

Természetközeli erdőgazdálkodás az Ipoly Erdő Zrt. Királyréti Erdészetiénél IV.

Természetes bolygatások és hatásaik

Standovár Tibor¹, Ruff János², Kenderes Kata³, Barton Zsolt²

A természeti folyamataiban nem zavart erdő egyik jellegzetessége az ún. természetes bolygatások érvényesülése. Pickett és White (1985) szakmatörténeti meghatározása szerint: „Bolygatásnak nevezünk minden olyan térben és időben viszonylag elkülöníthető eseményt, ami szétrombolja az ökoszisztéma, a társulás vagy a populáció szerkezetét, megváltoztatja a tápanyagforrások és megtelepedési helyek hozzáférhetőségét vagy a fizikai környezetet”.



A bolygatás eredete szerint lehet abiotikus (pl. szél, hó, jég, tűz, árvíz, földrengés, vulkánkitörés) vagy biotikus (pl. gomba- és rovarkártevő vagy ökoszisztéma mérnök állatfaj). A természetes bolygatások különböző formái gyakoriságuk, az érintett terület nagysága, intenzitásuk és hatásuk súlyossága szempontjából rendkívül sokfélék lehetnek. Minden egyes területre a természetes bolygatások egy sajátos együttese, egy bolygatási rendszer jellemző, ami függ az éghajlati, geológiai, domborzati és talajtani viszonyoktól ugyanúgy, mint az adott helyen éppen jellemző társulás állapotától.

Az erdőt érő bolygatásra, legyen az egyetlen fa kidőlése vagy több száz hektár leégése, a természet megfelelő válaszokkal rendelkezik.

A nagy területet érintő, az eredeti faállományt jórészt megsemmisítő súlyos bolygatást követően beindul egy másodlagos szukcesszió, ami az erdőklímában előbb vagy utóbb, de zárt erdő kialakulásához vezet, méghozzá jól érzékelhetően eltérő fajösszetételű állapotokon keresztül.

A másik végletet az egyes fák, kisebb facsoportok elhalását eredményező bolygatások jelentik. A különböző intenzitású és térbeli kiterjedésű bolygatások után más-más biológiai tulajdonsággyűjtemmel rendelkező fajok tudnak sikerrel megtelepedni vagy jutnak versenyelőnyhöz.

Napjainkban egyre szélesebb körben elfogadott az a megközelítés, miszerint mind az ökológiai szempontból adaptív erdőgazdálkodás, mind a hatékony biodiverzitás-megőrzés alapját az adott régióra jellemző bolygatási rendszer minél több elemének megőrzése, illetve kezeléssel történő imitálása kell adja. Éppen ezért kiemelten fontos, hogy az általunk kezelt terület erdeinek természetes összetételéről, szerkezetéről, működéséről, jellemző bolygatási rendszeréről alapos tudással rendelkezünk.

E kíváncsiságnak ugyanakkor nehéz megfelelni, mert az évezredekre visszanyúló emberi tájhasználat megszüntette az igazi referenciákat, így napjainkban hazai erdeink döntő többségében azt tudjuk megfigyelni, hogy az évszázadok óta átalakított erdeink miképp reagálnak a természetes bolygatásokra.

Mindezek ellenére Közép-Európa, s azon belül a Kárpát-medence domb- és hegyvidéki erdeire, kiemelten a bükkösökre vonatkozóan rendelkezünk információval, részben azért, mert itt a legkevésbé „elrontott” a természetes referencia.

Megkockáztatható az a kijelentés, hogy üde lomberdeink jellemző bolygatási rendszerében döntő szerepe van az általában egyszerre nem túl nagy területeket érintő, szél, jég, esetenként biotikus hatások (pl. gomba) okozta nem túl intenzív bolygatásoknak (Standovár és Kenderes 2003).

Ezek eredményeképp egy finom térléptékben mozaikos, csupán néhány fa kidőlésével keletkezett foltokon kialakuló erdőfejlődési fázisok sajátos dinamikus egyensúlyban levő mozaikjaként gondolhatunk ezekre az erdőkre.

Újabb, egyebek mellett dendrokronológiai elemzéseket is alkalmazó vizsgálatokkal ugyanakkor azt is kimutatták, hogy a néhány évtizedes vizsgálatok alapján kvázi egyensúlyban levő erdők múltjában rendszeresen fellépnek közepes erősségű és a finom léptékű, a lékdinamika foltméretét meghaladó területeket érintő bolygatások (Aszalós és mtsai. 2022, Nagel és mtsai. 2014).

¹ ELTE TTK Biológiai Intézet

² Ipoly Erdő Zrt.

³ Országos Erdészeti Egyesület

**Az elmúlt 100 év természetes
bolygatásai a Királyréti Erdészet
területén**

Az erdészet területét ért természetes bolygatásokról érdemi információkkal a 20. század elejétől kezdve rendelkezünk. Az első feljegyzéseket az 1925. évi üzemterv utólagos bejegyzéseiből ismerjük.

Eszerint 1926 nyarán szélvihar sújtotta az erdészet területét, s elsősorban a Szén-patak környéki erősen kiritkult, öreg bükkösben okozott kárt. Két évvel később, 1928 nyarának elején újabb szélvihar okozott széldöntéseket (1. térkép).

A következő évtizedekben többször is előfordult kisebb-nagyobb széldöntés. Ezek hatásairól pontos feljegyzések nem állnak rendelkezésre. Egy vagy néhány újabb eseményről indirekt módon, az 1986. évi üzemtervezés során készült feljegyzésekből értesültünk, miszerint a felvételezők széldöntések nyomait jegyezték fel a Szén-patak völgyében, a Bagoly-bükkön és a Nagy-Inóc oldalában, illetve a 2001-es jégtörést követő terepi felvételezés során sok helyen régi, kifordult gyökértányérok utaltak kisebb-nagyobb bolygatási eseményekre.

A Királyréti Erdészet erdőállománya-
inak közelmúltját három intenzív ter-

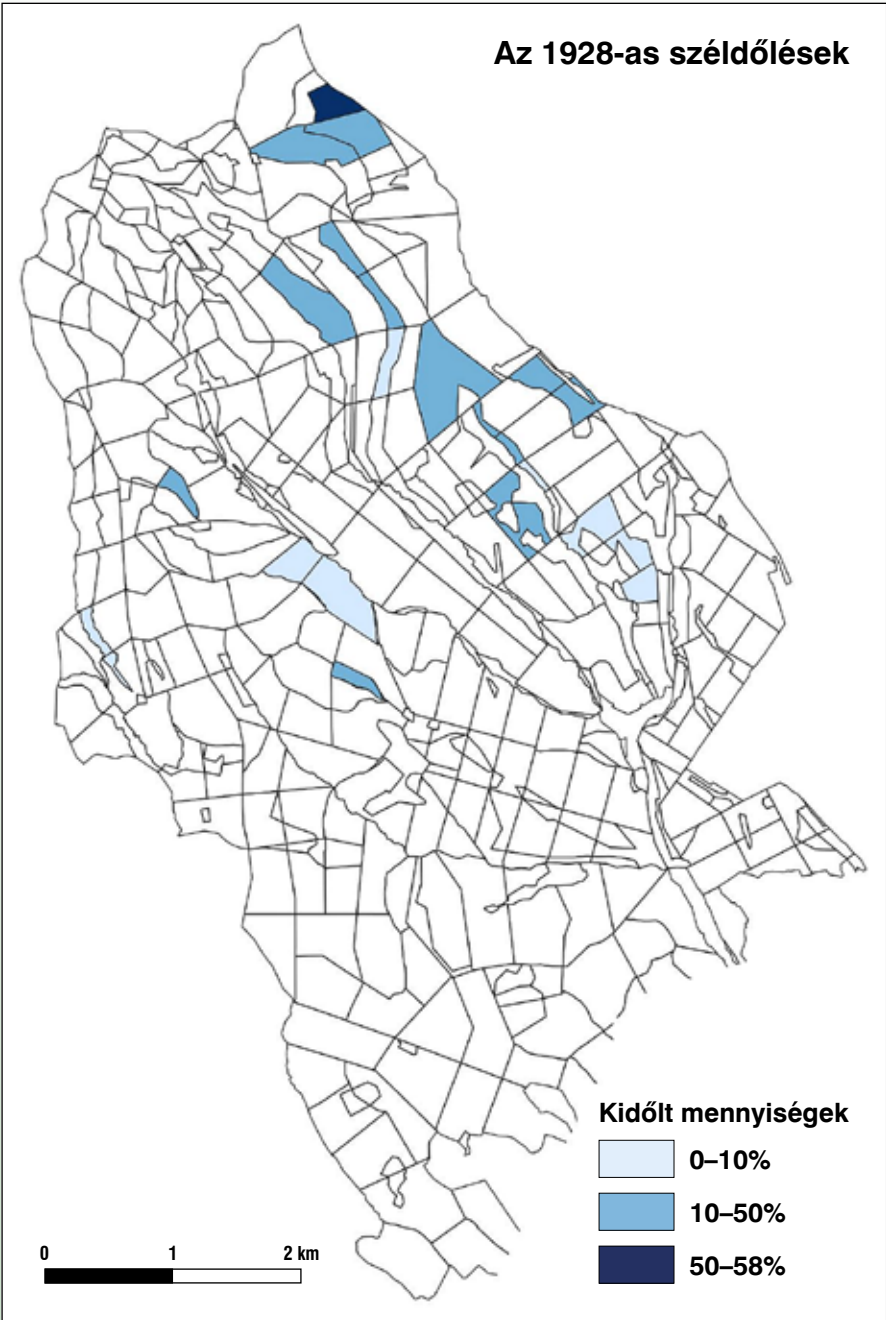
mészetes bolygatási esemény alakította: 1996-ban, 1999-ben és 2001-ben.

1996. január 8-10-én meleg légtömegek érték el a Kárpát-medencét, és a helyben megülepedett hideg légtömeg fölé kerültek. A magasabb légrétegekben képződött folyékony csapadék (eső), áthullva a hideg légtömegben, túlhűlt, és amint elérte a hideg felszín, megfagyott, vastag jégréteget képzett a fák ágain. A hidegebb mikroklímájú helyeken vastagabbra nőtt a jégréteg, helyenként 6 cm-es ráfagyott jégbevonatot is képezve. Sok fa nem bírta ezt a nehézsúlyt. Korona- illetve törzstörést szenvedtek, vagy gyökértányérostul fordultak ki a földből. A kidőlt fák sokszor szomszédaikat is maguk alá temették. Ez a dominó-effektus többhektáros területen az állományok teljes ledőléséhez vezetett (Barton, 1997).

Bő három évvel ezután, 1999 júniusában egy két napon keresztül tartó heves esőzés után – melynek során több mint 200 mm csapadék esett 48 óra alatt – erős szél söpört végig az állományokon. A felázott talaj nem tudta megtartani a fákat ebben a szélben. A dominó-effektus miatt ismét nagy területű dölések keletkeztek. A széldöntés által érintett terület összességében kisebb volt, mint az 1996-os jégtörésé.

Mindezekre gyors ráadásképp, 2001 januárjában ismét jégtörés következett be a területen. Az 1996. évihez hasonló okokból kialakult jégtörés annyiban különbözött elődjétől, hogy 2001 januárjában a talaj egy hosszú hideg periódus után átfagyott állapotban volt. Emiatt dőlés csak ritkán történt, jellemzően intenzív korona- és/vagy törzstörést szenvedtek a fák. Ennek a bolygatásnak a térbeli kiterjedése messze felülmúlta az 1996. évi jégtörését (Kenderes 2008). A Börzsöny más területeit erősen érintő 2014-es jégtörés a Királyréti Erdészet területét kevésbé sújtotta.

Az utóbbi másfél évtized legjelentősebb széldöntése 2010-ben volt, amikor gyors egymásutánban egy mediterrán ciklon (Zsófia – május 15–17.) és egy mérsékelt övi ciklon (Angéla – május 31 – június 5.) extrém csapadékmennyiségeket és rekordsebességű, orkánerejű szélviharokat eredményezett. Az erdészet területén két „csíkban” okozott dominó-szerű dölést a hegység főgerincén átbukó lejtővihar, szinte mindent letarolva. Az ország számos területén jelentős károkat okozó 2014. decemberi jégtörés hatásai a Királyréti Erdészet területén csak kisebb bolygatásokat jelentettek.



1. térkép Az 1928. évi széldölések hatása. A térképen a százalékos élőfakészlet-csökkenést ábrázoljuk. A számítás az érintett erdőrészekben 1928-1929-1930. években összesen összetermelt fa mennyisége és az 1925. évi élőfakészlet mennyisége alapján történt



A természetes bolygatások domborzattal, állomány-jellemzőkkel és kezeléssel való összefüggéseinek elemzése

Az 1996-os jégöntés, majd a hamar bekövetkeztett újabb súlyos természetes bolygatás, az 1999-es széldöntés a közvetlen kárelhárítási feladatokon felül a Királyréti Erdészeti egész gazdálkodását érintő kérdéseket vetett fel.

Vajon érdemes-e, szabad-e megfelelő előkészítés után mesterséges felújítással „újratermelni” az egykorú állományokat? Milyen mértékben hagyatkozhatunk természetes regenerációs folyamatokra? Az ilyen és hasonló kérdések megválaszolását nagyban segíthetik az olyan vizsgálatok, amelyek az erdőállományok természetes bolygatások hatására való sérülékenységet, érzékenységet elemzik. E motivációk mentén több kutatóhely (ELTE, MTA, ÖBKI) bevonásával megindultak az ilyen irányú kutatások a Királyréti Erdészeti területén.

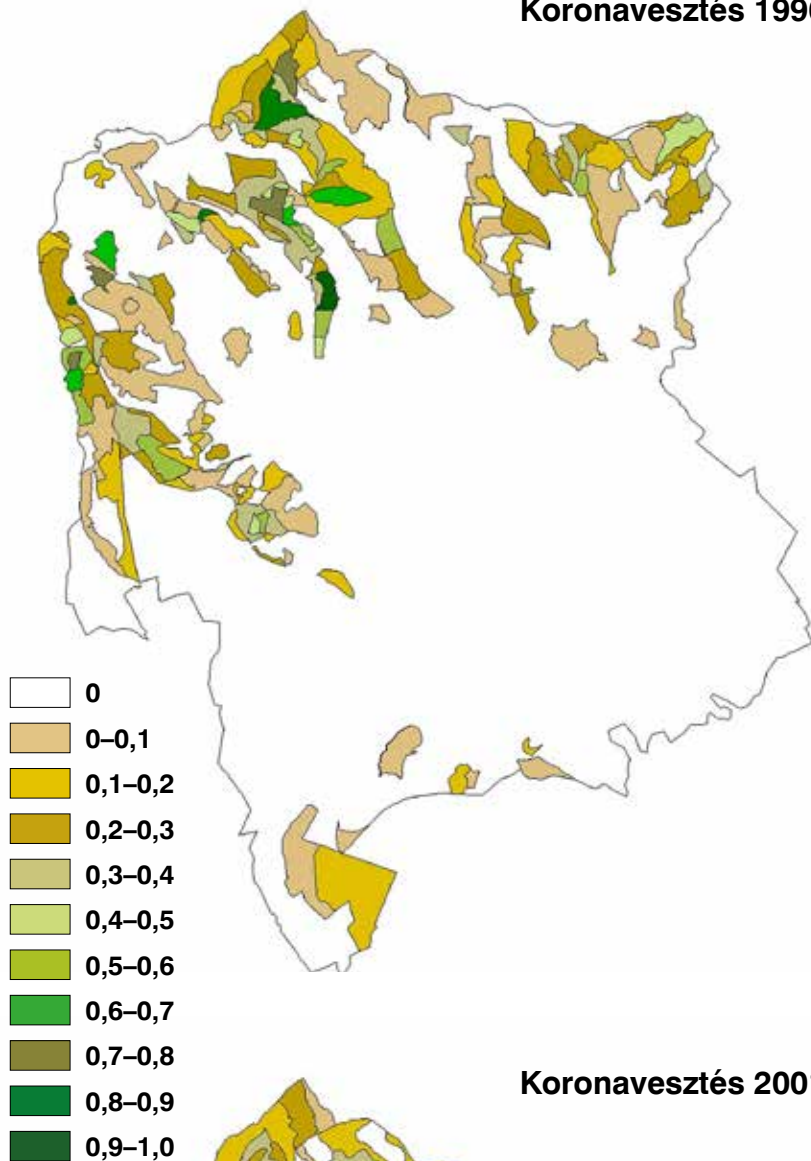
A domborzat, az erdőállomány tulajdonságai és a bolygatások intenzitása közötti összefüggések vizsgálatát első lépésben légifotók elemzésével végeztük. Ezt az tette lehetővé, hogy a bolygatások előtti évből (1995) rendelkezésre állt egy légifelvétel-sorozat. Az ebben rejlő lehetőségeket felismerve az 1999. júniusi széldöntés után a Királyréti Erdészeti egy újabb aktuális légifelmérést rendelt meg. Ez utóbbi felvételeken a friss (1999-es széldöntés) és a korábbi (1996-os jégöntés) bolygatásokkal érintett területek térképi lehatárolása és tipizálása vált lehetségessé.

Mindezek segítségével az intenzíven beindult vizsgálatokkal az alábbi kérdésekre kerestünk választ: 1. *Mekkora területeket érintettek a bolygatások?* 2. *Milyen topográfiai helyzetben dőltek ki nagyobb valószínűséggel a fák?* 3. *Milyen faállomány-jellemzők és/vagy korábbi beavatkozások érzékenyítik az állományokat?* 4. *Mi a fontossága a topográfiai, faállomány- és kezelési jellemzőknek a bolygatásra való érzékenység meghatározásában?* 5. *Hol vannak további veszélyeztetett területek?*

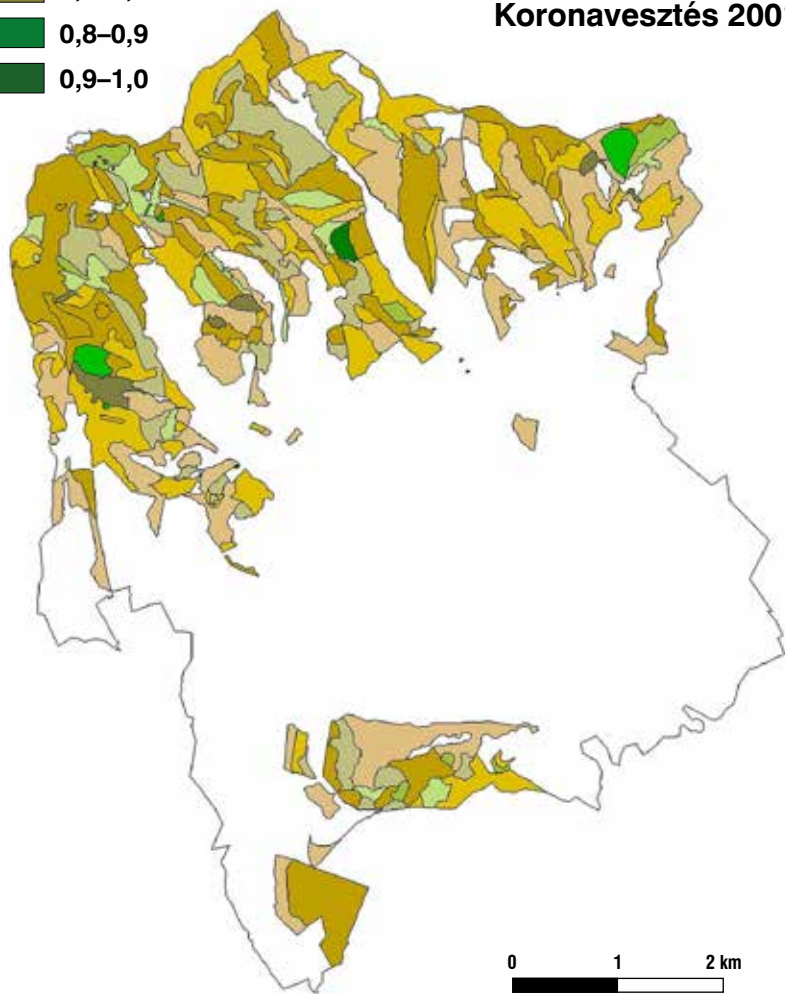
Az elemzések kivitelezéséhez egy olyan térinformatikai adatbázist kellett kiépíteni, amely a közel 70 km²-es vizsgálati területre vonatkozóan integrálta,

2. a, b. térkép Az 1996. és a 2001. évi jégöntés következtében koronavesztést szenvedett foltok a Királyréti Erdészeti területén, a koronavesztés mértékének (0-1) feltüntetésével (Kenderes, 2008)

Koronavesztés 1996



Koronavesztés 2001



0 1 2 km

valamint közös raszteres platformra hozta a topográfiai jellemzőket az erdőállományok állapotával és használati történetével kapcsolatos információkkal. Négy bolygatástípust térképeztünk: *intenzív jégtörés; sporadikus jégtörés; intenzív széldöntés; sporadikus széldöntés*.

A domborzat (tszfm., meredekség, kitettség, lejtőmeredekség), a faállomány (bükk és tölgy elegyarány, faállomány kora, magassága), valamint a kezeléssel kapcsolatos (széldöntést megelőző 5 év fahasználati intenzitása, bükk sudarlósság) változók bolygatásintenzitással való összefüggéseit sokváltozós statisztikai elemzésekkel vizsgáltuk.

A 2001-es jégtörés után újabb légitelítő-sorozat segítségével és intenzív terpmunkával részletes felmérésre kerültek az 1996-ban, 1999-ben és a 2001-ben bolygatással érintett területek. Minden egyes elkülönített foltban rögzítésre került az érintett fák aránya és a korona-vesztés mértéke is (2. a, b. térkép).

A korábbiakhoz hasonló elemzésekkel vizsgáltuk a bolygatás súlyosságának összefüggését a domborzati, a faállomány-, és a kezelési jellemzőkkel. Az elemzések eredményeinek részleteiről számos publikációból tájékozódhat az érdeklődő olvasó (Aszalós és mtsai. 2001, 2004, Kenderes és mtsai. 2007, Kenderes 2008).

A Börzsönyi vizsgálatok megerősítették, hogy a domborzat által is meghatározott mikroklíma befolyásolhatja a jégtörés léptékét, erősségét, akár a lerakódott jégréteg vastagságának mértékével. Ez magyarázza a jégtörések nagyobb tengerszint feletti magasságokra történő koncentrációját.

A lejtőmeredekség növelheti a bolygatás súlyosságát, mivel a meredekebb oldalakon az egyes fák stabilitása is gyengébb, valamint a dominó-effektus

is könnyebben kialakul ilyen helyeken. A kitettség és a bolygatás intenzitásának kapcsolata már összetettebb összefüggésként jelentkezik, mivel a kitettség és a fafajösszetétel nem függetlenek. A vizsgált két főfaj a jégtörésre eltérő érzékenységgel rendelkezik. A jégtörés elsősorban a fokozottan és közismerten érzékenyebb bükk idősebb, 20 méternél magasabb állományait érintette, bár 2001-ben 18-20 méteres állományok is jelentős koronatorést szenvedtek.

A sudarlósság, az állomány kezdeti denzitása és a gyérítések gyakorisága, körülményei egymással összefüggő jellemzők. A nagy denzitású állományok a nagy magasság/átmérő arány kialakulását segítik elő, ami fokozott érzékenységhöz vezethet a sudár, sekély gyökérzetű egyedek kialakulása miatt. Ugyanakkor az intenzív gyérítés is növeli az állomány érzékenységét a bolygatásokra, különösen, ha a bolygató tényező megjelenése előtt nem sokkal történik. A viharos szelek hatására kialakult bolygatások az alacsonyabb térszínek tölgy dominanciájú állományait is érintették. A széldöntések súlyossága erős összefüggést mutatott a megelőző évek kezelésének és/vagy a korábbi bolygatások következtében fellazult lombkoronaszint jelenlétével. Általános – a királyréti gazdálkodás jövőjének tervezését alapvetően befolyásoló – tapasztalat volt, hogy az elegyesebb, változatos szerkezetű állományok ellenállóbbak voltak e természetes bolygatásokkal szemben. Ezt a hatást részleteiben a Börzsöny más részein, a 2014-es jégtörés hatásait elemző munkák is kimutatták (Zoltán és mtsai. 2021, Zoltán 2023).

Az ország számos területén jelentős károkat okozó 2014. decemberi jégtörés hatásai a Királyréti Erdészet területén elenyészőek voltak, feltehetően a korábbi bolygatások és a megváltozott

erdőkezelés következtében kialakult diverzebb faállomány-szerkezet jótékony hatásaként.

A bolygatások következményei az 1997-2006 üzemtervi ciklus gazdálkodására

A Királyréti Erdészetnél 1996-ban, a nagy jégtörés évében, éppen az 1997-2006 erdőtervi ciklus terepi felvételezési munkái zajlottak. Mivel a területet szinte lehetetlen volt bejárni, ezért az erdőtervezőkre emberfeletti munka hárult, amelyet nagy lelkiismeretességgel és a lehetséges pontossággal végeztek el.

Az 1997. évben induló erdőtervünk tehát már tartalmazta az 1996. évi jégtörés hatását, de a végrehajtása közben a tervezett fahasználatokat alapjaiban módosították, tették fölöslegessé vagy lehetetlenné az 1999. és 2001. évi bolygatások következményei.

Az 1999. évi széldőlés bekövetkezésének idején még számtalan helyen zajlott az 1996. évi jégtörésből származó faanyag összetermelése, illetve a 2001. évi jégtörés helyenként olyan erdőt is érintett, ahol még az 1996-ban kidőlt fák ott feküdtek az 1999-es széldőlésben rádőltek. A 2001. évi dölések egy részét már nem tudtuk összetermelni, mivel a korábbi dölések kifordult gyökértányérjai lehetetlenné tették a terepen való közlekedést s ezzel a tervezett munkák végrehajtását.

Mivel ezek a bolygatások jelentős mértékben az NFGY korú erdőkben jelentkeztek, ezért egyes erdőrészekben akár hosszabb távra (erdőtervi cikluson túl) is nemkívánatossá tettek bármilyen fahasználati munkát, mivel akár a koronatorések, akár a dölések jelentős záródásvesztést okoztak. Mindezek miatt az erdészet a 2001. évi dölések kárfelszámolása után nagy mértékben csökkentette az éves fakitermelést.



3. a térkép Az 1996. évi jégtörés fajlagos élőfakészlet-csökkentő hatása az 50 évnél idősebb erdőkben. A csökkenést az 1995. évi erdőtervi adatok és a jégtörés után felvett 1997. évi adatok összevetésével számítottuk ki. Az adatok a fajlagos élőfakészlet csökkenését mutatják m^3/ha -ban

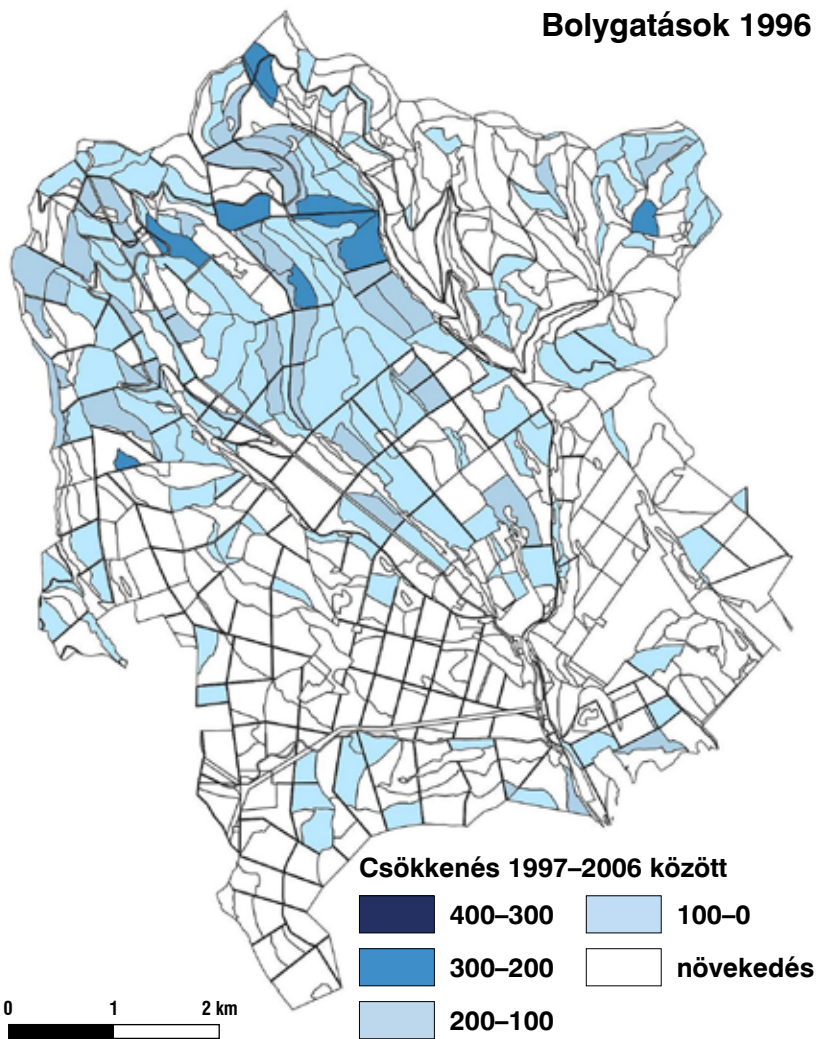
A bolygatások hatására bekövetkezett tényleges élőfakészlet-csökkenés mértékére az 1995., 1997. és 2006. évi erdőtervi adatok fajlagos élőfakészlet-mennyiségéből következtethetünk. Az 1995. évi adat még az első jégtörés előtti induló állapot, az 1997. évi (induló erdőtervi) adatok már tartalmazzák az 1996-os jégtörés hatását, a 2006. évi állapot az erdőtervi ciklus utolsó éve, így már benne van az 1999. és 2001. évi bolygatások hatása is. Az elemzés során külön figyelembe vettük az időközben végrehajtott véghasználatok fajlagos élőfakészlet-csökkentő hatását (3. a, b. térkép).

2003-ban azonban még csak az 1997-es induló erdőtervi adatállomány és az azt követő dölések kárfelszámolásából származó kitermelési adatok, valamint az 1999. és 2001. évi ortofotók álltak rendelkezésünkre az erdőtervi ciklus hátralevő részére eső további gazdálkodási feladataink meghatározásához.

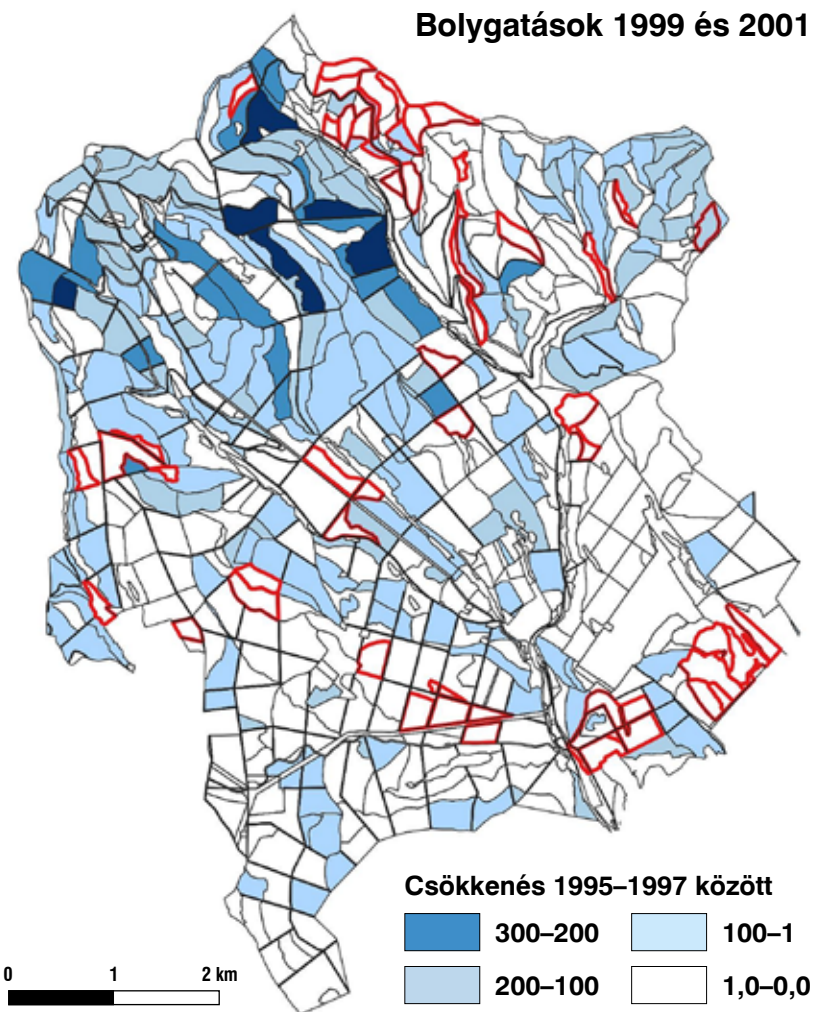
Ekkor a kerületvezető kollégák bevonásával, Prodan-körös mintavétellel becsültük fel az erdészet élőfakészletét a 40 évnél idősebb állományokban. A mintavételi eljárást először kalibráltuk. Néhány jellemző erdőrészletben több mint 40 mintakört vettünk fel és számoltunk ki hektáronként. Az összes mintakör adatából számított fajlagos élőfakészletet tekintettük etalonnak. Majd ezt követően egy számítógépes program segítségével elkezdtük csökkenteni a számításba bevont mintakörök számát, és kiszámoltuk az etalonhoz viszonyított pontosságot. Végül a hektáronkénti 4 mintakör mellett döntöttünk. Ekkor még a relatív pontosság 95% volt, viszont a mintakörök száma már kellően kicsiny volt a hatékony munkavégzéshez.

3. b térkép Az 1999. évi széldőlés és a 2001. évi jégtörés fajlagos élőfakészlet-csökkentő hatása az 50 évnél idősebb erdőkben. A csökkenést az 1997. évi erdőtervi adatok és a 2006. évi adatok összevetésével számítottuk ki. Az adatok a fajlagos élőfakészlet csökkenését mutatják m^3/ha -ban. A térképen a piros körvonallal ábrázolt erdőrészleteknél a tervidőszakban véghasználat történt, ezért ezeket az erdőrészleteket a számításból kizártuk

Bolygatások 1996



Bolygatások 1999 és 2001



Az erdőállományok felújulása a bolygatások után

Az 1996-os jégtörés záródáscsökkentő hatására az erdőállományokban elindult a felújulás. A megjelenő újulatokat tovább segítette a következő két bolygatás hatása. A különféle nagyságú záródásvesztések változatos fényviszonyokat eredményeztek az újulati szintben, ezért a természetesen megjelenő újulat is igen változatos lett. Ez fafajösszetételét tekintve nem minden esetben felelt meg az adott erdőrézshez tartozó célállománytípusnak.

A kutatási eredményeink alapján azonban kifejezetten előnyösnek találtuk ezt az helyzetet, hiszen az elegyetlen állományok lényegesen nagyobb mértékben vannak kitéve a természetes bolygatásoknak. A megmaradt idős állomány árnyaló hatása vagy az árnyaló hatás hiánya tovább differenciálta a fafajösszetételt.

A megjelenő újulatok minőségére jótékony hatást gyakoroltak a vadlétszámban tapasztalható változások. A Királyréti Erdészeti területén előforduló nagyvad a vaddisznó, a gímszarvas, az őz és a muflon. Az 1995–1997 közötti időszakban a vaddisznó egyedszáma egy klasszikus sertéspestisjárvány miatt radikálisan lecsökkent. A muflonállományt az 1995-96-os tél egy métert meghaladó magasságú jeges, kásás hava szinte maradéktalanul elpusztította. Az 1996. évi vadászati törvényi változások hatására a korábban az erdészeti területén vadászó vadásztársaságok pedig igyekeztek 1997. február 28-ig a gímszarvas- és őzállományokat is hasznosítani. Ezért 1997-től a vadnyomás az újulatok szempontjából elviselhető mértékűre csökkent. Ezen túlmenően az újulattal együtt megjelenő változatos cserjeszint is további táplálékkínálatot jelentett a vad számára, ezért még a vad által kedvelt fafajok, pl. a magas kőrös és a juharok is fel tudtak újulni.

Az új üzemterv előkészítése, céljaink megfogalmazásas

Az eredmények alapján kezdtünk el felkészülni a 2007. évben induló erdőterv előkészítésére.

A kutatási eredmények arra ösztönöztek bennünket, hogy az állományok szerkezetét diverzabbé, változatosabbá tegyük egy erdőrézshelentől is. Ezt a 40 évnél idősebb állományokban tűztük ki célul. A bolygatott területek természetes újulatai és a lecsökkent vadlétszám jó alapot adtak ahhoz, hogy fakitermelési, erdőfelújítási módoként szálalóvágás-

ban gondolkodjunk. A kényszerből végrehajtott faállomány-felmérés során relatíve pontos képet kaptunk a tényleges aktuális élőfakészletről.

Cikksorozatunk korábbi – korosztályviszonyokkal foglalkozó – részében bemutatott korosztályszerkezet (*Ruff és mtsai. 2024*) lehetőséget adott arra, hogy új utakon indulhassunk el.

A cikkben korábban leírtak alapján fahasználatainkat a kisléptékű bolygatások mintájára terveztük végrehajtani, mivel a kisléptékű mesterséges bolygatások (fahasználatok, szálalóvágások) várakozásunk szerint csökkentik az esetlegesen bekövetkező közepes méretű természetes bolygatások hatásainak súlyosságát. *Tudtuk tehát, hogy miért, mit és hogyan szeretnénk változtatni.*

Ebben az előkészületi időben két különböző erdőtervi előremetszést készítettünk. Egyet a hagyományos struktúrában, az aktuális (1997-2006) erdőtervben szereplő vágáskorokat figyelembe véve, 3 erdőtervi ciklusra előre nézve, egyet pedig a korosztályviszonyokat kihasználva, esetenként jelentős vágáskoremeléssel, szálalóvágásokat tervezve, kb. 70 évre előre. A két modell 30-70 évre terjedő összehasonlítása alapján azt láttuk, hogy a hagyományos erdőtervben az első ciklusban közel azonos a kitermelési lehetőség, a második és harmadik ciklusban a hagyományos erdőterv rendkívül magas véghasználati lehetőséget hozott. Majd utána 40 évig semmit. Ezzel szemben a második modell szerint a teljes 70 éves időszakban közel azonos kitermelési lehetőségre számíthattunk.

Így jutottunk el a 2007-2016 erdőterv elkészítéséhez 2006-ban. Erről fog szólni cikksorozatunk következő része.

Irodalom

- Aszalós, R., Standovár, T., Ruff, J. & Barton, Z. 2001. Jégtörések és szél-döntések a Börzsöny erdeiben. A termőhely, a faállomány és az erdészeti kezelés szerepe a dölések kialakulásában. In: Mátyás, Cs., Führer, E. & Tóth, J. (szerk.) Gondolatok az erdővédelemről az ezredfordulón. ERTI, Budapest, pp. 103-116.
- Aszalós, R., Standovár, T., Ruff, J. & Barton, Zs. 2004. A Börzsönyi jégtörések okairól az országosan egyre nagyobb terület érintő jégtörések fényében. In: Mátyás, Cs. & Víg, P. (szerk.) Erdő és Klíma IV. Nyugat-Magyarországi Egyetem, Sopron, pp. 249-262.
- Aszalós, R., Thom, D., Aakala, T., Angelstam, P., Brumelis, G., Galhidy, L., Gratzner, G., Hlasny, T., Katzensteiner, K., Kovacs, B., Knoke, T., Larrieu, L., Motta, R., Müller, J., Ódor, P., Rozenberger, D., Paillet, Y., Pitar, D., Standovár, T., Svoboda, M., Szwagrzyk, J., Toscani, P. & Keeton W.S., 2022. Natural disturbance regimes as a guide for sustainable forest management in Europe. *Ecological Applications* 32(5): 1-23.
- Barton, Zs. 1997. A Börzsöny bükkösein volt az évszázad legsúlyosabb erdőkárosodása. *Erdészeti Lapok* 132 (10): 304.
- Kenderes, K., Aszalós, R., Ruff, J., Barton, Zs. & Standovár, T. 2007. Effects of topography and tree stand characteristics on susceptibility of forests to natural disturbances (ice and wind) in the Börzsöny Mountains (Hungary). *Community Ecology* 8 (2): 209-220.
- Kenderes, K. 2008. Kelet-közép-európai bükkösök természetes faállomány-dinamikája. Doktori értekezés. ELTE Biológia Doktori Iskola, Budapest.
- Nagel, T. A., Svoboda, M. & Kobal, M. 2014. Disturbance, life history traits, and dynamics in an old-growth forest landscape of southeastern Europe. *Ecological Applications* 24(4): 663-679.
- Pickett, S. T. A. & White, P. S. 1985. The Ecology of Natural Disturbance and Patch Dynamics. Academic Press, Orlando, Florida.
- Ruff, J., Barton, Zs., Kenderes, K. & Standovár, T. 2024. Természetközeli erdőgazdálkodás az Ipoly Erdő Zrt. Királyréti Erdészeténél II. *Erdészeti Lapok* 159 (3): 102-108.
- Standovár, T. & Kenderes, K. 2003. A review on natural stand dynamics in beechwoods of east central Europe. – *Appl. Ecol. Environ. Res.* 1: 19-46.
- Zoltán, L., Friedl, Z., Pacskó V., Orbán, I., Tanács, E., Magyar, B., Kristóf, D., & Standovár, T. 2021. Application of Sentinel-1 radar data for mapping ice disturbance in a forested area. *European Journal of Remote Sensing* 54(1): 568-587.
- Zoltán, L. 2023. Magyarországi lomb-erdők természetvédelmi helyzetének értékelése erdőtermességi kritériumok elemzésével. ELTE Biológia Doktori Iskola, Budapest.