

Erdőkezelési alternatívák szénmegkötési és közgazdasági hatásai – a töki Nyakas-hegy erdőinek példáján

Kis András¹, Lomniczi Gergely², Boros Attila², Ungvári Gábor¹, Rác Viktor¹

A klímaváltozás hatásai az erdőgazdálkodásban egyre kézzelfoghatóbb formában jelennek meg: szélsőségesebb időjárás, növekvő aszálykockázat, invazív kártevők és fajok megjelenése, az erdőtüzek gyakoribbá válása, valamint a termőhelyi adottságok változása, romlása figyelhető meg. Mindez különösen élesen jelentkezik a gyenge termőképességű, mesterségesen létrehozott, hosszabb ideje kezeletlen állományok esetében.

Vizsgálatunk egy ilyen terület, a Pest vármegyei Tök község tulajdonában álló, a Nyakas-hegy térségében fekvő települési erdők példáján mutatja be, hogy a különböző erdőkezelési stratégiák miként befolyásolják az erdők szénmegkötési teljesítményét, gazdasági mérlegét és klímaadaptációs képességét. Az elemzés célja nem az „optimális” megoldás kijelölése, hanem egy konkrét példán annak bemutatása, hogy a kezelési mód megválasztása miként alakítja a középtávú ökológiai és gazdasági eredményeket.

A töki Nyakas-hegy erdeinek elhelyezkedése, fő jellemzői és története

A vizsgált terület a Zsámbéki-medencében fekvő Tök község közigazgatási területén, a Nyakas-hegy és a Nyakas-gerinc térségében helyezkedik el, összesen 37,7 hektár kiterjedésben. Az erdők ökológiai, településvédelmi és tájképi szempontból is kiemelt jelentőségűek: a medence felé nyitott dombvidéken szélvédelmi funkciót látnak el, közvetlen kapcsolatban állnak mezőgazdasági területekkel, szőlőkkel és gyeppoltokkal, valamint jelentős a helyi turisztikai értékük.

A terület egésze helyi védelem alatt áll, egyes erdőrészeket országos védettséget élveznek vagy Natura 2000 beso-

rolásúak. Termőhelyi adottságaikat a sekély termőréteg, a kedvezőtlen vízgazdálkodás és a kifejezett eróziós kockázat határozza meg. Az erdők kizárólag csapadékvízről gazdálkodnak (többletvíz-hatástól függetlenül), a domborzati viszonyok miatt a víz gyors lefolyású.

Történeti szempontból fontos kiemelni, hogy a jelenlegi uralkodó állományok nem természetes úton alakultak ki. A Nyakas-hegy gerincén a 20. század közepéig külszíni kőbányászat zajlott, míg a környező területeken szőlőművelés és legeltetés volt jellemző.

A ma álló erdőket az 1970–1980-as években, döntően kopárfásítási és rekvivációs céllal telepítették, nagyrészt idegenhonos fafajok – elsősorban feketefenyő (*Pinus nigra*), erdeifenyő (*Pinus sylvestris*) és akác (*Robinia pseudo-acacia*) – felhasználásával, amelyekhez az évek alatt szórványosan őshonos lombos fajok, így például molyhos tölgy (*Quercus pubescens*), csertölgy (*Qu. cerris*), virágos kőris (*Fraxinus ornus*) és korai juhar (*Acer platanoides*) elegyedtek.

Az erdő jelenlegi állapota és sérülékenysége

A vizsgált erdőrészekben a rendszerváltozást követően hosszú időn keresztül nem zajlott érdemi erdőkezelés. Ennek következményei mára jól láthatók: a fenyves állományok jelentős része leromlott, a lombkorona-károsodás mér-

téke egyes foltokban eléri a 25%-ot. A száraz termőhelyen álló, idősödő fenyvesek fokozott tűzveszélyt jelentenek, amit tovább súlyosbít a nagy mennyiségben jelen lévő holtfa és a nehezen járható feltáróút-hálózat.

A terület inváziós fajokkal erősen fertőzött. A bálványfa több helyen öszszefüggő foltokat alkot, de jelen van a nyugati ostorfa, az ezüstfa és szórványosan a gyalogakác is. Ezen fajok jelenléte a felújítást és az őshonos fajok térnyerését jelentősen gátolja.

A kezeletlenség mindemellett pozitív ökológiai hatással is járt: az invazív fajok által még el nem ért területek részen az idegenhonos anyaállomány pusztuló foltjaiban őshonos lombos fajok jelennek meg, amelyekre az erdő kezelése során, hosszú távon építeni lehet.

Az elemzés egyik fontos tanulsága az Országos Erdőállomány Adattár és a friss légi LiDAR-felmérés eredményeinek összevetéséből adódik. Az erdőrészek többségében a LiDAR-alapú fakészletbecslés számottevően alacsonyabb értékeket mutatott, mint az erdőtervi adatok. Összesítve a LiDAR alapján számított fatérfogat az egész területre vonatkozó átlagban a korábbi erdőtervi érték mintegy 80%-át érte el, de az egyes erdőrészek között nagy szórás mutatkozott.

Ez az eltérés részben a leromlásból és pusztulásból, részben az erdőtervi becslések bizonytalanságából, továbbá

¹ REKK Alapítvány

² Pannon Örökerdő Kft.



Idegenhonos állományban kell megtalálni a védendő élőhelyeket

a felmérés technológiáinak különbözőségéből fakad. A különbség ugyanakkor közvetlen hatással van a szénkészlet és a jövőbeni növedék becslésére, így a karbonmérlegre is.

Erdőkezelési alternatívák

Két alapvetően eltérő kezelési logikára épülő forgatókönyvet vizsgáltunk, az erdő kezelésének ütemével összhangban lévő 50 éves időtávon.

A *Business As Usual* (BAU), azaz a szokásos, jelenleg is általánosan alkalmazott erdőgazdálkodási gyakorlatot leíró forgatókönyv a hagyományos vágásos gazdálkodás lépéseit modellezi. A forgatókönyv minden hatályos jogszabályi és természetvédelmi előírásnak megfelel, azok teljes körű betartásával számol. Ennek részeként az idegenhonos állományok tervezett vágáskor szerinti véghasználata után mesterséges erdőszítéssel, a természetvédelmi kötelezettségekkel összhangban, őshonos lombos fafajokból álló célállomány kialakítását feltételezi. A kezelés ciklikus, nagy léptékű beavatkozásokat tartalmaz (tarvágás, intenzív ápolás, kerítés-építés), és a faanyagtermelés számottevő bevételi forrásként jelenik meg.

A *Management for Resilience* (MfR) forgatókönyv a folyamatos erdőborítás fenntartására épülő, kifejezetten klímadaptációs szemléletű erdőkezelési megközelítés. Célja az idegenhonos állományok fokozatos, nagy kiterjedésű bolygatások nélküli átalakítása, az őshonos fafajok arányának növelésével és természetes megjelenésük támogatásával, kis területű, de rendszeres beavatkozások révén.

A kezelés lécekkel, mozaikos szerkezettel és többkorú állományrészek kialakításával törekszik a szerkezeti és fajösszetétel változatosság növelésére. A folyamatos lombkoronafedés fenntartása mérsékli a mikroklimatikus szélsőségeket, hozzájárul az állomány ökológiai stabilitásának és hosszú távú ellenálló

képességének javításához, a lombos fa-jok arányának növelése pedig csökkenti az erdőtűz kialakulásának és továbbterjedésének kockázatát.

A karbonmérleg alakulása

A szénmegkötés elemzése során az egyes erdőkezelési forgatókönyvek kumulált karbon-egyenlegét vizsgáltuk 50 éves időtávon, az élőfakészletben és a kitermelt, de nem oxidálódott faanyagban tárolt szén figyelembevételével. A számítási módszertan célja nem az abszolút szénkészletek maximális pontosságú becslése volt, hanem az, hogy egységes, konzervatív feltételezések mellett tegye lehetővé a kezelési alternatívák összehasonlítását.

A fakészlet és a szénmegkötés közötti átváltás során egységesen azt a megközelítést használtuk, amely szerint 1 m³ faanyag hozzávetőlegesen 1 tonna CO₂ megkötésének felel meg. Ez az egyszerűsítés abból indul ki, hogy a légszáraz faanyag tömegének mintegy fele szén, amely a szén-dioxid molekulatömegével átszámítva nagyságrendileg 1 tCO₂/m³ értéket ad. Bár a fajlagos karbontartalom fafajonként eltérő – a vizsgált állományokban domináns fafajok esetében ez az érték jellemzően 0,8–1,3 tCO₂/m³ tartományban mozog –, az egységes fajlagos érték alkalmazása az összehasonlító elemzés szempontjából indokolt. A módszer nem torzítja érdemben az egyes forgatókönyvek közötti különbségeket.

Az élőfakészletben tárolt szén mennyiségének meghatározásakor kizárólag a vágáslap feletti fakészlettel számoltunk. A becslés így nem tartalmazza sem

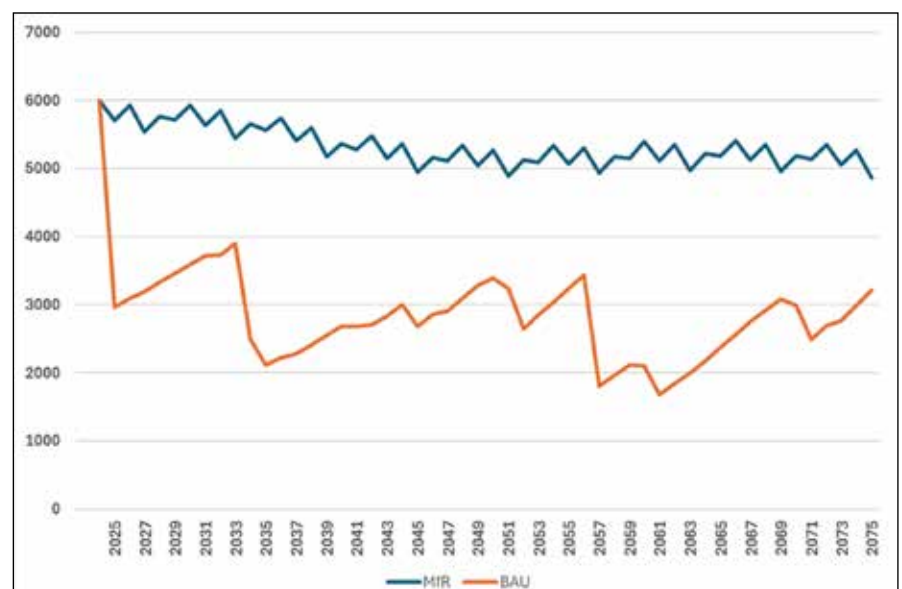
a vágáslap alatti állományrészeket (gyökérzet), sem a talaj szénkészletét és annak esetleges változását. Ez a megközelítés tudatosan óvatossá, konzervatív becslést eredményez, ugyanakkor csökkenti a nehezen számszerűsíthető komponensekből fakadó bizonytalanságokat.

A kitermelt faanyag esetében a karbonmegkötés időbeli alakulását az IPCC által is alkalmazott módszertannal összhangban kezeltük. A faanyag felhasználásától függően eltérő „felezési időket” feltételeztünk, amelyek azt írják le, hogy az adott szortimentben tárolt szén milyen ütemben oxidálódik vissza a légkörbe. A rostfa és a helyben maradó vágástéri apadék esetében 10 éves, az ipari faanyag esetében 35 éves felezési idővel számoltunk, míg a tűzifa és az energetikai apríték esetében a karbon egy éven belüli teljes oxidációját feltételeztük. A kitermelt faanyag hasznosítási módját minden egyes fakitermelési lépésnél szakértői becslést tartalmazó részletes választékterv alapján határoztuk meg.

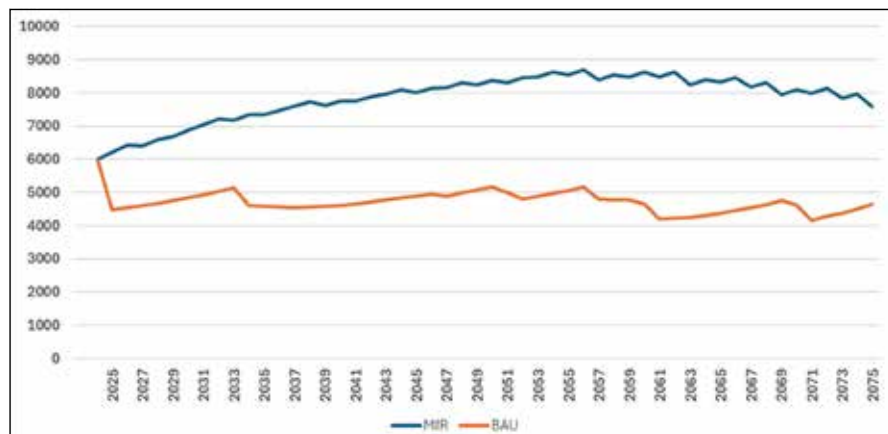
A számítások eredményei szerint az MfR-forgatókönyv a vizsgált időszak végére mintegy 2900 tonnával kedvezőbb kumulált karbonegyenleget mutatott a BAU-forgatókönyvhöz képest. A különbség egyrészt a folyamatos erdőborítás fenntartásával elkerült egy-szeri, nagyobb kibocsátásokból, másrészt a gyorsan oxidálódó faanyag arányának alacsonyabb szintjéből adódik.

A pénzügyi egyenleg alakulása

A pénzügyi elemzés során minden egyes erdőrészletre és minden tervezett erdőkezelési beavatkozásra külön-külön



1. ábra Élőfakészlet alakulása a vizsgált erdőrészletekben a vágásos (BAU) és a folyamatos borítással járó (MfR) gazdálkodási modellben (m³)



2. ábra A karbon egyenleg alakulása a vizsgált erdőrezervekben a vágásos (BAU) és a folyamatos borítással járó (MfR) gazdálkodási modellben (tonna CO₂)

meghatároztuk a várható költségeket és bevételeket. A költségbecslés tartalmazta a fakitermeléshez, erdősítéshez, ápoláshoz, természetvédelmi célú kezelésekhez és a kötelező szakirányításhoz kapcsolódó ráfordításokat egyaránt. A bevételi oldalon a kitermelt faanyag mennyiségét, minőségét és várható felhasználását vettük figyelembe. Pályázati forrásokkal azok hosszú távú bizonytalansága miatt nem számoltunk.

Mivel az erdőkezelési döntések hatásai hosszú időtávon jelentkeznek, összhangban a vizsgálat 50 éves időtávjával a jövőbeli pénzáramokat jelenértékre számítottuk. Ehhez 3%-os reáldiszkontlábát alkalmaztunk. A reáldiszkontláb azt fejezi ki, hogy a jövőben keletkező bevételek és költségek – az infláció hatásától megtisztítva – mennyit érnek mai értéken. Másként fogalmazva: azt tükrözi, hogy a jelenben rendelkezésre álló pénz többet ér, mint ugyanaz az összeg a jövőben, még akkor is, ha az árak változását figyelmen kívül hagyjuk.

Az eredmények alapján mindkét vizsgált forgatókönyv negatív nettó jelenértékkel zárult, ami a gyenge termőhelyi adottságok, a védettség szempontok és a faanyagtermelés korlátozott jövedelmezőségének együttes következménye. Ugyanakkor az MfR-forgatókönyv pénzügyi vesztesége érdemben kisebb volt: a BAU esetében mintegy -110 millió Ft, míg az MfR esetében körülbelül -66 millió Ft jelenértéken. Kijelenthetjük, hogy a vizsgált esetben az MfR-forgatókönyv nemcsak ökológiai és klímavédelmi szempontból kedvezőbb, hanem szigorúan vett pénzügyi értelemben is kisebb társadalmi és tulajdonosi költséggel jár, mint a hagyományos vágásos gazdálkodást követő alternatíva.

Az eredmények értelmezéséhez érdemes viszonyítási alapként megemlí-

teni azt a jogszabályoknak ugyan nem megfelelő, de a gyakorlatban mégis gyakran előforduló állapotot, amelyet a kezeletlen, elhanyagolt erdők jelentenek. Az elemzésben ezt egy olyan forgatókönyvvel közelítettük meg, amelyben az erdőben hosszabb ideig nem történik gazdálkodás, egészen egy feltelezett erdőtűz bekövetkeztéig, majd azt követően jogkövető helyreállító gazdálkodás indul. Ez az eset mind karbon-, mind pénzügyi szempontból egyértelműen kedvezőtlenebb képet mutat: a tűz következtében a faanyag jelentős része gyorsan oxidálódik, romlik a karbon egyenleg, miközben a későbbi újraterelítés és ápolás költségei nagyrészt ugyanúgy jelentkeznek, mint a kezelt forgatókönyvekben, de érdemi bevételek nélkül, vagy csak alacsony minőségű választékokból.

Megvalósítási dilemmák, szakpolitikai tanulságok és kitekintés

A tőki Nyakas-hegy esettanulmányának eredményei alapján megállapítható, hogy az MfR-típusú, folyamatos erdőborítást fenntartó kezelés ökológiai, klímaadaptációs és pénzügyi szempontból is kedvezőbb kimeneteket eredményez, mint a hagyományos vágásos gazdálkodás. Ennek ellenére az ilyen jellegű kezelési módok széles körű elterjedését több tényező is gátolja. Ide tartozik az információ- és tapasztalhiány, a jogszabályi környezet szankcionáló jellege, a támogatási környezet gyenge ösztönzőereje, valamint a kezdeti időszakban jelentkező finanszírozási igény, amely különösen a gyenge termőhelyi adottságú erdők esetében jelent komoly akadályt.

A karbonpiaci finanszírozás elvileg lehetőséget kínálhatna ezen akadályok enyhítésére, az önkéntes karbonpiacon alkalmazott adicionalitási köve-

telmények azonban a gyakorlatban komoly korlátot jelentenek. Az MfR-forgatókönyv pénzügyileg kedvezőbb a jogkövető BAU-alternatívánál. A vizsgált példában a karbonpiacon értékesíthető szénmegkötési többlet költségcsökkenéssel jár, nem mutatható ki a karbonkredit előállításához kapcsolódó többletkiadás. Mindez az adicionalitás szigorú értelmezése mellett nehezíti a karbonfinanszírozás bevonását, még akkor is, ha a kezelés egyértelmű társadalmi, ökológiai és klímavédelmi többlethasznokat eredményez.

Az eredmények ugyanakkor túlmutatnak az egyedi esettanulmány keretein. Magyarországon jelentős kiterjedésben található olyan, a tőki erdőkhöz hasonló adottságú állományok, amelyek hosszabb ideje kezeletlenek, vagy csak minimális, kockázatkezelésre szorító erdőgazdálkodás jellemzi őket. Ezekben az esetekben a „kezeletlenség” nem stabil állapotot, hanem fokozódó ökológiai és klímakockázatot, valamint romló karbon egyenleget jelent. Az esettanulmány alapján mind a vágásos (BAU), mind különösen a folyamatos borítással járó (MfR) kezelés egyértelmű előrelépést jelent ehhez a gyakorlathoz képest.

Mindez felveti annak a lehetőségét, hogy szakpolitikai szinten is célzottan foglalkozzunk azzal, miként lehet ösztönözni az érintett erdők elmozdulását a kezeletlen vagy alulkezelt állapotból egy folyamatos erdőborítást fenntartó, rezilienciára építő kezelési irányba. Ennek része lehet olyan pozitív pénzügyi ösztönzők számbavétele és kialakítása, amelyek mérséklék az MfR-típusú kezelés kezdeti költségeit, elismerik az ökológiai és klímavédelmi ökoszisztéma-szolgáltatások előállítását, és csökkentik a tulajdonosi szinten jelentkező pénzügyi kockázatokat.

A kutatás lehetséges folytatásaként indokolt lenne annak vizsgálata is, hogy az MfR-szerű kezelése révén elérhető karbon egyenleg-javulás országos léptékben mekkora gazdasági értéket képvisel. Ennek számszerűsítése alapot teremthetne olyan közpolitikai eszközök kialakításához, amelyek a pozitív karbonhatások társadalmi értékét részben visszacsatornázzák az erdőgazdálkodók felé. Ilyen módon a klímavédelmi célok, az erdők ökológiai állapotának javítása és a gazdálkodási realitások közötti feszültség mérsékelhetővé válhatna.

Köszönetnyilvánítás: A cikk alapjául szolgáló kutatás a European Climate Foundation támogatásával készült.