaszában több magyarországi állomásra kiszámítottuk és teszteltük a legnépszerűbb nemzetközi és hazai aszályindexeket. A vizsgálat alapján túlzás nélkül kijelenthetjük, hogy a jelenleg elterjedt indexek a hónapos, vagy esetenként még ritkább időlépés miatt aligha lennének használhatók egy napról-napra történő monitoring tevékenység során. A vízhiányos helyzet véleményünk szerint (különösen a nyári hóhullámos időszakokban) egy hónapnál rövidebb időszak alatt is ki tud alakulni, így szükségesnek tűnik a napi időfelbontás alkalmazása. Másik fontos megállapításunk, hogy az indexek sok esetben nem vesznek figyelembe az aszály szempontjából kulcsfontosságú paramétereket, ami részben a szűkös adatellátottság következménye.

A megbízható adatok iránt felmerülő igény és az aszályindexek tesztelésével feltárt hiányosságok munkánkat a következő fázisba terelték és egyidejűleg megkezdődött a monitoring rendszer kiépítése, illetve a napi időlépéssel számítható aszályindex (HDI) kifejlesztése.

## A MONITORING TEVÉKENYSÉGET ELLÁTÓ ÁLLOMÁSHÁLÓZAT

A vízhiány meghatározására irányuló elemző tevékenységek kezdetben nagyban támaszkodtak az Európai Unió klímatudatási projektjének (ECAD) keretein belül létrehozott adatbázisokra, melyek segítségével az ország teljes területéről rendelkezésünkre álltak napi csapadékösszeg és napi középhőmérséklet adatok. Ezek az adatok alkalmasak voltak az új vízhiány index (HDI) kifejlesztésére és tesztelésére, azonban az adatbázis ritkán történő frissítése csak historikus vizsgálatok végzését tette lehetővé, továbbá az adatok megbízhatósága is kétséges volt. Mindezek mellett a talaj nedvességtartalmára sem állt rendelkezésre információ, így viszonylag korán igény merült fel a monitoring állomáshálózat kialakítására.

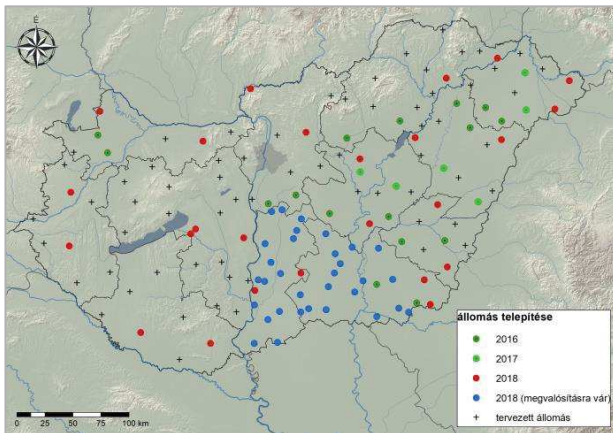
### Az állomások telepítésének tényezői, az állomáshálózat kiépítése

Tekintettel arra, hogy a rendszer (egyéb szolgáltatási lehetőségek mellett) elsősorban a mezőgazdasági vízigény kiszolgálását célzó vízkészlet gazdálkodási feladatok, valamint az öntözési tevékenység támogatását szolgálja, a monitoring állomások helyének kiválasztásakor az elsődleges szempont a mezőgazdasági (szántó) hasznosítású területek közelsége volt.

A létesítendő monitoring állomások helyének kiválasztását egy térinformatikai, optimalizációs eljárás előzte meg. Ebben a vizsgálatban több környezeti feltétel együttes megjelenése vagy hiánya alapján rangsoroltuk Magyarország teljes területét egy súlytérkép előállításával. Ennek a térképnek a tartalma a legfontosabb telepítési tényezőket vagy kizáró okokat tartalmazta, melyek a következők: (1) az állomás mezőgazdasági hasznosítású területen, lehetőség szerint szántón helyezkedjen el, (2) az állomás helyén található talajtípus reprezentálja a környező területek (kistáj, belvízöblözet stb.) fő talajtípusát, (3) öntözhető területen (öntözőrendszerben), de ne öntözött parcellán helyezkedjen el. Mindezek mellett figyelembe vettük, hogy (4) az állomás közelében ne helyezkedjen el működő meteorológiai állomás, továbbá, hogy az állomás (5) topográfia-ilag semleges területre kerüljön (ne mélyedésbe, vagy kiemelt térszínre), valamint (6) többletvízhatástól mentes területen helyezkedjen el. A helyszín bejárásával azonosíthatók voltak a térképezéssel nem meghatározható kizáró okok, például zavaró objektumok közelsége, nem reprezentatív talaj (építési törmelék jelenléte), járhatatlan útvonalak, melyek azonosítását új helyszín kijelölése követte.

Az állomáshálózat kiépítése 2016 őszén kezdődött meg 16 db teszttálmomás megépítésével. A teszttálmomások nyolc vízügyi igazgatóság bevonásával kerültek megépítésre és valamennyi síkvidéki mezőgazdasági területen valósult meg. Egy évvel később (2017-ben) a 16 db teszttálmomás további 6 taggal bővült, melyek még szintén alföldi területeken épültek meg. A következő, nagyobb volumenű fejlesztés során (2018-ban) 25 db új állomás került megépítésre, és ezúttal már dombvidéki területekre is kiterjedt a telepítés valamennyi vízügyi igazgatóság bevonásával. Jelenleg tehát 47 db vízhiány monitoring állomás üzemel országsszerte, de a hálózat bővítése a jövőben tovább folytatódik, 2018 végére 32 db állomás épül meg dél-alföldi

területeken, míg a tervek szerint 2019 év végére az állomáshálózat nagysága eléri az előirányzott 150 db-os értéket (1. ábra).



1. ábra. A monitoring állomások elhelyezkedése  
Figure 1. Location of monitoring stations

Az OVF által létesített (fő) állomáshálózat mellett lehetőség nyílik a gazdálkodók számára, hogy a rendszerhez további saját, egyszerűbb felépítésű (kiegészítő) állomásokat kapcsoljanak. A távmérőrendszer és a szoftveres háttér megléte miatt az önkéntesen létesíthető kiegészítő állomások költsége lényegesen kisebb, ami ösztönzőleg hathat a gazdálkodók számára a precíziós gazdálkodásra való átláshoz, ugyanakkor bővíti és pontosítja a vízügyi ágazat monitoring tevékenységét is.

#### Az állomások felszereltsége és a szolgáltatott adatok

A monitoring állomások felszereltségét két szempont alapján alakítottuk ki. Egyrészt a telepített mérőeszközök az aszály szempontjából legrelevánsabb információkat szolgáltatják, a WMO előírásainak megfelelő eszközök alkalmazásával, másfelől az állomásokhoz kiépített távmérő rendszer, illetve a napelemekkel történő áramellátás lehetővé teszi, hogy szinte gondozásmentesen és észlelőszemélyzet nélkül történhessen az információgyűjtés. Az állomásokat a rongálódás elkerülése érdekében egy 2,5\*2,5 m-es, kerítéssel körbevett területen építettük fel (2. ábra).



2. ábra. A monitoring állomás felépítése  
Figure 2. Structure of the monitoring station

Az állomások GPRS technológiával kommunikálnak az OVF központjában elhelyezett vevőegységgel, melyből a beérkező adatokat közvetlenül a Magyar Hidrológiai Adatbázisba kerülnek. A kommunikációhoz mobiltelefonos hálózat szükséges, aminek használatát korlátozhatja a helyszínen rendelkezésre álló térerő, azonban ilyen problémát eddig nem tapasztaltunk. A távjelző az adatokat nyáron 2, télen 6 óránként továbbítja. Ez kielégítő gyakoriság a felhasználási igényeket figyelembe véve. A sűrűbb adatküldés, a vezetékes áramellátás kiépítési igénye miatt, felesleges költségekkel járna. A rendszer vezérlése, egy központi webes felületen történik, helyszíni hozzáférés nem szükséges.

#### Csapadékmérés

Az állomásokra kihelyezett OTT Pluvio 2 típusú súlymérős csapadékmérő eszköz az elérhető legmodernebb technológia alapján méri a csapadék mennyiségét 0,1 mm-es pontossággal, függetlenül a csapadék halmazállapotától. A hitelesített és két évente kalibrálást igénylő eszköz 1500 mm-es gyűjtőkapacitásának köszönhetően a magyarországi körülmények között nem igényel rendszeres ürítést. Az automatikus működés következtében a csapadékmérő gondozása télen elsősorban a fagyálló folyadék feltöltéséből, nyáron pedig a mérőedény körül történő növényzet eltávolításból áll. Az eszköz percnként többször is méri a gyűjtőedény súlyváltozását, így akár a WMO előírásoknak megfelelő 1 perces csapadékösszeg vagy intenzitás érték is rendelkezésre áll. A jelenlegi igényeknek megfelelően, az adatbázisba a 10 perces csapadékösszegek kerülnek, amelynek segítségével napi csapadékösszeg meghatározása történik, mely a felhasználók számára is kézenfekvő adatfajta, de a HDI számításához is szükséges bemenő paraméter. Az alkalmazott eszköz szolgáltatásai lehetővé teszik, hogy ez az állomás típus a későbbiekben, belterületi csapadékok mérésére is alkalmazható legyen.

#### Hőmérséklet- légnedvesség és levélfelület nedvesség mérés

A léghő és légnedvesség mérését Adcon TR1 szenzor teszi lehetővé. A szenzor a meteorológiai szabványoknak megfelelően 2 m-es magasságban kerül elhelyezésre az állomás elektronikai eszközeit tartó árbócrúdon. A hőmérséklet szenzor mérési tartománya -40 és +60°C között van. A mérés óránként történik, a mért hőmérséklet adatokból a rendszer napi maximum és minimum értékeket, valamint a HDI kiszámításához szükséges napi középhőmérséklet adatokat állít elő.

Az újabban létesített állomások árbócára levélfelületnedvesség mérő szenzorok kitelepítésére is sor került. Ez az adat a növények állapotát jellemző modellek fontos bemeneti adata.

#### Talajnedvesség és talajhőmérséklet mérés

A meteorológiai adatok mellett az állomások talajnedvesség adatokat is mérnek 6 talajmélységben. A talajnedvesség mérést Decagon 5TM típusú szenzorok végzik a talaj dielektromos vezetőképessége alapján. A szenzorok úgy kerültek elhelyezésre, hogy a talaj felső (10, 20, 30 cm-es) és mélyebb (45, 60, 75 cm-es) rétegeiről is szolgáltatjanak információval. A nedvességtartalom pontos meg-



tározásához minden mélységből szükség volt a talaj vízgazdálkodási paramétereinek (porozitás, szántóföldi vízkapacitás, holtvíztartalom) meghatározására, ami bolygatatlan talajminta-vételezéssel és a minták akkreditált laboratóriumban történő pF vizsgálatával történt. A lehető legpontosabb információk elérése érdekében a gyári alapkálibráció mellett öt pontos kálibrációs folyamatot hajtunk végre. A szenzorok a talajnedvesség mérés mellett talajhőmérséklet adatokat is szolgáltatnak, melyek a talajhőmérséklet alakulásának nyomon követése mellett, a talajfagy becslésére is alkalmasak. Ezek az adatok a belvíz elöntések kialakulását segítik nyomon követni, illetve a gazdálkodók számára szolgálnak hasznos információval (pl. vetési időpont optimális megválasztása).

### NAPI IDŐLÉPÉSŰ VÍZHIÁNY INDEX (HDI)

Célunk olyan aszályindex megalkotása volt, amely napi szinten frissül, input adatként pedig könnyen mérhető meteorológiai alapadatokat igényel. A monitoring állomások segítségével lehetőségünk van a talajadatokat is felhasználni a számításhoz. Ez alapján a következő index változatok kerültek kifejlesztésre:

HDI<sub>0</sub> – Az aszályindex alapértéke, kiszámítása napi csapadékösszeg (P) és napi középhőmérséklet (T) alapján történik.

HDI<sub>S</sub> – A hőség stressz hatását is kifejező index, alapparaméterei a HDI<sub>0</sub>-val megegyeznek. Ebben a változatban azt feltételezzük, hogy hőség idején a potenciális evapotranspiráció (PET) nem függ a rendelkezésre álló víz mennyiségétől, a veszteség teljes mértékben realizálódik.

HDI – A meteorológiai adatok mellett talajnedvesség értékeket is tartalmazó (kombinált) aszályindex. Kiszámítása a HDI<sub>S</sub> értékét, valamint mért talajnedvesség értékeket, illetve a talaj vízgazdálkodási tulajdonságainak ismeretét igényli.

A moduláris felépítés lehetőséget ad arra, hogy a rendelkezésre álló adatok alapján a legtöbb adatot felhasználó változat kerüljön kiszámításra. Így a monitoring állomások esetében lehetőségünk van a HDI komplex változatának meghatározására, azokon a területeken pedig, ahol talajadatokat nem állnak rendelkezésre a HDI<sub>0</sub> és HDI<sub>S</sub> értékeit tudjuk meghatározni.

#### A HDI<sub>0</sub> kiszámításának menete

HDI<sub>0</sub> funkciójában az eddigi, széles körben elterjedt aszályindexekhez (pl. PAI, PaDI, SPI, PDSI) hasonlít. Meghatározásában csak a meteorológiai paraméterek játszanak szerepet, és térbeli különbségei kizárólag a csapadék és a hőmérséklet térbeli változatosságának köszönhetőek. A HDI<sub>0</sub> kiszámítása leginkább a Palmer index (PDSI) vízmérlegszámításához hasonlít, azonban újdonsága, hogy napi időlépéssel működik. A vízmérlegszámítást egy hipotetikus talajréteg mm-ben kifejezett víztartalmának (WS – Water Storage) változásaként írjuk le. A számítás során 25 cm-es vastagságú, 40%-os porozitású talajréteget veszünk figyelembe, ami alapján a WS maximális értéke 100 mm lehet, minimum értékét pedig 10 mm-ben állapítottuk meg. Ki kell emelnünk, hogy a WS értékei nem azonosak a monitoring állomások talajnedvesség szenzorjai által mért értékekkel.

A számítás során a vízmérleg pozitív oldalát a napi csapadékösszeg jelenti, negatív oldala pedig az evapotranspiráció becsült értéke (ET), ami a napi középhőmérsékletből (T) számított PET és az előző napi víztartalék (WS<sub>i-1</sub>) függvénye. Az előző napi víztartalék jelenti a vízmérleg alapértékét így a számításhoz kezdőértéket kell definiálni, majd összegezve a vízmérlegszámítás oldalait megkapjuk az adott napi WS értéket.

$$WS_i = WS_{i-1} + P - ET$$

ahol: WS<sub>i</sub> és WS<sub>i-1</sub> az aktuális és az előző napi víztartalék [mm], P a csapadék [mm], ET a napi párolgási mennyiség [mm], i pedig az aktuális naptári nap sorszáma (a továbbiakban az egyenletekben szereplő változók értékei mindig az aktuális (i-edik) napi értékre vonatkoznak, amennyiben ez külön nincs jelölve).

A WS kiszámításához szükségünk van az alapadatokon túlmenően (P, T) az azokból származtatott köztes paraméterekre. A számítás első lépésben a meghatározzuk a napi PET értékét, melyet a napi középhőmérsékletből (T) becsülünk. Az *Allen és társai (1998)* által a FAO honlapján közzétett kézikönyv különböző T értékekhez becsül PET értékeket, melyre függvényt illesztve (*3/A ábra*) az alábbi hatványfüggvény jól leírja a kapcsolatot:

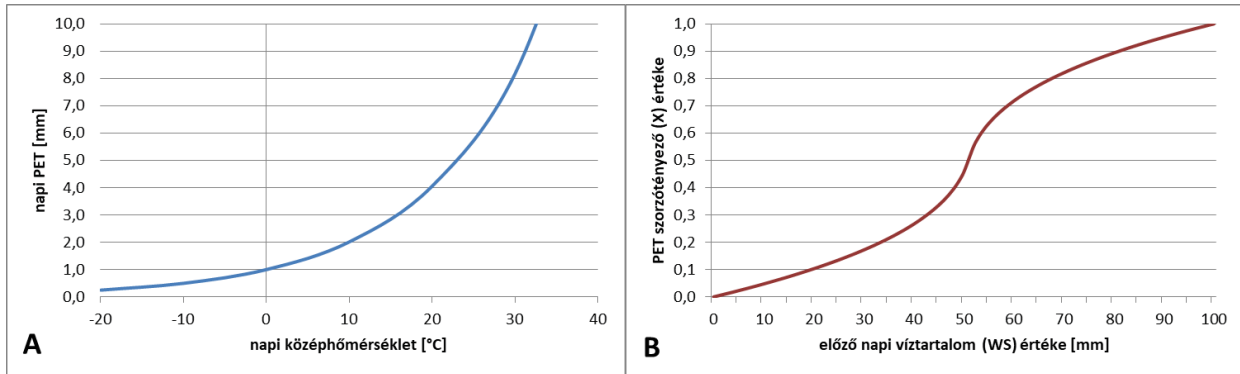
$$PET = e^{0,07T}$$

A PET értékeit egy szigmoid típusú függvénnyel még pontosabban közelíthetnénk, azonban a releváns tartományban (-20°C - +30°C) a hatványfüggvény is megfelel, melyet egyszerűsége miatt alkalmazunk a jóval bonyolultabb szigmoid függvények helyett. Az *Allen és társai (1998)* által közölt PET értékek meghatározása a Penman-Monteith egyenlettel történt (*Penman 1948, Monteith 1973*), melynek kiszámítása bonyolult egyenletrendszerrel alkalmaz és számos olyan bemeneti paramétert igényel melyek nem állnak rendelkezésre. Azonban *Mavromatis (2007)* rámutatott, hogy aszályindexek vizsgálata során az egyszerűbb és az összetett párolgásszámítási módszerek nem eredményeznek jelentős eltéréseket.

Mivel a potenciális evapotranspiráció a maximális WS értékhez (100 mm) van meghatározva, bevezetjük a PET szorzó (X) értéket, melyet a következőképpen határozzunk meg:

$$X = \begin{cases} \frac{\sqrt[3]{(WS_{i-1} - 50) + 1,73252} + 1,73252}{5,417}, & \text{ha } WS_{i-1} > 51 \\ \frac{\sqrt[3]{(WS_{i-1} - 52) + 3,73252} + 3,73252}{5,417}, & \text{ha } WS_{i-1} < 51 \\ \frac{2,73252}{5,417} = 0,5044; & \text{ha } WS_{i-1} = 51 \end{cases}$$

Ezen matematikai formula segítségével azt érjük el, hogy az evapotranspiráció (ET) értéke 0 lesz, ha a talajban nincs víztartalék, félig telített állapotban a PET fele realizálódik, teljesen telített esetben pedig az ET értéke megegyezik a PET-tel. A köztes szakaszokon pedig a PET értéke egy felfutási (vagy a szimmetrikus oldalon lefutási) szakaszt követően lassú változást mutat (*3/B ábra*).



3. ábra. A hőmérséklet és a potenciális evapotranspiráció viszonya (A), és a PET szorzótényező változása a víztartalom függvényében (B)  
 Figure 3. Relation between temperature and potential evapotranspiration (A) and changes of PET multiplier factor based on water storage values (B)

Az ET meghatározásához figyelembe kell vennünk az aktuális napon esetlegesen lehulló csapadék mennyiségét is, hiszen a rendelkezésre álló víztöbblet növeli a realizálható PET mennyiségét. Ez alapján a tényleges párolgás a PET és a P értékei függvényében a következőképpen alakul:

$$ET = \begin{cases} PET & , ha P > 0 \text{ és } P \geq PET \\ X \cdot (PET - P) + P & , ha P > 0 \text{ és } P \leq PET \\ PET \cdot X & , ha P = 0 \end{cases}$$

A WS értékeiből minden naptári napra meghatározzuk annak sokéves átlagértékét ( $\overline{WS}$ ). Az átlag képzéséhez az 1981-2010 közötti időszakot vettük figyelembe. A  $\overline{WS}$  és a WS aktuális értékének hányadosa adja az adott naptári napra vonatkozó  $HDI_0$  értéket:

$$HDI_0 = \frac{\overline{WS}}{WS}$$

A  $HDI_0$  értéke tehát az adott naptári napra vonatkozó elvárható (átlagos) víztartalék és az aktuális víztartalék hányadosa. A WS minimuma és maximuma alapján a  $HDI_0$  egy 0-nál nagyobb, legfeljebb 10-es értéket felvevő, dimenzió nélküli arányszám. Konceptcionális kérdés, hogy a nevezőben az aktuális értéket szerepeltetjük, annak ellenére, hogy az időszaki összehasonlítások során általában a

$$S_i = \frac{WS_{\text{átlag}_i}}{WS_i - (PET_i - ET_i)}; S_{i-1} = \frac{WS_{\text{átlag}_{i-1}}}{WS_{i-1} - (PET_{i-1} - ET_{i-1})}$$

A  $HDI_{SA}$  és az S paraméterek bevezetésével elkerüljük, hogy a kis mennyiségű nyári csapadékok jelentős mértékben csökkentsek aszályindex értékét.

$$HDI_S = \begin{cases} HDI_{SA} & , ha T_{10} > 15 \text{ °C és } HDI_{SA} < 1,5 * HDI_0 \\ 1,5 * HDI_0 & , ha T_{10} > 15 \text{ °C és } HDI_{SA} \geq 1,5 * HDI_0 \\ HDI_0 & , ha T_{10} \leq 15 \end{cases}$$

ahol:  $T_{10}$  az aktuális és az azt megelőző 9 nap hőmérsékletének átlaga (°C).

A hőmérsékleti feltételre ( $T_{10} > 15 \text{ °C}$ ) azért volt szükség, mert ellenkező esetben a  $HDI_S$  a téli évszakban is megemelhetné az alapindex értékét, ami gyakorlati szempontból nem releváns. A 15 °C-os határérték hozzávetőlegesen a téli és nyári évszak határát adja meg.

sokéves átlagot adják meg nevezőként. Mi az index létrehozásakor a PAI indexhez (Pálfai 2002) hasonlatos skálát szerettünk volna létrehozni, ezért az aszály erősségének növekedését az index pozitív irányú változásával definiáltuk (4-5. ábra).

#### A $HDI_S$ kiszámításának menete

Magyarország klímája kellően arid ahhoz, hogy a nyári időszakban átlagos évben is jelentős szárazság alakuljon ki. Ezért a  $HDI_0$  index értékei a nyári hőség időszakok során átlagos állapotot jelezhetnek, annak ellenére, hogy a hőség miatt felmerülhet igény vízgazdálkodási beavatkozásokra. Ezt a problémát az alapindex módosításával, a hőség stresszhatásának kifejezésével oldottuk meg, mely a  $HDI_S$  kifejlesztéséhez vezetett.

A  $HDI_S$  meghatározása a  $HDI_0$  alapján történik, azzal a különbséggel, hogy a vízmérlegszámítás során a számításba vesszük a párolgási hiányt ( $PET-ET$ ), amely a WS alacsony értékei és a csapadék hiánya következtében alakul ki.

A  $HDI_S$  kiszámításához definiáljuk  $HDI_{SA}$ -t, valamint  $S_i$  aktuális és előző napi ( $S_{i-1}$ ) értékét:

$$HDI_{SA} = \begin{cases} S_{i-1}, & ha S_i < S_{i-1} \text{ és } PET > P \\ S_i, & ha S_i \geq S_{i-1} \text{ és } PET > P \\ S_i, & ha PET \leq P \end{cases}$$

Végezetül a  $HDI_S$  értékét a  $HDI_{SA}$  és a  $HDI_0$  alapján kapjuk meg a következő módon:

Vizsgálataink szerint a  $HDI_S$  csak az esetek kb. 10%-ában haladna meg a  $HDI_0$  másfélszeres értékét. Ilyen esetekben azonban gyakran rövid időtartamra (1-2 nap) nagyon magas (akár 10-et meghaladó) értéket venne fel, ami a fokozatok meghatározása során nem szerencsés. Ezért az  $HDI_S$  értéke maximum a  $HDI_0$  másfélszeresét veheti fel.

**A talajnedvességgel korrigált HDI kiszámításának menete**

A HDI<sub>0</sub> és a HDI<sub>S</sub> csupán meteorológiai adatokra támaszkodik, ezért felmerült az igény egy, a talaj nedvesség-

$$k_{35} = A_{35} * e^{-B_{35} \left( \frac{SM_{35} - WP_{35}}{FC_{35} - WP_{35}} \right)}$$

$$k_{80} = A_{80} * e^{-B_{80} \left( \frac{SM_{80} - WP_{80}}{FC_{80} - WP_{80}} \right)}$$

ahol: SM (soil moisture) a talajréteg aktuális talajnedvesség tartalma (v/v%), WP (wilting point) az adott réteg holtvíztartalma (v/v%), FC (field capacity) az adott réteg szántóföldi vízkapacitása (v/v%). A 35-ös és 80-as indexek rendre a felső (0-35 cm-es) és az alsó (35-80 cm-es) talajrétegekre utalnak. A és B a szorzótényezők súlyát meghatározó konstansok: A<sub>35</sub>=1,4; A<sub>80</sub>=1,2; B<sub>35</sub>=0,4; B<sub>80</sub>=0,3.

A k<sub>35</sub> és k<sub>80</sub> szorzótényezőkkel szemben az alábbi négy elvárást fogalmaztuk meg: (1) egy átlagos, aszálymentes időszakban 1 körüli értéket vegyen fel, (2) nedves időszakban 1 alá csökkenjen az értéke, (3) a talaj kiszáradásának fokozódásával értéke exponenciálisan növekedjen, végezetül pedig (4) talajspecifikus legyen, vagyis vegye figyelembe a talaj vízgazdálkodási tulajdonságait.

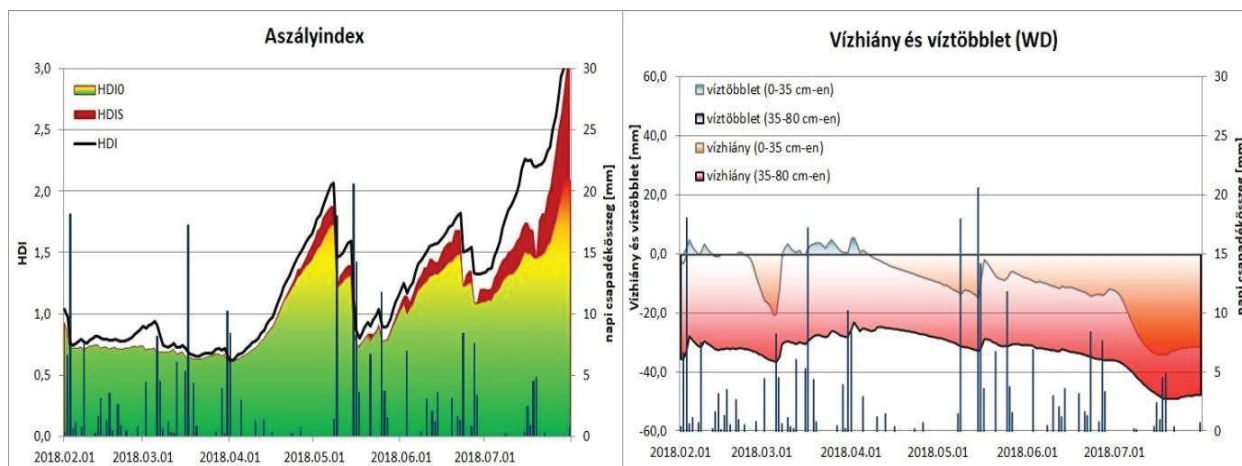
Végző soron a meteorológiai paramétereiből és a talaj

viszonyait is tartalmazó, komplex index változat (HDI) kifejlesztésére. A HDI a HDI<sub>S</sub> értékét veszi alapul, melyhez két koncepcionálisan kidolgozott szorzótényező (k<sub>35</sub>, k<sub>80</sub>) társul.

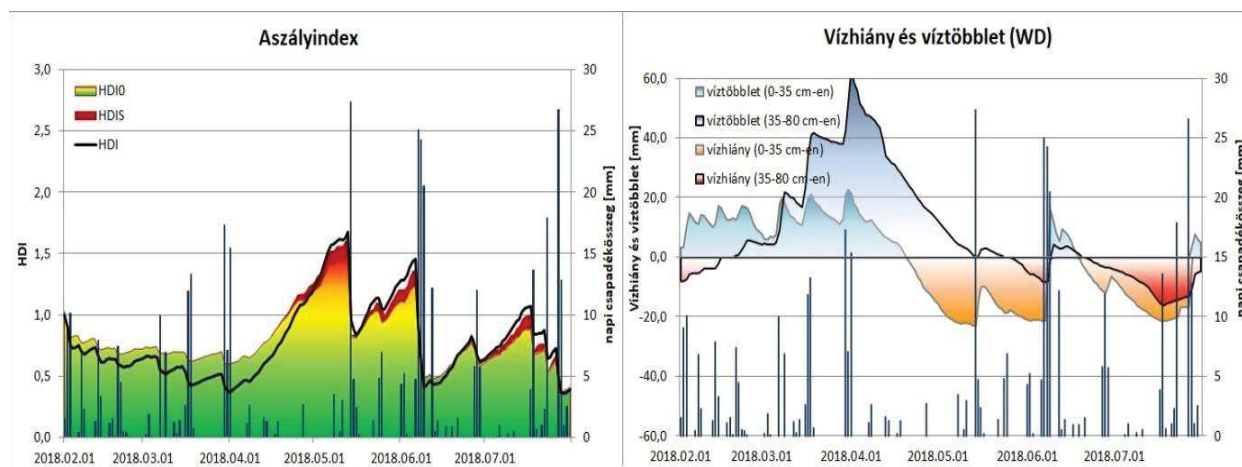
nedvesség adatokból számított korrekciós tényezőkből megadhatjuk a komplex vízhiány mutatót (HDI):

$$HDI = HDI_S * k_{35} * k_{80}$$

Az A és B paramétereket a teszteléskor korábbi aszályos évekre kiszámított más típusú aszályindexek alakulása alapján határoztuk meg. Munkánk jelenlegi szakaszában kifejlesztés alatt áll egy módszer, mely a talajnedvesség alakulása alapján, a talaj vízhiányára (WD – water deficit) alapozza a talajaszály mértékének meghatározását (4-5. ábra), mellőzve a k szorzótényező használatát. Az új módszer a talajnedvesség adatokat objektívebb módon veszi számításba, emellett a WD értékein alapuló vízhiány és a meteorológiai index (HDI<sub>S</sub>) közötti kapcsolat vizsgálatával jó kalibrációs lehetőségeket szolgáltat a talajnedvesség adatok területi kiterjesztésére.



4. ábra. A HDI aszályindex és a talaj vízhiányának alakulása Nyíregyházán (2018)  
 Figure 4. Changes of the Hungarian Drought Index and soil moisture deficit at Nyíregyháza (2018)



5. ábra. A HDI aszályindex és a talaj vízhiányának alakulása Apajon (2018)  
 Figure 5. Changes of the Hungarian Drought Index and soil moisture deficit at Apaj (2018)



## AZ ASZÁLYKEZELÉSI GYAKORLAT MEGÚJÍTÁSA

### Operatív monitoring és vízhiány jelentések bevezetése

Az állomáshálózat adatai az OVF keretein belül működő Országos Vízjelző Szolgálat (OVSZ) és a GDI Magyarország Kft. szakemberei által kifejlesztett térinformatikai webszolgáltatáson keresztül jelennek meg a vízügyi szakemberek és a civil érdeklődők számára. A honlap lekérdezhetővé teszi és térképeken megjeleníti a monitoring állomások által szolgáltatott alapadatokat, illetve az adatokból származó vízhiány indexek idősorait és területi eloszlását. A mért adatokon túlmenően a rendszer az Országos Meteorológiai Szolgálat által közzétett 10 napos előrejelzést is figyelembe veszi, és ez által a vízhiány index jövőbeni alakulására is végez számításokat.

A rendszer automatikusan generált jelentőlapok elkészítését is lehetővé teszi, melyeket a jelentéstétel céljából lehatárolt 81 db vízhiánykezelő körzet területére készíthetnek el a vízügyi szakemberek. A hétnaponta készítendő jelentőlapok tartalmazzák a jelentéstételi időszak csapadék- és hőmérsékleti viszonyainak területi eloszlását, a HDI különböző változatainak alakulását, valamint a monitoring állomások adatait, amennyiben a vízhiány körzet területén található ilyen. Terveink szerint az állomáshálózat teljes kiépítését követően minden vízhiánykezelő körzet területén legalább egy, a legtöbb esetben viszont legalább két főállomás létesülni fog.

A szakmai honlap mellett kifejlesztésre került egy külső – bárki által hozzáférhető – honlap is

(www.aszalymonitoring.vizugy.hu), mely az adatokat hasonló tartalommal és díjmentesen elérhetővé teszi. Ezáltal a rendszer a vízgazdálkodási feladatok fejlesztése mellett a gazdálkodók, döntéshozók és más érdeklődők tevékenységét közvetlenül is támogatja.

### Vízhiány indexre alapozott védekezési fokozatok

Az aszálykezelés napi vízgazdálkodási gyakorlatba történő integráláshoz szükséges, hogy az aszály és a vízhiány következményei ellen – a többi vízügyi kármentesítési tevékenységhez hasonlóan – védekezési fokozatokra alapozott beavatkozási tevékenységekkel lépünk fel. A védekezési fokozatokat munkánk jelenlegi szakaszában – az adatokkal térben legrészletesebben ellátott – HDI<sub>s</sub> értékeire alapoztuk.

A védekezési fokozatok meghatározása során a HDI<sub>s</sub> szemléletes, kerek és magyarázható értékeit vettük alapul, ellentétben a korábban gyakran alkalmazott módszerrel, mely az osztályhatárokat az adott értékek megjelenési valószínűségeihez (percentilisekhez) rendeli. Ezáltal elkerültünk néhány problémát, melyet a percentilisekre alapozott osztályozás magában hordoz. Egyrészt így a különböző területeken nem feltétlenül azonos arányban fordul elő ugyanolyan erősségű aszály, másrészt egységes küszöbértékeket kapunk minden területen. Megvizsgálva historikus és jelenkori adatsorokat, a HDI<sub>s</sub> értékei alapján a vízhiány kategorizálására 5 fokozat bevezetését javasoljuk, mely négy osztályhatár meghatározását teszi szükségessé (1. táblázat). A javasolt küszöbértékek azt fejezik ki, hogy az adott napra vonatkozó víztartalék (WS) rendre csak a 3/4, 2/3, 1/2 és 1/3 része az adott napra vonatkozó sokéves átlagértéknek.

1. táblázat. A HDI<sub>s</sub> értékeire alapozott vízhiány fokozatok  
Table 1. Drought levels based on HDI<sub>s</sub> values

Védekezési fokozat	Minősítés	Kritérium
(0.) nincs fokozat	nincs vízhiány	HDI <sub>s</sub> < 1,333
1. fok	enyhe vízhiány	1,333 ≤ HDI <sub>s</sub> < 1,5
2. fok	közepes vízhiány	1,5 ≤ HDI <sub>s</sub> < 2,0
3. fok	erős vízhiány	2,0 ≤ HDI <sub>s</sub> < 3,0
4. fok	rendkívüli vízhiány (aszály)	3,0 ≤ HDI <sub>s</sub>

Természetesen a HDI<sub>s</sub> nem a legátfogóbb információ adja a vízhiányról, hiszen a talajnedvesség adatokat nem használja fel. A fokozathatárok megállapításához valamennyi HDI változat alkalmas, így a legcélszerűbb a HDI talajnedvességet is tartalmazó változatának felhasználása lenne, azonban a rendszer jelenlegi állapotában, a kevés állomászám és az adatok nehezen megvalósítható interpolálása miatt, üzemirányításra még nem alkalmas. A talajadatok térbeli kiterjesztésének feltétele az állomáshálózat bővítése, mely a kiegészítő állomások kiépítésének lehetősége miatt gyakorlatilag korlátlan. A mért talajnedvesség adatok lehetővé teszik a talajnedvesség modellezését, mely megfelelő kalibrációt követően alkalmassá teheti a HDI területi kiterjesztését.

### Aszálykezelési üzemirányítási feladatok kidolgozása és jogharmonizáció

A rendszer célja az állami segítségnyújtás lehetőségének megteremtése a vízhiányos időszakok során várható nagyobb károk megelőzése érdekében. „Békeidőben” az

operatív megfigyelés és a jelentések elkészítése, az aszály-index időbeli és területi alakulásának elemzése képezi a vízgazdálkodási feladatok új körét. Vízhiányos helyzetben a talajnedvesség mérésre alapozott – új megközelítésű – vízkészletgazdálkodás lehetővé teszi az öntözővíz-szolgáltatás objektívebb alapokra helyezését. Az aszályindexből származó védekezési fokozatok az operatív üzemirányítási tevékenységek (pl. vízvisszatartás, vízpótlás, tiltó intézkedések) végrehajtását irányozzák elő a vízhiánykezelő körzetek területén, a meglévő védelmi szervezetek bevetésével.

A prevenció feladatok és a védekezési fokozatok elrendelése mellett a rendszer a kártérítési tevékenységeket is elláthatja információval. A területi elemzéseknek köszönhetően lehatárolhatóvá válnak az aszályal erősebben és kevésbé sújtott területek, megkönnyítve a kártérítési források elosztását. A hosszú távú elemzések segítségével azonosíthatóvá válnak a vízhiánnyal leginkább érintett területek, melyek fejlesztése a támogatási rendszer újragondolásával valósulhat meg.

A monitoring rendszer által szolgáltatott információk megalapozhatják a jogszabályi háttér megújítását. A vonatkozó jogszabályoknak a vízgazdálkodási, mezőgazdasági és ökonómiai elemek összehangolásával kell tartalmaznia a prevenció, kárenyhítő és kártérítési feladatok szabályait. A jogszabályok felülvizsgálatát és módosításait a szakmai-, gazdálkodói-, jogi- és kormányzati szereplők érdekeinek figyelembevételével integráltan kell lebonyolítani.

Az aszálykezelés általunk vizionált jövőképe magában foglalja az eddig elért eredményeken alapuló, egész országra kiterjesztett, kellően megalapozott index napi számítását és megjelenítését, valamint a talajnedvesség mért értékein alapuló modellezési/előrejelzési tevékenységet.

## IRODALOMJEGYZÉK

- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements, FAO Irrigation and drainage paper 56., FAO, Rome.
- Bergman, K.H., Sabol, P., Miskus, D. (1988). Experimental Indices for Monitoring Global Drought Conditions. Proceedings of 13th Annual Climate Diagnostics Workshop, U.S. Department of Commerce, Cambridge, MA.
- Bussay A., Szinell Cs., Szentimrey T. (1999). Az aszály magyarországi előfordulásának vizsgálata és mérhetősége. Égh. Agromet. T. 7. OMSZ. Bp.
- Bhuiyan, C. (2004). Various Drought Indices for Monitoring Drought Condition in Aravalli Terrain of India. Proceedings of the XXth ISPRS Conference. International Society for Photogrammetry and Remote Sensing, Istanbul, Turkey.
- Bálint Z., Mutua, F.M., Muchiri, P. (2011). Drought monitoring with the combined drought index, FAO-SWALIM, Nairobi, Kenya. 3-25.
- Faragó T., Kozma E., Nemes Cs. (1988). Quantifying droughts. Identifying and Coping with Extreme Meteorological Events (eds.: Antal, E. – Glanz, M.H.). Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest.
- Fiala K., Benyhe B., Dolinaj D., Pálfai I. (2014): A múlt és a jelen aszályai. In: Blanka, V. – Ladányi, Zs. (szerk.): Aszály és vízgazdálkodás a Dél-Alföldön és a Vajdaságban. SZTE. 87-96.
- Gobron, N., Aussedat, O., Lavergne, T., Taberner, M., Pinty, B., Brito, F., Faber, O., Brockmann, C., Mélin, F., Robustelli, M., Snoeij, P. (2006). Validation of the operational MERIS fAPAR products. In: Danesy, D. (ed.) Proceedings of the 2nd Working Meeting on MERIS and ATSR Calibration and Geophysical Validation. 20-24 March 2006, Frascati, Italy of ESA Special Publication, European Space Agency, 1-8.
- Hanyecz V. (2000). Öntözéses gazdálkodás az Alföldön. In: A víz szerepe és jelentősége az Alföldön, Pálfai I. (szerk.), A Nagyalföld Alapítvány Kötetei 6., Békéscsaba, 147-153.
- Hayes, M. J., Svoboda, M. D., Wall, N., Widhalm, M. J. (2011). The Lincoln Declaration on Drought Indices: Universal meteorological drought index recommended., Bull. Am. Met. Society 92 (4): 485-488.
- McKee, T.B., Doesken, N.J., Kleist, J. (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scale. In: Proceedings of the Eighth Conference on Applied Climatology, Anaheim, California, 179-184. Boston, American Meteorological Society, 179-184.
- Keetch, J.J. és Byram, G.M. (1968). A Drought Index for Forest Fire Control. United States Department of Agriculture Forest Service Research Paper SE 38, Southeastern Forest Experiment Station, Asheville, NC.
- Kozák P., Pálfai I., Herceg Á. (2012). Palfai Drought Index (PaDI) – A Pálfai-féle aszályindex (PAI) alkalmazhatóságának kiterjesztése a délkelet-európai régióra. DMCSEE projekt tanulmány. 21-26.
- Lakatos M. és Bihari Z. (2011). A közelmúlt megfigyelt hőmérsékleti- és csapadéktendenciái. In: Bartholy, J., Bozó, L., Haszpra, L. (szerk). Klímaváltozás – 2011. MTA, ELTE. 146-169.
- Lakatos M., Kovács T., Bihari Z., Szentimrey T. (2012). Az aszályindexek számítási lehetőségei és gyakorlata az Országos Meteorológiai Szolgálatnál. DMCSEE projekt tanulmány. 17-20.
- Lakatos M., Szentimrey T., Bihari Z., Szalai S. (2013). Investigation of climate extremes in the Carpathian region on harmonized data, Environmental Changes and Adaptation Strategies, Skalica, Slovakia.
- Mavromatis, T. (2007). Drought index evaluation for assessing future wheat production in Greece. Int.J. Climatol., 27, 911-924.
- Narasimhan, B. és Srinivasan, R. (2005). Development and evaluation of Soil Moisture Deficit Index (SMDI) and Evapotranspiration Deficit Index (ETDI) for agricultural drought monitoring. Agricultural and Forest Meteorology, 133(1):69-88.
- Niemeyer, S. (2008). New drought indices. Options Méditerranéennes. Série A: Séminaires Méditerranéens, 80., 267-274.
- Monteith, J. L. (1973). Principles of Environmental Physics. Edward Arnold, London.
- Pálfai I. (2002). Magyarország aszályossági zónái, Vízügyi Közl., 3., 323-357.
- Palmer, W. C. (1965). Meteorological Drought. Weather Bureau Res. Paper 45. U.S. Dept. of Commerce. 58.
- Penman, H. L. (1948). Natural evaporation from open water, bare soil and grass. Proc. Roy. Soc. London, A193, 120-146.
- Riebeek, H. (2010). Global Warming, Feature Articles, NASA, Web.
- Urbán L. (1993). Az aszály fogalma és jelentősége. Beszámoló 1989. OMSZ. Budapest 113-135.
- Wilhite, D.A., Glantz, M.H., (1985). Understanding the drought phenomenon: the role of definitions. Water Int. 10 (3), 111-120.
- World Meteorological Organization (WMO) and Global Water Partnership (GWP) (2016). Handbook of Drought Indicators and Indices (Svoboda, M.D., Fuchs, B.A.). Integrated Drought Management Programme

(IDMP), Integrated Drought Management Tools and Guidelines Series 2. Geneva.

Zargar, A., Sadiq, R., Naser, B., Khan, F.I. (2011). A review of drought indices. Environmental Reviews 19. 333-349.

## A SZERZŐK

**FIALA KÁROLY** okleveles geográfus, az Alsó-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság Vízzajzi és Adattári osztály vezetője.

**BARTA KÁROLY** PhD, a Szegedi Tudományegyetem, Természettudományi és Informatikai Kar, Földrajzi és Földtudományi Intézet, Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszékének egyetemi docense, talajtani szakmérnök. Kutatási területe: talajerózió kutatás és -modellezés; a talajok fizikai és vízgazdálkodási tulajdonságainak a szélsőséges vízháztartási helyzetekre gyakorolt hatását vizsgálja.

**BENYHE BALÁZS** okleveles geográfus, az Alsó-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság hidroeinformatikusa, monitoring referense.

**FEHÉRVÁRY ISTVÁN** okleveles geográfus, az Alsó-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság hidroeinformatikusa, monitoring referense.

**LÁBDY JENŐ** okleveles mérnök, az Országos Vízügyi Főigazgatóság Vízzelző és Vízzajzi Főosztályának vezetője.

**SIPOS GYÖRGY** okleveles geográfus, PhD., Szegedi Tudományegyetem, Természettudományi és Informatikai Kar, Földrajzi és Földtudományi Intézet, Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszékének tanszékvezető-helyettes adjunktusa

**GYÖRFFY LAJOS** A Szegedi Tudományegyetem Bolyai Intézetének tudományos segédmunkatársa. 2013-ban okleveles alkalmazott matematikus diplomát szerzett a Szegedi Tudományegyetemen. Jelenleg PhD tanulmányait folytatja.

## Vízügyi múlt képekben

Vörösmarty Mihály: „A múltat tiszteld a jelenben, s tartsd a jövőnek.”

### 175 éve született Horváth Ignác műegyetemi professzor

1843. július 25-én, Pesten született Horváth Ignác (Pest) gépészmérnök, egyetemi tanár, akadémikus. Akadémiai székfoglalóját *"Az 1876-iki vízáradás alkalmából Budapesten tett vízmérésekről"* címmel tartotta, amelyben a legkorszerűbb mérési módszerek alkalmazásáról adott számot. A műegyetemen 1871-től a műszaki mechanika tanszékét vezette korai haláláig. († Budapest, 1881. április 18.)

Horváth Ignác műegyetemi professzor az 1876 márciusában lezajló dunai árvíz idején tudományos célzattal vízsebesség méréseket végzett a budapesti folyószakaszon. Méréseinél először alkalmazott Magyarországon elektromos fordulatszámoló műszert. Horváth mérőhajóján gyakran fogadott érdeklődőket, műegyetemi hallgatókat, elmagyarázva a munkálatok lényegét és az alkalmazott módszereket. Egy alkalommal négy miniszter harminc képviselő társaságában látogatott el a hajóra, máskor Trefort Ágoston kultuszminiszter volt jelen a mérésnél, akit Horváth professzor egy hidrográfiai intézet felállításának szükségességéről igyekezett meggyőzni.

(FL)

