

**DOKTORI (PHD) ÉRTEKEZÉS
TÉZISEI**

PINKE ZSOLT

Gödöllő

2018



SZENT ISTVÁN EGYETEM

**HORTOBÁGY-SÁRRÉT TÁJRESTAURÁCIÓS
MODELL SZAKMAI MEGALAPOZÁSA ORSZÁGOS
HELYZETELEMZÉSEL**

Doktori (PhD) értekezés tézisei

Pinke Zsolt

Gödöllő

2018

A doktori iskola

megnevezése: Környezettudományi Doktori Iskola

Tudományága: Környezettudomány

Vezetője: Dr. Csákiné Dr. Michéli Erika

Egyetemi tanár, DSc

Szent István Egyetem, Mezőgazdaság- és

Környezettudományi Kar,

Környezettudományi Intézet

Témavezető: Dr. Gyulai Ferenc

Egyetemi tanár, DSc

Szent István Egyetem, Mezőgazdaság- és

Környezettudományi Kar,

Természetvédelmi és Tájgazdálkodási Intézet

.....

.....

Az iskolavezető jóváhagyása

A témavezető jóváhagyása

1. A MUNKA ELŐZMÉNYEI, A KITŰZÖTT CÉLOK

A magyar mezőgazdaság kibocsátásának döntő hányadát gabonatermesztés jellemzi, amelynek túlnyomó részét az árpa, a búza és a kukorica adja. Ez az alapanyagtermelésre összpontosító termelési szerkezet a 19. században alakult ki, amelyet napjainkban döntően a gabonafélék egyszerű termesztetősége, valamint a protekcionista eszközökkel védett európai piacok tartanak fenn. Egyelőre olyan jellemzően gyenge talajú, mélyen fekvő, vízjárta és aszályos, a 19–20. századi modernizáció során művelésbe vont egykori ártereken is a gabonatermesztés az uralkodó gazdálkodási forma, ahol a földhasználók komoly problémákkal szembesülnek. Az itt kialakuló konfliktusok legfontosabb tényezői az európai agrárpiac protekcionista védettségének feloldása (BUREAU et al 2014; SPILIOPOULOS 2014), a Közös Agrárpolitika (KAP) 2020 után várható átalakítása, melynek során a termelési célú területalapú támogatások jelentős csökkenése valószínűsíthető, illetve a klímaváltozás jelentik (OLESEN, BINDI 2002; TRNKA et al. 2011; PINKE, LÖVEI 2017). A változások a szántóföldi állomány jelentős részét kitevő gyenge agráralkalmasságú területeken a földhasználat átalakítását sürgetik. A kialakult válsághelyzet rendezésére és a krízis elmélyülésének megelőzésére irányuló döntéshozói igény világosan megjelenik a klímaváltozáshoz való alkalmazkodás, a vidékfejlesztés és a vízpolitika hazai és nemzetközi dokumentumaiban (Európai Víz Keretirányelv (VKI 2000); Magyarország Vízgyűjtő-gazdálkodási Terve (VGT 2010, 2015); Nemzeti Aszálystratégia (NAS 2012); Nemzeti Vidékstratégia 2012–2020 (NV 2012); Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia 2014–2025 (NÉS2 2013); Nemzeti Vízstratégia (NVS 2015); Water Blueprint 2012). Közös nevezőjük, hogy megfogalmazzák a mélyebb területeken megvalósítandó vízvisszatartás igényét, e területek térképi lehatárolására azonban mindezidáig sem került sor.

1.1. CÉLKITŰZÉSEK

1) A dolgozat első, a földhasználati rendszert érő jelenkori hidroklimatikus kihívások hatásaival foglalkozó részében célokom, hogy

- 1921–2010 között 30 éves periódusokban elemezzem a magyarországi csapadék, hőmérséklet, talajvíz és az itt termelt három legjelentősebb gabona termésátlagai közötti lineáris kapcsolatokat regionális és országos szinten,
- azonos időkeretben hasonlítva össze a jelenkori klímaváltozás során mutatkozó csapadék és hőmérsékleti változók, valamint termésátlagok közötti kapcsolat erősségét korábbi időszakokéival,
- továbbá azt vizsgálva, hogy milyen regionális mintázatot mutat a gabonatermesztés klímakitettsége a vizsgált 30 éves periódusokban, valamint a talajvíz és termésátlagok közötti kapcsolat erőssége az 1981–2010 közötti időszakban.

2) A dolgozat második részében célokom elemezni és inventáriumba gyűjteni a belvizes szántóföldeken a földhasználatot érintő a belvízhez kapcsolódó rendkívüli kiadásokat és e szántóföldi állomány konverziójával helyreállítandó vizes élőhelyek legfontosabb ellátó és szabályozó szolgáltatásainak az ár- és a belvízvédelem, az élelmiszertermelés és a szénmegkötés vonatkozásában mutatkozó előnyeit.

3) Célkitűzésem, hogy a környezeti- és vidékfejlesztési politika dokumentumaiban rögzített elveket és intézkedési elemeket követve termőhelyi alkalmasság, környezetérzékenység és védettség területi kategóriái alapján egy vízviisszatartási zónarendszer övezeteiként határoljam le a VGT-ben a belvizes területekre vonatkozó intézkedési elemek végrehajtásának célterületeit egy 9331 km² kiterjedésű tiszántúli vizsgálati területen. Célokom, hogy a koncepció a környezeti és a területi politika hazai és európai keretrendszerébe illeszkedve segítse a klímaváltozáshoz és a mozaikos szerkezetű árterek állandó változásban lévő környezeti feltételeihez való társadalmi alkalmazkodást.

2. ANYAG ÉS MÓDSZER

A vizsgálat keretét biztosító modell első fázisában a magyarországi gabonatermesztést, azaz a hazai szántóföldi növénytermesztés súlyponti elemét 1921–2010 között érő hidroklimatikus kihívások hatásait táji kontextusban és 30 éves időszakokban elemzem. A magyarázó változókat a csapadékösszegek havi összegei, a középhőmérsékleti értékek havi átlagai és a talajvíztükör megyei szintű havi átlagai míg az eredmény változókat az árpa, a búza és a kukorica megyei és országos szintű éves termésátlagai alkotják. Hipotézisem szerint a klímaváltozásnak leginkább kitett hazai nagytáj, az Alföld. E klimatikus kihívást az Alföld esetében a fennálló földhasználati rendszer egyik legsúlyosabb megpróbáltatásaként értelmezem. A klímaváltozás negatív hatásainak csillapítása szempontjából a síkság földhasználati rendszerében kulcselemként azonosítom a belvizes területek körét. E területi típusra összpontosítva, a modell második részében egy ökológiai és ökonómiai szempontól fenntarthatóbb földhasználati rendszer kialakítását célzó integratív földhasználat tervezési gyakorlat módszertani elemeire vonatkozó javaslatot fogalmazok meg. Ennek részeként adatgyűjtésen alapuló becslésekkel azonosítom a belvizes területeken az elöntésekhez kapcsolódó legfontosabb területegységre vetített kiadásokat, valamint a vízvisszatartással e területeken elérhető árvízvédelmi szolgáltatás értékét. A modell kimeneteként agroökológiai alkalmasság, felszínborítás, környezeti érzékenység és védettség területi kategóriáinak a vidékfejlesztés és a környezetpolitika stratégiai dokumentumaiban megfogalmazott elvek szerint kialakított kombinációi alapján azonosítom a vízvisszatartás célterületeit.

2.1. Hipotézisek

- 1) A dolgozat bevezetésében és irodalmi áttekintésében leírtak alapján azt feltételezem, hogy a magyarországi gabonatermesztés klímavariabilitásnak való kitétsége meghaladja a globális átlagokat.
- 2) A klimatikus változók, valamint a termésátlagok közötti kapcsolat erőssége a vizsgált 30 éves periódusokban és 3) az egyes periódusokon belül regionálisan is eltérő értéket mutat majd.
- 4) Feltételezésem szerint a talajvíztükör és a gabona termésátlagok variabilitása között pozitív statisztikai kapcsolat áll fenn.
- 5) Várakozásom szerint az alföldi termésátlagok hidroklimatikus tényezőknek való kitétsége meghaladja majd más régiók termésátlagainak kitétségét.
- 6) Hipotézisem szerint a korábbi vizes élőhelyek helyén, szántóföldi művelésre kevésbé alkalmas térszíneken a jelenleg közgazdasági szempontból is fenntarthatatlan szántóföldi művelés felszámolásával és a vizes élőhelyek restaurációjával eurószázmilliókban mérhető ár- és belvízvédelmi beruházások válhatnak ki.
- 7) Feltételezem továbbá, hogy az agroökológiai alkalmasság, a környezeti érzékenység és a védettség területi kategóriák, valamint a felszínborítási kategóriák elemzésével jelentős kiterjedésű szántóföldi állomány határozható meg, ahol a szántóföldi művelés konverziója a táji szintű vízvisszatartás érdekében a vidékfejlesztési- és környezetpolitika stratégiai dokumentumai, valamint ökológiai és ökonómiai szempontok alapján megvalósítandó feladat.

2.2. A klimatikus változók és a talajvíz, valamint a gabonahozamok közötti kapcsolatok regionális és országos szintű elemzése (1921–2010)

2.2.1. Adatforrások

Az elemzésekben öt meteorológiai állomás (Budapest, Debrecen, Szeged, Pécs és Szombathely) havi középhőmérséklet és havi csapadékösszeg értékeivel dolgoztam. Az országos havi átlagokat az állomások adatainak átlagaként állítottam elő. Az öt meteorológiai állomás adatai jól reprezentálják az ország topográfiai és klimatikus adottságainak diverzitását és legfontosabb gabonatermő tájait. Budapest, Pécs és Szombathely állomások homogenizált idősorai a HISTALP adatbázisból (AUER et al. 2007), Debrecen hőmérsékleti és csapadék adatai az Országos Meteorológiai Szolgálat (OMSZ) nyílt hozzáférésű adatbázisából (<http://www.met.hu/>), míg Szeged homogenizált csapadék és hőmérsékleti idősora az OMSZ adattámogatásaként álltak a rendelkezésemre.

Az éves termésátlagokra vonatkozó országos szintű adatok és a megyei termésátlagok 2000–2010 közötti állománya a Központi Statisztikai Hivatal (KSH) nyílt hozzáférésű adatbázisából származnak, a megyei termésátlagok 1922–1999 közötti állománya a KSH adattámogatásaként áll a rendelkezésemre. A megyei termésátlag idősorban öt év adatai (1921, 1944–1946 és 1949) hiányoznak.

A talajvíztükör havi átlagai megyei bontásban az 1961–2010 közötti időszakra a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszék adattámogatása révén álltak a rendelkezésemre. A megszakítatlan adatsorokból képzett verifikált adatbázis 276 talajvízkút adatai alapján készült.

2.2.2. Leíró elemzés

A 30 vizsgálati időszakok kialakításával a nemzetközi kutatási protokollt követtem (SZALAI et al. 2005; SUGGITT et al. 2017), melyben az Éghajlat-változási Kormányközi Testület (IPCC) Ötödik Értékelő Jelentése óta a referenciaidőszakként publikált 1981–2010 periódus elemzése kiemelt jelentőséggel bír (IPCC 2014). A vizsgált időszak 90 éves hosszúsága ritka lehetőséget nyújt, arra, hogy egy közel évszázad hosszúságú időkeretben jellemezhessük a területi változások irányát és relatív mértékét. A Shapiro-Wilk-teszttel elvégzett numerikus normalitásvizsgálat, a sűrűség-hisztogramokon és a QQ diagramokon elvégzett vizuális elemzés során a változók csoportjai normális eloszlást mutattak, ezért a 30 éves átlagok közötti eltérés szignifikanciáját ($\alpha < 0,95$) R környezetben (R 3.2.4 Revised version) két mintás Welch t-próbával teszteltem. Ez az eljárás két csoport összehasonlítása esetén a Fisher féle F-próbával ekvivalensnek tekinthető (REICZIGEL et al. 2014), vagyis a teszteredmények az átlagok mellett a varianciák közötti eltérés vonatkozásában is informatívak. A vizsgálat következő lépéseként az éghajlati tényezők 30 éves átlagaiban mutatkozó változásokat a Köppen-Geiger biofizikai osztályozási rendszerben értelmeztem (PEEL et al. 2007). Az elemzés elkészítését több szempont motiválta.

1) Hasznosnak tartottam azt, hogy a dolgozatban alkalmazott három 30 éves időszakban lefolytatott bioklimatológiai elemzést, a bioklimatikus adottságokban lezajlott folyamatok nyomon követésével illusztrálva, a Köppen-Geiger klímaklasszifikációs rendszer alkalmazásával is lekísérjem.

2) A rendelkezésre álló Köppen féle módszer alkalmazásával lefolytatott hazai vizsgálatok (RÉTHLY 1933; SZELEPCSÉNYI et al. 2009; FÁBIÁN, MATYASOVSKY 2010; ÁCS, BREUER 2012) nem célozták a 20. század egészében lezajlott hosszú távon lezajlott bioklimatológiai változások nyomon követését.

3) A Köppen-Geiger térkép 2000-es években aktualizált és napjainkban viszonyítási ponttá vált globális szintű változatában (PEEL et al. 2007) Köppen klasszifikációs rendszerét módosításokkal alkalmazták. A hazánkra jellemző C (meleg-mérsékelt) és D (hideg-mérsékelt) klímaövek határértékeit RUSSEL (1931) megközelítését követve a leghidegebb hónap átlaghőmérséklet vonatkozásában -3 °C -ról 0 °C -ra módosították. E változtatásnak azért van jelentősége, mert esetünkben a Köppen féle értékhatár alkalmazásával a mediterráneum északi térsége és Közép-Európa közötti különbségek elmosódnak, míg a leghidegebb hónap küszöbértékének feljebb sorolásával a két térség közötti különbség kézzelfoghatóbb. Így a hazánkról készült korábbi elemzések eredményei, melyekben Köppen határértékét RÉTHLY (1933) -3 °C -ról -2 °C -ra módosította, míg FÁBIÁN, MATYASOVSKY (2010), valamint ÁCS, BEUER (2012) az eredeti Köppen féle értékeket alkalmazta, PEEL et al. (2007) globális elemzésével kevésbé összevethetők.

Végül az öt meteorológiai állomás csapadék és hőmérsékleti adatsorainak átlagait, valamint a PAI adatsorának a területi érvényességét a $0,5 \times 0,5$ fok rácsfelbontású Climatic Research Unit TS3.23 (CRU) megnevezésű klimatikus adatbázis (JONES 2015) csapadék és hőmérsékleti fedvényeivel a KNMI Climate Explorer szoftver felhasználásával korreláltattam (TROUET, VAN OLDENBORGH 2013).

Az 1961–2010 közötti talajvízadatok nem nyújtottak lehetőség egynél több 30 év hosszúságú idősor kialakítására, ezért a talajvíz esetében 25 éves időszakok átlagaiban bekövetkezett változásokat vizsgáltam. Mivel a havi talajvízmélység-átlagok idősorai a numerikus és vizuális tesztek során normális eloszlást mutattak, az átlagok közötti eltérések szignifikanciáját Welch féle t-teszttel ellenőriztem. A talajvíztükör megyei és regionális átlagainak éves és szezonális ingadozását vonaldiagramm segítségével mutattam be, míg a talajvízmélység átlagaiban

mutatkozó megyei és regionális szinten jellemző folyamatokat leíró módon ismertettem.

2.2.3. Adatelemzés

A regionális elemzés során a megyei termésátlag-csoportok által alkotott „bioklimatológiai régiók” lehatárolását a meteorológiai állomások és megyék tájféldrajzi helyzete alapján osztályozással végeztem el. A csoportok szélső elemeinek meghatározása során figyelembe vettem a megyei termésátlagok hierarchikus klaszterelemzésének, vagyis az adatok „felügyelet nélküli, önszerveződő” csoportosításának (IVÁNYI 2005; ILONCZAI 2014) eredményeit. A klaszterelemzés bizonytalanságának kifejezése érdekében R-környezetben a pvclust csomagot használtam (SUZUKI, SHIMODAIRA 2006), mely 5000-es ismétlésű bootstrap resampling eljárásban a Ward módszer alkalmazásával becsüli az elemek közötti euklidészi távolságot. A meteorológiai adatok esetében több állomásból álló területi csoportokat is képeztem (pl. Budapest-Debrecen, Budapest-Szombathely, Budapest-Szeged, Budapest-Debrecen-Szeged), de kizártam az egymástól földrajzi szempontból távol elhelyezkedő, így életszerűtlen állomáskombinációkat.

Bár a lineáris regressziós modellek nem alkalmasak az okozati összefüggés irányának feltárására, az a tény, hogy a csapadék, a hőmérsékleti és a talajvíz kondíciók szignifikáns módon hatással vannak a növények fiziológiai állapotára egyértelműen igazolt (DOORENBOS et al. 1986; LUO 2011; KOLTAI 2003). Ezért azt feltételezem, hogy a klimatikus és talajvíz változók ingadozása szignifikáns hatással van a termésingadozásra és a regressziós tesztek eredményei a magyarázó klimatikus és talajvíz változók, valamint az eredmény változók (terméshozamok) közötti kapcsolatok intenzitásaként értelmezhetők. Szakértőkkel történt egyeztetés eredményeként a regressziós modell magyarázó

változóiként gabonafajokként meghatároztam a csapadékösszeg (Prec) és a középhőmérsékletek átlaga (Temp) vonatkozásában figyelembe vett periódusokat (a továbbiakban „vegetációs periódus”) (LOBELL, FIELD 2007), melyek a következők: $Prec_{\text{árpa, búza}} = \text{február-június}$ (PEPÓ, SÁRVÁRI 2011); $Prec_{\text{kukorica}} = \text{március-augusztus}$ (MENYHÉRT 1985); $Temp_{\text{árpa, búza}} = \text{május-július}$; $Temp_{\text{kukorica}} = \text{május-augusztus}$ (LÁNG et al. 2006).

Igazodva a gabonatermesztési régiók lehatárolásához a talajvíz-termésátlag kapcsolatokat a klíma-termésátlag kapcsolatvizsgálásban alkalmazott megyei csoportokban 1981–2010 között vizsgáltam. A klimatikus faktoroktól eltérő módon a talajvíz kapcsán kevésbé álltak a rendelkezésemre kiindulópontként használható vizsgálatok és a szakértői egyeztetések sem vittek ahhoz közelebb, hogy az év mely periódusaiban lehet olyan aktív kapcsolat a talajvíztükör terep alatti mélysége és a vizsgált gabonafajok között, amely érdemleges hatást gyakorol a termésátlagokra. Az előzetes tesztek során a klimatikus tényezők és termésátlagok kapcsolata vonatkozásában megállapított vizsgálati periódusok és a növények teljes vegetációs periódusának talajvízszint átlagai megyei, régiós és országos szinten sem mutattak statisztikai összefüggést az éves termésátlagokkal. Ezért a talajvíz-terméshozamok esetében megváltoztattam a vizsgálat alapkérdését és CEGLAR et al. (2017) megközelítését követve arra kerestem választ, hogy mely hónapok talajvíz átlagai gyakorolnak hatást a termésátlagokra az egyes növények vetése és aratása közötti teljes életszűkban. Ennek során azt teszteltem, hogy milyen szoros lineáris összefüggés mutatkozik az árpa és a búza esetében az október és július, a kukorica esetében a március és október közötti hónapok talajvíz-átlagai és az éves termésátlagok varianciái között. A teszteredmények tükrében alakítottam ki azokat a hónapcsoportokat, amelyek talajvízszint-átlagai és az éves termésátlagok közötti determinisztikus összefüggést vizsgáltam.

A bioklimatológiai kutatások egyik régi törekvését követve (PÁLFAI 2004) a dolgozat a klimatikus tényezők növényekre gyakorolt egyenkénti hatása mellett a magyarázó változók együttes hatását is becsülni fogja. Így KRONMAL (1993) eljárását követve az egyes klimatikus és talajvíz változók mellett, magyarázó változóként vizsgáltam több kombinált klimatikus és talajvíz változó, valamint a termésátlagok kapcsolatát. R környezetben a *boot* csomag használatával nem paraméteres 5000-es ismétlésű bootstrap resampling teszteket használva (DAVISON, HINKLEY 1997; CANTY, RIPLEY 2017) a vizsgált kombinációk közül („Prec és Temp”, „Temp/Prec”, „Prec*Temp” és „(Prec és Temp)²” a ‘Prec/Temp’ kombináció (az alábbiakban „kombinált magyarázó változó”) mutatta a legszorosabb és egyúttal az interakcióktól legkevésbé „terhelt” kapcsolatot a gabona termésátlagokkal, vagyis az eredmény változókkal (LOBELL, FIELD 2007).

Az extrém időjárási események közül, melyek potenciálisan hatással lehetnek az országos termésátlagokra (árvíz, fagy, vihar stb.) az aszály- és a belvizeseményekre vonatkozó adatsorok ismertek. Előzetes vizsgálataim azonban azt jelezték, hogy a belvizesemények negatív hatása lokális, jelentősebb belvizesemények éveiben nincs tendenciaszerű változás az országos termésátlagokban. Ezért egyetlen extrém időjárási eseményre utaló indikátor, a Pálfai aszályindex (PAI) (PÁLFAI 2004, 2011) és a termésátlagok kapcsolatát vizsgáltam. A PAI beemelését a vizsgálatba hazánk, de e területi egységen belül elsősorban az Alföld aszálykitettsége is indokolja (PÁLFAI 2004; PINKE, LÖVEI 2017). Az 1931-től kalkulált Pálfai aszályindex 1–14 közötti skálán folytonos értékekkel jellemzi az éves aszályesemények intenzitását. Az 1921 és 1930 közötti időszakban PÁLFAI (2009) öt fokozatú történeti aszályindexét használtam. Annak érdekében, hogy az ötös skála értékei illeszthetők legyenek az 1931–2010 közötti 14 fokozatú skálához, a történeti skála folytonos értékeit 2,8-cal szoroztam meg.

Itt szeretném hangsúlyozni, hogy a dolgozatnak csak a fentiekben ismertetett klimatikus és talajvíz változók, valamint a termésátlagok közötti kapcsolatok elemzés volt a célja. A termésátlagok változására ható szoci-ökonómiai tényezők (pl. a műtrágyafelhasználás vagy az agrotechnológiai fejlődés) trendszerű hatásának minimalizálása, detrendálása érdekében first-difference (első differenciák) eljárással alakítottam át a magyarázó- és eredménytényezőket (NICHOLLS 1997; PETERSON et al. 1998). A klimatikus és a termésátlag változók varianciái közötti kapcsolat intenzitását R környezetben az *Rcmdr* csomag lineáris modelljével teszteltem (FOX 2005) a teljes 90 éves időszakban és a három 30 éves periódusban (1921–1950, 1951–1980, 1981–2010). Erre azonban a talajvíz idősorok esetében csak az 1981–2010 közötti periódusban nyílt lehetőség. A lineáris kapcsolatok bizonytalanságát nem paraméteres 5000-es ismétlésű bootstrap resampling eljárással teszteltem.

2.2.4. A terméskiesés becslése

A klimatikus változók által kiváltott termésátlag-csökkenést két eljárással igyekeztem becsülni. Elsőként a regressziós egyenletek alapján kalkuláltam az 1 °C középhőmérséklet-változáshoz kapcsolódó terméskiesést (LIU et al. 2016). Mivel a csapadékösszegek 30 éves átlaga szignifikáns mértékben nem változott, csak a hőmérsékleti változó vonatkozásában készítettem terméskiesés-becslést. Másodszor, a vizsgált év termésátlaga és a vizsgált időszak legmagasabb termésátlaga, mint a ténylegesen elérhető optimális gazdasági érték (NUTTER et al. 1993) közötti különbség módszerét használtam (OERKE, DEHNE 2004; NEWMAN 2016). A módszert tovább fejlesztve, a potenciális hozamot évtizedenként számítva, az egyes évtizedek felső kvartilisébe tartozó éves termésátlagok átlagaként definiáltam. (Az évtizedes átlagok használata csökkenti a szocio-ökonómiai tényezők, pl. a technológiai fejlődés által kiváltott trendszerű

növekedés torzító hatásait.) A klimatikus tényezők által kiváltott termés kiesésként egy adott év terméshozama és a potenciális terméshozam közötti negatív értéktartományba tartozó különbség, valamint a klimatikus faktorok és a terméshozam átlagok közötti regressziós koefficiens szorzatát határoztam meg. A technológiai fejlődés által generált hozamnövekedés változatlan arányú termés kiesés mellett a becsült termés kiesés abszolút értékében növekedést okoz. Ezért a dolgozatban a becsült termés kiesés százalékos arányát jelöltem meg.

2.3. Az integrált földhasználat tervezés támogatása gazdasági értékeléssel belvizes területeken

A költség alapú értékelés módszerét (DE GROOT et al. 2002; BRANDER et al. 2006) használva becslést készítettem a belvizes területek árvízvédelmi szolgáltatási értékéről, melyben összehasonlítottam két restaurált vizes élőhely és hat megvalósult VTT tározó egy m^3 tározó kapacitásainak beruházási költségeit. Az összehasonlításba bevontam a belvizes területeken megvalósítandó fenntartható sekély víz visszatartás felső küszöbértékének (DE GROOT et al. 2010) figyelembe vételével kalkulált hektáronkénti víztározó kapacitást (5000 m^3/ha) és a regionális földárakat (VINOGRADOV 2009; BIRÓ 2009; IFTEKHAR et al. 2016). Ezt követően leíró eszközökkel összegeztem a belvízvédekezés, mint az egykori árterek felszámolásával létrejött földhasználati rendszer működtetéséhez kapcsolódó rendkívüli feladatcsoport költségeit. Végül egy integrált földhasználat tervezés irányába tett lépésként SCHAUBROECK et al. (2016) és CABRAL et al. (2016) ökoszisztéma-szolgáltatás gyűjteményeinek példáját követve inventáriumba gyűjtöttem a hazai belvizes területek terület egységre vetített ökoszisztéma-szolgáltatásaira vonatkozó kvantitatív értékelések eredményeit, a belvízelöntésekhez kapcsolódó rendkívüli költségekre

vonatkozó adatgyűjtés és az egyes földhasználatok profitabilitását célzó külső elemzés eredményeit.

2.4. A vízviasszatartó földhasználati zónarendszer koncepciójának bemutatása egy tiszántúli vizsgálati területen

A 9331 km² kiterjedésű tiszántúli vizsgálati területen koncentrálódik a hazai, belvízzel erősen és közepesen veszélyeztetett területek állományának közel fele, és az aszályal súlyosan veszélyeztetett területek ca. egyharmada (PÁLFAI 2004). Ez a síkvidéki régió számos védett vizes élőhely mellett, Közép-Európa egyik legnagyobb kiterjedésű természetes füves pusztáját, az UNESCO világörökségi védettségű Hortobágyot is magába foglalja.

A vízviasszatartási zónákat a termőhelyi (szántóföldi és erdőtelepítési) alkalmasság, a természetvédelmi védettség, a belvíznek és az aszálynak való kitettség, valamint a nitárérzékenység területi kategóriák kombinációjaként határozta meg. A kombinációk kialakítása során a hatékony és fenntartható földhasználat szempontjai, valamint a belvizes területek kapcsán a VGT-ben, a VGT Tisza intézkedési tervben, valamint a hazai környezet- és klímapolitikai és vidékfejlesztési stratégiai dokumentumokban (NAS 2012; NÉSZ 2013; NV 2012; NVS 2010, 2015) megfogalmazott javaslatokat vettem figyelembe. A GIS elemzésben a belvízzel veszélyeztetett területek kategóriái (erősen, közepesen, mérsékelten, alig) (PÁLFAI 2004), az aszálynak súlyosan kitett területi kategória (PÁLFAI 2004) és a nitrátbemosódással veszélyeztetett területek alkották a környezetérzékenységi komponenseket. A termőhelyi adottságot a Magyarország ökotípusos földhasználati vizsgálatában 100 m x 100 m-es gridhálózatban előállított szántóföldi és erdőtelepítés alkalmasság térinformatikai adatbázis kategóriái (gyenge, közepes, jó és kiváló) képviselik az elemzésben. A természeti védettség kategóriáját a Magas Természeti Értékű Területek (MTÉT), a Natura

2000 hálózatba (EEA 2011) és a Nemzeti Ökológiai Hálózatba (NÖH) tartozó védett területek alkotják. A három természetvédelmi kategória jelentős területi átfedést mutat egymással, de ki is egészítik egymást. Az MTÉT védettség a természetvédelmi szempontból értékes extenzív művelés alatt álló szántó- és gyepterületekre terjed ki, melyek az agrár-környezetgazdálkodási program kulcsterületeinek számítanak (BARNÁNÉ BELÉNYESI 2006). A Natura 2000-es hálózatban veszélyeztetett és kiemelt jelentőségű fajok élőhelyeit, valamint közösségi jelentőségű természetes élőhelytípusokat határolták le, melynek 20%-át szántók, 40%-át gyepek és 20%-át vizes területek alkotják (www.natura.2000.hu; BARNÁNÉ BELÉNYESI 2006). A NÖH magába foglalja a „hagyományosan védett” területek többségét („ex lege” területek, nemzeti park, tájvédelmi körzet, természetvédelmi terület). A természetvédelmi magterületek köré húzott pufferezónákkal, valamint az élőhelyek közötti folyosókkal a Páneurópai Ökológiai Hálózatba illeszkedik.

2.4.1. Zónák

A vizsgálatból kizárt területeket (0. zóna) a Corine Land Cover50 adatbázis (FÖMI 2006) 1. Mesterséges felszínek és 5.1. Kontinentális vizek kategóriacsoportjai, valamint a jó, illetve kiváló termőképességű agrárterületek és erdőtelepítésre alkalmas területek kategóriái alkották (CENTERI et al. 2006; KOHLHEB et al. 2009).

Az 1. zónát, ahol a vízvisszatartás ökológiai és vízminőség-védelmi szempontból szükséges, a belvízzel erősen veszélyeztetett területek teljes állományából, valamint a természetvédelmi területek és a nitrátbemosódással veszélyeztetett területek közös halmazának a belvízzel közepesen veszélyeztetett területekkel alkotott metszeteiből hoztam létre. A lehatárolás indokoltsága:

1) *"A mély fekvésű, rendszeresen belvízjárta, talajhibás területeket ki kell venni a szántóföldi termelésből, így a víztelenítésből is. Művelési ágváltást, területcserét kell szorgalmazni annak érdekében, hogy a drágán vízteleníthető területek vízvezetési költségeinek megtakarítása mellett, a vízvisszatartásra alkalmas területek nagysága is növekedjen"* (NVS 2010, 2015).

2) A belvízöblözetekben található természetvédelmi területek többnyire potenciálisan víztől függő élőhelytípusokat jelölnek. Az ország egész területén megfigyelt vízhiányra visszavezethető károsodásuk vízpótlással történő megállítása ökológiai szempontból elkerülhetetlen, a VGT-ben megállapított kötelezettség (VGT 2010, 2015).

3) Az egyik legnagyobb jelentőséggel bíró vízszennyező anyag a nitrát, melynek legfőbb diffúz forrása az agrárterületekről történő elfolyás. A belvízelöntéseknek kitett alacsony agroökológiai potenciállal jellemezhető területeken a diffúz szennyeződés feloldásának kézenfekvő megoldása a földhasználatváltás, és a környező jó és kiváló termőhelyi adottságú szántókról érkező szennyezett elfolyás természetes úton, vizes élőhelyeken megvalósuló szűrése (SZILÁGYI 2005).

A 2. zónát azok a területek alkotják, amelyek aszálynak súlyosan és belvíznek közepesen kitett, de nem természetvédelmi védelem alatt álló területek, ahol nincs meg az 1. zóna vonatkozásában fennálló jogszabályi kötelezettség, azonban a VGT (2010, 2015), a NAS (2012), a NÉS2 (2013) és az NVS (2010, 2015) megállapításai ebben az aszálynak és belvíznek egyaránt kitett zónában a többnyire veszteségesen működő (SISÁK et al. 2009; K. KISS 2017) és közösségi forrásokból fenntartott szántóföldi földhasználat konverziójának irányába mutatnak. Ebben a zónában megvalósítandó vízvisszatartást indokolja még a belvizes területek magas értékű aszályvédelmi, ár- és belvízvédelmi, szénmegkötési, turisztikai és víztisztítási ökoszisztéma-szolgáltatási potenciálja (VGT 2010, 2015; PINKE et al. 2018).

A 3. erdőtelepítésre alkalmas vízvisszatartás zónát az erdőtelepítésre való alkalmasság legalkalmasabb kategóriájába tartozó területek, valamint az 1. és 2. zónák által lefedett területek metszete alkotja.

3. EREDMÉNYEK

3.1. Klimatikus változók és a talajvíz, valamint a gabonahozamok közötti kapcsolatok regionális és országos szintű elemzése (1921–2010)

3.1.1. Leíró elemzés

A leghidegebb hónap 30 éves hőmérsékleti átlagai minden állomáson folyamatosan emelkedtek. A folyamat eredményeként 1921–1950-ról 1981–2010-re az öt állomás átlagai alapján ca. 1,5 °C volt (3. tábla). Budapesten az 1981–2010 közötti januári átlag szignifikáns mértékben haladta meg az 1921–1950 közötti átlagértéket. A július havi középhőmérséklet 30 éves átlaga 1921–1950-ról 1951–1980-ra minden állomáson, Szegeden szignifikáns mértékben csökkent, majd 1951–1980-ról 1981–2010-re Szeged kivételével szignifikáns mértékben emelkedett. Az 1981–2010 közötti középhőmérséklet 30 éves átlaga négy állomáson és országosan, ebből három állomáson és országosan szignifikáns mértékben meghaladta az 1921–1950 közötti átlagot. Kivételt Szeged jelentett, ahol a júliusok átlaga 1921–1950 között magasabbnak bizonyult, mint az 1981–2010-es időszakban. Az öt meteorológiai állomás 1921–2010 között a RUSSEL (1931) nyomán módosított Köppen-Geiger biofizikai klasszifikációs nomenklatúra (PEEL et al. 2007) alapján szinte egységesen a meleg nyarú kontinentális Dfb kategóriába tartozott. Három állomáson mutatkozott eltérés. Pécs és Szeged adatai arra utalnak, hogy az ország déli régiójában 1921–1950 között a „hideg-mérsékelt klíma, egyenletes éven belüli csapadékeloszlás forró nyarakkal” (Dfa) (ÁCS, BEUER 2012) párosult.

A május–augusztusi és a május–júliusi időszakok középhőmérsékleti átlaga 1921–1950-ról 1951–1980-ra az állomások többségén enyhén csökkent, majd 1951–1980-ról 1981–2010-re minden állomáson szignifikáns mértékben

emelkedett. Egyedül Pécs jelentett kivételt ebből az általános trendből, ahol a május–júliusi középhőmérséklet átlaga 1921–1950-ról 1951–1980-ra nem szignifikáns mértékben emelkedett. Az 1981–2010 közötti időszak középhőmérsékleti átlaga többnyire szignifikáns mértékben haladta meg az 1921–1950 közötti átlagot május–augusztusban és május–júliusban.

Az éves csapadékátlagok három évtizedes átlagai három állomáson trendszerűen, de nem szignifikáns mértékben csökkentek a 90-éves periódus során. Ettől eltérően Budapesten trendszerű, de nem szignifikáns mértékű emelkedést rekonstruáltam 1921–2010 között. A éves csapadékátlagoktól eltérő változást mutattak a vegetációs időszaki átlagok. 1921–1950-ról 1951–1980-ra Szombathely kivételével minden állomáson enyhén emelkedtek, majd 1951–1980-ról 1981–2010-re nem szignifikáns mértékben csökkentek. Statisztikai értelemben az éves és a vegetációs időszaki csapadékmennyiség átlagai a vizsgált 90 évben nem változtak.

Az aszályindex (PAI) átlaga, a vegetációs időszaki hőmérsékleti adatokban mutatkozó változást követve 1921–1950-ról 1951–1980-ra csökkent, majd 1951–1980-ról 1981–2010-re szignifikáns mértékben emelkedett. A vizsgált 90 éves időszakban három alkalommal fordult elő 10-esnél magasabb országos átlagértékkel jellemzett aszályesemény: 1952-ben és 2000-ben (PAI = 10,7) és 2003-ban (PAI = 10,5) (KOZÁK et al. 2012).

A vizsgált gabonafélék (árpa, búza, kukorica) termésátlagai az 1950-es és az 1980-as évek között látványosan emelkedtek. A technológiai fordulat előtt szerény növekedés jellemezte őket, utána viszont a búza és az árpa hozamainak trendszerű csökkenését, míg a kukorica nagy kilengésekkel jellemezhető trendszerű hozamnövekedését tapasztaljuk. A mezőgazdasági forradalom vívmányai, az agrokemikáliák bevezetése, a gépesítés, a műtrágyázás és a

növénynemesítési eredmények adaptációja révén az árpa 1980–2010 közötti terméshozam-átlaga 2,74-szer, a búzáé 3,29-szer és a kukoricáé 3,21-szer haladta meg az 1921–1950 közötti átlagaikat. A növekedés mértéke azonban jelentős megyei különbségeket mutat. A vizsgált 90 éves periódus 30 éves átlagait figyelembe véve a legmagasabb és legalacsonyabb árpa terméshozamú megyék átlagos eredményeinek egymáshoz viszonyított aránya 11%-kal 1,54-re, a kukorica esetében 15%-kal 1,71-ra növekedett, míg a búza esetében 6%-kal 1,35-re csökkent. Tehát az árpa és kukorica termésátlagokban megfigyelhető olló nyílt, míg a búzában záródott. A termésátlag megyei rangszlopainak felső harmadát és elsősorban az 1981–2010 közötti időszakban dunántúli megyék uralják. A legmagasabb termésátlagúak körében az alföldi megyéket Békés képviseli minden növény tekintetében és Hajdú-Bihar a kukorica vonatkozásában. A rangsorok alsó harmadát, vagyis a legalacsonyabb terméshozamú megyék csoportját, jellemzően a hegyvidéki megyék (Borsod-Abaúj-Zemplén, Heves, Nógrád és Veszprém), valamint két alföldi megye: Jász-Nagykun-Szolnok és Szabolcs-Szatmár-Bereg megyék alkotják.

1. táblázat Magyarország gabonatermesztési régiói

Régió	Megyék
1	Vas, Zala
2	Fejér, Győr- Moson-Sopron, Komárom-Esztergom, Pest, Veszprém
3	Borsod-Abaúj-Zemplén, Heves, Nógrád
4	Hajdú-Bihar, Szabolcs-Szatmár-Bereg
5	Bács-Kiskun, Békés, Csongrád, Jász-Nagykun-Szolnok
6	Baranya, Somogy, Tolna
7	Bács-Kiskun, Békés, Csongrád, Hajdú-Bihar, Jász-Nagykun-Szolnok, Szabolcs-Szatmár-Bereg

Az 1. táblázat a megyék és a meteorológiai állomások földrajzi helyzete, a megyék tájféldrajzi adottságai, valamint a megyei termésátlagok hierarchikus klaszterelemzésének eredményeinek figyelembevételével kialakított hat régió és az egyesített alföldi régió megyei csoportjait mutatja.

2. táblázat Talajvízmélység 25 éves megyei, regionális és országos átlagai és az átlagok közötti különbségek (1961-2010)

	$\gamma\text{GW}_{1961-1985}$, m	$\gamma\text{GW}_{1986-2010}$, m	ΔGw , m
Bács-Kiskun	-2,18	-2,51	-0,33*
Baranya	-2,23	-1,99	0,24*
Békés	-3,02	-3,08	-0,06
Borsod-Abaúj-Zemplén	-2,78	-3,24	-0,46*
Csongrád	-1,59	-2,09	-0,50*
Fejér	-3,40	-3,43	-0,02
Győr-Moson-Sopron	-2,58	-3,32	-0,74*
Hajdú-Bihar	-2,67	-2,98	-0,31*
Heves	-1,49	-1,74	-0,26*
Jász-Nagykun-Szolnok	-3,22	-3,29	-0,06
Komárom-Esztergom	-2,25	-2,83	-0,58*
Nógrád	-5,18	-4,92	0,26
Pest	-2,37	-3,17	-0,80*
Somogy	-3,39	-3,27	0,11
Szabolcs-Szatmár-Bereg	-2,84	-3,37	-0,53*
Tolna	-3,08	-3,51	-0,43*
Vas	-1,61	-1,56	0,05
Veszprém	-1,55	-1,61	-0,06
Zala	-3,07	-3,47	-0,39*
1. régió	-2,58	-2,91	-0,33
2. régió	-2,47	-3,11	-0,64*
3. régió	-3,07	-3,49	-0,42*
4. régió	-2,72	-3,10	-0,38*
5. régió	-2,44	-2,69	-0,25*
6. régió	-2,93	-3,23	-0,30*
Alföld	-2,55	-2,85	-0,30*
Ország	-2,59	-2,98	-0,38*

Az 1961–1985 és 1986–2010 periódusok talajvízszintátlagai közötti szignifikáns különbséget jelölő csillagjelek (*) Welch-tesztek eredményeit ($p < 0,05$) tükrözik. γGw = talajvízmélység átlaga, ΔgW = talajvízmélység átlagai közötti eltérés ($\gamma\text{Gw}_{1986-2010} - \gamma\text{Gw}_{1961-1985}$).

A talajvízmélység 25 éves átlaga 1961–1985-ről 1986–2010-re hat gabonatermesztési régióból ötben szignifikáns mértékben süllyedt. A csökkenés mértéke országos átlagban (0,38 m) és az Alföldön (0,30 m) is szignifikáns mértékű volt (2. táblázat).

3.1.2. A talajvíz átlagos havi mélysége és az éves gabona termés hozamok között fennálló lineáris kapcsolatok megyei és regionális bontásban

A lineáris kapcsolatot leíró egyenlet minden esetben arra utalt, hogy az árpa és a búza esetében az október–április közötti, a kukorica esetében a március–áprilisi talajvízszint-emelkedés korlátozza a termésátlagokat. Ez a negatív hatás az árpa esetében volt a leginkább szembeűnő, a búzáéban alig észre vehető, míg a kukoricáéban csak elszigetelt esetként Somogyban a márciusi talajvízátlag vonatkozásában fordult elő.

A gabonák téli és tavaszi hónapjaiban rekonstruált lineáris kapcsolatoktól eltérően, a június–október időszak talajvízátlagai és az éves termésátlagok között minden növény esetében pozitív kapcsolatot találtam. Másképpen fogalmazva, a talajvíz-emelkedés az év második felében mindhárom vizsgált gabona termésátlagaira pozitív hatást gyakorolt. E pozitív irányú kapcsolat hatása az árpa és a búza esetében lényegében elhanyagolható, hiszen csak elszigetelt jelenségként Bács-Kiskunban, Fejérben, Győr-Moson-Sopronban és Veszprémben fordult elő. Ezzel szemben a talajvízszint-ingadozás július–októberi havi átlagai és a kukorica termésátlagok közötti kapcsolatok a megyék felében és a régiók többségében szignifikánsnak bizonyultak. A kapcsolat szorosságát jelző regressziós együtthatók értéke többszörösen meghaladta a negatív irányú kapcsolatok együtthatóinak értékét. Egy további jelentős területi eltérésre utalnak a teszteredmények azzal, hogy a talajvíz év eleji negatív hatása a jelentősebb gabonatermő tájakon Somogy megye kivételével jóformán alig mutatható ki, ezzel szemben az év második felét jellemző pozitív irányú talajvízhatás, különösen a kukorica tekintetében, többnyire épp a legfontosabb gabonatermesztő megyékben jelentkezett. Ennek eredményeként a talajvízmélység és a kukorica termésátlag varianciák közötti pozitív kapcsolat a dél-alföldi régióban és az Alföld egészén szignifikánsnak bizonyult. Az év

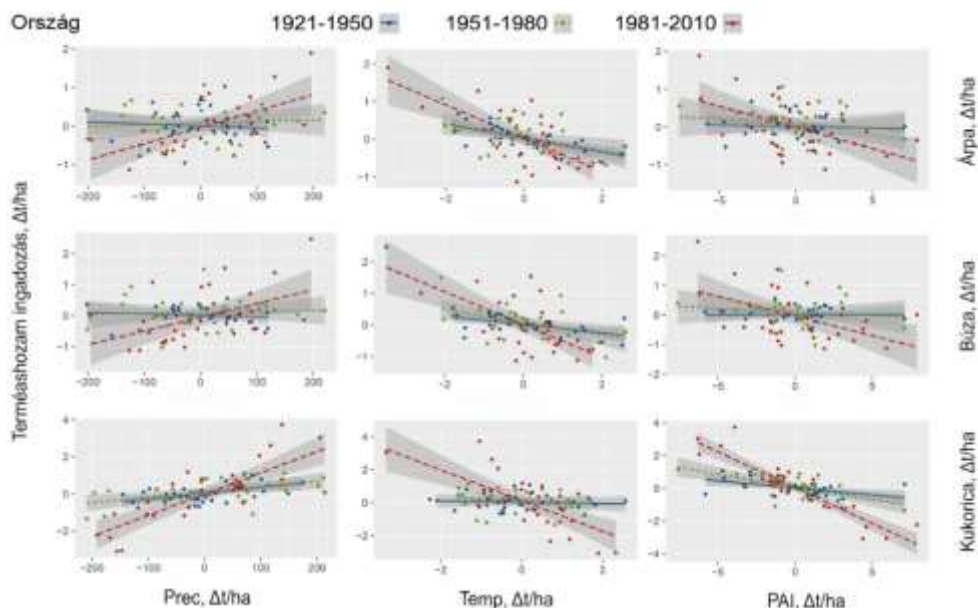
fordulópontja, amikor téli és tavaszi negatív talajvízhatás a három növény esetében némi fáziskésést mutatva ugyan, de pozitívrá változik, május. Ebben a hónapban még negatív irányú, de nem szignifikáns talajvíz kapcsolatok jellemzik az árpát és a búzát és nem szignifikáns pozitív irányúak a kukoricát.

3.1.3. A klimatikus változók, a talajvízmélység és a gabonahozamok országos és regionális átlagai közötti lineáris kapcsolatok

A vizsgált 90 éves időszak egészében és a 30 éves időszakokban a vegetációs időszaki középhőmérséklet átlagai bizonyultak az árpa és a búza termésátlagok legmeghatározóbb magyarázó változóinak. A kukorica esetében a csapadék játszotta ezt a domináns szerepet. Nem mutatkozott kapcsolat a csapadék és az árpa, valamint a búza termésátlagai között, valamint a hőmérsékleti indikátorok és a kukorica termésátlagok között az 1921–1950 és az 1951–1980 közötti időszakokban. Míg a középhőmérséklet varianciái mindhárom gabona termésátlag varianciáival minden periódusban negatív irányú szignifikáns kapcsolatot alkottak, a csapadék-termésátlag kapcsolat döntően pozitív irányúnak bizonyult (1. ábra). Kivételt a csapadék és az árpa, valamint a búza nem szignifikáns mértékű negatív irányú kapcsolata jelent 1921–1950 között.

Minden klímaindikátor esetében elmondható, hogy a termésátlagokkal kimutatott determinisztikus kapcsolatok az 1981–2010 közötti időszakban lényegesen erőteljesebbnek mutatkozott az előző időszakokhoz képest. Ekkor a csapadék–hőmérséklet, valamint a talajvíz–hőmérséklet kombinált klímafaktorok ingadozása közel 50%-ban magyarázta az árpa és a búza termésátlagokét és közel kétharmad részben bizonyultak felelősnek a kukorica termésátlag-ingadozásában. A talajvízmélység–árpa és a talajvízmélység–búza országos átlagok közötti negatív irányú összefüggések nem bizonyultak szignifikánsnak. Ezzel szemben a pozitív irányú talajvíz–kukorica kapcsolat erősségét viszonylag magas értékű

regressziós együttható jelzi. A hőmérséklet/talajvíz kombinált magyarázó változók mindhárom gabona esetében a hőmérséklet/csapadék faktorokhoz hasonló erősségű kapcsolatot mutattak.



1. ábra Klimatikus változók és az országos termésátlagok első differencia értékei közötti kapcsolatok szórásgörbéi 30 éves periódusokban (1921–2010). A sötétszürke sávok a determinisztikus kapcsolatok 95%-os konfidencia intervallumát mutatják. Prec = vegetációs időszaki csapadékösszegek, Temp = vegetációs időszaki hőmérsékleti átlagok, PAI = a Pálfai féle aszályindex országos átlagai.

A csapadék és a hőmérsékleti változók, valamint a három gabona termésátlagai közötti statisztikai kapcsolat regionális szintű elemzése időben változó, jelentős területi különbségeket tárt fel. Az 1921–1950 közötti időszakban az árpa és a búza termésátlagok az dunántúli régiókban mutattak erős kapcsolatot a hőmérsékleti változókkal, míg az Alföldön alig volt kimutatható e kapcsolat erőssége. Az 1981–2010-re a regionális különbségek megfordultak, az árpa, a búza

vonatkozásában a legerősebb kapcsolatok a dél-alföldi régióban mutatkoztak. Ekkor a középhőmérséklet varianciái szintén a dél-alföldi régióban magyarázták legnagyobb arányban a kukorica termésátlagok varianciáit.

3. táblázat Az augusztus–október közötti talajvízmélység 25 éves átlagai regionális és országos szinten és az átlagok közötti különbségek (1961-2010).

	$\gamma\text{Gw}_{1961-1985}$, m	$\gamma\text{Gw}_{1986-2010}$, m	ΔGw , m
1. régió	-2,91	-3,18	-0,28*
2. régió	-2,59	-3,19	-0,60*
3. régió	-3,25	-3,65	-0,40*
4. régió	-2,90	-3,27	-0,37*
5. régió	-2,66	-2,87	-0,21*
6. régió	3,20	3,47	0,27*
Alföld	-2,75	-3,02	-0,28*
Ország	-2,25	-3,12	-0,87*

Az 1961–1985 és 1986–2010 periódusok talajvízszintátlagai közötti szignifikáns különbséget jelölő csillagjelek (*) Welch-tesztek eredményeit ($p < 0,05$) tükrözik. γGw = talajvízmélység átlaga, Δgw = talajvízmélység átlagai közötti eltérés ($\gamma\text{Gw}_{1986-2010} - \gamma\text{Gw}_{1961-1985}$).

Az Alföld vonatkozásában az augusztus–október közötti átlagos talajvízmélység és a kukorica éves termésátlagok között az 1981–2010 periódusában mutatkozó pozitív kapcsolat ($R^2 = 0,34$; $p < 0,01$) lineáris regressziós egyenlete ($y = 0,0023x + 0,0154$) alapján készült becslésem az, hogy a talajvízmélység augusztus–október közötti átlagában táji szinten mutatkozó 100 mm emelkedés 0,25 t/ha kukorica termés hozamemelkedést okozhatott volna. Azonban az átlagos talajvízszint szignifikáns mértékű csökkenése (3. táblázat) becslésem szerint a termésátlagokra negatív hatást gyakorolt. A talajvízszint átlagos mélységének szignifikáns mértékű csökkenése az Alföldön a regressziós egyenletet felhasználva 0,70 t/ha/év termés kiesést okozott 1951–1980-ról 1981–2010-re. Összehasonlításképpen három állomás (Budapest, Debrecen és Szeged) adatai

alapján számított vegetációs időszaki középhőmérsékleti átlag és az éves kukorica termésátlagok közötti regressziós kapcsolat ($R^2 = 0,49$; $p < 0,01$) egyenletével ($y = -0,9561x + 0,044$) készült pontbecslés eredménye szerint ca. $1\text{ }^\circ\text{C}$ vegetációs időszaki középhőmérséklet emelkedés ugyanebben a 30 éves időszakban $0,91\text{ t/ha}$ termésátlag csökkenést okozott a táji termésátlagban.

3.1.4. Terméskiesés becslése

A felső kvartilisek alapján becsült veszteségarányok regionális szinten 1981–2010 között az árpa és a búza vonatkozásában többnyire a 3–6% közötti tartományban, kukorica tekintetében a 4–9%-os tartományban mozogtak. A legnagyobb arányú árpa veszteséget a 2. észak-dunántúli megyecsoportban (6,00%), búza és kukorica tekintetében az 5. dél-alföldi régióban (5,94% és 9,26%) szenvedtek el a gazdálkodók. Árpa vonatkozásában szignifikáns hőmérséklet-termésátlag kapcsolat hiányában az észak-alföldi régióban a módszerrel nem lehetett veszteséget kimutatni. A búza és kukorica termésveszteség szempontjából a dél-dunántúli gazdálkodók szembesültek a legkisebb mértékű veszteséggel.

Az 1981-2010 közötti időszak hőmérséklet-termésátlag regressziós egyenletek alapján $1\text{ }^\circ\text{C}$ középhőmérséklet-emelkedés mellett becsült terméskiesés eredményeit értékelve mindhárom vizsgált gabonafaj estében a dél-alföldi régió termésátlagai számítanak a leginkább kitétnak, míg a hőmérséklet-emelkedésnek legkevésbé kitétt régióknak a dél-dunántúli bizonyult az árpa és a kukorica terméshozamok esetében, míg az Északi-Középhegység megyecsoportja a búza vonatkozásában. Feltűnő, hogy minden gabona vonatkozásában kiemelkedően magas az Alföld hat megyéjének kitétsége. A becslés alapján $1\text{ }^\circ\text{C}$ középhőmérséklet-emelkedés országos átlagban 10,91%-kal csökkentheti az árpa, 12,17%-kal a búza és 16,46%-kal a kukorica terméshozamokat (árpa: $R^2 =$

0,48; $p < 0,01$; $y = -0,4146x + 0,0236$; búza: $R^2 = 0,42$; $p < 0,01$; $y = -0,5284x + 0,0104$; kukorica: $R^2 = 0,50$; $p < 0,01$; $y = -0,994x + 0,0589$). Tekintettel arra, hogy 1951–1980-ról 1981–2010-re a középhőmérséklet vegetációs időszaki (május–augusztusi és május–júliusi) átlagai országos átlagban a 0,99 és 0,93°C-kal, azaz majdnem 1°C-kal szignifikáns mértékben emelkedtek ezek az eredmények a tényleges felmelegedés hatásbecslésének is tekinthetők.

3.1.5. Területi validitás

Az öt állomás csapadékösszegeinek átlaga és a griddelt CRU csapadékatatok szinte a teljes Kárpát-medence területén szignifikáns korrelációs kapcsolatot mutattak ($r > 0,48$; $p < 0,10$). A három 30 éves időszakban elkészített területi elemzés azonban e szignifikáns kapcsolatban érintett terület folyamatos zsugorodásáról árulkodik. A csapadékváltozó viszonylag szűk területi érvényességével szemben, a középhőmérséklet országos átlaga és a griddelt CRU adatok lényegében a kontinens felén erős és időben látványos mértékben egyre nagyobb területet érintő korrelációt mutattak egymással. A legszélesebb területi kapcsolat épp a fentiekben szignifikáns felmelegedéssel jellemzett 1981–2010 közötti 30 éves periódusban mutatkozott.

3.2. Belvizes területeken megvalósítandó integrált földhasználati rendszer fejlesztése ökoszisztéma-szolgáltatások értékelésével és egy vízvisszatartási zónarendszer koncepciója

3.2.1. Belvizes területek integrált földhasználattervezését támogató gazdasági értékelés inventárium

A földhasználatok nettó jövedelmezőségének országos átlagai és az ártéri erdők CO₂ megkötésére vonatkozó eredmények egy friss elemzésből származnak (PINKE et al. 2018). Az árvízvédelmi szolgáltatás becsült értékét ismertetve: a két restaurált vizes élőhely 1 m³ tározókapacitásra vetített beruházási költsége átlagosan 0,05 €/m³ volt, nagyjából tizede a VTT tározóegységre vetített beruházási értékének. Ez arra utal, hogy a belvizes területek restaurációjával fenntartható sekély vízvisszatartás felső küszöbértéke mellett (5000 m³/ha) ca. 2200 €/ha (5000 m³/ha x 0,05 €/m³) inflációs hatástól nem szűrt árvízvédelmi beruházási költség váltható ki.

Az országos kiadások becsült éves költsége (SOMLYÓDY 2011), a belvívveszélyeztetettségi kategóriák aránya és a védelmi költségek kategóriánkénti becsült megoszlása alapján a belvív elleni védekezés és a védelmi rendszer fenntartási költsége a belvívnek kitett területeken becslésem szerint évente átlagosan ca. 10,6 €/ha/év összegre rúghatott 1999–2010 között (4. táblázat).

PÁLFAI (2006) 1951–2010 közötti időszak belvízkárookra vonatkozó becslése és a 2002–2010 közötti időszakban elöntött területek földhasználati kimutatása alapján a becslésem az, hogy az egy hektár elöntött szántóföldre kalkulált kárérték 1981–2010 között 2006-os áron ca. 1010,1 €/év lehetett.

4. táblázat Inventárium: A jelenlegi és tervezett földhasználathoz kapcsolódó funkciók és aktivitások monetáris értéke, ezek területi validitása, az adat forrása és az értékelés módszere

Tétel	Típus	Érték, €/ha/év	Területi validitás	Forrás, módszer
Földhasználatok nettó jövedelmezősége, ellátó szolgáltatások				
Szántó	Élelmiszer termelés	50,7	Lokális, nemzeti, EU	(KISS ET AL. 2013) piaciár-értékelés módszere
Erdő	Fahozam	96,3	Lokális, nemzeti, EU	(KISS ET AL. 2013) piaciár-értékelés módszere
Gyep	Fűhozam	20,7	Lokális, nemzeti, EU	(KISS ET AL. 2013) piaciár-értékelés módszere
Gyümölcsös	Élelmiszer termelés	150,9	Lokális, nemzeti, EU	(KISS ET AL. 2013) piaciár-értékelés módszere
Vizes élőhely	Haltenyésztés	380,3	Lokális, nemzeti, EU	(KISS ET AL. 2013) piaciár-értékelés módszere
Szabályozó ökoszisztéma-szolgáltatások				
CO ₂ megkötés ártéri erdőkben	Klímaváltozás enyhítése	5–24	Globális	(PINKE et al. 2018) modell kimenet monetáris értékelése
Árvízvédelmi szolgáltatás	Beruházás kiváltása	2150#	Lokális, nemzeti, EU	Költségalapú értékelés módszere
Előntésekhez kapcsolódó költségek elkerülése				
Belvíz elleni védekezés költsége	Költségelkerülés	20,8– 51,7 *	Lokális, nemzeti, EU	Adatgyűjtés, leíró értékelés
Belvízkár szántó	Költségelkerülés	1010,1	Lokális, nemzeti, EU	Adatgyűjtés, leíró értékelés

*A belvíznek közepesen és erősen kitett területi kategóriákban; # = egyszeri jövedelem

3.2.2. A vízvisszatartó földhasználati zónarendszer bemutatása egy tiszántúli vizsgálati területen

Bár a 9331 km² kiterjedésű vizsgálati terület 28.1%-a tartozik a jó és kiváló szántóföldi alkalmasságú kategóriába, a terület közel 66%-a szántóföldi művelés

alatt áll. A jelenlegi földhasználati rendszer ellentmondásosságára utal az a tény is, hogy míg agroökológiai adottságai alapján a táj 26,5%-a alkalmas gazdasági célú erdőtelepítésre, más szóval jó hozamú és záródó erdőállományok számára, a fásszárúakkal borított területek aránya – mely felszínborítási kategória a cserjés területeket is magába foglalja – kevesebb, mint 4% (5. táblázat).

5. táblázat A vízviszatarítás zónáiban fennálló földhasználati rendszer

	Kiterjedése (km ²) és aránya a vizsgálati területben (%)	Földhasználatok (km ²) és arányuk a zónákban (%)		
		Szántóföld	Gyep	Erdő, cserje
Vizsgálati terület	9331 (100,0)	6232 (66,8)	905 (9,7)	341 (3,7)
1. zóna	3978 (42,6)	1826 (45,9)	1482 (37,3)	289 (7,3)
2. zóna	890 (9,5)	794 (9,4)	49 (5,5)	29 (3,2)
3. zóna	847 (9,1)	738 (87,2)	61 (7,2)	26 (3,0)

Az 1. zónában a hazai és az európai környezetpolitika dokumentumaiban (keretirányelvek, stratégiák, jogszabályok stb.) (VKI; VGT 2010, 2015; NVS 2013, 2015; NÉS2) megfogalmazott célok végrehajtása szempontjából szükséges a gyakran földhasználatváltással összekapcsolódó vízviszatarítás. Elsősorban a vizsgált terület 19,6%-át kitevő természeti oltalom alatt álló szántóföldi állományra vonatkozik ez a megállapítás (16. táblázat). Szemben az 1. zónával, ahol a vízviszatarításra javasolt területeknek “csak” 45,9%-a áll szántóföldi művelésben, kiemelkedő a szántók aránya (89,4%) a 2. zónában. Ezekben a belvízzel közepesen veszélyeztetett területeken a belvízviszatarítás ökológiai és ökonómiai szempontból indokolt. Összességében a vizsgált terület 52,6%-án szükséges vagy indokolt a vízviszatarítás, mely állomány 53,8%-át, vagyis a vizsgált terület negyedét szántóföldek teszik ki. Ugyan a vizsgált táj nagyjából negyede alkalmas gazdasági célú erdőtelepítésre, e területek többsége kiváló agroökológiai adottságú ár- és belvízmentes löszhátásokon található, melyeket agráralkalmasságuk és az élelmiszertermelésben játszott szerepük miatt kizártam a vizsgálatból. Az erdőtelepítésre alkalmas területek állományának egy másik része, azonban belvízelöntéseknek közepesen vagy erősen kitett térszíneken

található. E területek alkotják a 3. zónát, mely alig mutat átfedést a jelenlegi erdővel. E zóna közel kilenctizedét belvizes szántók alkotják.

3.3. Új tudományos eredmények

- 1) A május–augusztusi és a május–júliusi időszakok középhőmérsékleti átlaga 1921–1950-ról 1951–1980-ra az állomások többségén enyhén csökkent, majd 1951–1980-ról 1981–2010-re minden állomáson szignifikáns mértékben emelkedett. A vegetációs időszaki csapadékmennyiség 30 éves átlagai a vizsgált 90 évben statisztikai értelemben nem változtak és az utolsó harminc éves periódus (1981–2010) bizonyult a legmelegebbnek és leginkább aszályosnak.
- 2) A talajvízmélység 25 éves átlaga 1961–1985-ről 1986–2010-re hat gabonatermesztési régióból ötben és tizenegy megyében szignifikáns mértékben süllyedt. A csökkenés mértéke országos átlagban (0,38 m) és az Alföldön (0,30 m) is szignifikáns mértékű volt.
- 3) Az 1981–2010 közötti periódusban a csapadék–hőmérséklet, valamint a talajvíz–hőmérséklet kombinált klímafaktorok ingadozása közel 50%-ban magyarázta az árpa és a búza termésátlagokét és közel kétharmad részben bizonyultak felelősnek a kukorica termésátlag-ingadozásában.
- 4) Míg a középhőmérséklet varianciái mindhárom gabona termésátlag varianciáival minden periódusban negatív irányú szignifikáns kapcsolatot alkottak, a csapadék-termésátlag kapcsolat döntően pozitív irányúnak bizonyult. Kivételt a csapadék és az árpa, valamint a búza nem szignifikáns mértékű negatív irányú kapcsolata jelent 1921–1950 között.
- 5) Míg a fentiekben idézett tanulmány szerint a búza termésátlag varianciák ca. egyharmadát határozza meg globális átlagban a klímavariabilitás, addig Magyarországon a búza termésátlag és a kombinált klimatikus tényező varianciái között mutatkozó statisztikai kapcsolat együtthatóinak átlaga > 0,46.
- 6) A csapadék és a hőmérsékleti változók, valamint a három gabona termésátlagai közötti statisztikai kapcsolat regionális szintű elemzése

időben változó mintázatú jelentős területi különbségeket tárt fel. Az 1921–1950 közötti időszakban az árpa és a búza termésátlagok az dunántúli régiókban mutattak erős kapcsolatot a hőmérsékleti változóval, míg az Alföldön alig volt kimutatható e kapcsolat erőssége. Az 1981–2010-re a regionális különbségek megfordultak, az árpa, a búza vonatkozásában a legerősebb kapcsolatok a dél-alföldi régióban mutatkoztak. Ekkor a középhőmérséklet varianciái szintén a dél-alföldi régióban magyarázták legnagyobb arányban a kukorica termésátlagok varianciáit.

- 7) A talajvízmélység havi átlagai és az éves termésátlagok között éven belül változó irányú kapcsolat mutatkozott az 1981–2010 közötti időszakban. Eszerint a vetést követően a májust megelőző hónapok talajvízátlagai és az éves termésátlagok között negatív és szinte minden esetben elhanyagolható mértékű lineáris összefüggés mutatkozott. Majd ettől eltérően, a vizsgálat a június–október időszak talajvízátlagai és a termésátlagok között minden növény esetében pozitív statisztikai kapcsolatot igazolt. Ez a pozitív kapcsolat a kukorica esetében a megyék felében és a régiók többségében szignifikáns mértékű és viszonylag szoros volt.
- 8) A regressziós egyenlettel elvégzett pontbecslés eredménye szerint az alföldi megyékben 100 mm augusztus–október közötti átlagos talajvízszint-emelkedés 1981–2010 között 0,25 t/ha kukorica terméshozamemelkedést okozhatott volna. Azonban a talajvízszint 1951–1980-ról 1981–2010-re történt táji átlagban 0,38 méteres szignifikáns mértékű süllyedése 30 éves átlagban 0,70 t/ha/év kukorica terméskiesést okozott.
- 9) Két módszerrel becsültem a felmelegedésnek betudható búza hozamcsökkenést. A legelterjedtebb pontbecsléses eljárást követve, a hőmérséklet-termésátlag regressziós egyenletek alapján 1 °C 1981–2010 közötti középhőmérséklet-emelkedés országos átlagban 10,91%-kal csökkentette az árpa, 12,17%-kal a búza és 16,46%-kal a kukorica terméshozamokat. Ez nagyjából kétszerese a globális átlagban 4,1–6,4%-os

mértékű búza termés hozam-csökkenésnek. Az elvárt termés hozamok alapján számított 1 °C felmelegedésnek betudható hozamcsökkenés értéktartománya 3,56–5,94%, tehát lényegében megfelel a globális átlagnak.

- 10) A Tiszavölgyben zajló árvízvédelmi nagyberuházás és két vizes élőhelyi restaurációs projekt egységnyi tározótéri kapacitásra vetített beruházási költségeinek összehasonlításával becslésem szerint a VTT megaprojektben egy egységnyi tározótéri kapacitás nagyjából tízszer magasabb beruházási költségen valósult meg, mint a restaurációs projektekben.
- 11) A vizes élőhelyek ökoszisztéma-szolgáltatásainak becsült értéke olyan win-win megoldásra nyújt lehetőséget, melyben a föld jövedelmezőségében érdekelt és a közösség számára többféle szolgáltatást nyújtó földhasználó, valamint az árvíz elleni védekezésben továbbá a környezetvédelemben érdekelt közösségi aktorok között erős érdekazonosság jön létre.
- 12) A gyenge vagy közepes agrökológiai adottságú, belvíznek kitett és erdőtelepítésre alkalmas területek kombinációjával (3. zóna) egy olyan területi típust sikerült lehatárolni, ahol a vízvisszatartás megvalósításával és egyéb ökoszisztéma-szolgáltatásokat is integráló erdőtelepítési és -fenntartási támogatások kialakításával jelentős mértékben növelhető a fátlan táj rendkívül alacsony (<4%) erdősültsége és csökkenthető a válságos helyzetű növénytermesztők száma.

4. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS A JAVASLATOK

Következtetésem szerint az ország déli, központi és nyugati régiói, ahol a leghidegebb és legmelegebb hónapok középhőmérsékleteinek 1981–2010 közötti átlagai a Dfb kategória felső küszöbérték közelében alakultak, már nem a kontinentális éghajlati öv tipikus területeihez, hanem annak átmeneti zónájába tartoznak (PEEL et al. 2007). Tekintettel a regionális előjelzésekre (PIECZKA et al. 2011) és a változás eddigi dinamikájára, joggal feltételezhetjük, hogy Magyarország területének többsége a módosított Köppen-Geiger biofizikai klasszifikációs rendszerben rövidesen az észak-mediterrán régiót jellemző Cfa klimatikus övbe tartozik majd (PEEL et al. 2007).

Következtetésem szerint az árpa és a búza esetében az előző év októbere és a tárgyév áprilisa, ill. a kukorica esetében a március és május közötti időszak negatív irányú talajvíz-termésátlag kapcsolat a talajvíz éven belüli tetőzési ciklusához igazodik. Ebben az időszakban az olvadékból, a tavaszi csapadékmaximumból, valamint a gyengébb intenzitású párolgásból adódóan a talajvízmélység egyes területeken oly mértékben megemelkedik, hogy az károsíthatja az elvetett gabonát. Ezt a félévet, de elsősorban a január–március közötti hónapokat tekintjük a belvízképződés legfontosabb időszakának. A dolgozatban ezt a negatív hatású jelenséget statisztikai tesztekkel sikerült megyei és régiós szinten lokalizálni. A vizsgálat eredménye arra is rámutat, hogy a tetőző talajvízszintek és ezzel összefüggésben a belvízelöntések csak elszigetelt lokális jelenségnek tekinthetők, negatív hatásuk a gabona termésátlagokra nézve megyei, ill. táji szinten lényegében elhanyagolható. Ezzel szemben a június–októberi talajvízszintek pozitív kapcsolata a gabona, de elsősorban a kukorica termésátlagokkal a talajvízszintek éven belüli csökkenő ciklusában mutatkozik. Ebben az időszakban, de különösen a július–szeptemberi periódusban a kukorica evapotranspiráció-nedvesség igény egyenlege többnyire negatív (LÁNG et al.

2006), vagyis nem áll elegendő csapadék a növények rendelkezésére. A klimatikus vízhiány pótlásában a talajvíznek meghatározó, egyes megyékben és hónapokban nélkülözhetetlen szerepe lehet. A talajvíz pozitív hatása a kukorica terméshozamaira nem csupán lokális jellegű, hiszen a pozitív irányú talajvízmélység és kukorica termésátlag kapcsolat a dél-alföldi régióban és nagytáji szinten is érvényes, statisztika eszközökkel jól kimutatható.

Tekintettel arra, hogy a dolgozatban bemutatott középhőmérséklet-csapadékösszeg kombinált magyarázó változó könnyen hozzáférhető ill. proxykkal kiváltható (KERN et al. 2016; DEMÉNY et al. 2017) adatokból előállítható és a dolgozatban vizsgált gabonák varianciáival több 30 éves periódusban is jól értékelhető összefüggést mutatott, használata gyenge adatellátottságú területeken vagy időszakokban is eredményes lehet (RUDGERS et al. 2018). Ezek a szempontok a bioklimatológiai vizsgálatok térben és időben való kiterjesztése szempontjából, valamint azért, hogy azonos módszertanra támaszkodó és egymással összehasonlítható vizsgálati eredményekhez juthassunk, mely a bioklimatológiai kutatások fontos törekvése (LIU et al. 2016), innovációs potenciált kölcsönöznek a bemutatott módszernek.

Elemzésem kiegészítette a klímaváltozás gabonatermésekre gyakorolt hatásaira vonatkozó országos és regionális szintű ismereteinket. Rámutatva arra, hogy a gabona terméshozamok felmelegedésnek való kitettsége a vizsgált 90 éves időszakban az Alföldön növekedett leginkább. Szakirodalmi példák alapján a következtetésem az, hogy az alföldi gabonatermesztés hőmérséklet-ingadozásának való fokozódó kitettsége az északi féltekén az Alfölddel lényegében azonos északi szélességi körön elhelyezkedő síkságokon szimptomatikus (RAMANKUTTY, FOLEY 1999; RAY et al. 2012). Az is megállapítható, hogy a hőmérsékletnek és az aszály ilyen robusztus mértékű negatív hatása komoly figyelmeztetést jelent a jövőre nézve. Fontos leszögezni,

hogy e termés kiesés arányok a 30 éves periódus minden évre becsült átlagok. Ez azt jelenti, hogy egyes termés kieséssel sújtott években a termés kiesés mértéke országosan a potenciális termésátlag akár 40%-át is elérheti (PINKE 2012). Észrevételem szerint a legnagyobb mértékű termés kiesések kivétel nélkül magas aszályindexszel jelzett aszályok éveiben fordultak elő.

A 20. század közepén kezdődött mezőgazdasági forradalom a klímátörténelem „egy kegyelmi időszakában” (SEWELL et al. 1968) javított a termésátlagokon, amikor a növekvő műtrágya- és kemikáлияfelhasználás, valamint gépesítés és növény nemesítés eredményei a mainál lényegesen előnyösebb klimatikus feltételekkel párosultak (CHLOUPEK et al. 2004). 1951–1980 között, amikor a mezőgazdaság produktivitása drámai mértékben javult, az éves és vegetációs időszaki hőmérsékleti átlagok és ennek a következtében az aszályindex szórásértékei, így a szórásnégyzetek értéktartománya a legalacsonyabb volt a vizsgált 90 éves időszakban. A termésátlagokkal negatív irányú összefüggésben álló hőmérsékleti tényezők és a hőmérséklet-gabona kapcsolatok regressziós együtthatóinak átlagai ebben a 30 éves időszakban voltak a legalacsonyabbak. Következtetésem szerint az árpa és a búza termésátlagaiban az 1981–2010 közötti időszakban tapasztalható stagnálás részben a szignifikáns mértékben növekedő vegetációs időszaki hőmérsékletnek és aszályintenzitásnak tudható be (LOBELL, FIELD 2007). A főirányú agroökonómiai diskurzus kizárólag szocio-ökonómiai tényezőkkel magyarázza a kelet-európai posztkommunista térségben az 1980-as évek során kibontakozó és hosszan elhúzódó mezőgazdasági válságot (HARCSA et al. 1998; SARRIS et al. 1999; MARTÍN-RETORTILLO PINILLA 2015). A gabonatermesztés klímaváltozásnak való kitettségeivel (OLESEN, BINDI 2002; TRNKA et al. 2017) és a gabonahozamok stagnálásának területi mintázatával foglalkozó összehasonlító elemzések (RAY et al. 2015), valamint e dolgozat eredményei alapján egyaránt indokoltnak tűnik, hogy e válság okai között környezeti tényezőket, nevezetesen klímahatást is említsünk.

A megfigyelt regionális tendenciák (SUTTON et al. 2013) és a felmelegedés mértékére vonatkozó előrejelzések (IPCC 2014) alapján a kelet-európai növénytermesztési ágazat globális kitekintésben súlyos kihívással néz szembe. A jelenkori klímaváltozás során hazánkat és szűkebb térségét a globális átlagnál gyorsabb ütemű felmelegedés (KROMP-POLB et al. 2014), a csapadékmennyiség és a meglévő víztartalékok csökkenése, az extrém időjárási események és elsősorban az aszályok intenzitásának és gyakoriságának szignifikáns mértékű növekedése sújtja. OLESEN, BINDI (2002) a jelenkori klímaváltozásnak az európai mezőgazdasági produktivitásra gyakorolt hatásairól szóló tanulmánya szerint a délkelet-európai régióban a hidroklimatikus kihívásokra és a felmelegedésre adható releváns válasz a mezőgazdaság extenzifikációja. Magyarország számára, ahol a szántóföldi állomány 40–45%-a aszálynak súlyosan kitett régióban és harmada vizes élőhelyek helyén található, a rendkívül sérülékeny antropogén tájstruktúra átalakítása és a hidroklimatikus szélsőségek enyhítését szolgáló táji funkciók helyreállítása különösképp indokolt (DE GROOT 2006; VGT 2015; NAS 2012; NÉS2 2013; NVS2).

Következtetésem szerint a magyarországi belvizes területek nagy értékű árvízvédelmi szolgáltatás potenciálja erős érdekeltségi viszony kialakítására kínál lehetőséget a földjeiken időszakos víztározást biztosító, így a közösség számára szolgáltatást nyújtó földhasználó és az árvíz elleni védekezésben továbbá a környezetvédelemben érdekelt közösségi aktorok között (EEA 2017). A dolgozatban feltárt pozitív talajvíz-gabona termésátlag kapcsolat egy további érvet szolgáltat a gyenge agrár adottságú belvizes területek megvalósítandó földhasználatváltás és vízvisszatartás mellett. Az eredmények alapján azzal számolhatunk, hogy a vizes élőhelyek helyreállítása révén megemelkedő talajvízszintek hatására a jó agroökológiai potenciállal jellemezhető területeken a kukorica terméseredmények szignifikáns mértékben megemelkednek.

Ahelyett, hogy a földhasználó közösségi (állami, önkormányzati és uniós) forrásból támogatott, de piaci alapon veszteségesen előállítható kereskedelmi árucikket termeljen, lehetőség van arra, hogy önmaga és a közösség számára is kézzelfogható hasznokat nyújtson. Néhány ilyen, elsősorban a biodiverzitás fenntartása területén nyújtott szolgáltatást ismer el és finanszíroz az EU agrár-környezetgazdálkodási támogatások vagy a hazai vidékfejlesztési politika erdőtelepítés és -fenntartás finanszírozásának formájában. Az ökoszisztéma-szolgáltatások többsége azonban, melyeket a földhasználó vizes élőhelyen nyújt a közösség számára többnyire kevésbé elismertek vagy alulfinanszírozottak (SWEENEY et al. 2004; CLARE et al. 2011; PENDLETON et al. 2016). Egy a mainál gazdasági és ökológiai értelemben is fenntarthatóbb földhasználati rendszer kialakítása során kevésbé elkerülhető annak az elvnek az érvényesítése, mely szerint ha a földhasználó a közösségi források finanszírozásával fenntartott a gabonatermelés maximalizására törekvő tevékenységével felhagy (HARDIN 1968) annak érdekében, hogy a közösség számára elismert és akár pénzben is kifejezhető ökoszisztéma-szolgáltatásokat, pl. árvízvédelmi, élelmiszertermelési vagy víztisztítási szolgáltatást közvetítsen, a közvetített hasznokból részesedni jogosult.

Az egykori árterek helyén belvizes területeken található védett társulások, különösen a többnyire roncsolt állapotú sztyepp erdő maradványok víztől függő élőhelyeken maradtak fenn (MOLNÁR et al. 2012). A környezetükben történő belvízelvezetés és a talajvízkészletek táji szintű csökkenése nagymértékben hozzájárul ezeknek az értékes, sok esetben egyedülálló közösségek degradációjához, csökkenti a védett és víztől függő életközösségek fennmaradási esélyeit, melyek restaurációja ökológiai, valamint környezetpolitikai szempontból sürgető és elkerülhetetlen (VGT 2010, 2015). Restaurációjuk során tekintettel kell lenni, hogy a foltszerűen, egymástól elszigetelten fennmaradt

víztől függő életközösségek között a szabályozás előtti érhálózatnak helyet biztosító késő pleisztocén és óholocén eredetű mederhálózatban a természetes vízellátása helyreálljon (GÁBRIS et al. 2012; LÓCZY et al. 2016). Utat nyitva természetes táji anyag- és energiafluxusoknak, és egyedek, valamint fajok vándorlását biztosítva (CLAIRE et al. 2010). Ezért a Nemzeti Ökológiai Hálózat korridorjai a fentiekben körvonalazott vízvédelmi zónarendszer fontos elemét képezik.

A zonális vízvédelmi földhasználati rendszer megvalósításával nagy kiterjedésű mocsarak, nedves gyepek és ártéri erdők jöhetnek létre döntően talajtípustól és vízellátottságtól függő primer produkciós potenciállal. A gyenge vagy közepes agrökológiai adottságú, belvíznek kitett és erdőtelepítésre alkalmas területek lehatárolásával és e területi kategóriában az egyéb ökoszisztéma-szolgáltatásokat is integráló erdőtelepítési és -fenntartási támogatások kialakításával jelentős mértékben növelhető a fátlan táj rendkívül alacsony (<4%) erdősültsége. Az elmúlt évtizedekben az Alföldön lebonyolított sikeres erdőtelepítési programok igazolják, hogy a vízvisszatartás kapcsán potenciálisan felmerülő földhasználati konfliktusok célzott támogatási programokkal jól kezelhetők (MGSZH 2009). Az árvízvédelmi és talajvízutánpótlási szolgáltatások mellett a természetközeli ártéri erdők magas értékű szénmegkötési, víztisztító és turisztikai szolgáltatásai szignifikáns mértékben emelhetik a telepítési és fenntartási támogatások összegét (JENKINS et al. 2010; MAES et al. 2012).

A vizsgált terület klimatikus kondíciói nem minden esetben engedik a telepített erdőségek záródását. A viszonylag alacsony éves és vegetációs időszaki csapadékösszegek, valamint a táj aszályérzékenysége mindenképp oka lehet a rendkívül alacsony erdősültségnek, hiszen azok a klimatikus kondíciók, melyek nem biztosítják nagyobb területű jó záródású erdei társulások létrejöttét, a fásszárú közösségek pusztulása esetén azok regenerálódását, visszaerdősülését is

csak időben elhúzódva biztosítják. Azonban a időszakos és mozaikszerű vízborítás helyreállításával az árterek intrazonális hatása olyan területeken is biztosíthatja erdők stabil fennmaradását, ahol a klimatikus kondíciók azt kevésbé biztosítanák (PÁLYI 2004; PINKE, SZABÓ 2012). Történeti példák igazolják, hogy a sekély vízborítás és a magas talajvízszintek jótékonyan támogatják biodiverz erdei-, gyümölcs és szőlőkultúrák kialakulását a napjainkban száraz és aszálynak fokozottan kitett tájon (GYULAI 2010).

5. A SZERZŐNEK AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉHEZ KAPCSOLÓDÓ PUBLIKÁCIÓI

5.1. Idegen nyelvű lektorált folyóiratcikk

PINKE ZS. (2014): Modernization and decline: an eco-historical perspective on regulation of the Tisza Valley, Hungary. *Journal of Historical Geography*, 45 92–105. p.

PINKE ZS., FERENCZI L., F. ROMHÁNYI B., GYULAI F., LASZLOVSZKY J., MRAVCSIK Z., PÓSA P., GÁBRIS G. (2017). Zonal assessment of environmental driven settlement abandonment in the medieval Trans-Tisza region, Central Europe. *Quaternary Science Review*, 157 98–113. p.

PINKE ZS., FERENCZI L., F. ROMHÁNYI B., LASZLOVSZKY J., POW S. (2017): Climate of doubt: a re-evaluation of Büntgen and Di Cosmo's environmental hypothesis for the Mongol withdrawal from Hungary, 1242 CE. *Scientific Reports*, 7 12695. doi:10.1038/s41598-017-12128-6

PINKE ZS., KISS M., LÖVEI L. G. (2018): Developing an integrated land use planning system on reclaimed wetlands of the Hungarian Plain using economic valuation of ecosystem. *Ecosystem Services*, (in print). doi: 10.1016/j.ecoser.2017.09.007

PINKE ZS., LÖVEI L. G. (2017): Increasing temperature cuts back crop yields in Hungary over the last 90 years. *Global Change Biology*, 12 5426–5435. p.

5.2. Idegen nyelvű lektorált könyvrészlet

FERENCZI L., LASZLOVSZKY J., PINKE ZS., SZABÓ P., VADAS A. (2018): Environmental conditions in medieval Hungary with special regard to its impact on the agricultural possibilities. In: NAGY B., LASZLOVSZKY J., SZABÓ P. (Szerk.): *Farmland and Economy in Medieval Hungary (East*

Central and Eastern Europe in the Middle Ages, 450–1450). Brill, Leiden–Boston. (in print)

5.3. Lektorált magyar nyelvű folyóiratcikk

PINKE ZS. (2012): A költség alapú értékelés és a szabályozó ökoszisztéma szolgáltatások szerepe a belvizes területek vizes élőhelyé alakításában. *Természetvédelmi Közlemények*, 18 425–434. p.

PINKE ZS. (2012). Aszály-, belvízkárok és az árvízvédelmi ökoszisztéma szolgáltatás értékelésének szerepe a belvizes területek vizes élőhelyé alakításában. *Tájökológiai Lapok*, 10 271–286. p.

PINKE ZS., SZABÓ B. (2012): Fásszárú növényzettel borított területek változásai a Hortobágy–Sárréten az elmúlt ezer évben. *Helynévtörténeti tanulmányok*, 8 141–150. p.

5.4. Konferenciaticikk idegen nyelvű

Pinke Zs. (2010): The Role of Floodplain Rehabilitation in the Danube Strategy
In: BÁLINT G., DOMONKOS M. (Szerk.): „Development and tradition in water sciences”. XXVth Conference of the Danubian Countries on the Hydrological Forecasting and Hydrological Bases of Water Management. Budapest, Magyarország, 2011.06.16-2011.06.17. CD/Paper 5_06. VITUKI, Budapest. ISBN:978-963-511-151-0

PINKE ZS. (2010): Chapter on the Preparation of the Area Planning Program Titled Floodplain Rehabilitation Model in Hortobágy-Sárrét. 1 207–224. p.
In: BUDAY-SÁNTHA A., GUNSZT K., HORVÁTH M., MILOVECZ Á., PÁGER B., TÓTH Z. (Szerk.): „Féldőben” c. konferencia, közép-európai terület-, település-, vidék- és környezetfejlesztéssel foglalkozó doktori iskolák találkozója 1–3. Pécsi Tudományegyetem Közgazdasági Kar, Pécs.

5.5. Konferenciacikk magyar nyelvű

Benő D., Pinke Zs. (2011): Ártér rehabilitáció célterületeinek leválogatása fuzzy módszerrel a Hortobágy-Sárréten. 271–278. p. In: Lóki, J. (Szerk.): *Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában: II. Térinformatikai Konferencia és Szakkiállítás*. Debreceni Egyetem, Debrecen.

PINKE ZS. (2010): Tájérténet-tájrehabilitáció, kutatás-tervezés. 1 172–190. p. In: BUDAY-SÁNTHA A., GUNSZT K., HORVÁTH M., MILOVECZ Á., PÁGER B., TÓTH Z. (Szerk.): *„Félidőben” c. konferencia, közép-európai terület-, település-, vidék- és környezetfejlesztéssel foglalkozó doktori iskolák találkozója 1–3*. Pécsi Tudományegyetem Közgazdasági Kar, Pécs.

PINKE ZS. (2012): Ökoszisztéma szolgáltatások és természeti tőke értékelésének szerepe a területi tervezésben. 169–182. p. In: REISINGER A. (Szerk.): *Szent István Egyetem Regionális- és Gazdaságtudományi Doktori Iskola Évkönyve*. Szent István Egyetem, Győr.

PINKE ZS., F., ROMHÁNYI B., GRÓNÁS V., MRAVCSIK Z., PÓSA P., GYULAI F. (2017): A hajdúsági várostérség agroökológiai adottságai. 105–144. p. In: KENYERES I. (Szerk.): *Urbs Várostörténeti Évkönyv X–XI*. Fővárosi Levéltár, Budapest.

5.6. Konferencia összefoglaló angol nyelvű

PINKE ZS., F. ROMHÁNYI B., GÁBRIS GY., GYULAI F., MRAVCSIK Z., PÓSA P., FERENCZI L. (2016): Adaptation and rise: Little Ice Age challenges and social responses on the Trans-Tisza Region (Hungary). In: *Geophysical Research Abstracts*, 18, Paper EGU2016-1028-1. EGU General Assembly 2016. Bécs, Ausztria: 2016.04.17–2016.04.22.

- PINKE ZS. (2015): Land use response to the climate change in the Great Hungarian Plain? 283–284. p. In: *Our common future under climate change: International scientific conference. Párizs, Franciaország, 2015.07.07–2015.07.10. Abstract book.* UNESCO, Párizs.
- PINKE ZS. (2015): Climate-Driven Change of Arable Lands in the Great Hungarian Plain over the Last Century. *ESEH's 8th biennial conference, Versailles, 2015.06.30–2015.07.03.*
- PINKE ZS. (2015): Hypothesis on the relation between the late humid period of the Little Ice Age and the culmination of the Hungarian arable lands. 101. p. In: *Climate variability and human impacts in Central and Eastern Europe during the last two millennia. Gdansk, Lengyelország, 2015.06.17-19. Abstracts book.*
- PINKE ZS. (2013): Water protection zone system concept: implementation of the Hungarian River Basin Plan measures in areas exposed to excess surface water. 62. p. In: ZIMMERMANN Z., SZABÓ G. (Szerk.): *VIII. Kárpát-medencei Biológiai Szimpózium - I. Fenntartható fejlődés a Kárpát-medencében nemzetközi konferencia. Budapest, Magyarország, 2013.11.21-23. Absztraktkötet, Szent István Egyetem, Gödöllő.*
- PINKE ZS. (2011): The Role of Floodplain Rehabilitation in the Danube Strategy. 291. p. In: HABERSACK H., SCHOBBER B., WALLING D. (Szerk.): *International Conference on the Status and Future of the World's Large Rivers: WLR Abstract Book.* Bécs, Ausztria, 2011.04.11–2011.04.14. BOKU, Bécs.
- PINKE ZS. (2011): Floodplain Rehabilitation Model in Hortobágy-Sárrét. 38. p. In: RHODRI P. T. (Szerk.): *Proceedings of the Global Forum on Salinization and Climate Change (GFSCC2010).* Valencia, Spanyolország, 2010.10.25-2010.10.29. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), RÓMA.

5.7. Konferencia összefoglaló magyar nyelvű

PINKE ZS. (2014): Vízvédelmi zónarendszer koncepció: Az Országos Vízügyi-gazdálkodási Terv belvizes területeken végrehajtandó intézkedéseinek megvalósítása. 103. p. In: LENGYEL SZ. (Szerk.): *IX. Magyar Természetvédelmi Biológiai Konferencia: "Tudományoktól a döntéshozatalig"*. Szeged, 2014.11.20-23. *Absztraktkötet*. Magyar Biológiai Társaság, Szegedi Tudományegyetem Ökológiai Tanszék, MTA Ökológiai Kutatóközpont, Budapest.

TÖRÖK K., HALASSY M., CSECSERITS A., SZITÁR K., DIMITRIEVITS D., DEZSÉNYI P., SOMODI I., KÖVENDI-JAKÓ A., PINKE ZS. (2014): Pusztai tölgyes – gyepmozaik rekonstrukció iparterületen: a nyíregyházi LEGO projekt. 131. p. In: LENGYEL SZ. (Szerk.): *IX. Magyar Természetvédelmi Biológiai Konferencia: "Tudományoktól a döntéshozatalig"*. Szeged, 2014.11.20-23. *Absztraktkötet*. Magyar Biológiai Társaság, Szegedi Tudományegyetem Ökológiai Tanszék, MTA Ökológiai Kutatóközpont, Budapest.

PINKE ZS. (2012): Az elmúlt 100 esztendő aszály- és belvízkárainak statisztikai értékelése. „*A mindennapi élet változásai és ennek politikai és gazdasági aspektusai a 19-20. században*” c. konferencia. *ELTE BTK, Budapest, 2012. november 22*

PINKE ZS. (2012): Az elmúlt évszázad aszály- és belvízkárainak statisztikai értékelése. 181. p. In: NYÁRI D. (Szerk.): *Kockázat – Konfliktus – Kihívás: A VI. Magyar Földrajzi Konferencia, a MERIEXWA nyitókonferencia és a Geográfus Doktoranduszok Országos Konferenciája., 2012.09.05-07. Absztrakt kötet*. SZTE TTIK Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Szeged.

PINKE ZS. (2012): Tájrehabilitáció lehetőségeinek vizsgálata a Rákos-patak vízgyűjtőjén. In: *9. Magyar Ökológus Kongresszus, Hotel Helikon, Keszthely - 2012. szeptember 5-7.*

Erdőtörténet az erdősítés szolgálatában a Hortobágy-Sárréten. *KITAIBELIA*, 17, (Aktuális Flóra- és Vegetációkutatás a Kárpát-medencében IX. Nemzetközi konferencia. Gödöllő, Magyarország: 2012.02.24-2012.02.26. absztraktkötete) 137. p.

PINKE ZS. (2012): Isaszegi örökségi tanösvény. *KITAIBELIA*, 17, (Aktuális Flóra- és Vegetációkutatás a Kárpát-medencében IX. Nemzetközi konferencia. Gödöllő, Magyarország: 2012.02.24-2012.02.26. absztraktkötete) 138. p.

6. IRODALOMJEGYZÉK

- AUER I., BÖHM R., JURKOVIC A., LIPA W., ORLIK A., POTZMANN R., SCHÖNER W., UNGERSBÖCK M., MATULLA C., BRIFFA K., JONES P., EFTHYMIADIS D., BRUNETTI M., NANNI T., MAUGERI M., MERCALLI L., MESTRE O., MOISSELIN J.-M., BEGERT M., MÜLLER-WESTERMEIER G., KVETON V., BOCHNICEK O., STASTNY P., LAPIN M., SZALAI S., SZENTIMREY T., CEGNAR T., DOLINAR M., GAJIC-CAPKA M., ZANINOVIC K., MAJSTOROVIC Z., NIEPLOVA E. (2007): HISTALP – historical instrumental climatological surface time series of the Greater Alpine Region. *International Journal of Climatology*, 27 17–46. p. DOI: 10.1002/joc.1377
- ÁCS F., BREUER H. (2012): Biofizikai éghajlat-osztályozási módszerek. ELTE TTK, Budapest, 244 p.
- BARNÁNÉ BELÉNYESI M. (2006): *Magas Természeti Értékű Mezőgazdasági Területek Lehatárolása Térinformatikai Módszerekkel*. Ph.D. értekezés. Szent István Egyetem.
- BIRÓ SZ. 2009. A földjelzalog–hitelezés intézményrendszere és alkalmazási lehetőségei a magyar mezőgazdaságban. Ph.D értekezés. Szent István Egyetem, Gödöllő, 181 p.
- BRANDER L. M., FLORAX R. J. G. M., VERMAAT J. E. (2006): The Empirics of Wetland Valuation: A Comprehensive Summary and a Meta-Analysis of the Literature. *Environmental and Resource Economics*, 33 223–250. p.
- BUREAU J.-C. DISDIER A.-C., EMLINGER C., FOURÉ J., FELBERMAYR G., FONTAGNÉ L., JEAN S. (2014): Risks and opportunities for the EU agri-food sector in a possible EU-US trade agreement. Structural and Cohesion Studies. European Parliament, Policy Department B, Brussels, 154 p.
- CABRAL P. FEGER C., LEVREL H., CHAMBOLLE M., BASQUE D. (2016): Assessing the impact of land-cover changes on ecosystem services: A first

- step toward integrative planning in Bordeaux, France. *Ecosystem Services*, 22 318–327. p.
- CANTY A., RIPLEY B. (2017): boot: Bootstrap R (S-Plus) functions. R package version 1.3-19. (<https://cran.r-project.org/web/packages/boot/boot.pdf>)
Lekérdezés időpontja: 2016.04.10.
- CEGLAR A., TORETI A., LECERF R., VAN DER VELDE M., DENTENER F. (2017): Impact of meteorological drivers on regional inter-annual crop yield variability in France. *Agricultural and Forest Meteorology*, 216 58–67. p.
doi.org/10.1016/j.agrformet.2015.10.004
- CENTERI CS., BELÉNYESI M., HALÁSZ T., KRISTÓF D., MAGYARI J., NEIDERT D., PATAKI R., PODMANICZKY L., SCHNELLER K. (2006): Magyarország ökotípusos földhasználati vizsgálata: Agráralkalmassági-környezetérzékenységi elemzés Magyarország területére. Környezet- és Tájgazdálkodási Tervező Iroda, Gödöllő, 34 p.
- CHLOUPEK O., HRSTKOVAA P., SCHWEIGERT P. (2004): Yield and its stability, crop diversity, adaptability and response to climate change, weather and fertilisation over 75 years in the Czech Republic in comparison to some European countries. *Field Crops Research*, 85 167–190. p.
doi:10.1016/S0378-4290(03)00162-X
- CLAIRE S., VAN DER HOEK D. C. J., VONK M. (2010): Spatial planning of a climate adaptation zone for wetland ecosystems. *Landscape Ecology*, 25 1465–1477. p. DOI 10.1007/s10980-010-9535-5
- CLARE S., KROGMAN N., FOOTE L., LEMPHERS N. (2011): Where is the avoidance in the implementation of wetland law and policy? *Wetlands Ecology and Management*, 19 165–182. p.
- DAVISON A. C., HINKLEY D. V. (1997): *Bootstrap Methods and Their Applications*. Cambridge University Press.

- DE GROOT R. S., WILSON M. A., BOUMANS R. M. J. (2002): A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics* 41, 393–408. p.
- DE GROOT R. S., ALKEMADE R., BRAAT L., HEIN L., WILLEMEN L. (2010): Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making. *Ecological Complexity*, 7 260–272. p.
- DEMÉNY A. KERN Z., CZUPPON GY., NÉMETH A., SCHÖLL-BARNA G., SIKLÓSY Z., LEÉL-OSSY SZ., COOK G., SERLEGI G., BAJNÓCZI B., SÜMEGI P., KIRÁLY Á., KISS V., KULCSÁR G., BONDÁR M. (2017): Middle Bronze Age humidity and temperature variations, and societal changes in East-Central Europe. *Quaternary International* (in press) DOI10.1016/j.quaint.2017.11.023
- DOORENBOS J., KASSAM A. H., BENTVELSEN C. L. M. (1986): Yield response to water. FAO, Róma, 193 p.
- EEA (European Environment Agency). [2017]: Green infrastructure and flood management: Promoting cost-efficient flood risk reduction via green infrastructure solutions. Luxemburg, 156. p.
- FÁBIÁN Á. P., MATYASOVSKY I. (2010): Analysis of climate change in Hungary according to an extended Köppen classification system, 1971–2060. *Időjárás*, 114 251–261. p.
- FOX J. (2005): The R Commander: A Basic-Statistics Graphical User Interface to R. *The Journal of Statistical Software*, 14 1–42. p. DOI:10.18637/jss.v014.i09
- Földművelésügyi Minisztérium [2012]: Nemzeti Aszálystratégia. Budapest.
- GÁBRIS GY., HORVÁTH E., NOVOTHNY A., RUSZKICZAY-RUDIGER ZS. (2012): FLUVIAL AND AEOLIAN LANDSCAPE EVOLUTION IN HUNGARY E RESULTS OF THE LAST 20 YEARS RESEARCH.

- NETHERLANDS JOURNAL OF GEOSCIENCES*, 91 111E128. DOI: 10.1017/S0016774600001530.
- GYULAI F. (2010): Archaeobotany in Hungary: Seed, Fruit and Beverage Remains in the Carpathian Basin from the Neolithic to the Late Middle Ages. *Archaeolingua*, Budapest, 478 p.
- HARCSA I., KOVÁCH I., SZELÉNYI I. (1998): The Hungarian agriculture ‘miracle’ and the limits of socialist reforms. 21–42. p. In: SZELÉNYI I. (Szerk.): *Privatizing the Land: Rural Political Economy in Post-Communist Societies*. Routledge, London, New York.
- HARDIN G. (1968): The Tragedy of the Commons. *Science*, 162 1243–1248. p. DOI: 10.1126/science.162.3859.1243
- IFTEKHAR M. S., POLYAKOV M., ANSELL D., GIBSON F., KAY G. H. (2016): How economics can further the success of ecological restoration. *Conservation Biology*, 31 261–268. p.
- IPCC (2014): Annex II: glossary. 117–130. p. In: MACH K. J., PLANTON S., VON STECHOW C. (Szerk.): *Climate change 2014: synthesis report*. IPCC, Geneva.
- ILONCZAI ZS. (2014): Klaszter-analízis és alkalmazásai. MSc értekezés. Eötvös Lóránd Tudományegyetem, Budapest, 76 p.
- IVÁNYI A. (2005): Informatikai algoritmusok 2. ELTE Eötvös Kiadó, Budapest. p. 767.
- JONES, P. D. (2015): CRU TS3.23: Climatic Research Unit (CRU) Time-Series (TS) Version 3.23 of High Resolution Gridded Data of Month-by-month Variation in Climate (Jan. 1901- Dec. 2014): Leeds, UK: Centre for Environmental Data Analysis. doi:10.5285/4c7fdfa6-f176-4c58-acee-683d5e9d2ed5. Lekérdezés időpontja: 2016.11.12.
- KERN Z., NÉMETH A., HOROSZNÉ GULYÁS M., POPA I., LEVANIČ T., HATVANI I. G. (2016): Natural proxy records of temperature- and hydroclimate variability with annual resolution from the Northern Balkan–

Carpathian region for the past millennium – Review, recalibration. *Quaternary International*, 415 109–125. p. DOI10.1016/j.quaint.2016.01.012

- KOHLHEB N., PODMANICZKY L., SKUTAI J. (2009): Magyarország felszínborítottságának lehetőségei az éghajlatvédelemben. Ökológiai Intézet a Fenntartható Fejlődésért Alapítvány, Miskolc. 75 p.
- KOLTAI G. (2003): A talajvíz és talajnedvesség, valamint a tápanyagellátás hatása a növénytermesztési hozamokra a Szigetközben. Ph.D értekezés. Veszprémi Egyetem, Mosonmagyaróvár, 208 p.
- KOZÁK P., PÁLFAI I., HERCEG Á. (2012): A Pálfa-féle aszályindex (PAI) alkalmazhatóságának kiterjesztése a délkelet-európai régióra (Palfai Drought Index (PaDI). 21–26. p. In: BIHARI Z. (Szerk.): *DélkeletEurópai Aszálykezelési Központ – DMCSEE projekt. Összefoglaló a projekt eredményeiről (Summary of Southeast European Drought Management Centre – DMCSEE project)*. Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest.
- KROMP-POLB H., NAKICENOVIC N., STEININGER K., GOBIET A., KÖPPL A., PRETTENTHALER F., STÖTTER J., SCHNEIDER J., FORMAYER H. (Szerk.): (2014): Austrian Assessment Report Climate Change 2014 (AAR14) Summary for Policymakers and Synthesis: Austrian Panel on Climate Change (APCC) Austrian Assessment Report 2014 (AAR14). Austrian Academy of Sciences Press, Bécs, 1096 p.
- KRONMAL R. A. (1993): Spurious Correlation and the Fallacy of the Ratio Standard Revisited. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (Statistics in Society)*, 156 379–392. p. DOI: 10.2307/2983064
- LÁNG I., CSETE L., JOLÁNKAI M. (2006): A globális változás: hazai hatások és válaszok – VAHAVA zárójelentés. Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium, Magyar Tudományos Akadémia, Budapest.
- LIU B. SENTHOLD ASSENG, CHRISTOPH MÜLLER, FRANK EWERT, JOSHUA ELLIOTT, DAVID B. LOBELL, PIERRE MARTRE, ALEX C.

- RUANE, DANIEL WALLACH, JAMES W. JONES, CYNTHIA ROSENZWEIG, PRAMOD K. AGGARWAL, PHILLIP D. ALDERMAN, JAKARAT ANOTHAI, BRUNO BASSO, CHRISTIAN BIERNATH, DAVIDE CAMMARANO, ANDY CHALLINOR, DELPHINE DERYNG, GIACOMO DE SANCTIS, JORDI DOLTRA, ELIAS FERERES, CHRISTIAN FOLBERTH, MARGARITA GARCIA-VILA, SEBASTIAN GAYLER, GERRIT HOOGENBOOM, LESLIE. A. HUNT, IZAURRALDE R. C., JABLOUN M., JONESBB C. D., KERSEBAUM K. C., KIMBALL B. A., KOEHLERS A-K., KUMAR S. N., NENDEL C., O'LEARY G., OLESEN J. E., OTTMAN M. J., PALOSUO T., VARA PRASAD P.V., PRIESACK E., PUGHLL T. A. M., REYNOLDS M., REZAEID E. E., RÖTTER R. P., SCHMID E., SEMENOV M. A., SHCHERBAK I., STEHFEST E., CLAUDIO O. STÖCKLE C. O., STRATONOVITCH P., STRECK T., SUPIT I., TAORR F., THORBURN P., WAHA K., WALL G. W., WANG E., WHITE J. W., WOLF J., ZHAO Z., ZHU Y. (2016): Similar estimates of temperature impacts on global wheat yield by three independent methods. *Nature Climate Change*, 6 1130–1136. p. doi:10.1038/nclimate3115
- LOBELL D., FIELD C. (2007): Global scale climate–crop yield relationships and the impacts of recent warming. *Environmental Research Letters*, 2 014002. doi:10.1088/1748-9326/2/1/014002
- LÓCZY D., DEZSŐ J., RONCZYK L. (2016): Floodplain rehabilitation projects in Hungary: Case studies from the Danube, Tisza, Körös and Drava rivers. *Bulletin of the Serbian Geographical Society*, 96 1–10. p.
- LUO Q. (2011): Temperature thresholds and crop production: a review. *Climatic Change*, 109 583–598. p. DOI 10.1007/s10584-011-0028-6
- MARTÍN-RETORTILLO M., PINILLA V. (2015): On the causes of economic growth in Europe: Why did agricultural labour productivity not converge

- between 1950 and 2005? *Climetrica*, 9 359–396. p. DOI 10.1007/s1 1698-014-0119-5
- MENYHÉRT Z. (1985): A kukorica termesztés kézikönyve. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 560 p.
- MGSZH KÖZPONT ERDÉSZETI IGAZGATÓSÁG REGIONÁLIS ÉS ZÖLDÖVEZETI TERVEZŐ OSZTÁLY. (2009): Országos erdőtelepítési terv felülvizsgálata. Balatonfüred.
- MOLNÁR ZS., BIRÓ M., BARTHA S., FEKETE G. (2012): Past Trends, Present State and Future Prospects of Hungarian Forest-Steppes. 209–252. p. In: WERGER M. J. A., VAN STAALDUINEN M. A. (Szerk.): *Eurasian Steppes. Ecological Problems and Livelihoods in a Changing World*. Springer, Dordrecht, New York.
- Nemzeti Fejlesztési Minisztérium Nemzeti Alkalmazkodási Központ Főosztály [2013]: Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia 2014–2025. Budapest.
- NEWMAN J. (2016, March 29): USDA Expected to Project Growing Crop Stockpiles. *Wall Street Journal*.
- NICHOLLS N. (1997): Increased Australian wheat yield due to recent climate trends. *Nature*, 387 484–485. p. DOI: 10.1038/387484a0
- OERKE E. C., DEHNE H. W. (2004): Safeguarding production—losses in major crops and the role of crop protection. *Crop Protection*, 23 275–285. p. doi:10.1016/j.cropro.2003.10.001
- OLESEN J. E., BINDI M. (2002): Consequences of climate change for European agricultural productivity, land use and policy. *European Journal of Agronomy*, 16 239–262. p.
- PÁLFAI I. (2004): Belvizek és Aszályok Magyarországon – Hidrológiai tanulmányok. VITUKI, Budapest.
- PÁLFAI I. (2006): Belvízgyakoriság és belvízkárok Magyarországon. *Hidrológiai Közlöny*, 86 25–26. p.

- PÁLFAI, I. (2009): Aszályos évek a Kárpát-medencében a 18-20. században. „Klíma-21” Füzetek: Klímaváltozás – Hatások – Válaszok, 57 107–112. p.
- PÁLFAI I. (2011): Aszályos évek az Alföldön 1931–2010 között. 87–96. p. In: RAKONCZAI J. (Szerk.): *Környezeti változások és az Alföld*. Nagyalföld Alapítvány, Békéscsaba.
- PÁLYI Z. (2004): Szatmár éghajlati adottságai a terület erdősítése szempontjából. *Erdő és Klíma*, 4 921–928. p.
- PEEL M. C., FINLAYSON B. L., MCMAHON T. A. (2007): Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrology and Earth System Sciences*, 11 1633–1644. p.
- PENDLETON, L. H. THÉBAUD O., MONGRUEL R. C., LEVREL H. (2016): Has the value of global marine and coastal ecosystem services changed? *Marine Policy*, 64 156–158. p.
- PEPÓ P., SÁRVÁRI M. (2011): Gabonanövények termesztése. Debreceni Egyetem, Debrecen, 143 p.
- PETERSON T. C. KARL T. R., JAMASON P. F., KNIGHT R., EASTERLING DAVID R. (1998): First difference method: Maximizing station density for the calculation of long-term global temperature change. *Journal of Geophysical Research*, 103 25967–25974. p.
- PIECZKA I., PONGRÁCZ R., BARTHOLY J. (2011): Expected trends of regional climate change for the Carpathian Basin for the 21st century. *International Journal of Environment and Pollution*, 46 6–17. p.
- PINKE ZS. (2012): ASZÁLY-, belvízkárok és az árvízvédelmi ökoszisztéma-szolgáltatás értékelésének szerepe a belvizes területek vizes élőhelyé alakításában. *Tájökológiai Lapok*, 10 271–286. p.
- PINKE ZS., KISS M., LÖVEI L. G. (2018): Developing an integrated land use planning system on reclaimed wetlands of the Hungarian Plain using economic valuation of ecosystem. *Ecosystem Services*, (in print). [doi: 10.1016/j.ecoser.2017.09.007](https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.09.007)

- PINKE ZS., LÖVEI L. G. (2017): Increasing temperature cuts back crop yields in Hungary over the last 90 years. *Global Change Biology*, 12 5426–5435. p. DOI: 10.1111/gcb.13808
- PINKE ZS., SZABÓ B. (2012): Fásszárú növényzettel borított területekváltozásai a Hortobágy–Sárréten az elmúlt ezer évben. *Helynévtörténeti Tanulmányok*, 8 141–150. p.
- RAMANKUTTY N., FOLEY J. A. (1999): Estimating historical changes in global land cover: Croplands from 1700 to 1992. *Global Biogeochemical Cycles*, 13 997–1027. p. DOI: 10.1029/1999GB900046
- RAY K. D., GERBER J. S., MACDONALD G. K., WEST P. C. (2015): Climate variation explains a third of global crop yield variability. *Nature Communications*, 6 5989. DOI: 10.1038/ncomms6989
- RAY K. D., RAMANKUTTY N., MUELLER N. D., WEST P. C., FOLEY J. A. (2012): Recent patterns of crop yield growth and stagnation. *Nature Communications*, 3 1293. doi:10.1038/ncomms2296
- REICZIGEL, J., HARNOS, A., SOLYMOSI, N. (2014) Biostatistika nem statisztikusoknak. Pars, Nagykovácsi, 463 p.
- RÉTHLY A. (1933): Kísérlet Magyarország klímaterképének szerkesztésére a Köppen-féle klímabeosztás értelmében. *Időjárás*, 9 105–115. p.
- RUDGERS J. A., CHUNG, MAURER G. E., MOORE D. I., MULDAVIN E. H., LITVAK M. E., COLLINS S. L. (2018): Climate sensitivity functions and net primary production: A framework for incorporating climate mean and variability. *Ecology*, (in print). DOI: 10.1002/ecy.2136
- RUSSELL R. J. (1931): Dry climates of the United States: I climatic map. *Johnson Reprint Corp*, 5 1–41. p.
- SARRIS A. H., DOUCHA T., MATHIJS E. (1999): Agricultural restructuring in central and eastern Europe: implications for competitiveness and rural development. *European Review of Agricultural Economics*, 26 305–329. p. doi: 10.1093/erae/26.3.305

- SCHAUBROECK T., DECKMYN G., GIOT O., CAMPIOLI M., VANPOUCKE C., VERHEYEN K., RUGANI B., ACHTEN W., VERBEECK H., DEWULF J., MUYS B. (2016): Environmental impact assessment and monetary ecosystem service valuation of an ecosystem under different future environmental change and management scenarios; a case study of a Scots pine forest. *Journal of Environmental Management*, 173 79–94. p. doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.03.005
- SEWELL W. R., KATES R., PHILLIP L. E. (1968): Human response to weather and climate: geographical contribution. *Geographical Review*, 58 262–280. p. DOI: 10.2307/212438
- SOMLYÓDY L. 2011. Quo vadis hazai vízgazdálkodás? Stratégiai összefoglalás. 9–84. p. In: SOMLYÓDY L. (Szerk.): *Magyarország vízgazdálkodása: helyzetkép és stratégiai feladatok*. MTA Köztisztviselői stratégiai feladatok. MTA, Budapest.
- SPILOPOULOS O. (2017): The EU-Ukraine Association Agreement As A Framework Of Integration Between The Two Parties. *Procedia Economics and Finance*, 9 256–263. p. doi: 10.1016/S2212-5671(14)00027-6
- SUGGITT A. J., PLATTS I. J., BARATA I. M., BENNIE J. J., BURGESS M. D., BYSTRIAKOVA N., DUFFIELD S., EWING S. R., GILLINGHAM P. K., HARPER A. B., HARTLEY A. J., HEMMING D. L., MACLEAN I. M. D., MALTBY K., MARSHALL H.ARRY H., MORECROFT M. D., PEARCE-HIGGINS J. W., PEARCE-KELLY P., PHILLIMORE A. B., PRICE J. T., PYKE A., STEWART J. E., WARREN R., HILL J. K. (2017): Conducting robust ecological analyses with climate data. *Oikos*, 126 1533–1541. p. doi: 10.1111/oik.04203
- SUTTON W. R., SRIVASTAVA J. P., NEUMANN J. E., STRZYZPEK, K. M., BOEHLERT B. B (2013): Reducing the Vulnerability of the Former Yugoslav Republic of Macedonia’s Agricultural Systems to Climate

Change. Impact Assessment and Adaptation Options. The World Bank, Washington, DC.

SUZUKI R., SHIMODAIRA H. (2006): PvcIust: an R package for assessing the uncertainty in hierarchical clustering. *Bioinformatics*, 22 1540–1542. p. DOI: 10.1093/bioinformatics/btl117

SWEENEY B. W. BOTT T. L., JACKSON J. K., KAPLAN L. A., NEWBOLD J. D., STANDLEY L. J., HESSION W. C., HORWITZ R. J. (2004): Riparian deforestation, stream narrowing, and loss of stream ecosystem services. *PNAS*, 101 14132–14137. p. doi: 10.1073/pnas.0405895101

SZALAI S., KONKOLYNÉ BIHARI Z., LAKATOS M., SZENTIMREY T. (2005): Magyarország éghajlatának néhány jellemzője 1901-től napjainkig. Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest.

SZELEPCSÉNYI Z. BREUER H., ÁCS F., KOZMA I. (2009): Biofizikai klímaklasszifikációk (2. rész: magyarországi alkalmazások). *Légkör*, 54 18–22. p.

SZILÁGYI F. (2005): Mérnökökológia. Egyetemi jegyzet. Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Építőmérnöki Kar Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszék, Budapest.

TRNKA M., OLESEN J. E., KERSEBAUM K. C., SKJELVÅG A. O., EITZINGER J., SEGUIN B., PELTONEN-SAINIO P., RÖTTER R., IGLESIAS A., ORLANDINI S., DUBROVSKÝ M., HLAVINKA P., BALEK J., ECKERSTEN H., CLOPPET E., CALANCA P., GOBIN A., VUČETIĆ V., NEJEDLIK P., KUMAR S., LALIC B., MESTRE A., F. ROSSI, KOZYRA J., ALEXANDROV V., SEMERÁDOVÁ D., ŽALUD Z. (2011): Agroclimatic conditions in Europe under climate change. *Global Change Biology*, 17 2298–2318. p. doi: 10.1111/j.1365-2486.2011.02396.x

TRNKA M., OLESEN J. E., KERSEBAUM K. C., RÖTTER R. P., BRÁZDIL R., EITZINGER J., JANSEN S., SKJELVÅG A. O., PELTONEN-SAINIO P., HLAVINKA P., BALEK J., ECKERSTEN H., GOBIN A., VUČETIĆ

- V., DALLA MARTA A., ORLANDINI S., ALEXANDROV V., SEMERÁDOVÁ D., ŠTEĚPÁNEK P., SVOBODOVÁ E., RAJDL K. (2017): Changing regional weather–crop yield relationships across Europe between 1901 and 2012. *Climate Research*, 70 195–214. p. doi: 10.3354/cr01426
- TROUET V., VAN OLDENBORGH G. J. (2013): KNMI Climate Explorer: a web-based research tool for high-resolution paleoclimatology. *Tree Ring Research*, 69 3–13. p. doi: 10.3959/1536-1098-69.1.3
- Vidékfejlesztési Minisztérium [2012]: Nemzeti Vidékstratégia 2012–2020. Budapest.
- Vidékfejlesztési Minisztérium [2013]: Nemzeti Vízügyi Stratégia. Budapest.
- VINOGRADOV S. (2009): Szántóföldek komplex közgazdasági értékelése Magyarországon. Ph.D értekezés. Szent István Egyetem, Gödöllő, 151 p.
- Vízügyi és Környezetvédelmi Központi Igazgatóság [2010]: Magyarország Vízyűjtő-gazdálkodási Terve. Budapest.