

Soproni Egyetem
Erdőmérnöki Kar

TDK DOLGOZAT

Holtfa mikroélőhelyek ugróvillás-közösségeinek vizsgálata a Csáfordi-erdőben

*Studies on springtail communities of dead wood microhabitats in
the Csáford-forest*

Készítette:

Sélei Dániel

Természetvédelmi Mérnöki Szak, III. évfolyam

Konzulens:

Prof. Dr. Winkler Dániel egyetemi tanár
Dr. Tóth Viktória, egyetemi adjunktus



Sopron, 2022

NYILATKOZAT

Alulírott **Sélei Dániel** (neptun kód: W8UIYS) jelen nyilatkozat aláírásával kijelentem, hogy a **Holtfa mikroélőhelyek ugróvillás-közösségeinek vizsgálata** című **TDK dolgozat** (a továbbiakban: dolgozat) **önálló munkám**, a dolgozat készítése során betartottam *a szerzői jogról szóló 1999. évi LXXVI. tv. szabályait*, valamint az egyetem által előírt, a dolgozat készítésére vonatkozó szabályokat, különösen a hivatkozások és idézések tekintetében¹.

Kijelentem továbbá, hogy a dolgozat készítése során az önálló munka kitétel tekintetében a konzulenszt illetve a feladatot kiadó oktatót **nem tévesztettem meg**.

Jelen nyilatkozat aláírásával tudomásul veszem, hogy amennyiben bizonyítható, hogy a dolgozatot **nem magam készítettem**, vagy a dolgozattal kapcsolatban szerzői jogsértés ténye merül fel, a Soproni Egyetem **megtagadja a dolgozat befogadását és ellenem fegyelmi eljárást indíthat**.

A dolgozat befogadásának megtagadása és a fegyelmi eljárás indítása nem érinti a szerzői jogsértés miatti egyéb (polgári jogi, szabálysértési jogi, büntetőjogi) jogkövetkezményeket.

Kijelentem, hogy a kinyomtatott dolgozat és az optikai adathordozón leadott valamint diploma repozitóriumba feltöltött elektronikus dokumentumok egymással teljesen megegyeznek.

Kijelentem, hogy a dolgozatot más szakon – más felsőoktatási intézményre vonatkozóan is – nem nyújtottam be.

Sopron, 2022. november 9.

hallgató

¹ **1999. évi LXXVI. tv. 34. § (1)** A mű részletét - az átvevő mű jellege és célja által indokolt terjedelemben és az eredetihez híven - a forrás, valamint az ott megjelölt szerző megnevezésével bárki idézheti.

36. § (1) Nyilvánosan tartott előadások és más hasonló művek részletei, valamint politikai beszédek tájékoztatás céljára - a cél által indokolt terjedelemben - szabadon felhasználhatók. Ilyen felhasználás esetén a forrást - a szerző nevével együtt - fel kell tüntetni, hacsak ez lehetetlennek nem bizonyul.

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés	4
2. Szakirodalmi áttekintés	5
2.1. Mikrohabitatok az erdei ökoszisztémákban	5
2.2. Az ugróvillások általános jellemzése, jelentőségük, életterük	7
3. Anyag és módszer	8
3.1. A vizsgálati terület (Csáfordi-erdő) jellemzése.....	8
3.2. A mikroélőhelyek kijelölésének szempontjai	10
3.3. A vizsgált mikroélőhelyek bemutatása	10
3.4. Az ugróvillások gyűjtésének és a gyűjtött anyag feldolgozásának módszerei	15
3.4.1. Terepi gyűjtés módszere	15
3.4.2. A gyűjtött anyag feldolgozása	15
3.4.2.1. Az ugróvillások kinyerése	15
3.4.2.2. Az ugróvillások határozása	15
3.5. Az adatfeldolgozás és kiértékelés módszerei	16
3.5.1. Közösség-ökológiai karakterisztikák és statisztikai módszerek.....	16
4. Eredmények és értékelésük	17
4.1. Faunisztikai eredmények	17
4.2. A mikroélőhelyek összehasonlító értékelése	29
5. Következtetések, javaslatok.....	31
6. Összefoglalás	32
Köszönetnyilvánítás	33
Felhasznált irodalom	34

1. Bevezetés

Gyermekkorom óta érdeklődöm a rovarközösségek iránt, ám csak az egyetemi tanulmányaim során döbbsentem rá, milyen jelentőségteljes szereppel is bír némelyik csoportjuk. Intézeti konzulensem, Dr. Winkler Dániel András munkáit kutatva találtam rá az ízeltlábúak (Arthropoda) törzsének ugróvillás (*Collembola*) osztályára. Részletesebb megismerésük még több érdeklődést keltett fel bennem. A világon jelenleg közel 9400 ugróvillás fajt ismerünk (Bellinger et al. 2022), bár számos terület ugróvillás-faunája még mindig feltáratlan. Európában évről évre újabb, a tudomány számára eddig ismeretlen fajokat fedeznek fel (Dányi & Traser 2007). Talajbiológiai szerepük főleg a lebontásban, a holt szerves anyag aprításában, a humuszképzésében és a talajbionta baktérium-gomba arányának kialakításában meghatározó.

Világunk működésében nagy szerepet játszanak a lebontó életközösségek. Például a már korhadó fák lebontásában a talajfauna játszik nagy szerepet, amelynek tagjai a korhadásnak indult fával, a fát lebontó gombák hifáival táplálkoznak, bejuttatva aztán a talajba (Csóka, 2000).

Választott kutatási helyszínem, a Csáfordi-erdő, a kevés máig is fennmaradt ligeterdők egyike a Répce folyó mentén. A területen nem folyik erdőgazdálkodás, éppen ezért a Csáfordi-erdő élővilága is páratlan. Az erdőben található nagy mennyiségű holt faanyag az erdei élőlények sokasága számára létfontosságú táplálkozó- és élőhely. Az elpusztuló fásszárúak lebomlása (többek közt az ugróvillások által) pedig hozzájárul a talajképződéshez.

A terület ugróvillás-faunájának feltárása még nem történt meg, csak alkalmoszerű gyűjtések folytak, célzottan a talajlakó ugróvillásokra fókuszálva. Kutatásom újszerűségét az adja, hogy a holfához kötődő, a holtfa mikroélőhelyeken élő ugróvillás-közösségeket sem a vizsgálati területen, sem hazánkban nem vizsgálták, sőt, a téma nemzetközi szakirodalma is néhány lengyel munkára korlátozódik csupán.

Munkám főbb célkitűzései az alábbiak voltak:

- mintagyűjtést végezni a Csáfordi-erdő jellegzetes holtfa-mikroélőhelyeiről *Collembola*-faunisztikai vizsgálatok céljából,
- a gyűjtött anyag leválogatását követően – fotódokumentációt készítve – meghatározni az előkerült ugróvillás fajokat, valamint
- elvégezni a vizsgált mikroélőhelyek és ugróvillás-közösségeik összehasonlító közösségi-ökológiai értékelését.

2. Szakirodalmi áttekintés

2.1. Mikrohabitatok az erdei ökoszisztémában

Bár még a mai napig kiforratlan a tudomány körében a mikroélőhely tökéletes fogalma, a legpontosabb meghatározások szerint olyan élőhelyre gondolunk, mely abiotikus jellemzőiben eltér az azt magába foglaló makroélőhelyének környezetétől, amelyekhez bizonyos taxonok kötődnek, mint gombák, növények és állatok (Regenerey et al. 2013, Ódor 2014, Ónódi & Winkler 2014, Kraus et al. 2016, Merkl 2016, Tímár 2016, Bütler 2020,).

Méretét tekintve nincs konkretizálva, hogy mekkora kiterjedéstől számít egy adott élőhely mikroélőhelynek, ahogy az sem, hogy mennyire szorosan kell kötődnie az egyes fajoknak hozzá (Tímár 2016). Ez érthető, hiszen az erdei ökoszisztémában élő különböző élőlénycsoportok mérete is eltérő skálán mozog. Mindig a vizsgálat célja határozza meg, hogy mikro-, vagy hagyományos értelemben vett élőhelyről beszélünk, főként igaz ez a speciális termőhelyből is adódóan kis kiterjedésű élőhelyek esetében (pl. semlyékek) (Tímár 2016). Bizonyos különleges, a nagyobb környezetétől eltérő környezeti viszonyok specialista fajok vagy alfajok megjelenését segítik elő.

Az időben egyszerre, és térben közel, azonos okból kialakuló mikroélőhelyeket mikroélőhely komplexnek nevezhetjük (Tímár 2016). Abban az esetben beszélhetünk esetleg kidőlt fa ökoszisztémáról (Ulanova 2000), ha a jellemző abiotikus háttér mellett ismerjük a mikroélőhelyre jellemző táplálékhálózatot és az energiaforgalmi folyamatokat is (Tímár 2016).

Erdei ökoszisztémákban előforduló gyakoribb mikrohabitatokat többféleképpen csoportosíthatjuk, aszerint, hogy abiotikus (pl. sziklakibúvások, szikla hasadékok, barlangok, források), biotikus (pl. mohapárna, kéreg, gomba termőtest), szerkezeti elemek (avarszint, mohaszint, álló holtfa), vagy erdődinamikai okra (bolygatás) visszavezethetők (széldöntés miatt kialakuló lék, gyökértányér) (Bartha 2013, Tímár 2016). A felsorolásból belátható, hogy egy-egy mikrohabitat több eltérő szempontú kategóriarendszerbe is bekerülhet (pl. moharéteg).

A fák pusztulását sok tényező, illetve azok együttes hatása idézheti elő. Ezt eltérő fafajok esetében más-más tényezők okozhatják, illetve az életkortól is függhet a szituáció. A fák fiatal korában pl. általában a kompetíció a fő természetes mortalitási ok; idősebb korban gyakran először a gyökér- és törzskorhasztó gombák, majd az általuk legyengített faegyedeket pusztító viharok dönthetik ki (Csóka et al. 2014). Holtfának tekintendő az élő fák gesztje is, azonban itt holtfa alatt az élő fákon fellelhető elhalt részeket és az egészében elhalt fákat értjük. A lábon száradt fa is holt, ilyenkor a koronaágain és a törzsén két, egymást követő vegetációs időszakban már nem jelenik meg élő levél (vagy tű) vagy hajtás, azaz a víz- és tápanyagszállítás véglegesen megszűnt a fatörzsben. Előfordul azonban, hogy már elhalt fák tősarjain vannak még élő levelek, de a törzs ettől függetlenül már elpusztult (Csóka & Lakatos 2014).

Erdei ökoszisztémákban a leggyakrabban vizsgált mikrohabitatok a holtfához köthető mikrohabitatok (Bütler et al. 2020, Kraus et al. 2016, Regenerey et al. 2013). A holtfák különböző megjelenési formái fontos szerepet töltenek be az erdők életében. Elhelyezkedése és a környezetének mikroklimatikus viszonyai jelentősen befolyásolják a lebomlási folyamat végbemenetelét és hogy annak eredményeként milyen mikrohabitatok alakulnak ki, illetve mennyi ideig maradnak fenn (Csóka & Lakatos 2014).

A természetben az utóbbi néhány évezredünk előtt még nem takarította el senki a felhalmozódó, nagy energiamennyiségű holtfa anyagot, ezért minden elhalt fa maradt az elpusztulásának helyszínén. Bizonyos fafajoknak több, mások kevesebb idő alatt bomlottak le

az adott faanyagtípustól és a környezeti hatásoktól függően, de minden, már valamely lebomlási stádiumban lévő holtfa életteret és evolúciós léptékkal mérve új fejlődési lehetőségeket adott sok élőlénynek. Ebből következően ezek az élőlények valamely holtfához kötődő specialista fajok lettek (Csóka 2014).

Az így kialakult specializált élőlénytársulás az erdő részeként növelte annak fajgazdagságát és segítette, hogy a további természetes folyamatok végbemehessenek, ezáltal növelve a biológiai sokféleséget. Az így megjelenő újabb fajok további mikroélőhelyeket jelenthettek (Sódor 2000).

Mivel a holtfához számos állatfaj kötődik, szerepük az erdei biodiverzitás fenntartásában nélkülözhetetlen (Csóka 2000). Bizonyos korhadtsági fokú holtfák sok állatfaj szempontjából kiemelkedő jelentőségűek. Néhány faj számára nélkülözhetetlenek, ugyanis pihenő-, szaporodó-, táplálkozó- vagy búvóhelyül szolgálhatnak. Az álló, a fekvő, illetve a föld feletti, más fákra pihenő fák más-más funkcióval szolgálhatnak az állatok egyes élettevékenységei során. A korhadó és holt fákban lévő odvak védelmet nyújthatnak a ragadozóktól és az időjárási viszontagságoktól, valamint bizonyos faodvakban összegyűlhet a csapadék (ezek a dendrotelmák), amely egyes fajoknak ivóvízforrást is jelenthet, és amelyben számos gerinces és gerinctelen faj fejlődhet (Gibbons & Lindenmayer 2002, Stokland et al. 2012).

A madarak közül a fokozottan védett fehérhátú fakopáncs (*Dendrocopos leucotos*) a holtfában gazdag, idős erdők egyik indikátora. Főként nagytermetű cincérlárvákkal (Cerambycidae) táplálkozik, amelyek között sok a holtfa specialista (Gorman 2004). A holtfa kéregelválásai, kikorhadt vagy éppen harkály által vájt üregei megfelelő szálláshelyet biztosítanak a denevéreknek (Chiroptera) is, de a holtfában megtelepedő nagyszámú szaprofág és szaproxylofág rovar révén gazdag táplálékbázist is nyújt az erdőlakó denevérfajoknak (Dobrosi 2017).

A gerincesek mellett szinte megszámlálhatatlan azoknak a gerinctelen fajoknak a száma, amelyek valamilyen formában a holtfához kötődnek. A hazai faunából példákat hozva meg lehet említeni a Natura 2000 jelölő fajok közül a védett és fokozottan védett xilofág bogarakat (Rozner & Lökkös 2016). Ilyen például a kerekvállú állasbogár (*Rhysodes sulcatus*), ami kikorhadt fában és száraz fák kérge alatt él. A kidőlt, fekvő, kikorhadásnak indult holtfákat igényli, amelyeken már nyálkagombák telepedtek meg, lárvái és imágói ezeknek a gombáknak a plazmódiumával táplálkoznak (Merkl & Vig 2009). A fokozottan védett kék pattanó (*Limoniscus violaceus*), amely Európa egyik legritkább pattanóbogara, élőhelyi igényeit tekintve kimondottan specialista; lárvája csak olyan idős állományú erdők fáinak nagy faodvaiban él és fejlődik, amelyek érintkeznek a talajjal, bennük pedig agyagszerűen összeáll a kikorhadék. A lárvák ebben a törmelékben és kikorhadékban fejlődnek és ezzel is táplálkoznak (Merkl & Németh 2009). Közismert még a szintén védett nagy szarvasbogár (*Lucanus cervus*) is, amely a lábon száradt fák gyökerében, tuskóiban, földön heverő rönkök lakója. Több éves fejlődése végén farágcsálékból és apró földrészecskékből készít magának gubót a bebábozódáshoz (Csóka 2000).

A szervesanyag-lebontásért a – gombák mellett – gerinctelen szervezetek a felelősek. Ezek között több taxon holtfához való kötődését dokumentálták, így az ászkarák (Andringa et al. 2019), ikerszelvényesek (Zuo et al. 2014), lábaspotrohúak (Richards & Davies 1977) szövöcsévések (Ulyshen 2014), atkák (Błoszyk et al. 2021) kapcsolatát a holtfával. Nem utolsósorban ki kell emelni az ugróvillásokat is, amely a lebontók egyik legszámosabb csoportját jelenti, a holtfa mikrohabitatokhoz pedig érdekes közösségei kötődnek, több ritka, specialista fajjal (Skubała & Marzec 2013).

2.2. Az ugróvillások általános jellemzése, jelentőségük, életterük

Az ugróvillások (Collembola) a hatlábúak (Hexapoda) egy ősi csoportja. Eltérően a valódi rovaroktól, elsődlegesen szárnyatlanok, szájszervük sajátosan a fejtokba húzott (entognatha), a 4. potrohszelvény hasi oldalán egy ugróvilla (furca) található. Nevükről ítélve az ugróvillások jellegzetes bélyege az ugróvilla, aminek segítségével testméretük sokszorosát is képesek ugrani. Mégis ez a képződmény gyakran redukálódhat, különösen a talaj mélyebb rétegeiben élő fajok esetében, ahol ugrálásra érthetően nem lenne mód. Általában szabad szemmel nem, vagy alig láthatók (Traser 1999). Talajbiológiai szerepük főleg a lebontásban, a holt szerves anyag aprításában, a humuszképzésében és a talajbionta baktérium-gomba arányának kialakításában meghatározó. További értékük, hogy a tápláléklánc alsó szintjét képezve, az ugróvillásokat gyakorlatilag minden ragadozó fogyasztja, pl. pókok, százlábúak, ragadozó atkák és ragadozó bogarak, illetve ezek lárvái (Traser & Winkler 2012).

Földünk szinte valamennyi élőhelyét benépesítik, csak a tengerek és óceánok nyíltvízi területei a kivételek (Dányi & Traser 2007). Egyes fajok (például a *Seira* genus képviselői) még a sivatagos területeken is megélnek, de találunk olyan fajokat is, melyek a sarki jégtakarókon fordulnak elő (Hopkin 1997). A szárazföldi élettereken belül az ugróvillások nemcsak a talajban és annak felszínén, a korhadó avarban, hanem a fák kérge alatt és magukon a növényeken is megtalálhatók, olykor a lombkoronában is (Rodgers & Kitching 1998). Több faj is megtalálható a vizek, illetve a vízinnövények felszínén, és találunk olyanokat is, amelyek a folyómedrek szélén, a vízzel átitatott talajban (intersticiális zóna) élnek (Traser & Winkler 2012). Ugróvillásokkal még otthonainkban is találkozhatunk, a cserepes növények talaján gyakran egész nagy számban nyüzsöghetnek, leggyakrabban a *Folsomia candida* faj, de felbukkanhatnak íróasztalunkon például a latin nevében a „háztisztogára” utaló *Seira domestica* faj egyedei is.

Azonban nem minden élőhely kedvező egyformán az ugróvillások számára sem. Nagyobb léptékben tekintve – a legtöbb állatcsoporthoz hasonlóan – elmondható, hogy az ugróvillások is a trópusi területeken vannak jelen a legnagyobb változatosságban, míg észak és dél felé a fajok száma csökkenést mutat. Az egész világra nézve napjainkig megközelítően 9400 ugróvillás fajt ismerünk (Bellinger et al. 2022), bár számos régió ugróvillás-faunája még feltáratlan. Még a legkutatottabb Európában is évről évre újabb és újabb, a tudomány számára ismeretlen fajokat fedezünk fel. Mindezt figyelembe véve a tényleges fajszaámot, még szerényen is, 50 000 körülire becsülhetjük (Dányi & Traser 2007).

A nagy fajgazdagság mellett az ugróvillások egyedszáma is igen jelentős. Például egy hazai erdőben gyűjtött 100 cm³ mohában akár tucatnyi faj pár száz egyedét is találhatjuk (Traser et al. 2006), míg a talaj egy négyzetméterére vetítve optimális esetben akár 100 000–400 000 ugróvillás is előfordulhat egy hazai üde erdőben (Dányi & Traser 2007).

Az ugróvillások előfordulása holtfához kötődően ismert jelenség (Hopkin 1997), azonban leggyakrabban csak egyes fajok leírása, előfordulása kapcsán emelik ki azt (pl. Smolis & Kadej 2014, Mateos & Winkler 2018). A holtfához (ezen belül holtfa mikroélőhelyekhez) kötődő ugróvillás-közösségekről szóló tanulmányok egy-két lengyel munkától (Skubala & Marzec 2013, Skarżyński et al. 2016) eltekintve gyakorlatilag hiányoznak. Jelen dolgozattal egy kicsit ezt a hiányt is szeretném pótolni.

3. Anyag és módszertan

3.1. A vizsgálati terület (Csáfordi-erdő) jellemzése

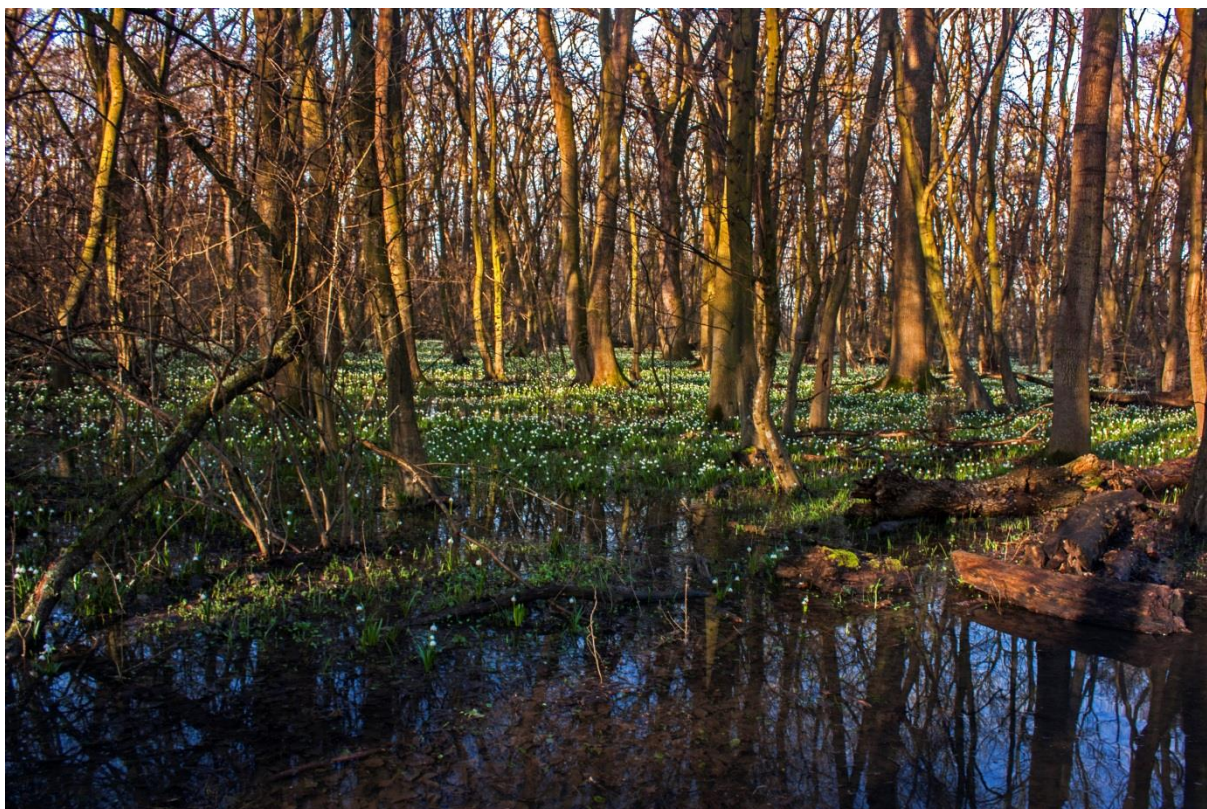
A holtfa mikroélőhelyekhez kötődő ugróvillások vizsgálatához egy ideális keményfás ligeterdőt, a Csáfordi-erdőt választottam helyszínül (1. ábra).



1. ábra: A csáfordi-erdő madártávlatból (Forrás: Google Earth)

Tájföldrajzilag az Ikva-Répcse-síkon járunk, erdőgazdálkodás szempontjából pedig az erdő a Rábaköz-Iváni cser körzetéhez tartozik (Halász 2006). Az erdő tengerszinti alapmagassága 200 méter feletti. Fizikai talajfélesége vályog. A Répcse mentén a folyó hatására réti, valamint humuszos öntéstalajok, illetve az erdővel benőtt területeken réti erdőtalajok és mélytermőrétegű öntés-erdőtalajok alakultak ki. Az erdő területe a Répcse hatására időszakos, vagy állandó vízhatású, tavasszal és ősszel sokszor 2-3 hetes elöntés is jellemző lehet a területen, ami sajnos az utóbbi évek aszályos időjárása miatt többször elmaradt. A terület klímája kocsánytalan tölgyes, az évi középhőmérséklet 9,5–10,0°C, az átlagos évi csapadékmennyiség 650 mm (Bidló 2012).

A Répcse völgyét valamikor ligeterdők borították. A kevés máig is fennmaradt ligeterdők egyike a Répcse folyó mentén, Csáfordjánosfa határában elterülő, a Kisalföld peremének ritkaságszámba menő keményfás ártéri ligeterdeje, a Csáfordi tűzikés erdő (2. ábra). Az idős, 250–300 éves fáknak, valamint reliktum növényfajoknak otthont adó ártéri kocsányos tölgyes (*Quercus robur*) a hírnevét a fák alatt virító, több millió védett tavaszi tűzikének (*Leucojum vernum*) köszönheti (Keszei 2012).



2. ábra: A Csáfordi-erdő koratavasszal (Fotó: Dulai D.)

Az erdő lombkoronaszintje zárt, kétszintes és fajgazdag. Felső lombkoronaszintjében uralkodó a kocsányos tölgy és a magas kőris (*Fraxinus excelsior*), amely jellemzően a Duna árterében (szigetközi állományok) helyettesíti a magyar kőrist. A második lombkoronaszintben megtaláljuk a mézgás éget (*Alnus glutinosa*), a mezei juhart (*Acer campestre*), a gyertyánt (*Carpinus betulus*) és a vénic-szilt (*Ulmus laevis*). Cserjeszintjében főként veresgyűrű som (*Cornus sanguinea*), cseregalagonya (*Crataegus laevigata*), kökény (*Prunus spinosa*) található. A gyepszint fajgazdag, üde lomberdei fajokkal benépesített, legjellemzőbb a tavaszi tűzike, odvas keltike (*Corydalis cava*), salátaboglárka (*Ficaria verna*), és a ragadós galaj (*Galium aparine*).

A Csáfordi-erdőben nem folyik erdőgazdálkodás, éppen ezért állatvilága is páratlan. Fészkel a fekete gólya (*Ciconia nigra*), valamint számos harkály-faj (Piciformes). Rendkívül gazdag a denevérfaunája, a legtöbb odúlakó faj (pl. barna hosszúfülű-denevér – *Plecotus auritus*, nyugati pisedenevér – *Barbastella barbastellus*) megtalálható az erdőben.

Az erdőben található nagy mennyiségű holt faanyag az erdei élőlények sokasága számára létfontosságú táplálkozó- és élőhely. Az elpusztuló fásszárúak lebomlása (többek közt az ugróvillások által) pedig hozzájárul a talajképződéshez.

Az ugróvillások vonatkozásában a Csáfordi-erdőben eddig csak alkalmoszerű talajminta-gyűjtések folytak (az anyag nagy része még feldolgozásra vár – Winkler D. szóbeli közlése). Mindössze egy taxonómiai publikáció jelent meg, amelyben Winkler és Mateos (2018) egy tudományra nézve új fajt (*Pseudosinella csafordi* Winkler & Mateos, 2018) írt le a területről. Ez a faj azonban nem kötődik holtfához, hanem a talaj mélyebb rétegeiben élő, úgynevezett euedafikus faj.

3.2. A mikroélőhelyek kijelölésének szempontjai

Az ugróvillások szempontjából megpróbáltunk potenciális mikrohabitatokat elkülöníteni. Mivel kisméretű élőlények, és meglehetősen jól alkalmazkodtak a talaj különböző paramétereire, akár néhány tíz centiméteren belül jelentős változás állhat be a fajösszetételük és dominancia-viszonyaik vonatkozásában, például az aljzat minőségének, vastagságának, és nedvességtartalmának változásával. Potenciális mikrohabitatjaink részben megfeleltethetők a Kraus et al. (2016) által alkalmazott kategóriáknak, melyeket tovább finomítottunk, és ezért az egyes élőhelytípusokat bővebb szöveges jellemzéssel láttuk el. Fekvő holtfák esetén az átmérőt durvább átmérő osztályokban adtuk meg (kis: 5-25 cm, közepes: 26-45, nagy: >46); és feljegyeztük a fekvő holtfa korhadási fokát. A korhadási fázisokra 6 fokú skálát használtunk (Ódor 2005). A mintavételi helyeket a Kraus et al. (2016) által alkalmazott kategóriákba soroltuk be. A fekvő holtfára csak DE jelölést használtunk.

3.3. A vizsgált mikroélőhelyek bemutatása

Mikroélőhely 1 (MH1)

Közepes méretű (29 cm) fekvő holtfa 4-es korhadási stádiumban, vastag mohaborítással (3. ábra). A mintavételezés talajmintavevővel és rovarszívóval történt. Mikrohabitat kategória: EP31; DE



3. ábra: Mikroélőhely 1 (MH1) (F: Séllei D.)

Mikroélőhely 2 (MH2)

Nagy méretű, még élő fa tövében (kocsányos tölgy; $\varnothing > 80\text{cm}$) elhelyezkedő odú aljában összegyűlt korhadék (4. ábra). A mintavételezés talajmintavevővel és rovarszívóval történt. Mikrohabitat kategória: CV21



4. ábra: Mikroélőhely 2 (MH2) (F: Séllei D., Winkler D.)

Mikroélőhely 3 (MH3)

Nagy méretű (kocsányos tölgy; $\varnothing > 80\text{cm}$), még élő fa elhalt részei: harkály vésetek és rovar járatok (5. ábra). A mintavételezés rovarszívóval történt. Mikrohabitat kategória: CV14; CV5

Mikroélőhely 4 (MH4)

Közepes méretű, még élő fa (mezei juhar) kérge és mohabevonata (6. ábra). A mintavételezés rovarszívóval történt. Mikrohabitat kategória: EP31

Mikroélőhely 5 (MH5)

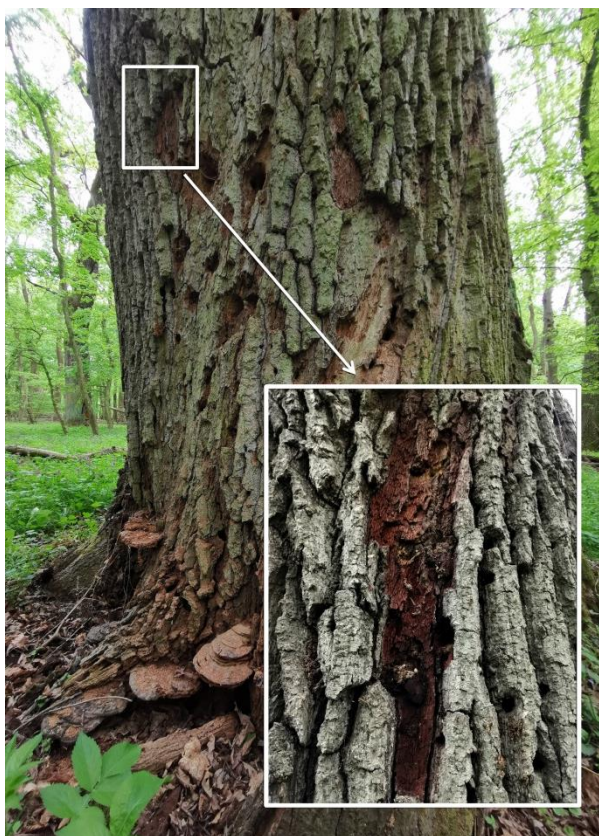
Élőfa (vénic szil) tövében lévő dendrotelma (7a. ábra). A mintavételezés a telma széléről történt, kisméretű talajmintavevővel. Mikrohabitat kategória: CV41

Mikroélőhely 6 (MH6)

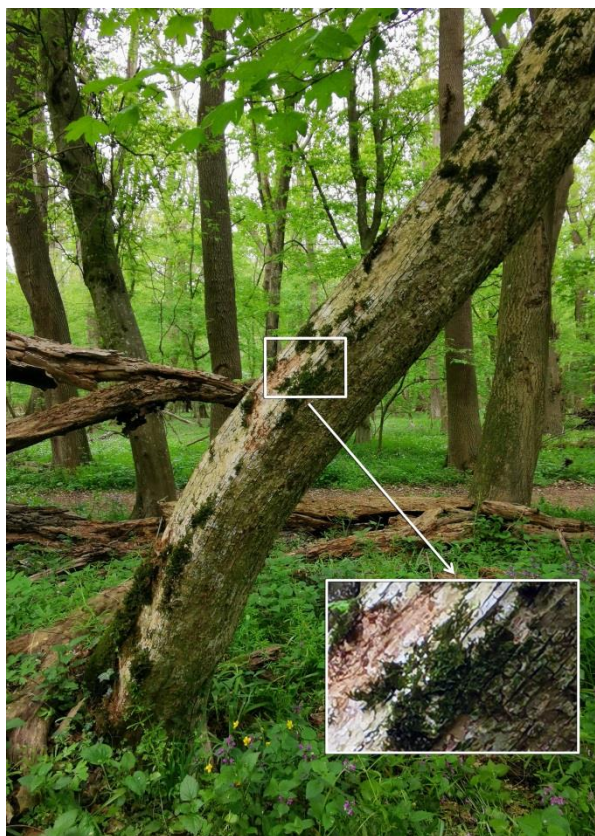
Élőfa (vénic szil) tövében lévő nyirkos, kisméretű odúban összegyűlt korhadék (az előző telmától (MH5) kissé feljebb) (7b. ábra). A mintavételezés kisméretű talajmintavevővel történt. Mikrohabitat kategória: CV41

Mikroélőhely 7 (MH7)

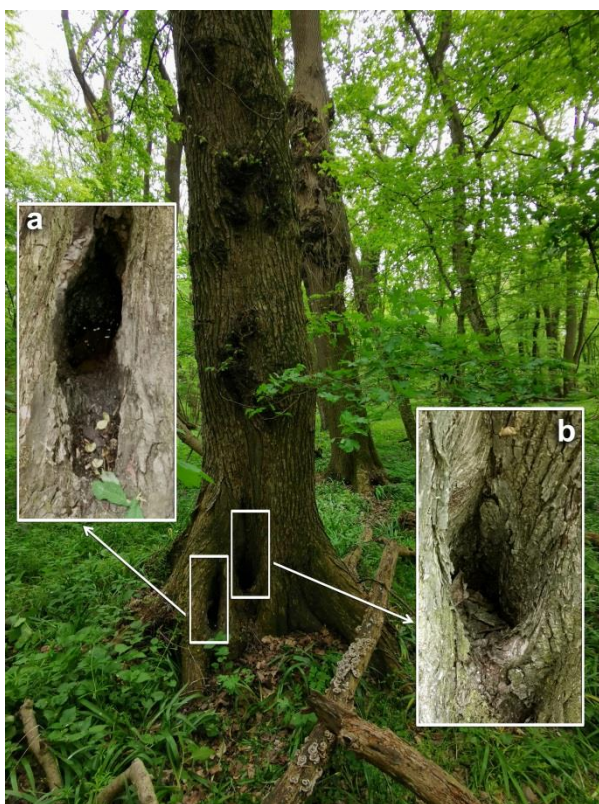
Közepes vastagságú (ismeretlen fafajú; $\varnothing \sim 25\text{ cm}$) 5-ös korhadási fokú fekvő holtfa (8. ábra). A mintavételezés talajmintavevővel és rovarszívóval történt. Mikrohabitat kategória: DE



5. ábra: Mikroélőhely 3 (**MH3**) (F: Séllei D.)



6. ábra: Mikroélőhely 4 (**MH4**) (F: Séllei D.)



7. ábra: a. Mikroélőhely 5 (**MH5**),
b. Mikroélőhely 6 (**MH6**) (F: Séllei D.)



8. ábra: Mikroélőhely 7 (**MH7**)
(F: Séllei D.)

Mikroélőhely 8 (MH8)

Nagy méretű fekvő holtfa (ismeretlen fafaj) 6-os korhadási fázisban. (9. ábra). A mintavételezés talajmintavevővel történt a talajszintben levő korhadékból. Mikrohabitat kategória: DE



9. ábra: Mikroélőhely 8 (MH8) (F: Séllei D.)

Mikroélőhely 9 (MH9)

Nagy méretű (kocsányos tölgy; $\varnothing > 80$ cm) fekvő holtfa 3-as korhadási fázisban. Holtfán történő felújulás (vénic szil, magas körös, csíkos kecskerágó) (10. ábra). A mintavételezés a méretes fekvő holtfa tetejéről, az újulat közül talajmintavevővel és rovarszívóval történt. Mikrohabitat kategória: DE

Mikroélőhely 10 (MH10)

Nagy méretű, még élő fa (kocsányos tölgy) tőkorhadat nagy méretű odva vastag, nyirkos korhadékkal (11. ábra). A mintavételezés talajmintavevővel történt. Mikrohabitat kategória: CV21

Mikroélőhely 11 (MH11)

Nagyméretű fekvő holtfa 6-os korhadási fázisban (12. ábra). A mintavétel a fatörmelékből talajmintavevővel és rovarszívóval történt. Mikrohabitat kategória: CV21



10. ábra: Mikroélőhely 9 (MH9) (F: Winkler D.)



11. ábra: Mikroélőhely 10 (MH10)
(F: Séllei D.)



12. ábra: Mikroélőhely 11 (MH11) – a jobb alsó képen
Bilobella aurantiaca (F: Séllei D.)

3.4. Az ugróvillások gyűjtésének és a gyűjtött anyag feldolgozásának módszerei

3.4.1. A terepi gyűjtés módszere

Az előzőekben ismertetett mikrohabitatok ugróvillás-közösségeinek mintázásához a hagyományos talajmintavételezés mellett rovarszívó módszert választottam. Ezt egy kéziporszívó (13. ábra) segítségével sikerült megvalósítani, használatkor a korhadék az ugróvillásokkal együtt annak műanyag gyűjtőjébe kerül. A készülék szívóereje viszonylag alacsony, így az ugróvillásokban ez a gyűjtési mód nem tesz kárt.



13. ábra: A gyűjtéshez használt SENCOR SVC 190 típusú kézi porszívó

A gyűjtött mintákat a terepen zacskóba, majd gyűjtődobozokba tettem, feltüntetve rajta a gyűjtés helyét, idejét és a mikroélőhely minta számát.

3.4.2. A gyűjtött anyag feldolgozása

3.4.2.1. Az ugróvillások kinyerése

Az ugróvillások kinyerése a gyűjtött mintákból Berlese-Tullgren elven (Tullgren 1918) működő vödörfuttatóval futtatóval történt, szobahőmérsékleten, 14 napos várakozási idővel. Minden mikroélőhelyről ~250 cm³ mennyiségű mintát helyeztünk a futtatóra. A lefutott mintákból az ugróvillás egyedeket sztereómikroszkóp segítségével leválogattam. Az egyedek leválogatása és számolása az élőhelynek megfelelő névvel ellátott, felcímkézett, 70%-os etanol tartalmú fiolákban történt.

3.4.2.2. Az ugróvillások határozása

Az ugróvillás taxonok (Collembola) család és genus-szintű elkülönítéséhez Gisin (1960) és Jordana et al. (2008) munkáit vettem alapul. A fajszintű határozást Winkler Dániel konzulensem segítségével végeztem a főbb taxonómiai kulcsok (Deharveng 1982, Fjellberg 1980, 1998, Babenko et al 1994, Zimdars & Dunger 1994, Weiner 1996, Jordana et al 1997, Pomorski 1998, Bretfeld 1999, Potapov 2001, Thibaud et al 2004, Jordana 2012) használatával. A magyarországi ugróvillás faunával való összevetéshez Dányi & Traser (2008) névjegyzékét vettem alapul.

3.5. Az adatfeldolgozás és kiértékelés módszerei

3.5.1. Közösség-ökológiai karakterisztikák és statisztikai módszerek

Diverzitás

A diverzitásindexek régóta elterjedtek az állatközösségek jellemzésére, különösen a nagyobb faj- és egyedszámú közösségek esetében működnek jól. Előnyük, hogy egy számértékkel jellemezhető az adott közösség diverzitása, ezáltal közvetve a mikroélőhelyet is minősítik. Dolgozatomban a legáltalánosabban használt diverzitás-indexet, a Shannon & Weaver (1949) által leírt formulát (H') alkalmaztam:

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i \quad \text{ahol} \quad p_i = \frac{n_i}{N} \quad \text{és} \quad \sum_{i=1}^S p_i = 1$$

ahol H' : diverzitás
 S : össz fajszám
 p_i : az i -edik faj relatív gyakorisága
 N : összes egyedszáma
 n_i : az i -edik faj egyedszáma

Kiegyenlítetttség

A kiegyenlítetttség értékével a mintában vizsgált közösségalkotó fajok eloszlásáról lehet információt szerezni. Értéke Pielou (1966) nyomán az alábbi képlettel számolható:

$$J = \frac{H'}{\ln S}$$

ahol: J : egyenletesség
 H' : Shannon-Weaver diverzitás
 S : fajszám

Az egyenletesség értéke 0 és 1 közötti értéket vehet fel. Az egyhez közelebbi egyenletességi érték a taxonok arányos egyedi eloszlására enged következtetni.

Hasonlósági elemzés

A vizsgált mikroélőhelyek Collembola-közösségeinek hasonlóságát a Jaccard-féle fajazonossági index (Jaccard 1901) alapján végzett hierarchikus cluster analízis segítségével vizsgáltam. Az elemzéshez a Past programcsomag 4.09 verzióját használtam (Hammer et al. 2001).

$$Ja = \frac{c}{a + b + c}$$

ahol: Ja : Jaccard-féle fajazonossági index
 c : a két közösség közös fajainak száma
 a és b : csak az a ill. b közösségben előforduló fajok száma

4. Eredmények és értékelésük

4.1. Faunisztikai eredmények

A vizsgálat során összesen 1309 ugróvillás egyed került elő. Összesen 13 család 40 fajt azonosítottuk (1. táblázat), ez majdnem egy tizede a hazánkból ezidáig kimutatott fajoknak (Dányi & Traser 2008). Az előfordult fajokat a hazai Collembola checklista (Dányi & Traser 2008) alapján az alábbiakban tekintem át.

Osztály: Collembola

Család: Hypogastruridae

Ceratophysella denticulata (Bagnall, 1941)

Gyakori, tipikus detritofil ugróvillás faj (14. ábra). A vizsgált mikroélőhelyek közül hatban is előfordult (MH1, MH2, MH5, MH10, MH11). Legnagyobb egyedszámmal (192) a tőkorhadt kocsányos tölgy nyirkos korhadékából (MH10) került elő.

Choreutinula inermis (Tullberg, 1871)

Hazánkban gyakori, hemiedafikus erőlakó ugróvillás faj, avarban, korhadékban sokszor találkozhatunk vele. A vizsgált mikroélőhelyek közül csak a tőkorhadt fa odvában (MH10) találtuk.

Anurida cf. *granaria* (Nicolet, 1847)

Ez az apró ugróvillás faj az *Anurida granaria* fajhoz áll legközelebb, amelyet Magyarországon még nem mutattak ki. A pontos határozáshoz a szájszerv morfológiájának tanulmányozása is szükséges, ehhez viszont több egyedet kell még gyűjtenünk és megfelelő preparátumot készíteni a határozáshoz.

Család: Neanuridae

Bilobella aurantiaca (Caroli, 1910)

Hazánkban főleg középhegységi- és ártéri erdők nyirkos talajából került elő ez a dekoratív, piros színű ugróvillás (15. ábra). A 6-os korhadási fázisban lévő fekvő holtfából (MH11) került elő hat példánya.



14. ábra: *Ceratophysella denticulata* (F: Séllei D.)



15. ábra: *Bilobella aurantiaca* (F: Séllei D.)

Deutonura conjuncta (Stach, 1926)

Gyakori faj hazánkban, középhegységeink és ártéri erdeink talajában általánosan elterjedt (16. ábra). A vizsgált mikroélőhelyeket tekintve a 4–6-os korhadási fokú fekvő holtfákban (MH1, MH7, MH11) gyűjtöttük néhány egyedét.

Neanura muscorum (Stach, 1926)

Nagyon gyakori, kozmopolita ugróvillás. Hemiedafikus, a talajok felső, humuszos rétegében, avarban, korhadékban is gyakran előfordul. 6-os korhadási fokú fekvő holtfában (MH8) gyűjtöttük egy egyedét.

Friezea claviseta Axelson, 1900

Európa-szerte gyakori ugróvillás faj (17. ábra), korhadékban, fakéreg alatt él. A Csáfordi-erdő holtfás mikroélőhelyeinek egyik karakterfaja, kettő kivételével mindegyik mintában (MH1, MH2, MH3, MH4, MH6, MH7, MH8, MH9, MH10) megtaláltuk.



16. ábra: *Deutonura conjuncta* (F: Séllei D.)



17. ábra: *Friezea truncata* (F: Séllei D.)

Superodontella lamellifera (Axelson, 1903)

Kozmopolita ugróvillás faj (18. ábra), hazánkban középhegységi- és ártéri erdőkből került eddig elő. Három mikroélőhelyen (MH1, MH2, MH7) gyűjtöttük néhány egyedét.

Család: Onychiuridae

Protaphorura armata (Tullberg, 1869)

Kozmopolita faj, hazánkban is elterjedt, változatos élőhelyeken. Euedafikus, a talaj mélyebb rétegeiben is előfordul. Gyűjtöttük fa tövében összegyűlt korhadékból (MH2), valamint nagyobb egyedszámban különböző korhadási fokú (3–6) fekvő holtfából (MH8, MH9) is.

Deuteraphorura silesiaca (Dunger, 1977)

Ezt a meglehetősen ritka, elsősorban hegyvidéki erdőkre jellemző ugróvillás fajt hazánkban eddig csak a Soproni-hegységben (Traser 1994), valamint a Vas–Soproni-síkságon (Traser & Thibaud 1999) gyűjtötték. Utóbbi lelőhelytől a Csáfordi-erdő mindössze 20 km-re található, így nem véletlen a megkerülése. Kizárólag fekvő holtfából gyűjtöttük (MH1, MH7, MH8, MH11).

Család: Tullbergiidae

Mesaphorura betschi Rusek, 1979

Ez a parányi, euedafikus faj hazánkban eddig csak a Szigetközéből került elő (Traser 1997). Fa tövében összegyűlt korhadékból (MH2), valamint 6-os korhadási fokú fekvő holtfából (MH8, MH11) is gyűjtöttük egy-egy egyedét.

Család: Entomobryidae

Entomobrya corticalis (Nicolet, 1842)

Az általánosan elterjedt, hazánkban is gyakori ugróvillás (19. ábra) nevében szereplő „corticalis” szó utal a faj egyik kedvelt mikroélőhelyére, mégpedig a fák kérgére. Különböző korhadási fokú (4-5) holtfán (MH1, MH7), fa tövében összegyűlt korhadékban (MH2), valamint még élő fa mohabevonatos kérgén (MH4) is gyűjtöttük.



18. ábra: *Superodontella lamellifera* (F: Séllei D.)



19. ábra: *Entomobrya corticalis* (F: Séllei D.)

Entomobrya muscorum (Nicolet, 1842)

Leginkább erdőkhöz kötődő, a sűrűbb növényzetben előforduló faj (20. ábra). 6-os korhadási fokú, földön fekvő holtfa korhadékán (MH11) gyűjtöttük egyetlen egyedét.

Heteromurus nitidus (Templeton, 1835)

Ez az eredetileg barlangból leírt, holarktikus elterjedésű ugróvillás (21. ábra) kedveli a sötétebb, nyirkos élőhelyeket, így a talajban, kövek vagy fekvő holtfa alatt is találkozhatunk vele. Fa tövében összegyűlt korhadékban (MH2), valamint magasabb korhadási fokú fekvő holtfában (MH11) gyűjtöttük néhány egyedét.



20. ábra: *Entomobrya muscorum* (F: Winkler D.)



21. ábra: *Heteromurus nitidus* (F: Winkler D.)

Lepidocyrtus florum Winkler & Mateos, 2018

Ezt a mindössze 1 mm nagyságú *Lepidocyrtus* fajt (22. ábra) néhány éve írták le a Hanságból, a Csíkos-éger maradvány láperdőből, ahol az égerfákat borító mohában, valamint leváló kéreg alatt fordul elő nagy számban (Mateos & Winkler 2018). A Csáfordi-erdőben is hasonló mikroélőhelyen gyűjtöttük, mohabevonatos fekvő holtfán (MH1, MH7).

Lepidocyrtus lanuginosus (Gmelin, 1788)

Holarktikus elterjedésű faj, változatos élőhelyeken előforduló faj (23. ábra). Ugyanakkor a legutóbbi genetikai vizsgálatok kimutatták, hogy a markánsan eltérő habitatokban élő *L. lanuginosus*-ként azonosított ugróvillások minden bizonnyal eltérő fajokat takarnak (Zhang et al. 2018). Magas korhadási fokú (6) fekvő holtfán gyűjtöttük néhány egyedét.



22. ábra: *Lepidocyrtus florum* (F: Winkler D.)



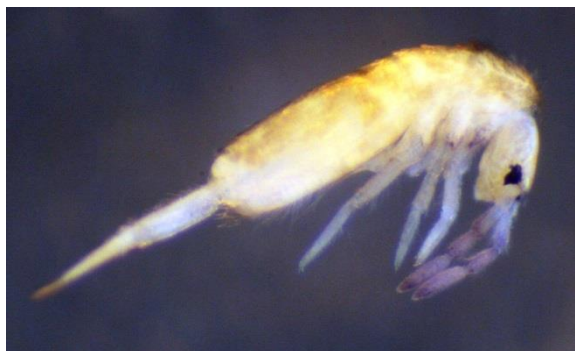
23. ábra: *Lepidocyrtus lanuginosus* (F: Séllei D.)

Lepidocyrtus peisonis Traser & Christian, 1992

Ezt a sárga alapszínű *Lepidocyrtus* fajt (24. ábra) a Fertő nádasából írta le Traser & Christian (1992). Azóta több helyről és élőhelyről is előkerült, részletesebb újrleírását és élőhelyi vonatkozásait Winkler & Mateos (2018) közzétették. A Csáfordi-erdő időnként vízzel borított, üde talajában minden bizonnyal nagyobb gyakorisággal fordul elő, a vizsgált holtfa mikroélőhelyek közül mindössze egyben, 6-os korhadási fokú fekvő holtfában (MH11) sikerült gyűjtenünk két egyedét.

Lepidocyrtus violaceus (Geoffroy, 1762)

Az egyik legrégebben leírt ugróvillás faj (25. ábra). Üde erdei élőhelyeken gyakori, hazánkban leginkább a középhegységi- és ártér erdőkben mutatott ki. A vizsgált mikroélőhelyek közül a fekvő holtfában meglehetősen gyakori (MH1, MH7, MH9, MH11), de előkerült fa tövében összegyűlt korhadékból (MH2), valamint kiszáradt dendrotelmából (MH6) is.



24. ábra: *Lepidocyrtus peisonis* (F: Winkler D.)



25. ábra: *Lepidocyrtus violaceus* (F: Séllei D.)

Orchesella flavescens (Bourlet, 1839)

Palearktikus elterjedésű, általánosan elterjed talajfelszíni epedafikus ugróvillás faj (26. ábra). Erdei élőhelyeken a leggyakoribb *Orchesella* faj. 4-5-ös korhadási fokú fekvő holtfán (MH1, MH7) gyűjtöttük egy-egy egyedét.

Pseudosinella gr. wahlgreni (Börner, 1907)

A *Pseudosinella wahlgreni* taxonómiai helyzete a mai napig nem tisztázott a taxonómiában, minden bizonnyal nem egy, hanem több fajt takar (Stomp 1972). A Csáfordi-erdőben előforduló, a bélyegei alapján a *wahlgreni* csoportba tartozó faj (27. ábra) különböző korhadási stádiumban (4-6) lévő fekvő holtfán (MH1, MH7, MH8, M11), valamint kiszáradt telmában egyaránt előfordult, esetenként nagyobb egyedszámmal is.



26. ábra: *Orchesella flavescens* (F: Séllei D.)



27. ábra: *Pseudosinella gr. wahlgreni* (F: Séllei D.)

Willowsia nigromaculata (Lubbock, 1873)

A fák kérgéhez erősen kötődő faj (28. ábra). Éppen ezért nem véletlen, hogy a mikroélőhelyek közül a még élő, de már kissé korhadó, mohával borított kérgű juharfán fordult elő (MH4) néhány egyede.

Család: Oncopoduridae

Oncopodura crassicornis Shoebottom, 1911

Hazánkban általánosan elterjedt edafikus, illetve troglafil faj. Elsősorban közephegységi erdeinkből vannak adatai (Dányi & Traser 2008). Egyetlen egyedét fekvő holtfán gyűjtöttük (MH1).

Család: Tomoceridae

Tomocerus vulgaris (Tullberg, 1871)

Holarktikus elterjedésű, hazánkban általánosan elterjedt faj (29. ábra). Leggyakrabban az erdei avarban került szem elé, de fekvő holtfán, különösen annak tövében az egyik legdominánsabb ugróvillás. Nem véletlen, hogy a vizsgált mikroélőhelyek közül is a fekvő holtfához (MH1, MH6, MH7, MH8, MH9, MH11) kötődött az előfordulása.

Pogonognathellus flavescens (Tullberg, 1871)

Holarktikus elterjedésű, hazánkban is gyakori, az üde élőhelyeket előnyben részesítő higrofil faj (30. ábra). Az előző fajhoz hasonlóan fekvő holtfához kötődött (MH1, MH7, MH11).



28. ábra: *Willowsia nigromaculata* (F: Séllei D.)



29. ábra: *Tomocerus vulgaris* (F: Séllei D.)



30. ábra: *Pogonognathellus flavescens* (F: Séllei D.)

Család: Isotomidae

Folsomia penicula Bagnall, 1939

Palearktikus elterjedésű, hazánkban is általánosan elterjedt mezofil erdei faj. A vizsgált élőhelyek közül a 4-es korhadási fokú fekvő holtfa kéreg-moha borítása (MH1) alól gyűjtöttük két egyedet.

Folsomia martynovae Potapov 2001

A vizsgálat során előkerült egy érdekes, 6+6 pontszemmel rendelkező *Folsomia* faj is (31. ábra), amelyet az Ukrajnából leírt *Folsomia martynovae* fajjal azonosítottunk, s amelyet hazánkban még nem észleltek. A vizsgált mikroélőhelyek közül fekvő holtfáról (MH1, MH7), valamint mind a vízzel telt (MH5), mind pedig a kiszáradt telmából (MH6) is gyűjtöttük.

Folsomia cf. *similis* Bagnall, 1939

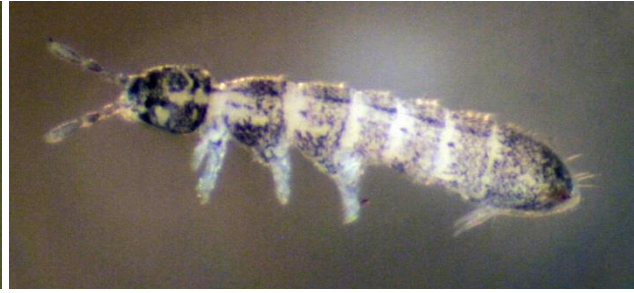
Ez a gyűjtés során előkerült másik, hazánkra valószínűleg új *Folsomia* faj a már erősen korhadó (6-os korhadási fokú) holtfából (MH8).

Folsomia quadrioculata (Tullberg 1871)

Holarktikus elterjedésű, eurytopikus faj (32. ábra). Változatos élőhelyeken is nagy abundanciával van jelen, kolonizáló képessége jól ismert (Dunger et al. 2004). A vizsgálat során tökorhadt kocsányos tölgy nyirkos korhadékából (MH10) került elő.



31. ábra: *Folsomia martynovae* (F: Séllei D.)



32. ábra: *Folsomia quadrioculata* (F: Séllei D.)

Isotomiella minor (Schäffer, 1896)

Kozmopolita, eurytopikus ugróvillás faj (33. ábra), kedveli az üde élőhelyeket. A vizsgálati területen különböző korhadási fokú (3-6) fekvő holtfából (MH8, MH9, MH11) gyűjtöttük, nagy egyedszámban.

Isotomurus sp. juv

Egy *Isotomurus* faj fiatal egyedei szintén fekvő holtfából (MH9, MH11), valamint a beszárad telmából (MH6) kerültek elő. A pontos határozáshoz adult példányok gyűjtése szükséges.

Parisotoma notabilis (Schäffer, 1896)

Kozmopolita, eurytopikus ugróvillás faj (34. ábra), a szántóföldektől a középhegységi erdeinkig számos élőhelytípusban előfordul. A vizsgálati területen különböző korhadási fokú (3-6) fekvő holtfából (MH1, MH7, MH8, MH9, MH11) gyűjtöttük.



33. ábra: *Isotomiella minor* (F: Séllei D.)



34. ábra: *Parisotoma notabilis* (F: Séllei D.)

Tetracanthella pericarpatica Kaprus & Tsalan, 2009

A *Tetracanthella* génusz fajai leginkább a magashegységekre jellemzőek. Ezért is különleges a *Tetracanthella pericarpatica* (35. ábra) előfordulása, amit korábban Winkler et al. (2011) is megtaláltak a Csörnőc-patak mentén, Vasvár közelében. Egyetlen egyedét találtuk a magas korhadási fokú (6) holtfa (MH11) korhanyában.

Család: Neelidae

Megalothorax minimus Willem, 1900

Ez a mindössze 0,2 mm nagyságú, fehér gömböc ugróvillás (36. ábra) általában euedafikus életmódot folytatnak (a talaj mélyebb rétegeiben fordul elő). A vizsgált mikroélőhelyek közül a magas korhadási fokú (6) fekvő holtfából (MH11) került elő néhány egyede.



35. ábra: *Tetracanthella pericarpatica* (F: Séllei D.)



36. ábra: *Megalothorax minimus* (F: Séllei D.)

Család: Bourletiellidae

Deuterosminthurus bicinctus Koch, 1840

Palearktikus elterjedésű, elsősorban erdőkhöz kötődő faj (37. ábra). Hazánkban középhegységeinkből, az Őrségből, Nyírségből és a Szigetközből ismert (Dányi & Traser 2008). Egyetlen juvenilis egyedét fekvő holtfa (MH8) korhanyában találtuk

Ptenothrix atra (Linnaeus, 1758)

Erdei faj (38. ábra), hazánkból kevés helyről ismert (Aggtelek, Mátra, Nyírség, Hanság). Érdekes párhuzam vonható a *Lepidocyrtus florum* fajjal, ugyanis mindkét ritka ugróvillás a hansági Csíkos-égeresben is előkerült (Traser 2003). A Csáfordi-erdőben egyetlen egyedét gyűjtöttük magas korhadási fokú (6) fekvő holtfában (MH11).



37. ábra: *Deuterosminthurus bicinctus* (F: Séllei D.)



38. ábra: *Ptenothrix atra* (F: Séllei D.)

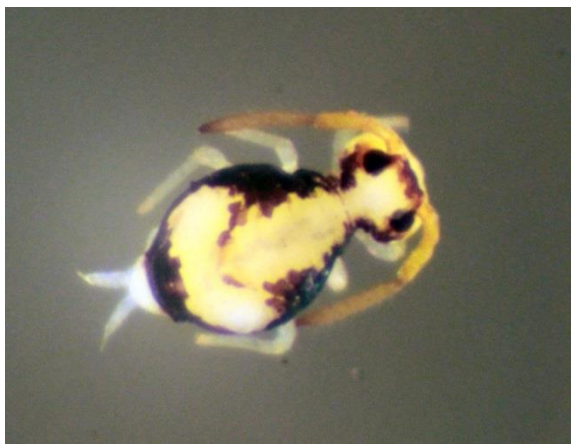
Család: Katiannidae

Sminthurinus aureus (Lubbock, 1862)

Palearktikus elterjedésű, eurytopikus gömböc ugróvillás (39. ábra). Hazánkban is többféle élőhelyről előkerült, olykor magas abundanciával. A Csáfordi-erdőben fekvő holtfáról (MH1, MH7, MH9) gyűjtöttük.

Sminthurinus aureus (Lubbock, 1862)

Holarktikus elterjedésű, az előző fajhoz hasonlóan eurytopikus ugróvillás faj (40. ábra). A vizsgálati területen néhány egyedet gyűjtöttük fekvő holtfáról (MH1, MH7).



39. ábra: *Sminthurinus aureus* (F: Séllei D.)



40. ábra: *Sminthurinus elegans* (F: Séllei D.)

Család: Sminthurididae

Sphaeridia pumilis (Krausbauer, 1898)

Ez az apró termetű gömböc ugróvillás (41. ábra) többféle élőhelyen is előfordul, ellenáll az éghajlati szélsőségeknek és a szennyezésnek is (Gillet & Ponge 2003). Vizsgálati területünkön az egyik, magas korhadási fokú (6) holtfa korhanyából (MH11) került elő.

Család: Sminthuridae

Caprainea marginata (Schött, 1893)

Dányi & Traser (2008) mint xerothermofil fajt (42. ábra) említik, ugyanakkor középhegységei bükkösök (Loksa & Rubio 1966), valamint ártéri erdők (Winkler D. szóbeli közlése) talajában is előfordul. A vizsgálati területen 4-5-ös korhadási fokú fekvő holtfából (MH7, MH11) gyűjtöttük néhány egyedet.

Lipothrix lubbocki (Tullberg, 1872)

Európában és Észak-Afrikában él, hazánkban leggyakrabban a középhegységi erdőkből kerül elő ez a faj (43. ábra). A vizsgálati területünkön különböző korhadási fokú (3-7) fekvő holtfából (MH1, MH7, MH8, MH9), valamint vénic szil kiszáradt telmájából került elő.



41. ábra: *Sphaeridia pumilis*
(F: Séllei D.)



42. ábra: *Caprainea marginata*
(F: Winkler D.)



43. ábra: *Lipothrix lubbocki*
(F: Séllei D.)

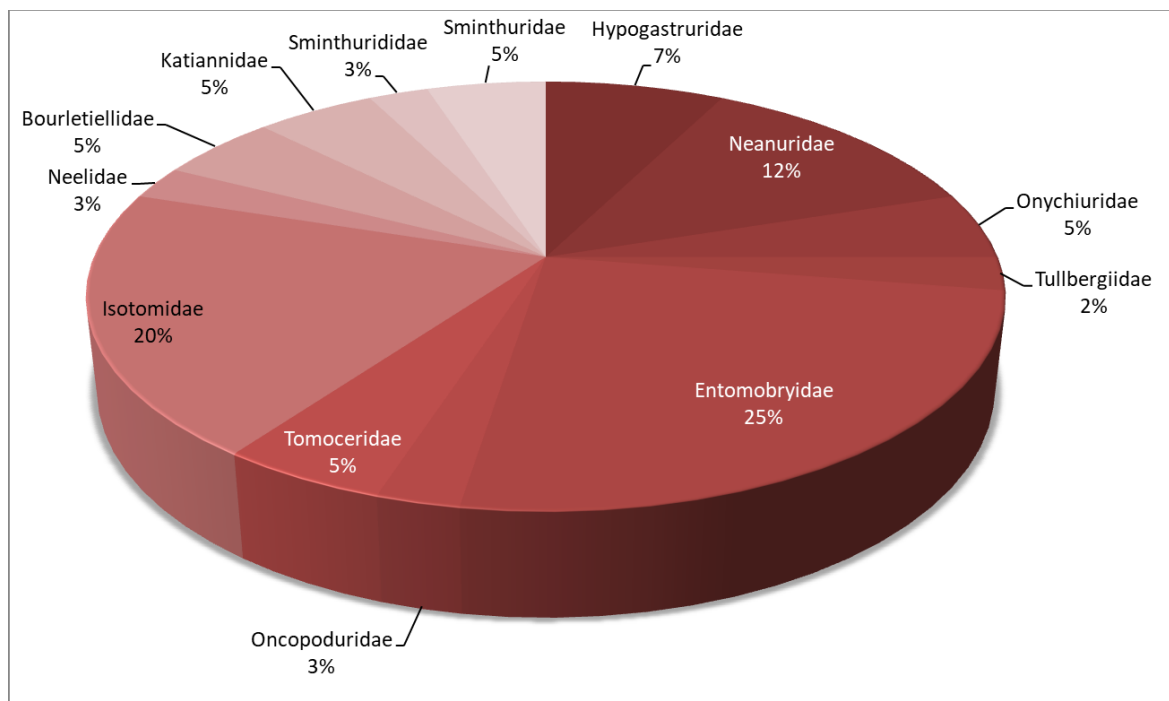
1. táblázat: A vizsgált mikroélőhelyeken előfordult ugróvillás-fajok és egyedszámuk a mintákban

	MH1 (EP31; DE)	MH2 (CV21)	MH3 (CV14; CV5)	MH4 (EP31)	MH5 (CV41)	MH6 (CV41)	MH7 (DE)	MH8 (DE)	MH9 (DE)	MH10 (CV41)	MH11 (DE)
Hypogastruridae											
<i>Ceratophysella denticulata</i> (Bagnall, 1941)	1	16	0	0	3	9	0	0	0	192	30
<i>Choreutinula inermis</i> (Tullberg, 1871)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26	0
<i>Anurida</i> cf. <i>granaria</i> (Nicolet, 1847)	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Neanuridae											
<i>Bilobella aurantiaca</i> (Caroli, 1910)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
<i>Deutonura conjuncta</i> (Stach, 1926)	2	0	0	0	0	0	7	0	0	0	4
<i>Neanura muscorum</i> (Templeton, 1835)	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Friesea claviseta</i> Axelson, 1900	6	8	9	3	0	6	8	1	6	12	0
<i>Superodontella lamellifera</i> (Axelson, 1903)	1	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Onychiuridae											
<i>Protaphorura armata</i> (Tullberg, 1869)	0	1	0	0	0	0	0	19	55	0	0
<i>Deuteraphorura silesiaca</i> (Dunger, 1977)	1	0	0	0	0	0	5	16	0	0	5
Tullbergiidae											
<i>Mesaphorura betschii</i> Rusek, 1979	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1
Entomobryidae											
<i>Entomobrya corticalis</i> (Nicolet, 1842)	18	3	0	2	0	0	21	0	0	0	0
<i>Entomobrya muscorum</i> (Nicolet, 1842)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Heteromurus nitidus</i> (Templeton, 1835)	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3
<i>Lepidocyrtus floriae</i> Winkler & Mateos, 2018	22	0	0	0	0	0	27	0	0	0	0
<i>Lepidocyrtus lanuginosus</i> (Gmelin, 1788)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
<i>Lepidocyrtus peisonis</i> Traser & Christian, 1992	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Lepidocyrtus violaceus</i> (Geoffroy, 1762)	43	7	0	0	0	5	35	0	19	0	22
<i>Orchesella flavescens</i> (Bourlet, 1839)	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Pseudosinella</i> gr. <i>wahlgreni</i> (Börner, 1907)	21	0	0	0	0	2	16	4	0	0	31
<i>Willowsia nigromaculata</i> (Lubbock, 1873)	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0
Oncopoduridae											
<i>Oncopodura crassicornis</i> Shoebbotham, 1911	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Az 1. táblázat folytatása

	MH1 (EP31; DE)	MH2 (CV21)	MH3 (CV14; CV5)	MH4 (EP31)	MH5 (CV41)	MH6 (CV41)	MH7 (DE)	MH8 (DE)	MH9 (DE)	MH10 (CV41)	MH11 (DE)
Tomoceridae											
<i>Tomocerus vulgaris</i> (Tullberg, 1871)	12	0	0	0	0	3	9	17	15	0	36
<i>Pogonognathellus flavescens</i> (Tullberg, 1871)	3	0	0	0	0	0	2	0	0	0	5
Isotomidae											
<i>Folsomia penicula</i> Bagnall, 1939	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Folsomia martynovae</i> Potapov 2001	12	0	0	0	11	2	14	0	0	0	0
<i>Folsomia</i> cf. <i>similis</i> Bagnall, 1939	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0
<i>Folsomia quadrioculata</i> (Tullberg 1871)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0
<i>Isotomiella minor</i> (Schäffer, 1896)	0	0	0	0	0	0	0	14	94	0	28
<i>Isotomurus</i> sp. juv	0	0	0	0	0	7	0	0	2	0	4
<i>Parisotoma notabilis</i> (Schäffer, 1896)	7	0	0	0	0	0	3	12	15	0	19
<i>Tetracanthella pericarpatica</i> Kaprus & Tsalan, 2009	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Neelidae											
<i>Megalothorax minimus</i> Willem, 1900	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
Bourletiellidae											
<i>Deuterosminthurus bicinctus</i> Koch, 1840	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ptenothrix atra</i> (Linnaeus, 1758)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Katiannidae											
<i>Sminthurinus aureus</i> (Lubbock, 1862)	5	0	0	0	0	0	14	0	22	0	0
<i>Sminthurinus elegans</i> (Fitch, 1863)	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Sminthurididae											
<i>Sphaeridia pumilis</i> (Krausbauer, 1898)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12
Sminthuridae											
<i>Caprainea marginata</i> (Schött, 1893)	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	3
<i>Lipothrix lubbocki</i> (Tullberg, 1872)	32	0	0	0	0	2	24	19	18	0	0

A Csáfordi-erdő holtfa mikroélőhelyein gyűjtött ugróvillás fajok családok szerinti megoszlását az 44. ábra szemlélteti.



44. ábra: A gyűjtött ugróvillások családok szerinti megoszlása a fajok száma alapján.

Nem meglepő eredmény, hogy a legnagyobb fajsza szám szerinti részaránnyal (25%) az Entomobryidae család képviselt, mivel az ide tartozó ugróvillások nagy része ún. epedafikus, talajfelszíni faj, amelyek közül több faj a fák törzsére (*Entomobrya* spp., *Willowsia* spp.) is felmászik. A *Lepidocyrtus* és *Pseudosinella* fajok ugyan többségükben hemiedafikus talajlakók (Hopkin 1997), köztük is találunk szép számmal felszínen mozgó fajokat, amelyek a vizsgálati területünkön rendre meg is jelentek a holtfák mohával, kéreggel borított felszínén, vagy a bomló korhanyban. Magas részaránnyal volt jelen az Isotomidae család is (20%), melynek fajai között ugyan nem igazán találunk felszínen mozgó fajokat, viszont több kolonizáló fajuk (*Parisotoma notabilis*, *Folsomia* spp.) is könnyen benépesíti az előrehaladottabb korhadási stádiumban lévő földön fekvő holtfákat. Az euedafikus (a talaj mélyebb rétegeiben élő) fajokat tömörítő családok (Onychiuridae, Tullbergiidae) kis fajsza számmal voltak jelen a mintákban. Ezek a többnyire fehér, vak ugróvillások csak a magasabb korhadási fokú fekvő holtfákban jelentek meg, meglehetősen alacsony egyedszámmal. A Hypogastruridae család fajai közül – Skarżyński et al. (2016) holtfás vizsgálataihoz hasonlóan – előfordult a fakéreghez, szárazabb korhadékhoz kötődő szaproxilofág *Friesea claviseta*, míg a tőkorhadat odvak korhanyában a *Ceratophysella denticulata* volt tömeges. Általában kis egyedszámmal, több esetben érdekes fajjal további családok is reprezentáltak voltak a mintákban (ilyenek a Neanuridae, Tomoceridae családok fajai, valamint a Neelidae, Bourletiellidae, Katiannidae, Sminthurididae és Sminthuridae gömböc ugróvillásai).

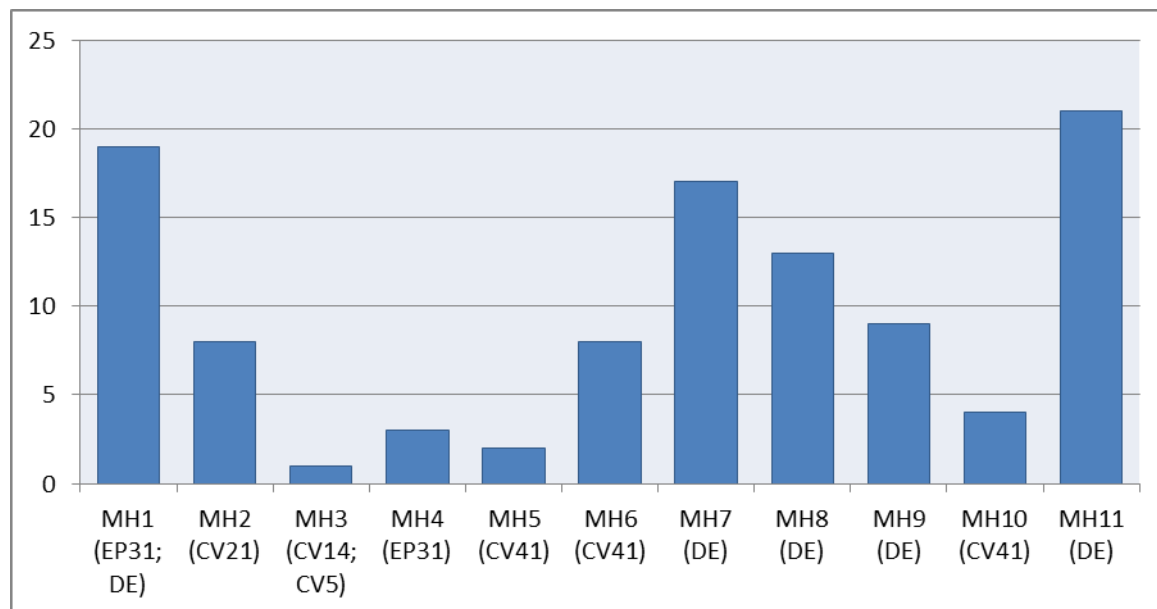
4.2. A mikroélőhelyek összehasonlító értékelése

A vizsgált mikroélőhelyek legfontosabb közösségi karakterisztikáit a 2. táblázat foglalja össze.

2. táblázat: A vizsgált mikroélőhelyek ugróvillás-közösségeinek legfontosabb karakterisztikái

Mikroélőhely	Fajszám (S)	Egyedszám (N)	Diverzitás (H')	Kiegyenlítettség (J)
MH1 (EP31; DE)	19	192	2,361	0,8019
MH2 (CV21)	8	39	1,63	0,784
MH3 (CV14; CV5)	1	9	0	0
MH4 (EP31)	3	9	1,061	0,9656
MH5 (CV41)	2	14	0,5196	0,7496
MH6 (CV41)	8	36	1,927	0,9265
MH7 (DE)	17	190	2,426	0,8562
MH8 (DE)	13	110	2,134	0,8321
MH9 (DE)	9	246	1,778	0,8094
MH10 (CV41)	4	237	0,6681	0,4819
MH11 (DE)	21	228	2,545	0,8358

A fajszám a vizsgált mikroélőhelyeken 1 és 21 között változott (45. ábra). Az ábráról leolvasható, hogy a nagyobb fajszámú közösségek a fekvő holtfákhoz kötődnek, ezen belül pedig az előrehaladottabb stádiumban lévő, magasabb korhadási fokú holtfákhoz (pl. MH11). Kevesebb faj (4-8) kötődött a tőkorhadat fák odvainak korhanyához, míg a speciális mikrohabitatok (élő fák leváló kérge, vízzel telt dentrotelma) csupán egy-két fajnak nyújtottak megfelelő élőhelyet. A diverzitás a fajszámmal szinte megegyező trendet mutatott.

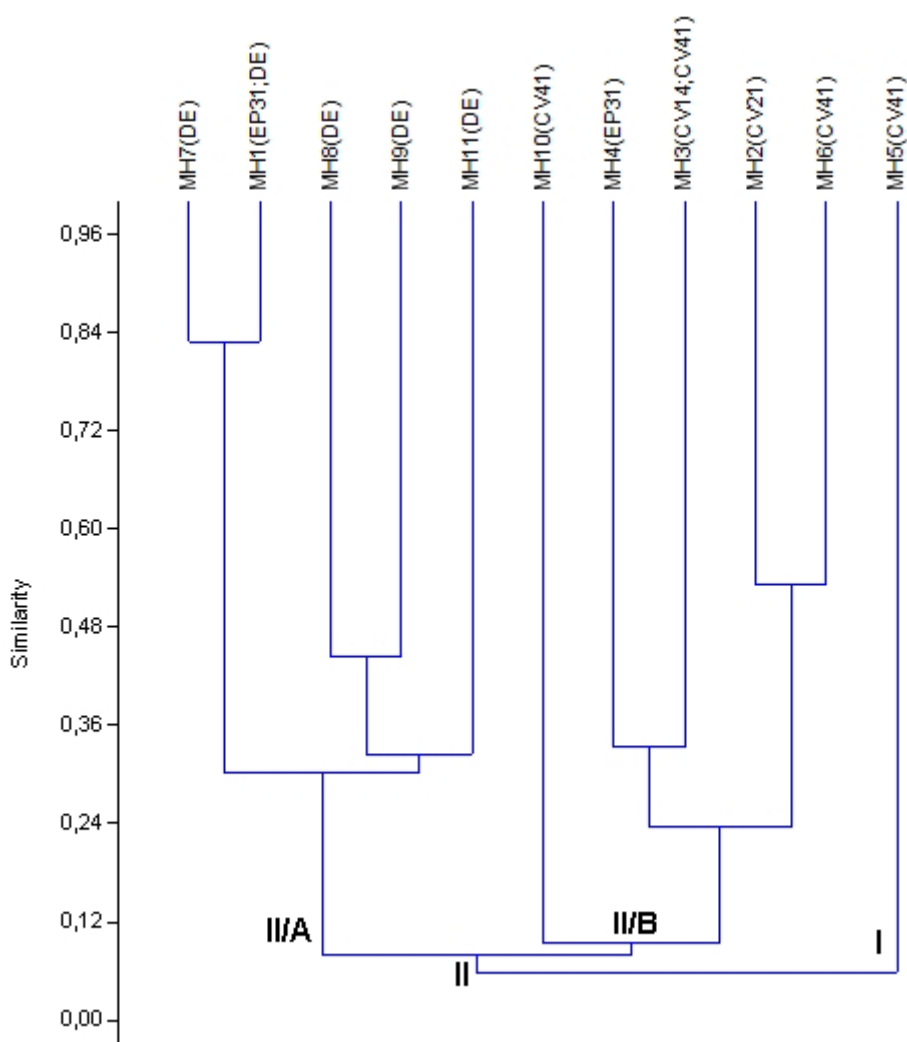


45. ábra: Az ugróvillás-közösségek fajszáma a vizsgált mikroélőhelyeken (a jelöléseket lásd az Anyag és módszertan fejezetben).

Az egyedszám szerinti értékelés az eltérő mintamennyiség miatt nem mondható egzakt, de nagyjából hasonló trend figyelhető meg, mint a fajszámnál. Kivételt képez a tőkorhadat

kocsányos tölgy nagy odvának nyirkos korhanyában talált ugróvillás-mennyiség, amely a magas korhadási fokú, fekvő holtfa mintában számolt egyedszámmal volt közel egyező. Ez a meglehetősen magas egyedszám ugyanitt az alacsony fajszámmal párosulva alacsony egyenletességi értékhez vezetett. A diverzitás és kiegyenlítettség az egyetlen előfordult faj miatt az MH3 élőhelyen nem volt értelmezhető.

A közösségek (és a mikroélőhelyek) hasonlóságának szemléltetésére a Jaccard-indexen alapuló hierarchikus cluster-analízist végeztem (46. ábra). A mikroélőhely felbontású dendrogramon jól megfigyelhető az MH5 (denrotelma) elkülönülése (I), amit a víz jelenlétével (mint a többi mikroélőhelytől való markáns különbséggel) lehet magyarázni. A másik nagy csoporton (II) belül egy alcsoportot (II/A) alkotva jól elkülönülnek a (különböző korhadási stádiumú) fekvő holtfák (és közösségeik). A másik alcsoportot (II/B) a töben korhadó fák odvai, valamint a fakéreghez kötődő mikroélőhelyek alkotják.



46. ábra: A Jaccard-féle hasonlósági indexen alapuló hierarchikus cluster-analízis dendrogramja.
(Az élőhely- és mikrohabitat kódokat lásd az Anyag és módszertan fejezetben)

5. Következtetések, javaslatok

A holtfa mikroélőhelyek jelentőségét mutatja, hogy a Csáfordi-erdő ugróvillások számára megfelelő élőhelykínálatának csupán töredékét megmintázva összesen 40 fajt sikerült beazonosítanunk, ami a Magyarországon eddig kimutatott fajoknak közel egy tizede.

A mintázott holtfa mikroélőhelyeken jellegzetes ugróvillás-közösségek telepednek meg, amelyek több érdekes, specialista fajt is tartalmaznak. A közösségi-ökológiai elemzések eredményeiből megállapítható, hogy a fekvő holtfák jelentik a leggazdagabb élőhelyet, valamint összefüggés figyelhető meg a korhadási fok és az ugróvillás-közösségek paraméterei között. Minél előrehaladottabb korhadási stádiumban van a fekvő holtfa, annál fajgazdagabb és diverzebb közösség jelenléte figyelhető meg. Ez magyarázható azzal is, hogy a lebomló holtfákon megindul a talajképződés, ami keveredve a korhannal már nem csak a epedafikus, felszínen mozgó ugróvillásoknak (pl. *Entomobrya* spp., *Willowsia* ssp.) jelent megfelelő élőhelyet, hanem a hemiedafikus (pl. *Lepidocyrtus* spp., *Folsomia* spp.) és euedafikus (Onychiuridae, Tullbergidae család képviselői) fajoknak is. Utóbbiakat nem, vagy csak ritka esetben találjuk az alacsony korhadási fokú holtfában, és egyáltalán nem fordulnak elő a magasabban elhelyezkedő, szárazabb mikroélőhelyeken. Ugyanakkor nem csak a fekvő holtfa gazdagítja a Collembola-diverzitást, hiszen több olyan mikroélőhely ugróvillás-faunájának feltárása is érdekességeket hozott, amelyek fajszáma, diverzitása és egyedszáma jelentősen alulmarad a fekvő holtfákéval összehasonlítva. Ilyen a dendrotelmákban előkerült, Nyugat-Ukrajnából leírt *Folsomia martynovae*, amely új a hazai faunára nézve. Emellett több, a fakéreghez kötődő specialista faj (pl. *Friesea claviseta*, *Willowsia nigromaculata*) fordult elő a „szélsőségesebb” mikrohabitatokban is.

A Csáfordi-erdő fokozott védelem alatt áll, erdőgazdálkodási tevékenységet az erdő területén nem folytatnak. Az ugróvillások holtfához kötődő mikroélőhelyeit nem fenyegeti veszély. Egyedül a klímaváltozás, az aszályos időszakok jelentenek problémát a talajlakó, valamint a fekvő holtfákon előforduló fajokra is. A csapadékszegény években szóba jöhet lehetőségként az erdő időszakos elárasztása, ami mind a vegetáció, mind pedig az állatvilág szempontjából pozitív következményekkel járhat.

6. Összefoglalás

A kutatás célja a holtfa mikrohabitatokhoz kötődő ugróvillás-közösségek vizsgálata volt. Kutatási területként a Répce menti maradvány ligeterdőt (Csáfordi-erdő) választottam. Az erdő jó lehetőséget biztosít az ilyen jellegű vizsgálatokra a nagy mennyiségű álló és fekvő holtfa jelenléte miatt. A felmérésekhez és mintavételekhez összesen 11 mikrohabitatot választottunk ki, amelyek között fekvő holtfák, dendrotelmák, kéreglevélások, tőkorhadt odvak korhanya szerepelt többek között.

A mintagyűjtéshez a hagyományos talajmintavételezés mellett rovarszívó módszert választottam. Az ugróvillások kinyerése a gyűjtött mintákból Berlese-Tullgren elven működő vödörfuttatóval futtatóval történt, szobahőmérsékleten, 14 napos várakozási idővel.

A vizsgálat során összesen 1309 ugróvillás egyedet válogattunk le és határoztunk meg faji szinten. Összesen 13 család 40 faját azonosítottuk, ez majdnem egy tizede a hazánkból ezidáig kimutatott fajoknak. A fajok közül három, a magyar faunára nézve új faj (*Anurida granaria*, *Folsomia martynovae*, *F. similis*) is előkerült.

A legnagyobb fajsza szerinti részaránnyal (25%) az Entomobryidae család képviselt. A fajsza a vizsgált mikroélőhelyeken 1 és 21 között változott. A nagyobb fajszaú közösségek a fekvő holtfákhoz kötődtek, ezen belül pedig az előrehaladottabb stádiumban lévő, magasabb korhadási fokú holtfákhoz. Kevesebb faj (4–8) kötődött a tőkorhadt fák odvainak korhanyához, míg a speciális mikroélőhelyek (élő fák leváló kérge, vízzel telt dendrotelma) csupán egy-két fajnak nyújtottak megfelelő élőhelyet. A diverzitás a fajszaúmal hasonló trendet mutatott, a legdiverzebb mikroélőhelynek az előrehaladottabb korhadási stádiumban lévő fekvő holtfák bizonyultak.

Köszönetnyilvánítás

Szeretném hálás köszönetemet kifejezni intézeti konzulenseimnek, Dr. Tóth Viktóriának és Dr. Winkler Dániel Andrásnak a terepi felmérésben, adatgyűjtésben, a határozásban és a kiértékelésben való segítségnyújtásáért. Önzetlen segítségük és bátorításuk nélkül nem jöhetett volna létre a munkám.

Felhasznált irodalom

- Andringa, J. I., Zuo, J., Berg, M. P., Klein, R., van't Veer, J., de Geus, R., de Beaumont, M., Goudzwaard, L., van Hal, J., Broekman, R., van Logtestijn, R.S.P., Li, Y., Fujii, S., Lammers, M., Hefting, M.M., Sass-Klaassen, U. & Cornelissen, J. H. C. (2019): Combining tree species and decay stages to increase invertebrate diversity in dead wood. *Forest Ecology and Management* 441: 80–88.
- Babenko A.B., Chernova N.M., Potapov M.B. & Stebaeva M.B. (1994): *Collembola of Russia and adjacent countries: Family Hypogastruridae*. Nauka, Moscow.
- Bartha D. (2013): *Természetvédelmi élőhelyismeret*. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 213 pp.
- Bellinger, P.F., Christiansen, K.A. & Janssens, F. (2022): Checklist of the Collembola of the World. <http://www.collembola.org>
- Bidló A. (2012): Földtani, éghajlattani és talajtani viszonyok. In: Kárpáti L. & Fally J. (szerk.): *Monografikus tanulmányok a Fertő és a Hanság vidékéről*. Szaktudás Kiadó, Budapest. 41–48.
- Błoszyk, J., Rutkowski, T., Napierała, A., Konwerski, S., Zacharyasiewicz, M. (2021): Dead Wood as an Element Enriching Biodiversity of Forest Ecosystems: A Case Study Based on Mites from the Suborder Uropodina (Acari: Parasitiformes). *Diversity* 13: 476.
- Bretfeld, G. (1999): Symphyleona. In: Dunger, W. (ed), *Synopses on Palaearctic Collembola*. Vol. 2. *Abhandlungen und Berichte des Naturkundemuseums Görlitz* 71(1): 1–318.
- Bütler, R.; Lachat, T.; Krumm, F.; Kraus, D.; Larrieu, L., 2020: *Field Guide to Tree-related Microhabitats*. Descriptions and size limits for their inventory. Birmensdorf, Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research WSL. 59 p.
- Csóka Gy. (2000): Az elpusztult, korhadó fa szerepe az erdei biodiverzitás fenntartásában. In: Frank T. (szerk.): *Természet – Erdő – Gazdálkodás*. Magyar Madártani és Természetvédelmi Egyesület, Pro Silva Hungaria Egyesület, Eger. pp. 85–98.
- Csóka Gy. (2014): A holtfa, mint életfeltétel. In: Csóka Gy. & Lakatos F. (eds): *A holtfa*. *Silva Naturalis* 5. Nyugat-magyarországi Egyetem, Sopron, 45–48.
- Csóka Gy. & Lakatos F. (2014): Az erdei holtfa megjelenési formái. In: Csóka Gy. & Lakatos F. (eds): *A holtfa*. *Silva Naturalis* 5. Nyugat-magyarországi Egyetem, Sopron, 29–36.
- Csóka Gy., Lakatos F. & Hirka A. (2014): Hogyan keletkezik a holtfa? In: Csóka Gy. & Lakatos F. (eds): *A holtfa*. *Silva Naturalis* 5. Nyugat-magyarországi Egyetem, Sopron, 21–48.
- Dányi L. & Traser Gy. (2007): Magyarország ugróvillásai. In: FORRÓ L. (szerk.): *A Kárpát-medence állatvilágának kialakulása*. Magyar Természettudományi Múzeum, Budapest, pp. 21–28.
- Dányi L., Traser Gy. (2008) An annotated checklist of the springtail fauna of Hungary (Hexapoda: Collembola). *Opuscula Zoologica* 38: 3–82.
- Dobrosi D. (2017): A holtfa és egyéb erdőökológiai tényezők jelentősége a denevérek számára. *Erdészettudományi Közlemények* 7(2): 135–154.
- Dunger, W., Schulz, H.-J., Zimdars, B. & Hohberg, K. (2004): Changes in collembolan species composition in Eastern German mine sites over fifty years of primary succession. *Pedobiologia* 48(5-6): 503–517.
- Fjellberg, A. (1980): Identification keys to Norwegian Collembola. *Norsk Entomol. Forening*, 1–152.

- Fjellberg, A. (1998): The Collembola of Fennoscandia and Denmark. Part I.: Poduromorpha. *Fauna Entomologica Scandinavica* 35: 1–184.
- Gibbons, P. & Lindenmayer, D. (2002): Tree hollows and wildlife conservation in Australia. CSIRO Publishing, 240 pp.
- Gillet, S. & Ponge, J.F. (2003): Changes in species assemblages and diets of Collembola along a gradient of metal pollution. *Applied Soil Ecology* 22(2): 127–138.
- Gisin, H. (1960): Collembolesfauna Europas. Museum d'Histoire Naturelle, Genève
- Gorman, G. (2004): Woodpeckers of Europe: a study of the European Picidae. – Bruce Coleman Publishing, 192 pp.
- Halász G. (2009): Magyarország erdészeti tájai. Állami Erdészeti Szolgálat, Budapest.
- Hammer, Ř., Harper, D.A.T., Ryan, P.D. (2001): PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 1–9.
- Hopkin, S.P. (1997): *Biology of the Springtails (Insecta: Collembola)*. University Press, Oxford. 325 pp.
- Jaccard, P. (1901) étude Comparative de la distribution florale dans une portion des Alpes et des Jura. *Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles* 7: 547–579.
- Jordana, R. (2012): Capbryinae & Entomobryini. In: Dunger, W. & Burkhardt, U. (eds): *Synopses on Palaearctic Collembola*. Vol. 7/1. *Soil Organisms* 84: 1–390.
- Jordana, R., Arbea, J.I. & Carlos Simón, M.J.L. (1997): Collembola, Poduromorpha. *Fauna Iberica*, Vol. 8. Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid. 1–807.
- Jordana, R., Arbea, J.I. & Ariño, A.H. (1990) Catálogo de colémbolos ibéricos. Base de datos. *Publicaciones de Biología de la Universidad de Navarra, Serie Zoológica*, 21, 1-231.
- Keszei B. (2012): A Répce mente. In: Kárpáti L. & Fally J. (szerk): *Monografikus tanulmányok a Fertő és a Hanság vidékéről*. Szaktudás Kiadó, Budapest. 132–134.
- Kraus, D., Büttler, R., Krumm, F., Lachat, T., Larrieu, L., Mergner, U., Paillet, Y., Rydkvist, T., Schuck, A. & Winter, S. (2016): Catalogue of tree microhabitats – Reference field list. *Integrate+Technical Paper*. 16 pp.
- Loksa, I. & Rubio, I. (1966): Anagben zu den Kenntnissen über die Collembolesfauna des Bakony-Gebirges. *Opuscula Zoologica*, 6(1): 139–156.
- Mateos, E. & Winkler, D. (2018): New data clarifying the taxonomy of European members of the *Lepidocyrtus pallidus-serbicus* group (Collembola, Entomobryidae). *Zootaxa* 4429: 548–568.
- Merkl O. (2010): A Naszály bogárfaunája (Coleoptera). In: Pintér B. & Tímár G. (eds): *A Naszály természetrajza. Rosalia - A Duna-Ipoly Nemzeti Park Igazgatóság tanulmánykötetei* 5. Duna-Ipoly Nemzeti Park Igazgatóság, Budapest, pp. 533–639.
- Merkl O. (2016): A szaproxilofág bogarak (Coleoptera) szerepe a holtfa lebontásában. In: Korda M. (ed): *Az erdőgazdálkodás hatása az erdők biológiai sokféleségére*. Duna-Ipoly Nemzeti Park Igazgatóság, Budapest, 129–154.
- Merkl, O. & Németh, T. (2008): Notes on and further new species of the beetles in the Hungarian fauna (Coleoptera). *Folia Entomologica Hungarica* 69: 165–172.
- Merkl O. & Vig K. (2009): Bogarak a pannon régióban. *Vas Megyei Múzeumok Igazgatósága – MTM, Szombathely*. 494 pp.
- Ódor P. (2005): Javaslat a fekvő holt fa szisztematikus mérésére az erdőrezervátumokban. *Kutatási jelentés, kézirat*.
- Ódor P. (2014): A korhadó faanyag szerepe az erdei növények biodiverzitásában. In: Csóka Gy. & Lakatos F. (eds): *A holtfa. Silva Naturalis* 5. Nyugat-magyarországi Egyetem, Sopron, pp: 155–70.

- Ónódi G. & Winkler D. (2014): A holtfa szerepe az odúlakó madárközösségek kialakulásában. In: Csóka Gy. & Lakatos F. (eds): A holtfa. *Silva Naturalis* 5. Nyugat-magyarországi Egyetem, Sopron, pp. 125–144.
- Pielou E.C. (1966): The measurement of diversity in different types of biological collection. *Journal of Theory Biology* 13: 131–144.
- Pomorski R.J. (1998): Onychiurinae of Poland (Collembola: Onychiuridae). Genus (Supplement), Polish Taxonomical Society, Wrocław, 1–201.
- Potapov M. (2001): Synopses on Palaearctic Collembola: Isotomidae. *Abhandlungen und Berichte des Naturkundemuseums Görlitz* 73(2): 1–603.
- Regnery, B., Couvet, D., Kubarek, L., Julien, J. F. & Kerbiriou, C. (2013). Tree microhabitats as indicators of bird and bat communities in Mediterranean forests. *Ecological Indicators* 34, 221–230.
- Richards, O.W. & Davies, R.G. (1977): Diplura. In: Imms' General Textbook of Entomology. Springer, Dordrecht.
- Rodgers, D. J. & Kitching, R. L. (1998). Vertical stratification of rainforest collembolan (Collembola: Insecta) assemblages: description of ecological patterns and hypotheses concerning their generation. *Ecography*, 21(4), 392–400.
- Rozner Gy. & Lökkös A. (2016): Útmutató Natura 2000 fajok monitorozásához: xilofág bogarak. Somogyfajsz: Somogy Természetvédelmi Szervezet. 67 p.
- Skarżyński, D., Piwnik, A., Krzysztofiak, A. (2016): Saproxylic springtails (Collembola) of the Wigry National Park. *Forest Research Papers* 77(3): 186–203.
- Skubała, P. & Marzec, A. (2013) Importance of different types of beech dead wood for soil microarthropod fauna. *Polish Journal of Ecology* 61: 545–560.
- Smolis, A. & Kadej, M. (2014). A New Saproxylic Paleonurini (Collembola, Neanuridae) Species from North America with the First Record of *Galanura agnieskae* Smolis, 2000 from the Continent. *Florida Entomologist* 97(4): 1386–1394.
- Sódor M. (2000): Az erdőgazdálkodás fragmentációs hatásai. In: Frank T. (szerk.): Természet – Erdő – Gazdálkodás. Magyar Madártani és Természetvédelmi Egyesület, Pro Silva Hungaria Egyesület, Eger. pp. 124–131.
- Stokland, J. N, Siitonen, J., Jonsson, B. G. (2012): Biodiversity in dead wood. Cambridge university press. Cambridge. 509 p.
- Stomp, N. (1972): Deux nouvelles espèces de *Pseudosinella* endogés d'Europe (Collemboles, Entomobryides). *Revue Suisse de Zoologie* 79: 279–286.
- Thibaud, J.M., Shulz, H.J. & Da Gama, M.M. (2004): Synopses on Palaearctic Collembola: Hypogastruridae. *Abhandlungen und Berichte des Naturkundemuseums Görlitz* 75(2): 1–603.
- Tímár G. (2016): Erdei mikroélőhelyek és védelmük lehetőségei az erdőgazdálkodás során. In: Korda M. (ed): Az erdőgazdálkodás hatása az erdők biológiai sokféleségére. Duna-Ipoly Nemzeti Park Igazgatóság, Budapest, 533–548.
- Traser Gy. (1994): A meszezés hatása egy savanyú bükkös ugróvillás (Insecta: Collembola) faunájára. *Erdészeti Szakmai Konferencia kiadványa*, Sopron, pp. 99–103.
- Traser Gy. (1997): Egy szigetközi nemesnyáras biodiverzitása: a talajfauna. In: Pájer J. & Fabich E. (szerk): V. Erdészeti Szakmai Konferencia kiadványa a WoodTech keretében. Sopron, pp. 57–64.
- Traser Gy. (1999): Rend: Collembola – Ugróvillások. In: Tóth J. (szerk.): Erdészeti rovartan. Agroiinform Kiadó, Budapest, pp. 108–111.

- Traser, G. & Winkler, D. (2012): Springschwänze. In: Kárpáti L., Fally J. (eds.): Nationalpark Fertő-Hanság – Neusiedler See-Seewinkel I.: Monographische Studien über das Gebiet Neusiedler See und Hanság. Szaktudás Kiadó Ház, Budapest. 143–150.
- Traser, G. & Thibaud, J.-M. (1999): Une nouvelle espèce du genre *Neonaphorura* de Hongrie (Collembola, Onychiuridae, Tullbergiinae). *Revue Française d'Entomologie (Nouvelle série)* 21(3): 105–108.
- Tullgren, A. (1918): Ein sehr einfacher Ausleseapparat für terricole Tierformen. *Zeitschrift für Angewandte Entomologie* 4(1): 149–150.
- Ulanova, N.G. (2000). The effects of windthrow on forests at different spatial scales: a review. *Forest Ecology and Management* 135:155–167.
- Ulyshen, M.D. (2014). Wood decomposition as influenced by invertebrates. *Biological Reviews* 91(1): 70–85.
- Weiner, W.M. (1996): Generic revision of Onychiurinae (Collembola: Onychiuridae) with a cladistic analysis. *Annales de la Société Entomologique de France* 32(2): 163–200.
- Winkler, D. & Mateos, E. (2018): New species of *Pseudosinella* Schäffer, 1897 (Collembola, Entomobryidae) from Hungary. *Zootaxa* 4382: 347–366.
- Winkler, D. & Mateos, E. (2018): Redescription of *Lepidocyrtus peisonis* Traser & Christian, 1992 with notes on *Lepidocyrtus mariani* Traser & Dányi, 2008 (Collembola: Entomobryidae). *Zootaxa* 4375: 392–408.
- Winkler, D., Korda, M. & Traser G. (2011): Two species of Collembola new for the fauna of Hungary. *Opuscula Zoologica* 42(2): 199–206.
- Zhang, B., Chen, T.W., Mateos, E., Scheu, S., Schaefer, I. (2018): Cryptic species in *Lepidocyrtus lanuginosus* (Collembola: Entomobryidae) are sorted by habitat type. *Pedobiologia* 68: 12–19.
- Zimdars, B. & Dunger, W. (1994): Tullbergiinae. In: Dunger W. (ed): Synopses on Palaearctic Collembola. Vol.: I. Abhandlungen und Berichte des Naturkundemuseums Görlitz, 68:3–4. 1–71.
- Zuo, J., Fonck, M., van Hal, J., Hans, J. Cornelissen, C. & Berg, M.P. (2014): Diversity of macro-detritivores in dead wood is influenced by tree species, decay stage and environment. *Soil Biology and Biochemistry* 78: 288–297.