

Fásítási alkalmassági modell klíma- és talajtani tényezők alapján

Esettanulmány a Körösök völgyéből

Duray Balázs¹

A CsabaPark parkerdő állományképe drónfelvételen. A lombkoronában megjelenő mozaikosság a száraz évek hatására kialakuló vitalitáscsökkenést jelzi

A délkelet-magyarországi térségben az elmúlt években jelentősen nőtt az aszályos időszakok hossza és intenzitása, ami egyre erősebben befolyásolja a fás vegetáció telepíthetőségét és hosszú távú életképességét. Az éghajlatváltozás következtében fokozódó vízhiány és a szélsőséges aszályok egyre nagyobb kihívást jelentenek Magyarország erdőtelepítési és fásítási programjai számára.

Tanulmányunk célja egy olyan adatvezérelt, térinformatikai alapú alkalmassági modell bemutatása, amely a klíma-, talaj- és felszínborítási adottságok együttes értékelésével határozza meg a fásítás szempontjából kedvező és korlátozott területeket a Körösök völgyében. A modell 1 km felbontású bioklimatikus adatokra, országos talajtani térképekre és a CLC felszínborítási kategóriákra épül.

Eredményeink szerint a hő- és vízstressz, valamint a gyenge víztartó képességű talajok következtében a térség jelentős része csak korlátozottan alkalmas a tartamos fásításra, míg a jobb adottságú foltokban továbbra is reális a szárazságtűrő fajok alkalmazása.

A legmagasabb fásítási alkalmasságot a domb- és hegyvidéki térségek mutatják, míg az Alföld nagy részén – különösen a Körösök völgyében – a potenciál alacsony, elsősorban a kedvezőtlen talajadottságok és a korlátozott víztartó képesség miatt. A vizsgált öt faj aszályrezilienciája fajszerint továbbra is releváns az Alföldön, ugyanakkor sikeres alkalmazásuk feltétele a talajhoz igazított fajválasztás, a ritkább, mozaikos állományszerkezet alkalmazása, valamint a tájleptékű vízmegtartó beavatkozásokhoz való kapcsolódás.

A térinformatikai alkalmassági modell és a dendroökológiai eredmények összevetése alapján olyan telepítési stratégia körvonala rajzolható, amely növeli a Körösök völgye klímaadaptációs kapacitását, és hosszú távon javítja az ökológiai rezilienciát. A modell döntéstámogató eszközként segítheti az erdőtelepítési programok és táji léptékű zöldinfrastruktúra-fejlesztések tervezését.

Bevezetés

Az éghajlatváltozás Magyarországon egyre markánsabban jelenik meg a csapadékeloszlás szélsőségeiből való válásában és a hőmérsékleti anomáliák fokozódásában. Az Alföld különösen érzékeny e folyamatokra: a térségben az aszályok gyakorisága és intenzitása folyamatosan nő, miközben a belvízi események továbbra is jelentős kockázatot jelentenek. Ez a kettős vízháztartási kihívás – a tartós vízhiány és az időszakos vízborítás váltakozása – komoly fenntarthatósági kérdéseket vet fel a mezőgazdaság és az erdőgazdálkodás számára.

A klímaadaptáció egyik leghatékonyabb eszköze az erdőtelepítés és a tájleptékű fásítás. A fás vegetáció növeli a talaj szervesanyag-tartalmát, javítja a vízmegtartást, mérsékli a hőmérsékleti szélsőségeket, valamint hozzájárul a biodiverzitás fenntartásához. A telepítések sikerességét azonban alapvetően meghatározza a fajok ökológiai tűrőképessége, különösen az aszályreziliencia, amely az Alföldön a legkritikusabb tényezők egyike.

A Körösök völgye kifejezetten szélsőséges adottságokkal rendelkezik: homokos és szikes talajok, alacsony víztartó képesség, mélyfekvésű belvizes területek és magas hőstressz jellemzik. E sajátosságok miatt különösen indokolt megvizsgálni, hogy a magas hegy- és dombvidéki rezilienciát mutató fajok milyen feltételek mellett lehetnek fenntartható alternatívák a térségben.

Szakirodalom

Az aszály és a szélsőséges vízháztartási viszonyok hatásainak vizsgálata az elmúlt évtizedben kiemelt kutatási területté vált a Kárpát-medencében és Európa számos részén. Magyarországon az aszálysebezhetőség összetettségére hívta fel a fi-

¹ főiskolai docens, Szegedi Tudományegyetem, Mezőgazdasági Kar, Növénytudományi és Környezetvédelmi Intézet

gyelmet *Buzási* (2021), aki hangsúlyozta, hogy a természeti tényezők – különösen a talajadottságok és vízháztartási sajátosságok – a társadalmi-gazdasági alkalmazkodóképességgel együtt határozzák meg a térségek sérülékenységét. Ez a keret azért fontos, mert a rossz vízmegtartású vagy intenzív tájhasználatú területeken a klímaváltozás hatásai felerősödve jelentkeznek.

A dendroökológiai vizsgálatok új lehetőséget kínálnak az aszályreziliencia objektív mérésére. *Árvai, Morgós és Kern* (2018) évgűrűanalízise kimutatta, hogy az Alföld keleti peremén a kocsányos tölgy (*Quercus robur*) növekedése egyre érzékenyebben reagál a szárazságra. Ezzel rokon módszertant alkalmaztak *Móricz és társai* (2025), akik öt őshonos lombos fafaj – cser, molyhos tölgy, mezei juhar, ezüst hárs és virágos kőris – növekedési dinamikáját elemezték különböző állománytípusokban (lásd az *Erdészeti Lapok* 2025. szeptemberi lapszámát – a szerk.). A vizsgálat magas aszályrezilienciát dokumentált, ami a fajok potenciális adaptációs szerepére utal, különösen a jövőbeli erdőtelepítési programokban.

Az utóbbi évek extrém klimatikus eseményei közvetlen bizonyítékot szolgáltatnak a magyarországi erdők sérülékenységére. *Bolla et al.* (2024) a 2022-es rendkívüli aszály és hőhullám hatásait értékelte távérzékelési mutatók (NDVI, NDWI) alapján, és kimutatta, hogy a lombhullató erdők állapota országosan romlott, a regeneráció pedig térben és fajonként is jelentős eltéréseket mutatott. A klímamodellek regionális előrejelzései – például *Sábitz et al.* (2020) – megerősítik, hogy a délkeleti térségek, így a Körösök vidéke is, a jövőben fokozódó szárazodási tendenciára számíthatnak.

Ez különösen kritikus olyan területeken, ahol a jelenlegi vízháztartás már most is szélsőséges (aszály és belvíz váltakozása).

Nemzetközi kutatások szélesebb perspektívába helyezik a magyarországi folyamatokat. *Knutzen et al.* (2025) Európa-szerte dokumentálták a 2018–2022 közötti erdőkárokat, amelyek döntően az aszály és a hőhullámok hatására alakultak ki.

Hurtado et al. (2025) kiemelték, hogy a biodiverzitás és a kevert állományok jelentősen növelik az erdők rezilienciáját. *Munteanu et al.* (2014) történeti léptékben vizsgálták a Kárpátok térségének tájhasználati változásait, rámutatva, hogy a múltbeli beavatkozások hosszú távon alakítják a jelenlegi ökológiai mintázatokat. *Xie et al.* (2024) a mediterrán térségekre végzett elemzése pedig igazolta, hogy a klimatikus indexek és a növekedési válaszok integrált értékelése megbízható eszköz a fafajok aszályrezilienciájának meghatározására – módszertanilag releváns párhuzamot kínálva a hazai vizsgálatokhoz.

A szakirodalom egésze alapján egyértelmű, hogy a fafajok aszálytűrése és rezilienciája meghatározó tényező a klímaadaptációs erdőtelepítések sikerében. Ugyanakkor a legtöbb kutatás hegységi és dombvidéki állományokra koncentrált, míg az Alföld, és különösen a Körösök völgye csak ritkán került közvetlen vizsgálat középpontjába. Ez indokolja a jelen tanulmány szükségességét, amely a dendroökológiai eredményeket talajtani, vízgazdálkodási és bioklimatikus tényezőkkel kiegészítve értékeli az erdőtelepítés alföldi potenciálját.



Idős faegyed részleges koronaszáradással. A tavaszi rügyfakadás mozaikossága a klimatikus terhelés hosszú távú hatására utal

3. Anyag és módszer

A fásítási alkalmassági modell három adatcsoport integrációjára épült: bioklimatikus paraméterekre, országos talajtani adatokra és felszínborítási információkra. A vizsgálat célja nem egy részletes prediktív modell létrehozása volt, hanem egy olyan döntéstámogató keret kialakítása, amely áttekinthető módon jelöli ki a fásításra alkalmas és korlátozott területeket a Körösök völgyében.

A modell alapjául a *WorldClim 2* adatbázis 1 km térbeli felbontású hőmérsékleti és csapadékadatai szolgáltak. Ezekből két összetett mutatót képeztünk: az *ariditási indexet* (AI), amely a vízellátottság hosszú távú viszonyait jelzi, és a *hőstressz indexet* (HI), amely a nyári hőmérsékleti terhelést mutatja meg. A kétféle jelzőszámot standardizált skálára transzformáltuk, majd ötfokozatú kategóriákba soroltuk a fásítási szempontból kedvezőtől a kifejezetten kedvezőtlenig.

A talajtani háttér meghatározásához az AGROTOPO országos talajtani adatbázis térképi rétegeit használtuk fel. A vizsgálatba bevont kulcstényezők a *víztartó képesség* (AWC), a *talaj mechanikai összetétele*, a *szikesedés mértéke* és a *talajmélység* voltak. Ezeket szintén ötfokozatú kategóriába rendeztük, figyelembe véve, hogy a vízmegtartó képesség és a szikesedés a térségben a fásítás elsődleges korlátai közé tartoznak.

A CORINE Land Cover (CLC) 2018-as adatbázis alapján térképeztük a fásítás szempontjából strukturálisan kedvező és kedvezőtlen *felszínborítási típusokat*. Nem erdősíthető kategóriának tekintettük a beépített területeket, nagy kiterjedésű intenzív mezőgazdasági táblákat és a nyílt vízfelszíneket; míg előnyösnek ítéltük a mozaikos agrárterületeket, a gyepeket és a fás vegetációval érintett felszíneket.

A három komponens – *klíma, talaj és felszínborítás* – ötfokozatú besorolását súlyozatlan logikai integrációval egyesítettük. A döntési szabályrendszer lényege az volt, hogy egy terület fásítási alkalmassága a három tényező közül a legkorlátozóbb értékhez igazodjon, mivel a gyakorlati telepítésnél a leggyengébb láncszem határozza meg a siker esélyét.

A végső térképi eredmény öt kategóriát különít el: *na-gyon alkalmas, alkalmas, korlátozottan alkalmas, gyengén alkalmas és nem alkalmas területeket*.

A bemutatott modell egy elsődleges értékelő és döntéstámogató eszköz, amely a táji léptékű fásítási programok előzetes tervezését segíti. Nem helyettesíti a helyszíni talajvizsgálatokat, az ültetési technológiai felmérést vagy a

konkrét fajválasztási döntést, *de jól kirajzolja, hogy a térségben hol várható tartós klíma- és talajkorlát a fás vegetáció telepítésére*.

Eredmények

Klímaalkalmasság

A *1. ábrán* jól látható, hogy a hőstressz-index a Körösök völgye nagy részén a legmagasabb kategóriákat éri el. A térkép kiterjedt, összefüggő vörös és narancssárga foltjai azt jelzik, hogy a nyári hőterhelés a térségben országos összehasonlításban is kiemelkedően magas.

Az ariditási index értékei ehhez hasonlóan kedvezőtlen mintázatot mutatnak: a világoszöld és sárga színű területek a csapadékhiány és a fokozott párolgási kényszer együttes hatását jelzik. A *1. ábra* alapján a vízháztartási deficit a vegetációs időszak meghatározó limitáló tényezője, és ez a szárazságerzékeny szakaszban különösen fontos a fiatal telepítések megmaradása szempontjából.

A talajadottságok szerepe

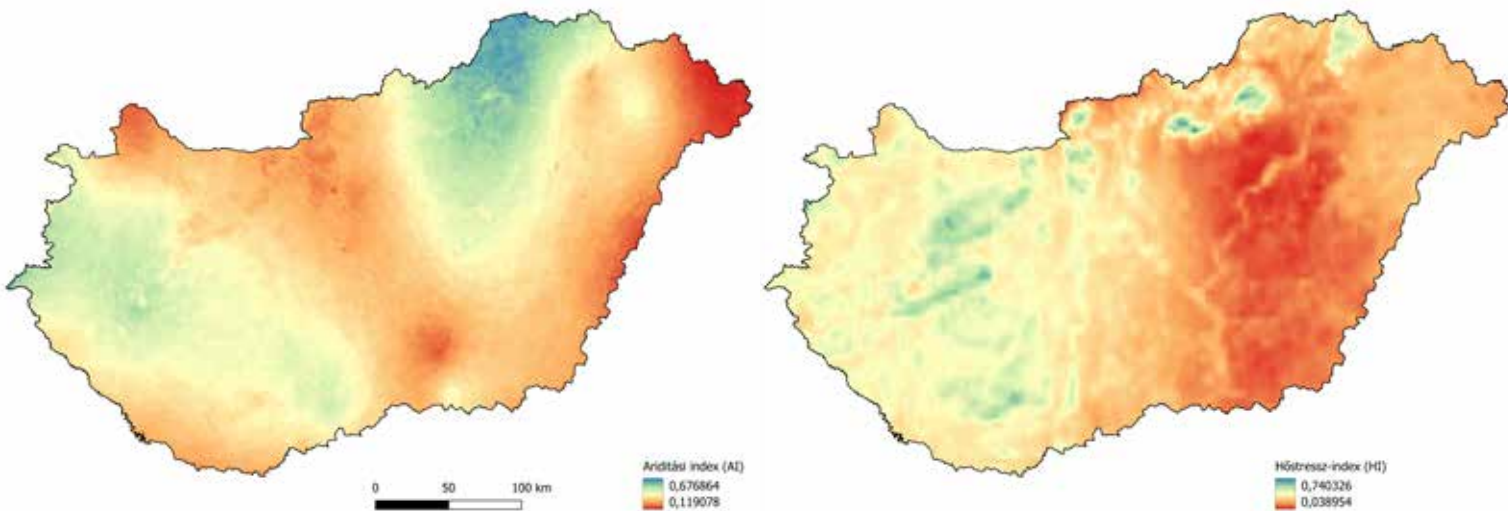
A talajtani paraméterek (SOIL_CLASS, AWC_CLASS) még erőteljesebben differenciálták a tájat. A vízraktározó kapacitás (AWC) alapján a dombvidéki agyagbemosódásos barna erdőtalajok (Luvisol) és a mélyrétegű Cambisolok mutatták a legjobb értékeket (>140–180 mm), míg a Körösök völgyére jellemző homokos vályog, futóhomok és rendzina foltok lényegesen gyengébb víztartó képességgel rendelkeztek (<80–100 mm).

Ez a különbség kulcsfontosságú, mivel a modell talaj- és vízháztartási komponense jelentősen meghatározta a végső alkalmasságot. A *2. ábrán* kirajzolódó mintázat jól tükrözi, hogy a talaj hatása a klímaszárazsággal együtt erősíti egymást, és több helyen már önmagában elegendő lenne a telepítési korlát megállapításához.

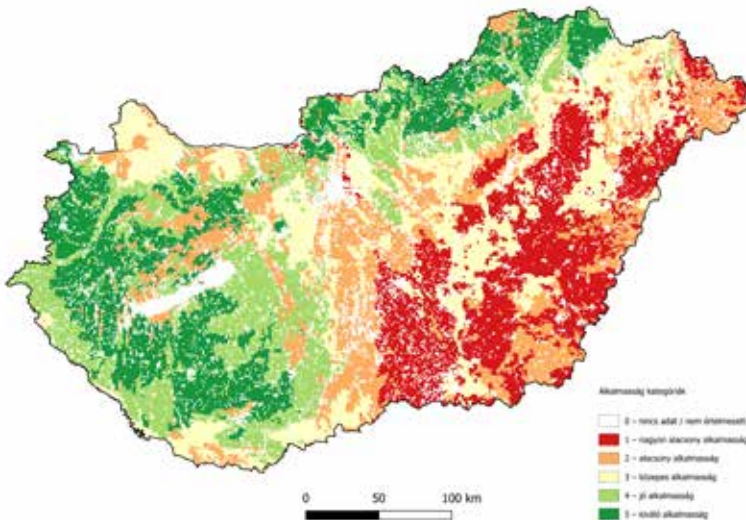
Felszínborítási korlátok

A CORINE Land Cover alapján készült értékelés azt mutatja, hogy a nagytáblás szántóterületek *strukturális és mikroklimatikus szempontból is* kedvezőtlenek az erdőtelepítéshez. Ezek a felületek a *3. ábrán* jól felismerhetők homogén, összefüggő blokkokként, amelyek gyenge védetségű és magas evapotranszpirációs terhelést mutatnak.

Ezzel szemben a mezsgyék, kisebb agrármozaikok és vízfolyások menti zöldsávok szerkezetükből adódóan előnyösebb környezetet biztosítanak. Ezeken a területeken a loká-



1. ábra A hőstressz-index (HI) és az ariditási index (AI) térbeli eloszlása a vizsgált területen



3. ábra Az összesített fásítási alkalmassági térkép a klíma-, talaj- és felszínborítási tényezők integrációja alapján

lis talaj- és mikroklíma-viszonyok is kedvezőbbek, így a telepítés sikeressége nagyobb eséllyel biztosítható.

Integrált fásítási alkalmasság

A klíma-, talaj- és felszínborítási tényezők együttes értékeléséből származó összesített alkalmassági térkép (3. ábra) jól mutatja, hogy a vizsgált terület jelentős része a „korlátozottan alkalmas” vagy a „nem alkalmas” kategóriába esik. A térképen ezek az egységek sárga, narancs és vörös színekkel jelennek meg, és összefüggő blokkokat alkotnak a gyenge víztartó képességű és nagy hőstressz-terhelésű részekben.

A „nagyon alkalmas” és „alkalmas” foltok ezzel szemben mozaikos eloszlásúak, főként vízfolyások közelében, jobb talajadottságú mikrotájakon vagy kedvezőbb felszínborítási szerkezetű területeken jelennek meg. Ezekben a zónákban reális lehetőség nyílik szárazságtűrő fajok – például cser-tölgy, molyhos tölgy, virágos kőris – tartamos telepítésére.

Következtetések

Az elemzés eredményei alapján egyértelmű, hogy Magyarország erdőtelepítési potenciálja jelentős térbeli különbségeket mutat. A domb- és hegyvidéki térségekben a talajadottságok és a kiegyensúlyozottabb vízháztartás miatt a fásítás sikeressége sokkal valószínűbb, míg az Alföld nagy részén, külön-

sen a Körösök völgyében, a potenciál korlátozott. Ez utóbbi térségben a talajvíz mélyebbre süllyedése, a belvíz-aszály ingadozások, valamint a kedvezőtlen talajtípusok (réti, szikes és homoktalajok) miatt a nagy kiterjedésű homogén telepítések nem tekinthetők fenntarthatónak.

A modell kvantitatív eredményei szerint a potenciálisan fásítható területek közel fele jó vagy kiváló kategóriába esik, ami jelentős lehetőséget kínál az országos klímaadaptációs stratégiák számára. Ugyanakkor a gyenge és nagyon gyenge kategóriák együttes aránya meghaladja a 20%-ot, ami hangsúlyozza a helyi adaptációs intézkedések szükségességét. A Körösök völgyében a gyenge kategória dominanciája különösen rávilágít arra, hogy itt csak mozaikos, kisebb léptékű erdősítések és fásítások lehetnek eredményesek.

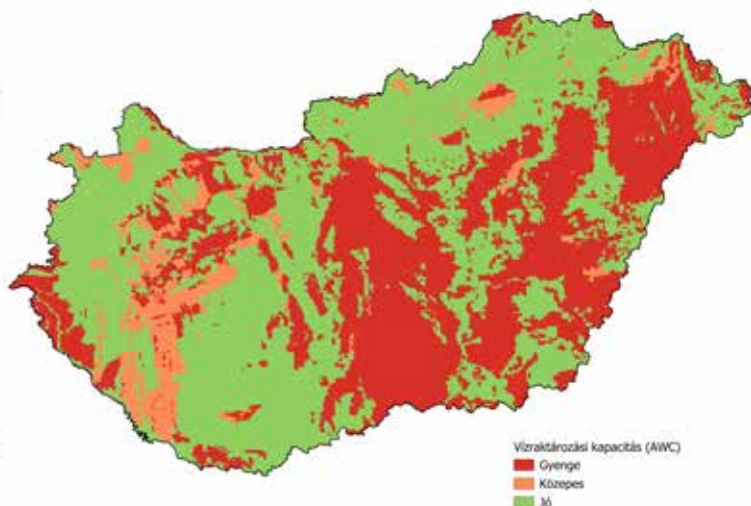
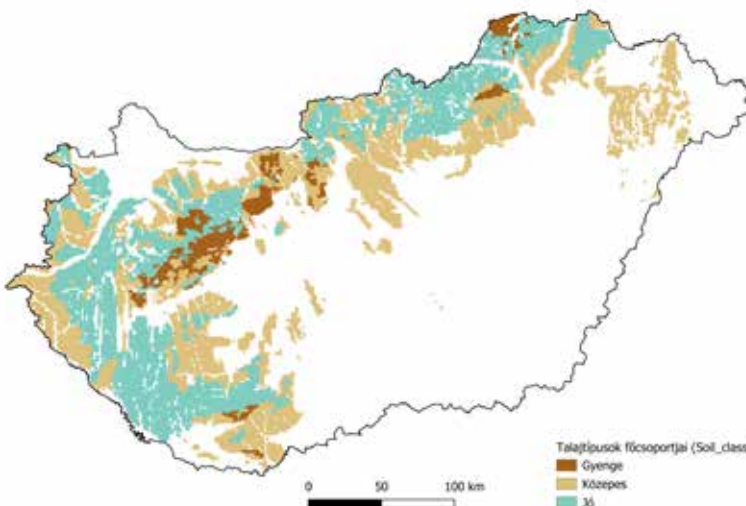
Összességében a vizsgálat alátámasztja, hogy a dendroökológiai vizsgálatokból nyert fafaj szintű aszályreziliencia-adatok csak akkor adaptálhatók sikeresen az Alföldre, ha azokhoz részletes talaj- és vízgazdálkodási információk, valamint térbeli modellezés társulnak. A Körösök völgyében különösen fontos a vízmegtartási intézkedésekkel kombinált, elegyfajokra építő, ritkább állományszerkezetű telepítési stratégia, amely egyszerre növeli a klíma- és kártevő-rezilienciát és a táj ökológiai stabilitását.

Javaslatok

Az eredmények alapján megfogalmazható javaslatok több szinten érintik a fásítási és erdőtelepítési gyakorlatot. A fafajválasztás tekintetében országosan a cser (Quercus cerris) és a molyhos tölgy (Quercus pubescens) bizonyultak a leginkább szárazságtűrő fajoknak, amelyek stabil alapot nyújthatnak az új állományok kialakításában.

Ezekhez elegyfajként célszerű a mezei juhar (Acer campestre), a virágos kőris (Fraxinus ornus) és az ezüst hárs (Tilia tomentosa) elegyítése, mivel jelenlétük növeli a biodiverzitást és az állomány rezilienciáját. A Körösök völgyében ugyanakkor a gyenge alkalmassági kategóriába sorolt területeken kizárólag mozaikos, kisebb léptékű telepítések javasolhatók, elsősorban juharral és kőrissel.

A telepítési szerkezet meghatározásánál a homogén, nagy kiterjedésű állományok helyett a mozaikos, csoportos elegyítés a kedvezőbb megoldás. Az állománysűrűség csökkentése hozzájárulhat az aszályreziliencia növeléséhez, míg a vegyes fafajú állományok egyszerre javítják a kártevőkkel szembeni ellenállást és a táj ökológiai funkciókat.



2. ábra A talajtípusok (Soil_class) és a talaj vízraktározó képességének kategóriái (AWC_class)

Kiemelt jelentőséggel bír a vízgazdálkodási intézkedésekhez való kapcsolódás: a fásítási projektek akkor lehetnek sikeresek, ha illeszkednek a holtág-revitalizációhoz, a tározók kialakításához vagy a belvízcsatornák vízvisszatartásához. Ezzel párhuzamosan indokolt a vízfolyások mentén védősávok és erdősávok létrehozása, amelyek javítják a mikroklímát és védik a talajt.

A telepítési prioritások területi különbségeket tükröznek. A jó és kiváló alkalmasságú területeken nagyobb léptékű és gazdaságilag is fenntartható telepítések valósíthatók meg. A közepes kategóriájú területeken érdemes kísérleti, adaptív erdőgazdálkodási megoldásokkal próbálkozni, míg a gyenge és nagyon gyenge kategóriákban elsősorban ökoszisztéma-szolgáltatásokat biztosító telepítések indokoltak, például árnyékolás, szélvédelem vagy talajvédelem céljából.

Mindezek mellett elengedhetetlen a folyamatos monitoring és az adaptív kezelés. A rendszeres dendrometriai és klimatikus mérések biztosítják a visszacsatolást, amely alapján az alkalmassági térképek frissíthetők és beépíthetők az erdészeti tervezésbe. Az adaptív menedzsment lehetővé teszi, hogy a változó klímaviszonyokhoz rugalmasan igazított stratégiák valósuljanak meg. Így a javasolt intézkedések nemcsak a jelenlegi klímaváltozási kihívásokra adnak választ, hanem hosszú távon is hozzájárulnak a Körösök völgye és az Alföld ökológiai stabilitásához és klímaadaptációjához.

Irodalom

- Árvai, M., Morgós, A., & Kern, Z. (2018). Growth-climate relations and the enhancement of drought signals in pedunculate oak in Eastern Hungary. *iForest*, 11, 267–274. <https://iforest.sisef.org/abstract/?id=ifor2348-011>
- Bolla, B. et al. (2024). Evaluation of the compound effects of the 2022 drought and heatwave on selected forest monitoring sites in Hungary. *Forests*, 15(6), 941. <https://www.mdpi.com/1999-4907/15/6/941>
- Buzási, A. (2021). Drought-related vulnerability and its policy implications in Hungary. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 26, 1057–1078. <https://doi.org/10.1007/s11027-021-09943-8>
- Fick, S. E. & Hijmans, R. J. (2017). WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 37(12), 4302–4315. <https://doi.org/10.1002/joc.5086>
- Hurtado, P. et al. (2025). Biodiversity and management as central players in the resilience of forests. *Forests*, 16(2), 334. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12067180/>
- Knutzen, F. et al. (2025). Impacts on and damage to European forests from the 2018–2022 drought. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 25, 77–99. <https://nbes.copernicus.org/articles/25/77/2025/>
- Móricz, N., Mészáros, I., Kern, Z., Illés, G. Z., Garamszegi, B., Eötvös, C. B., Berki, I. & Németh, T. M. (2025). Evaluating the drought tolerance of five native broadleaf tree species using dendroecological analysis in East Central Europe. *Frontiers in Forests and Global Change*, 8, 1625371. <https://doi.org/10.3389/ffgc.2025.1625371>
- Munteanu, C. et al. (2014). Forest and agricultural land change in the Carpathians. *Agricultural Systems*, 124, 56–65. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2014.01.006>
- Sábitz, J. et al. (2020). Estimated changes of drought tendency in the Carpathian Basin. *Hungarian Geographical Bulletin*, 69(3), 193–210. <https://distantreader.org/stacks/journals/bungeobull/bungeobull-2900.pdf>
- Stefanovits, P. (1992). *Agro-topographical Database of Hungary (AGROTOPO)*. Institute for Soil Sciences, Hungarian Academy of Sciences.
- Xie, M. et al. (2024). Assessing climatic response and drought resilience in Mediterranean forests. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 52, 101230. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2024.101230>



Nagy kiterjedésű nemesnyár-ültetvény levélfakadás előtt. A monodomináns szerkezet alacsony diverzitást és nagyobb klimatikus érzékenységet jelez