



ORSZÁGOS TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI KONFERENCIA

2023. november 22.

AZ ÉGHAJLATVÁLTOZÁS HATÁSA A ZSELICI ZONÁLIS ERDŐTÁRSULÁSOKRA

The impact of climate change on the zonal forest communities in Zselic

Készítette:

Fülöp-Pusztai Pupos Miklós

BTNEKY

Természetvédelmi mérnöki alapképzés

levelező tagozat

Kaposvári Campus

Témavezető:

Dr. Somfalvi-Tóth Katalin

egyetemi adjunktus

MATE Kaposvári Campus, Növénytermesztési-

tudományok Intézet,

Agronómia Tanszék

Dr. Pál-Fám Ferenc

egyetemi docens

MATE Kaposvári Campus, Növénytermesztési-

tudományok Intézet,

Agronómia Tanszék

Lehetséges OTDK szekció: Agrártudományi szekció

Kaposvár

2023.

TARTALOMJEGYZÉK

1. Bevezetés	4
2. Célkitűzés	5
3. Irodalmi áttekintés	6
3.1. Zselic bemutatása	6
3.1.1. Zselic földrajzi elhelyezkedése	6
3.1.2. Zselic talaja	6
3.1.3. Zselic éghajlata, éghajlati elemei	8
3.1.4. Zselic növényföldrajzi helye	10
3.2. A vizsgált területek zonális erdőtüársulásainak jellemzése	11
3.2.1. Bükkösök jellemzése	11
3.2.1.1. Dél-Dunántúli dombvidéki bükkös jellemzése	11
3.2.1.1.1. Üde szagosmüvés ezüsthársas bükkös (<i>Vicio-Fagetum somogyicum asperuletosum odoratae</i>)	12
3.2.2. Gyertyános-kocsánytalan tölgyesek jellemzése	13
3.2.2.1. Illír gyertyános-tölgyesek jellemzése	13
3.2.2.1.1. Délnyugat-dunántúli gyertyános-kocsánytalan tölgyes	13
3.2.2.1.1.1. Félsszáraz bükksásos gyertyános tölgyes (<i>Helleboro-Carpinetum caricetosum pilosae</i>)	14
3.2.3. Cseres-kocsánytalan tölgyes jellemzése	15
3.2.3.1. Balkáni-cseres tölgyes jellemzése	15
3.2.3.1.1. Ezüsthársas cseres-tölgyesek (<i>Tilio argenteae-Quercetum petraeae-cerris</i>)	15
3.3. A zonális erdőtüársulások állapotát befolyásoló tényezők	16
3.4. A zonális erdőtüársulásokat és azokat alkotó fajok állapota, elterjedése nemzetközi kitekintésben	18
4. Anyagok és módszerek	20
4.1. Saját vizsgálat bemutatása	20
4.2. A meteorológiai indexek bemutatása	21
4.2.1. Pálfai-féle aszályosságai index (PAI) (KOZÁK és mts., 2012)	21
4.2.2. Az ariditási index (FAI, Foresty Aridity Index)	24
4.2.3. Az Ellenberg-hányados (EQ)	26
4.3. Eredmények és értékelésük	27
4.3.1. A zselici zonális erdőtüársulások elemzése fajdiverzitás, flóráelem szempontjából	27
4.3.1.1. Bükkösök elemzése	27
4.3.1.2. Gyertyános-kocsánytalan tölgyesek elemzése	28
4.3.1.3. Cseres-kocsánytalan tölgyes elemzése	30
4.3.2. Zonális erdőtüársulások elemzése vízérték (Wz) szempontjából	31
4.3.3. Zonális erdőtüársulások elemzése talajreakció érték (RZ) alapján	32
4.3.4. Zonális erdőtüársulások elemzése hőérték (TZ) szempontjából	33
4.3.5. Zonális erdőtüársulások elemzése természetvédelmi érték kategória (TVK) szempontjából	35
4.3.6. Pálfai-féle aszályosságai index (PAI) elemzése	36
4.3.7. Az ariditási index (FAI) elemzése	37
4.3.8. Az Ellenberg-hányados (EQ) elemzése	38
4.4. Összefoglalás	39

4.5. Javaslatok	42
5. <i>Irodalomjegyzék</i>	43
<i>Köszönetnyilvánítás</i>	50

1. Bevezetés

Már az 1800-as évek közepén felhívták a tudósok a figyelmet az üvegházhatású gázok melegítő hatására, azaz a globális éghajlatváltozás lehetőségére (HILTON, 2008). Azonban ennek az éghajlati változásnak az időpontját, mely az emberi társadalomra kihat, hibásan becsülték meg. Ennek oka az, hogy ők még nem érzékelhették azt a nagymértékű és fokozott dinamikájú ipari fejlődést, illetve üvegházhatású gázkibocsátás növekedést, ami azóta bekövetkezett.

Az éghajlatváltozás jeleként a felszíni globális átlaghőmérséklet nagymértékű emelkedése, illetve a csapadékrendszerek és egyéb tényezők változása hatással van Európa erdeire (MILAD, M., és mts. 2011). Ezeknek az erdei ökoszisztémáknak napjainkban újabb és újabb kihívásokkal kell megküzdeniük. Az éghajlatváltozás erdőkre gyakorolt hatásaként változásokat figyelhetünk meg a fajok elterjedésében, illetve alkalmazkodóképességében (LINDNER, M. és mts., 2010 és 2014). Azonban az éghajlatváltozás nem csak az egyes fajokat, hanem azok élőhelyeit is érinti (MILAD, és mts. 2011).

Tudományos Diákköri dolgozatomban azt kívántam megvizsgálni, hogy vajon miként hat az éghajlatváltozás a zselici zonális erdőtársulásokra.

A Dél-Dunántúl jellegzetes dombvidékére, a Zselic területére a Péczely-féle klímaosztály szerint a mérsékelt meleg-nedves klíma a jellemző, mely mentes a szélsőértékektől. Napsütéses órák száma 2000 óra körüli, évi középhőmérséklet 10 °C körüli, mely megfelel a magyarországi átlagnak. A vegetációs időszak átlagos hőmérséklete 16,5 °C. A fagymentes időszak április 13-18-tól október 22-24-ig tart. Az évi legmagasabb csúcshőmérséklet átlagban általában 33,5 °C körüli, az évi minimum csúcshőmérséklet átlagban pedig -15 °C körüli. Közepesen magas az éves hőingás, télen gyakoriak a 0 °C alatti értékek, nyáron pedig a 30 °C felettiek. Az évi csapadékmennyiség 680-730 mm. Az országoshoz hasonlóan nincs abszolút domináns szélirány, leggyakrabban északi, északnyugati irányú a szélmozgás. A magasabban fekvő területeken szinte állandó a légmozgás, ahol nem kizárt a 80-100 km/h-ás szélsősebességi maximum sem (ÁBRAHÁM, és mts. 2018).

Magyarország genetikai talajtérképe alapján a Zselic dombvidékén agyagbemosódásos barna erdőtalaj, illetve Ramann-féle barna erdőtalaj a két fő genetikai talajtípusa.

A Zselicet úgy, mint Dél-Dunántúl részét SOÓ (1960) növényföldrajzi beosztása alapján az Illyricum flóratartományba, Praeillyricum flórávidékbe sorolhatjuk. BORHIDI (1984) követve PÓCS növényföldrajzi beosztása alapján önálló flórajárásként nem határozható meg, a Somogyicum flórajárársba tartozik bele.

A Zselic területén bükkösök (*Vicio-Fagetum somogyicum asperuletosum odoratae*), gyertyános-kocsánytalan tölgyesek (*Helleboro-Carpinetum caricetosum pilosae*) és cseres-kocsánytalan tölgyesek (*Potentillo micranthe-Quercetum dalechampii*), mint zonális erdőtársulások találhatóak meg. Ezen erdőtársulások fajainak összetételét, a fajok tulajdonságait [vízértékét (Wz), talajreakció értékét (Rz), hőértékét (TZ), természetvédelmi értékét (TVK)] vizsgáltam meg a cönológiai felmérem során. Majd összehasonlítást végeztem a BORHIDI (1984) által és az általam készített cönológiai felmérések között.

Az éghajlatváltozás a zselici zonális erdőtársulásokra gyakorolt hatását olyan meteorológiai, mezőgazdasági, illetve erdőgazdálkodási indexekkel vizsgáltam, mint például a Pálfa-féle aszályossági index (PAI), az ariditási index (FAI), és az Ellenberg-hányados (EQ).

A mezőgazdasági kultúrákra alkalmazható Pálfa-féle aszályossági index (PAI) figyelembe veszi a hőségnapok számát, a csapadékidőszak hosszát, a talajvíz mélységét és a növények időben változó vízigényét, így az áprilistól augusztusig tartó időszak középhőmérsékletének és az októbertől augusztusig tartó időszak súlyozott csapadékösszegének hányadosaként lehet kiszámítani (PÁLFAI, 1990).

A Pálfa-féle aszályossági index (PAI) és a szárazabb erdészeti tájakra érvényesített kritikus vízellátottsági mutató (VK, FÜHRER, JÁRÓ, 2000) együttesen jelenik meg az ariditási, másképpen az erdészeti aszályossági indexben (FAI, Foresty Aridity Index), mely a kritikus hónapok (július – augusztus) átlaghőmérsékletének és a fő növekedési ciklus (május – július), valamint a kritikus hónapok (július – augusztus) csapadékösszegének arányát mutatja be (FÜHRER, és mts. 2011).

Végezetül pedig az Ellenberg-hányadost (EQ) vizsgáltam, mely olyan erdészeti index, ami alkalmas az egyes fafajták, mint például a bükk (*Fagus sylvatica*) és a tölgy (*Quercus* ssp.) elterjedésnek meghatározására. Ezen index a legmelegebb hónap (július) középhőmérsékletének és az éves csapadékmennyiségnek a hányadosaként lehet kiszámítani.

A Tudományos Diákköri dolgozatom elkészítése során miközben egyre több ismeretre tettem szert, egyre több kérdés fogalmazódott meg bennem. Ezekre a kérdésekre próbáltam meg választ adni, miközben az éghajlatváltozás hatását vizsgáltam a zselici zonális erdőtársulásokra.

2. Célkitűzés

Célkitűzésem volt, hogy (1) megvizsgáljam az éghajlatváltozás hatásait a zselici zonális erdőtársulásokon (bükkösön, gyertyános-kocsánytalan tölgyesen és a cseres-kocsánytalan tölgyesen), (2) felmérjem és összehasonlítsam az idővel bekövetkező változásokat, és végül (3) bemutassam az idővel bekövetkező változások mértékét.

3. Irodalmi áttekintés

3.1. Zselic bemutatása

3.1.1. Zselic földrajzi elhelyezkedése

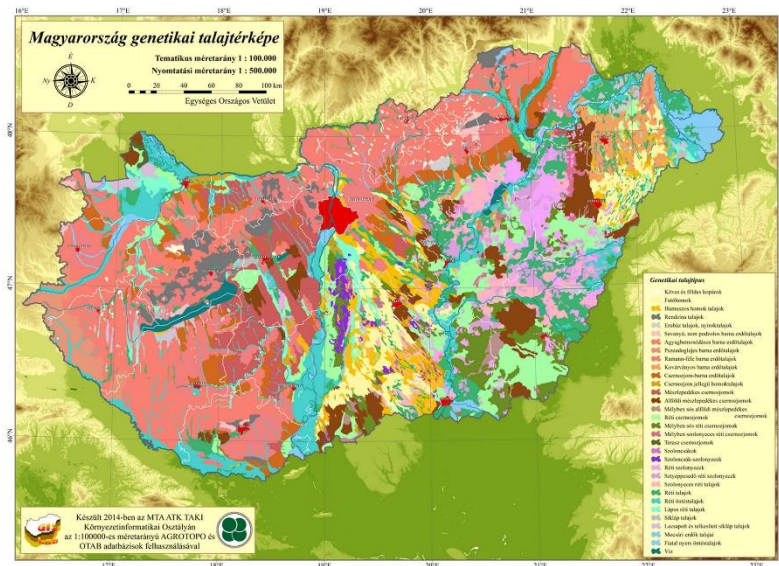
A Zselic (1. ábra jobbra) a Kápát-medence régiójában, Dunántúl nagytájon, Dél-Dunántúl kistájon fekszik. A Dél-Dunántúl jellegzetes dombvidéke a maga 200-250 méter tengerszint feletti átlagos magasságával, melyet északról a Kapos folyó völgye határol Kisasszondtól Dombóvár településig. Nyugaton a Belső-Somogy pleisztocén homokvidékből kiemelkedő pannon dombok határolják (BORHIDI, 1984, 1. ábra balra). Ezt a határvonalat a felszínen lévő lösz és futóhomok érintkezési vonalával, hagyományosan pedig a Kaposfő, Bárdudvarnok, Kadarkút, Lad településen keresztül vezető műúttal szokás azonosítani (DÁVID, 2005). Délen a Zselic dombjai belesimulnak az Ormánság síkjába, így alapköveti határokat nehezen lehet meghúzni. Emiatt a Zselic déli határvonalait Lad, Szigetvár, Bükkösd vonalára tehetjük. Keleti határán természeti határvonalat nem találunk, belesimul az ún. Baranyai Hegyhátba. Ezért a Budapest-Pécs vasútvonal Dombóvár-Szentlőrinci szakasza Bükkösdig tekinthető a keleti határának.



1. ábra : Zselic vázlatos térképe BORHIDI alapján (1984) (balra) és Zselic mai térképe (Copernicus Open Access Hub, QGIS 3.28.10, 2023) (jobbra)

3.1.2. Zselic talaja

Magyarország genetikai talajtérképe (2. ábra) alapján a Zselic területén négy genetikai talajtípust lehet megkülönböztetni. Ezek a következők: agyagbemosódásos barna erdőtalaj, Ramann-féle barna erdőtalaj, réti talaj, lápos réti talaj.



2. ábra Magyarország genetikai talajtérképe (AGRO.bio Hungary Kft., 2023)

A talajok közül legelterjedtebb az agyagbemosódásos barna erdőtalaj, mely vályogos lösz alapkőzeten a Zselic jellemző zonális talajtípusának tekinthető. E talajtípusra jellemző folyamat a mérsékelt kilúgzás, mely a felső talajrétegekből elmozdítja az agyagásványokat, de podzolképződéshez nem vezet. Két változatát különböztetjük meg; ezek közül egyik a homokos vályog, löszös üledéken kialakult barna erdőtalaj, mely a Zselic DNy-i peremén fordul elő keskeny sávban. Másik pedig a középkötött vályog, löszös üledéken kialakult barna erdőtalaj, mely a dombvidék túlnyomó részét borítja.

Az agyagbemosódásos barna erdőtalajt 8-10 cm vastag, 4-6%-os humusztartalmú A szint jellemzi. A kilúgzási (E) szint fakó, sárgásszürke, sárgásbarna, illetve barnásszürke árnyalatú, 8-15 cm vastag. Szerkezete szárazon poros, gyengén leveles. Fokozatosan megy át a felhalmozódási (B) szintbe. Az agyagásványok szétesése nem jellemző, csak másodlagos szerepű, fő folyamatként az agyag elmozdulását említhetnénk az alsóbb szintek felé, amelynek következtében a felhalmozódási szinthez viszonyítva háromnegyedére, felére csökken a kilúgzási szint agyagtartalma. A felhalmozódási (B) szint sötétebb, többnyire sötétbarna színű diós szerkezetű. Vastagsága 60-120 cm-re tehető. Az agyagbemosódásos barna erdőtalajon az alapkőzet (C szint) leggyakrabban magas Ca-tartalmú, bázikus kémhatású löszös vályog.

Az északias kitettségű meredek lejtőkön az agyagbemosódásos erdőtalaj podzolos altípusa is kialakul, amelyben a felhalmozódási (B) szint agyagtartalma több mint kétszerese a kilúgzási (E) szintének. A kilúgzási szint pH-értéke kevesebb, mint 5.

A második legelterjedtebb talajtípus a Ramann-féle barna erdőtalaj. Főleg a Zselic ÉNy-i részén, a Kapos völgy feletti dombokon és a keleti Zselicben található. E Ramann-féle barna erdőtalaj kilúgzási (E) szintje csak színében tér el a felhalmozódási (B) szinttől,

agyagtartalmában, agyagminőségében nem különbözik. Az A szint barnás színű, 30-40 cm vastag, magas (3-4%) humusztartalommal. B szint vörösesbarna színű, erősen diós szerkezetű. Kémhatása semlegesbe hajló, pH-értéke 6.3-6.5. A kicserélődő kationok közül a Ca az uralkodó, az Fe pedig komplexen oldható. Mezőgazdasági művelésre alkalmasak a Ramann-féle barna erdőtalajjal rendelkező területek.

A harmadikként elterjedt talajtípus a fekete színű réti talaj, mely a dombok között fekvő völgyekben található. Az A szintjük humuszban gazdag, szemcsés, morzsalékos szerkezetű. B szintje sötétfekete, hasábos, gyakran rozsdá-, vasfoltokkal, alján szürkés-kék glejesedő csíkokkal. A humusztartalom a felső szintben 4-5%-os, az alsóbb rétegekben csökkenő tendenciájú. Kémhatása mérsékeltén savanyú. A patakmedrek mentén erőteljes sztyepesedési folyamat figyelhető meg, szürkésbarna színezetű, morzsalékos szerkezetű feltalajjal.

Nem utolsó sorban pedig a Kapos folyó völgyében lápos réti agyagtalajt találunk. Ez a talajtípus a dombvidék szélein alacsonyabb fekvésű széles völgyekre is jellemző. A lápos réti agyagtalaj felső szintje magas humusztartalmú, morzsalékos szerkezetű. A humuszos szint alján glejesedés és rozsdakiválás figyelhető meg.

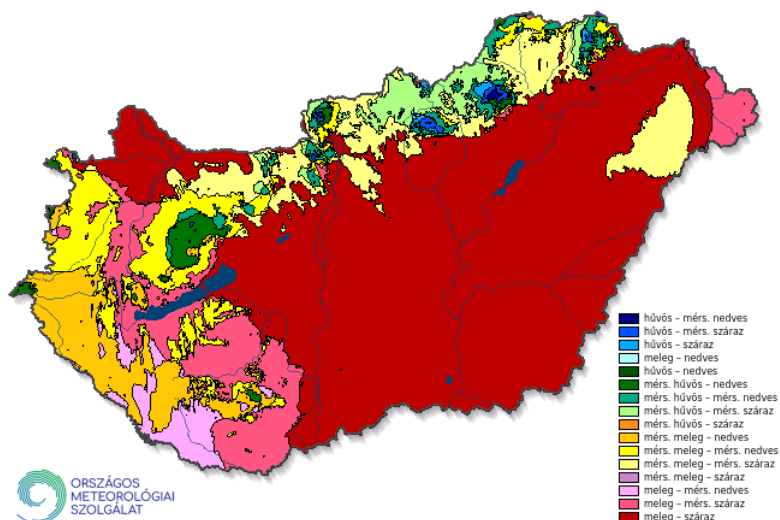
3.1.3. Zselic éghajlata, éghajlati elemei

Mivel dolgozatomban az éghajlati elemek változását vizsgáltam, ezért mind a régmúlt, mind pedig a legújabb adatok alapján készült éghajlati jellemzést áttekintettem, és szembeállítottam egymással.

Általános jellemzésként ZÓLYOMI (1942) alapján megállapítható, hogy a Zselicre a mérsékeltén meleg, egyenletes évi csapadékeloszlású, továbbá szubmediterrán jelleget kifejező kettős őszi-tavaszi csapadékmaximummal rendelkező éghajlat jellemző. Méréseik alapján nyári arid (száraz) periódus csak ritkán jelentkezik.

BACSO, és mts. (1953) megfogalmazása alapján a Dél-Dunántúl, s benne a Zselicség szubmediterrán jellegű klímával rendelkezik, enyhe a tél, meleg, de nem túl forró a nyár, és bőséges, de nem túl sok a csapadék jellemző rá.

A legfrissebb éghajlati jellemzés alapján ÁBRAHÁM, és mts. (2018) a Zselicet a mérsékeltén meleg-nedves Péczeley-féle klímaosztályba sorolták (3. ábra). Véleményük szerint a Zselicre nem jellemzők a szélsőértékek, még az országos szélsőértékekhez képest sem.



3. ábra Magyarország éghajlati körzetei 1991-2020 időszakban Péczely osztályozása alapján (OMSZ, 2023)

BORHIDI (1961) által készített Walter-féle diagramokból az éghajlat jellegén túl a klímáx vegetációkra is következtethetünk. Az általa bemutatott diagramok mindegyike alapján humid klíma (nedves) jellemző a Zselicségre. A Ny-Zselici diagram szubmontán bükkös klímáxra, a K-Zselici diagram gyertyános-tölgyes, míg az É-, és a D-Zselici diagram tölgyes zónára utal.

A napsütéses órák évi összege BORHIDI (1984) alapján a harminc év észlelései alapján (1901-30) a Ny-Zselicben átlagosan 1950-2000 óra volt, ami megegyezett Belső-Somoggal. Míg a K-Zselicben 2000-2050 óra volt, ami pedig a Mecsekkel, Villányi-hegységgel, Külső-Somogy területeivel egyezett meg. Hasonló eredményre jutottak a friss elemzések is. ÁBRAHÁM, és mts. (2018) megállapításuk alapján manapság a napsütéses órák száma 2000 óra körüli, mely megfelel a magyarországi átlagnak, azonban elmarad a Dél-Alföldön tapasztalható 2200 körüli óraszámától.

BORHIDI (1984) szerint a Zselic évi átlaghőmérséklete 9,9 °C volt. Manapság az évi középhőmérséklet 10 °C körüli, mely megfelel a hazai átlagnak (ÁBRAHÁM, és mts. 2018). A vegetációs időszak átlagos hőmérséklete 16,5 °C.

BORHIDI (1984) a hőmérséklet évi eloszlását kiegyenlítettnek írta le. Megállapítása alapján a tél enyhe volt, a fagyos napok száma 80-90 nap körül alakult, illetve a téli napok száma 25 nap alatt maradt. Véleménye szerint a tél jelentős tulajdonságai között említendő, hogy feltűnően csapadékos volt, mely szubmediterrán jellemvonásnak tekinthető. A hótakaró átlagos magasságát 9-10 cm-ben írta le. A nyarat kiegyenlítettten melegnek írta le, szélsőséges forróságról szerinte nem beszélhetünk. Júliusi középhőmérséklet nem emelkedett 21 °C fölé, ami véleménye szerint a dombvidéki viszonylatban nem számított magas értéknek.

Napjainkban április 13-18-tól október 22-24-ig tart a fagymentes időszak (ÁBRAHÁM, és mts. 2018). Az évi legmagasabb csúcshőmérséklet átlagban általában 33,5 °C körüli, az évi minimum csúcshőmérséklet átlagban pedig -15 °C körüli. A Zselic területén közepesen magas az éves hőingás, télen gyakoriak a 0 °C alatti értékek, nyáron pedig a 30 °C felettiek.

Érdemes azonban megjegyezni, hogy a Zselic sajátos mikroklimával rendelkezik, ilyen pontok például a fagyzugok, ahol a hőmérséklet mindig alacsonyabb, mint az átlag, mint a napi szélsőségek. Ezek a helyi, lokális területek befolyással vannak az élővilágra.

BORHIDI (1984) megállapítása szerint a Zselic dombvidékét jó csapadékelátottság jellemezte. A terület nagy részén 720 mm feletti volt az évi csapadékmennyiség. Számításai szerint ennek értéke Ny-on volt a legmagasabb (760 mm), középső részeken csökkent (720 mm-ig), majd K-en, a Mecsek mellett ismét emelkedett (751 mm). Tehát a nyugatról érkező esőfelhők két lépcsőben adták le a csapadékukat, először a dombvidék nyugati szélén, majd másodszor a Mecsek szélén. A Zselic déli peremén 700 mm alá esett a csapadék évi mennyisége. Megemlítendő továbbá, hogy a csapadék jelentős része, 55-60%-a a vegetációs periódus folyamán (április elejétől, szeptember végéig) hullt le. ÁBRAHÁM, és mts. (2018) szerint manapság az évi csapadékmennyiség 680-730 mm.

A Zselicben az országoshoz hasonlóan nincs abszolút domináns szélirány. Leggyakrabban északi, északnyugati irányú a szélirány (ÁBRAHÁM, és mts. 2018). BORHIDI (1984) megállapítása szerint viszonylag mérsékelt a légmozgás, nagy a szélcsendes időszakok aránya. Azonban ÁBRAHÁM, és mts. (2018) szerint a magasabban fekvő területeken gyakori a légmozgás, ahol nem kizárt a 80-100 km/h-ás szélsősebességi maximum sem.

3.1.4. Zselic növényföldrajzi helye

SOÓ (1960) növényföldrajzi beosztása alapján a Zselicet (úgy, mint Dél-Dunántúl területét) az Illyricum flóratartományba, Praeillyricum flóraidékbe sorolhatjuk. E dombvidék további növényföldrajzi, flórajárás-beli helyét vizsgálva BORHIDI (1984) megállapítja, hogy a Zselic önálló flórajárásként nem állja meg a helyét. Összehasonlította Zselic flóráját a vele szomszédos területek (Belső-Somogy, illetve Mecsek) flórájával. Így a Gesamtpräsenzkoeffizient (Gp) érték alapján megállapította, hogy a Zselic a Belső-Somogy flórájával 74%-ban, míg a Mecsek flórájával 67%-ban egyezik meg. További vizsgálatot végezve, Jaccard-féle közösségi hányados (SQ = Similarity Quotient) értékét kiszámítva arra jutott, hogy a Zselic a Belső-Somogy flórájával 85,2%-ban, a Mecsek flórájával pedig 80,5%-ban közös. Amikor ezen számítási módszerből kivette a nagy elterjedésű erdei, réti és gyomnövény fajokat, melyek az ország valamennyi flórajárásában megtalálhatóak, akkor azt

tapasztalta, hogy a Zselic flórája a Belső-Somogy flórájával valószínűségi szinten azonos, míg a Mecsek flórájával 80%-ban egyezik meg.

Ettől eltérően HORVÁT (1972) a Zselicet az átmeneti jellege miatt új flórajárásként Zselicense néven nevezi meg. Illetve KEVEY 1970-es, 1980-as években végzett kutatásai eredményeként a Mecsekben is megtalált olyan erdei és lápi növényfajokat, melyek eddig a Belső-Somogy, illetve Zselic területén voltak ismertek (pl. *Carex strigosa*, *Carex lepidocarpa*). Emiatt a Belső-Somogy, Zselic, illetve Mecsek flórája között korábban megállapított különbségek csökkentek (Kevay 2008, 2022). Ezzel párhuzamosan ugyanakkor a Mecsekben olyan pannóniai elemek kerültek elő, melyek nem jellemzőek sem a Belső-Somogy, sem pedig a Zselic flórájára.

Mindezekből alapján BORHIDI (1984) követve PÓCS növényföldrajzi beosztása alapján megállapítható, hogy a Zselic önálló flórajárásként nem meghatározható, tehát beletartozik a Somogyicum flórajárársba.

3.2. A vizsgált területek zonális erdőtársulásainak jellemzése

Dolgozatom és az eredmények értelmezése szempontjából fontosnak találom áttekinteni a Zselicre jellemző zonális erdőtársulásokat. Azonban a területi korlátok miatt részletesebb bemutatást csak a cönológiai felmérés helyszínén található élőhelyekről kívánok adni.

3.2.1. Bükkösök jellemzése

Az első ilyen erdőtársulás a bükkösök, melyek a BÖLÖNI és mts. (2011) által készített ÁNÉR kötet definíciója alapján az idős korban akár 20-35 méter magasságot is elérő, 80-100%-ban záródó lombkoronájú, min. 60%-ban bükk (*Fagus sylvatica*) uralta, üde erdők.

3.2.1.1. Dél-Dunántúli dombvidéki bükkös jellemzése

Bükkösök egyik alegysége, típusa a dél-dunántúli bükkös [*Vicio oroboidi-Fagetum* Pócs & Borhidi 1960 (BORHIDI és SÁNTA, 1999)]. Definíció szerint a Dél-, Délnyugat-Dunántúl dombvidékeinek (Zalai-dombság, Zselic dombvidék), továbbá a Horvát és a Szlovén Középhegység zonális bükkös társulása. Vegetációs és táji környezetük alapján leggyakrabban a gyertyános-kocsányos tölgyesekkel érintkeznek.

A társulás négy területi regionális asszociációra oszlik: a Szlovén Középhegységben és a Muraközi dombvidéken találjuk a *Vicio-Fagetum subpannonicum*, a Horváth Középhegységben a *Vicio-Fagetum oroaticum*, a zalai dombvidéken a *Vicio-Fagetum saladiense*, a Zselicben és a somogyi dombvidéken pedig a *Vicio-Fagetum somogyicum* asszociációt.

Vicio-Fagetum somogyicum a somogyi dombvidék nyugati és középső részén a 720-760 mm évi átlagos csapadékmennyiség mellett 200-350 m tengerszint feletti magasságban alkot övet. Fajban gazdag összetételű társulás, az illír és közép balkáni hatások választják el a másik három asszociációtól, ilyen fajok például az ezüsthárs (*Tilia tomentosa*), tarka lednek (*Lathyrus venetus*), szúrós csodabogyó (*Ruscus aculeatus*).

A *Vicio-Fagetum somogyicum* a talaj vízgazdálkodása és a kémhatása szerint 7 erdőtípusra osztható: a száraz acidofil perjeszittyós bükkös (*luzuletosum albidae*), a száraz egyvirágú gyöngyperjés ezüsthársas bükkös (*melicetosum uniflorae*), a félszáraz bükksásos ezüsthársas bükkös (*caricetosum pilosae*), az üde szagosmüges ezüsthársas bükkös (*asperuletosum odoratae*), az üde hegyi csenkeszes ezüsthársas bükkös (*festucetosum drymeiae*), az üde-, félnedves, savanyodó madársóskás ezüsthársas bükkös (*oxalicotosum*) és a félnedves podagrafüves ezüsthársas bükkös (*aegopodietosum podagrariae*).

3.2.1.1.1. Üde szagosmüges ezüsthársas bükkös (*Vicio-Fagetum somogyicum asperuletosum odoratae*)

Ezek közül kiemelném az üde szagosmüges ezüsthársas bükköst [*Vicio-Fagetum somogyicum asperuletosum odoratae* (BORHIDI, 1984)], mely az első kiválasztott helyszínemen (46.256, 17.805) megtalálható élőhelytípus.

Széles lapos tetőkön, kiszélesedő, laposabb völgyekben, lejtők alsó felében, domblábaknál alakul ki. Talaja bázisokban gazdag, kitűnő vízgazdálkodású agyagbemosódásos barna erdőtalaj. A tetőkön sekélyebb (80-100 cm), a völgyekben mélyebb (150 cm) a termőrétege. A völgyeken gyengén savanyú kémhatású (5,6-6,7 pH) lejtőhordalék erdőtalajjal találkozhatunk. Az agyagbemosódásos (A) szint közepesen savanyú (4,5-5,6 pH), a felhalmozódású (B) szint kötött, morzsalékos, diós szerkezetű, mely hirtelen megy át a lösz alapkőzetbe.

Lombkorona szintjében nő a bükk (*Fagus sylvatica*) borítása, az ezüsthársé (*Tilia tomentosa*) pedig csökken. A csertölgy (*Quercus cerris*) pedig hiányzik. BORHIDI (1984) szerint szálánként kocsánytalan tölgy (*Quercus petraea*), közönséges gyertyán (*Carpinus betulus*), korai juhar (*Acer platanoides*) és hegyi juhar (*Acer pseudoplatanus*) elegyedik.

E típust a többihez képest viszonylag fejlett cserjeszint jellemzi, amit a lombkoronaszint fáinak újulata alkot. Ezen kívül BORHIDI (1984) szerint hegyi szil (*Ulmus glabra*), mezei juhar (*Acer campestre*) és mogyorós hólyagfa (*Staphylea pinnata*) alkotja.

A gypszint BORHIDI (1984) vizsgálatai szerint nyílt, gyakran hiányzik. Ennek okát a kedvezőtlen fényviszonyokban látja. A gypszintet tömegesen alkotó fajok a szagos müge

(*Galium odoratum*), sárga árvacsalán (*Lamium galeobdolon*), erdei ibolya (*Viola sylvestris*). További jellemző fajok a hegyi veronika (*Veronica montana*), közönséges medvetalp (*Heracleum sphondylium*), kéküstökű csormolya (*Melampyrum nemorosum*), illatos ibolya (*Viola odorata*), gombernyő (*Sanicula europaea*), és a csomós görvényfű (*Scrophularia nodosa*). Tavaszi aszpektusa gazdag szellőrózsa fajok (*Anemona spp.*), hagymás fogasír (*Cardamine bulbifera*), salátaboglárka (*Ranunculus ficaria*), hóvirág (*Galanthus nivalis*), nemes májvirág (*Hepatica nobilis*), erdei galambvirág (*Isophyrum thalictroides*), szártalan kankalin (*Primula vulgaris*). A lombkorona túlzott bontásakor az erdei sás (*Carex sylvatica*) és a csomós ebír (*Dactylis glomerata*) szaporodhat el.

3.2.2. Gyertyános-kocsánytalan tölgyesek jellemzése

A második Zselicben található zonális erdőtársulások a gyertyános-kocsánytalan tölgyesek, melyek a BÖLÖNI és mts. (2011) által készített ÁNÉR kötetet definíciója alapján kocsánytalan tölgy (*Quercus petraea*) és gyertyán (*Carpinus betulus*) uralta, üde erdők. A lombszint a bükk (*Fagus sylvatica*), a hársak (*Tilia spp.*), a juharok (*Acer spp.*), és a magas kőris (*Fraxinus excelsior*) alkotja. Az erdőbelső többnyire árnyas, de fényben gazdagabb részek is jelen lehetnek. A cserjeszint nem ér el nagyobb bortást. A gyepszintre az általános és az üde erdei fajok a jellemzőek.

3.2.2.1. Illír gyertyános-tölgyesek jellemzése

Bükkösök egyik alcsoportja az illír gyertyános-tölgyesek [*Erythronio-Carpinenion* Borhidi 1996 (BORHIDI és SÁNTA 1999)]. Definíciója szerint a Nyugat-Balkánról egészen a Balaton déli partjáig hatolnak fel északra. Klimatikus növényzeti övet alkotnak Kelet-Zalában, Belső-Somogy sík és dombvidékén, Külső-Somogy dombvidékén, Tolna-Baranyai hegyháton, illetve a Mecsekben. E élőhelyeken, domb- és hegyvidékeken különböző kőzet- és talajtani körülmények között fordulnak elő. Területi és ökológiai elkülönülésük alapján 4 társulást tudunk megkülönböztetni: dél-dunántúli síksági gyertyános-tölgyes, délnyugat-dunántúli gyertyános-kocsánytalan tölgyes, dél-zalai gyertyános tölgyes, illetve a mecseki gyertyános-tölgyes.

3.2.2.1.1. Délnyugat-dunántúli gyertyános-kocsánytalan tölgyes

A fent bemutatott alegységek, típusok közül kiemelném a délnyugat-dunántúli gyertyános-kocsánytalan tölgyest [*Helleboro dumetorum-Carpinetum* Soó & Borhidi in 1962 (BORHIDI és SÁNTA 1999)]. Definíció szerint a zalai és a zselici dombvidék zonális erdőtársulása. Az évi átlagos csapadékmennyisége 600-720 mm.

Ez a társulás a talaj vízgazdálkodása és a kitettsége szerint 5 erdőtípusra osztható: dombháton, délies lejtőkön a száraz, egyvirágú gyöngyperjés (*Melica uniflora*), zonális helyzetben, magasabb térszíneken a félszáraz bükksásos (*Carex pilosa*), alacsonyabb térszíneken, enyhébb, északias lejtőkön az üde szagos mügés (*Galium odoratum*), völgybeágások meredek falain, erősen kilúgzott talajon az üde madársóskás (*Oxalis acetosella*) és a szűkebb völgytalpakon, pszeudoglejes lejtőhordalék-talajon a félnedves podagrafüves (*Aegopodium podagraria*).

3.2.2.1.1.1. Félszáraz bükksásos gyertyános tölgyes (*Helleboro-Carpinetum caricetosum pilosae*)

A Délnyugat-dunántúli gyertyános-kocsánytalan tölgyes erdőtípusok közül kiemelném a félszáraz bükksásos gyertyános tölgyest [*Helleboro-Carpinetum caricetosum pilosae* (BORHIDI 1984)], mely a második kiválasztott helyszínemen (46.263, 17.684) megtalálható élőhelytípus.

Ez a Zselic területének leggyakoribb és legnagyobb kiterjedésű gyertyános-kocsánytalan tölgyes erdőtípusa. A domború formákon, gyenge és közepes meredekségű lejtőkön fordul elő. Tájolás szerint a keleti és a nyugati lejtőkön elterjedt. Talaja löszön kialakult 110-150 cm mély, közepesen kilúgozott agyagbemosódásos barna erdőtalaj. A talaj jól átszellőzött, jó vízgazdálkodású, kötöttsége közepes, vízelvezető és vízkötő képessége lefelé haladva egyenletesen növekvő. Felső rétege 5 cm vastag, erősen humuszos. Alatta 15-20 cm vastag szürkés, agyagbemosódásos kilúgzási szintet találunk, mely 4,9 pH-jú. A felhalmozódási szint 1 m vastagságú, bázisokban gazdag, nagy termőerejű. Kémhatása gyengén savanyú, 5,6-6,3 pH-jú. Az alapkőzet bázikus kémhatású (7,9-8,4 pH), mésztartalmú lösz.

Lombkorona szintje zártabb. Kocsánytalan tölgy (*Quercus petraea*), csertölgy (*Quercus cerris*), ezüst hárs (*Tilia tomentosa*), közönséges gyertyán (*Carpinus betulus*) és a bükk (*Fagus sylvatica*) alkotja.

Gyengén fejlett cserjeszintjében előfordul a virágos kőris (*Fraxinus ornus*), a közönséges fagyal (*Ligustrum vulgare*), mezei juhar (*Acer campestre*), ezüst hárs (*Tilia tomentosa*), bibircses kecskerágó (*Euonymus verrucosus*).

Gyepszintjében a bükkös sás (*Carex pilosa*) az uralkodó. Fajgazdag a tavaszi aszpektusa. Kis foltokban megjelenik a széleslevelű csenkesz (*Festuca drymeria*). Nagyobb kiterjedésű a kis meténg (*Vinca minor*). Ebben a típusban a leggyakoribb a csodabogyó [szúrós csodabogyó (*Ruscus aculeatus*), lónyelvű csodabogyó (*Ruscus hypoglossum*)]. A lónyelvű csodabogyó (*Ruscus hypoglossum*) csak ebben a gyertyános-tölgyes típusban fordul elő.

3.2.3. Cseres-kocsánytalan tölgyes jellemzése

A harmadik zonális erdőtársulás, melyet bemutatni kívánok a cseres-kocsánytalan tölgyes. Ezek a BÖLÖNI és mts. (2011) által készített ÁNÉR kötetet definíciója alapján cser tölgy (*Quercus cerris*) és kocsánytalan tölgy (*Quercus petraea*) változatos arányú elegyei alkotta erdők. A lomb szintben a bükk (*Fagus sylvatica*) és a gyertyán (*Carpinus betulus*), azaz az árnyékot adó fafajok ritkák, hiányoznak. Cserjeszintje közepesen, vagy gyengén fejlett. A gyepszintben pedig fényigényes, illetve szárazságtűrő erdei fajokat találunk.

3.2.3.1. Balkáni-cseres tölgyes jellemzése

Cseres-kocsánytalan tölgyesek alegysége, típusaként határozhatjuk meg a balkáni-cseres tölgyeseket [*Quercion farnetto* I. Horvat 1954 (BORHIDI és SÁNTA 1999)]. Definíció szerint e társulás a Balkáni-félsziget középső és keleti felén elterjedt zonális erdők, melyekre együtt hat a kontinentális és a szubmediterrán klíma. Tehát a viszonylag hosszú tenyészidőt, azaz meleg, száraz nyarat, rövid, fagyos tél követ. Magyarországon ennek az övezetnek az északnyugati peremállományai találhatóak meg, melyekben az illír és pannon flóra hatások nyilvánulnak meg.

3.2.3.1.1. Ezüsthársas cseres-tölgyesek (*Tilio argenteae-Quercetum petraeae-cerris*)

A Balkáni-cseres tölgyes erdőcsoporthoz két magyarországi társulás tartozik, mely közül kiemelném a mecseki cseres-tölgyest [*Potentillo micranthe-Quercetum dalechampii* Horvát A.O. 1981 (BORHIDI és SÁNTA 1999)]. A mecseki cseres-tölgyes a dél-dunántúli hegy-és dombvidékek zonális erdőtársulása, a középhegységi cseres-tölgyesek vikariáns asszociációja. Főbb tulajdonsága az ezüsthárs (*Tilia tomentosa*) előfordulása a koronaszintben, ezért ezüsthársas cseres-tölgyeseknek [*Tilio argenteae-Quercetum petraeae-cerris* (BORHIDI, 1984)] is szokták nevezni. Ilyen élőhelytípus található meg a harmadik kísérleti helyszínemen (46.201, 17.669).

Itt jegyezném meg, hogy BORHIDI (1984) szerint az ezüsthársas cseres-tölgyesek (*Tilio argenteae-Quercetum petraeae-cerris*) a Zselicben összetételük és eredetük szerint nem egységesek. Egyik csoportja ültetett erdő, mely utólag elhársasodott kultúrtölgyes, mely egykori gyertyános-tölgyes, bükkös termőhelyen él. Ezen erdők gyepszint reliktumai elárujják az eredeti erdőtípust. Másik csoportja pedig közönséges gyertyán (*Carpinus betulus*) nélküli gyertyános-tölgyes állomány, melyekből kiszáradt, vagy mesterségesen eltávolították a gyertyánt. Harmadik csoportja pedig megnevezése szerint a valódi ezüsthársas cseres-tölgyesek, melynek tipikus kifejlődését a Mecsekbe teszi. Véleménye szerint a Zselicben előforduló állományai erősen töredékes jellegűek.

A mecseki cseres-tölgyes erdők termőhely szerint permi és raeti homokkőből, helvét- és liászrétegek mállásából, továbbá löszből keletkezett semleges vagy gyengén savanyú kémhatású barna erdőtalaj. Többnyire zonális helyzetben, mészkő alapkőzetben, északias kitettségben fordulnak elő.

A mecseki cseres-tölgyes erdők fiziognómiai szerkezetére jellemző, hogy jó növekedésű, szép, ágtiszta állományok. Kettős koronaszint jellemző rájuk, a felsőben az aranytölgy (*Quercus dalechampii*) és a cser tölgy (*Quercus cerris*). BORHIDI (1984) megállapítása szerint a Zselicben az ezüsthársas cseres tölgyesek felső lombkorona szintjét a cser tölgy (*Quercus cerris*) és a kocsánytalan tölgy (*Quercus petraea*) alkotja. Az alsóban pedig a BORHIDI és SÁNTA (1999) által szerkesztett Vörös könyv szerint az ezüsthárs (*Tilia tomentosa*) és a mezei juhar (*Acer campestre*) uralkodik.

Cserjeszintjük dús, virágos kőris (*Fraxinus ornus*), húsos som (*Cornus mas*) alkotja. Differenciális jellegű faja a házi berkenye (*Sorbus domestica*). BORHIDI (1984) a zselici állományokban megemlíti még a közönséges fagyalt (*Ligustrum vulgare*), a mezei juhart (*Acer campestre*), az egybibés galagonyát (*Crataegus monogyna*) és a mezei rózsát (*Rosa arvensis*).

A Vörös könyv szerint (BORHIDI és SÁNTA 1999) gyepszintjük jól fejlett, teljesen zárt, szubmediterrán fajokban gazdag. Differenciális jellegű fajai a déli perjeszittyó (*Luzula forsteri*), a szőrös rekettye (*Genista ovata*), az erdei rózsza (*Rosa arvensis*), a kisvirágú pimpó (*Potentilla micrantha*), a jerikói lonc (*Lonicera caprifolium*), a szúrós csodabogyó (*Ruscus aculeatus*), az illatos hunyor (*Helleborus odorus*). Tömeges fajai a természetes állományokban a felemáslevelű csenkesz (*Festuca heterophylla*), a köves tetők közelében az egyvirágú gyöngyperje (*Brachypodium sylvaticum*), a bolygatott koronaszintű erdőkben pedig a ligeti perje (*Poa nemoralis*). BORHIDI (1984) a zselici állományok gyepszintjére uralkodó fajként az egyvirágú gyöngyperjét (*Melica uniflora*), illetve a bükkös sást (*Carex pilosa*) említi. Mellettük többnyire általános lomberdei fajok találhatók, a bázikus talajú mezotróf elemek aránya csökken, megjelennek tölgyes fajok, mint a fekete lednek (*Lathyrus niger*), erdei gyöngyköles (*Lithospermum purpureo-coeruleum*), vagy a bíboros kosbor (*Dactylorhiza purpurea*).

3.3. A zonális erdőtársulások állapotát befolyásoló tényezők

A zonális erdőtársulások, tehát a bükkösök, gyertyános-kocsánytalan tölgyesek, cseres-kocsánytalan tölgyesek állapotát, az őket alkotó fajok összetételét, azok egészségi állapotát az élő és az élettelen környezeti tényezők befolyásolják. Az élő (biotikus) tényezők közé sorolandó például a talaj mikroflórája, mikrofaunája, kórokozók, kártevők, vadak stb. Az élettelen

(abiotikus) tényezők között pedig megemlíthetjük a sugárzást, a hőmérsékletet, a vízellátottságot, a talajt, illetve a légmozgást.

Ezen biotikus és abiotikus tényezőkre, és általuk a zonális erdőtürsulásainkra, az erdőtürsulások egészségi állapotára hatással vannak az utóbbi időben a mindannyiuk számára is érzékelhető éghajlatváltozás jelenségei, mint például a felszíni globális átlaghőmérséklet nagymértékű emelkedése, illetve a csapadékrendszerek változása (száraz és csapadékos periódusok szélsőségesebb váltakozása) (MILAD, és mts. 2011).

Ráadásul MÁTYÁS, és mts. (2010) szerint a következő évtizedekben a klímaváltozás jelenségeinek erősödésre számíthatunk. Ez alapján az erdei ökoszisztémáknak napjainkban újabb és újabb kihívásokkal kell megküzdenniük.

A klímaváltozás hatásai közül kiemelném az extrém időjárási eseményeket, melyek leginkább meghatározzák a zonális erdők állapotát (RASZTOVITS, és mts. 2014).

Azok a szélsőséges időjárási események, mint például az elhúzódó szárazság, és annak következménye az erdőtüzek, a hirtelen rövid idő alatt bekövetkező viharok, és annak következménye az árvizek (LINDNER, és mts. 2010) közvetlenül, illetve közvetett módon is károsíthatják az élőhelyeket.

Közvetlen módon hatással lehetnek az abiotikus tényezők (talaj, vízháztartás, hőmérséklet) változásaira, mint például talaj kimosódása, tápanyagcsökkenése, kilúgzás erősödése, elsavanyodása, faegyedek kidőlése, fák kiszáradása stb. Közvetett, hosszútávú következménye pedig a szélsőséges időjárási eseményeknek az állományok egészségi állapotának romlása (CSÓKA, és mts. 2009).

LINDNER, M. és mts. szerint (2014) az éghajlatváltozás erdőkre gyakorolt további hatásaként megfigyelhetünk a fő fajok növekedésben, termelékenységében, mortalitásában, elterjedésében, illetve alkalmazkodóképességében való változásokat. Megállapításuk szerint az olyan szélsőséges események, mint például a tűz- és aszályveszély, vagy a szélsőséges viharok és az árvíz, továbbá a kártevők és a betegségek terjedése akár halmozott módon is megjelenhetnek. Véleményük szerint ezért válik szükségessé a fajok elterjedési eltolódásának alapos tanulmányozása.

Az éghajlat változékonyságával, az extrém időjárási eseményekkel FORZIERI, G. és mts. (2022) szerint a trópusi, a száraz és a mérsékelt égövi erdők (tehát akár a magyarországi, a zselici erdők) ellenálló képessége jelentősen csökkent. Megállapításuk alapján egyaránt igaz ez az érintetlen, illetve a kezelt erdőkre. Becsléseik szerint az érintetlen, háborítatlan erdők közel negyede (23%-a) már elérte azt a kritikus küszöbértéket, amit átlépve függetlenül a klíma alakulásától ellenálló képességük tovább romlik.

3.4. A zonális erdőtársulásokat és azokat alkotó fajok állapota, elterjedése nemzetközi kitekintésben

Az erdők ellenálló képességének romlását mutatja be BELLEMARE és MOELLER, (2014) tanulmánya, amely szerint a mérsékelt övi lombos erdők biomjában a fokozódó éghajlatváltozás egyre nagyobb fenyegetést jelent az erdei növényfajok számára. A változó éghajlat hatására számos faj elterjedési területe megváltozik, vagy észak felé, vagy pedig tengerszint felett magasabb térszintre tolódik. Ugyanakkor az éghajlatváltozás a vándorlásban akadályozott, korlátozott fajok (főleg erdei aljnövényzet fajai) populációjának csökkenését, vagy regionális kihalását okozhatja, így a biológiai sokféleség kerül veszélybe.

Számos erdei növényfaj északi irányú vándorlását mutatja be VAN DER VEKEN, és mts. (2004) tanulmánya, mely a francia, belga és a holland üde lombdők (*Querco-Fagetea*) vizsgálata alapján készült. A fajok elterjedési területe véleményük szerint észak felé tolódik el megváltoztatva ezzel a mai közösségek szerkezetét. Minden faj esetébe ugyanabba az irányba megy végbe ez a folyamat, azonban eltérő ütemben, melynek következménye a közösségek szétválása. Vizsgálatuk szerint a magasabb Ellenberg-T és -L értékű fajok, a szkleromorf fajok, a hemicryptophyták és a stressztűrő fajok viszonylagos elterjedésére számíthatunk a francia, belga és a holland terület északi régióiban.

XIE, és mts. (2015) tanulmányukban azt vizsgálták, hogy miként hatnak a környezeti változók a mérsékelt égövi lombhullató erdők őszi fenológiájának (a vegetációs időszak végének, a nyugalmi állapot kezdetének) változására. Megállapításuk alapján a lombhullató erdőközösségek őszi nyugalmanak időzítését nem csak a hőmérséklet, hanem olyan egyéb körülmények is befolyásolják, mint a tenyészidőszak során tapasztalt hő-stressz, szárazság-stressz, fagyos időszakok, vagy nagymennyiségű csapadék. Két lehetséges utat vázoltak fel. Egyrészt a stresszfaktorokra reagálva a növekedés megáll és korai nyugalmi állapotba lép az egyed, mellyel elkerüli a kedvezőtlen, káros tenyészidőszaki feltételeket, illetve több erőforrást tud elraktározni a következő években. Másrészt pedig az egyes környezeti stresszfaktorok (mint például a nyári és őszi szárazság vagy a nyári heves esőzések) késleltetik az őszi, nyugalmi állapot elkezdődését.

CZÚCZ és mts. (2011) is ezt támasztják alá, megállapításuk szerint a klímaváltozás érintheti az egyes fafajok, mint például a bükk (*Fagus sylvatica*) és a kocsánytalan tölgy (*Quercus petraea*) areáját (elterjedési területét).

BUDEANU, és mts. (2016) a bükkerdők (*Fagus sylvatica*) természetes elterjedési területének keleti határán (Romániában, Brassó régióban) az éghajlatváltozással szembeni sebezhetőségét vizsgálták. Eredményeik azt mutatják, hogy a hőmérséklet emelkedése és a

csapadékmennyiség kiszámíthatatlanná válása növelheti a bükkösök érzékenységét az alacsonyabb tengerszint feletti magasságban. Megállapításuk szerint az évgyűrűk kialakulásának fenológiája összefüggést mutat a környezeti tényezőkkel: a hőmérséklettel és a csapadékkal. A kambium aktivitásának megszűnésében meghatározó tényező a hőmérséklet. Negatív korreláció mutatkozik a tenyészidőszak hőmérséklete és az egyed növekedése között, illetve pozitív korrelációt tapasztaltak a tenyészidőszaki csapadék és a növekedés között. Ennek megfelelően a május-júniusi hónapokban rendelkezésre álló víz nélkülözhetetlen az aktuális évi növekedéshez és a faegyed hosszú távú fennmaradásához. A tenyészidőszakban mért levegő hőmérséklete és a faegyed növekedése közötti negatív korreláció egyben előrejelzést is ad a bükk (*Fagus sylvatica*) elterjedésének tengerszint feletti alsó határáról.

ARAB és mts. (2021) szerint a szárazságtűrő kocsánytalan tölgy (*Quercus petraea*) leveleinek szerkezete és élettani jellemzője (a lignin, cellulóz és néhány olyan oldható cukor, mint a szacharóz, glükóz, fruktóz és glükóz-6-foszfát tartalma) nagyfokú plaszticitást mutat a légköri és a talajviszonyokra. Megállapításuk szerint ez az eredmény azt sugallja, hogy a kocsánytalan tölgy (*Quercus petraea*) nagy potenciállal rendelkezik ahhoz, hogy megbirkózzon a jövőbeli éghajlatváltozás következtében várható növekedési feltételekkel.

Ezt támasztja alá XIE és mts. (2015) tanulmánya is, mely szerint a nagyobb szárazságtűrő képességgel rendelkező tölgy (*Quercus ssp.*) kevésbé érzékeny a klímaváltozás okozta stresszfaktorokra, mint a juharok (*Acer ssp.*), vagy a nyírfák (*Betula ssp.*).

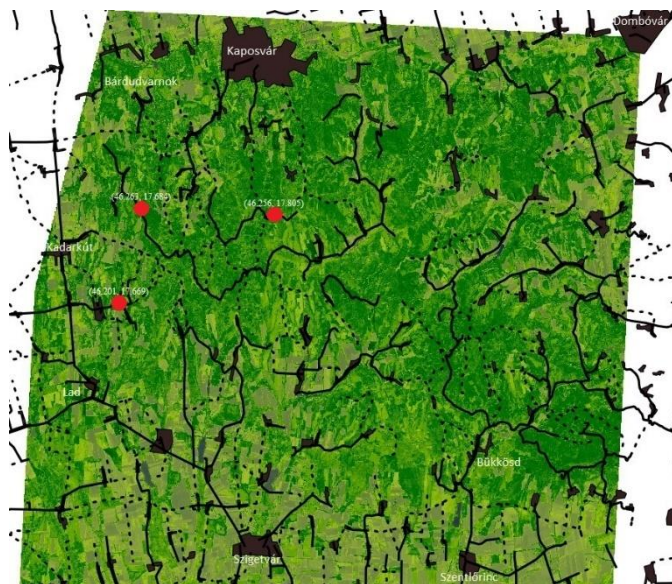
ČUFAR és mts. (2010) az európai kulturális örökség faanyagát [kocsánytalan (*Quercus petraea*) és kocsányos tölgy (*Quercus robur*)] vizsgálták. Megállapításuk alapján a szlovén tölgyek fagyűrűsége változásai szignifikáns pozitív korrelálást mutatnak a júniusi csapadékmennyiséggel, és szignifikáns negatív korrelálást a júniusi hőmérséklettel. Megállapításuk alapján a helyi (szlovéniai) és a regionális (ausztriai, magyarországi, szerbiai, csehországi, dél-németországi) minták alapján a tölgy növekedését az éghajlat mozgatja és szabályozza. Azonban a közép- és nyugateurópai minták fagyűrű szélessége nem esnek pontosan egybe, eltérések láthatók.

Végezetül pedig JENSEN és mts. (2004) által végzett vizsgálatok alapján megállapítható, hogy Dániában a közönséges gyertyán (*Carpinus betulus*) elterjedését nem korlátozza az alacsony téli hőmérsékleti tényező. A közönséges gyertyán (*Carpinus betulus*) a szárazabb, míg a bükk (*Fagus sylvatica*) enyhén nedves területeket kedvel. Így a közönséges gyertyán (*Carpinus betulus*) és a bükk (*Fagus sylvatica*) közötti kompetitív (vetélkedő, egymás hatását ellensúlyozó, korlátozó) kapcsolat meghatározza az említett két fafaj elterjedését Dániában, illetve Közép-Európában (Németországban, Lengyelországban).

4. Anyagok és módszerek

4.1. Saját vizsgálat bemutatása

Vizsgálataim elvégzéséhez a Google Térképen beazonosítottam, és pontosan lehatároltam a Zselic földrajzi helyzetét (BORHIDI 1984; DÁVID 2005). Növénytakasulástani szempontból a Zselicre jellemző három kísérleti helyszínt jelöltem ki mintaterületként (4. ábra, piros pont) [1.bükkös (46.256, 17.805), 2. gyertyános-kocsánytalan tölgyes (46.263, 17.684), 3. cseres-kocsánytalan tölgyes (46.201, 17.669)].



4.ábra Cönológiai felmérés helyszínei (Copernicus Open Access Hub, 2023)

Ezek az élőhelyek részletes cönológiai felmérést végeztem 2022.10.04-én, 2023.05.18-án, valamint 2023.09.02-án. Tekintettel az állományok kiterjedésére felvételi területként egységesen 15 méter x 15 méter nagyságú négyzetet jelöltem ki. A cönológiai felvételezés során százalékos borításbecslést alkalmaztam. A fajoknál KIRÁLY (2009) nevezéktanát követtem. Majd az általam végzett cönológiai felmérés eredményét összehasonlítottam BORHIDI (1984) által készítettével.

A cönológiai felmérés eredményeinek alátámasztásaként éghajlati elemzést végeztem. A Zselic területének koordinátáit megfigyeltem az Országos Meteorológiai Szakszolgálat (későbbiekben OMSZ) Meteorológiai Adattárában megtalálható homogenizált, rácsponti adataival. A rácspontok $0,1^\circ \times 0,1^\circ$ térbeli felbontásúak, tehát kb. 10 km x 10 km nagyságúak. Az OMSZ e rácsponti adatsorokat a Magyarország mérőállomásainak, valamint műholdas és radar adatokból készítik. Az adatsorokat a MASH homogenizáló módszerrel (LAKATOS és mts. 2012) ellenőrzik, homogenizálják, illetve a hiányokat pótolják. A hiányoktól és inhomogenitásoktól mentes ellenőrzött adatsorokat a MISH interpolációs módszerrel (SZENTIMREY és BIHARI, 2010) interpolálják. Tehát a MISH nem más, mint kifejezetten

meteorológiai elemek interpolálására kifejlesztett, ezen elemeknek megfelelő matematikai formulákon alapuló módszer, szoftver.

Így a Zselic területét 25 darab rácsponttal tudtam lefedni (5. ábra).



5.ábra Zselic területét lefedő rácspontok (Wikipédia, R Core Team, 2023)

Az adatok időbeli felbontása 24 óra. A felhasznált meteorológiai paraméterek a napi középhőmérséklet [$^{\circ}\text{C}$] és napi csapadékösszeg [mm] adatai 1971. január 1-jétől 2022. december 31-ig.

Kiszámítottam az egyes rácspontokra az egyszerűsített Pálfai-féle aszályossági indexet (PAI), a bővített Pálfai-féle aszályossági index (PAI $^{\text{b}}$), az Ariditási indexet (FAI, Foresty Aridity Index) és az Ellenberg-hányadost (EQ). A kapott eredményeket R szabad felhasználású statisztikai program segítségével térképeken jelenítettem meg (R Core Team, 2022).

4.2. A meteorológiai indexek bemutatása

4.2.1. Pálfai-féle aszályossági index (PAI) (KOZÁK és mts., 2012)

Az élővilág az időjárási adottságok megváltozására érzékenyen reagál. A változások, azaz a melegedés-hűlés, csapadéknövekedés-csökkenés kimutatására különböző indexeket használhatunk.

Első ilyen képlet, melyet bemutatni kívánok a Pálfai-féle aszályossági index (PAI) (PÁLFAI, 1990). Ezt az indexet a mezőgazdasági kultúrákra szokták alkalmazni. Figyelembe veszi a hőségnapok számát, a csapadékidőszak hosszát, a talajvíz mélységét és a növények időben változó vízigényét. Az áprilistól augusztusig tartó időszak középhőmérsékletének és az októbertől augusztusig tartó időszak súlyozott csapadékösszegének hányadosaként lehet kiszámítani:

$$PAI = 100 * \frac{\bar{T}_{\text{apr-aug}}}{\sum_{i=\text{oct}}^{\text{aug}} P} \quad (1)$$

A képletben

$\bar{T}_{\text{apr-aug}}$ az április-augusztus közti időszak középhőmérsékletének az átlaga (°C),

$\sum_{i=\text{oct}}^{\text{aug}} P$ az október és az augusztus közti időszak súlyozott csapadékösszege (mm).

A Pálfai-féle aszályossági index (PAI) alapértéke a °C/100mm. Erősségét az 1. táblázat mutatja be:

1. táblázat PAI aszálykategóriák (PÁLFAI, 1990)

PAI, °C/100mm	Minősítés
< 6	aszálymentes
6 – 8	mérsékelt aszály
8 – 10	közepes erősségű aszály
10 – 12	súlyos aszály
12 <	rendkívül súlyos aszály

Az aszályos területek pontosabb kimutatásához azonban korrekciós tényezőkkel szükséges bővíteni a Pálfai-féle aszályossági (PAI) képletet (GÁLYA és mts., 2015). Így a módosított PAI aszályossági index (PAI^x) a következő:

$$PAI^x = k_t * k_p * k_{gw} * PAI \quad (2)$$

ahol az első hőmérsékleti korrekciós tényező a $k_t = \sqrt[6]{\frac{n+1}{n'+1}}$, amelyben n a hőségnapok száma (30°C fölött), és a n' pedig az országos sokévi átlagot (16 nap) jelenti.

Második csapadékossági korrekciós tényező a $k_p = \sqrt[4]{\frac{\tau}{\tau'}}$, ahol a τ a csapadékszegény időszak hosszát jelöli június közepétől augusztus közepéig napokban számolva, és a τ' pedig az országos sokévi átlagot (20 nap) jelenti. A csapadékszegény időszaknak azokat a napokat tekintjük, amikor egymás utáni napokon maximum 5 mm csapadék hullik.

Harmadik korrekciós tényező pedig a $k_{gw} = \sqrt{D - D'}$, ahol a D az adott területen a talajvíz mennyisége november és augusztus között, és a D' pedig a D sokévi átlaga (mm).

A bővített Pálfai-féle aszályossági index (PAI^x) képletében szereplő három korrekciós tényező nehezen beszerezhető napi hőmérsékleti, csapadék, és talajvízállási adatokat tartalmaz. Így kidolgoztak egy egyszerűbb, csak a havi középhőmérsékleti és csapadékösszeg adatokat

igénylő módszert. Ennek neve Palfai Drought Index (PaDI), melynek számítási képlete a következő:

$$\text{PaDI}_0 = \frac{[\sum_{i=\text{apr}}^{\text{aug}} T_i] / 5 * 100}{c + \sum_{i=\text{oct}}^{\text{sept}} (P_i * w_i)} \quad (3)$$

PaDI tehát nem más, mint az aszályindex alapértéke °C/100 mm-ben. Ahol a T_i a havi középhőmérsékletet áprilistól augusztusig (°C), a P_i a havi csapadékösszeget októbertől szeptemberig (mm) jelöli, a w_i súlyozó tényező, a c pedig állandó érték (10 mm).

A csapadék havi súlyozó (w_i) tényezője a talajban történő nedvesség felhalmozódásának és a növényzet vízigényének eltérését fejezi ki. Értékét az 2. táblázat mutatja.

2. táblázat Súlyozó (w_i) tényező (KOZÁK és mts., 2012)

Hónap	w_i súlyozó tényező
október	0,1
november, december	0,4
január - április	0,5
május	0,8
június	1,2
július	1,6
augusztus	0,9
szeptember	0,1

Így a PaDI-t a következő módon tudjuk kiszámítani:

$$\text{PaDI} = \text{PaDI}_0 * k_1 * k_2 * k_3 \quad (4)$$

A képletben

PaDI a Pálfai-féle aszályossági index értéke (°C/100 mm),

k_1 hőmérsékleti korrekciós tényező,

k_2 csapadék-korrekciós tényező,

k_3 a megelőző 36 hónap csapadékviszonyait jellemző korrekciós tényező.

E korrekciós tényezők közül a hőmérsékleti tényező (k_1) az adott tárgyévi és a sokévi nyári középhőmérséklet viszonyát, a csapadékosági korrekciós tényező (k_2) a legszárazabb sokévi és a tárgyévi nyári hónap csapadékanak viszonyát, továbbá az utolsó (k_3) korrekciós tényező a tárgyévet megelőző 3 év (azaz 36 hónap) csapadékviszonyainak átnyúló hatását fejezi ki.

Mindezek alapján az adott területre vonatkozó aszályok erősségét hét fokozatú skálán lehet ábrázolni, melyet a 3. táblázatban olvashatunk.

3. táblázat Aszálykategóriák (KOZÁK és mts., 2012)

PaDI, °C/100mm	Minősítés
< 4	aszálymentes
4 – 6	enyhe aszály
6 – 8	mérsékelt aszály
8 – 10	közepes erősségű aszály
10 – 15	súlyos aszály
15 – 30	nagyon súlyos aszály
30 <	extrém erősségű aszály

4.2.2. Az ariditási index (FAI, Foresty Aridity Index)

A fent bemutatott a mezőgazdasági kultúrákra alkalmazott Pálfai-féle aszályossági index (PAI) és a szárazabb erdészeti tájakra érvényesített kritikus vízellátottsági mutató (VK, FÜHRER, JÁRÓ, 2000) együttese jelenik meg az ariditási, másképpen az erdészeti aszályossági indexben [FAI, Foresty Aridity Index (FÜHRER és JÁRÓ, 1992, FÜHRER, 2010, FÜHRER és mts., 2011)]. Mely a kritikus hónapok (július – augusztus) átlaghőmérsékletének és a fő növekedési ciklus (május – július), valamint a kritikus hónapok (július – augusztus) csapadékösszegének arányát mutatja be (FÜHRER 2010).

$$FAI = 100 * \frac{T_{VII-VIII}}{P_{V-VII} + P_{VII-VIII}} \quad (6)$$

A képletben

$T_{VII-VIII}$ a július és az augusztus hónap átlaghőmérsékletének az átlaga (°C),

P_{V-VII} a májustól júliusig számított csapadékösszeg (mm),

$P_{VII-VIII}$ a júliustól augusztusig számított csapadékösszeg (mm) (FÜHRER és mts. 2011).

Mint láthatjuk a FAI a fák szervesanyag-képzését közvetlenül befolyásoló időszakot veszi figyelembe. Tehát erdészeti szempontból jellemzi egy adott élőhely átlagos időjárását, a különböző fajok elterjedési területét és növekedési viszonyait.

A vizsgálatok alapján FÜHRER (2010) bükkös klímába sorolja azokat a helyeket, ahol a fő állományalkotó fafaj a bükk (*Fagus sylvatica*). Az éves átlagos csapadékösszeg eléri a 750 mm-t. A téli, tárolási időszakban az átlagos csapadékösszeg csaknem 300 mm, a fő növekedési ciklusban 260 mm, míg a kritikus hónapokban 170 mm. Az évi átlaghőmérséklet 8,5 – 9,0 °C között mozog, a kritikus hónapok átlaghőmérséklete pedig 18,5 °C.

A gyertyános-tölgyes klímába sorolja azokat a helyeket, ahol a gyertyán (*Carpinus betulus*) a fő klímajelző fafaj. Az éves átlagos csapadékösszeg több mint 660 mm. A téli, tárolási időszakban az átlagos csapadékösszeg csaknem 270 mm, a fő növekedési ciklusban 225 mm, míg a kritikus hónapokban 140 mm. Ezek az értékek körülbelül 10-15%-kal kisebbek, mint a bükkös klímában. Az évi átlaghőmérséklet 9,4 °C, a kritikus hónapok átlaghőmérséklete pedig magasabb, mint 19,5 °C.

A kocsánytalan tölgyes, illetve cseres klímában, ahol a talaj kémhatásától függően a savanyú termőhelyen a kocsánytalan tölgy (*Quercus petraea*), a bázikus termőhelyen pedig a csertölgy (*Quercus cerris*) az uralkodó fafaj. Az éves átlagos csapadékösszeg már csak 600 mm körüli. A téli, tárolási időszakban az átlagos csapadékösszeg alig éri el a 250 mm, a fő növekedési ciklusban 190 mm, míg a kritikus hónapokban 120 mm. Ezek az értékek mintegy 10%-kal alacsonyabbak, mint a gyertyános-tölgyes klímában. Az évi átlaghőmérséklet már eléri a 10,0 °C -ot, a kritikus hónapok átlaghőmérséklete pedig 20 °C.

Az erdőssztyepp klíma éves átlagos csapadékösszeg a legalacsonyabb 550 mm alatti. A téli, tárolási időszakban az átlagos csapadékösszeg értéke 230 mm, a fő növekedési ciklusban 175 mm, míg a kritikus hónapokban már csak 100 mm. E klíma a legmelegebb az évi átlaghőmérséklete csaknem 10,5 °C, a kritikus hónapok átlaghőmérséklete pedig 21,0 °C.

E mért és számított adatokból képezték az erdészeti aszályossági indexet (FAI), melynek értéke a bükkös klímában kisebb, mint 4,750 (azaz FAI: 4,750 alatti). Átlag értéke pedig 4,36. A gyertyános-tölgyes klímában a FAI átlagos értéke 5,51. Tartománya pedig FAI: 4,751 – 6,000. A kocsánytalan tölgyes, illetve cseres klímában az átlagos FAI-érték 6,56. Tartománya pedig FAI: 6,001 – 7,250. Az erdőssztyepp klíma átlagos FAI-értéke 7,65. Tartománya pedig több mint 7,251 volt (FAI: 7,251 feletti). Tehát az erdészeti klímákat és az erdészeti aszályossági index (FAI) értékeit FÜHRER (2018) alapján a 4. táblázatban olvashatjuk.

4. táblázat Erdészeti klíma és erdészeti aszályossági értékek (FAI) (FÜHRER, 2018)

Erdészeti klíma	FAI
bükkös	– 4,750
gyertyános-tölgyes	4,751 – 6,000
kocsánytalan tölgyes, ill. cseres	6,001 – 7,250
erdőssztyepp	7,250 –

Azonban ki kell emelni, hogy e mutató az időjárási elemekre épül, ezért csak a többletvízhatástól független, a változó vízellátottságú termőhelyeken álló erdőkre

alkalmazható. Továbbá a téli félév (november – április) és a vegetáció megindulását közvetlenül befolyásoló (áprilisi) hónap időjárási körülményeit nem veszi figyelembe (FÜHRER és mts, 2011).

4.2.3. Az Ellenberg-hányados (EQ)

Az Ellenberg-hányados (EQ) olyan erdészeti index, ami alkalmas az egyes fafajták [pl. a bükk (*Fagus sylvatica*) és a tölgy (*Quercus ssp.*)] elterjedésnek meghatározására (BALI 2018). Ezen index a legmelegebb hónap (július) középhőmérsékletének és az éves csapadékmennyiségnek a hányadosa (CZÚCZ és mts., 2013).

$$EQ = 1000 * \frac{T_{VII}}{P_{év}} \quad (7)$$

A képletben:

T_{VII} a legmelegebb hónap (július) középhőmérséklete (°C)

$P_{év}$ az éves csapadékösszeg (mm) (Móricz és mts., 2013).

Az 5. táblázatban a bükk (*Fagus sylvatica*) és a tölgy (*Quercus ssp.*) fafajok Ellenberg-hányados (EQ) értékeit láthatjuk (ELLENBERG, 1988).

5. táblázat Vegetáció típus és Ellenberg-hányados (EQ) értékei (ELLENBERG, 1988)

Növényzet típusa	EQ
bükk (<i>Fagus sylvatica</i>)	EQ < 20
bükk (<i>Fagus sylvatica</i>) és tölgy (<i>Quercus ssp.</i>)	20 < EQ < 30
vegyes tölgyesek	30 < EQ
bükk pusztulása és kártevők támadása	40 < EQ

MÓRICZ és mts. (2013) vizsgálatai alapján megállapíthatjuk, hogy hazánkban 20 – 40 közötti EQ értékek optimálisak a tölgyesek (*Quercus ssp.*) számára. E feletti értékek esetén a tölgy elterjedési területe csökken. A 20 alatti értékek pedig a bükk (*Fagus sylvatica*) fafajtának kedveznek.

4.3. Eredmények és értékelésük

4.3.1. A zselici zonális erdőtársulások elemzése fajdiverzitás, flóraelem szempontjából

A zselici zonális erdőtársulások fajainak flóraelem-rövidítését és magyarázatukat a 6. táblázatban láthatjuk (Simon, 1992, Simon, Seregélyes, 1998).

6. táblázat Flóraelem rövidítések és magyarázatuk (Simon, 1992, Simon, Seregélyes, 1998)

Flóraelem			
rövidítés	magyarázat	rövidítés	magyarázat
adv	adventív	eua	eurázsiai
alb	alpin-balkáni	ill	illír
alp	alpesi, alpi	koz	kozopolita
asm	atlanti-szubmediterrán	pab	pannon-balkáni
bal	balkáni	pom	ponto-mediterrán
cea	közép-ázsiai	pon	pontusi
ceu	közép-európai	pop	ponto-pannon
cir	cirkumpoláris	sar	szarmata
con	kontinentális	sme	szubmediterrán
eu	európai	smo	keleti-szubmediterrán

4.3.1.1. Bükkösök elemzése

A cönológiai felmérésem alapján elsőként a korábban (2.2.1. fejezetben) bemutatott bükkösöket kívánom elemezni.

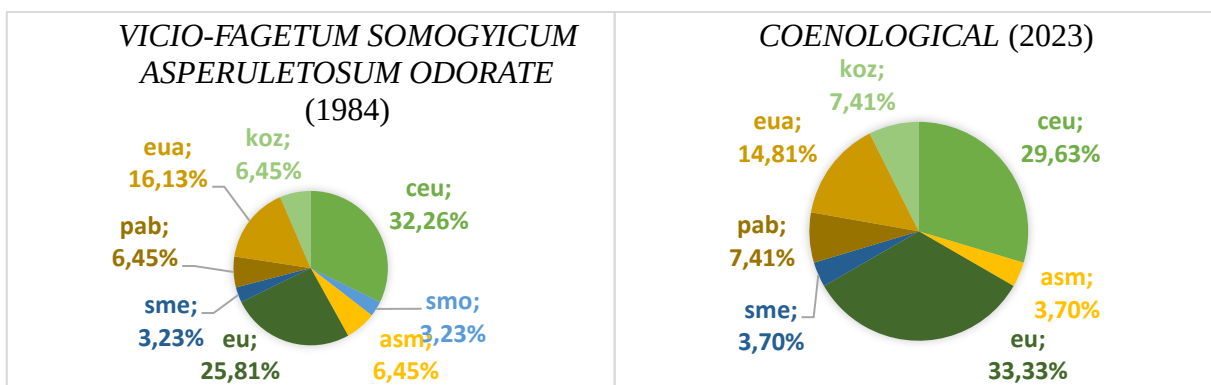
A cönológiai felmérésemet a Ropolyai-erdő Erdőrezervátum pufferterületén (46.256, 17.805) végeztem. Megfigyeléseim szerint a lombkoronaszintet a közönséges bükk (*Fagus sylvatica*) uralja (30%-os borítottsággal). A kocsánytalan tölgy (*Quercus petraea*) azonos (15%-os) borítású, mint az ezüsthárs (*Tilia tomentosa*), közönséges gyertyán (*Carpinus betulus*) szálanként (5%-os borítottsággal) van jelen. Juharok (*Acer spp.*) jelenlétét a lombkorona szintben nem tapasztaltam.

A cserjeszintben a lombkoronaszintet alkotó fajok újulatán kívül [közönséges bükk (*Fagus sylvatica*) borítottsága 15%] mezei juhar (*Acer campestre*), és a vénic szil (*Ulmus laevis*) található.

A gyepszintben pedig az üde erdei fajokon kívül [kapotnyak (*Asarum europaeum*), erdei ibolya (*Viola reichenbachiana*)], tömeges megjelenésű fajok [szagos müge (*Galium odoratum*), egyvirágú gyöngyperje (*Melica uniflora*) vannak jelen. A koratavaszi aszpektusa 5%-os borítottsággal pedig az ujjas keltike (*Corydalis solida*). Egyéb megfigyelt fajok: hagymaszagú

kányazsombor (*Alliaria petiolata*), erdei pajzsika (*Dryopteris filix-mas*), erdei kutyatej (*Euphorbia amygdaloides*), ragadós galaj (*Galium aparine*), sárga árvacsalán (*Lamium galeobdolon*), foltos árvacsalán (*Lamium maculatum*), fehér perjeszittyó (*Luzula luzuloides*), erdei szélfü (*Mercurialis perennis*), pettyegetett tüdőfű (*Pulmonaria officinalis*) és az orvosi veronika (*Veronica officinalis*).

Amennyiben BORHIDI (1984) által és az általam készített cönológiai felmérést összehasonlítjuk flóraelem szempontjából (6. ábra) láthatjuk, hogy a fajok közel egy-egy harmada közép-európai (ceu), illetve európai (eu). Szignifikánsan növekedett az európai (eu) fajok aránya (25,81%-ról 33,33%-ra). Kiemelendő még az eurázsiai (eua) elem, mely fajok 16%, illetve 15%-ban meghatározóak.



6. ábra Bükkösök összehasonlítása flóraelem szempontjából
[balra BORHIDI (1984), jobbra általam készített (2023) cönológiai felmérés]

4.3.1.2. Gyertyános-kocsánytalan tölgyesek elemzése

Másodikként a cönológiai felmérésemet alapul véve a gyertyános-kocsánytalan tölgyeseket szeretném elemezni.

A cönológiai felmérésem helyszíne Szenna és Bánya települések között (46.263, 17.684) található. Meglepődve tapasztaltam, hogy az itt található élőhely a (2.2.2.1.1.1. fejezetben bemutatott) félszáraz bükkösös gyertyános tölgyes (*Helleboro-Carpinetum caricetosum pilosae*) és a (2.2.2.1.2. fejezetben bemutatott) mecseki gyertyános-tölgyes (*Asperulo taurinae-Carpinetum*) keveréke, átmenete.

Megfigyeléseim szerint a lombkoronaszintben a kocsánytalan tölgy (*Quercus petraea*) borítása a legdominánsabb (45%-os). Ezen kívül 25%-os borítással jelen van a vöröstölgy (*Quercus rubra*), továbbá 5-5%-kal a csertölgy (*Quercus cerris*) és az ezüsthárs (*Tilia tomentosa*). Hiányzik a félszáraz bükkösös gyertyános tölgyes (*Helleboro-Carpinetum caricetosum pilosae*) élőhelyre jellemző bükk (*Fagus sylvatica*).

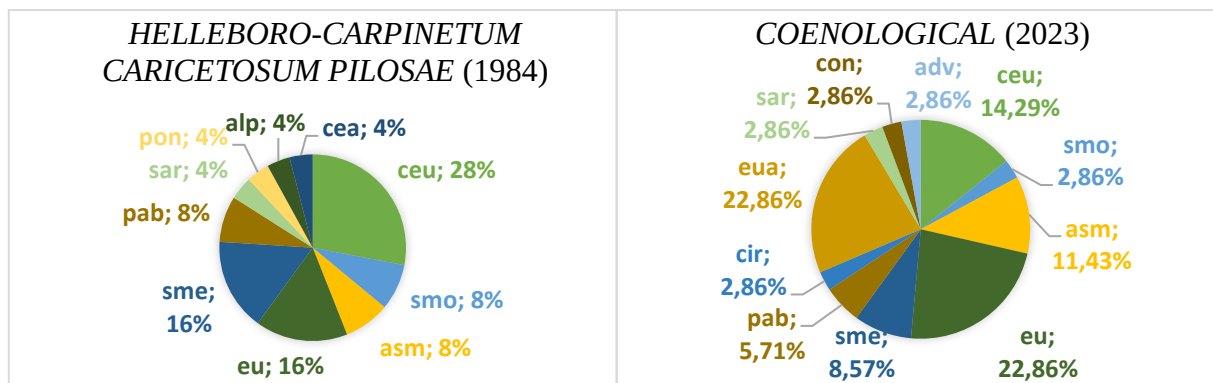
A fejlett cserjeszintet 15%-ban a közönséges fagyal (*Ligustrum vulgare*), 10%-ban az ezüst hárs (*Tilia tomentosa*) újulata, 5%-ban a szúrós csodabogyó (*Ruscus aculeatus*), és 3%-ban a mezei

juhar (*Acer campestre*) újulata uralja. Jellemző faj még a közönséges gyertyán (*Carpinus betulus*), az erdei iszalag (*Clematis vitalba*), a zselnicemegye (*Prunus padus*), a közönséges borostyán (*Hedera helix*) és a földi szeder (*Rubus fruticosus*). Hiányzik a félszáraz bükksásos gyertyános tölgyes (*Helleboro-Carpinetum caricetosum pilosae*) élőhelyre jellemző virágos kőris (*Fraxinus ornus*) és a bibircses kecskerágó (*Euonymus verrucosus*), továbbá a mecseki gyertyános-tölgyes (*Asperulo taurinae-Carpinetum*) élőhelyre jellemző mogyorós hólyagfa (*Staphylea pinnata*) és az erdei rózsza (*Rosa arvensis*).

A gyepszintben a bükkös sás (*Carex pilosa*) az uralkodó 60%-os borítottsággal. Gyakori faj még a hagymás fogasír (*Cardamine bulbifera*) 1%-os borítással. Fajgazdag a tavaszi aszpektusa, melynek képviselői a medvehagyma (*Allium ursinum*), a gyöngyvirág (*Convallaria majalis*), az ujjas keltike (*Corydalis solida*), nemes májvirág (*Anemone hepatica*) és az erdei szellőrózsza (*Anemone sylvestris*). Egyéb fajok a hagymaszagú kányazsombor (*Alliaria petiolata*), kapotnyak (*Asarum europaeum*), erdei kutyatej (*Euphorbia amygdaloides*), szagos müge (*Galium odoratum*), erdei gyömbérgyökér (*Geum urbanum*), kerek repkény (*Glechoma hederacea*), édesgyökér (*Glycyrrhiza glabra*), sárga árvacsálán (*Lamium galeobdolon*), mogyorós lednek (*Lathyrus tuberosus*), pénzlevelű lizinka (*Lysimachia nummularia*), nagyvirágú/déliméhfű (*Melittis melissophyllum*), sokvirágú salamonpecsét (*Polygonatum multiflorum*), pettyegetett tüdőfű (*Pulmonaria officinalis*), orvosi veronika (*Veronica officinalis*), és az erdei sás (*Carex sylvatica*).

Hiányzik a félszáraz bükksásos gyertyános tölgyes (*Helleboro-Carpinetum caricetosum pilosae*) élőhelyre jellemző széleslevelű csenkesz (*Festuca drymeria*), és a kis meténg (*Vinca minor*).

Amennyiben BORHIDI (1984) által és az általam készített cönológiai felmérést összehasonlítjuk flóraelem szempontjából (7. ábra) láthatjuk, hogy a közép-európai (ceu) és a keleti-szubmediterrán (smo) fajok szignifikáns csökkenést mutatnak. Ezzel párhuzamosan egyre nagyobb százalékban vannak jelen az európai (eu, 16%-ról 22,86%-ra növekedtek), továbbá az eurázsiai (eua) fajok (23%-ra növekedtek).



7. ábra Gyertyános-kocsánytalan tölgyesek összehasonlítása flóraelem szempontjából [balra BORHIDI (1984), jobbra általam készített (2023) cönológiai felmérés]

4.3.1.3. Cseres-kocsánytalan tölgyesek elemzése

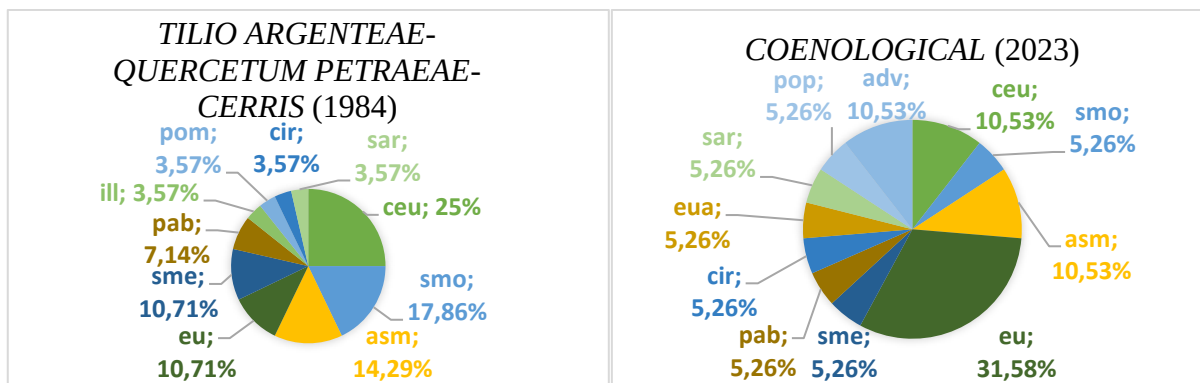
Harmadikként pedig a cönológiai felmérésem alapján a (2.2.3. fejezetben bemutatott) cseres kocsánytalan tölgyeseket szeretném elemezni

Cönológiai felmérésem helyszíne a Visnye településtől északra (46.201, 17.669) található erdő volt. Mint ahogy már említettem BORHIDI (1984) szerint a cseres-kocsánytalan tölgyesek a Zselicben összetételük és eredetük szerint nem egységesek. Feltételezésem szerint az itt felmért erdő az első csoportba tartozik, azaz ültetett erdő, mely utólag elhárzasodott kultúrtölgyes. Ezt támasztja alá a cönológiai felmérésem is, a lombkoronaszintben a kocsánytalan tölgy (*Quercus petraea*) borítása a legdominánsabb (60%-os). Ezen kívül 30%-os borítással jelen van a vöröstölgy (*Quercus rubra*), mely az ültetett erdő jellegre utal.

A cserjeszintben a fent említett fafajok újulatán kívül 20%-os borítottsággal mezei juhar (*Acer campestre*), 3%-os borítottsággal virágos kőris (*Fraxinus ornus*), 2-2% pedig közönséges gyertyán (*Carpinus betulus*) és egybibés galagonya (*Crataegus monogyna*), illetve az ezüsthárs (*Tilia tomentosa*) alkotja.

A magas borítottság, északias kitettség miatt kevés fény jut a felszínre, így szinte teljesen nudum terület. Kevés gyepszínti fajok közül meg kell említeni a koratavaszi aszeptusú, 5%-os borítású salátaboglárkát (*Ranunculus ficaria*), az ujjas keltikét (*Corydalis solida*) és a pirítógyökeret (*Tamus communis*). Ezekon kívül erdei sást (*Carex sylvatica*), bükkös sást (*Carex pilosa*), illetve erdei gyömbérgyökért (*Geum urbanum*) azonosítottam.

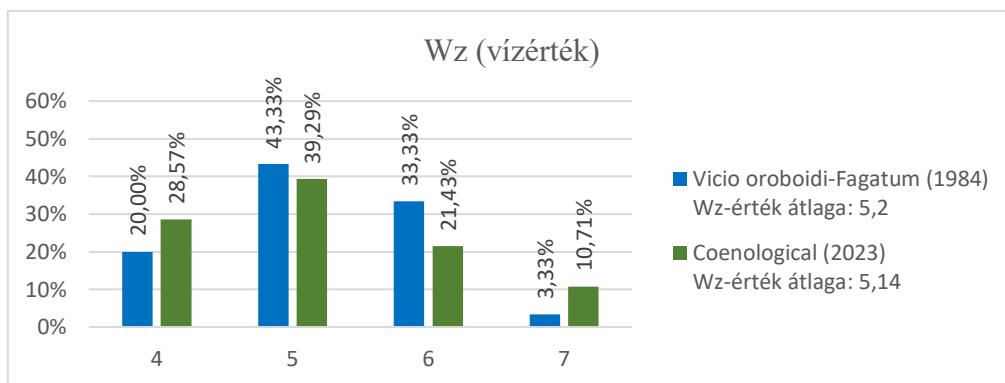
Amennyiben BORHIDI (1984) által és az általam készített cönológiai felmérést (8. ábra) összehasonlítjuk flóraelem szempontjából láthatjuk, hogy a cseres-kocsánytalan tölgyeseknél is a közép-európai (ceu), továbbá keleti-szubmediterrán (smo) fajok csökkenése tapasztalható. Növekedés tapasztalható az európai (eu) fajok arányában (10,71%-ról 31,58%-ra növekedtek).



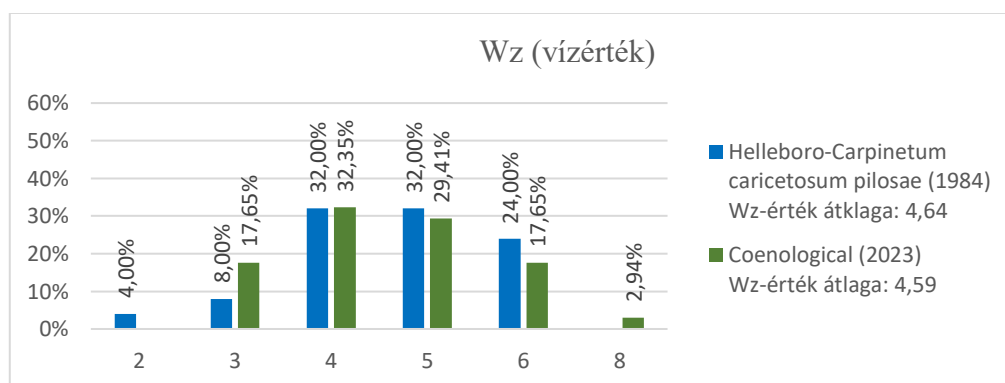
8. ábra Cseres-kocsánytalan tölgyesek összehasonlítása flóraelem szempontjából [balra BORHIDI (1984), jobbra általam készített (2023) cönológiai felmérés]

4.3.2. Zonális erdőtársulások elemzése vízérték (Wz) szempontjából

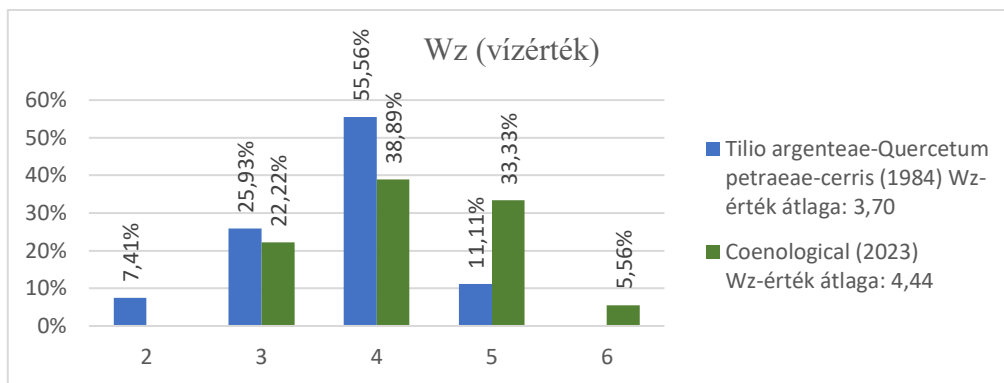
BORHIDI (1984) által és az általam készített cönológiai felmérések során leírt fajok vízértékét (Wz) összehasonlítva azt tapasztaltam, hogy mind a három élőhelynél (9-11. ábra) a fajok esetében enyhe eltolódás látható a két cönológiai felmérés között az üde (5), illetve mérsékelten nedves (6) kategória felé. Ennek az eltolódásnak az okát a felméréseimet megelőző csapadékosabb időjárásban látom. Úgy vélem a csapadékosabb időjárási körülmények miatt nőtt meg a magasabb vízértékkel rendelkező fajok aránya.



9. ábra Bükkösök összehasonlítása vízérték (Wz) szempontjából [balra BORHIDI (1984), jobbra általam készített (2023) cönológiai felmérés]



10. ábra Gyertyános-kocsánytalan tölgyesek összehasonlítása vízérték (Wz) szempontjából [balra BORHIDI (1984), jobbra általam készített (2023) cönológiai felmérés]



11. ábra Cseres-kocsánytalan tölgyesek összehasonlítása vízérték (Wz) szempontjából [balra BORHIDI (1984), jobbra általam készített (2023) cönológiai felmérés]

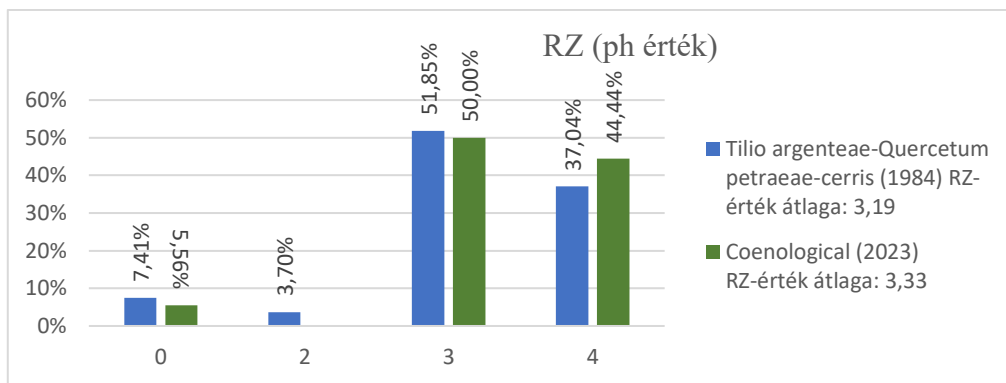
4.3.3. Zonális erdőtársulások elemzése talajreakció érték (RZ) alapján

A zselici zonális erdőtársulások fajainak talajreakció (RZ-érték) rövidítését és magyarázatukat a 7. táblázatban olvashatjuk (Simon, 1992).

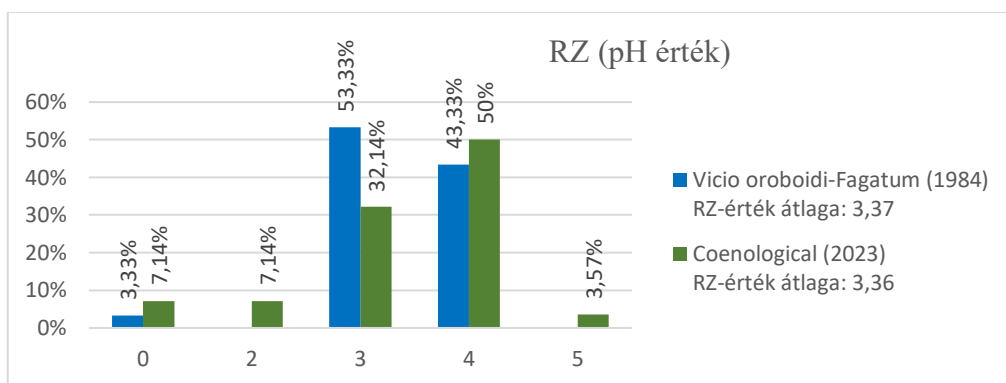
7. táblázat Talajreakció (RZ-érték) rövidítések és magyarázatuk (Simon, 1992)

Talajreakció (RZ)			
rövidítés	magyarázat	rövidítés	magyarázat
1	savanyú	4	enyhén meszes
2	gyengén savanyú	5	meszes, bázikus
3	közel semleges	0	nem jellemző

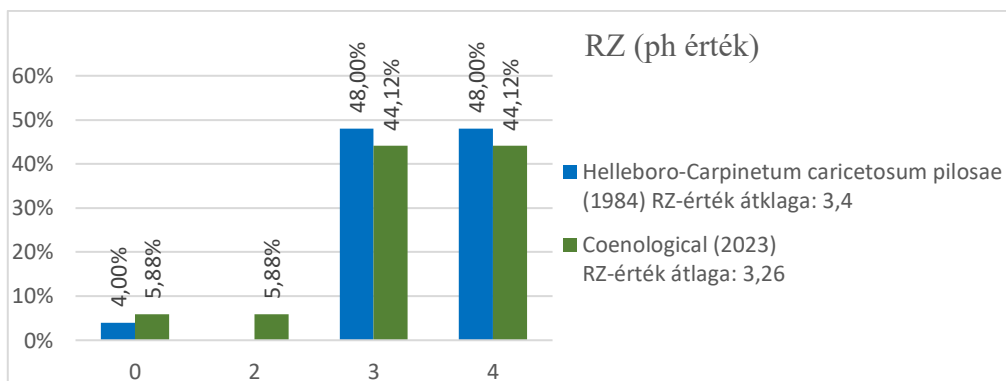
BORHIDI (1984) által és az általam készített cönológiai felméréseket tovább vizsgálva, a talajreakció (RZ) értékben a cseres-kocsánytalan tölgyeseknél (12. ábra) szignifikáns eltérés nem írható le. Közel semleges (3), enyhén meszes (4) talajon élő fajok találhatóak meg. A bükkösnél (13. ábra), illetve a gyertyános-kocsánytalan tölgyeseknél (14. ábra) azonban savanyodásra utaló folyamat játszódik le. Megjelenik, illetve növekszik a gyengén savanyú (2) fajok aránya (bükkösnél 7,14%-ra, gyertyános-kocsánytalan tölgyeseknél 5,88%-ra). Megállapításom szerint ez a folyamat a rövid idő alatt lehulló nagy mennyiségű csapadék miatt történő kilúgzás erősödésével magyarázható.



12. ábra Cseres-kocsánytalan tölgyesek összehasonlítása talajreakció (RZ) szempontjából [balra BORHIDI (1984), jobbra általam készített (2023) cönológiai felmérés]



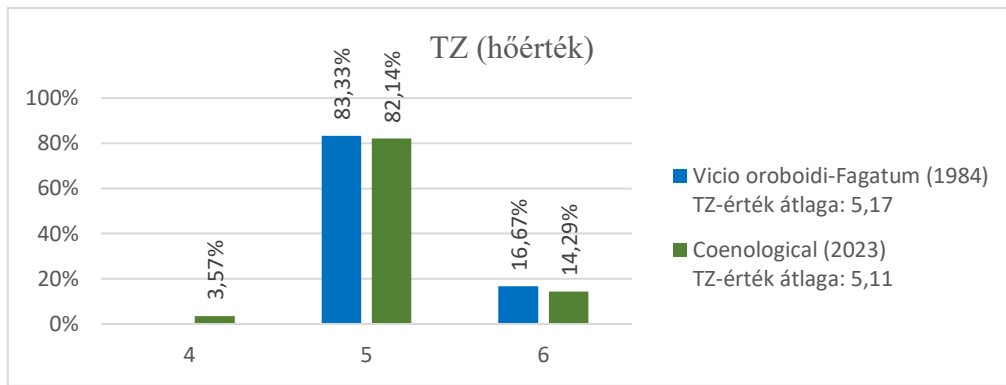
13. ábra Bükkösök összehasonlítása talajreakció (RZ) szempontjából [balra BORHIDI (1984), jobbra általam készített (2023) cönológiai felmérés]



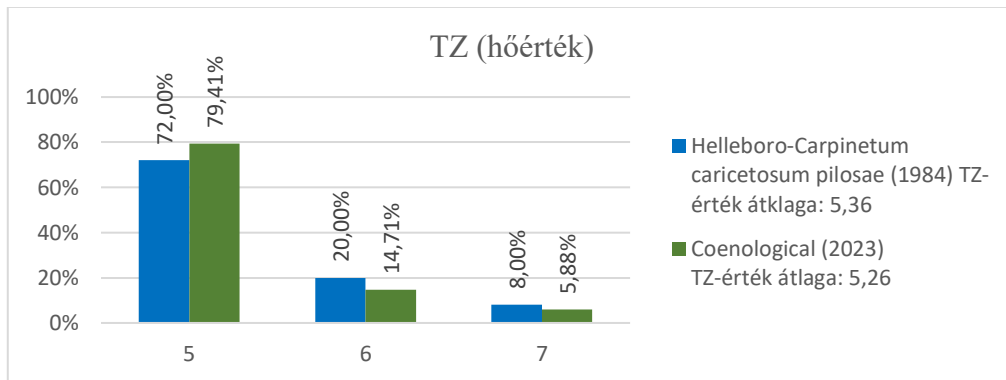
14. ábra Gyertyános-kocsánytalan tölgyesek összehasonlítása talajreakció (RZ) szempontjából [balra BORHIDI (1984), jobbra általam készített (2023) cönológiai felmérés]

4.3.4. Zonális erdőtársulások elemzése hőérték (TZ) szempontjából

Amennyiben a BORHIDI (1984) által és az általam készített cönológiai felmérések hőértéket (TZ) megfigyeljük, bükkösöknél (15. ábra) és a gyertyános-kocsánytalan tölgyeseknél (16. ábra) a két cönológiai felmérés között szignifikáns eltérés nem volt tapasztalható. Lomberdő (5), illetve szubmediterrán lomberdő (6) klímába tartozó fajok figyelhetők meg. A bükkösöknél 8 tized részben (83-82%-ban), a gyertyános-kocsánytalan tölgyeseknél pedig 7, illetve majdnem 8 tized részben (72-79%-ban) lomberdei (5) fajokat látunk.

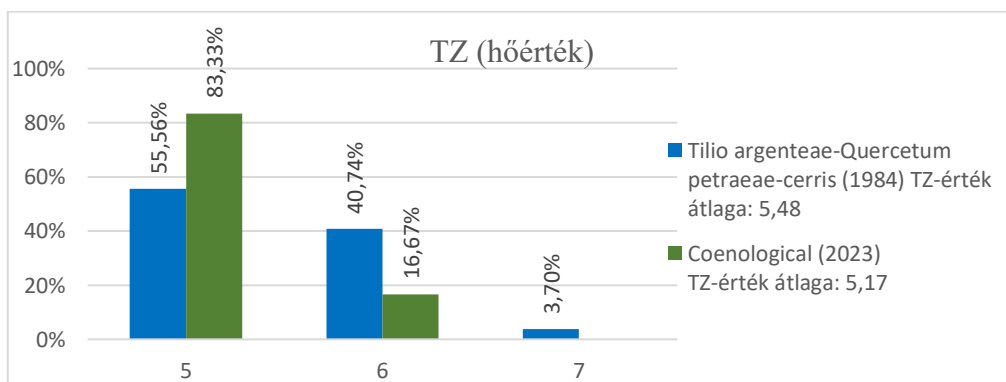


15. ábra Bükksők összehasonlítása hőérték (TZ) szempontjából [balra BORHIDI (1984), jobbra általam készített (2023) cönológiai felmérés]



16. ábra Gyertyános-kocsánytalan tölgyesek összehasonlítása hőérték (TZ) szempontjából [balra BORHIDI (1984), jobbra általam készített (2023) cönológiai felmérés]

A cönológiai felmérésekben a cseres-kocsánytalan tölgyes élőhelynél (17. ábra) szignifikáns eltolódás tapasztalható a lomberdei (5) fajok irányában. Felmérésem idején 83,33%-ban lomberdei (5) fajokat találtam, és csak 16,67%-ban tudtam szubmediterrán lomberdei klímába (6) tartozó fajokat felmérni. Ezt az eltolódást az általam cönológiai felmérésre kiválasztott terület makroklimatikus viszonyaival magyarázom.



17. ábra Cseres-kocsánytalan tölgyesek összehasonlítása hőérték (TZ) szempontjából [balra BORHIDI (1984), jobbra általam készített (2023) cönológiai felmérés]

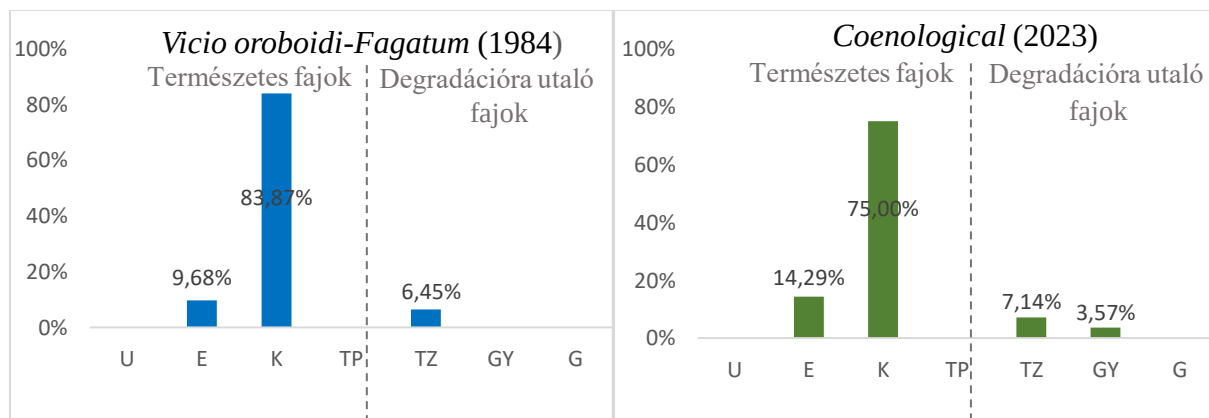
4.3.5. Zonális erdőtársulások elemzése természetvédelmi érték kategória (TVK) szempontjából

Végezetül pedig BORHIDI (1984) által és az általam készített cönológiai felméréseket hasonlítottam össze természetvédelmi érték kategória (TVK) szempontjából (8. táblázat, Simon, 1992). Az elemzés során azt tapasztaltam, hogy mind a három élőhely esetében természetvédelmi érték szempontjából (23-25. ábra) egyértelmű növekedés látható a degradációra utaló fajok (TZ – zavarástűrő fajok, GY – gyomfajok) arányában.

8. táblázat Természetvédelmi érték kategóriák (TVK) rövidítés és magyarázat (Simon, 1992)

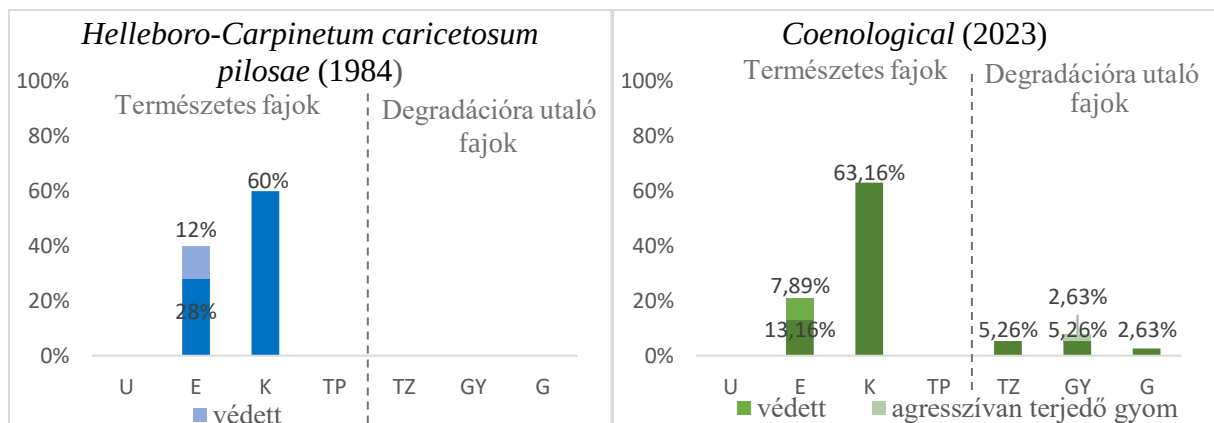
Természetvédelmi érték kategóriák (TVK)			
Természetes állapotokra utaló fajok		Degradációra utaló fajok	
rövidítés	magyarázat	rövidítés	magyarázat
U	unikális fajok	TZ	zavarástűrő fajok
E	társulásalkotó fajok	GY	gyomfajok
K	kísérő fajok	G	gazdasági növények
TP	pionír fajok		

A bükkösöknél (23. ábra) 6,45%-ról 7,14%-ra nő a zavarástűrő (TZ) fajok aránya, illetve 3,57%-ban megjelennek gyomfajok (GY).



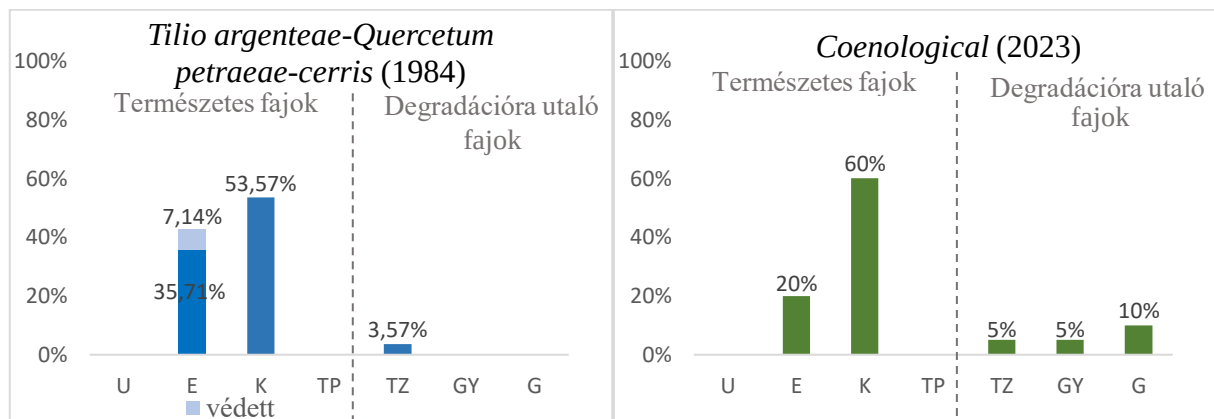
23. ábra Bükkösök összehasonlítása természetvédelmi érték kategória (TVK) szempontjából [balra BORHIDI (1984), jobbra általam készített (2023) cönológiai felmérés]

A gyertyános-kocsánytalan tölgyes élőhelynél (24. ábra) 12%-ról 7,89%-ra csökken a védett fajok aránya. Ugyanakkor egyértelműen fokozódik a degradációra utaló fajok aránya; 5,26-ra nő a zavarástűrő (TZ) fajok, 7,89%-ra nő a gyomfajok (GY) aránya, melyből 2,63% agresszívan terjedő gyomfaj.



24. ábra Gyertyános-kocsánytalan tölgyesek összehasonlítása hőérték (TZ) szempontjából [balra BORHIDI (1984), jobbra általam készített (2023) cönológiai felmérés]

Végezetül pedig a cseres-kocsánytalan tölgyes élőhelyek (25. ábra) cönológiai felmérésének elemzéséből kiolvashatjuk, hogy a degradációra utaló fajok aránya nő; 3,57%-ról, 5%-ra nő a zavarástűrő (TZ) fajok aránya, a gyomfajok (GY) pedig 5%-ban jelennek meg.



25. ábra Cseres-kocsánytalan tölgyesek összehasonlítása hőérték (TZ) szempontjából [balra BORHIDI (1984), jobbra általam készített (2023) cönológiai felmérés]

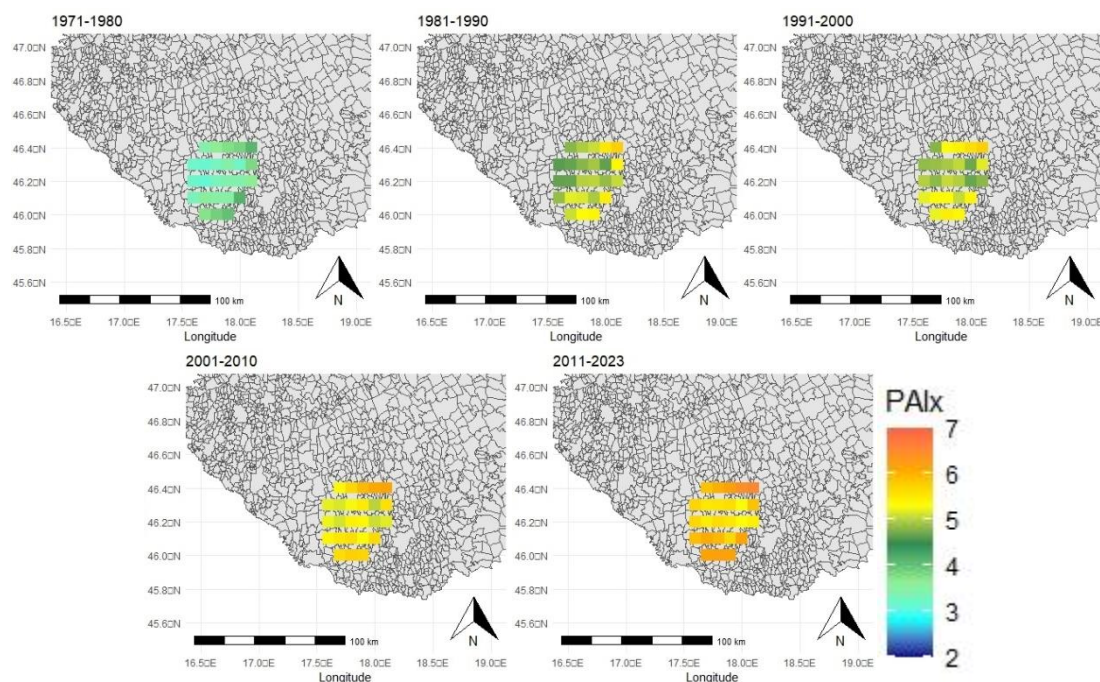
4.3.6. Pálfai-féle aszályossági index (PAI) elemzése

A BORHIDI (1984) által és az általam készített cönológiai felmérésekből kiolvasható, hogy az általánosan elterjedt fajok, illetve a degradációra utaló fajok aránya nő. Az eddig kimutatott cönológiai felmérésekben tapasztalt változások okot adtak arra, hogy egy, a lokális klímában bekövetkező változás hatásait feltételezzem, illetve vizsgáljam. Ennek alátámasztására számítottam ki a korábban bemutatott különböző meteorológiai indexeket a teljes Zselicség területére. Ezek közül először a Pálfai-féle aszályossági index eredményeit kívánom bemutatni.

A bővített Pálfai-féle aszályossági indexet (PAI^x) kiszámoltam a Zselic mind a 25 darab rácspontjára. Majd a kapott eredményeket R szabad felhasználású statisztikai program segítségével évtizedes átlagban térképeken jelenítettem meg (26. ábra, R Core Team, 2022).

A térképekről egyértelműen leolvasható, hogy az 1971-1980-ig terjedő évtizedben a PAI_x értéke kisebb volt, mint 4 °C/100mm, azaz a Zselic aszálymentes terület volt. Az 1981-1990-es, az 1991-2000-es és a 2001-2010-es évtizedekben már PAI_x értéke 4 – 6 °C/100mm közötti, azaz enyhe aszályt mutató területeket láthatunk. 2011-2023-ig terjedő bő évtizedben erősödött az aszály mértéke, PAI_x értékeként már 6 – 8 °C/100mm közötti rácspontok is leolvashatóak, azaz mérsékelt aszályos területek is megjelennek.

Ki kell emelnem, hogy mivel évtizedes átlagokat számítottam ki, ezért az így kimutatott változásokat akár egy-egy szélsőséges év is elmozdíthatja. Ugyanakkor a számításaim során fokozatos átmenetet, lassú trendszerű változást figyelhetünk meg.



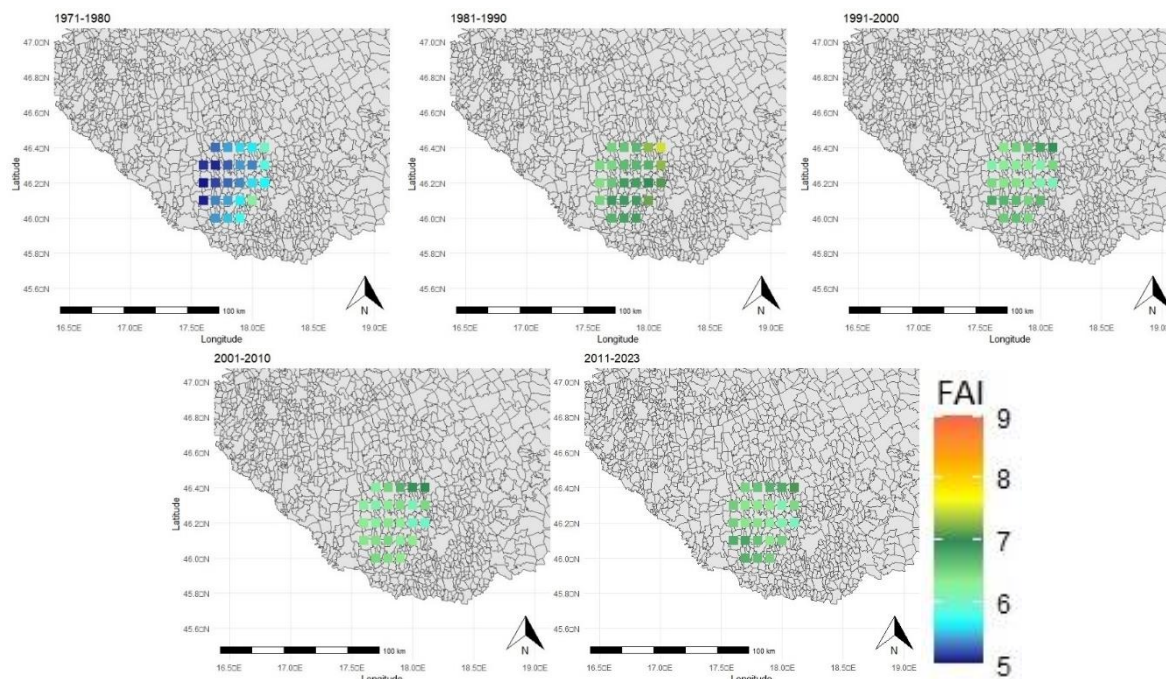
26. ábra Bővített Pálfi-féle aszályossági index (PAI_x) évtizedes ábrázolása

4.3.7. Az ariditási index (FAI) elemzése

Másodikként pedig BORHIDI (1984) által és az általam készített cönológiai felmérések összehasonlításából kiolvasható változásokat alá kívántam támasztani az ariditási index (FAI, Foresty Aridity Index) kiszámításával. A FAI az élőhelyek átlagos időjárását, a különböző fajok elterjedési területét és növekedési, szervesanyag-képzési viszonyait figyelembe vevő index, melyet szintén évtizedes átlagban térképeken ábrázoltam (27. ábra, R Core Team, 2022).

Számításaim eredményeként azt tapasztaltam, hogy a Zselic területére egyik évtized adatai sem, még a legkorábbi, az 1971-1980-as évtized értékei sem, mutattak 4,750 alatti FAI értéket, azaz bükkös klímát. Ezen évtized értékeiből is főleg gyertyános-kocsánytalan tölgyes klíma olvasható ki (FAI: 4,751 – 6,000). Az 1981-1990-es évtizedtől kezdődően az adatokban

szignifikáns eltérés nem volt tapasztalható, a rácspontok többségében 6,001 – 7,250 közötti a FAI érték, azaz cseres-kocsánytalan tölgyes klíma látható (FAI: 6,001 – 7,250).



27. ábra Az Ariditási index (FAI) évtizedes ábrázolása

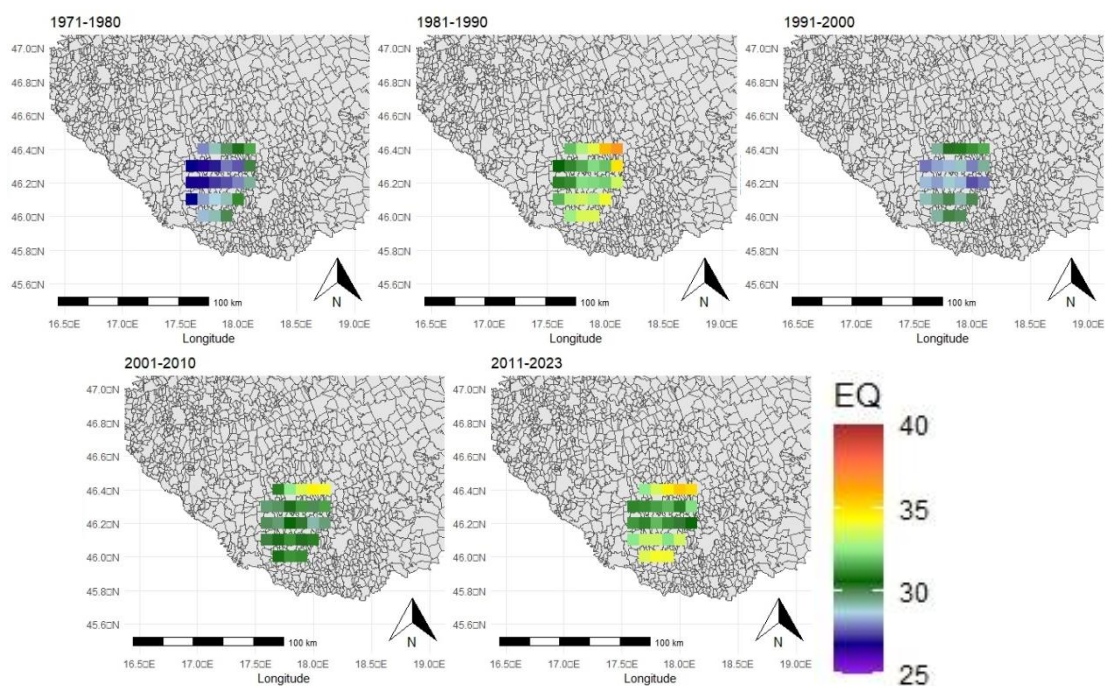
4.3.8. Az Ellenberg-hányados (EQ) elemzése

Az Ariditási index (FAI) és a BORHIDI (1984) által és az általam készített cönológiai felmérések elemzése között látszólagos ellentmondást tapasztaltam. Hiszen míg a FAI értékei a Zselic területére nem mutatnak bükkös klímát, addig mind BORHIDI (1984), mind pedig az általam készített cönológiai során fel lehetett mérni bükk (*Fagus sylvatica*) fafajt, és e fafaj által meghatározott bükkös élőhelyet.

Ezt a látszólagos ellentmondást feloldandó egy újabb meteorológiai indexeket választottam, és folytattam számításaimat. Így végezetül az Ellenberg-hányadost (EQ) számoltam ki. Az EQ-t azért választottam, mert az Ariditási index (FAI) nagyobb súllyal veszi figyelembe a csapadékot az Ellenberg-hányadoshoz (EQ-hoz) képest. Míg a FAI a kritikus hónapok (július – augusztus) átlaghőmérsékletének és a fő növekedési ciklus (május – július), valamint a kritikus hónapok (július – augusztus) csapadékösszegének arányát mutatja be, addig az EQ a legmelegebb hónap (július) középhőmérsékletének és az éves csapadékmennyiségnek a hányadosa. Így az egyes fafajták elterjedésének pontosabb meghatározására szolgáló erdészeti index. Az Ellenberg-hányadost (EQ) is évtizedes átlagban térképeken ábrázoltam (22. ábra, R Core Team, 2022).

Az indexet tíz éves átlagban ábrázoló térképekről jól leolvasható a klíma adatok hullámvázása. A vizsgált időszak kezdetén (1971-1980-as évtizedben) a Zselic térségében főleg

a bükk (*Fagus sylvatica*) fafajnak megfelelő klíma uralkodott. Ezt követően (az 1981-1990-ig terjedő évtizedben) melegebb és szárazabb periódus következett. Mely időszak klímája a tölgynek (*Quercus ssp.*), illetve a tölgygel kevert lombos erdőknek kedvezett. Ezzel szemben az 1991-2000-ig terjedő évtized adatai hűvösebb, csapadékosabb klímára utal, így kis mértékben a bükk (*Fagus sylvatica*), nagyobb mértékben pedig a tölgy (*Quercus ssp.*) fafajnak kedvező klíma uralkodott. A következő évtized (2001-2010-ig terjedő időszak) a melegedés, szárazodás hatására a bükknek megfelelő klíma teljes kiszorulását mutatja. Helyette ismételten a tölgynek (*Quercus ssp.*) és a tölgygel kevert erdőnek megfelelő éghajlat mutatkozik. Ez a tendencia folytatódik az utolsó vizsgált időszakban (2011-2023-ig terjedő bő évtizedben) is. Gyarapodik a tölgygel kevert erdőnek megfelelő éghajlatot mutató rácspontok száma.



22. ábra Az Ellenberg-hányados (EQ) évtizedes ábrázolása

4.4. Összefoglalás

A klíma adatok, a fent bemutatott és elemzett indexek [Pálfi-féle aszályossági index (PAI), Ariditási index (FAI), Ellenberg-hányados (EQ)], illetve BORHIDI (1984) által és az általam készített cönológiai felmérések összevetéséből kiolvasható, hogy a Zselic klímája folyamatos változásokon megy keresztül.

Kiindulásként összehasonlítottam BORHIDI (1984) által és az általam végzett cönológiai felméréseket. Megállapítható, hogy az erdőtársulások esetében növekszik a flóraelem szempontjából az általánosan elterjedt európai (eu) fajok aránya. A bükkösökben a fajok egy-egy harmada közép-európai (ceu), illetve európai (eu). Az utóbbiak aránya szignifikáns növekedést mutat. Kiemelendő még az eurázsiai (eua) elem, mely 15%-ban

meghatározó. A gyertyános-kocsánytalan tölgyesekben a közép-európai (ceu) és a keleti-szubmediterrán (smo) fajok szignifikáns csökkenését tapasztaljuk. Ugyanakkor közel 23%-ra növekedtek az európai (eu), továbbá az eurázsiai (eua) fajok aránya. A cseres-kocsánytalan tölgyeseknél is ez a tendencia figyelhető meg, csökkennek a közép-európai (ceu), illetve a keleti-szubmediterrán (smo) fajok aránya, és növekedik az európai (eu) fajok aránya.

Az általánosan elterjedt fajok arányának növekedésére kívántam magyarázatát keresni, ezért tovább elemeztem BORHIDI (1984) által és az általam készített cönológiai felméréseket, megvizsgáltam a fajok vízártékét (Wz). Azt láthattam, hogy mindhárom élőhelynél enyhe eltolódás tapasztalható a két cönológiai felmérés között az üde (5), illetve mérsékelt nedves (6) kategóriájú fajok felé. Ennek a nedvesebb kategóriák felé való eltolódásnak az okát a felméréseimet megelőző csapadékosabb időjárásban látom. Véleményem szerint ennek az eltolódásnak a mértékét további, évenkénti megismételt vizsgálatokkal ki lehetne küszöbölni.

Mivel megnyugtató magyarázatot nem kaptam a fajösszetételben való változásra, ezért tovább vizsgáltam. Összehasonlítva BORHIDI (1984) által és az általam készített cönológiai felméréseket talajreakció (RZ) érték szempontjából. A cseres-kocsánytalan tölgyeseknél eltérést nem találtam, ezen az élőhelyen közel semleges (3), enyhén meszes (4) talajon élő fajok találhatók meg. A bükkösnél, illetve a gyertyános-kocsánytalan tölgyeseknél azonban savanyodásra utaló folyamat látszódik. Növekszik a gyengén savanyú (2) fajok aránya (bükkösnél 7,14%-ra, gyertyános-kocsánytalan tölgyeseknél 5,88%-ra). Ezt a folyamatot az éghajlatváltozás hatásaként, a rövid idő alatt lehulló nagy mennyiségű csapadék miatt történő kilúgzás erősödésével magyarázom. Hiszen a rövid idő alatt lehulló nagyobb mennyiségű csapadék hatására erősebb mértékben mosódnak ki a talajból a bázikus elemek (kalcium, magnézium).

BORHIDI (1984) által és az általam készített cönológiai felméréseket összehasonlítottam hőérték (TZ) szempontjából is. Megállapítható, hogy a bükkösnél és a gyertyános-kocsánytalan tölgyeseknél a két cönológiai felmérés között szignifikáns eltérés nem látszik. Lomberdő (5), illetve szubmediterrán lomberdő (6) klímába tartozó fajok figyelhetők meg. A cseres-kocsánytalan tölgyeseknél azonban szignifikáns eltolódás tapasztalható a lomberdei (5) fajok irányában. Ezt az eltolódást az általam cönológiai felmérésre kiválasztott terület makroklimatikus viszonyaiban látom., így nőhetett meg a cseres-kocsánytalan tölgyes élőhelyénél a lomberdei (5) fajok aránya.

Amikor természetvédelmi érték kategória (TVK) szempontjából hasonlítottam össze BORHIDI (1984) által és az általam készített cönológiai felméréseket, akkor mindhárom erdőtársulás esetében igen szembetűnő változást figyelhettem meg. Egyértelműen

megjelennek, illetve növekednek a degradációra utaló fajok aránya [zavarástűrő (TZ), gyomfajok (GY), illetve agresszíven terjedő gyomfajok].

Ezt a Zselicben tapasztalható fajösszetétel-béli változást, azaz, hogy az általánosan elterjedt fajok, továbbá a degradációra utaló fajok aránya nő, az éghajlatváltozás hatásának tulajdonítom. Melyet különböző meteorológiai indexek kiszámításával kívántam alátámasztani.

Először a mezőgazdasági kultúrákra kidolgozott Pálfai-féle aszályossági indexet elemeztem. A bővített Pálfai-féle aszályossági indexből (PAI_x) készült évtizedes térképek fokozatos átmenetet, lassú trendszerű változást mutatnak. Azaz a Zselic területén az aszály mértéke erősödött, a klíma szárazabbá vált. A Zselic az 1971-1980-ig terjedő évtizedben aszálymentes terület volt (PAI_x < 4 °C/100mm). Az 1981-től 2010-ig terjedő időszakban azonban enyhe aszályt mutató (PAI_x 4 – 6 °C/100mm) adatokat látunk. 2011-től pedig erősödik az aszály mértéke, megjelennek mérsékelt aszályos (PAI_x 6 – 8 °C/100mm) rácsponatok is.

A cönológiai felmérések összehasonlításából kiolvasható változásokat másodikként az ariditási index (FAI, Foresty Aridity Index) kiszámításával kívántam alátámasztani. Azt tapasztaltam, hogy egyik évtized sem mutat a Zselic területére bükkös klímát (azaz 4,750 alatti FAI értéket). Már az 1981-1990-es évtizedtől kezdődően látszik az a tendencia, hogy a rácsponatok többségében cseres-kocsánytalan tölgyes klíma (FAI: 6,001 – 7,250) a meghatározó.

Mind a bővített Pálfai-féle aszályossági index (PAI_x), mind pedig az ariditási index (FAI) megerősítette azt a feltevésemet, hogy hatással van a Zselic klímájára az éghajlatváltozás. Ugyanakkor látszólagos ellentmondást tapasztaltam az Ariditási index (FAI) és a BORHIDI (1984) által és az általam készített cönológiai felmérések elemzése között, hiszen míg a FAI értékei a Zselic területére nem mutatnak bükkös klímát, addig a cönológiai felmérésekben találhatunk bükk (*Fagus sylvatica*) fafajt, illetve általa meghatározott bükkös élőhelyet.

Ezt az ellentmondást feloldandó folytattam számításaimat. Így végezetül az Ellenberg-hányadost (EQ) számoltam ki. Az indexet tíz éves átlagban ábrázolva a klíma adatok hullámozása tapasztalható. Az 1971-1980-as évtizedben a Zselic térségében főleg a bükk (*Fagus sylvatica*) fafajnak megfelelő klíma uralkodott. Majd az 1981-1990-ig terjedő időszakban melegebb, szárazabb periódus következett. Ez a klíma a tölgynek (*Quercus ssp.*), illetve a tölgyvel kevert lombos erdőknek kedvezett. Ezzel szemben azonban az 1991-2000-ig terjedő évtized adatai kis mértékben a bükk, nagyobb mértékben pedig a tölgy fafajnak kedvező klímát mutatnak. A 2001-2010-ig terjedő időszak a bükknek megfelelő klíma teljes kiszorulását mutatja. Helyette ismételten a tölgynek és a tölgyvel kevert erdőnek megfelelő éghajlat mutatkozik. Ez a tendencia folytatódik tovább a 2011-2023-ig terjedő időszakban is.

Gyarapodik a tölgygel kevert erdőnek megfelelő éghajlatot mutató rácspontok száma. Ez a klímaadatok hullámszáma nem feltétlenül mezoskálájú, hanem nagytérségű, makroszinoptikus folyamatokra is utalhat, mint például az Észak-Atlanti Oszcilláció, vagy a Déli Oszcilláció periódusainak változásaira. Azonban ennek bizonyítására további vizsgálatok elvégzésére lenne szükség.

Tehát az Ellenberg-hányados (EQ) egyértelműen jelzi, hogy bükkösnek megfelelő éghajlat helyett, egyre inkább a gyertyános-kocsánytalan tölgyesnek, illetve még inkább a cseres-kocsánytalan tölgyesnek megfelelő klíma lesz a Zselicre jellemző. Ebből könnyen levonhatnák azt a téves következtetést, hogy a Zselicben a bükk (*Fagus sylvatica*) fafaj, és a hozzá kapcsolódó élőhely el fog tűnni. Nyilvánvalóan ez nincs így, a cönológiai felmérésekből kiolvasható, hogy nem tűnnek el teljesen ezek a társulások, hanem pufferképességüket kihasználva kisebb-nagyobb mértékben átalakulnak, alkalmazkodnak a megváltozó környezeti hatásokra. Az átalakulásra, alkalmazkodásra láttam példát a cönológiai felmérések összehasonlítása során az általánosan elterjedt, továbbá a degradációra utaló fajok arányának növekedésében.

4.5. Javaslatok

Gazdasági, társadalmi érdekünk a fent bemutatott változások megfigyelése, pontos leírása. Ezért véleményem szerint továbbra is fontos ezen zonális erdőtársulások (a bükkösök, a gyertyános-kocsánytalan tölgyesek, a cseres-kocsánytalan tölgyesek) monitorozása. Az erdőgazdálkodóknak, hatóságoknak, természetvédelmi szakembereknek intézkedésekkel, támogatásokkal kell segíteniük a zonális erdőtársulások megújulását, fennmaradását. Ezen intézkedés lehet a teljesség igénye nélkül például a szálaló erdőgazdálkodás alkalmazása, a tarvágásos felújítás teljes mértékben való visszaszorítása. Továbbá az erdőállományok kézimunka-igényes ápolása, mint például az agresszíven terjedő, idegenhonos fajok visszaszorítása. Biztosítanunk kell speciális erdei élőhelyeket és természetközeli erdőfelújítási lehetőségeket. Törekednünk kell mikrorélőhelyek kialakítására, fenntartására, például a holtfa visszahagyásával. Oda kell figyelniük a talajvédelemre is, melyet például a véghasználat elhalasztásával megtehetünk. A véghasználat során az élőhelyvédelem miatt feltétlenül szükséges facsoportok visszahagyása is.

Véleményem szerint mindezen tevékenységek elvégzésével, tudatos, okszerű gazdálkodással mérsékelhető az éghajlatváltozás hatása a zselici zonális erdőtársulás esetében.

5. Irodalomjegyzék

1. Ábrahám, L., Mészáros R., Prukner, G. (2018): Zselici Ezüsthárs Natúrpark. Natúrparki megalapozó szakmai háttér tanulmány
2. Ács, A. (2022): Őszi káposztarepce természetességének vizsgálata meteorológiai szempontok szerint az elmúlt évtizedek időjárása alapján. MATE Kaposvári Campus Mezőgazdasági mérnök Szak Diplomamunka
3. Arab, L., Seegmueller, S., Kreuzwieser, J., Eiblmeier, M., Dannenmann, M. Rennenberg, H. (2021): Significance of current weather conditions for foliar traits of old-growth sessile oak (*Quercus petraea* Liebl) trees. *Trees* 36: 777-791.
4. Bacsó, N., Kakas, J., Takács, L. (1953): Magyarország éghajlata. Országos Meteorológiai Intézet, Budapest
5. Bali, G. (2018): Történeti és modellezett meteorológiai adatsorok feldolgozása, erdészeti indexek vizsgálata Vajdaság és Bánság térségére (1878-2100). ELTE Meteorológiai Tanszék MSc diplomamunka.
6. Bartha, D. (1995): Az erdőtársulások ismertetése Description of forest communities. *TILIA* I.:16-63.
7. Bartholy J., Pongrácz, R. (2007): A Kárpát-medence szélsőséges hőmérsékleti és csapadékindexeinek regionális elemzése 1946-tól 2001-ig. *Science Direct Global and Planetary Change* 57: 83-95.
8. Bellemare, J., Moeller, D.A. (2014): Climate Change and Forest Herbs of Temperate Deciduous Forests. pp. 460-493. In: *The Herbaceous Layer in Forests of Eastern North America* (2nd edn). Gilliam, F. (ed.). Oxford University Press, Oxford.
9. Gálya, B., Nagy, A., Blaskó, L., Dályai, B., Tamás, J. (2015): Pálfa-féle aszályossági index és a Normalizált Csapadék Index összehasonlítása az Északi-alföldi régióban. *Agrártudományi Közlemények* 63: 59-64.
10. Bihari, Z. (szerk. 2012): Délkelet-Európai Aszálykezelési Központ - DMCSEE projekt. Délkelet-Európai Transznacionális Együttműködési Program (projektazonosító: SEE/A/091/2.2/X)
11. Bolognini, G., Nimis, P.L. (1993): Phytogeography of Italian deciduous oak woods based on numerical classification of plant distribution ranges. *Journal of Vegetation Science*, 4: 847-860.
12. Bölöni, J., Molnár, Zs., Kun, A. (2011): Magyarország élőhelyei Vegetációtípusok leírása és határozója ÁNÉR 2011. MTA Ökológiai és Botanikai Kutatóintézet, Vácrátót

13. Borhidi, A. (1961): Klimadiagramme und klimazonale Karte Ungarns. *Ebenda* 4: 21-50.
14. Borhidi, A. (1984): A Zselic erdei. *Studia Pannonica (A) Series historico-naturalis*, Pécs
15. Borhidi, A., Sánta, A. (szerk. 1999): Vörös könyv Magyarország növénytársulásairól. TermészetBÚVÁR Alapítvány Kiadó, Budapest.
16. Bosela, M., Stefancík, I., Petrás, R., Vacek, S. (2016): The effects of climate warming on the growth of European beech forests depend critically on thinning strategy and site productivity. *Agricultural and Forest Meteorology*, 222: 21-31.
17. Budeanu, M., Petritan, A.M., Flaviu, P., Vasile, D. (2016): The Resistance of European Beech (*Fagus sylvatica*) from the Eastern Natural Limit of Species to Climate Change. *Notulae Botanicae Horti Agrobotamici Cluj-Napoca* 44(2): 625-633.
18. Burescu, L.I.N., Morar (Burescu), E.A. (2019): Forests vegetation, forest habitats of community interest in north-west Romania, included in the project „Priority habitats of forest steppe and hilly piedmonts”, potential threats and monitoring of conservation status. *Annals of the University of Oradea Fascicle: Environmental Protection XXXII.*: 95-112.
19. Cornel, S.N., Adriana M.(B) (2011): The vegetations influence over the distribution of the soils in the forest of the hills of Oradea. *Analele Universității din Oradea, Fascicula Protecția Mediului XVII*.
20. Čufar, K., Zupančič, M., Krže, L., de Luis, M., Eckstein, D. (2010): Dendrochronology of oak (*Quercus* spp.) in Slovenia – an interim report. *Trace* 8.132-135.
21. Csengeri, E., Szalókiné, I., Zima, A., Gombos, B. (2022): Szárazság az elmúlt két évtizedben a Szarvas városrégióban, Magyarországon. *Research Journal of Agricultural Science* 54 (1).
22. Csóka, Gy., Koltay, A., Hirka, A., Janik, G. (2009): Az aszályosság hatása kocsánytalan tölgyesek és bükkösök egészségi állapotára. 'Klíma-21' Füzetek, 57: 64-73.
23. Czúcz, B. (2010): Az éghajlatváltozás hazai természetközeli élőhelyekre gyakorolt hatásainak modellezése. Doktori (PhD) értekezés
24. Czúcz, B., Csecsertis, A., Botta-Dukát, Z., Kröel-Dulay, Gy., Szabó, R., Horváth, F., Molnár, Zs. (2010): AN indicator framework for the climatic adaptive capacity of natural ecosystems. *Journal of Vegetation Science* 22: 711-725.
25. Czúcz, B., Gálhidy, L., Mátyás, Cs. (2011): Present and forecasted xeric climatic limits of beech and sessile oak distribution at low altitudes in Central Europe. *Annals of Forest Science*, 68 (1): 99-108.

26. Czúcz, B., Gálhidy, L., Mátyás, Cs. (2013): A bükk és a kocsánytalan tölgy elterjedésének szárazsági határa. Erdészettudományi Közlemények 3.(1): 39-53.
27. Dávid J. (2005): Az Északi-Zselic nyugati felének természeti képe. Válogatás az első tizenhárom MÉTA-túrafüzetéből, V. MÉTA-Túra: 144-147.
28. Deák, J.Á., Rakonczai, J., Molnár, Zs., Horváth, F. (2012): Élőhelyek klímaérzékenysége Délkelet-Magyarország tájaiban. VI. Magyar Földrajzi Konferencia, 165-180.
29. Dénes, K., Kovács, Z. (2021): A klímaváltozás hatásai a vízgazdálkodásra. Műszaki katonai közlöny 31 (1.): 41-50.
30. Dirnberger, G., Sterba, H., Condés, S., Ammer, Ch., Annighöfer, P., Avdagić, A., Bielak, K., Brazaitis, G., Coll, L., Heym, M., Hurt, V., Kurylyak, V., Motta, R., Pach, M., Ponette, Q., Ruiz-Peinado, R., Skrzyszewski, J., Šrámek, V., de Streel, G., Svoboda, M., Zlatanov, T., Pretzsch, H. (2016): Species proportions by area in mixtures of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and European beech (*Fagus sylvatica* L.). Eur J Forest Res 136:171-183.
31. Ellenberg, H. (1988): Vegetation Ecology of Central Europe. 4th Edition, Cambridge University Press, Cambridge.
32. Forzieri, G., Dakos, V., McDowell N.G., Ramdane, A., Cescatti, A. (2021): Emerging signals of declining forest resilience under climate change. Nature 608: 534-539.
33. Forzieri, G., Giradello, M., Ceccherini, G., Spinoni, J., Feyen, L., Hartmann, H., Beck, P.S.A., Camps-Valls, G., Chirici, G., Mauri, A., Cescatti, A. (2022): Emergent vulnerability to climate-driven disturbances in European forests. Nature Communications 12, 1081: 1-12.
34. Führer, E. (2010): A fák növekedése és a klíma. „Klíma-21” Füzetek Klímaváltozás-Hatások-Válaszok 61: 98-107.
35. Führer, E. (2018): A klímaértékelés erdészeti vonatkozásai. Erdészettudományi Közlemények 8. (1.):27-42.
36. Führer, E., Járó, Z. (1992): Auswirkungen der Klimänderung auf die Waldbestände Ungarns. Österreichische Forstzeitung 9., 25-27.
37. Führer, E., Járó, Z. (2000): Az aszály és a belvíz érvényesülése a Nagyalföld erdőművelésében I. Erdészeti Tudományos Intézet Kiadványai 12. 11-144.
38. Führer, E., Horváth, L., Jagodics, A., Juhász, I., Machon, A., Marosi, Gy., Móríng, A., Szabados, I. (2011): Az erdő és az éghajlat közötti kölcsönhatás számszerűsítése

- tekintettel az éghajlatváltozás érvényesülésére. Az agrometeorológia kihívásai és helyzete Magyarországon 37. Meteorológiai Tudományos Napok
39. Führer, E., Horváth, L., Jagodics, A., Machon, A., Szabados, I. (2011): Application of a new aridity index in Hungarian forestry practice. *Időjárás* 115(3): 205-116
 40. Gálya, B., Nagy, A., Blaskó, L., Dályai, B., Tamás, J. (2015): Pálfa-féle aszályossági index és a Normalizált Csapadék Index összehasonlítása az Észak-alföldi régióban. *Agrártudományi Közlemények* 63.
 41. Gavrilov, M.B., Lukić, T., Janc, N., Basarin, B., Marković, S.B. (2019): Forestry Aridity Index in Vojvodina, North Serbia. *De Gruyter* 11: 367-377.
 42. Gulyás, K. (2017): A klímaváltozás hatása a kocsánytalan tölgy (*Quercus petraea*) elterjedésére és termelésére. Doktori (PhD) értekezés, Sopron
 43. Herman (Lacatos), L.M. (2012): Vegetation dynamics in Lăzăreni hills. *Analele Universității din Oradea, Fascicula Protecția Mediului*, XVIII.
 44. Hilton, I. (2008): The Reality of Global Warming: Catastrophes Dimly Seen. *World Policy Journal*, 25(1), 1-8.
 45. Horváth, A.O. (1972): Die Vegetation des Mecsekgebirges und seiner Umgebung. Akadémiai Kiadó, Budapest
 46. Huntley, B. (1990): Európai posztglaciális erdők: összetételbeli változások az éghajlatváltozás hatására. *Journal of Vegetation Science*, 1: 507-518.
 47. Janik, G., Hirka, A., Koltay, A., Juhász, J., Csóka, Gy. (2016): 50 év biotikus kárai a magyar bükkösökben. *Erdészettudományi Közlemények* 6. (1.):45-60.
 48. Jensen, L.U., Lawesson J.E., Balsev, H., Forchhammer M.C. (2004): Predicting the distribution of *Carpinus betulus* in Denmark with Ellenberg's Climate Quotient. *Nord. J. Bot.* 23.: 57-67.
 49. Juhász, M., Márkus, A. (2018): A belső-somogyi homokvidék égerlápjainak ökológiai vizsgálata. *Kaposvári Rippl-Rónai Múzeum Közleményei* 5: 43-56.
 50. Káldi, L. (2010): Zselicségi erdészeti tervezési körzet második erdőterve.
 51. Kevey, B. (2008): Magyarország erdőtársulásai (Forest associations of Hungary). *TILIA* 14.: 1-489.
 52. Kevey, B. (2022): A Kerkavida tölgy-kőris-szil ligetei. *Kaposvári Rippl-Rónai Múzeum Közleményei* 08: 5-30.
 53. Király, G. (szerk. 2009): Új magyar fűvészkönyv Magyarország hajtásos növényei Határozókulcsok. Aggteleki Nemzeti Park Igazgatóság, Jászvölgy

54. Kovács, F. (2013): A klímaváltozás földrajzi hatásainak értékelése távérzékelési módszerekkel. SZTE Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tszk.
55. Kovács, F., Gulácsi, A. (2018): Spektrális indexek a klímaváltozás földrajzi hatásainak értékelésében. In: Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában. Debrecen Egyetemi Kiadó, 163-170.
56. Kozák, P., Pálfai, I., Herczeg, Á. (2012): Palfai Drought Index (PaDI) – A Pálfai-féle aszályindex (PAI) alkalmazhatóságának kiterjesztése a délkelet-európai régióra. Országos Meteorológiai Szolgálat, Délkelet-Európai Aszálykezelési Központ – DMCSEE, 21-26.
57. Lakatos, F., Molnár, M. (2009): A bükk (*Fagus sylvatica* L.) tömeges elhullása Délnyugat-Magyarországon. Acta Silv. Lign. Hung., Vol. 5: 75-82.
58. Lakatos, M., Szentimrey, T., Bihary, Z., Szalai, S. (2012): A Kárpátok régió homogenizált éghajlati adatbázisának elkészítése a MASH eljárás alkalmazásával és az adatok előzetes elemzésével. Quarterly Journal of the Hungarian Meteorological Service 117, 143-158.
59. Lindner, M., Maroschek, M., Netherer, S., Kremer, A., Barbati, A., Garcia-Gonzalo, J., Seidl, R., Delzon, S., Corona, P., Kolström, M., Lexer, M.J., Marchetti, M. (2010): Climate change impacts, adaptive capacity, and vulnerability of European forest ecosystems. Forest Ecology and Management 259: 698-709.
60. Lindner, M., Fitzgerald, J.B., Zimmermann, N.E., Reyer, Ch., Delzon, S., van der Maaten, E., Schelhaas, M-J., Lasch, P., Eggers, J., van der Maaten-Theunissen, M., Suckow, F., Psomas, A., Poulter, B., Hanewinkel, M. (2014): Climate change and European forests: What do we know, what are the uncertainties, and what are the implications for forest management? Journal of Environmental Management 146: 69-83.
61. Mátyás, C., Bozic, G., Gömöry, D., Ivankovic, M., Rasztoivits, E. (2009): Juvenile growth response of European beech (*Fagus sylvatica* L.) to sudden change of climatic environment in SE European trials. Forest – Biogeosciences and Forestry, (2): 213-220.
62. Mátyás, Cs., Führer, E., Berki, I., Csóka, Gy., Drüsler, Á., Lakatos, F., Mórićz, N., Rasztoivits, E., Somogyi, Z., Veperdi, G., Vig, P., Gálos, B. (2010): Erdők a szárazsági határon. „KLÍMA-21” Füzetek: Klímaváltozás – Hatások – Válaszok, 61: 84-97.
63. Milad, M., Schaich, H., Bürgi, M., Konold, W. (2011): Climate change and nature conservation in Central European forests: A review of consequences, concepts and challenges. Forest Ecology and Management 261: 829-843.

64. Móricz, N., Rasztoivits, E., Gálos, B., Berki, I., Eredics, A., Loibl, W. (2013): Modelling the potential distribution of three climate zonal tree species for present and future climate. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica* 9(1): 85-96.
65. Novák, P., Willner, W., Zukal, D., Kollar, J. (2000): Oak-hornbeam forests of central Europe: a formalized classification and syntaxonomic revision. *Preslia* 92(1): 1-34.
66. Pálfai, I. (1990): Description and forecasting of droughts in Hungary. *Proceedings 14th International Congress on Irrigation and Drainage, Rio de Janeiro, Brazil.* 1-c: 151-158.
67. Rasztoivits, E., Berki, I., Mátyás, Cs., Czimber, K., Pötzelsberger, E., Móricz, N. (2014): The incorporation of extreme drought events improves models for beech persistence at its distribution limit. *Annals of Forest Science*, 71 (2): 201
68. R Core Team (2022). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>
69. Simon, T. (1992): A magyarországi edényes flóra határozója Harasztok – virágos növények. Tankönyvkiadó, Budapest
70. Simon, T., Seregélyes, T. (1998): Növényismeret A hazai növényvilág kis határozója. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest
71. Somogyi, Z. (2011): Zselici bükkös erdőtársulás időbeli változásának összehasonlító cönológiai vizsgálata. *Natura Somogyiensis* 19, 17-24.
72. Somogyi, I., Bede-Fazekas, Á., Lepesi, N., Czúcz, B. (2016): A klímaváltozás hatása a természetes élőhelyekre. *Tudásmegosztás, alkalmazkodás és éghajlatváltozás* 57-63.
73. Szentimrey, T., Bihari, Z. (2010): A MISH módszer alkalmazása SPI-sorozat rácsozására. *Hungarian Meteorological Service Budapest*
74. Szép, T. (2010): A klímaváltozás erdészeti ökonómiai vonatkozásai. Doktori (PhD) értekezés
75. Van Der Veken, S., Bossuyt, B., Hermy, M. (2004): Climate gradients explain changes in plant community composition of the forest understorey: an extrapolation after climate warming. *Belgian Journal of Botany* 137: 55-69.
76. Vukelić, J., Baričević, D. (1999): Forest vegetation in the City of Zagreb and the Zagreb County. *Glasnik za šumske pokuse: Annales Experimentis Silvarum Culturae Provehendis*, 36: 103-145.
77. Xie, Y., Ahmed, K.F., Allen, J.M., Wilson, A.M., Silander Jr J.A. (2015): Green-up of deciduous forest communities of northeastern North America in response to climate variation and climate. *Landscape Ecol* 30:109-123.

78. Zólyomi, B. (1942): A középdunai flóraválasztó és a dolomit jelenség. Die Mitteldonau-Florenscheide und das Dolomitphänomen. Botanikai. Közlemények. 39: 209-231.

Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretném megköszönni Dr. Somfalvi-Tóth Katalin Tanárnőnek és Dr. Pál-Fám Ferenc Tanár úrnak az áldozatos munkájukat és a hasznos tanácsaikat, amivel hozzájárultak a Tudományos Diákköri dolgozatom elkészítéséhez. Továbbá köszönettel tartozom családomnak, munkatársaimnak, hogy szeretetükkel és türelmükkel támogatják tanulmányaimat.