

## Globális klímaváltozás okozta elsivatagosodás lehetséges hatásai a magyarországi vizes élőhelyekre és rovarpopulációjukra, különös tekintettel a tegzesekre

Possible effects of desertification caused by global climate change on the Hungarian aquatic habitats and their insect population with special respect to Trichoptera

Kiss Ottó

**Abstract** – The expectable effects of desertification on the Hungarian aquatic areas as potential habitats for aquatic insects are overviewed. The various water types, the diversity of ecological elements, and the endangered Ramsari areas are discussed. Desertification may bring about the disappearance of aquatic habitats together with their insect population, including caddisflies, i.e. the destruction of aquatic fauna and its replacement with migrant terrestrial insects, which is a threatening scenario for the aquatic habitats of the Great Hungarian Plan.

**Key words** – Ramsari areas, aquatic habitats, area centres, fragmentation, Trichoptera, fauna destruction, Hungary.

**Author's address** – Kiss Ottó | Eszterházy Károly Főiskola Állattani Tanszék | H-3300 Eger, Leányka u. 6.  
(Residence address: H-3014 Hort, Bajcsy-Zs. u. 4., Hungary) | e-mail: otto\_kiss@freemail.hu

### Bevezetés

A Föld fejlődéstörténetének 3,5 milliárd éve alatt az élővilág alkalmazkodott és ugyanakkor jelentős mértékben hozzájárult az élettelen természeti környezet változásaihoz. A Föld éghajlatát közismert, hogy a következő tényezők befolyásolják:

- a szárazföld felszíni adottságai, a domborzat mérete és földrajzi helyzete,
- növényzettel való borítottsága,
- tengeráramlások,
- a Föld orbitális paramétereinek változásai,
- csillagászati tényezők, a Nap sugárzása,
- antropogén tevékenység, üvegházhatás.

A légkörbe bocsájtott üvegházhatású gázok befolyásolják a természetes folyamatokat. A Meteorológiai Világszervezet (WMO) jelzései alapján két viszonylag stabil időszak után egy-egy gyorsan emelkedő hőmérsékletű szakasz következett be: egyik a XX. sz. elején, a másik a XX. század végén. Az utóbbi húsz évben a globális hőmérséklet a korábbinál gyorsabb ütemben emelkedett. Legmelegebb év 1998 volt, amelynek globális felszíni kö-

zéphőmérséklete 0,58 °C-kal haladta meg az 1961–1990 közötti 30 év átlagát. Az utóbbi 100 évben a globális felszíni középhőmérséklet több mint 0,6 °C-kal emelkedett (Faragó & Kerényi 2003, Mika 2011, Utasi et al. 2011). Ennek következményei:

– A tengerszint emelkedése, oka a jégtakaró fokozatos elolvadása, az utóbbi 100–150 évben kb. 20 cm-es tengerszint emelkedés volt. (Távlataiban a tengerparton élő társadalmak számára jelenthet következményeket, mely nagyarányú migrációt eredményez).

– Veszélyekkel járhat a csapadék mennyiségének csökkenése: a száraz, félszáraz és félmedves területeken (Faragó & Kerényi 2003, Mika 2011).

### 1. A Kárpát-medence globális klímaváltozása, az elsivatagosodás

Magyarországon, a Kárpát-medencében is a 0,5 °C-os félgömbi melegedés a tenyészidőszak 5–10 napos meghosszabbodásával jár. Ezzel a csapadékcsökkenés, valamint a napfénytartam- és hőmérséklet növekedés jár együtt, ami a talaj nedvesség-



**1. ábra.** A Kárpát-medence víz borította és vízjárta területei az ármentesítő és lecsapoló munkálatok megkezdése előtt (A M. Kir. Földművelésügyi Minisztérium Vízirajzi Intézete, Budapest, 1938 nyomán)

tartalmának jelentős csökkenéséhez vezethet. Az aszályossági index alapján (80%) az aszályal érintett terület az országterület arányában meghaladja a 90%-ot (pl. Magyarország egyes területein 2012-ben).

Az éghajlati rendszerre vonatkozó modellszámítások a CO<sub>2</sub>-szint megkétszereződése, a globális felszíni átlaghőmérséklet több fokos emelkedését eredményezné, amit az óceánok víztömege és a hókapacitás mérsékelheti, illetve időben (évtizedek) késleltetheti.

A feltételezett éghajlatváltozási okok miatt a mérsékelt éghajlati övezetben a természetes élővilág kénytelen az új körülményekhez alkalmazkodni. A környezeti feltételek megváltozásának üteme (időintervalluma) meghatározó lehet:

- A túl gyors változásokhoz a növényvilág egy része képtelen alkalmazkodni, amely pl. az erdőt alkotó fajok több száz kilométeres É-ra való eltolódását okozhatja a jelenlegi növényzeti övekhez képest.

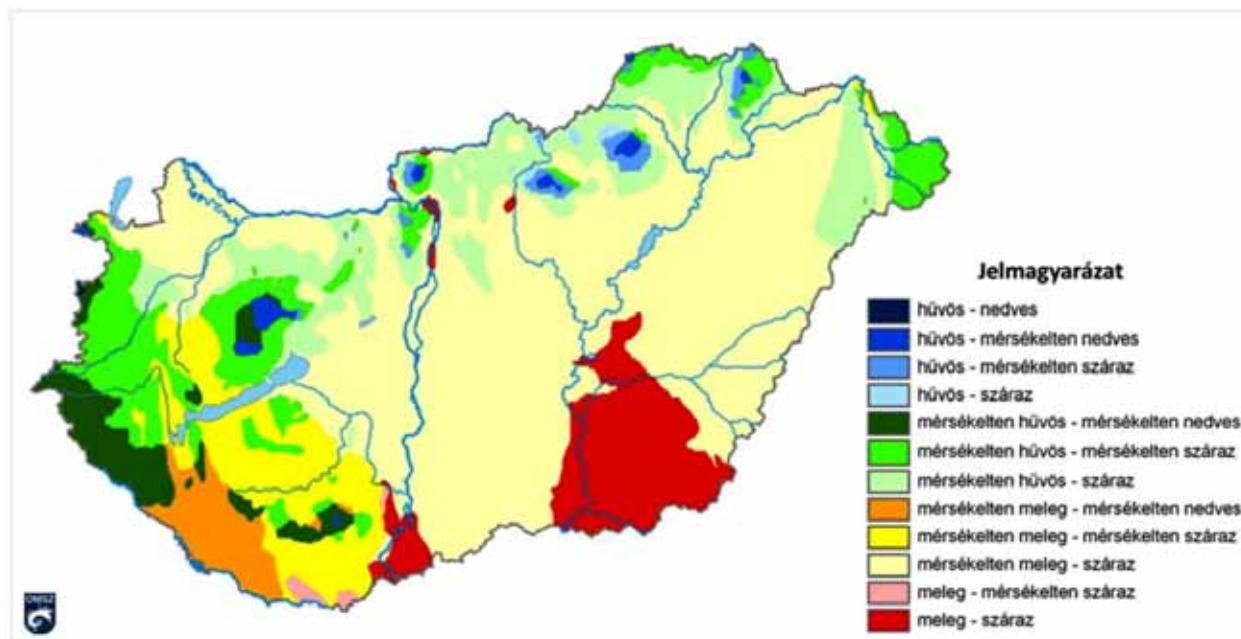
- Az állatvilág esetében a kevésbé tűrőképes fajok egy részének pusztulásához vezet, ugyanakkor az igénytelenebb fajok nagyobb mértékben el-

terjednek, a kártevő és kórokozó fajok elszaporodhatnak (Bartók 2008).

Lényeges megemlíteni, hogy a Kárpát-medence a nedves óceáni és a száraz kontinentális-mediterrán éghajlati régiók határán található, ami megnyilvánul abban, hogy nyáron a száraz, télen a nedves klimatikus hatások érvényesülnek. A modellezési elemzésekből kitűnik, hogy Magyarország, a Kárpát-medence az éghajlatváltozás által veszélyeztetett régiók között van, különösen a magyar Alföld területe (Faragó & Kerényi 2003, 2004).

A 10–15 év éghajlat kutatásai alapján a feltételezett globális átlagnál nagyobb mérvű hőmérséklet emelkedés várható, de mértéke bizonytalanul becsülhető meg. A felmelegedést a tenyészidőszak vízellátásának romlása kísérheti, amit a csapadék csökkenése mellett a léghőmérséklet emelkedése és a felhőzet csökkenése miatt a párologtatóképesség növekedése is súlyosbít. Regionálisan a csapadék eloszlása lényegesen megváltozik, gyakoribbá válnak az aszályos évek.

Magyarország földrajzi helyzetéből adódó veszélyeztetettséget az okozza, hogy az őshonos ál-



2. ábra. Magyarország éghajlati körzetei (Péczeli György nyomán)

lományalkotó fafajok (tölgy, bükk) elterjedésének alsó határa van itt és a csekély felszíni tagoltság kevés védelmet nyújt. Az Alföldön a negatív változás tendenciózusan megmutatkozik abban is, hogy a talajvízhatást élvező területek vízellátása válik kritikussá (Kertész 2001).

## 2. A magyarországi vizes élőhelyek

A fentiek alapján kérdéses az, hogy a globális klímaváltozásnak milyen hatása van a vízi rovarok élőhelyeire, a különböző víztípusokra (források, csermelyek, patakok, folyók, holtágak, tavak, tócsák és mocsarak stb.). A hatások közvetlenül és közvetetten okozhatnak változást (Kertész 2001).

A csapadékhiány miatt a források vízhozama, jelentősen csökkenhet vagy igen jelentős ingadozást, évszakos eltérést mutathat, időszakossá válhat, vagy meg is szűnhet (pl. 2012-ben a Bükk hegységi Szikla-forrás Szilvásváradnál). Ez utóbira példa lehet a főleg mészkőből felépülő Bükk hegység, ahol a legmagasabb területeken 600–900 mm, míg az alacsonyabb hegységperemeken 500–600 mm évi csapadékot mértek. Ismert, hogy a karsztvizek a csapadékvizekből származnak. Természeti értéket képviselnek a viszonylag ritka előfordulású időszakos források a Bükk-fennsík déli peremén (pl. Vöröskői-, az Imó-kői- és a Feketeleni-források) évente csupán néhány hétig,

hónapig öntenek vizet a felszínre. Ez a karsztvíz-felület magasságával függ össze.

A többi forrás a karsztforrások vízhozamával jóval szerényebb vízmennyiséget adó az agyagpálák és vulkáni kőzetek repedés-vízét felszínre hozó források a Bükk hegységben pl. Bán-kút, Jávorkút, Disznós-kút, Hármaskút stb.

Forrásaink kémiai, biológiai vízminősége I osztályú (ivóvíz minőségű), pl. a Felső-Szalajka-forrás, melyet a környezetre érzékeny élővilág (vízi gerinctelen makrofauna) is jelez. A forrásokban és forrásmedencékben kiegyenlített környezeti feltételek mellett több tízezer éve megjelent állat - ill. rovarcsoportok maradhattak fenn, esetenként a helyi (lokális) környezeti körülmények hatására sajátosan átalakulhattak. A forrásokban és az abból eredő patakokban gyakran található planáriák (*Crenobia alpina*), patakcsiga (*Sadleriana pannonica*), a vízbe hullott avar között a bolharákok (*Gammarus fossarum*, *Gammarus roeseli*) tömegei nyüzsögnek. A kárpáti jellegű patakokban álkerészek, kérészek, szitakötők, tegzesek, bogarak, kétszárnyúak, vízipoloskák stb. lárvái fejlődnek. A biomassa fontos képviselői az árvaszúnyogok (Chironomidae) lárvái. A fenti csoportok fajai egyben indikátorfajok is, jelzik a vízminőséget és funkcionális táplálkozási csoportjaik különíthetők el, a vízi életközösség táplálékláncához tartoznak (Moog 1995, Kiss 1977, 1979, 1981, 1984).





3. ábra. A Szalajka-patak Szilvásváradnál



4. ábra. Ingadozik a Zagyva folyó vízjárása

A globális klímaváltozás a vízi rovarok biodiverzitását a legjobban azzal veszélyezteti, hogy bekövetkezhet:

- a habitatok (élőhelyek) leromlása, pusztulása,
- a habitatok fragmentálódása, élőhelyfoltok megjelenése,
- a környezet (levegő, víz, talaj) szennyeződése.

Nagy veszélyt jelenthet az, ha a különböző tényezők egymást felerősítve fejtik ki hatásukat.

### 3. A magyarországi síksági területek vizeiterei

Ezen élőhelyek változatosságát preferáló fajokat a klímaváltozás olyan mértékben befolyásolhatja, hogy a forrás vagy patak vízhozama, vízmennyisége, az abiotikus (kémiai, fizikai) paraméterek negatív változása, ezen élőhelyek sokféleségét is csökkentheti, ezzel szemben a nagyobb tűréshatárú (nagyobb ökológiai valentiával bíró) fajok szétterjedését teszi lehetővé, felerősödve a lenitikus és ubiquista fajok számának növekedését, és szűkítve a stenotherm fajok életterét. A fragmentálódás pedig a patakszakaszok folytonosságát (Vannote et al. 1980), szakaszjellegeit bontja meg, időszakos források és patakok kialakulását eredményezve. A már időszakos vizekben szűkül az esetleges életteré idõtartama, ami a lesodródásból adódó benépesülés által alakult ki (pl. Bükk h., Vöröskő forrás és csermely, Imó-kő stb. (Kiss, 1984).

Az Alföld területének aszályosodása, a síksági nagy folyóink, a kis állóvizek, szikes tavak, mocsarak, holtágak, csatornák, víztározók, halastavak vízmennyiségének fokozatos csökkenését és a ki-

száradás veszélyét hordozza. Az itt élő vízirovarpopuláció észak-felé történő migrációja vagy elpusztulása várható. Ez kihatással van a vízimadarak, mint bioturbálók gazdag táplálékának (Hortobágy, Kiskunsági szikes tavak, Kondor tó) vízfelületi csökkenéséhez vagy hiányához, amely természetvédelmi problémák megoldását teszi szükségessé.

Nagy folyóink (Duna, Tisza) mint ökológiai folyosók a vízi rovarok elterjedésében jelentősek. A Tisza területéről fénycsapdával viszonylag a folyó arányai alapján csak 51 tegzesfaj ismert (Bába & Gallé 1998, Nowinszky et al. 2010, 2011, 2012, Kiss 2012), további kutatások szükségesek. Hasonlóan a gödi Duna-szakasz esetében (Mészáros 2005, Andrikovics & Kiss 2006) 60 tegzes taxon, 17 kérsz taxon került elő, összesen a magyarországi Dunából eddig 94 tegzes faj ismert (Kiss 2003).

Nagyobb folyóink a sivatagosodást kevésbé fogják elszenvedni, mert a vízgyűjtőterületük az ország határain kívül, hegyvidékekre esik (Feketeerdő, Alpok, Keleti-Kárpátok), itt az óceáni klíma csapadékosabb időjárása, valamint a magasabb tegerszintfeletti területek, hegyvidékek erdősültsége gátolni fogják a sivatagosodás káros következményeit. Feltételezhető, hogy a csapadékviszonyok kismérvű negatív változása, csökkenése nem fogja túlságosan befolyásolni a faunaváltozást. Ezen „ökológiai folyosók” szerepköre fenntartja és biztosítja a vízi rovarfauna szétterjedésének fenti központjait, utat engedve a mediterrán területről migráló fajok északi vándorlásának is.

Kisebb folyóink (Zagyva [4. ábra], Sajó, Bodrog, Hernád, Bódva, Szamos, Túr, Kőrösök) víz-



5. ábra. A Balaton Szikligetnél



6. ábra. A Velencei-tó Sukorónál

gyűjtőterületének és a vízmennyiségének csökkenése, és az antropogén hatások is, eredményezi azt, hogy az ingadozó vízjárásuk felerősödhet és a kiszáradásuk folytonossága, lokalizációja érvényesülhet. A nyugat-dunántúli folyók: Rába, Répce, Kerka, Zala forrásvidéke az atlanti hatás és a változatos domborzat alapján bőségesebb csapadék eloszlással számolva, mint az Alföld területén, jelentősebb változást a vízirovarok elterjedésében nem okozhat (rövid időtartam alapján) a sivatagosodás.

A nagyobb tavak: Balaton (5. ábra), Velencei-tó (6. ábra), Fertő-tó, Tisza-tó, Lázberci víztározó stb. víztömegét a csapadék eloszlása és a tavakat tápláló hegyvidékekről eredő kisebb folyók, patakok által szállított vízmennyiség határozza meg. Valószínűsíthető, hogy a víztömegük csökken (bizonyított a Balaton vízszintjének csökkenése) a következő 100 évben, de lényegesebb, drasztikus vízvesztés nem lép fel, így a vízirovarok sem fognak jelentősebb pusztulást szenvedni, és a szétterjedésük gócaiként fognak e vízterek szerepelni.

Az Alföld talán legjellegzetesebb és ugyanakkor legjobban veszélyeztetett a sivatagosodásnak kitett vizes élőhelye: a Hortobágyi Nemzeti Park területének jelentős része, időszakos vagy állandó vízzel borított területei. Tavasszal a pusztta  $\frac{3}{4}$ -részét víz borítja. Nem véletlen, hogy mintegy 17 000 ha a Ramsari egyezmény alapján különleges védelmet kapott. E terület valamikor a Tisza árterülete volt (Tardy 2007). A Hortobágy területéről a tegzesek sem hiányoznak: Újszentmargita, Margitai erdő közeléből 26, Ohatról 2, Tiszacsegéről 16 fajt említene, a Hortobágyi halastó környékéről a

*Cyrnus flavidus*, a *Phryganea grandis* és a *Limnephilus bipunctatus* fajokat említik (Sátori 1935, Mahunka (ed.) 1981, 1983, Ujhelyi 1983).

Az ármentesítés a mai rövidfűvű szikes pusztta kialakulásában igen jelentős, egyike az észak-déli irányú madárvonulási rendszernek. A tavaszi vonulási csúcspan 25 ezerre becsülték a vonuló madarak mennyiségét. E vízi élőhely igen gazdag táplálékforrása is a vonuló és itt fészkelő madaraknak.

A sivatagosodásnak kitett, síkvidéki (Alföld) egyéb természetes vizeinek sokféleségét a következő típusok képviselik (Tardy ed. 2007):

Asztatikus vizek; alkalmi (ephemer) vizek: Hóolvadások után, tavaszi, kora nyári esőzés után megtelnek vízzel a szikfokok, szikerek, a felmelegedés és párolgás következtében néhány napig, esetleg 1–2 hétig sajátos, rövid életű növény és állatpopuláció alakul ki bennük. Tavasszal a vonuló madarak fontos táplálkozó helyei.

Időszakos (temporarius) vizek: Nagyobb kiterjedésű szikfenekek, feltöltődött folyómedrek, mocsarak helyén alakultak ki. A folyók áradásai, csapadékvizek töltötték fel, és az évenkénti egyszeri kiszáradásuk a nyári aszályos hónapokra esik. Maradványaik a Kincses lapos, Polturás lapos bioszférarezervátum, magterületek. Az időszakos mocsarak életéhez tartozik az évenkénti kiszáradás, ami stabilizálja állapotukat, megakadályozva a szerves anyag túlzott felhalmozódását. E helyek veszélyeztetettségét a műtrágyázás is előidézi (a mezőgazdaságba vont területről a bemosódás okozhatja), a terület csökkenését a mesterséges vízutánpótlás hiánya veszélyezteti. Problémát

okozhat a vízrendszerek változása, melyet az utak, csatornák építése, a felázott földön mély nyomokat okozó mezőgazdasági technika alkalmazása, a legeltetési formák változása természetvédelmi szempontból káros lehet.

Szemisztatikus vizek: Hortobágyról eltűnőben vannak. Jellemzőjük a nagy, szélsőséges vízszintingadozás. Utolsó maradványuk a Kunkápolnási mocsár, mely a Hortobágy ármentesítés előtti állapotát őrző élőhely. Területe: 3000 ha, fokozottan védett 300 ha. Földrajzi koordinátái: é. sz. 47°27'; k.h. 20°58' (Tardy ed. 2007). Igen gazdag, diverz vízirovarvilága kiemelkedő.

Holtágak, morotvák, vizes árterek: Vízüket főleg a Tisza áradásai újítják meg, ezen kívül a tavaszi hóolvadás és a csapadék. A Nagy-Kácsás természetvédelmi területen több ősi medermaradvány található. Ezek a fészkelő gémfélék és vonuló vízimadár tömegek fontos táplálkozó területei.

Mesterséges vízterek:

– Halastavak: Az első tóegységek az 1910-es években épültek, fontos szerepük volt a vízvilág több értékes fajának megmentésében, óriás madártömeget vonzanak, amelyek halfogyasztása gazdaságilag sem kívánatos.

– Rizsföldek: Alkalmi vizes élőhelyek melyeket a pajzsoscankók, aratáskor a vadrécék keresnek fel.

– Víziszárnyas telepek: Tájéképileg kedvezőtlennek, sajátos kopár partú, táplálékban gazdag víztípus, állategészségügyi problémákat okozhatnak veszélyeztetve a természetes madárvilágot.

– Tározók: Tiszafüredi Madárrezervátum (a Tisza II. vízilépcső tározója) egy már eltűnőben lévő vízi élőhely újraéledését láthatjuk. Az alföldi árterek élővilágának lassú visszaalakulása figyelhető meg, a jellegzetes bentosz társulások megjelenésével.

– Öntözött gyepek: Főként a nyári, aszályos periódusban van jelentőségük, mert fontos táplálkozóhelyek, pihenőhelyek.

– Csatornák: Télen sem mindig fagynak be, az áttelelő vízimadarak, a vízirovarok jelentős élőhelyei, az állandó vízborítás alapján szitakötők, árvaszúnyogok, tegzesek, vízi poloskák, vízibogarak, álkérészek, kérészek jelentős faj és egyedszáma népesíti a vizes élőhelyeket.

#### 4. Vízterek ökológiai tényezői

Források: rheokrén, helokrén, limnokrén típusa, mint élőhely jelentős a vízi rovarok számára. A csapadékihiány és a felmelegedés az állandóan működő források vízhozamát jelentősen csökkentheti vagy meg is szüntetheti, amely befolyásolja az ott élő vízirovar populációt. Az ökológiai jellemzők: a levegő hőmérsékletének negatív változása, a vízkémiai adatok (a víz hőmérsékletének (9–13 °C), a pH optimumtól való eltérése (7,2–7,8 pH), emelkedése, a víz oxigéntartalmának csökkenése (89–92 %-ról 40–55%-ra), az elektromos vezetőképeség átlagának (420–800 µS/cm) jelentős emelkedése vagy csökkenése és a vízáramlás turbulenciájának megszűnése vagy a vízáramlás optimumtól (0,1–0,5 m/sec) való jelentős eltérése igen fontos abiotikus tényezők. Végső soron a vízgyűjtő terület nagyságának hektikus változása okozhatja az élőhelyek drasztikus csökkenését (Kiss 2003).

#### Vízhőmérséklet

– A nagy vízgyűjtő-területű, bővizű karsztforrások (vízhozama 8-9 ezer l/sec átlagosan) vízhőmérsékletének évi ingadozása jelenleg 1-2 °C (pl. a Bükk hegységi Felső-Szalajka-forrás), a jóval kisebb a törmeléforrásoké (0,8- 0,9 l/sec átlagosan), 3–5 °C az évi vízhőmérséklet ingadozása (pl. Bükk hegységi Házhely-kút, Disznós-kút). A sivatagosodás hatására a léghőmérséklet is jelentősen emelkedik (pl. 2012 júliusában 37– 38 °C-ot is mértek), amelynek következtében a források vízhőmérsékletének évi ingadozása 5–9 °C lehet. A patak szakaszok vízhőmérséklete követi bizonyos mértékig a léghőmérséklet változásait pl. a Bükk hegységi Szalajka-patak vízhőmérséklete augusztusban 13 °C, legalacsonyabb februárban 6,4 °C, a felmelegedés hatására ennek 5-7 °C-os vízhőmérséklet növekedése várható.

– Disznós-kút forrásnál a vízhőmérséklet 6,1 °C – 8,0 °C, a csermely vize 3,8 °C–12,8°C között változott.

– Huba-forrás vízhőmérséklete 7,4 °C – 10,8 °C, folytatása a Sebesvíz-pataké 3,2 °C – 13 °C.

– Bán-völgyi forrás 2004-ben 8,0 °C – 8,7°C, a pataké 9,0 °C – 11,1 °C között változott.

– A Mátra hegységben a Narád és Csörgő-patakok vízhőmérséklete 6,1 °C – 18,2 °C között változott.

– A Zagyva forrásvidékének (Medves-vidék) vízhőmérséklete (2009-ben) 5,6 °C - 18,6 °C a méréseim alapján (Kiss 1979, 1981, 1984, 2002, 2003, 2008, 2011).

A felmelegedések hatására +5 °C – +9 °C-os vízhőmérséklet növekedés párosulva a kevesebb csapadékkal az eurytherm fajok térnyerését eredményezheti.

A vizek pH értéke

A forrásokban 7,5–7,8, a forrástól távolodva növekszik. A Szalajka-patakban (3. ábra) és a többi patakban is 7,9 pH– 8,5 pH érték tapasztalható. A klímaváltozás a pH érték 0,5– 1,0 pH növekedést eredményezhet Kiss et al. 2002, Kiss 2004, Kiss & Zsuga 2004).

A vizek oldott oxigéntartalma

A Bükk hegységben a Bán-patak forrásmedencéjében 9,2 mg/l (83,1%) a patakban 8,56 mg/l (78,2%), a mátrai Csörgő-patakban 6,2mg/l (66%) – 12,73mg/l (130%) között változott. A víz oldott oxigéntartalma a felmelegedés miatt alacsony értéket fog mutatni, a hiányzó turbulencia miatt és a várható érték 4,5mg/l és 5,2mg/l között ingadozhat (Kiss et al. 2002, Kiss & Zsuga 2004).

A vizek fajlagos vezetőképessége

A Bükk hegység Szalajka-patakban 429–480 $\mu$ S/cm, a Bán-patakban 440–480  $\mu$ S/cm, a Zagyva forrásvidékén 313 $\mu$ S/cm, a patakban 1010 $\mu$ S/cm az átlagos érték, a Mátrában a Csörgő-patakban 223–285 $\mu$ S/cm, az Eger-patak szarvaskői szakaszán 730–1300 $\mu$ S/cm, ami relatíve magas érték amelyet a geológiai okok is előidézhetnek (bazalt, diabáz, gabró kőzetek). A fenti vizek jelenleg az MSZ 450-1. 1989 minősítő szabvány szerint a kémiai és biológiai vízminőségük ivóvíz minőségű, I. osztályú vízminőséghez tartoznak. Az éghajlatváltozás hatására valószínűsíthető a fajlagos vezetőképesség csekély változása, a csökkenés irányában. A vízminőség a  $\beta$ - $\alpha$  mezozaprobikus érték felé tolódhat el (II–III. vízminőségi osztály) (Moog 1995, Kiss et al. 2002, Kiss 2003, Kiss & Zsuga 2004, Kiss et al. 1999, 2002, Kiss 2003).

## 5. A vízi biotópok egyéb jellemzői és változásai és a vízirovarok sokfélesége

A vízmennyiség és a vízsebesség határozza meg a mikrohabitatok (szubsztrátmozaikok) ismétlődő elrendeződését. Az áramló vizekre, (lotikus) szakaszokra a nagyobb köves (5–20 cm hosszú) és kisebb köves (2–5 cm hosszú) habitatokat, szubsztrát-mozaikokat sajátos tegzesfajok lárvái népesítik be: Rhyacophilidae, Goeridae, Hydropsychidae, Glossosomatidae-k. A homokos patak szakaszon gyakran kavics és kisebb nagyobb kövek, de a detritusz is előfordul. Itt élnek a Sericostomatidae, Odontoceridae, Glossosomatidae, Goeridae lárvák. A lenitikus szakaszokon a víz felületi áramlásban van, ami lehetővé teszi a detritusz lerakódását. Itt a Limnophilidae, Leptoceridae család fajai élnek.

A folyóvizekben a mohás szubsztrátum (*Fontynalis antipiretica*, *Marchantia polymorpha*) mint élőhely a nagyobb kövek felületén fordul elő, „bryomadicol” zónát a *Wormaldia occipitalis*, a *Polycentropous flavomaculatus*, a *Rhyacophila pubescens*, *Rhyacophila tristis*, *Odontocerum albicorne*, *Simulium sp.* és *Chironomus sp.* lárvák népesítik be (Kiss et al. 1999).

A csurgóra a függőlegesen lezúduló víz elsodró ereje hat, algapamacsok, mohabevonat, fokozott mészkiválás, a sziklás mésztufás aljzat jellemző, melyet a következő fajok népesítenek be: *Rhyacophila tristis*, *Tinodes sp.*, *Wormaldia occipitalis*, *Simulium sp.* és *Blepharoceridae sp.* lárvák.

A vízsebesség mint alapvető rendező elv a vízi rovarok társulássá szerveződésének két szintjét alakíthatja ki (Oláh1967, Kiss 1977, 1979, 2003):

– Az *elemi közösségek* szintjén a hasonló niche populációk kompetitív együttese alakulnak ki. Ezek dinamikus jellegét figyelembe véve a mozaikok izolált együttese hasonló niche-ű kompetitív egységgé kapcsolódnak.

– *Ökoszisztém szinten* már az egyes patakszakaszok „kiegényült” fajegyüttesel rendelkeznek (különböző vízirovarok lárvái: álkérész, tegzes, kérész, bogár, szúnyog lárvák találhatóak meg).

Figyelembe kell venni az egyes populációk közösségben betöltött szerepét és a populációk egymást időben követő fejlődési stádiumainak változását is (eltérő fejlődési stádiumokban lévő lárvák).

A globális klímaváltozás a fenti rendező elve-





7. ábra. A Mátra látképe



8. ábra. A Cserhát hegyei Bárna irányából

ket befolyásolhatja úgy, hogy az élőhelyek sokfélesége változik, fragmentálódik, élőhelypontok maradnak meg vagy el is tűnhet a vízi rovar populáció. A hazai középhegységekre jellemző patakok zonális tagolódása: eucrenon, hypocrenon, rhithron szakaszai (Kiss 2003), a vízhiány miatt folyamatosságukat vagy karakterüket változtatják meg, melynek súlyos következménye a víztér (meder) kiszáradása és a vízi rovarok pusztulása.

Az Északi-középhegységben a Cserhát és a Mátra között hosszan elnyúló széles völgyben alakult ki a Zagyva folyó (Kiss & Maruzs, 2011). Forrása Salgótarjántól keleti irányban Zagyvaróna határában, a Medves hegy déli lejtőjén kb. 600 m tengerszintfeletti magasságban van. Vízüjtő területe 5 677 km<sup>2</sup>. Kisvízi hozama 0,95 m<sup>3</sup>/sec, középvíze 9,5 m<sup>3</sup>/sec, nagyvíze 254 m<sup>3</sup>/sec. Hossza a forrástól a torkolatig, Tisza folyóig (Szolnok) 179 km. 2009-ben a Zagyva forrásvidékének havonkénti tanulmányozása és a vízi gerinctelen macrofauna gyűjtése alapján voltak olyan a település (Zagyvaróna) feletti csermelyszakaszok, több tíz méter hosszúságban – sőt a gáttal körülhatárolt víztározó is 2008-ban kiszáradt – augusztus, szeptember hónapokban – a csapadékhiány miatt. Az itt élő gerinctelen makrofauna, így a vízi rovarlárvák is elpusztultak. Távolabb kb. 10 km-re, Mátra-szele közelében (Kazár kőháznál, erdészlak) a Zagyva vize 2 m széles 50–60 cm mély mederben folyt, amelyet a betorkoló mellékágak vízbősége okozott. Az újabb kolonizációt a kiszáradt mederszakaszokon csak a téli, tavaszi csapadékbőség eredményezhet, ha a kellő vízmennyiség, vízhozam esetén a csermely vizének folytonossága helyreáll és a vízi rovarok a felsőbb szakaszokról

történő lesodródása, vagy a tavasszal petézó vízi rovarok népesítik be a vizes élőhelyeket. Ez a példa is megerősíti a klímaváltozás hatásmechanizmusát az élővilágra, így a vízi rovarok fejlődésére kifejtett negatív hatását is.

A vízáramlás ereje és a szubsztrátummal való kapcsolata közvetlen hatást gyakorol a bentosz élővilágra. Az áramlással szemben a víz sodrása elleni védekezés abban nyilvánul meg, hogy a lárvák megtapadnak az érdes felületű habitatokon vagy tapadókorong segítségével vagy a nagyobb kövek repedéseiben, zugaiban rejtőznek, ahol az áramlás káros hatása nem érezhető. Az aljzat tulajdonsága és a lárvák magatartása, oxigénigénye dönt a lárvák vízben való mozaikszerű eloszlásáról, vagyis attól függően népesítik be a mikrohabitatokat, hogy az áramlást mennyire részesítik előnybe. Az egyes vízirovarok így a számukra legalkalmasabb aljzatrészleteket preferálják (Kiss 1977, 1979, 1981, 1984, 2002, 2003, 2004).

Az áramlás összefügg a vízmennyiséggel, mely a csapadék függvényében változhat. A vízi rovarok a vízáramlás irányát és erejét érzékelő sörtékel tapintják ki, ennek alapján rakják le a petéket a vízben. A tegzeslárva eruciform típusán az oldalon végighúzódo szórsor érzékeli vízáramlást. A hálót szövő tegzesek (Hydropsychidae, Polycentropodidae) a sörték alapján érzékelik az áramlás irányát és ezzel szemben helyezik el fogóhálóikat stb. Más fajok ásványi anyagokból lakócsövet, tegezt építenek, kétoldalt nagyobb kavicsokat elhelyezve gátolják a víz elsodró hatását (Kiss 2003).

A vízmennyiség jelentős csökkenése e stenotherm fajok életterét is szűkíti vagy megvál-



toztatja, teret engedve a euryök fajoknak, amelyek nagyobb testűek, lomha repülésűek pl. a Limnephilidae lárvák, amelyek a lassú áramlású szakaszok élőhelyeit kedvelik.

Limnológiai szempontok alapján a források és patakok élőhelytípusait preferáló fajok a következők (Kiss 2003):

- krenobiont fajok (csak forrásokban) élnek: *Crunoecia irrorata*, *Parachione picicornis* tegzeslárvák,

- krenofil fajok (forrásokat kedvelő, de más helyeken is előfordulók): *Melampophylax nepos*, *Rhyacophila pubescens*, *Limnephilus rhombicus* lárvák,

- rheobiont fajok (kizárólag folyóvizekben élők): Rhyacophilidae-, Goeridae-, Hydropsychidae-k,

- rheophil fajok (folyóvizet kedvelő): Rhyacophilidae, Hydropsychidae, Odontoceridae tegzesek,

- „fauna hygropetrica” (Thieneman 1925) a vízzel locsolt sziklák, melyeket az egyetlen áramlás és a víz hőmérsékletének ingadozása jellemmez: *Tinodes sp.*, *Rhyacophila tristis*, *Wormaldia occipitalis*,

- „bryaomadicol” zóna (Vaillant 1956) fajai vízzel borított és mosott, fröcskölt moharéteg szubsztrátumot a *Wormaldia occipitalis*, a *Tinodes sp.*, *Polycentropus sp.* lárvák preferálják,

- „petrimadicol” (Vaillant 1956) zónában a csurgók sziklás aljzatán élnek a *Melampophylax nepos*, *Silo pallipes*, *Potamophylax sp.* lárvák,

- lenitikus fajok: limnokrén forrásokban, állóvizekben, ezek részben eurythermek: *Halesus digitatus*, Limnephilidae tegzesek,

- ubiquisták: különböző víztípusokban fellépő fajok, így alkalmilag forrásokban, patakokban és tavakban élnek: Limnephilidae, Leptoceridae családok fajai.

Egyéb vízirovarok: szúnyog-, álkérés-, kérés-, vízi bogárlárvák (*Sciritidae sp.*, *Elmidae sp.*) szitakötők lárvái, vízi poloskák stb a szubsztrátumokat népesítik be (Kiss 2003, Kiss et al. 2003, Kiss & Maruzs 2011).

A vízi rovarok jelenlegi fajszáma Magyarországon csak becsülhető. Bizonyos hibaszázalékkal adható meg (nem számolva az újabban leírt fajok előfordulásával), kb. 900–1200 faj él a hazai különböző vízterekben. Legnagyobb a Collembolák

(ugrólábúak) kb. 200, a Trichopterák (tegzesek) 210 fajszáma, melyet (Dudits & Loksa, 1969, Móczár, 1969, Kiss, 2003) közölnek. A vízi rovarok 70%-a elterjedésüket tekintve palearktikus, nyugat-palearktikus, holarktikus biogeográfiai régiókhoz tartoznak. Magyarország tipikus area-centrumai a faunaelemek előfordulása alapján a vízi rovarok esetében, kiemelve a tegzeseket a következők (Malicky, 2000):

- karavankák faunaelemei: *Philopotamus montanus*, *Plectrocnemia brevis*, *Silo pallipes*.

- stajer faunaelemek: *Rhyacophila polonica*, *Chaetopteryx villosa*.

- karavankai-stajer faunaelem: *Rhyacophila tristis*, *Tinodes rostocki*, *Beraea pullata*.

- transzadriai elterjedés: *Rhyacophila nubila*, *Rhyacophila dorsalis*, *Ernodes articularis*, *Trinodes bicolor*.

- kárpáti faunaelem: *Drusus annulatus*, *Radicleptus alpestris*, *Melampophylax nepos*, *Apatania sp.*, *Rhyacophila mocsaryi*

- balkáni faunaelem: *Hydropsyche bulgaro-romanorum*, *Micropterana testacea*

- kis-ázsiai faunaelem: *Hydroptila occulta*-group, *Psychomyia pusilla*, *Leptocerus interruptus*

- eurosibériai faunaelem: *Oecetis ochracea*

Az areaközpontokból a fauna szétterjedését gátolhatja a globális klímaváltozás hatásmechanizmusának hektikus változásai. A sivatagosodás évtizedenként jelentkező intenzitása, felerősödése a vízi rovarok faj eloszlását, az állatföldrajzi elterjedést jelentősen befolyásolja. Az eurytherm fajok jobb alkalmazkodásuk révén migrálhatnak, felhatolva a hegyvidéki vízterekbe, a stenotherm fajok pedig reliktum jellegű, vagy élőhelyfoltokban veszíthetik át a kedvezőtlen hatásokat. Legsúlyosabb esetben az Alföldön számos vadvízes terület, amelyeket ma a Ramsari-védett víztereként jelölnek (Tardy ed. 2007), lesz a vízi rovarfauna szempontjából szegényebb és kiszáradás esetén a faunapusztulás is bekövetkezhet.

## Összefoglalás

A tanulmány a globális klímaváltozás által várható elsivatagosodás hatásait tekinti át Magyarország víztereire, mint a vízirovarok potenciális élőhelyeire. Kiemeli a különböző víztípusok sokféleségét, az ökológiai tényezők változatosságát, a védett Ramsari-területek veszélyeztetettségét. Tárgyalja

a CO<sub>2</sub> szint változásának modellszámítások szerinti várható hatását, a felmelegedést, a regionális csapadékeloszlás hektikus változását, az aszályos évek gyakoriságát feltételezi. Ezek összefüggésben vannak a vizes élőhelyek ökológiai tényezőinek és az élővilág, különös tekintettel a vízirovarok, tegzesek biogeográfiai elterjedésének lassú változásával. A változások különösen a magyar Alföld területét érhetik, ahol a vizek fragmentálódását, a magasabb tengerszint felett (200 m) pedig élőhelyfoltok maradványait, a vízirovar areacentrumok É-i eltolódását és a kiszáradás veszélyét jelentheti. E hatások végül is a vízirovarok élőhelyeinek eltűnésével, az ezzel együtt járó faunapusztlással járnak, viszont a mediterrán területekről északra migráló szárazföldi rovarfajok (esetleg káros rovarok) népesíthetik be a kipusztult vízi rovarok élőhelyét.

### Köszönetnyilvánítás

Megköszönöm Puskás János intézetigazgatónak (Szombathely) a tanulmány lektorálását, hasznos tanácsait. Külön köszönettel tartozom Fazekas Imre szerkesztő úrnak informatikai útmutatásaiért, a képanyag összeállításáért és a tanulmány megjelentetéséért.

### Irodalom – References

- Andrikovics S. & Kiss O. 2006: A gödi Duna-szakasz Trichoptera és Ephemeroptera faunája az 1999-2001 közötti fénycsapdás és lárvavizsgálatok alapján. – *Acta Academiae Paedagogicae Agriensis, Nova Series Tom. XXXIII, Sectio Biologiae*, pp. 109–116.
- Bába K. & Gallé L. 1998: A Tisza-völgy zoológiai kutatásának története. – *Állattani Közlemények* 83: 111–121.
- Bartók K. 2008: Az élő természet védelme a biodiverzitás védelme Romániában. Abel Kiadó, Kolozsvár, pp. 171.
- Dudich E. & Loksa I. 1969: *Állatrendszertan*. Tankönyvkiadó, Budapest, pp. 708.
- Faragó T. & Kerényi A: 2003: Nemzetközi együttműködés az éghajlatváltozás veszélyének az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentésére. – *Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium, Debreceni Egyetem, Budapest, Debrecen*, pp. 70.
- Faragó T. & Kerényi A 2004: Globális környezeti problémák és a Rioi megállapodások végrehajtásának helyzete. – *Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium, Debreceni Egyetem*, pp. 166.
- Kertész Á. 2001: A globális klímaváltozás természetföldrajza. Holnap Kiadó, pp. 144.
- Kiss, O. 1977: On the Trichoptera fauna of the Bükk Mountains, North Hungary. In: Crichton, M. I. (ed), *Proceedings of the 2<sup>nd</sup> International Symposium on Trichoptera*, University of Reading, England, Dr. W. Junk Publishers, Series Entomologica, The Hague, pp. 89–101.
- Kiss O. 1979: A folyóvízi társulások mozaik elvének értelmezése és az ökológiai niche. – *Acta Academiae Paedagogicae Agriensis, Nova Series*, 15: 453–466.
- Kiss, O. 1981: Trichoptera in the Ilona Stream of the Mátra Mountains, North Hungary. In: Moretti, G. P. (ed.) *Proceedings of the 3<sup>rd</sup> International Symposium on Trichoptera*, University of Perugia, Italy, Dr. W. Junk Publishers, Series Entomologica, The Hague, 20: 129–138.
- Kiss, O. 1984: Trichoptera in an intermittent rill of the Bükk Mountains, North Hungary. In: Morse, J.C. (ed.), *Proceedings of the 4<sup>th</sup> International Symposium on Trichoptera*, South Carolina, Clemson University, Dr. W. Junk

- Publishers, Series Entomologica, The Hague, 30: 191–195.
- Kiss, O., Andrikovics, S., Szigetvári, G. & Fisli, I. 1999: Trichoptera from light trap near the Eger, brook at Szarvaskő (Bükk Mountains, North Hungary). In: Malicky, H. & Chantaramongkol, P. (eds) *Proceedings of the 9<sup>th</sup> International Symposium on Trichoptera*, Faculty of Science, University of Chiang Mai, Thailand, pp. 165–170.
- Kiss, O. 2002: Trichoptera Communities of Rill and a Stream in the Bükk Mts (north Hungary). In: Mey, W. (ed.) *Proceedings of the 10<sup>th</sup> International Symposium on Trichoptera*, Potsdam, Germany, Nova Supplementa Entomologica 15: 537–543.
- Kiss, O., Vilimi, L. & Fehér, I. 2002: The water quality state of the Szalajka Stream, Bükk Mts., Hungary. – *Braueria* 29: 31–34.
- Kiss, O., Fehér, I. & Schmera, D. 2003: Characteristics of caddis larvae assemblages from shallow lakes in the Bükk Mts., North Hungary. – *Hydrobiologia*, 506–509, 365–372.
- Kiss O. 2003: *Tegzesek (Trichoptera)*. Akadémiai Kiadó, Budapest, 208 pp.
- Kiss, O. 2004: The Trichoptera (Insecta) of the Csörgő Brook in the Mátra Mountains (North Hungary). – *Acta Entomologica Slovenia* 12 (1): 123–128.
- Kiss, O. & Zsuga, K. 2004: The water quality state in the middle section of River Tisza, Hungary. – *Braueria* 31: 13–19.
- Kiss, O. 2008: The Trichoptera (Insecta) of the Bán Stream, Bükk Mts., northern Hungary. In: Marc, M. & Peter, N. (eds): *Proceedings of the first conference on faunistics and zoogeography of European Trichoptera*, Luxemburg, *Ferrantia* 55: 73–79.
- Kiss O. & Maruzs I. 2011: A Zagyva folyó Trichopterái a Medves-vidékről (Insecta). The Trichoptera (Insecta) of the River Zagyva, Medves area, northern Hungary. – *e-Acta Naturalia Pannonica* 2 (1–3): 147–166.
- Kiss, O. 2012: Trichoptera collected by light trapping from the Hungarian section of the River Tisza. – *Braueria* 39: 25–31.
- Mahunka, S. (ed.) 1981: *Fauna of the Hortobágy National Park*. – Akadémiai Kiadó, Budapest, Vol. I., 415 pp.
- Mahunka, S. (ed) 1983: *Fauna of the Hortobágy National Park*. – Akadémiai Kiadó, Budapest, Vol II., 489 pp.
- Malicky, H. 2000: Areal dynamik und Biogruppentypen am Beispiel der Köcherfliegen (Trichoptera). – *Entomologica Basiliensia* 22: 235–259.
- Mészáros L. 2005: *A Duna*. Officina Kiadó, Budapest, pp. 243.
- Mika, J. 2011: New evidences on global and regional climate change between two IPCC reports. – *Proceedings of University of West Hungary Savaria Campus, Natural Sciences*, 3. Supplementum, Szombathely, 15–20.
- Móczár L. (ed.) 1969: *Állathatározó I. Tankönyvkiadó*, Budapest, pp. 722.
- Moog, O. (ed.) 1995: *Fauna Aquatica Austriaca. A Comprehensive Species Inventory of Austrian Aquatic Organisms with Ecological Notes*. – Federal ministry for Agriculture and Forestry, Wasserwirtschaftskataster Vienna, pp. 75.
- Nowinszky, L., Kiss, O., Szentkirályi, F., Puskás, J., Kádár, F. & Kuti, Zs. 2010: Light Trapping Efficiency in case of *Ecnomus tenellus* (Rambur 1842), (Trichoptera: Ecnomidae) Depending on the Moon Phases. – *Advances in Bioresearch*, 1 (2): 1–5.
- Nowinszky L., Kiss O., Szentkirályi F., Puskás J., Kádár, F. & Kúti Zs. 2011: Az *Ecnomus tenellus* Rambur 1842 (Trichoptera: Ecnomidae) fénycsapdázásának eredményessége a Holdfázisok függvényében. *Nyugat-magyarországi Egyetem Svábia Egyetemi Központ Tudományos Közleményei XVIII., Természettudományok* 13. Supplementum, pp. 151–155.
- Nowinszky, L., Kiss, O., Szentkirályi, F., Puskás, J. & Ladányi, M. 2012: Influence of Illumination and Polarized Moonlight on Light-Trap Catch of Caddisflies (Trichoptera). – *Research Journal of Biology* 2: 79–90.
- Oláh, J. 1967: Untersuchungen über die Trichopteren eines Bachsystems der Karpaten. *Acta Biologica Debrecina* 5: 71–91.
- Sátori J. 1935: Adatok a magyar tegzesszitakötő fauna Phryganoidea Hndl.) ismeretéhez. – *Debreceni Szemle* 8: 333–352.
- Tardy (ed.) 2007: *Magyarországi vadvizek világa (Hazánk Ramsari területei)*. – Alexandra Kiadó, Pécs, pp. 416.

- Utasi, Z., Pajtók-Tari, I. & Mika, J. 2011: Satellite observations for climate change. – Proceedings of University of West Hungary Savaria Campus, Natural Sciences 13. Supplementum, Szombathely, pp. 217–222.
- Ujhelyi S., 1983: The Trichoptera of the Hortobágy. In: Mahunka, S. (ed.), The Fauna of the Hortobágy National Park. – Akadémiai Kiadó, Budapest, pp. 211–213.
- Vannote, R. L., Minshall, G. W., Cummins, K. W., Sedel, J. R. & Cushing, C. E. 1980: The river continuum concept. – Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science, 37: 130–137.

**Article history – Cikk történet:**

Received 20 September 2012 – Érkezett

Accepted 01 Oktober 2012 – Elfogadva

Published 22 Oktober 2012 – Megjelent

Journal homepage: [www.actapannonica.gportal.hu](http://www.actapannonica.gportal.hu)