

**OTKA K79158****A faállomány összetételének és szerkezetének hatása különböző élőlénycsoportok faji- és funkcionális összetételére és diverzitására az őrségi erdőkben****Szakmai zárójelentés  
Ódor Péter (témavezető)****A kutatás célja, peremfeltételei**

A kutatás a tervek szerint 2009.04.01 és 2013.03.31 között zajlott, mivel a témavezető a projekt egy éves hosszabbítását kérte, 2014.03.31-én zárult. A kutatásba beolvadt egy nemzetközi kiegészítő OTKA pályázat (IN 79549, Zuzmó közösség és a faállomány kapcsolatának vizsgálata, partner Padova Egyetem, Olaszország). A projekt kutatóhelye az első három évben az ELTE Növényrendszertani, Ökológiai és Elméleti Biológiai Tanszéke volt, az utolsó két évben a témavezető munkahelyének megváltozása miatt átkerült az MTA Ökológiai Kutatóközpont, Ökológiai és Botanikai Intézetéhez. A projekt teljes költségvetése 15 264 E Ft volt. A kutatás céljai, résztvevői, eredményei és publikációi nyomon követhetők a projekt naprakész honlapján (Őrs-Erdő projekt, <http://orserdo.okologia.mta.hu/>).

A kutatás célja, hogy feltárja különböző erdei élőlénycsoportok biodiverzitását, faji- és funkcionális összetételét meghatározó környezeti változókat. A kutatás az Őrségi Nemzeti Park idős, változatos fafaj-összetételű és szerkezetű erdeiben zajlott. A vizsgálatba mind az élőlénycsoportok, mind a potenciálisan ható környezeti háttérváltozók igen széles tartományát vontuk be. Vizsgáltuk az edényes aljnövényzetet (elkülönítve a lágyszárúakat és fűszárúakat), a talajszint mohaközösségét, a propagulum bank mohaközösségét, az fán élő (epifiton) moha- és zuzmó közösséget, a gombaközösséget (elkülönítve a fán élő, mikorrhiza képző és talajlakó szaprotróf közösségeket), a futóbogár-, pók-, szaproxyl bogár- és madárközösségeket. A háttérváltozók közül kiemelt jelentősége volt a faállomány összetételének és szerkezetének, ezen kívül olyan termőhelyi változókat vontunk be a vizsgálatba, amely feltehetőleg szoros összefüggést mutatnak a faállománnyal. Ezek voltak a fényviszonyok, az avar és a feltalaj fizikai és kémia változói, valamint a mikroklíma-viszonyok (hőmérséklet és páratartalom). Figyelembe vettük a vizsgált állományok táji változóit és múltbéli történeti viszonyait. Ha sok élőlénycsoport esetében sikerül feltárni a közösséget meghatározó környezeti tényezőket, akkor lehetővé válik, hogyha nem is a teljes, de egy komplex erdei életközösség szempontjából értékeljük az erdei biodiverzitást meghatározó háttérváltozókat. Mivel ezek a környezeti tényezők szoros összefüggésben vannak az erdőgazdálkodással (erdőkezeléssel), a meghatározó tényezők feltárása segít a biodiverzitást fenntartó erdőgazdálkodás és természetvédelmi erdőkezelés kialakításában. Környezeti igényeik szempontjából lehetőség nyílik a funkcionálisan, és közösségszerkezetükben eltérő élőlénycsoportok összehasonlítására. Ha modellezni tudjuk viszonylag kevés, és könnyen mérhető környezeti jellemző alapján egy-egy élőlénycsoport biodiverzitását, az lehetővé teszi faállomány jellemzők alapján az erdei életközösség korlátozott predikcióját.

A sok élőlénycsoport és környezeti tényező vizsgálata miatt a kutatásba sok vezető kutató kapcsolódott be, és ennél is szélesebb volt a résztvevő hallgatók köre. A nagygombaközösségek vizsgálatát egy hétfős közösség végezte; vezetőjük Siller Irén (SZIE ÁOTK) volt. A csoportból ki kell emelni Kutszegi Gergely PhD hallgatót, akinek ebből a témából készül doktori dolgozata. A növények és a faállomány vizsgálatát Ódor Péter irányította, több PhD hallgató bevonásával:

Tinya Flóra a fényviszonyok és a növényközösség feltárását végezte, Márialigeti Sára elemezte a légyszárúakat és talajszint mohaközösségét, Király Ildikó végezte az epifiton mohák vizsgálatát, Mag Zsuzsa a madárközösséget. A moha propagulum bank vizsgálata Hock Zsófia irányításával zajlott, a munka oroszlánrészét Kövendi-Jakó Anna MSc szakdolgozó végezte. Az epifiton zuzmókat Juri Nascimbene (Padovai, majd Trieszti Egyetem posztdoktora) vizsgálta, az epifiton mohák és zuzmók feldolgozása közösen zajlott. A talaj- és avarviszonyok feltárását Bidló András (NYME EMK) vezette, több szakdolgozó és PhD hallgató bekapcsolódásával. A pókok vizsgálatát Samu Ferenc (MTA ATK Mezőgazdasági Intézet) irányította. A szaproxyl bogarak és a futóbogarak felmérésének vezetője Lakatos Ferenc (NYME EMK) volt, akihez szintén több hallgató kapcsolódott.

### **A kutatás módszertanának rövid bemutatása**

A vizsgálat 35 erdőállományban zajlott (1. ábra), melyeket rétegzett random mintavétellel választottunk ki az Országos Erdőállomány Adattárból. A mintavétel az Őrség és a Vendvidék területére korlátozódott. A mintavételből kizártuk a 70 évnél fiatalabb állományokat, a felszíni víz által befolyásolt és a nagyon meredek termőhelyeket. A fafaj összetétel alapján csoportosítottuk az erdőrészeket, a főbb fafajok (kocsányos és kocsánytalan tölgy, bükk, erdeifenyő, gyertyán) és azok kombinációi szerint, majd az így képzett csoportokból válogattunk véletlenszerűen. Igyekeztünk biztosítani a mintaterületek térbeli függetlenségét, az állományok közötti minimális távolság 500 m volt. Vagyis a kiválasztott erdőrészek a régió idős, felszíni víz által nem befolyásolt, sík illetve enyhe lejtésű erdeit reprezentálják lefedve a régióra jellemző főbb fafajok kombinációit.

A faállomány felmérése az erdőrészlet egy 40 m x 40 m-es területén zajlott, a faegyedek egyedi mérése és térképezése alapján meghatároztuk az állomány fafaj-összetételét, a fák méret szerinti megoszlását, megadtuk a cserjeszint denzitását és a holtfa-viszonyokat.

Az aljnövényzet (légyszárúak és 50 cm magasság alatti faszárúak) és a talajszint moháinak felmérése e területen belül, 30 m x 30 m-es mintaterületeken zajlott, megadtuk a fajok abszolút borítását, a felvételezést 5 m x 5 m-es érintkező négyzetekben végeztük (összesen 36 kvadrátban mintaterületenként). A mintavétel egy alkalommal történt.

A moha propagulum bankot egy alkalommal mintavételeztük, mintaterületenként 3 almintát gyűjtve, ezekből keltettük ki az életképes moha propagulumokat.

Az epifiton mohákat és zuzmókat a mintaterületre eső 20 cm-es mellmagassági átmérőnél vastagabb fákon mértük fel, 1,5 m magasságig becsültük a fajok abszolút borítását, egy alkalommal.

A nagyombákat három alkalommal, két vegetációs időszakban mintavételeztük. Az egyes nagyombafajok gyakoriságait azzal jellemeztük, hogy hány kvadrátban voltak jelen a mintaterületen (lokális frekvencia); a három időpont lokális frekvenciáit összeadtuk.

A pókokat talajcsapdával és kézi motoros rovarszippantóval egyaránt gyűjtöttük, mindkét gyűjtési módot háromszor végeztük el, két vegetációs időszakban. Egy alkalommal a rovarszippantó esetén 5 almintát gyűjtöttünk, mintaterületenként 5 talajcsapdát alkalmaztunk. A közösséget a különböző módszerekkel végzett gyűjtések fajonkénti összesített egyedszámai alapján jellemeztük.

A futóbogár-közösséget a pókoknál leírt talajcsapdás mintavétellel jellemeztük.

A szaproxyl bogarak esetében a mintaterületekre fél évre fogófákat helyeztünk ki (három fafajból, frissen kivágott egységes méretű törzsdarabokat), majd a fogófákból kikeltettük a

kolonizált egyedeket. A módszerrel csak a friss faanyaghoz kötődő szaproxyl bogárközösséget tudtuk jellemezni.

A madarakat pontszámlálással mintavételeztük, egy vegetációs időszakban két alkalommal.

A háttérváltozók közül a fényviszonyokat három módszerrel jellemeztük: mértük a lombkorona záródását szférikus denziométerrel, a relatív diffúz fény mennyiségét LAI-2000 műszerrel (állomány alatt és nyílt területen végzett párhuzamos mérés alapján), modelleztük a relatív diffúz és direkt fényt a lombkorona felmérése alapján egy térben explicit modell (tRAYci) segítségével.

Az avar és feltalaj fizikai és kémia jellemzőit mintaterületenként egy alkalommal gyűjtött 5 alminta alapján jellemeztük. Az avar esetében a tömeget, avarösszetevők arányát, és a kémhatást vizsgáltuk. A feltalaj 0-10 cm-es rétegét vizsgáltuk, mértük a talaj kémhatás-viszonyait, vázartalmát, szemcseméret összetételét, C, N, P, K elemtartalmakat. Megadtuk a főbb felszínborítás típusok (aljnövényzet, mohaszint, avar, nyílt talajfelszín, holtfa) borítását.

A mikroklíma mérés során hőmérsékletet és páratartalmat regisztráltunk 3 vegetációs időszak alatt összesen 8 alkalommal. Egy alkalommal párhuzamos méréseket végeztünk, 24 órás időtartamokat regisztrálva.

A táji jellemzőket a mintaterületek 300 m sugarú körzetében vizsgáltuk, megállapítva a főbb tájhasználati elemek arányát légifotók és térképek alapján.

A történeti viszonyokat az 1853-as térképek (II. katonai felmérés) alapján jellemeztük, megadtuk a táji jellemzőket (a fenti módszertant követve) és a mintaterület tájhasználat-típusát.

Az elemzések során használt háttérváltozókat az 1. táblázat tartalmazza. A használt háttérváltozók az egyes élőlénycsoportok esetében eltértek, pl. a lágyszárú szint elemzése során az aljnövényzet borítást nem tekintettük háttérváltozónak, vagy az epifitonok elemzésénél nem vizsgáltuk a talaj és avarviszonyok hatását.

Mivel cél volt az eredeti mintán kapott modellek tesztelése, kiválasztottunk a régióban 15 állományt, ahol egyszerűsített mintavételt végeztünk a faállományra, záródásra, valamint az élőlénycsoportok közül az aljnövényzetre, talajszint és epifiton mohákra és madarakra vonatkozóan. Ezt a mintát használtuk fel a modellek tesztelésére.

### **Az adatfeldolgozás módszertana**

Az adatfeldolgozás a különböző élőlénycsoportoknál hasonló elveket követett, de az egyes élőlénycsoportoknál voltak módszertani eltérések, az eltérő adattípusokból adódóan. Minden élőlénycsoportnál elemeztük egyes kiemelt közösségi jellemzők és a háttérváltozók összefüggéseit, feltártuk a közösségi jellemzőket meghatározó legfontosabb háttérváltozókat, és megpróbáltunk ez alapján modelleket készíteni. Elemeztük a közösség fajszámát, tömegességét, valamint a legtöbb esetben a közösségen belül funkcionális csoportokat hoztunk létre és ezeket külön is elemeztük. Az közösségi jellemzők és háttérváltozók összefüggései az általános lineáris modellcsalád (GLM) módszereivel dolgoztuk fel, az adatszerkezet függvényében alkalmaztunk egyszerű lineáris modelleket, Poisson-eloszlást követő általánosított lineáris modelleket és szükség esetén kevert modelleket. A modellezést minden esetben korrelatív adatfeltárás előzte meg. A háttérváltozók esetében az adatokat standardizáltuk, a függő változók esetében akkor alkalmaztunk adattranszformációt, ha az statisztikailag indokolt volt.

A közösségek faji összetétele és a háttérváltozók közötti összefüggéseket ordinációs módszerekkel tártuk fel. A közösséget minden esetben egy faj – mintaterület mátrix jellemezte, melynek értékei a fajok tömegviszonyai voltak (ezek konkrét típusa közösségenként eltért: borítás, lokális frekvencia, egyedszám). A tömegesség-értékeket a legtöbb esetben transzformáltuk (többnyire logaritmus transzformációt alkalmazva). A legtöbb esetben direkt

ordinációs modelleket, elsősorban redundancia analízist alkalmaztunk. Ezen kívül használtuk a korrespondencia analízis módszercsaládját, a variancia-felosztást és az indikátor faj elemzést.

## A kutatás eredményei

A háttérváltozók közül mind módszertani, mind biológiai szempontból kiemelten vizsgáltuk a fény hatását. Tinya Flóra doktorandusz hallgató e témából védte meg PhD dolgozatát (Tinya 2011), tudományos publikációt jelentettünk meg a három vizsgált fénymérési módszer összehasonlításából (Tinya et al. 2009a), valamint a fény és a növényzet (lágyszárúak, magoncok, mohák) összefüggéseiről (Tinya et al. 2009b). Egy mintaterületen (Szalafői Óserdő Erdőrezervátum) részletesen vizsgáltuk a fény és az aljnövényzet mintázatának összefüggését, amit egy könyvfejezetben jelentettünk meg (Tinya és Ódor 2014). A három módszer közül a térben explicit modell (tRAYci) és a LAI-2000 alapján becsült fény szoros összefüggést mutatott és megbízhatóbbnak mutatkozott a fényviszonyok jellemzésére, mint a szférikus denziométer alapján mért záródásihiány. A térben explicit modell az igen intenzív terepi adatgyűjtés igénye miatt alapvetően egy állomány intenzív, belső fényviszonyainak a jellemzésére használható, több állomány összehasonlítására a LAI-2000 használata volt a leghatékonyabb. A vizsgált növények közül a fény a lágyszárúak és a talajlakó mohák esetében bizonyult meghatározónak. A kéreg- és korhadéklakó mohák nem mutattak összefüggést a fényvel. A magoncok esetében a teljes közösség számára a megvilágítottság jelentősége kisebb volt, de néhány fafaj csemetéjének tömegessége (kocsányos és kocsánytalan tölgyek, erdeifenyő) korrelált a fényvel. A lágyszárúak esetében elkülönültek a fénykedvelő és fény-flexibilis (lék-) fajok az árnyéktűrőktől. A fénykedvelő és fény-flexibilis fajok esetében az összefüggés léptéke tért el: a fény-flexibilis fajok finomabb, a fénykedvelő fajok durvább léptékben mutatták a maximális összefüggést a fényvel. A lágyszárúak esetében a közvetlen összefüggés-vizsgálat eredménye jól illeszkedett a fajok fény-indikátor értékeihez, a mohák esetében nem. A Szalafői Óserdőben a fény és az aljnövényzet mintázatának összehasonlítása során a gyepszint és a mohaszint tömegességének térbeli mintázata jól illeszkedett a fény mintázatához. Az edényes fajok közül elkülöníthetőek voltak a fény mintázatához igazodó, valamint az attól független, árnyéktűrő fajok. A mohák és a lágyszárúak finomabb (10 m × 10 m-es), míg a fásszárú magoncok ennél durvább (25 m × 25 m-es) léptékben mutatták a maximális összefüggést a fény mintázatával.

A lágyszárúakat és a magoncokat meghatározó háttérváltozók vizsgálatait konferencia prezentációkban, illetve magyar nyelvű publikációkban jelentettük meg (Ódor et al. 2011), nemzetközi kézirat benyújtását 2014-ben tervezzük. A lágyszárúak fajszámát és borítását elsősorban a fény, a fafaj-diverzitás és a táji elemek heterogenitása növelte. Az erdei lágyszárúak elkülönített vizsgálata során szintén ezek a háttérváltozók bizonyultak a legfontosabbnak. A faji összetételüket meghatározó háttérváltozók fontossági sorrendben a fény, a fafaj-diverzitás, a gyertyán-elegyarány, a talaj mechanikai összetétele és a mohaborítás voltak. A fényvel a legszorosabb összefüggést mutató fajok elsősorban nem erdei növények (gyomok, vágástéri és réti fajok), illetve acidofrekvens elemek voltak. Az erdei fajok a fafajokban gazdag, a második lombszintben jelentős gyertyán-elegyarányal rendelkező, durvább talajtextúrájú erdővel mutattak összefüggést. A magoncok fajszámát a fény mennyisége és a fafaj-diverzitás növelte. Faji összetételüket elsősorban a lombkoronaszint fafaj-összetétele és a fényviszonyok határozták meg. A bükk a fényben szegényebb, bükk-dominanciájú állományokat preferálta, a tölgyfajok és az erdeifenyő magoncai, valamint a legtöbb cserjefaj elsősorban a fényben gazdagabb állományokra voltak jellemzőek (ahol főleg a tölgyek és az erdeifenyő alkották a lombszintet). A legtöbb elegyfaj magonca a fafajokban gazdag állományokkal mutatott összefüggést.

A talajlakó mohák és a környezeti változók összefüggéseit nemzetközi publikációban jelentettük meg (Márialigeti et al. 2009). A talajsztint moháinak faji összetételét, borítását és fajgazdagságát alapvetően az aljzatviszonyok határozták meg. A lombavar gátolja a mohagyepék kialakulását, a talajsztinten elsősorban a nyílt talajfelszíneken és a fekvő faanyagokon tudnak megjelenni, vagyis a modellekben a legnagyobb súllyal az avarborítás negatív hatása jelent meg. Emellett a fajszámot növelte a cserjesztint denzitása, a fafaj-diverzitás és a faállomány szerkezeti heterogenitása. A borításnál pozitív tényezőnek bizonyult a cserjesztint denzitása és a fény. A faji összetétel elemzése során (az avarborítás általános negatív hatása mellett), a talajlakó mohák a fényvel mutattak összefüggést, míg az egyéb aljzatokon megjelenő fajok esetében fontosnak bizonyult a cserjesztint denzitása és a holtfa mennyisége.

A talaj moha propagulum bankját külön vizsgáltuk, összehasonlítva a felszíni vegetációval. E témából egy MSc szakdolgozat és tudományos diákköri dolgozat készült (Kövendi-Jakó 2014). A propagulum bank fajgazdagsága jóval alacsonyabb volt, mint a felszíni mohavegetációé. A propagulum bank és felszíni mohavegetáció faji összetétele nagyon eltért, csak néhány faj jelent meg mindkét közösségben. A felszínen az élőlő, a propagulum bankban a rövid életciklusú fajok (kolonista és a rövid életű vándorló stratégia) voltak jellemzőek. Ez alapján megállapítható, hogy a régióban a propagulum bank szerepe a mohavegetáció regenerációjában csekély. A propagulum bank faji összetételét elsősorban nem a faállomány, hanem a hőmérséklet, valamint a talaj és az avar jellemzői (elsősorban kémhatás) határozták meg.

A kéreglakó (epifiton) moha- és zuzmóközösség esetében történt meg a projekten belül a legalaposabb feldolgozás. E témakörben négy nemzetközi publikációt jelentettünk meg, először külön elemeztük a mohákat (Király and Ódor 2010) és a zuzmókat (Nascimbene et al. 2012) meghatározó környezeti változókat, majd két publikáció összehasonlította a két közösség diverzitását (Király et al. 2013) és faji összetételét (Ódor et al. 2013). E részterület sikeres feldolgozásában nagy jelentősége volt az olasz partnerrel kialakított nemzetközi kiegészítő OTKA pályázatnak, amely lehetővé tette a rendszeres konzultációkat. A feldolgozások során kihasználtuk a lehetőséget, hogy külön vizsgálhatók a potenciálisan ható környezeti változók a faállomány és a faegyedek szintjén. A faegyedek esetében a fafajt, a méretet, és a térben explicit fény modell segítségével a faegyedet érő fényviszonyokat vehettük figyelembe. E témában készül Király Ildikó PhD dolgozata, amelynek leadása 2014-ben várható. Mindkét közösség esetében a faállomány-sztintű fajszámban a fafaj-diverzitásnak és a cserje-denzitásnak volt meghatározó szerepe. Emellett a mohák esetében növelte a fajszámot a fák mérete, a zuzmók esetében pedig kiemelt pozitív jelentősége volt a fény mennyiségének. A faegyedek szintjén a mohák esetében a (kocsánytalan és kocsányos) tölgyön, a zuzmók esetében a tölgyön és a gyertyánon találtunk magas fajszámot. A fák mérete növelte a faegyed-sztintű fajszámot, de nem minden fafaj esetében, a moháknál az erdefenyő rendkívül fajszegény közössége nem függött a fák méretétől, a zuzmóknál pedig az egyébként fajgazdag gyertyánon nem találtunk méretfüggést. Mindkét közösség esetében a faji összetételt alapvetően a fafaj-összetétel határozta meg, mivel a különböző fő fafajokhoz eltérő epifiton közösségek kapcsolódnak. Ez is alátámasztja a fafajdiverzitás óriási jelentőségét az epifiton közösségek diverzitásában. A mohák esetében emellett fontos volt a kiegyenlített mikroklíma és a cserjesztint jelenléte (a kettő között szoros összefüggés volt), a zuzmók esetében pedig a fényviszonyok. A moháknál elsősorban a tölgyhöz kapcsolódott fajgazdag közösség, bár néhány specialista epifiton faj a bükköt preferálta. A zuzmók esetében sok kéregzuzmó a gyertyánt preferálta, amelyhez egy speciális és fajgazdag közösség kapcsolódott, a tölgyekhez számos lombos zuzmó asszociálódott, míg az erdefenyőhöz is kötődött néhány savanyú viszonyokat toleráló specialista faj.

A nagygombák esetében a terepi mintavétel és az ezt követő határozás óriási energia-befektetést igényelt. A terepi mintavétel 2009 és 2010 között zajlott; ezt követően két évbe telt a gyűjtött példányok meghatározása. A gombákra vonatkozóan eddig egy fungisztikai publikáció készült nemzetközi folyóiratban (Siller et al. 2013). A környezeti változókra vonatkozó elemzések eddig konferencia-előadásokon láttak napvilágot, illetve jelenleg revízió alatt áll egy e témában benyújtott publikáció a Fungal Ecology folyóiratban. A fungisztikai publikáció (részletes fajlista) önálló publikációban történő közlését a fajok nagy száma és fungisztikai újszerűsége jelentette. A vizsgált 35 mintaterületen összesen 726 nagygombataxon előfordulását regisztráltuk, melyek közül hazánkra nézve 61 faj bizonyult újnak. Kettő, a tudomány számára teljesen új nagygombafaj (*Cortinarius nolaneiformis* és *C. uraceonemoralis*) is előkerült a mintaterületekről (Dima et al. 2014). A gombaközösséget meghatározó háttérváltozók feltárása során külön elemeztük a fán élők (a nekrotróf paraziták és a lignikolok, 245 faj), a talajlakó szaprotrófok (127 faj) és a mikorrhizaképzők (290 faj) közösségét. Mindegyik esetben elemeztük a fajszámot, termőtest-produkciót és a fajösszetételt meghatározó háttérváltozókat. Az egyes nagygombafajok tömegességi viszonyait azon kvadrátok számával fejeztük ki a mintaterületeken belül, amelyekben az adott gombafaj termőteste jelen volt (lokális frekvencia). Mindhárom közösség esetében a fajszám és a termőtest-produkció szoros pozitív összefüggést mutatott. A fajszámot (és a termőtest-produkciót) elsősorban termőhelyi jellemzők (talaj-, avar- és mikroklíma-változók), míg a fajösszetételt elsősorban a fafajösszetétel határozta meg. A fán élő közösség fajszámát az avar kémhatása, a vékony ágak borítása és a bükk elegyaránya növelte. A közösség fajösszetételét elsősorban egy túlevelű (erdeifenyő) – lombos fafaj (bükk, gyertyán) gradiens határozta meg, de a hőmérséklet és az avar pH is befolyásolta. A talajlakó szaprotróf fajok fajszámát és termőtest-produkcióját elsősorban a hőmérséklet határozta meg; a hűvösebb mikroklímájú állományokban nagyobb fajszámot és tömegességet találtunk. Fajösszetételüket elsősorban az erdeifenyő elegyaránya, a hőmérséklet és az avar kémhatása határozta meg. A mikorrhizaképző nagygombák közösségének fajszámát elsősorban a hőmérséklet és a talaj N tartalma határozta meg; mindkettő hatása negatív volt. A fajösszetételben a bükk elegyaránya, a fák mérete, az avar kémhatása és a táji erdőszűrség bizonyult a legfontosabbnak.

A pókközösség feldolgozását nemzetközi folyóiratban publikáltuk (Samu et al. 2014). A pókközösség fajgazdagságát elsősorban a fafaj-diverzitás és a cserjeszint denzitása növelte. A faji-összetételt elsősorban a főbb fafajok elegyarányai (tölgy, bükk, gyertyán) és a relatív páratartalom határozták meg.

A szaproxyl bogarak és a futóbogarak elemzését konferencia prezentációkban és egy könyvfejezetben (Lakatos et al. 2014) mutattuk be. A szaproxyl bogarak fajszámát növelte az erdő-kontinuitás (a mintaterület a XIX. században is erdő volt) a gyertyán-elegyarány, és csökkentette a cserjeszint denzitása. A faji összetételt a fekvő és álló holtfa mennyisége és a cserjeszint denzitása határozta meg.

A futóbogarak fajszámát a cserjeszint denzitása és a fekvő holtfa mennyisége növelte. Fajösszetételüket az erdeifenyő és a tölgy elegyaránya, valamint a relatív páratartalom határozta meg. A szaproxyl bogarak és a futóbogarak esetében a modellek megbízhatósága rosszabb volt, mint a többi élőlénycsoportnál.

A madárközösséget meghatározó tényezők feltárását több konferencia prezentációban mutattuk be, a munkából benyújtottunk publikálásra egy kéziratot nemzetközi folyóirathoz, amely jelenleg átdolgozás alatt van, reméljük 2014-ben megjelenik. A madarak fajszámát és tömegességét ugyanazok a háttérváltozók magyarázták, és külön kezelve az odúlakókat és a nem odúban fészkelőket szintén ugyanazok a változók jelentek meg, csak más súlyokkal. Ezek a változók a fák mérete, a holtfa mennyisége és a gypeszint borítása voltak. Az első két változó elsősorban az

odúlakó, a harmadik a nem odúlakó közösség fajgazdagságát növelte. A közösség faji összetételét a fák mérete, a gyepszint borítása és az erdeifenyő elegyaránya határozta meg.

A háttérváltozók közül feltártuk a mikroklíma és a faállomány összefüggéseit, e témában 2014-ben egy konferencia prezentáció bemutatását és egy nemzetközi kézirat benyújtását tervezzük. A különböző hőmérséklet- és páratartalom-változók ordinációja alapján a mintaterületek egy hűvös-párás versus meleg-száraz mikroklíma gradiens mentén helyezkednek el. A párás mikroklímát növelte a cserjeszint denzitása, a gyertyán elegyaránya, míg a meleg-száraz viszonyok a tölgy elegyarányával mutattak elsősorban összefüggést.

### **Az eredmények értelmezése, gyakorlati jelentősége**

Az egyes élőlénycsoportok diverzitása és a vizsgált háttérváltozók közötti összefüggéseket a 3. ábra foglalja össze, feltüntetve a biodiverzitást növelő tényezőket. Ez alapján megállapítható, hogy az erdei biodiverzitás szempontjából a régióban a legfontosabb tényezőnek a fafaj-diverzitás bizonyult. Ebbe beletartozik a fafajok magas száma, valamint a főbb fafajok elegyes, kevert megjelenése egyaránt. E tényező növelte a lágyszárúak, a magoncok, a talajlakó és kéreglakó mohák, a kéreglakó zuzmók és a pókok diverzitását. Egyes élőlénycsoportoknál (pl. a kéreglakó moháknál és zuzmóknál) a kapcsolat közvetlen, hiszen a különböző fafajokon más közösségek alakulnak ki. Azonban a legtöbb élőlénycsoportnál a fafaj-diverzitás komplex módon, közvetett hatásokon keresztül növeli a termőhelyi és szerkezeti heterogenitást, ami a biodiverzitás növekedését eredményezi, vagyis egy igen jó indikátornak bizonyul. A természetvédelmi erdőkezelés és az erdőgazdálkodás során az elegyesség és a fafaj-diverzitás fenntartására, növelésére kell törekedni.

Egy másik kiemelt jelentőségű tényező a cserjeszint jelenléte, mely szintén több élőlénycsoport diverzitását növelte (talajlakó és kéreglakó mohák, pókok, futóbogarak). A cserjeszint a legtöbb élőlénycsoport esetében egy párás mikroklíma megteremtésén keresztül hat, egyes élőlénycsoportoknál el kellett dönteni, hogy a cserjeszint, vagy a páratartalom kerüljön be a modellbe. A vizsgálatunk igazolja, hogy a cserjeszint folyamatos jelenlétének óriási jelentősége van a biodiverzitás szempontjából. Mivel a régióban a cserjeszintet elsősorban a fák újulata alkotja, ezt az újulati foltok finom térbeli léptékű biztosításával lehet elérni.

Ugyancsak kulcsfontosságú a hűvös erdei mikroklíma folyamatos biztosítása, különösen a gombaközösségek esetében.

A fény növekedése elsősorban a lágyszárúak, az újulat és a kéreglakó zuzmók fajgazdagságát növelte. Azonban a túlságosan sok fény már elsősorban a nem erdei fajok terjedését eredményezi. Vagyis ideálisnak a lombkorona kismértékű felnyílásával létrejövő heterogén, de még alapvetően árnyas, erdei fényviszonyok tekinthetők.

A holtfa mennyisége a fán élő gombák, a madarak és a futóbogarak esetében bizonyult meghatározónak. A régió gazdasági erdeiben a holtfa mennyisége igen alacsony a természetes referenciának tekinthető felhagyott erdőkhöz képest, annak kb. negyede. A holtfa mennyiségének növelése a természetvédelem jövőbeni feladata a régióban, mely nagyban növelni tudja az erdei biodiverzitást.

A fák méretének pozitív hatása viszonylag kevés élőlénycsoport esetében jelentkezett, a madaraknál és a kéreglakó moháknál. Ennek oka az lehet, hogy a középhegységekhez képest a nagyméretű fák a régióban viszonylag ritkák, az intenzív jelenlegi és múltbeli gazdálkodás miatt. Emiatt a nagy fák biodiverzitást növelő hatása nem tudott érvényesülni.

A legtöbb élőlénycsoport esetében olyan változók bizonyultak a legfontosabbnak, amelyek közvetlen kapcsolatban állnak az erdőállomány jelenlegi szerkezetével és összetételével, vagyis

alapvetően a gazdálkodással. Ehhez képest a táji és történeti változók szerepe viszonylag kicsi. Mivel a régió egy régóta viszonylag intenzíven használt táj, elképzelhető, hogy azok az elemek, amelyek igazán érzékenyek az erdő kontinuitására, jelenleg már regionálisan ritkák, illetve hiányoznak, vagyis egy extenzív mintavételbe bele sem kerülnek. Ugyanakkor az eredmények azt mutatják, hogy a jelenlegi gazdálkodás szerepe kulcsfontosságú az erdei biodiverzitás szempontjából. A kiemelt jelentőségű elemeket (fafaj-diverzitás, folyamatos erdei mikroklíma, változatos erdei fényviszonyok, cserjeszint és újulati foltok folyamatos jelenléte) elsősorban a folyamatos erdőborítás mellett végzett gazdálkodás, alapvetően a szálalás tudja biztosítani (a gazdálkodás alól kivont területek mellett). Ez irányba kéne további lépéseket tenni a régióban zajló gazdálkodásnak és természetvédelmi erdőkezelésnek.

### **A projekt témavezetői értékelése**

A projekt a tudományos eredmények szempontjából alapvetően sikeresnek mondható, 12 nemzetközi folyóiratcikk készült a keretében (összesített impakt faktor 18,61), rengeteg konferencia prezentációt tartottunk, a hallgatók bevonása miatt sok szakdolgozat, tudományos diákköri dolgozat számára nyújtott témát e kutatás. A projektben kulcsszerepet játszottak a PhD hallgatók. E tekintetben árnyaltabbak a sikerek, jelenleg egy PhD dolgozatot védtek meg, egy benyújtása 2014-ben, kettőé 2015-ben várható. Bár ez nem tudományos érv (de fontos gyakorlati kényszer), hogy a projektbe eleinte szakdolgozóként, majd doktoranduszként bekapcsolódó hölgy PhD hallgatók kivétel nélkül gyermeket (gyermeket) vállaltak a projekt futamideje alatt.

A kutatás munkatervében vállalt terepi mintavételek kivétel nélkül megvalósultak, alapvetően tartva a munkatervben vállalt futamidőt. Számos mintavétel elkezdődött már a projekt kezdete előtt (faállomány, aljnövényzet, madár, talajlakó mohák), a projekt első három évében lezajlott a talajviszonyok felmérése, a mikroklíma mérések, az epifitonok, gombák, pókok, futóbogarak, szaproxyl bogarak mintavétele. Egyedül a futóbogarak-pókok igényeltek egy kiegészítő talajcsapdás mintavételt 2012-ben, valamint a gomba felvételezés határozása húzódott viszonylag sokáig, de ez a gyűjtött anyag mennyisége és a csoport taxonómiai problémái miatt teljesen elfogadható.

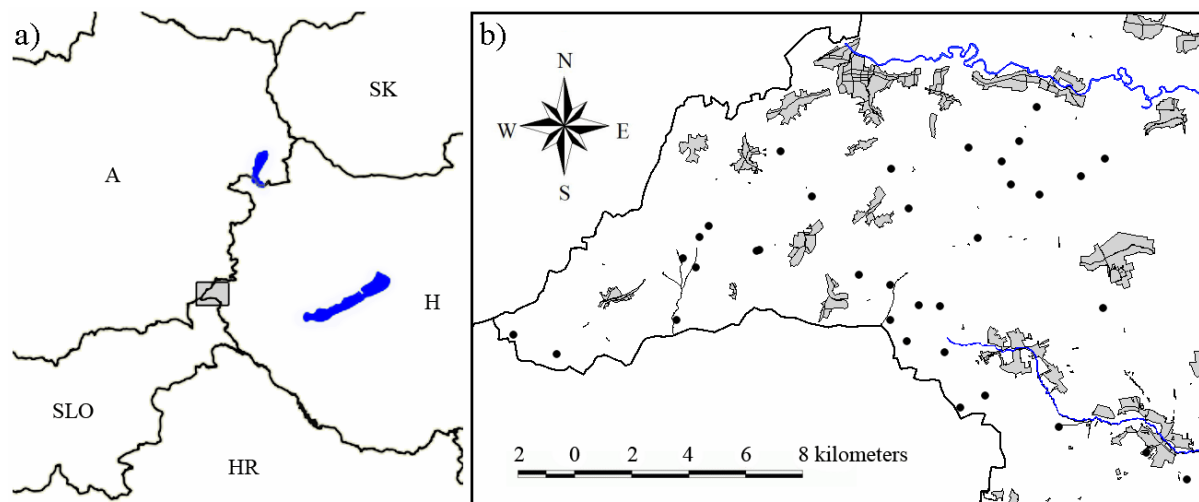
Ugyanakkor publikációk tekintetében a kutatás nem tekinthető még lezártnak. Bár a megjelent cikkek száma véleményem szerint jelentős, számos tervezett publikáció még nem valósult meg. Eddig az eredményeket alapvetően élőlénycsoport-szinten publikáltuk (e tekintetben is vannak egyes élőlénycsoportoknál még hiányosságok), a több élőlénycsoportot átfedő komplex feldolgozások egyelőre csak konferencia prezentációk formájában jelentek meg, ezek tudományos folyóiratcikként való megjelentetése a következő 1-2 év feladata. Ezt olyan szempontból is jövőbeni feladatommak tekintem, hogy a projekt publikációira épít jelenleg futó MTA Bolyai János Kutatói Ösztöndíjam, illetve e publikációk alapján szeretném majd elkészíteni nagydoktori disszertációm is.

A projekt futamideje alatt nagy hangsúlyt helyeztünk arra, hogy a tudományos fórumok mellett a kutatás eredményeit kommunikáljuk az erdész és természetvédő szakma felé. Mind a vizsgált régióban, mind országos fórumokon többször bemutattuk gyakorlati szakembereknek a kutatást, lehetőséget teremtve a szakmák közötti disputára. Magyar nyelvű folyóiratcikkekben is megjelenítettük az eredményeket (Ódor et al. 2011), valamint fenntartunk a projektről egy honlapot, amely mind közérthető, mind tudományos formában lehetővé teszi a kutatás megismerését. Gyakorlati szempontból igen fontos az összefüggéseket feltáró modellek tesztelése, ez még egyelőre a feldolgozás fázisában van, ezért nem jelenítettük meg az eredményekben.



**Irodalomjegyzék**

- Dima, B., Liimatainen, K., Niskanen, T., Kytövuori, I., Bojantchev, D. 2014. Two new species of *Cortinarius*, subgenus *Telamonia*, sections *Colymbadini* and *Uracei*, from Europe. Mycol. Progress Online first.
- Király, I., Nascimbene, J., Tinya, F., Ódor, P. 2013. Factors influencing epiphytic bryophyte and lichen species richness at different spatial scales in managed temperate forests. *Biodiversity and Conservation* 22(1): 209-223.
- Király, I., Ódor, P. 2010. The effect of stand structure and tree species composition on epiphytic bryophytes in mixed deciduous–coniferous forests of Western Hungary. *Biological Conservation* 143(9): 2063-2069.
- Kövendi-Jakó, A. 2014. A moha propagulum bank és a felszíni mohavegetáció összehasonlítása az őrségi erdőkben. MSc szakkolgozat, ELTE Növényrendszertani, Ökológiai és Elméleti Biológiai Tanszék.
- Lakatos, F., Vörös, M., Pataki, B. 2014. Adatok az Órség és a Szalafői Óserdő Erdőrezervátum (er-53) xylofág bogárfaunájához. In: Bartha, D., Horváth, J. (szerk.), *Silva Naturalis* 3. A Szalafői Óserdő, Nyugat-magyarországi Egyetem, Sopron, pp. in press.
- Márialigeti, S., Németh, B., Tinya, F. and Ódor, P. 2009. The effects of stand structure on ground-floor bryophyte assemblages in temperate mixed forests. *Biodiversity and Conservation* 18: 2223-2241.
- Nascimbene, J., Marini, L., Ódor, P. 2012. Drivers of lichen species richness at multiple spatial scales in temperate forests. *Plant Ecology & Diversity* 5(3): 355-363
- Ódor, P., Király, I., Tinya, F., Bortignon, F., Nascimbene, J. 2013. Patterns and drivers of species composition of epiphytic bryophytes and lichens in managed temperate forests. *Forest Ecology and Management* 306: 256-265.
- Ódor, P., Tinya, F., Márialigeti, S., Mag, Zs. és Király, I. 2011. A faállomány és különböző erdei élőlénycsoportok kapcsolata az őrségi erdőkben. *Erdészeti Lapok* 146(1): 23-26.
- Samu, F., Lengyel, G., Szita, É., Bidló, A., Ódor, P. 2014 in press. The effect of forest stand characteristics on spider diversity and species composition in deciduous-coniferous mixed forests. *The Journal of Arachnology* 42: in press.
- Siller, I., Kutszegi, G., Takács, K., Varga, T., Merényi, Zs., Turcsányi, G., Ódor, P. and Dima, B. 2013. Sixty-one macrofungi species new to Hungary in Órség National Park. *Mycosphere* 4 (5): 871-924.
- Tinya, F. 2011. Fényviszonyok és az aljnövényzet közötti összefüggés vizsgálata őrségi erdőkben. PhD dolgozat. ELTE TTK Biológia Doktori Iskola, Budapest.
- Tinya, F., Márialigeti, S., Király, I., Németh, B. and Ódor, P. 2009b. The effect of light conditions on herbs, bryophytes and seedlings of temperate mixed forests in Órség, Western Hungary. *Plant Ecology* 204: 69-81.
- Tinya, F., Mihók, B., Márialigeti, S., Mag, Zs., Ódor, P. 2009a. A comparison of three indirect methods for estimating understory light at different spatial scales in temperate mixed forests. *Community Ecology* 10: 81-90.
- Tinya, F., Ódor, P., 2014. A fény és az aljnövényzet térbeli mintázatának összefüggései a Szalafői Óserdőben. In: Bartha, D., Horváth, J. (szerk.), *Silva Naturalis* 3. A Szalafői Óserdő, Nyugat-magyarországi Egyetem, Sopron, pp. in press.



1. ábra. A mintaterületek elhelyezkedése az Őrségi Nemzeti Park területén.

1. táblázat. A vizsgálat során használt környezeti változók.

Környezeti változó	Minimum	Maximum	Átlag
<b>Fafaj-összetétel</b>			
Fafajszám	2.0	10.0	5.6
Fafaj Shannon diverzitás	0.2	2.0	0.9
Fafajok elegyarányai	-	-	-
<b>Faállomány-szerkezet</b>			
Átlagátmérő (cm)	13.6	40.6	26.3
Átmérő variációs koefficiense	0.2	1.0	0.5
Cserjeszint-denzitás (db/ha)	0	4706.3	947.4
Körlapösszeg (m <sup>2</sup> /ha)	24.1	49.7	34.1
Állóholtfatérfogat (m <sup>3</sup> /ha)	0.0	64.6	12.2
Fekvőholtfatérfogat (m <sup>3</sup> /ha)	1.2	35.6	10.1
<b>Aljzatborítások</b>			
Mohaborítás (m <sup>2</sup> /ha)	16	2201	247
Aljnövényzetborítás (m <sup>2</sup> /ha)	19	4829	740
Ásványi talajfelszín borítása (m <sup>2</sup> /ha)	8.6	472.2	145.8
Avarborítás (m <sup>2</sup> /ha)	7815.0	9833.7	9391.9
Holtfaborítás (m <sup>2</sup> /ha)	79	730	261
<b>Fényviszonyok</b>			
Relatív diffúz fény (%)	0.5	2.4	1.3
Relatív diffúz fény variációs koefficiense	0.1	0.8	0.4

**Táji változók**

Erdőarány (%)	56.9	100.0	89.6
Nyílt területek aránya (%)	0.0	45.3	4.9
Történeti változók (1853)			
Erdőarány (%)	24.0	100.0	76.6
Rétek aránya (%)	0.0	40.7	7.4
Szántók aránya (%)	0.0	61.3	16.6

**Talaj-avar változók**

Avar pH	4.9	5.7	5.3
Avartömeg (g, 30cm x 30cm)	105.4	243.1	148.3
Lombavarány (%)	5.5	32.8	15.1
Avar C-tartalom (%)	42.9	78.1	65.8
Avar N-tartalom (%)	0.8	1.8	1.3
Talaj pH	4.0	4.8	4.3
Talajkicserélődésiaciditás	3.9	30.5	15.4
Talajhidrolitosaciditás	20.7	45.2	30.5
Talajjagyag-iszaparány (%)	27.6	68.6	52.1
Talaj C-tartalom (%)	3.3	11.5	6.5
Talaj N-tartalom (%)	0.1	0.3	0.2
Talaj P-tartalom (mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /100g)	2.0	9.4	4.3
Talaj K-tartalom (mg K <sub>2</sub> O/100g)	4.0	13.1	7.7

**Mikroklíma**

Hőmérséklet eltérés (K)	-0.9	0.7	-0.1
Napi hőingás eltérés (K)	-0.4	2.3	0.9
Relatív páratartalom eltérés (%)	-1.8	3.3	0.8
Relatív páratartalom tartományeltérés (%)	-2.3	6.6	1.8

2. ábra. A háttérváltozók és az élőlénycsoportok biodiverzitása közötti pozitív összefüggések összefoglalása. Az élőlénycsoportok közötti vonalak a fajszámok közötti pozitív összefüggést jelentik.

