

A VÍZ HIÁNYA ÉS TÖBBLETE, MINT POTENCIÁLIS  
VESZÉLYFORRÁS



# A víz hiánya és többlete, mint potenciális veszélyforrás

NEMZETKÖZI TUDOMÁNYOS-SZAKMAI KONFERENCIA  
TANULMÁNYKÖTET

DUNA PALOTA  
2014. NOVEMBER 5–6.



Budapest, 2015

Szerkesztette:  
DR. VÁRADI JÓZSEF,  
OVF Tudományos Tanács, elnök

Lektorálta:  
DR. BAKONYI PÉTER,  
Vízügyi Tudományos Tanács, alelnök

Kiadja: Közszolgálati Személyzetfejlesztési Főigazgatóság  
Felelős kiadó: Dr. Dános Valér ny. r. vezérőrnagy, főigazgató  
Kiadói szerkesztő: Balla Zsófia

Nyomdai munkák: Séd Nyomda Kft.  
Felelős vezető: Katona Szilvia

© A szerkesztő, 2015

© A szerzők, 2015

© KSZF, 2015

ISBN 978-963-12-3813-6

# TARTALOMJEGYZÉK

DR. VÁRALLYAY GYÖRGY: A szélsőséges vízháztartási helyzetek talajtani okai és következményei.....	7
FEJÉR LÁSZLÓ: Gondolatok a víz és a társadalom kapcsolatáról a Kárpát-medencében, különös tekintettel a víz hiányára és többletére. Történeti vázlat .....	27
DR. NOVÁKY BÉLA: Éghajlatváltozási előrejelzések .....	43
DR. KOZÁK PÉTER: A belvízi veszélyeztetettség mint gazdaság- és életminőség-befolyásoló tényező .....	61
SZILÁGYI ATTILA: Sík és dombvidéki vízrendezés .....	75
MURÁNYINÉ KREPELS GABRIELLA: A nemzeti víziközműprogramokon kívüli szakmai kihívások.....	85
TORMA PÉTER: Balatoni modellek.....	89
DR. ISTVÁNOVICS VERA: Külföldi eredetű vízminőségi kockázatok csökkentése. Esettanulmány és javaslatok .....	105
DR. KORIS KÁLMÁN: Tározótervezés .....	123
DR. BENCSIK BALÁZS: A Kormányzati Eseménykezelő Központ szerepe az infrastruktúrák védelmében .....	135
Program .....	153



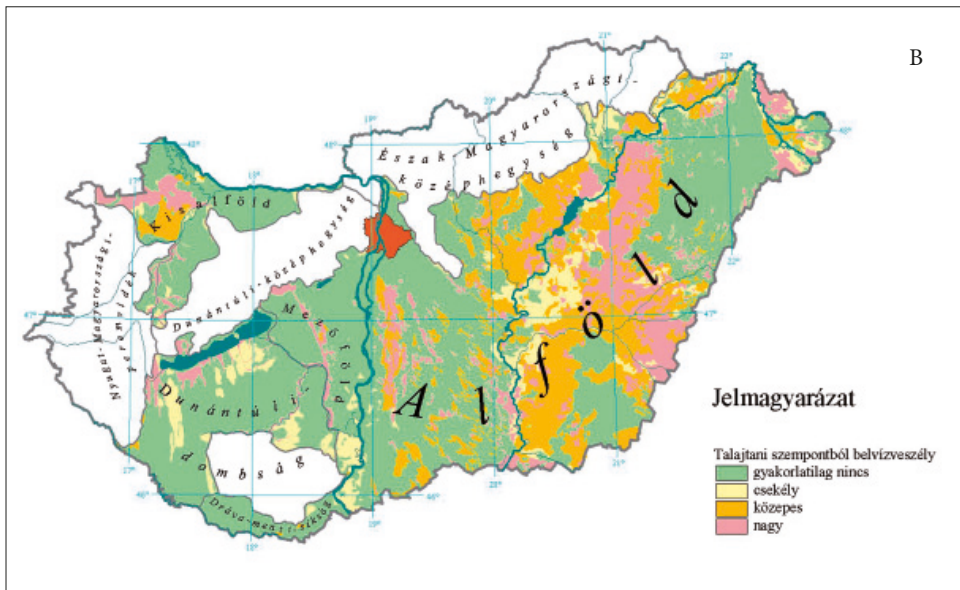
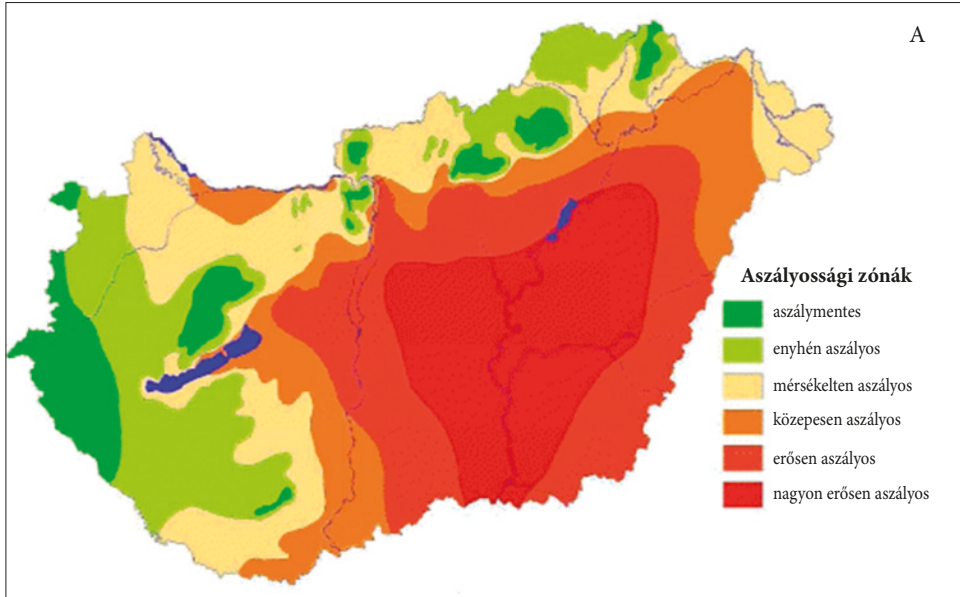
DR. VÁRALLYAY GYÖRGY

## A SZÉLSŐSÉGES VÍZHÁZTARTÁSI HELYZETEK TALAJTANI OKAI ÉS KÖVETKEZMÉNYEI

A Kárpát-medence (s annak a legmélyebb fekvésű részét képező Magyarország) legnagyobb kapacitású természetes víztározója a talaj. Az előrejelzések szerint az időjárási és vízháztartási szélsőségek valószínűsége, gyakorisága, tartama, mértéke és kedvezőtlen/káros gazdasági, környezeti, ökológiai és társadalmi következményei egyaránt növekedni fognak. Ezért megkülönböztetett jelentősége van e *potenciális* kapacitás minél teljesebb és hatékonyabb kihasználásának. A víz talajba szivárgásának és a talajban történő hasznos tározásának elősegítése *egyidejűleg* csökkenti a szélsőséges vízháztartási esetek (árvíz, belvíz, túlnedvesedés, illetve szárazság, aszály) kockázatát. A jobb hatásfokkal történő vízhasznosítás nélkülözhetetlen eleme a talaj kedvező vízgazdálkodását biztosító racionális földhasználat.

A víz eloszlása bolygónkon nagyon egyenetlen. A Föld felszínének kétharmadát borító víz túlnyomó része (97,4 százaléka) az óceánok és tengerek sós vize. A kevesebb mint 3 százaléknyi édesvízkészlet túlnyomó hányada szilárd halmazállapotú sarki jégsapkák, gleccserek és fagyott felszín alatti vizek (permafrost) formájában van jelen, s csupán 0,14 százalékát képezi a felszíni vizek (tavak, folyók) édesvízkészlete, a talajnedvesség és a biomasszában felhalmozott „zöldvíz”. Az egyre növekvő és egyre sokoldalúbb édesvízigényeket e *korlátozott* készletekből kell(ene) kielégíteni, amelyek ezért stratégiai jelentőségű tényezővé váltak, s értük kíméletlen, távolról sem konfliktusmentes verseny, sőt harc folyik (Somlyódy 2011; Várallyay 2013).

A Föld globálisan egyensúlyban lévő vízkörforgása, s annak egyes elemei igen nagy tér- és időbeni variabilitást mutatnak, szélsőségességre hajlamosak, szeszélyesek, kiszámíthatatlanok. Egyidejűleg fordulnak elő árvizek, belvizek, illetve katasztrofális aszályok, nemritkán ugyanabban az évben, ugyanazon a területen. Sajnos érvényes mindez a Kárpát-medencére, s az annak legmélyebb fekvésű területét képező Magyarországra is (Somlyódy 2002). Szemléletesen mutatja ezt az aszályérzékenységet és a belvízi veszélyeztetettséget ábrázoló térkép területi egybeesése (1/A–B ábra).



1/A–B ábra:  
Az aszályérzékenység és a belvíz-veszélyeztetettség területi egybeesése Magyarországon  
(Pálfai 2005; Várallyay 2003)



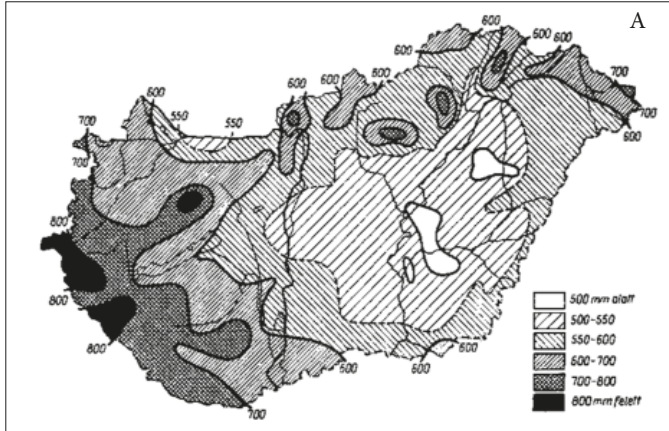
A talaj, mint a szűkös és bizonytalan forrásokból érkező víz tározására potenciálisan alkalmas porózus közeg, képes mindkét irányú vízháztartási szélsőség (árvíz, belvív, túlnedvesedés, illetve aszály) bizonyos mértékű tompítására. A potenciális tározótér – különböző okok miatti – kihasználatlansága viszont a szélsőségek további súlyosbodását eredményezheti. A talaj vízháztartásának szabályozása ezért a vízgazdálkodás egyik kulcskérdése, hisz *egyidejűleg* csökkentheti az ár- és belvívveszélyt, illetve az aszályérzékenységet (Várallyay 2005; 2006; 2007a; 2007b; 2008; 2014).

### *Bizonytalan források, korlátozott vízkészletek*

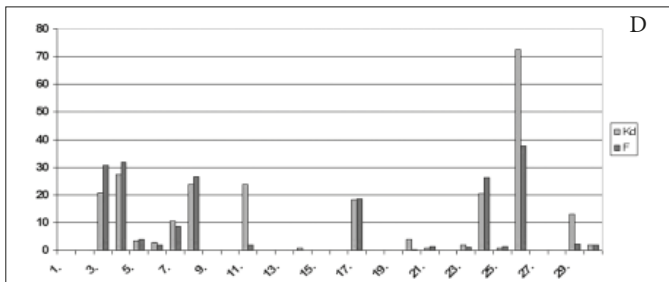
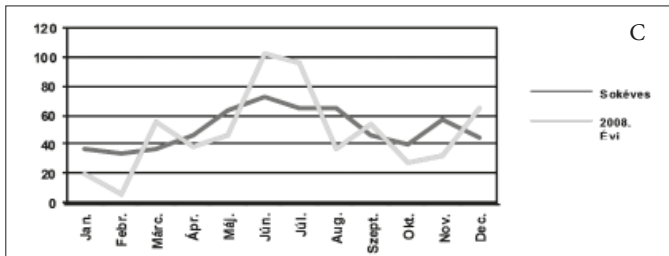
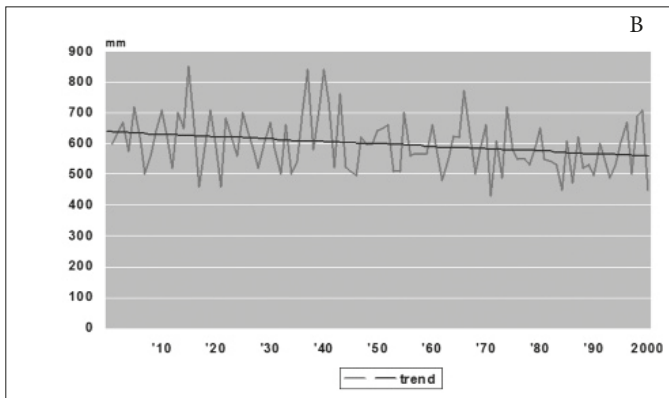
A Kárpát-medencében, s benne Magyarországon a lehulló csapadék mennyisége a jövőben sem lesz több (sőt a prognosztizált globális felmelegedés következtében esetleg kevesebb), mint jelenleg (Láng et al. 1983; 2007), s tér- és időbeni változékonysága sem fog csökkenni, sőt fokozódhat. A sokéves átlag (*2/A ábra*) már az éves csapadékmennyiségben is jelentős ingadozást mutat. Száraz és nedves esztendők szeszélyesen váltakozva követik egymást, s szinte minden év csapadékmennyisége eltér a sokéves átlagtól (*2/B ábra*). Ugyanakkor az éves csapadékmennyiség (és annak formája) hasonlóan nagy havi (*2/C ábra*), a hónapon belül napi (*2/D ábra*), sőt a napon belül órai ingadozást mutat. Egyre növekvő gyakorisággal fordulnak elő heves, különböző halmazállapotú, nagy intenzitású záporok, zivatarok, felhőszakadások, roppant szeszélyes területi eloszlásban.

Márpedig távolról sem mindegy, hogy permetező eső, nagy intenzitású zápor, téli hó vagy éppen nyári jégeső formájában érkezik az „átlagos csapadék”. A lehulló csapadéknak gyakran csupán szerény hányada jut el a növényig, így zavar adódik azok vízellátásában, ezért szükség van (vagy lenne) a hiányzó víz pótlására, illetve a káros víztöbblet eltávolítására (Várallyay, 2012). A klímaváltozási prognózisok egybehangzó megállapítása szerint a szélsőséges időjárási helyzetek bekövetkezésének valószínűsége, gyakorisága, tartama és súlyossága egyaránt növekedni fog, s fokozódnak kedvezőtlen, káros, bizonyos esetekben katasztrofális gazdasági, környezeti, ökológiai, sőt szociális következményei is (Láng et al. 2007). Az utóbbi évek szemléletesen, bár nagyon fájdalmasan igazolták e prognózist: az extrémén csapadékos 2010, a kétarcú 2011, az aszályos 2012, a belvizes, majd Duna-árvizes 2013, valamint a csapadékos, záporos/zivataros 2014-es év példáján.

A 85–90 százalékbán szomszédos országokból érkező felszíni vizeink mennyiségének növekedésére nem lehet számítani, különösen nem a kritikus „kisvízi” időszakokban. Felhasználhatóságuk mértékét nemzetközi egyezmények szabályozzák, az országból kilépő vízfolyások garantálható vízminőségével együtt (Somlyódy



2. ábra: Magyarország csapadékviszonyainak nagy tér- és időbeni variabilitása:  
 A: a sokéves átlag területi variabilitása;  
 B: az éves átlagok ingadozása az utóbbi száz évben;  
 C: a havi átlagok sokéves és 2008-as ingadozása;  
 D: a napi csapadékmennyiségek megoszlása 2008-ban két egymáshoz közeli mérőállomáson

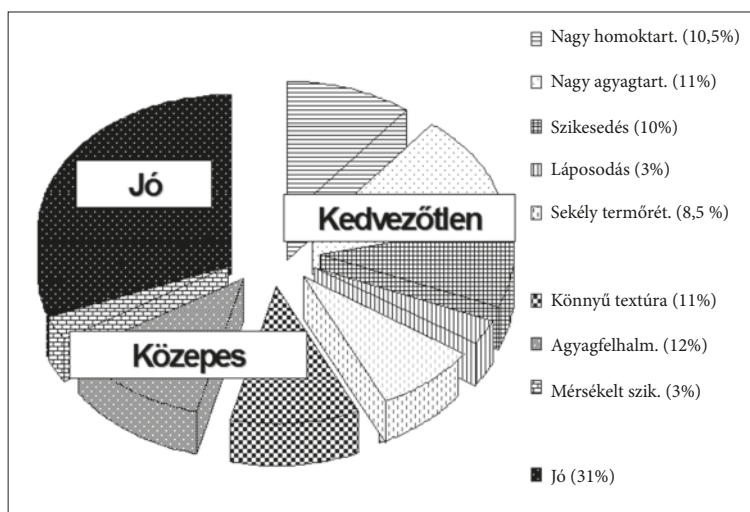


2002). Felszín alatti vízkészleteink ugyancsak nem termelhetők ki korlátlanul súlyos környezeti következmények nélkül, amint erre az utóbbi években a már-már katasztrofális következményekkel járó és „sivatagosodási tüneteket” okozó Duna–Tisza közti talajvízszint-süllyedés felhívta a figyelmet. A mélyen elhelyezkedő talajvízből a gyökérszóna kapilláris vízutánpótlása nem biztosított. A felszín alatti vizek jelentős hányada kedvezőtlen minőségű, s ez felhasználási lehetőségeiket gyakran korlátozza, sőt kizárja, felszínközelségük pedig a másodlagos szikesedés veszélyével fenyeget (Várallyay 2010b; 2013).

A korlátozott készletekből először a lakossági és ipari vízigényeket kell kielégíteni, beleértve az üdülés és a természetvédelem vízigényeit is. Mivel ezek mindegyike gyorsan és nagymértékben növekszik, a fokozott mértékű felhasználással óhatatlanul romló vízminőség pedig újabb és újabb vízkészleteket zár ki a növénytermesztési vízfelhasználásból, a biomassa-termelés *növekvő* vízigényét tehát *csökkenő* vízkészletekből kell kielégíteni, hasonlóan a világ számos más területéhez (Somlyódy 2002; 2011; Várallyay 2014a).

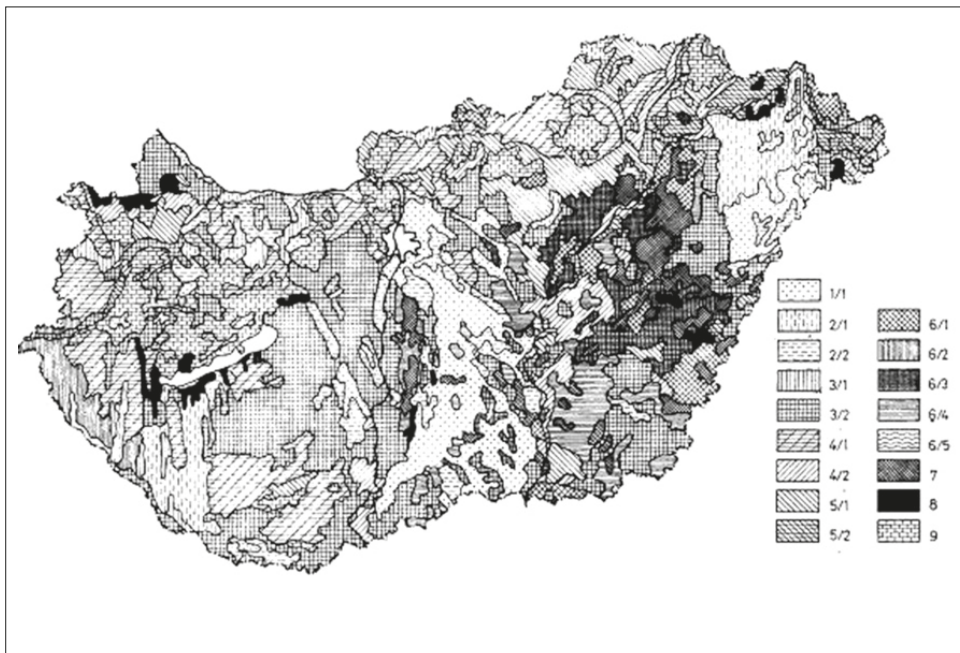
### A talaj vízgazdálkodási tulajdonságai

Részletes felmérések alapján megállapítottuk, hogy Magyarország talajtípusainak 43 százaléka kedvezőtlen, 26 százaléka közepes és (csak) 31 százaléka jó vízgazdálkodású (Várallyay et al. 1980; Várallyay 2003; 2004; 2005). Ezt mutatja be a 3. ábra kördiagramja a közepes és kedvezőtlen vízgazdálkodás okainak feltüntetésével.



3. ábra: Kedvezőtlen, közepes és jó vízgazdálkodású talajtípusok megoszlása és okai

A „kedvező” megjelölés természetesen szubjektív és tudományosan nem pontosan definiált, hisz nem tartalmazza azt, hogy ezt milyen talajhasználati cél elérése szempontjából kívánjuk kifejezni. A talaj vízgazdálkodási tulajdonságainak részletes jellemzésére korszerű felvételezési-vizsgálati-térképezési-monitoring rendszert dolgoztunk ki, s szerveztünk adatbázisba (Várallyay et al. 1980; Várallyay 2005). A kidolgozott kategóriarendszerben a talaj fizikai félesége, a teljes és szabadföldi vízkapacitása, a holtvíztartalma, a hasznosítható vízkészlete, a víznyelő, vízáteresztő és vízvezető képessége alapján kilenc főkategóriát definiáltunk, amelyeken belül az alkategóriákat a talajszelvény-variánsok rétegezethez, illetve a talaj vízgazdálkodását meghatározó tényezőktől függően különböztettük meg. A fő- és alkategóriák eredetileg 1:100 000 méretarányú térképének egyszerűsített vázlatát szemlélteti a 4. ábra. Az ábra jelmagyarázatában a kategóriaképző paraméterek megjelölése mellett azok százalékos területi kiterjedését is feltüntettük.



4. ábra:  
Magyarország talajtípusainak vízgazdálkodási tulajdonságai  
(az 1:100 000 méretarányú térkép egyszerűsített vázlatát)

**Főkategóriák:**

1: Igen nagy víznyelésű és vízvezető képességű, gyenge vízraktározó képességű, igen gyengén víztartó talaj, 10,5 százalék. 2: Nagy víznyelésű és vízvezető képességű, kö-

zepas vízraktározó képességű, gyengén víztartó talaj, 11,1 százalék. 3: Jó víznyelésű és vízvezető képességű, jó vízraktározó képességű, jó víztartó talaj, 24,9 százalék. 4: Közepes víznyelésű és vízvezető képességű, nagy vízraktározó képességű, jó víztartó talaj, 19,1 százalék. 5: Közepes víznyelésű, gyenge vízvezető képességű, nagy vízraktározó képességű, erősen víztartó talaj, 6,2 százalék. 6: Gyenge víznyelésű, igen gyenge vízvezető képességű, erősen víztartó, kedvezőtlen vízgazdálkodású talaj, 14,9 százalék. 7: Igen gyenge víznyelésű, szélsőségesen gyenge vízvezető képességű, igen erősen víztartó, igen kedvezőtlen, extrémén szélsőséges vízgazdálkodású talaj, 3,6 százalék. 8: Jó víznyelésű és vízvezető képességű, igen nagy vízraktározó és víztartó képességű talaj (nagy szervesanyag-tartalmú lápos talaj), 1,3 százalék. 9: Sekély termőrétegűség miatt szélsőséges vízgazdálkodású talaj, 8,4 százalék.

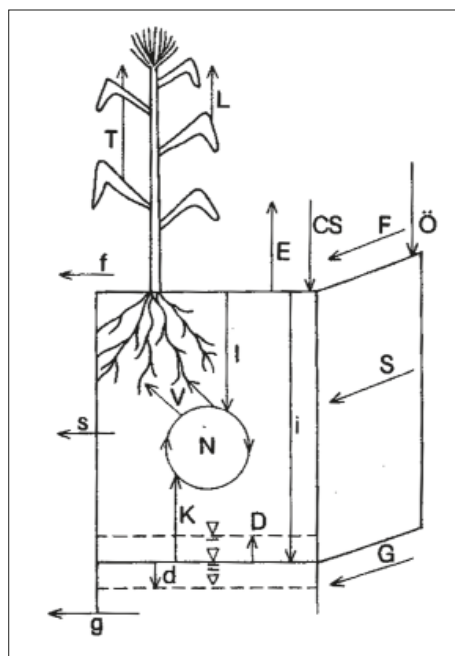
*Alkategóriák (talajszelvény-variánsok):*

1/1, 2/2, 3/2, 4/2, 5/2: az egész szelvényben viszonylag egyenletes mechanikai összetétel; 2/1, 3/1: a mélységgel egyre könnyebbé váló mechanikai összetétel; 4/1, 5/1: viszonylagos agyagfelhalmozódás a B szinten; 6/1: rossz szerkezetű, tömődött, agyagos összetételű talaj; 6/2: pszeudoglejes barna erdőtalaj; 6/3: vastag, A szintű, mély réti szolonyecok, sztyeppesedő réti szolonyecok és szolonyeces réti talaj; 6/4: mélyben sós és/vagy szolonyeces talaj; 6/5: lápos réti talaj.

A térkép részletes területi adatait (elhatárolt foltonkénti, talajtípusonkénti, köztájakénti és megyei bontásban) az MTA ATK Talajtani és Agrokémiai Intézet AGROTOPO adatbázisa tárolja. A térkép és az adatanyag alapján a megfelelő szelvényvariáns kiválasztásával és az a–b–c (a talajszelvényben nincs lényeges textúrdifferenciálódás) vagy A–B–C (a talajszelvényben jelentős textúrdifferenciálódás van) szintek tényleges vastagságuknak megfelelően való behelyettesítésével Magyarország bármely talajtípusára, illetve bármely szelvényének bármely vastagságú rétegére megadható a talajban tározható víz mennyisége, sőt ennek holtvíz-, illetve a növény számára hozzáférhető hányada is ( $VK_{sz}$ , HV, DV). Ezek az adatok kvantitatív alapját jelenthetik egy-egy talajféleség, táj, körzet, üzem, esetleg egyéb természeti, adminisztratív vagy térképezési területi egység korszerű vízgazdálkodási jellemzésének; az optimálist minél inkább megközelítő mezőgazdasági vízgazdálkodás kialakításának, a szélsőséges vízháztartási helyzetek és káros következményeik kivédésének, megelőzésének, mérséklésének, valamint az ezt célzó intézkedések, eljárások, módszerek kidolgozásának (Várallyay 2003).

## A talaj vízháztartási típusa

A talaj előbbieken bemutatott vízgazdálkodási kategóriái, hidrofizikai paraméterei tulajdonképpen a talaj potenciális tulajdonságai, amelyek természetesen a „víztől függetlenül” is léteznek. Hogy ezt egy adott terület talajtípusai mennyire képesek ténylegesen kihasználni, a területi vízmérleg függvénye. A talaj területi vízmérlegének elemeit mutatja be az 5. ábra.



CS + Ö = a talaj felszínére jutó csapadék- és öntözővíz  
 F = felszíni odafolyás  
 S = háromfázisú zónában végbemenő odaszivárgás  
 G = horizontális talajvíz-odaszivárgás  
 L = közvetlen párolgás a növény felületéről (intercepció)  
 T = a növény párologtatása (transzspiráció)  
 E = közvetlen párolgás a talaj felszínéről (evaporáció)  
 f = felszíni elfolyás  
 s = a háromfázisú zónában végbemenő elszivárgás  
 g = a horizontális talajvíz elszivárgása  
 I = a talajba beszivárgó víz mennyisége  
 K = a talajvízből történő felfelé irányuló kapilláris vízmozgással a talajvízszint feletti rétegekbe jutó víz mennyisége  
 i = a talajba beszivárgó víz talajvízbe jutó és azt tápláló hányada  
 v = a növény vízfelvétele  
 d = a talajvízszint süllyedése (a K csökkentésén keresztül)

5. ábra: A talaj területi vízmérlegének elemei (Várallyay 1985; 2013)

A talaj vízmérlege:

$$DV = (Cs + \ddot{O} + F + S + G) - (L + T + E + f + s + g)$$

A talajban tározott víz mennyisége:

$$N = (I + S + K) - (I + s + V + E)$$



Valamennyi ez irányú hozzáférhető adat felhasználásával, azok elemzése alapján Magyarország talajtípusait 11 vízháztartási csoportba soroltuk:

1. Erős felszíni lefolyás típusa.
2. Erős, lefelé irányuló vízmozgás típusa.
3. Mérsékelt lefelé irányuló vízmozgás típusa.
4. Egyensúlyi vízmérleg típusa.
5. „Áteresztő” típus.
6. Felfelé irányuló vízmozgás típusa.
7. Szélsőséges vízháztartás típusa.
8. Sekély fedőréteg miatt szélsőséges vízháztartás típusa.
9. Felszíni vízfolyások hatása alatt álló vízháztartás típusa.
10. Rendszeres felszíni vízborítás típusa.
11. Erdőterületek.

Mivel a talaj vízháztartása szoros kapcsolatban van a talaj anyagforgalmával, ennek 13 alapvető típusát is definiáltuk, s adatbázisunk alapján megszerkesztettük a 11 vízháztartási típus és a 13 anyagforgalmi kategória térképeit (Várallyay 1985).

### *A talaj mint hatalmas víztározó – szélsőséges vízháztartási helyzetek*

Adataink alapján természetesen bizonyítható, hogy hazánk legnagyobb kapacitású (potenciális) természetes víztározója a talaj (Várallyay 2005; 2007a; 2010a; 2013). A talaj felső, 1 m-es rétege potenciálisan mintegy 45 km<sup>3</sup> víz befogadására és 25–35 km<sup>3</sup> víz raktározására képes. Ennek mintegy 55–60 százaléka a növény számára nem hozzáférhető holtvíz, 40–45 százaléka pedig hasznosítható víz.

Mindez azt jelenti, hogy ideális esetben az átlagos évi csapadékmennyiség több mint fele, közel kétharmada *egyszerre* beleférne a talajba, s ez kizárná a szélsőséges vízháztartási helyzetek előfordulását. Ez a kedvező adottság azonban sajnos csak ritkán érvényesül (teljes mértékben), s az országra – elsősorban a sokoldalú biomassza-termelés szempontjából megkülönböztetett jelentőségű alföldekre – a szélsőséges, a különleges vízháztartási helyzetek nagy és a jövőben várhatóan egyre fokozódó hatása, súlyossága (tartama, kiterjedése, mértéke) a jellemző (Láng et al. 1983; 2007; Várallyay 2002; 2004; 2010a). Ennek okait és következményeit foglalja össze az 1. táblázat.

1. táblázat: A szélsőséges vízháztartási helyzetek (árvíz, belvív, túlnedvesedés – szárazság, aszály) okai és következményei

Szélsőséges vízháztartási helyzetek	
Okok	Következmények
A légköri csapadék nagy és szeszélyes térbeni és időbeni variabilitása	Vízvesztesség (párolgás, felszíni lefolyás, szivárgás)
Az eső és a hó aránya, a hóolvadás körülményei	Talajvesztesség (szerves anyagok, tápanyagok)
Domborzat (makro, mezo, mikro)	Bióta- és biodiverzitás-vesztesség
Talajviszonyok	Növényvesztesség (pusztulás, károsodás)
Vegetáció	Termésvesztesség (mennyiség, minőség)
Talajhasználat	Energiavesztesség

Ráadásul ezek a szélsőséges vízháztartási helyzetek gyakran fordulnak elő ugyanabban az évben, ugyanazon a területen. Jól mutatja ezt az ariditás (aszályérzékenység) és a belvív-veszélyeztetettség 1. ábrán szemléltetett gyakori területi egybeesése (Pálfai 2005; Várallyay 2010b). A talaj hatalmas potenciális vízraktározó terének kihasználását akadályozó tényezőket foglalja össze a 6. ábra.

A tényezők közül a legfontosabbak a következők (Várallyay 2005; 2007; 2010a):

1. A talaj felszínére jutó víz talajba szivárgásának akadályozódása vagy lassulása. Ezt okozhatja:
  - ~ a talaj pórustérének kisebb-nagyobb mértékű, esetleg maximális vízzel való telítettsége (csapadékvízzel, olvadékvízzel, felszíni odafolyással vagy túllöntözéssel): „*tele palack effektus*”;
  - ~ a felszíni réteg fagyott volta (pl. egy fagyott talajfelszínre hulló hó gyors tavaszi olvadásából származó víz talajba szivárgásának akadályozódása): „*befagyott palack effektus*”;
  - ~ a talaj felszínén, illetve felszínközeli rétegeiben kialakult tömődött, igen lassú víznyelésű, közel vízátnemeresztő réteg megjelenése: „*ledugaszolt palack effektus*”.

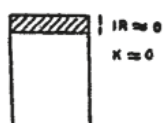
Ilyen réteg lehet a talaj felszínén természeti okok miatt kialakult, Na-sókkal, gipszel vagy mésszel összecementált sós kéreg vagy a nem megfelelő agrotechnika (elsősorban a helytelen talajművelés vagy öntözés, taposás) által létrehozott tömődött vagy tömör réteg; illetve a talajfelszín közelében megjelenő szilárd kőzet, a talajképződési folyamatok eredményeképpen kialakult akkumulációs szintek (vaskőfok, mészkőpad, agyagréteg, szolonyec B szint stb.) vagy a helytelen talajművelés következtében kialakult eketalpréteg (tárccsatalpréteg).



2. A nehéz mechanikai összetételű, nagy agyag- és duzzadóagyag-tartalmú (esetleg nagy kicserélhető  $\text{Na}^+$ -tartalmú), erősen duzzadó-zsugorodó talajtípusok repedezése. A száraz időszakot követően megjelenő nyitott repedések nagyobb felületéről ugyanis nagyobbak a párolgási veszteségek, annak minden kedvezőtlen anyagforgalmi következményével együtt. A nyitott repedéseken keresztül a talaj felszínére jutó víz jelentős hányada „zúdul” szivárgási veszteségként a talaj mélyebb rétegeibe, esetleg a felszínközeli talajvízbe. A fokozott talajvíztáplálás a rossz természetes drénviszonyokkal (korlátozott horizontális talajvízáramlással) rendelkező pangóvízes területeken a talajvízszint megemelkedését eredményez(het)i, annak minden káros vízháztartási és anyagforgalmi következményével együtt (túlnedvesedés, másodlagos szikesedés stb.). Az átmedvesedést követően beduzzadt repedéseken keresztül viszont a víz talajba szivárgása ugyanúgy akadályozott, mint az első esetben.
3. A talaj gyenge víztartó képessége. Könnyű mechanikai összetételű, laza homoktalajokon ugyan be tud szivárogni a felszínre jutó víz a talajba, de a gravitációs pórusrét képtelen a vizet a talajban megtartani, az erre képes kapilláris pórusrét pedig kicsi. Így a víz csak „átszalad” a talajszelvényen, a talajban visszatartott hasznosítható vízkészlet kicsi, s ez teszi a talajt aszályérzékennyé: „lyukas edény effektus”.

### 1. Lassú (gátolt) talajba szivárgás

A: Vízátneheresztő réteg (kéreg)  
a talaj felszínén

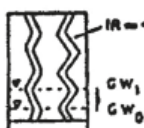


~ sókkal összecementált kéreg (nátriumsók, gipsz, mész)  
~ helytelen agrotechnikával összetömörített réteg

- túlművelés, nehéz erőgépek
- helytelen öntözés

### 2. Repedezés (duzzadás-zsugorodás)

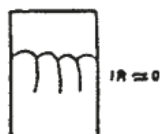
A: Száraz állapotban  
(zsugorodás, repedezés)



~ szivárgási veszteségek  
~ emelkedő talajvízszint  
~ túl bő nedvességviszonyok (túltelítődés, belvízvesztély)  
~ a talajvízből történő másodlagos sófelhalmozódás, szikesedés (pangó, sós talajvíz esetén)  
~ párolgási veszteségek (mélyebb rétegek kiszáradása)

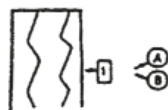
B: Sekély beázási réteg

(kis vízraktározó képesség)



- ~ szilárd kőzet
- ~ tömör „padok” (vaskőfok), stein (mészköfok, összece-mentált kavics stb.)
- ~ kicserélhető Na<sup>+</sup>, agyag, CaCO<sub>3</sub> vagy más anyagok által összece-mentált réteg
- ~ helytelen művelés következtében kiala- kuló réteg („eketalp- réteg”)

B: Nedves állapotban (duzzadás)

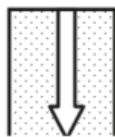


- ~ nagy agyagtartalom
- ~ táguló rétegrácsú (duzzadó) agyagásvá- nyok nagy mennyisége
- ~ nagy Na<sup>+</sup>-telítettség (kicserélhető Na<sup>+</sup>- tartalom)

→ Szélsőséges vízgazdálkodás

- ~ túlnedvesedés, aerációs problémák
- ~ belvízvesztély
- ~ felszíni lefolyás, vízerosziós károk
- ~ aszályérzékenység

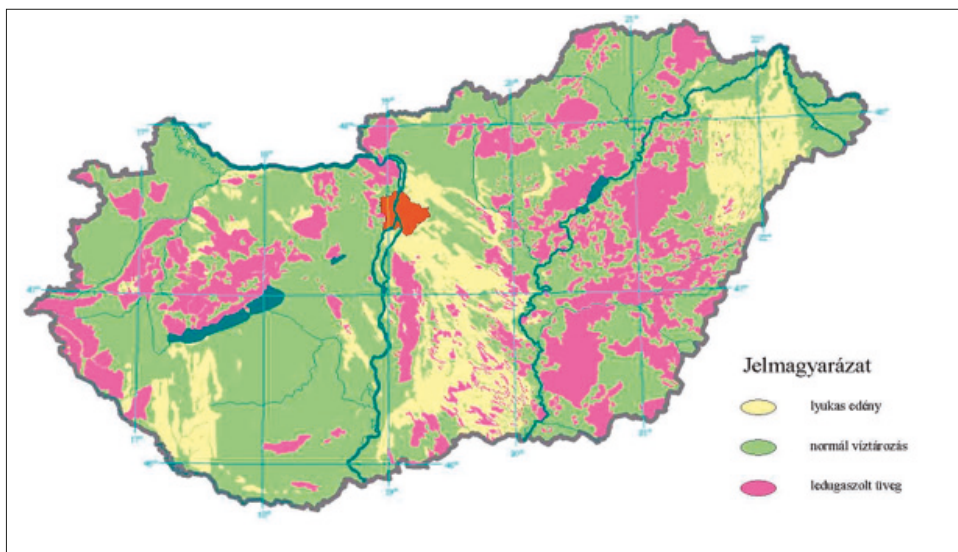
3. Gyenge víztartó képesség



- ~ homokos összetétel
- ~ kis szervesanyag- tartalom
- ~ kolloidszegény

6. ábra: A talaj potenciális vízraktározó terének kihasználását akadályozó tényezők (Várallyay 2003; 2012)

A beszivárgás talajtani akadályai („ledugaszolt palack effektus”) által elsősorban a 6/2, 6/3, 6/4, 7/1 és 9/1 vízgazdálkodási kategóriák érintettek, míg a gyenge víztartó/vízraktározó képesség („lyukas palack effektus”) elsősorban az 1/1 és 2/1 vízgazdálkodási kategóriákra jellemző. Ez természetesen nem jelenti azt, hogy a fenti korlátok más talajtípuson nem jelentkezhetnek, legfeljebb előfordulásuk valószínűsége kisebb, s hatásuk súlyossága mérsékeltebb. A bemutatott tényezők által érintett területek térképe látható a 7. ábrán.



7. ábra: A víz talajba szivárgását és a talajban történő raktározását gátló tényezők (Várallyay 2004; 2010a)

A beszivárgást korlátozó tényezők az Alföld hatalmas kiterjedésű, nehéz mechanikai összetételű, nagy agyag- és duzzadóagyagásvány-tartalmú, valamint szikes talajtípusai vonatkozásában gyakran bekövetkezhetnek. Ezeket ugyanis gyakran még a rövidebb-hosszabb ideig tartó hóolvadás, a sok vagy nagy intenzitású csapadék miatti felszíni vízborítás alatt sem áznak be mélyen és egyenletesen, s nem „használják ki” felső, 1 m-es rétegük potenciális vízraktározó képességét. Ennek egyenes következménye azután, hogy nagy területeken a belvizek természetes „eltűnése” (elfolyás, párolgás) vagy mesterséges – gyakran meggondolatlan, s csak a felszíni vízborítás gyors elvezetését szem előtt tartó – „eltüntetésé” után a csapadékszegény (sőt esetleg gyakorlatilag csapadékmentes) nyári időszakban a talaj viszonylag vékony rétegében tározott csekély vízmennyiség csak rövid ideig képes a növényzet

vízigényét kielégíteni, s a tavasszal belvizes vagy túlnedvesedett területek egy tekintélyes részén komoly aszálykárok jelentkeznek. Ez a „vízháztartási szélsőség” sajnos nem kivételes eset, hanem az Alföld egyik jellemzője (Pálfai 2005; Várallyay 2010b). Szemléletes bizonyítéka ennek, hogy azonos időjárási szélsőségek a talajviszonyoktól függően nagymértékben különböző ökológiai stresszhelyzeteket és következményeket eredményez(het)nek (Láng et al. 2007; Várallyay 2004; 2010a). Így volt ez 2000-ben is: a szélsőséges vízgazdálkodású, belvizes, majd aszályos területeken súlyos, helyenként katasztrófális volt a termés kiesés, míg a jó és kiegyenlített vízgazdálkodású talajokon ez alig, vagy csak mérsékelten volt megfigyelhető. Könnyű mechanikai összetételű homoktalajon a talaj gyenge víztartó/vízraktározó képessége a légköri aszály (csapadékhiány) káros hatásait *súlyosbító* tényező.

### *Következtetések, teendők*

Magyarországra, elsősorban a mélyebb fekvésű és jelentős agroökológiai potenciált jelentő alföldekre a szélsőséges vízháztartási helyzetek kialakulásának egyre nagyobb valószínűsége, gyakorisága, egyre hosszabb tartama és az egyre súlyosabb biomassza-termelési és környezeti következmények jellemzőek. Egyre jelentősebb az ár- és belvízveszély, illetve az aszályérzékenység (Láng et al. 2007; Németh et al. 2005; Pálfai 2005; Somlyódy 2002).

Ennek az az oka, hogy a hatalmas potenciális víztározó tere – különböző okok miatt – nincs kihasználva sem a különböző forrásokból a talaj felszínére érkező vizek, sem a felszínközeli elhelyezkedő jó minőségű talajvízből kapillárisan a felsőbb rétegekbe (az aktív gyökérszónába) szállított vizek hasznos tározására. Az adott tározótér hatékony kihasználásával a szélsőséges vízháztartási helyzetek kialakulásának veszélye eredményesen és *egyidejűleg* lenne csökkenthető, sőt esetleg megszüntethető. A tározótér kihasználását azonban három tényező nagymértékben akadályozza:

- ~ a víz nem tud megfelelő sebességgel beszivárogni a talajba;
- ~ a beszivárgó víz a talaj gyenge víztartó képessége miatt nem tározódik a talaj pórusterében, hanem (részben a duzzadó-zsugorodó agyagtalaj széles és mély repedésein keresztül) hasznosítatlanul a mélyebb rétegekbe, esetleg a felszínközeli talajvízbe szivárog;
- ~ a talajban tározott víz bizonyos hányada a növényzet számára nem hozzáférhető (holtvíztartalom).

Ilyen esetekben a talaj nem képes a szeszélyes időjárás okozta szélsőséges víz-háztartási helyzetek tompítására, a káros következmények mérséklésére, sőt felna-gyítja, súlyosbítja azokat.

2. táblázat: A talaj vízháztartás-szabályozásának lehetőségei, módszerei és környezeti hatásai

Lehetőségek		Módszerek	Környezeti hatások
Felszíni lefolyás	megakadályozása vagy mérséklése	talajvédő gazdálkodás: a beszivárgás időtar-tamának növelése (a lejtőszög mérséklése, állandó, zárt növénytakaró megtelepítése, talajművelés); a beszivárgás lehetőségeinek javítása (talajművelés, mélylazítás)	1, 5a, 8
Felszíni párolgás		a beszivárgás gyorsítása (talajművelés, mélylazítás); a felszíni vizek összefolyásának megakadályozása	2,4
Talajon keresztüli talajvíztáp-lálás		a talaj víztartó képességének növelése; a repe-dezés (duzzadás-zsugorodás) mérséklése	5b, 7
Talajvíz-szint-emelkedés		a szivárgási veszteségek mérséklése; talajvíz-szint-szabályozás (szivattyúzás, drénezés)	2,3 5b,5c
Talajba szivárgás	elősegítése	a felszíni lefolyás csökkentése (lásd fent)	1,4,5a, 7
Talajban történő hasznos tározás		a talaj vízraktározó képességének növelése (a beszivárgás elősegítése, a talaj víztartó képességének növelése); megfelelő művelési ág és vetésszerkezet (növénymegválasztás); talajjavítás; talajkondicionálás	4,5b,7
Hiányzó víz pótlása (öntözés)		öntözés	4,7,9,10
Felesleges és káros vizek felszíni } elvezetése felszín alatti }		felszíni } felszín alatti } vízrendezés (drénezés)	1,2,3,5c,6,7, 11

<b>Kedvező környezeti hatások</b>	<b>Kedvezőtlen környezeti hatások</b>
Az alábbi káros környezeti mellékhatások megelőzése, megszüntetése vagy mérséklése:	Az alábbi kedvezőtlen környezeti hatások előidézése vagy erősítése:
1. víz okozta talajerózió; talajfolyás 2. másodlagos szikesedés 3. láposodás, vizenyősödés, belvízveszély 4. aszályérzékenység, repedezés 5. kijuttatott tápanyagok 5a. bemosódása (→ felszíni vizek, eutrofizáció) 5b. kilúgozódása (→ felszín alatti vizek) 5c. immobilizációja 6. fitotoxikus anyagok képződése 7. biológiai degradáció 8. árvízveszély a vízgyűjtő területen	9. túlnedvesedés (belvízérzékenység, elvizenyősödés, láposodás, mocsarasodás) 10. tápanyag-kilúgozódás 11. szárazságérzékenység

Mindebből következik, hogy mindent el kell követni a felsorolt gátló tényezők kialakulásának megelőzése, kiküszöbölése, megszüntetése, de legalább bizonyos racionális határig történő csökkentése, mérséklése érdekében (Birkás–Gyuricza 2004; Várallyay 2013; 2014a; 2014b). Cél, hogy:

- ~ a felszínre jutó víz minél nagyobb hányada jusson (szivárogjon) a talajba (megfelelő talajállapot biztosítása, felszíni lefolyás és párolgás csökkentése);
- ~ a talajba jutó víz minél nagyobb hányada tározódjon a talajban (víztartó/vízraktározó képesség növelése, „szivárgási veszteségek” csökkentése);
- ~ a talajban tározott víz minél nagyobb hányada váljon a növények számára hasznosíthatóvá (holtvíztartalom csökkentése).

E célkitűzések legfontosabb lehetőségeit foglaltuk össze – nagyon leegyszerűsítve – a 2. táblázatban, bemutatva, hogy a *talajvízháztartási beavatkozások* túlnyomó része egyben hatékony *környezetvédelmi intézkedés* is (Birkás–Gyuricza 2004; Láng et al. 2007; Németh et al. 2005).

A felsorolt beavatkozások megvalósítása jelentős mértékben járulhat hozzá a szélsőséges vízháztartási helyzetek kialakulásának megelőzéséhez, kockázatának csökkentéséhez, mértékének és sokoldalú káros következményeinek mérsékléséhez. Ezért egy tudományosan megalapozott, korszerű talajvízháztartás/ nedvességforgalom-szabályozás a fenntartható talajhasználatnak, a vízgazdálkodásnak, a terület- és vidékfejlesztésnek, valamint a környezetvédelemnek egyaránt nélkülözhetetlen eleme (Németh et al. 2005; Várallyay 2013; 2014a).

## Összefoglaló tézisek

### 1. A talajnedvesség is víz!

A talajnedvesség mennyiségével és minőségével (oldott anyagok mennyisége és kémiai összetétele) jelentős – gyakran meghatározó – szerepet játszik:

- ~ a növényzet és a bióta *vízellátásában* („ebből isznak”);
- ~ a *felszíni vizek* mennyiségében, dinamikájában, „*ökológiai állapotában*” (EU Víz Keretirányelv);
- ~ a *talaj anyagforgalmi folyamataiban* (képződés, degradáció), termékenységében;
- ~ így a *biomassza előállításában* („ahonnan az élelmiszer elindul”).

Hiánya tehát alapvető emberi életfeltételeket érint: nem(csak) *szomjúságot*, hanem *éhínséget* és komoly *környezeti károsodásokat* (is) okoz(hat)!

### 2. A természet legnagyobb (potenciális) víztározója a talaj!

Pórusterébe kedvező esetben – megfelelő talajhasználat (művelési ág, vetésszerkezet, agrotechnika) esetén – a lehulló csapadék jelentős hányada belefér, és hasznosan tározódhat, *egyidejűleg csökkentve a szélsőséges vízháztartási helyzetek kockázatát* (valószínűség, gyakoriság, tartam, súlyosság): az *árvíz-, belvív-, túlnedvesedés-veszélyt* és az *aszályérzékenységet, mérsékelve ezek kedvezőtlen/káros gazdasági/környezeti/társadalmi következményeit*.

### 3. A víz(készlet)gazdálkodás kulcskérdése a vízgyűjtő területen folytatott racionális talajhasználat!

Elsősorban ezzel lehet:

- ~ *korlátozott vízkészleteink jobb hatásfokkal történő hasznosítását elősegíteni;*
- ~ *megelőzni vagy mérsékelni a szélsőséges vízháztartási helyzetek bekövetkezésének kockázatát és káros következményeit;*
- ~ *megvédeni vagy létrehozni felszíni vizeink kedvező ökológiai állapotát.*

### 4. A vízgyűjtő területen folytatott észszerű és fenntartható területhasználat érdekében hozott intézkedések megvalósításának fontosság szerinti prioritást kell biztosítani!

Ezek az intézkedések ugyanis *egyaránt nélkülözhetetlen elemei egy fenntartható mezőgazdaság-fejlesztési/vízgazdálkodási/környezetvédelmi/vidékfejlesztési stratégiának*.

## IRODALOMJEGYZÉK

- Birkás M., Gyuricza Cs. (szerk.) (2004): *Talajhasználat–műveléshatás–talajnedveség*. Szent István Egyetem, Gödöllő.
- Láng I., Csete L., Harnos Zs. (1983): *A magyar mezőgazdaság agroökológiai potenciálja az ezredfordulón*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Láng I., Csete L., Jolánkai M. (szerk.) (2007): *A globális klímaváltozás: hazai hatások és válaszok*. A VAHAVA jelentés. Szaktudás Kiadó Ház, Budapest.
- Németh T., Stefanovits P., Várallyay Gy. (2005): Országos Talajvédelmi Stratégia tudományos háttere. *Tájékoztató: Talajvédelem*. Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium, Budapest.
- Pálfai I. (2005): *Belvizek és aszályok Magyarországon*. Hidrológiai tanulmányok. Közlekedési Dokum. Kft., Budapest.
- Somlyódy L. (2002): *A hazai vízgazdálkodás stratégiai kérdései*. MTA, Budapest.
- Somlyódy L. (2011): A világ vízdilemmája. *Magyar Tudomány*, 12, 1411–1424.
- Várallyay Gy. (1985): Magyarország talajainak vízháztartási és anyagforgalmi típusai. *Agrokémia és Talajtan*, 34, 267–298.
- Várallyay Gy. (2003): *A mezőgazdasági vízgazdálkodás talajtani alapjai*. Egyetemi jegyzet. FVM Vízgazd. Osztály, Budapest–Gödöllő.
- Várallyay Gy. (2004): A talaj vízgazdálkodásának agroökológiai vonatkozásai. „AGRO-21” Füzetek, 37, 50–70.
- Várallyay Gy. (2005): Magyarország talajainak vízraktározó képessége. *Agrokémia és Talajtan*, 54, 5–24.
- Várallyay Gy. (2006): A talaj szerepe az időjárási és vízháztartási szélsőségek kedvezőtlen ökológiai hatásainak mérséklésében, illetve fokozásában. *Talajvédelem*, különszám. Talajtani Vándorgyűlés, 2006. aug. 23–25., Sopron, 6–21.
- Várallyay Gy. (2007a): A talaj, mint legnagyobb potenciális víztározó. *Hidrológiai Közlemény*, 87(5), 33–36.
- Várallyay Gy. (2007b): *A talaj szerepe a csapadék-szélsőségek kedvezőtlen hatásainak mérséklésében*. Tanulmánykötet. (Orsz. Környezetvédelmi Konferencia és Szakkiállítás) MTESZ, Székesfehérvár.
- Várallyay Gy. (2010a): A talaj, mint víztározó; talajszárazodás. „KLÍMA-21” Füzetek, 59, 3–25.
- Várallyay Gy. (2010b): Talajdegradációs folyamatok és szélsőséges vízháztartási helyzetek, mint a környezeti állapot meghatározó tényezői. „KLÍMA-21” Füzetek, 62, 4–28.
- Várallyay Gy. (2012): A talajnedvesség szerepe a növény vízellátásában. *Talaj–víz–növény kapcsolatrendszer a növénytermesztési térben*. I. Talajtani, Vízgazdálko-



- dási és Növénytermesztési Tudományos Nap, 2012. november 23., MTA ATK TAKI, Budapest.
- Várallyay Gy. (2013): A talajok vízgazdálkodása. *Magyar Tudomány*, 174(11), 1285–1292.
- Várallyay Gy. (2014a): *A talaj vízgazdálkodásának szerepe az alkalmazkodó/fenntartható mezőgazdaság- és vidékfejlesztésben*. Tanulmányok. (XIV. Nemzetközi Tudományos Napok) Károly Róbert Főiskola, Gyöngyös.
- Várallyay Gy. (2014b): *A szélsőséges vízháztartási helyzetek (árvíz, belvíz – aszály) talajtani okai és következményei*. XXXV. Óvári Tudományos Nap, 2014. november 13., Mosonmagyaróvár.
- Várallyay Gy., Szücs L., Rajkai K., Zilahy P., Murányi A. (1980): Magyarországi talajok vízgazdálkodási tulajdonságainak kategóriarendszere és 1:100 000 méretarányú térképe. *Agrokémia és Talajtan*, 29, 77–112.



FEJÉR LÁSZLÓ

# GONDOLATOK A VÍZ ÉS A TÁRSADALOM KAPCSOLATÁRÓL A KÁRPÁT-MEDENCÉBEN, KÜLÖNÖS TEKINTETTEL A VÍZ HIÁNYÁRA ÉS TÖBBLETÉRE

## *TÖRTÉNETI VÁZLAT*

A kérdéskört vizsgálva nyomban le kell szögezni, melyek azok a tényezők, amelyek alapvetően meghatározzák bármilyen térségben az ember és a környezetében található (folyó-, álló- vagy felszín alatti) vizek kapcsolatát:

- ~ a természeti viszonyok (éghajlat, időjárás, földrajz, vízrajz stb.), valamint
- ~ a társadalmi (gazdasági-politikai) viszonyok.

Mindezek mellett nem szabad megfeledkezni a következőkben részletezett, a vízzel mint természeti erőforrással kapcsolatos emberi tevékenység ellentmondásairól sem.

- ~ A vízügyi műszaki tevékenység lényegéből fakadó ellentmondások:
  - A társadalmi-gazdasági igény időben folyton változó, megfogalmazói a helyi vagy országos politikai hatalom birtokosai, ők a megrendelők és a finanszírozók.
  - A beruházások eredménye időben állandó, az igények kielégítésének szakértője és tervezője az állami vízügyi szolgálat, amely legjobb tudása szerint lojális a mindenkori állami hatalomhoz.
- ~ A politikus és a mérnök (a szakértő) egymásrautaltságából fakadó és egyéb ellentmondások:
  - Az egységes szempontok szerint végrehajtott vízi munkák, illetve az árvédekezés erősen igényli a centralizációt (lásd a diktatúrák és a vízgazdálkodás).
  - A kor szintjén alkalmazott műszaki eljárás gyorsan elavul.

- A természet folyamataiba beleavatkozva a következmények (pozitívak és negatívak egyaránt) többnyire csak később jelentkeznek.
- A humán és a műszaki kultúra között feszültség tapasztalható.

Ez utóbbi feszültség érzékeltetéséhez elég annyi, hogy a mérnök – többnyire reális adatok, tények birtokában, megfelelő általános összefüggések, képletek segítségével és a gyakorlati tapasztalatok felhasználásával készíti el – legjobb tudása szerint a műszaki terveket, míg a társadalom túlnyomó része mindezen ismeretek hiányában, érzelmeitől befolyásolva alakítja ki álláspontját. Véleményalkotásában viszont nem a műszaki emberek, hanem a társadalom „lelkének ápolásában” kiemelkedően fontos szerepet játszó, ám a technikai kérdésekben kevésbé tájékozott humán értelmiség hozzáállása a döntő. E jelenség iskolapéldája a bős–nagyvarosi vízlépcső esete. Mindez azt a tanulságot rejti magában, hogy ami mögé nem lehet társadalmi (politikai) támogatottságot állítani, annak megvalósítása felettébb kétséges.

### *A Kárpát-medence természetföldrajzi viszonyai*

Elég csak rápillantanunk a vízszabályozások előtti vízrajzi állapotokat bemutató térképekre, hogy megértsük a folyó- és állóvizek meghatározó jelentőségét a Kárpát-medence népeinek történetében, a terület gazdasági fejlődésében. Ha a terület természeti viszonyainak történetét tanulmányozzuk, az egyik legszembetűnőbb jelenség az időnkénti roppant vízbőség, máskor pedig a kitaró, hosszú szárazság. Ez összefüggésben áll azzal a helyzettel, hogy a Kárpát-medence három különböző éghajlati zóna határán fekszik. Fekvésének következtében a külső (szélsőséges éghajlati) hatások keverednek az adott helyi viszonyokkal, s így a csapadékszegény zóna határán fekvő területet a közepes csapadékoság jellemzi, azonban éghajlata még így is eléggé kiszámíthatatlan. A Kárpát-medence domborzati viszonyainak minden lényeges vonása az emberi megtelepedés kora előtt alakult ki. Mindemellett a medencében az egyes területek süllyedésének és feltöltődésének (tehát emelkedésének) folyamata ma sem befejezett. Ezt a lényeges körülményt – amikor folyóvizekről beszélünk – nem érdemes figyelmen kívül hagyni.

### *A magyar vízgazdálkodás korszakai*

Még mielőtt a korszakok rövid áttekintését elvégeznénk, fel kell hívni a figyelmet a Kárpát-medencében egykor kialakult római világra, amely a vizekkel való gazdálkodás különlegesen magas szintjét érte el a népvándorlás megindulásának időszakáig. A római vízkultúra hagyományai nem vertek gyökeret ebben a térségben, s

hosszú évszázadoknak kellett eltelniük addig, míg – szerves fejlődés eredményeképpen – sikerült meghaladni a rómaiak korszakának „vízgazdálkodását”. Nagyon lényeges a tanulság: egy adott közösség vagy a társadalom érdekében végrehajtott vízi munkák megkívánják az erős államhatalmat, mert a műveket megépíteni és folyamatosan üzemeltetni (fenntartani) másképpen nem lehet.

A nagy ókori öntözőkultúrák története is erről tanúskodik: amint meggyengült az államhatalom (akár egy külső támadás vagy/és belső lázongás következtében, akár az időjárási-vízjárési viszonyok változása miatt) és nem volt már kellő kényszerítő erő a művek fenntartására, az ebből fakadó gazdasági összeomlás maga alá temethette a társadalmat is. A tétel persze fordítva is igaz: egy-egy társadalom gazdasági erejét azon is le lehet mérni, hogy infrastrukturális (tehát közlekedési, vízgazdálkodási, távközlési stb.) viszonyai milyen szinten állnak. Hazánkban például az átfogó vízszabályozások társadalmi, gazdasági, műszaki és egyéb feltételei – amint erről még a későbbiekben szó lesz – csak a 19. század második felében teremtődtek meg igazán.

### *A magyar vízgazdálkodás korszakai vázlatosan*

1. ártéri haszonvételek, ártéri gazdálkodás – a 18. század utolsó harmadáig: nincsenek átfogó szabályozási munkák, a beavatkozások célzottan lokálisak;
2. az árvízi szabályozások, vízrendezések kora – a reformkortól a 19. század végéig: a Kárpát-medence vízrajzi arculata jelentősen megváltozik, eltűnőben a vízjárta természeti táj, kialakul a kultúrtáj;
3. a vízhasznosítások kora – a 20. század fordulójától a diktatórikus fordulatig (1948): az energetikai, ipari és öntözési hasznosítások elterjedése;
4. a vízgazdálkodás kora – 1948-tól az 1960-as évek közepéig: az ország vízkészleteinek felmérése, az ipari-mezőgazdasági vízfelhasználás kiszélesedése;
5. a komplex vízgazdálkodás kora – az 1960-as évektől a rendszerváltásig: összefüggő, komplex vízgazdálkodási rendszerek kiépítése, a lakossági víziközművesítés fokozatos előtérbe helyezése, a környezetvédelmi szempontok megjelenése;
6. az integrált vízgazdálkodás kora – napjainkban: az ökológiai fenntarthatóság és a térségi vízhasználók érdekeinek integrálásával folytatott vízgazdálkodás.

## *Az ártéri haszonvételek, ártéri gazdálkodás korszaka*

A mindenkori ártereken, az időszakosan vízjárta helyeken élő lakosság az árvizeket tudomásul vette, élete velejárójának tekintette, településének szerkezetét ehhez alakította, gazdálkodását ennek figyelembevételével folytatta (ártéri legelők és a kapcsolódó állattartás, gyümölcsösök, halászat, gyűjtögetés), megpróbálta szabályozni a folyamatokat (fokok nyitása és elrekesztése, mesterséges csatornák ásása, halastavak létesítése stb.). Nagyon lényeges, hogy ez az ártéri gazdálkodás nem a mezőgazdasági vagyongyűjtés, tőkefelhalmozás, hanem a mindennapi túlélés eszköze volt! A napjainkban ismert belvízi viszonyok, károkozások nemcsak fogalmilag, hanem a valóságban is értelmezhetetlenek voltak.

### *A reformkor*

Természeti viszonyok:

- ~ száraz és nedves időszakok váltakozása, kiemelten nagy katasztrófákkal járó dunai árvíz 1838-ban,
- ~ 1845-ben kora nyári árvíz a Tisza völgyében, amely meggyorsította a Tisza-szabályozás megindítását.

Társadalmi-gazdasági viszonyok:

- ~ felvilágosult abszolútizmus, a Habsburg Birodalom egységesítő törekvéseivel szemben a nemzeti érzések erősödése,
- ~ napóleoni háborúk, gabonakonjunktúra, nagyobb termőterület, megfelelő közlekedési-szállítási viszonyok igényének megjelenése,
- ~ a gabonakonjunktúrával egy elavult termelési mód kapott némi túlélési lehetőséget – ez a háborúk elmúltával felszínre hozta a mezőgazdaság válságát.

A vízi tevékenység helyzete:

- ~ egyes kisebb vízfolyások szabályozása, malomcsatornák építése,
- ~ a vízszabályozási és ármentesítési társulatok alakításához a jogi feltételek megteremtése,
- ~ a hazai nagyobb folyók vízrajzi felvétele,
- ~ a Tisza-szabályozás munkáinak előkészületei (műszaki terv, szervezeti és pénzügyi feltételek).

A 18. század második felében az Európában dúló háborúk a mezőgazdasági termények árát alaposan felverték, s az országban meglévő felesleg elszállítását a gyakran hónapokig járhatatlan közutak helyett a vízi utak (Temes–Béga-csatorna, a délvidéki Duna–Tisza-csatorna stb.) kiépítésével vélték megoldani. A szállítási lehetőséggel rendelkező birtokosok körében megerősödött az árutermelésre irányuló törekvés. A napóleoni háborúk szinte korlátlan felvevőpiaca a gyors meggazdagság reményét csillantotta meg az elavult szerkezetű magyarországi mezőgazdaság érintett résztvevői számára. Nem lehet ugyanakkor eltekinteni attól sem, hogy éppen a gyengébb minőségű mezőgazdasági termékek eladhatóságát növelő háborús konjunktúra bizonyos értelemben konzerválta is az elavult termelési viszonyokat. Egy darabig...

Az ország legnagyobb folyóinak (Duna, Tisza, Nagy- és Kis-Körös, Dráva, Rába stb.) szabályozását immár nemcsak a part menti birtokosok és városok kezdték egyre inkább szorgalmazni, hanem a merkantilista szemléletű Habsburg uralkodók is, mivel belátták: a szabályozási munkák – a kereskedelemből várható adóbevételei többlet révén – a kincstár érdekeit is szolgálják. A leglényegesebb kérdés azonban mindig az volt, hogy kinek a költségén kell a munkákat végrehajtani. A folyók hajózhatóságának biztosítása mindig kormányzati feladatot jelentett, a folyó menti birtokok töltésekkel történő védelmét azonban már nem vállalta az állam, ezt a feladatot a törvény vármegyék kötelességévé tette. Ez a rendszer azonban alkalmatlan volt az átfogó vízszabályozási munkák végrehajtására, s a vármegyei határoktól független, a vízrajzi viszonyokhoz alkalmazkodó „öblözetek” érintett birtokosai által megalakított vízszabályozó társulatok feladatává tette a vízkárok elleni védekezést.

Széchenyi István gazdasági országépítő programjában az Al-Duna vízi közlekedési célú szabályozása állami feladatként szerepelt, míg az Alföld mezőgazdasági árutermelő képességének kibontása érdekében felvállalt Tisza-szabályozás állami és társulati tehervállalásra épült. Tehát az egységes műszaki feladat, azaz az átvágásokkal kombinált mederszabályozás és az új meder mentén kiépített töltésrendszer kialakításának – és ami nagyon fontos: fenntartásának – költségét az állam és a birtokosok közösen fedezték. Ennek a költségviselő rendszernek a kialakítása és fokról fokra történő javítgatása, csiszolgatása lényegében egészen a társulati rendszer államosításáig, 1948-ig tartott. Széchenyi programjában az ármentesítés mellett az öntözési lehetőségek megteremtése is szerepelt, ezt azonban már kihagyták a továbbiak során, hiszen az öntözésekkel kapcsolatos további beruházások végképp meghaladták volna az érintett birtokosok teherviselő képességét. Meg kell említeni, hogy az átfogó hazai folyószabályozások és a hasonló műszaki tartalmú nyugat-európai vízi munkák között az a különbség, hogy míg azokat a kor színvonalán álló mezőgazdaság jövedelemtermelő képességének fokozása érdekében végzik el, ad-

dig nálunk lényegében ezektől a munkáktól várták a mezőgazdasági tőkefelhalmozás megindulását. Az itthoni folyamat persze igen lassú, mert:

- ~ a mezei gazdálkodás külterjes,
- ~ nincs mobil tőke, valamint
- ~ a természeti viszonyok nem konszolidáltak (gyakori árvizek nehezítik a munkákat).

Mindenesetre a vízi munkáknak megvan a szükséges politikai háttere, a megvalósításban szereplő mérnöki kar támaszra lel a társulatokban meghatározó szerepet játszó nagybirtokos osztályban (illetve annak politikai képviselőiben).

### *A kiegyezés utáni dualista korszak*

Természeti viszonyok:

- ~ az 1860-as évek első felének elhúzódó száraz időjárási időszaka (az évszázad aszálykatasztrófáját okozta a Tiszántúlon),
- ~ az 1870-es, '80-as, '90-es években komoly és nagy pusztításokkal járó árvizek

Társadalmi-gazdasági viszonyok:

- ~ az 1860–70-es években jelentkező mezőgazdasági gabonakonjunktúra hasznát az ipar és a vasút nyeli el, tehát a többletjövedelem nem a mezőgazdaságot gyarapítja, hanem például az államilag is támogatott vasútfejlesztésekbe áramlik,
- ~ az 1880-as évek gabonaválsága nehéz helyzetbe hozza azokat a birtokosokat, akik ebben az időben jutottak el oda, hogy ármentesített területeiket szántóként hasznosítsák,
- ~ egyre sürgetőbb a belterjes termelés kiszélesítése,
- ~ a válsággal összefüggésben megjelennek az agrárszocialista mozgalmak.

A vízügyi tevékenység helyzete:

- ~ az ármentesítések és a Tisza-szabályozás első korszaka befejeződött, az eredmények ellentmondásosak (szegedi katasztrófa),
- ~ ármentesítések + belvízrendezések = a társulatok jelentős pénzügyi tehervállalása következtében általános elkeseredés,
- ~ fontossá válik a talaj vízállapotának műszaki szabályozása, a vízhasznosítás társadalmosítása (vízenergia kihasználása, az öntözés elterjesztése stb.), a kultúr mérnöki tevékenység megindulása,



~ előtérbe kerülnek az államilag támogatott vízi munkák mint a munkanélküliség csökkentésének eszközei.

Az 1963–64-es alföldi (tiszántúli) aszálykatasztrófát követően támadás indult a Tisza-völgyi szabályozási munkák ellen, („a mérnökök kiszárították az Alföldet!”), jóllehet a vízszabályozások előtt is volt hasonlóra példa a 18. század végén, s ugyancsak – nem egy esetben jogos kritikákat megfogalmazva – elmarasztaló vélemények láttak napvilágot a sorozatos árvizek miatt a tiszai munkákat és az azokat tervező-irányító mérnöki kart illetően. A politika – különösen a nagy felháborodást kiváltó 1879-es szegedi árvíz után – kihátrálni látszott a vízi munkák mögül, jóllehet komoly felelősség terhelte a kormányzatot az állami munkák lemaradása és a megfelelő jogi környezet megteremtésének hiányosságai miatt. A nagyon fontos törvények meghozatalával együtt a politikai támogatás visszaállt, s a kormányzat az 1890-es években hosszú távú vízügyi programot törvényesített, amelyhez a szükséges költségvetési támogatást is garantálta. A vízszabályozási munkák az Alföld képét visszavonhatatlanul megváltoztatták. A hajdani vízi világból élő, kenyerüket veszített emberek nagy része beállt kubikosnak, s munkájuk nyomán a Kárpát-medencében csaknem 40 000 km<sup>2</sup>-nyi árterület mentesült az árvizek előntéseitől.

A Tisza-szabályozáshoz képest viszonylag később került sor a Duna magyarországi szakaszának átfogó rendezésére. A Duna-völgyi ármentesítő és vízszabályozó társulatok viszonylag kései szerveződésének persze az is oka volt, hogy a Duna völgyében már korábban is folytak – főként a vármegyék költségén – töltésépítések, tehát az árvízveszély is kisebb volt, mint a Tisza vidékén, s a veszélyeztetett terület csak harmada volt a Tisza árterületének.

A Felső-Duna középvízi szabályozása, az al-dunai Vaskapu-csatorna kiépítése, az elfajult tiszai átvágások kijavítása és bővítése, a Dráva, valamint más kisebb folyók szabályozása, a kultúrmérnöki hivatalok vízrendezési és talajjavítási munkái stb. mind-mind hozzájárultak az ország gazdasági fellendülésének elősegítéséhez, de az elavult, tőkeszegény mezőgazdaság (a maga idejétmúlt külterjes gazdálkodásával, nagybirtokrendszerével) kevéssé volt képes a megváltozott körülményeket a társadalom javára hasznosítani. A vízi munkák politikai támogatói ebben a korszakban: Andrássy Gyula, Lónyay Menyhért, Szapáry Gyula, Darányi Ignác, Hieronymi Károly stb., programalkotó mérnök társuk Kvassay Jenő, aki közel három évtizeden át (1889–1918) a vízügyi műszaki szolgálat vezetője.

## *A vízhasznosítás korszaka*

Természeti viszonyok:

- ~ 1927–1937 lényegében egy száraz időjárási periódus,
- ~ az 1939–42 közötti évek a tárgyalt korszak legcsapadékosabb esztendeit hozzák.

Társadalmi-gazdasági viszonyok:

- ~ ellenforradalmi időszak, a földbirtokviszonyok változatlanok,
- ~ gazdasági válságok 1932-ig, utána gazdasági fellendülés 1942-ig,
- ~ az ipari nyersanyagok importja, az Alföld gazdasági felértékelődése,
- ~ öntözésének programja.

A vízügyi tevékenység helyzete:

- ~ a társulatok szétszakítottsága,
- ~ kiépülnek a nemzetközi vízügyi kapcsolatok,
- ~ többnyire tervek készülnek, a beruházások a tőkehiány miatt sokáig szünetelnek,
- ~ a megépült művek fenntartása problematikus.

A 19. század végén megindított vízi program a vízhasznosítások feltételeinek megteremtését tartotta elsődü feladatának – természetesen a vízkárok elleni hatékony védekezés mellett. Az első világháború sok fejlesztési elképzelés végét jelentette, s az elvesztett háború területi következményei gyökeresen új vízügyi politika kialakítását is szükségessé tették. Az új országhatárok között a régi vízrajzi egység megbomlott, Magyarország vízviszonyait tekintve kiszolgáltatottá vált az őt körülvevő utódállamok árvízvédelmet komolyan vevő vagy éppen azt elhanyagoló magatartásának. A vízügyek terén várható ellentmondások feloldására a trianoni békediktátum megfogalmazói vízügyi rendelkezéseket is iktattak a szerződésbe, amelyek végrehajtásának ellenőrzésére egy külön vízügyi műszaki bizottságot alakítottak az érintett országok képviselőinek részvételével.

Az 1920-as évek végén bekövetkező gazdasági válság a nagyobb befektetést igénylő, lassabban megtérülő, de a nemzet jövője szempontjából nagy jelentőségű vízi munkálatok elvégzésére nem adott módot. A helyzet a gyors megtérüléssel kecsegtető, de a távolabbi jövővel nem mindig számot vető (így nem egy esetben a későbbiekben kifejezetten káros) befektetéseknek kedvezett. Ezek közé sorolható a Kis-Balaton lecsapolása, amelyet a jó fűtőértékű kis-balatoni tőzeg kitermelése érdekében hajtottak végre. Sajnálatos módon a Kis-Balaton nádrengetegének vízmínőség-javító funkcióját – a Balaton ökológiai rendszerének ismerete híján – éppen

akkor szüntették meg, amikor a civilizáció előretörése (a városiasodás, az idegenforgalom, az iparosodás, a mezőgazdasági műtrágyázás stb.) miatt a Balatonba jutó vizek minősége egyre inkább romlott.

A század '30-as éveinek elején a korszak kiemelkedő képességekkel rendelkező vízügyi vezetőjének, Sajó Elemérnek nem maradt más lehetősége, mint a jövő vízügyi politikájának átgondolt tervekkel és tanulmányokkal történő megalapozása. Az általa lefektetett elvek és elgondolások haszna a második világháború utáni tervgazdálkodás vízügyi politikájának kijelölésekor kamatozott. Sajó megítélése szerint a vízgazdálkodás szerkezetében alapvető változás zajlott le, hiszen a vizek kártételei elleni védekezés műszaki feltételei (az ármentesítő töltéshálózat, a belvízlevezető csatornarendszer és műtárgyaik) addigra már zömmel adottak voltak, viszont a gazdasági fejlődés kényszere az öntöző mezőgazdaság és az ipar folyamatosan növekvő vízigényeinek kielégítését, valamint a létrejövő többlettermék vízi szállításának biztosítását állította a vizekkel kapcsolatos tevékenység központjába. Jellemző ugyanakkor a kor szellemére – s így Sajó Elemér gondolkodására is –, hogy a mezőgazdaság és az ipar fejlődésében nem látta meg a század második felében immár az egész világot fenyegető globális veszélyt: a környezetkárosítást és -pusztítást. A környezetszennyezés mértéke még nem volt elviselhetetlen, s kevesen vették észre, hogy a nagyipar fejlődése során nemcsak a nyersanyagokat használja fel szinte mértéktelenül, hanem fogyasztja az élővilág természetes környezetét, fogyasztja magát az embert is.

Sajó Elemér vízügyi programjának alapelvei:

- ~ takarékosság, rentabilitás, kísérletezés, a munkanélküliség csökkentése,
- ~ a vízügyek egységes kezelése, az ismeretterjesztő propaganda fontossága.

Lényeges volt az a felismerés is, hogy a vízi munkák terén az állam szerepének növelése szociális kérdés is!

A korszak talán legjelentősebb vízügyi létesítményei a Tiszántúl öntözési munkálataival kapcsolatosak. Az 1930-as évek aszályokat okozó időjárása döntő löketet adott az öntözéses gazdálkodás gyors fejlesztésének. Az öntözési törvény életbelépése után országos hivatalt szerveztek (élére Horthy Miklós megbízható hívét, Kállay Miklós későbbi miniszterelnököt állították), amely kialakította előbb a tiszántúli öntözések, majd – a háború alatt átmenetileg magyar fennhatóság alá helyezett – Kárpátalja és Észak-Erdély víztározási koncepcióit. A vízi munkák politikai támogatói ebben az időszakban a már említetteken kívül: Gömbös Gyula, Darányi Kálmán stb., mérnök szakértőik: Sajó Elemér, Trummer Árpád, Lampl Hugó és társaik.

## A vízgazdálkodás kora

Természeti viszonyok:

- ~ árvizes periódus 1954-65 között, főként a Duna mentén.

Társadalmi-politikai viszonyok:

- ~ a legtöbb tekintetben alapvető változás, földosztás, államosítás (a társulatok is),
- ~ az '50-es években: erőltetett iparosítás, munkásosztály, a munkaerő az iparba vándorol,
- ~ háborúra való készülés,
- ~ a mezőgazdaságban kényszerszövetkezetesítés, új városok, városrészek kialakulása,
- ~ villamosítási program,
- ~ tervgazdálkodás az érték- és árarányok eltorzításával, a szocialista integráció erősítése.

Vízgazdálkodási viszonyok:

- ~ a társulatok csődje és államosítása,
- ~ a vízügyek egységes kezelése címén először a vízügyi szervezet szétdarabolása, majd 1953-ban újraegyesítése,
- ~ a szovjet példa az '50-es években, jelszó: „Legyőzzük a természetet!”
- ~ előtérbe kerülnek az ipari, mezőgazdasági és lakossági vízigények,
- ~ a vízkészletek felmérése, vízgazdálkodási tervezés,
- ~ a mezőgazdaságban teret kap az erőteljes kemizálás, a nagyüzemi táblák kialakítása, gépesítés az elvándorolt munkaerő pótlására,
- ~ megalkotják a vízügyi törvényt, amely rögzíti a szocializmus korának vízgazdálkodással kapcsolatos jogi és szervezeti feltételeit, és a vízügyi igazgatást hatósági jogosultságokkal is felruházza.

A párizsi békeszerződés (1947) rendelkezései visszaállították a trianoni határokat, s ezzel a magyar vízgazdálkodás számára újra az 1938-as viszonyok adták a működési területet. Nemcsak a feladat ellátásával kapcsolatos tér, hanem az abban részt vevők köre is változott. Az 1945-ös földreform felszámolta a nagybirtokrendszert, s ezzel kidőlt a korábbi ármentesítő társulatok egyik tartópillére. A földhöz jutott nincstelen parasztgazdák nem tudták fizetni a társulati védművek helyreállítására és folyamatos fenntartására az ártéri járulékot, így a társulatok rohamosan eladósodtak, és kénytelenek voltak minden addiginál nagyobb állami támogatást igénybe venni. Az ellentmondásos állapot a társulatok 1948-ban bekövetkezett álla-

mosításával ért véget, amelynek során minden vizekkel kapcsolatos feladatot állami feladatnak nyilvánítottak, s e téren megszüntettek minden magánkezdeményezést.

A kellő koncepció nélkül végrehajtott államosítás, a vízügyi szakfeladatok több tárca felügyelete alá helyezése elkerülhetetlenül zavarokhoz vezetett, ezért az első Nagy Imre-kormány 1953 őszén létrehozta az egységes vízügyi szervezetet (az Országos Vízügyi Főigazgatóságot). Az országot 12 vízrajzi egységre bontva kialakították a területi szervezeteket (későbbi nevükön a vízügyi igazgatóságokat). Az egységes vízügyi igazgatás körébe tartozott a vizek tervszerű hasznosítása és kártételeinek (árvizek, belvizek, később a vízszennyezések) elhárítása, továbbá a vízi munkák és a vízi létesítmények műszaki tervezésének, kivitelezésének, üzemeltetésének szabályozása, szakirányítása és ellenőrzése. 1957-től a vízügyi szervezet foglalkozott a települések vízellátásának és csatornázásának műszaki kérdéseivel is.

Az 1948-as szovjet típusú fordulatot követő társadalmi-gazdasági változások a vízgazdálkodás elé is új feladatokat állítottak. A nagy ütemű (és vízigenyes) iparfejlesztés szükségessé tette az ország vízkészleteinek mindaddig hiányzó felmérését. Világossá vált, hogy a víz az ország egyik legfontosabb természeti kincse, s az azzal való észszerű gazdálkodás létérdeke az iparnak, a mezőgazdaságnak és az egész lakosságnak. A vízkészletek számbavétele nyitotta meg az utat a távlati vízgazdálkodási kerettervek elkészítéséhez, s adott jelentős lökést a vízügyi tudományos kutatás fejlődésének. A korszak kiemelkedő árvizes eseményei egyrészt a Felső-Tiszához (1947–48), másrészt a Dunához kapcsolódtak (1954, 1956).

Az ötvenes években nagy lendületet kaptak a vízenergia hasznosítására irányuló törekvések. Néhány kisebb vízerőmű mellett 1954-ben részlegesen üzembe helyezték a Mosonyi Emil vezetésével tervezett és kivitelezett tiszalöki vízlépcsőt, amely az ország akkori legnagyobb vízügyi műtárgyaként a Tisza adott szakaszán és a Bodrogon biztosította a hajózás lehetőségét. A duzzasztómű igazi jelentőségét azonban – a vízenergia kihasználásán túl – a hozzá kapcsolódó öntözőrendszerek, a Keleti- és a Nyugati-főcsatorna és a hortobágyi tározók rendszerei adják.

A szocialista korszak vízgazdálkodásának fejlődéséről szólva meg kell említeni a szolgálat élére 1955-ben került Dégen Imre nevét, akinek több mint húsz esztendőig tartó működése során jelentős szerep jutott a vízgazdálkodási gondolkodás megújításában, a vízügyi szolgálat megerősítésében, s az ezen időszak alatt bekövetkezett dunai és tiszai árvizek elleni eredményes küzdelemben. Működése átnyúlik a következő korszak, a komplex vízgazdálkodás korszakának első évtizedébe. A vízi munkák politikai támogatói az 1960-as évekig bezárólag: Vas Zoltán, Hege-dűs András, Erdei Ferenc, Fehér Lajos, míg a korszak mérnök szakértői: Mosonyi Emil, Ziegler Károly, Serf Egyed, Németh Endre és társaik.

## *A komplex vízgazdálkodás korszaka*

### Természeti viszonyok:

- ~ száraz és árvizes-belvizes időszakok váltakozása, kiemelkedik az 1965-ös dunai és az 1970-es tiszai árvíz.

### Társadalmi-politikai viszonyok:

- ~ a szocialista gazdasági rendszer megszilárdulása,
- ~ az új gazdasági reform kezdeti lendülete, majd megtorpanása,
- ~ a mezőgazdasági termelőszövetkezeti rendszer mellett megjelennek a háztáji gazdaságok,
- ~ a vgmk-k, gmk-k mint a magánkezdeményezések első szervezeti formái,
- ~ a környezetvédelem megjelenése a közgondolkodásban,
- ~ az 1980-as években erőteljesen jelentkeznek az eladósodás gazdasági és politikai következményei.

### Vízgazdálkodási viszonyok:

- ~ sikeresen kivédett árvizek emelik a vízügyi szolgálat társadalmi-politikai presztizsét,
- ~ komplex vízgazdálkodási nagylétesítmények, regionális vízellátó és vízártvezető rendszerek megteremtése,
- ~ vízgazdálkodási kerettervek – erős szervezetépítés, a vízügyi vállalati struktúra kialakítása, az igazgatóságokon belüli vállalkozási tevékenység megszerzése,
- ~ a vízellátás és kisebb mértékben a csatornázás feladatainak beruházási igényei felülmúlják a vízkárelhárítás elleni megelőzésre és védelemre fordított költségvetési ráfordításokat,
- ~ az 1980-as évek költségvetési megszorításainak hatásai a vízügyi beruházások csökkenésében és szerkezeti átalakításában,
- ~ csökken a mezőgazdaság korábban szinte korlátlan befolyása a hazai vízi munkákra, megjelenik a környezetvédelem, vízminőség-védelem tematikája a vízügyi gyakorlatban,
- ~ a bős-nagymarosi beruházás mint a rendszerváltás „trójai falova”,
- ~ politikai támadások (kezdetben a pártvezetésen belülről): „a vízügy állam az államban”.

A szocialista korszak vízgazdálkodásának fejlődéséről szólva meg kell említeni a szolgálat élére 1955-ben került Dégen Imre nevét, akinek több mint húsz eszten-

deig tartó vezetői működése során jelentős szerep jutott a vízgazdálkodási gondolkodás megújításában, a vízügyi szolgálat megerősítésében, s az ezen időszak alatt bekövetkezett dunai és tiszai árvizek elleni eredményes küzdelemben. Programjának középpontjában a társadalom igényeivel összhangba hozott többcélú, komplex vízgazdálkodás szerepelt, amelynek fő célja a szükséges víz kitermelése és az igénylőkhöz (mezőgazdaság, ipar, lakosság) való eljuttatása volt térben, időben, mennyiségben és minőségben egyaránt.

A Tisza folyócsatornázáson alapuló hasznosításának a Tiszalöki vízlépcső megépítése utáni következő jelentős lépése a kiskörei duzzasztó és tározó kiépítése volt az 1970-es években. A műtárgyak megépítésével ebben az esetben is energetikai, öntözési, vízátviteli és árvízvédelmi célokat kívántak elérni. Az már más lapra tartozik, hogy a mezőgazdaság vízigénye utóbb túlzottan bizonyult, és a kiskörei duzzasztómű felett megépített tározó tervezett további bővítésére már nem volt szükség. A tározó – népszerűbb nevén a Tisza-tó – ma már a természetvédelem és az idegenforgalom kiemelt jelentőségű területe. A mintegy másfél évtizede változatlan duzzasztási szintnek köszönhetően Európa-szerte elismert és keresett, újra erdőszült szigetekkel tarkított, az ősi Tisza-vidéket felidéző ártéri táj alakult itt ki.

Az 1980-as évek második felében a környezetvédelmi mozgalmak egyre inkább erősödő politikai célú kezdeményezései elkoptatják a politikusi támogatók körét, a háttérben inkább a reformerek szemében népszerűtlen politikusok maradnak (mint például Czinege Lajos miniszterelnök-helyettes), s a korszerű szakpolitikai programmal érkező környezetvédelmi és vízügyi miniszter, Maróthy László is lemondani kényszerül, amikor saját kormánya kihátrál a miniszter által célszerűnek ítélt politika mögül. A korszak műszaki szakemberei: Kertai Ede, Stelczer Károly, Bencsik Béla, Illés György, Breinich Miklós, Varga Miklós, Nagy László, Szász helyi Pál, Szántó Miklós.

### *Az integrált vízgazdálkodás korszaka (a rendszerváltozás utáni korszak)*

Természeti viszonyok:

- ~ kifejezetten száraz másfél évtized egészen 1998-ig,
- ~ azután pedig „az árvizek és belvizek szorításában” zajló évek sorozata.

Társadalmi-politikai viszonyok:

- ~ a korábbi szocialista rendszer gazdasági és politikai ellehetetlenülése és összeomlása,

- ~ az állami szektor elerőtlenedése,
- ~ a rendszerváltó hangulat a vízügy ellen fordul,
- ~ egészen az ezredvégi árvizek megjelenéséig nincs olyan „húzóterület”, ahol a vízügyi szolgálat társadalmi hasznossága bizonyítható lenne,
- ~ az EU-integráció feltételei.

Vízgazdálkodási viszonyok:

- ~ az „adósság” felszámolása (Bős-Nagymaros, közműolló, az elmaradt árvíz-védelmi fejlesztések, felszín alatti vízvédelmi program stb.),
- ~ a vízügyi szervezet „megtisztítása” a kivitelezői kapacitástól, vállalkezési szférától, hatósági feladatoktól,
- ~ a vízellátás, csatornázás önkormányzati feladat, az üzemeltető szervezetek burjánzása,
- ~ az állami vízügyi szerepvállalás újragondolása,
- ~ a társulati mozgalom válság utáni újrászervezése,
- ~ az integrált vízgazdálkodás (a vízgyűjtő-gazdálkodás, folyógazdálkodás) programjának kidolgozása,
- ~ a Vásárhelyi-terv továbbfejlesztése,
- ~ a Víz Keretirányelv alkalmazása a hazai viszonyokra,
- ~ a vízügyi intézményrendszer gyakori átszervezése, a vízgazdálkodási törvény szerepe.

Lényeges szakmai programot jelentett az 1991-ben elkészített *Vízkérelhárítási stratégia*, amely a rendszerváltás utáni új tulajdonviszonyok tükrében – többek között – az állami kötelezettségvállalást, a kezelői feladatokat, a költségek viselésének dolgát fogalmazta újra, azzal az alapvetéssel, hogy a vizek kártételei miatt szükséges kockázatvállalásból az állam teljesen nem vonulhat ki, de nem is várható a jövőben a szocialista korszakhoz hasonló korlátlan állami szerepvállalás. Mindezt az is alátámasztotta, hogy a már említett 1990. évi önkormányzati törvény nem csupán a víziközművekkel kapcsolatos feladatokat, hanem a helyi ár- és belvízkárok elhárítását is a helyi önkormányzat felelősségi körébe utalta.

Az utóbbi évtizedekben lezajlott árvízcsúcshelyzetek (1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2006, 2010, 2013) története eléggé közismert, hatásukra a Tisza-völgy árvízi biztonságának fokozása érdekében megszületett a különböző kormányok által is támogatott *Vásárhelyi-terv továbbfejlesztése* program, amely lényegében több mint egy évtizede változó intenzitással halad a megvalósítás útján. A program térségfejlesztő „lába” különböző okok miatt „sántítani” látszik, miként időről időre előtérbe kerül az öntözések ügye is, de ebben az ország politikai vezetése és mezőgazdasága



(maguk a gazdálkodó szervezetek és gazdák/birtokosok is) hű az évszázados hagyományokhoz; hol nagy elszánást mutat, hol visszahőköl, ahogy a száraz és nedves évek egymást váltogatják. Mert nem elég egy műszaki rendszert kiépíteni és felszerelni, azt működtetni is kell, ez azonban egy tőkeerős, kockázatokat is felvállaló mezőgazdaságot feltételez.

Az adott időszakban a vízügyi tevékenységnek stabil politikai támogatói nem voltak, s ez a gyakori átszervezésekben is megnyilvánult: a különböző politikai erők a pillanatnyi erőviszonyok alapján tettek a közigazgatási mérlegserpenyőbe újabb és újabb koncepciókat, amelyek olykor gyökeresen ellentmondtak a korábbi elképzeléseknek. Ebben a folyton változó helyzetben a sikeresen kivédett árvizek is csak időlegesen konszolidálták az állami vízügyi szervezetet.

## Összefoglalás

A víz hiánya és többlete a Kárpát-medencében a történelem folyamán mindig különös jelentőséggel bírt, majd az első világháborút követően igazi stratégiai kérdéssé vált. Az egyre több szempontra kiterjedő vízgazdálkodás kezdetei is ehhez az időponthoz kapcsolódnak. Az állam és a társadalmi csoportok közötti feladatmegosztás mindig kulcskérdése volt a hazai vízgazdálkodásnak. A szovjet típusú társadalmi-gazdasági korszakban a vízgazdálkodásban megnyilvánuló állami mindenhatóság ugyanúgy nem vezetett dinamikus kiegyensúlyozott állapotokhoz, szerves fejlődéshez, miként a rendszerváltás utáni időszak mindmáig lezáratlan vízgazdálkodási (szervezet- és feladat-) rendszere sem. Az elmúlt évszázadok tanulsága szerint is mindig újragondolandó, mi az állam és mi a társadalom egyes tagjainak, csoportjainak feladata az ország vízgazdálkodásának eredményessége és fenntarthatósága szempontjából.



DR. NOVÁKY BÉLA

## ÉGHAJLATVÁLTOZÁSI ELŐREJELZÉSEK

A Föld éghajlata melegszik. A számítások szerint a melegedés a 21. században folytatódik, s ennek következtében megváltozik a kisebb térségek éghajlata is. Az éghajlatváltozás kihívást jelent a vízgazdálkodás számára, amelynek feladatai jórészt ma is az éghajlat változékonyságából fakadnak. A kihívásra adható válaszok sokrétűek, fontos szerepe lehet többek között az alkalmazkodó, integrált vízgazdálkodásnak (Ijjas 2014). A tanulmány rövid áttekintést ad az éghajlat jelenkori és jövőbeni változásáról és annak felszíni vizeinkre gyakorolt hatásairól.

### *Az éghajlat változása*

Az éghajlat a légkör biogeokémiai folyamatainak a környezettel is kölcsönhatásban álló rendszere, amely magában foglalja a hidroszférát, a krioszférát, a földfelszínt, valamint a bioszférát. A légköri alrendszer a hagyományos fizikai jellemzők (légnyomás, szél, sugárzás, hőmérséklet, légnedvesség) mellett kiterjed a geobiokémiai folyamatokra is (Bartholy et al. 2013). Az éghajlat alakításában mind külső, mind belső tényezők szerepet játszanak.

A *külső tényezők* a nap sugárzási energiája, a sugárzási energia átvitele a légkörön, a sugárzás egyenlőtlen megoszlása a földfelszínen. A sugárzási energia átvitelében fontos szerepet játszik a légkör összetétele: a légköri aeroszolok és üvegházgázok, amelyek jelenléte meghatározó a planetáris albedó és az üvegházhatás alakításában. A sugárzási energia egyenlőtlen térbeli megoszlásának kiegyenlítése a légköri cirkuláció (általános légkörzés) és a tengeráramlatok révén történik. Az éghajlati rendszer fontos tulajdonsága, hogy a légkörbe érkező és onnan távozó energia hosszabb időszak alatt egyensúlyban van, megbomlása esetén a rendszer törekszik új egyensúly megteremtésére. A külső tényezők változása esetén az éghajlati rendszer igazodása az új egyensúlyi feltételekhez a *kényszerített klímaváltozás* (Götz 2004). A külső kényszerek lehetnek természetes és antropogén eredetűek. Az előbbihez tartozik a nap sugárzási energiájának (a napállandónak), a Föld pályaelemeinek, a kontinensek elhelyezkedésének, a légkör összetételének változása,

míg az utóbbiakhoz a légkör összetételének és a területhasználatnak az emberi tevékenységek következtében történő módosulása. A külső kényszerek időskálája a geológiai léptéktől (akár több százezer év) az emberöltő léptékig (évtizedek) terjed, figyelembevétele nélkülözhetetlen a kényszerített éghajlatváltozás folyamatainak megértésében, okainak magyarázatában.

Az éghajlat alakításában fontos szerepe van a belső éghajlat-alakító mechanizmusnak, a *szabad változékonyságnak*. Ennek kiváltó okai:

- ~ Az éghajlati rendszer összetevőinek igazodási ideje eltérő, ezért az együttes egyensúlyt nem tudja elérni – ez a változás változékonyságként érzékelhető folyamatosságát vonja maga után.
- ~ Az éghajlati rendszer összetevői között fizikai és biogeokémiai visszacsatolások állnak fenn.
- ~ Az autonóm (külső kényszer nélküli), nem lineáris dinamikai rendszerek jellemző működési mechanizmusa az önmagát pontosan nem ismétlő szabad változékonyság, a kaotikus viselkedés.

A múltbéli klímaváltozás és a jelen tendenciák oksági magyarázatának bizonytalanságai a belső mechanizmusra vezethetők vissza (Götz 2004).

Az éghajlati rendszer egyike a legbonyolultabb, nem lineáris turbulens rendszereknek, ezért csak *dinamikus modellezéssel* írható le (Horányi et al. 2009). A modellezés alapját az általános légköri (cirkulációs) modellek jelentik (GCM), amelyeket az időjárás előrejelzésére fejlesztettek ki. Az éghajlatváltozás modellezésénél figyelembe kell venni a külső (sugárzási) kényszereket is. A sugárzási kényszerek közül az üvegházgázok és aeroszolok légköri kibocsátásait a társadalom kívánatos gazdasági fejlődési pályáitól függő *kibocsátási forgatókönyvek* jelzik előre. A modellezés lényege az éghajlati folyamatokat leíró parciális differenciálegyenlet-rendszer numerikus megoldása, amelynek pontossága függ a modell tér- és időbeli felbontásától. A globális modellek alacsony térbeli felbontása regionális éghajlati modellezéssel növelhető. A regionális éghajlati modellek (RCM) térbeli felbontása finomabb, korlátos tartományú, bemenő paramétereiket a figyelembe vett globális modell kimenő paraméterei jelentik. A regionális éghajlati modelleket is kalibrálni szükséges, megbízhatóságuk a múlt éghajlati adatain végzett kontrollszimulációk alapján értékelhető. Az éghajlati hatásvizsgálatok alapját ma már szinte kizárólagosan a különböző kibocsátási forgatókönyvekből és globális éghajlati modellekből kiinduló, regionális éghajlati modelleken alapuló *regionális éghajlati forgatókönyvek* jelentik.

## Az éghajlat jelenkori változása

Az éghajlat mindig változott a múltban. A jelenkori éghajlatváltozás kezdete az ipari forradalomtól, James Watt gőzgépének megjelenésétől és elterjedésétől számítható. Az ipari forradalommal jelentős változások kezdődtek: nőtt az áruterelés és a fogyasztás, gyors ütemben növekedett a népesség, az emberi tevékenység mind erősebb hatással volt a természeti környezetre – a holocén az *antropocén* szakaszába lépett (Szöllösi-Nagy 2014). A változásokkal együtt nőtt az antropogén eredetű éghajlati külső kényszerek szerepe: a növekvő légköri kibocsátás (szén-dioxid, egyéb üvegházgázok, aeroszolok) megváltoztatja a légkör összetételét, a földhasználat változásai hatással vannak a planetáris albedóra. Az antropogén eredetű kényszerek ráépülnek a természetes külső kényszerekre, amelyek közül rövidebb távon is számolni kell a napenergia változékonyságával, a vulkáni hatásokkal, míg a néhány emberöltőt átfogó időskálán a földpálya elemeinek változásából adódó hatások nem vagy kevésbé érvényesülnek.

A Föld jelenkori éghajlatváltozásának jellemző vonása a *globális melegedés*: bolygónk évi középhőmérséklete az elmúlt 150 évben közel 1 °C-kal emelkedett, az emelkedés különösen gyors ütemű volt az utóbbi évtizedekben. A melegedés következtében emelkedett az óceánok szintje, csökkent a sarkvidéki tengerjég és a szárazföldi gleccserek kiterjedése, módosultak az ökoszisztémák (IPCC 2013). A globális melegedést igen nagy valószínűséggel az üvegházgázok, elsősorban a szén-dioxid légköri koncentrációjának növekedése okozza, amelyhez a természetes éghajlati változékonyság csak elenyésző mértékben járul hozzá (IPCC 2013). Ennek legfőbb igazolása, hogy az észlelt globális melegedést csak az antropogén eredetű külső kényszereket is magában foglaló éghajlati modell adja vissza elegendő pontossággal, míg a csak természetes tényezőket elfogadó modellezés esetén az eltérés számottevő.

### Üvegházhatás és szén-dioxid

A szén-dioxid (CO<sub>2</sub>) üvegházhatást előidéző tulajdonságát Fourier fogalmazta meg a 19. század elején. Arrhenius a 19. század végén írta le, hogy az antropogén kibocsátások következtében a szén-dioxid légköri koncentrációja növekszik, a növekedés a légkör melegedését okozza. Kijelentését a tudományos világ nem fogadta be, azzal érvelve, hogy a csak kis mennyiségű antropogén eredetű szén-dioxidot az óceán egészében elnyeli. Több mint fél évszázadot kellett várni, hogy a II. világháborút követően felgyorsuló ipari termelés, különösen

a gépkocsik számának gyors növekedése láttán Revelle újra felvette a kérdést, mi történik a légkörbe jutó szén-dioxiddal. A válaszadáshoz kutatótársaival együtt megszervezte a Hawaii-szigeteki mérőállomást, amelynek mérései ma a légköri szén-dioxid-koncentráció leghosszabb megfigyelt adatsorát biztosítják. A mérések egyértelműen igazolják a légköri szén-dioxid-koncentráció emelkedő tendenciáját – a mérések alapján szerkesztett grafikon az antropogén eredetű éghajlatváltozás emblematikus jelképévé vált. A korai tudományos érvelés anynyiban igaznak bizonyult, hogy a légkörbe jutó szén-dioxid-mennyiség mintegy 80 százalékát az óceánok nyelik el, ez okozza azok savasodását, és hatással van a tengerek élővilágára. A légköri szén-dioxid-tartalom az ipari forradalom körüli 280 ppm-ről mára 400 ppm-et is meghaladó értékre nőtt, hasonló az elmúlt 800 ezer év során nem fordult elő (IPCC 2013). Növekedés jellemzi más üvegházgázok (metán, dinitrogén-oxid stb.) légköri koncentrációját is. Az üvegházgázok légköri tartalmának növekedése fokozza az üvegházhatást, amely a normalizált üvegházfaktossal jellemezhető. Ez utóbbi az egyensúlyi sugárzásátvitelhez tartozó, beérkező, abszorbeált rövidhullámú napsugárzás ( $F_0$ ) és a felszíni hosszuhullámú kisugárzás ( $S_u$ ) ismeretében a  $g = 1 - F_0/S_u$  képlettel számítható ki (Ramanathan 1998). Az üvegházfaktor kiszámításának alapjául szolgáló légköri sugárzási mérlegnek a különböző szerzők által, eltérő időben publikált értékei eltérnek egymástól (Zágoni 2012), a közölt adatok alapján kiszámítható üvegházfaktor értékének átlaga 0,397, az adott időpontra számított 0,381 és 0,406 között.

Az IPCC-jelentés a globális melegedést tényként fogadja el, mások vitatják, érvként hozva fel a légköri melegedésnek az utóbbi években tapasztalt megtorpanását. A megtorpanás tény, amelynek az lehet az oka, hogy a légkörben felhalmozott energia 90 százalékát az óceánok nyelik el, és csak a fennmaradó 10 százalék eredményezi a légkör melegedését (Bartholy-Pongrácz 2014). Tény továbbá az is, hogy 1970 és 2012 között az óceánok vize a nagyobb mélységekben erősebben, a felszínhez közeli rétegeket meghaladó mértékben melegedett (Chen-Tung 2014). Úgy tűnik, hogy az óceánok hőelnyelő képessége a korábban számítottnál erősebb, ezt azonban az előrejelző modellek még nem tudták felismerni (Mika 2013). A melegedés okát tekintve a vélemények még inkább megoszlanak, vitatva a globális melegedés és az üvegházgázok növekedésének ok-okozati összefüggését. Egyes elméletek szerint a szén-dioxid és más üvegházhatású gázok légköri koncentrációjának növekedésére beinduló melegedés következtében az erős üvegházhatású vízgőz mennyisége csökken, ezért a Föld légköre elegendő víztartaléka segítségével energetikailag maximált, kibocsátásokkal nem növelhető üvegházhatást tart fenn, az *üvegházhatás*

*nem szabad változó*, az üvegházfaktor normalizált értéke állandó és egyenlő 1/3-dal (Miskolczi 2012). Ezt az elméleti megállapítást a tapasztalat nem támasztja alá, sőt kimutatható, hogy a melegedés időszakában a légkör vízgőztartalma emelkedett (Mika 2013). A normalizált üvegházfaktor tapasztalt értéke mintegy 20 százalékkal nagyobb, mint az elméletinek tekintett 0,33-as érték.

Az üvegházgázok antropogén kibocsátásának folytatódása nagy valószínűséggel a Föld éghajlatának további melegedését eredményezi. Bolygónk éghajlatának évi középhőmérséklete a 21. század során, a kibocsátás és az üvegházgázok légköri koncentrációjának növekedési ütemétől függően, több fokkal is emelkedhet, a melegedés üteme elérheti a százévenkénti 3 °C-ot (IPCC 2013). A melegedés mértéke nem, de üteme példa nélküli a Föld történetének utolsó 20 ezer évében, hasonló ütem ismeretlen a történeti korokból is. A globális melegedés jelentős hatással lesz a regionális és helyi éghajlatra, az éghajlatra érzékeny *természetes és kezelt rendszerekre* is (IPCC 2014). Mivel a 21. századra előre jelzett, szélsőségesen magas ütemű változáshoz való alkalmazkodást tekintve sem a természetes, sem a humán rendszerek terén nincs történeti tapasztalásunk, szükségességének és lehetőségeinek feltárásában elsősorban csak az éghajlat változékonyságához vagy ingadozásához való alkalmazkodás múltbéli tapasztalataira lehet és kell támaszkodni.

### *Az éghajlat jövőben várható változása*

A globális melegedés következményeként változás várható hazánk és tágabb térségének, a Kárpát-medencének és a Duna vízgyűjtőjének éghajlatában (Bartholy-Pongrácz 2013). Igen valószínű, hogy a melegedés évenként, évszakonként és minden hónapban folytatódik. Az évi középhőmérséklet modellektől függően tízévenkénti 0,1-0,3 °C-os ütemben emelkedhet. Az évszakokat tekintve nyáron várható a legnagyobb mértékű melegedés, amikor a hőmérséklet becsült növekedése zonális szerkezetű, északról dél felé haladva egyre erősödő. A melegedés következtében a Duna felső vízgyűjtőjében várhatóan folytatódik a *gleccserek olvadása*. A csapadék jövője bizonytalanabb. Az évszázad közepére a csapadékban csak kismértékű, a legtöbb modell szerint nem szignifikáns változás várható. A 21. század végére valószínű a *csapadék éven belüli átrendeződése*: télen inkább növekedése, nyáron csökkenése. Az ellentétes irányú téli és nyári tendenciák miatt az évi csapadékban nem várható nagyobb változás, a regionális éghajlati modellek által jelzett évi csapadékváltozás abszolút értékben nem haladja meg a 10 százalékot. A csapadék változásában nagyobb regionális eltérések lehetnek. Hosszabb távon a melegedés a csapadék csökkenésével párosulva az *éghajlat száraz jellegének erősödését* valószínűsíti, s ez

a természetes vízellátottság romlását eredményezi. Várható az időjárási *szélsőségek* (hőségnapok, száraz időszakok, nagy esőzések) intenzitásának és gyakoriságának *növekedése*. A regionális éghajlati modellek szerint a csapadékintenzitás várhatóan mind a négy évszakban és éves átlagban is szignifikánsan növekszik, a növekedés akár a 30 százalékot is elérheti.

Az éghajlat hazánkban várható tendenciáit több éghajlati jellemzőben (évi középhőmérséklet, egyes szélsőségek gyakorisága és intenzitása) főként az utóbbi évtizedek megfigyelései látszanak alátámasztani.

### *Az éghajlatváltozás hatásai vizeinkre*

A szárazföld változatos formában megjelenő vizei szoros és kölcsönös kapcsolatban vannak egymással, az éghajlattal és a természeti környezetükkel – együttesen alkotják a *hidrológiai rendszert*. Az éghajlati rendszer mintájára a hidrológiai rendszer folyamatainak alakításában is megkülönböztethetünk külső és belső tényezőket. *Külső tényezők* az éghajlat, beleértve annak változékonyságát, szélsőségeit, valamint a térszíni adottságok, a domborzati, geológiai és talajadottságok. A külső tényezők mellett a hidrológiai folyamatok alakításában is működik egyfajta *belső mechanizmus*, amely a hidrológiai rendszer egyes alrendszerének (felszíni, felszínközeli, felszín alatti vizek) a külső hatásokra adott eltérő válaszüdejében, a különféle visszacsatolásokban testesül meg. A visszacsatolások között kiemelt szerepe van a növényzetnek, a növények ugyanis párologtatásuk szabályozásával egyszerre elviselői és alakítói a természetes (éghajlati) vízellátottságnak. A hidrológiai rendszert is jellemzi a belső mechanizmusából fakadó kaotikus viselkedés, „a vízjárás a csapadék által generált és a vízgyűjtők (tulajdonságai) által strukturált sztochasztikus folyamat” (Zsuffa 1996). A belső mechanizmus szerepe abban is megnyilvánul, hogy tompítja, késlelteti az éghajlati hatásokat.

Amennyiben a külső tényezők (és a belső mechanizmus) változatlan, a hidrológiai rendszer egyensúlyban van, a hidrológiai-vízjárési folyamatok *stacionáriusnak* fogadhatók el. A külső tényezők változása esetén a hidrológiai rendszer igazodik az új feltételhez, új egyensúlyi állapotra törekszik. A külső tényezők megváltozásából adódó külső kényszer lehet az éghajlat és a térszíni adottságok természetes és/vagy antropogén eredetű változása, az utóbbin belül kiemelten a vizeket érő közvetlen hatás, mint a vízszabályozás. A hidrológiai rendszer külső kényszerekre adott válasza a *kényszerített változás*. A kényszerített változás azt jelenti, hogy a hidrológiai-vízjárési folyamat instacionáriussá válik és az marad mindaddig, amíg a külső kényszerek el nem érik az új egyensúlyi állapotot.



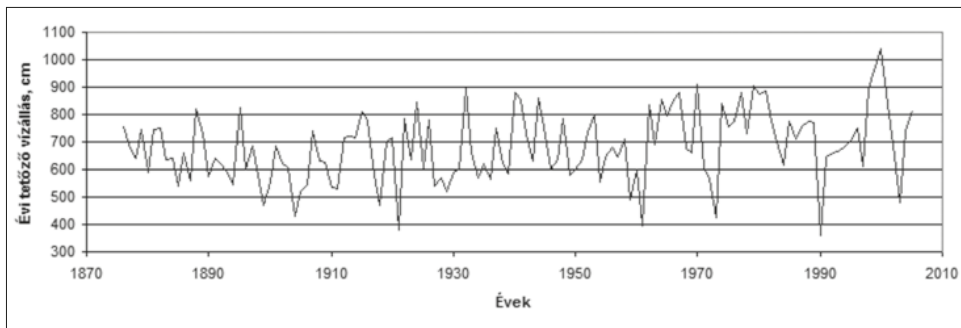
## Múltbéli változások a vízjárásban, a hidrológiai rendszerben

Az éghajlati rendszerhez hasonlóan a hidrológiai rendszert is jellemzi a minden időlépték szerinti változás. A változás legpontosabban a hidrológiai rendszer egészét átfogó, *rendszerelvű vizsgálattal* ismerhető fel, igazolható a múltra és jósolható a jövőre. A rendszerelvű vizsgálat előnye, hogy segít megérteni a természetben zajló folyamatokat, azok helyes értelmezésű, modellszerű leképezésére szolgál (Kontur 1984). Jóllehet a rendszerelvű modellezés egyre gyakoribb, a múltbéli változások vizsgálata a jelenlegi gyakorlat szerint általában nem a hidrológiai rendszer egészére, csak annak adott, célszerűen választott hidrológiai-vízjárési jellemzőjére irányul. A teljesebb igényű vizsgálat két alapvető lépésből áll: a változás kimutatása (detektálás) és az okainak feltárása (attribúció) egymásra épülő két fázisból. A változások kimutatására, a detektáláshoz a matematika statisztikai eljárásai: a gyakorisági vizsgálatok, a trendelemzések, a stacionaritás vizsgálata lehet alkalmas (Reimann-V. Nagy 1984; Dévényi-Gulyás 1988). Ma a leggyakrabban használt eljárás az idősorok trendvizsgálata, amely alkalmas a változások kimutatására, igazolására, de további vizsgálatok nélkül nem elegendő az okok feltárására.

A trenddel kimutatható a változás tendenciája, iránya, jellege, intenzitása, értékelhető a szignifikanciája. Utóbbihoz elterjedt a Mann-Whitney-féle nem parametrikus próba használata. A *trendvizsgálatot* a Tisza szolnoki évi nagyvízi idősorán példázzuk (1. ábra). A trendek szerint az idősor várható értéke és szórása egyaránt növekedést mutat, amelynek figyelembevételével az évi nagyvízi idősor ( $NV_i$ ) az

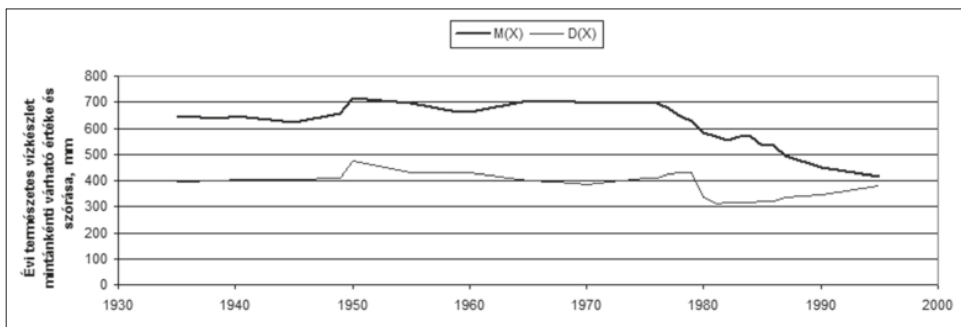
$$NV_i = NV_o + \varepsilon_i + \Delta NV_{i,M} + \Delta NV_{i,S}$$

egyenlőség szerint felbontható additív idősorok összegére, ahol  $NV_o$  állandó érték (pl. az idősor első észlelt értéke),  $\varepsilon_i$  a véletlen összetevő,  $\Delta NV_{i,M}$  és  $\Delta NV_{i,S}$  az évi nagyvíz várható értékének és szórásának trendösszetevője az  $i$ -dik évben. A szétfejtés szerint az évi nagyvíz változékonyságának 90 százalékát a véletlen, 10 százalékát a trendösszetevő adja, az utóbbin belül 8,5 százalékot a várható érték, 1,5 százalékot a szórás trendje. A várható érték és a szórás tendenciaszerű változása felveti a gyanút, hogy az idősor a vizsgált időszakban nem stacionáriusként viselkedett, az idősor instacionáriussá vált.



1. ábra: A Tisza szolnoki évi nagyvízének (NV) emelkedési tendenciája (Nováky 2014)

A trendvizsgálatokhoz képest ma még kevésbé elterjedt a stacionaritás vizsgálata, mint a Balaton természetes vízkészletének időbeli alakulása esetében. A tó évi természetes vízkészlete a vizsgált időszakban, 1921 és 2012 között egyértelmű csökkenést mutat, a különböző időből vett, 30 évet átfogó realizációi szerint számított várható értékek jelentősen eltérnek, s ez igazolja, hogy az idősor stacionáriusról instacionáriusra váltott (2. ábra).



2. ábra: A Balaton évi természetes vízkészlete várható értékének és szórásának időbeli alakulása (Nováky 2013a)

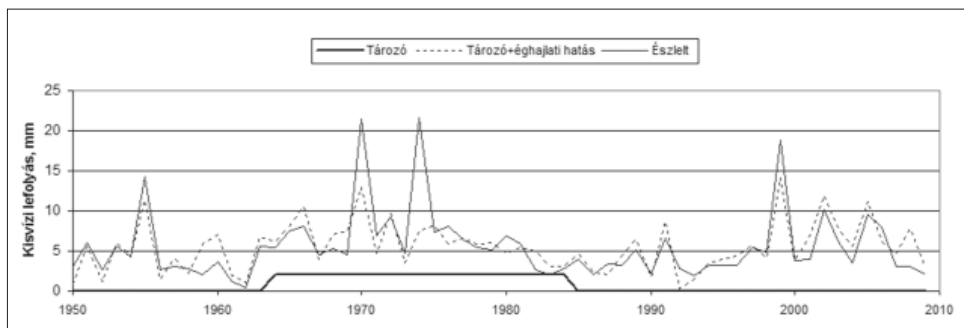
Amennyiben az idősor statisztikai értelemben szignifikáns változása igazolható, a változás kimutatását követnie kell az okok feltárásának. A változást kiválthatja valamely külső kényszer, de lehet a belső mechanizmusból adódó szabad változékonyság következménye is. A külső kényszer lehet *éghajlati* és *nem éghajlati*, valamint ezek együttes (szimultán) jelentkezése. A különböző eredetű okok együttes jelentkezése miatt felismerésük, majd eredetük szerinti szétválasztásuk nem könnyű – ezt a Tisza szolnoki évi nagyvízi idősorának példája is tanúsítja. Az évi nagyvízi idősor emelkedő tendenciája egyértelmű, okai azonban vitatottak, jóllehet az

emelkedés magyarázatára több vizsgálat is készült. A várható érték emelkedésének oka lehet a vízgyűjtőt vagy a medret érő antropogén eredetű, nem éghajlati hatás, a szórás emelkedő tendenciája miatt felmerül az időjárás változékonyabbra fordulásának gyanúja, továbbá a külső kényszerként megjelenő hatások mellett belső okként felvetődhet az idősor kaotikus, szabad változékonyságra utaló viselkedése is (1. táblázat).

1. táblázat: A szolnoki évi nagyvíz emelkedő tendenciájának lehetséges okai

Emelkedő tendencia	Külső kényszerek		Belső változékonyság
	Vízgyűjtő	Meder	
Várható érték	Erdősültség	Feliszapolódás, benőttség	Kaotikus viselkedés
Szórás	Időjárás		

Az éghajlati okok felismerésében fontos lépés a vízjárás idősorokat érintő antropogén eredetű, nem éghajlati hatások leválasztása. A nem éghajlati antropogén hatások számottevően befolyásolhatják a hidrológiai-vízjárás idősorok viselkedését: kiválthatják a vízhőmérséklet emelkedését (tározók, használt vizek bevezetése), a jégviszonyok változását (sótartalom növekedése, folyószabályozás), a kisvizek növekedését (felszín alatti vizek bevezetése, a lefolyás szabályozása), a nagyvizek emelkedését (területhasználat változása, nagyvízi meder vízszállító képességének romlása). Az ilyen hatások leválasztása látszólag egyszerű, hisz a lehetséges kiváltó okok *a priori* ismertek, mégis kevés az ilyen vizsgálat, egyértelmű következtések levonására aligha elegendő. Az egy időben jelen lévő *éghajlati és nem éghajlati hatások szétválasztása* egyszerűbb esetben történhet statisztikai eljárással, amelyet a Zagyva jásztelki szelvényének kisvízi lefolyásával példázunk (3. ábra). Az évi kisvízi



3. ábra: A Zagyva jásztelki nyári kisvízi lefolyásának szétválasztása éghajlati és nem éghajlati okok szerint (Konecsny-Nováky 2011)

lefolysis  $R_{\min}$  időszora szétbontható éghajlati  $R_{\min}(C)$ , trendszerű  $R_{\min}(t)$  és véletlenszerű  $R_{\min}(\epsilon)$  összetevők összegére, amelyben a trendösszetevő utalhat a nem éghajlati külső kényszerre, a vizsgált vízfolyás esetében a tározók és üzemük rendjére. A statisztikai vizsgálat az antropogén hatások gyanújának felkeltéséhez elegendő, a teljesebb igazoláshoz kevés, az ok-okozati összefüggések részletesebb vizsgálatára minden hasonló esetben feltétlenül indokolt.

A statisztikai eljárással végzett szétválasztást követően az antropogén eredetű hatásoktól mentesített idősorokban kimutatható, vélhetően csak éghajlati eredetű változások kapcsán továbbra is nyitott a kérdés, kényszerített *változásról* vagy belső, szabad *változékonyságról* van-e szó. A válaszadást nehezíti, hogy a szabad változékonyság hatása egyaránt származhat az éghajlati és a hidrológiai rendszer belső mechanizmusából, kaotikus viselkedéséből.

Az éghajlat változásának vagy változékonyságának dilemmáját veti fel több hazai folyó, köztük a Duna és a Tisza nagyvizei gyakoriságának növekedése (Somlyódy et al. 2011). A Dunán Budapestenél a 700 cm-t meghaladó szélsőséges árvíz az 1901 és 1990 közötti 90 évben hatszor fordult elő, míg az 1990 óta eltelt 23 év alatt öt alkalommal; az ilyen árvizek gyakorisága a két időszak összehasonlításában több mint háromszorosára nőtt. A változás közvetlen okaként kimutatható a Duna felső vízgyűjtőjében tartósan nagy mennyiségű csapadékot kiváltó időjárási helyzetek gyakoribbá válása, amelyben szerepe lehet a kontinens időjárását jelentős mértékben alakító Észak-Atlanti Óceáni Oszcilláció (NAO) megváltozó viselkedésének (Kron-Bertz 2007). Ez utóbbi eredhet a NAO szabad változékonyságából, de lehet a globális melegedés okozta külső kényszer következménye is.

A hidrológiai-vízjárás jellemzőkben kimutatható változás okaként felmerül a hidrológiai rendszer belső mechanizmusából eredő szabad változékonyság is. A Balaton évi természetes vízkészlete évi változásának egyik oka éghajlati: az évi természetes vízkészlet kapcsolatban van az évi középhőmérséklet és csapadék hányadosaként értelmezett ariditási mutatóval. Részletesebb vizsgálat szerint a tóra hulló csapadékban és a tóparólgásban nincs lényeges változás, ugyanakkor a vízgyűjtő lefolyásában (a tó hozzáfolyásában) jelentős, a természetes vízkészletéhez hasonló idő szerinti változás mutatható ki (Nováky et al. 2012). Az évi csapadék lefolyást adó hányada (relatív lefolyás) szoros kapcsolatban van a vízgyűjtőn (természetes úton) tározott vízmennyiséggel, az évi lefolyás a mindenkori évi csapadék és hőmérséklet mellett a vízgyűjtő természetes tározási folyamata szerint alakul. Ebből következik, hogy a tó éves természetes vízkészletének módosulásában a hidrológiai rendszer folyamatainak belső mechanizmusából adódó szabad változékonyság is szerepet játszhat, és részben ez adhat magyarázatot a változásra.

A változás kimutatása, okainak felismerése, ezen belül az éghajlati és nem éghajlati hatások szétválasztása, az éghajlati hatások kimutatása esetén az éghajlatváltozás vagy változékonyság örök érvényű dilemmája mind-mind olyan tényezők, amelyek nehezítik az éghajlatváltozás hatásának kimutatását, s annak igazolását a múlt idősaiban. A felismerés és az igazolás problémái elsősorban a szélsőséges vízjárás jellemzőket érintik, az éghajlatváltozás indikátoraiként ezért az antropogén hatásoktól kevésbé érintett, aggregált hidrológiai jellemzők nevezhetők meg, mint az évi középvízhozam, a lefolyás éven belüli megoszlása, az egyes vízjárás jellemzők tartóssági mutatói, az évi vízhőmérséklet, a jégviszonyok mutatói. A vizsgálatok, különösen az oksági kapcsolatok rendszeralapú vizsgálatainak száma kevés, átfogó értékelésük hiányzik, ezért a múlt tendenciáinak megítélésénél az állítások óvatos megfogalmazására szorítkozhatunk. Óvatossággal is kijelenthető, hogy a több hidrológiai-vízjárás jellemző idősorában megfigyelt közelmúltbeli tendenciák összefüggnek az éghajlatban tapasztalt és az éghajlat melegedésére utaló folyamatokkal. Valószínűsíthető, hogy a melegedés hatással lesz a hidrológiai-vízjárás jellemzők jövőbeli alakulására.

### **A vizeinkben megfigyelt múltbeli változások<sup>1</sup>**

Az éghajlat melegedésével a vízfolyások vízhőmérséklete növekszik. A Duna alsó szakaszán 1974-től kimutatható az adott küszöbértéket meghaladó vízhőmérsékletű napok tartósságának emelkedése, amelyben az éghajlati hatás mellett antropogén tényezők is közrejátszhattak. A téli hőmérséklet emelkedésével összhangban a jégjelenségek gyakorisága erősen csökkenő, ebben nem zárhatók ki az antropogén eredetű hatások (használt vizek bevezetése, a vizek minőségének változása, a tározók). Az éghajlat melegedésével és szárazabbá válásával összhangban egyes vízfolyásokon kimutatható az évi lefolyás (évi középvízhozam) csökkenése. A Dunán az évi lefolyás nem változott, de megfigyelhető az évi lefolyás éven belüli átrendeződése: a téli lefolyás növekedése és a nyári lefolyás csökkenése, amivel a folyó vízjárása hasonul a hazai vízfolyások többségének vízjárásához. A lefolyás éven belüli átrendeződését a Dunán a folyó felső vízgyűjtőjében a gleccserek olvadása magyarázza. A nyári kisvízi időszak vízhozamának az éghajlat növekvő ariditásából szükségszerűen következő csökkenése számos vízfolyáson nem igazolható, ennek oka lehet, hogy az éghajlat hatását a nem éghajlati antro-

<sup>1</sup> Az összeállítás a NÉSZ megalapozásához, Nováky (2013): *Az éghajlatváltozás várható hatásaira való felkészülés és alkalmazkodás lehetőségei a vízgazdálkodás vonatkozásában* című háttér tanulmány alapján készült.

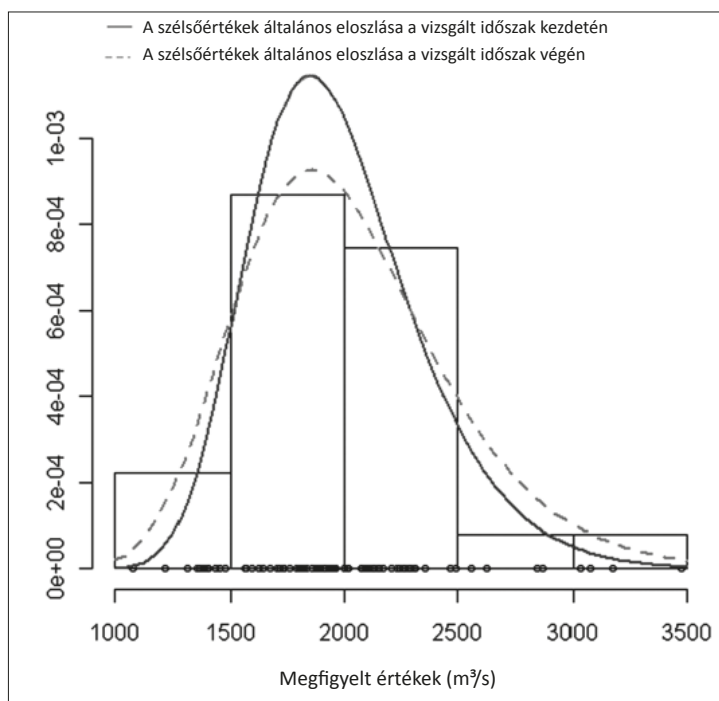
pogén eredetű hatások (tározók létesítése, felszín alól kivett vizek felszíni vizekbe vezetése) elfedik. Az éghajlat ariditásának növekedésével összhangban csökkent a Balaton természetes vízkészlete, gyakoribbá váltak a negatív vízháztartású évek, tartósabbá váltak az alacsony vízállású időszakok. Az éghajlat szélsőségesebbé válását támasztja alá a vízjárási szélsőségek gyakoribbá és sok esetben intenzívebbé válása. Nagy folyóink árvízszintjei emelkedtek, a szélsőséges árvizek gyakorisága nőtt. Ebben szerepet játszhatott az árvizek kiváltásában meghatározó, korábban nem vagy alig előforduló időjárási helyzetek gyakoribbá válása, az Európa időjárását nagyban meghatározó Észak-Atlanti Oszilláció (NAO) alakulása, de a nem éghajlati hatások is, mint a nagyvízi medrek vízszállító képességének csökkenése, a vízgyűjtőn bekövetkezett területhasználati változások. A kisebb vízgyűjtők villámárvizaineinek gyakoriságában és intenzitásában kimutatható növekedés összhangban van a nagy csapadékok hasonló tendenciájú változásával. A Duna-Tisza között, a hátsági térségben megfigyelhető a talajvízszint folyamatos süllyedése, egyes tavak kiszáradása. A változási tendenciák ilyen alakulásában az éghajlati hatások külső kényszerei mellett szerepe volt az itteni vizek belső vízforgalmi kapcsolatának, a nem éghajlati, antropogén eredetű hatásoknak (vízkivételeknek) is.

### *A vizeinkben várható jövőbeli változások*

Az éghajlatváltozás vizeinkre gyakorolt hatásainak vizsgálata hazánkban is több évtizedes múltra tekint vissza. A hatásvizsgálatok fejlődése a nemzetközi tendenciákhoz hasonló utat járt be, míg végül eljutott a korai, szórványos, inkább csak egyéni kezdeményezéseken alapuló vizsgálatokat jellemző empirikus-statisztikus modellektől a fizikai modellek mára szinte kizárólagos használatáig, egyre inkább belekapcsolódva a nemzetközi kutatásokba. A fejlődés ellenére a vizsgálatok száma kevés még a nemzetközi vízgyűjtőinken osztozó országokkal való összehasonlításban is, jószerevével hiányzik a szórványosnak tekinthető vizsgálatok eredményeinek értékelő általánosítása.

A korai hatásvizsgálatok az éghajlat feltételezett vagy a globális éghajlati forgatókönyvekből közvetlenül vagy a térbeli lebontásuk („leskálázás”) egyszerűbb mód-szereivel kiolvasható változásaiból indultak ki, idő- és térbeli analógián vagy egyszerűbb felépítésű *empirikus-statisztikus modelleken* alapultak, a vízjárás hosszabb időszakokra jellemző átlagos értékeire, főként az átlagos évi vagy évszakos lefolyásra korlátozódtak. Az évi lefolyás változásainak előrejelzésére többnyire a Budyko-modell módosított változatát használták (Nováky 2013b). A *fizikai alapú modellek* alkalmazása korszakváltást jelentett a hatásvizsgálatok történetében. Elsősorban a

hazai kidolgozású, az operatív előrejelzési gyakorlatban sikeresen alkalmazott, napi időléptékű VITUKI-NHFS (korábban HOLV-TAPI) modell használata terjedt el (Bálint-Gauzer 1994). A modell napi lefolyási idősorokat állít elő, amelyekből előállíthatók a karakterisztikus jellemzők (évi lefolyás, rövidebb időszakok lefolyása, tetőző vízhozam) értékei. A napi időléptékű modell használata felszínre hozta az éghajlati forgatókönyvekhez való csatlakoztatásuk problémáját, amely abból fakadt, hogy a modell napi idősorigényét az éghajlati forgatókönyvek nem biztosították. Megoldásként több eljárás is született: a szükséges éghajlati idősorokat a múltbéli analóg éghajlat észlelt idősoraiból kiindulva közvetlenül, az új éghajlathoz történő értelemszerű transzformálással vagy generálással állították elő. Jelentős előrelépést jelentett a nagy felbontású *regionális éghajlati forgatókönyvek* megjelenése, amelyek a hidrológiai modell számára közvetlenül bemenetet képező éghajlati idősorokat biztosítanak. A regionális éghajlati forgatókönyveken alapuló fizikai (vagy konceptuális), *térben osztott*, napi felbontású *hidrológiai modellek* használata ma már szinte kizárólagos, előnyük, hogy térben és időben részletesebbek, a vízjárás jellemző valószínűségi eloszlására is adnak előrejelzést (4. ábra), a jól felépített fizikai alapú modellekkel valamennyi külső és belső tényező és azok hatása szimultán vizsgálható. Hazánkban is többféle fizikai hidrológiai modell létezik, előnyük elsősorban abban áll, hogy többet tudnak, mint az empirikus-statisztikus modellek.



4. ábra: A tetőző nagyvízhozam valószínűségieloszlás-függvényének változása éghajlatváltozás esetén, 1952–2050 (Alsó-Tisza, Szeged) (Bálint et al. 2010)

Az empirikus-statisztikus és a fizikai hatásvizsgálati modellek néhány fontos tulajdonságának összehasonlítását a 2. táblázat mutatja be.

2. táblázat: Az empirikus-statisztikus és a fizikai hatásvizsgálati modellek összehasonlítása

	<b>Empirikus-statisztikus</b>	<b>Fizikai</b>
Tér- és időbeli részletezettség	erősen korlátozott	alig korlátozott
Előre jelezhető jellemző	átlagok	valószínűségi eloszlás
A nem éghajlati hatások	erősen korlátozott	modellbe beépíthetők
Adatigény	könnyen kielégíthető	jelentős, térinformatika
Éghajlati forgatókönyvekhez való illesztés	egyszerű és megbízható	adatgenerálás
Modellellenőrzés (verifikáció)	korlátozott	

A jelentős módszertani fejlődés ellenére a hatásvizsgálatokban továbbra is többféle eredetű *bizonytalansággal* kell szembesülnünk. A különböző feltételekből (kibocsátási forgatókönyv, globális éghajlati modell) kiinduló, eltérő regionális modellt használó éghajlati forgatókönyvek jelentős eltérést mutatnak nemcsak a változás nagyságát, de gyakran előjelét tekintve is, s különösen igaz ez a csapadékra. A bizonytalanság kezelése nem megoldott, jóllehet ígéretes megoldásokkal ma is találkozni, például a várható hidrológiai hatások sávyszerű becslése (Mauser et al. 2008), a legkedvezőbb és legkedvezőtlenebb éghajlati forgatókönyv figyelembevétele (Szépszó et al. 2013).

A hidrológiai modellek a valós folyamatokat korlátozottan írják le, többnyire csak az éghajlatváltozás közvetlen hatásait veszik figyelembe, kevésbé a más természeti adottságokon (például a növényzet megváltozásán) keresztül érvényesülő, közvetett hatásait. A modellalkotást akadályozza az adatok elégtelensége és/vagy minősége, az antropogén hatások kiszűrésének problémái, valamint az, hogy változóinak növelésével a kalibrálásuk is nehezebbé válik („szimulációs robbanás”).

A modellek éghajlati hatásvizsgálathoz való alkalmazásának alapkövetelménye a modell stabilitása, amelynek ellenőrzése a kalibrálástól eltérő körülmények közötti, független adatokon való igazolását (verifikálását) igényli. A stabilitás teljes értékűen aligha vizsgálható, hiszen nincsenek a maitól eltérő, az új éghajlatnak megfelelő adataink sem az éghajlat, sem a vízjárás terén. Teljes értékű verifikálás hiányában meg kell elégedni a részleges igazolásokkal: időbeli analógia használata, különböző módszerekkel végzett hatásvizsgálatok együttes értékelése.

A vízjárási jellemzőkre különböző feltételekkel készített éghajlati hatásvizsgálatok eltérő, sokszor egymásnak ellentmondó eredményei kellő interpretálás nélkül megnehezítik, sőt akadályozzák azok elfogadását, kiváltják és növelik az éghajlat-



változással szemben amúgy is gyakorta tapasztalt kételkedést. A különböző előrejelzések ellentmondásosságának feloldását segíti az eltérő előrejelzések értékelő összehasonlítása és megfelelő értelmezése.

A vizsgálatok korlátozott száma, átfogó értékelésük hiánya miatt csak óvatos becslésre van lehetőség az éghajlatváltozás hazánkban és tágabb térségében jövőben várható hatásairól. Valószínűsíthető, hogy a hőmérséklet-emelkedés következményeként nő a vízhőmérséklet, csökken a jégjelenségek gyakorisága és időszakának tartóssága, a gleccserek olvadása miatt átmenetileg növekedhet a Duna évi lefolyása, éven belül átrendeződik az évi lefolyás. Az éghajlat aridabbá válása miatt csökken vízfolyásaink vízkészlete és hasznosítható vízkészlete, a tavak természetes vízkészlete, gyakrabban fordulnak elő tartós alacsony vízszintek. Az időjárási szélsőségek (hőszégnapok, száraz időszakok, nagy csapadékok) intenzitásának és gyakoriságának növekedése a vízjárás szélsőséges eseményeire is kedvezőtlenül hat: növekszik az aszályok, az árvizek közül a villámárvizek gyakorisága.

### *Következtetések*

A hasznosítható vízkészletek csökkenése, az aszály- és árvízi kockázatok növekedése kedvezőtlen hatással lehet a *tágabban értelmezett biztonságra*, amelybe beleértendő az élet- és vagyonbiztonság, a víz- és élelmiszer-biztonság, a vizek ökológiai állapota, a fenntartható fejlődés és a foglalkoztatottság. A biztonság kezelésére fel kell készülni. A felkészülés legfontosabb feladatai közé tartozik az éghajlatváltozás hatásaival kapcsolatos *bizonytalanságok csökkentése*, a szakterületenként és térségenként eltérő várható következményekre vonatkozó *ismeretek bővítése, módszertani fejlesztés* az éghajlatváltozás figyelembevételére a különböző szintű tervezési gyakorlatban, valamint *bizonytalanságkezelési módszerek* kidolgozása annak érdekében, hogy ezzel meg lehessen alapozni a későbbi időszakokra az intézkedések tényleges megtervezését és végrehajtását. Egy kínai bölcsesség szerint minden út az első lépéssel kezdődik – vizeink esetében ilyen első lépés lehet az éghajlatváltozás hatásaival foglalkozó hazai és hazánkat érintő nemzetközi kutatások értékelő szintézise. Célszerű ezt minél előbb elvégezni!

## IRODALOMJEGYZÉK

- Bálint G., Gauzer B. (1994): *A rainfall runoff as a tool investigate the impact of climate change*. XVII<sup>th</sup> Conference of the Danube Countries on Hydrological Forecasting and Hydrological Bases of Water Management, 1994. szeptember 5–9., Budapest.
- Bálint G., Mattányi Zs., Csík A., Gnant B., Hunyady A. (2010): Regional Climate Change Model Based Assessment of Hydrological Regime Changes and Other Regional Characteristics. *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 12.
- Bartholy J., Mészáros R. (szerk.) (2013): *Meteorológiai alapismeretek*. ELTE Földrajz- és Földtudományi Intézet. Forrás: <http://elte.prompt.hu>
- Bartholy J., Pongrácz R. (2013): *Az éghajlat várható változásai és megfigyelt tendenciái Magyarországon*. (Előtanulmány a Második Nemzeti Éghajlatváltozás Stratégia szakpolitikai vitaanyagához.) ELTE Meteorológiai Tanszék, Budapest.
- Bartholy J., Pongrácz R. (2014): *IPCC AR5 – tények és jövőkép*. Klímaváltozás és következményei: a globális folyamatoktól a lokális hatásokig konferencia. 40. Meteorológiai Tudományos Napok, 2014. november 20–21., Budapest.
- Chen, X., Tung, K. (2014): Varying planetary heat sink led to global-warming slowdown and acceleration. *Science*, 345(6199), 897–903.
- Dévényi D., Gulyás O. (1988): *Matematikai statisztikai módszerek a meteorológiában*. Tankönyvkiadó, Budapest.
- Götz G. (2004): *A klímadinamika alapjai*. Meteorológiai Tudományos Bizottság Légkördinamikai Munkabizottság, Budapest.
- Horányi A., Csimá G., Szabó P., Szépszó G. (2009): *Regionális klímamodellelés az Országos Meteorológiai Szolgálatnál*. MTA-előadás. Forrás: [www.met.hu/doc/tevekenyseg/klimamodellezes/MTA-2009.09.15.pdf](http://www.met.hu/doc/tevekenyseg/klimamodellezes/MTA-2009.09.15.pdf)
- Ijjas I. (2014): *Integrált vízgazdálkodás – alkalmazzuk-e már?* A víz hiánya és többlete mint potenciális veszélyforrás. Nemzetközi tudományos-szakmai konferencia, 2014. november 5–6., Budapest.
- IPCC (2013): *Climatic Change 2013: The physical Science Basis*. Contribution of Working Group to the Fifth Assessment Report of Intergovernmental Panel of Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge–New York.
- IPCC (2014): *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge–New York.
- Konecsny K., Nováky B. (2011): *Az éghajlati és antropogén hatások a Zagyva kisvízeinek időbeli alakulásában*. A Magyar Hidrológiai Társaság XXVIII. Országos Vándorgyűlése, 2011. július 6–7., Eger.

- Kontur I. (1984): *Hidrológiai modellezés*. (Segédkönyv nappali és szakmérnöki hallgatók részére). BME Vízgazdálkodási Tanszék, Budapest.
- Kron, W., Bertz, G. (2007): Flood disasters and climate change: trends and options – a (re)insurer’s view. In Lozán, J. L., Grassl, H., Hupfer, P., Menzel, L., Schönwiese, C. D. (eds.): *Global Change: Enough Water for All?* University of Hamburg, Hamburg.
- Mausser, W., Marke, T., Stoeber, S. (2008): *Climate change and water resources: Scenarios of low flow conditions in the Upper Danube River Basin*. Proceedings of XXIV<sup>th</sup> Conference of the Danube Countries, 2008. június 2–4., Bled.
- Mika J. (2013): Megpihent a felmelegedés? Mika János klímakutató az új IPCC-jelentésről. *Transindex riport 2013*. Forrás: <http://think.transindex.ro/?p=25880>
- Miskolczi F. (2012): *Megjegyzések Zágoni Miklós „Miskolczi Ferenc kutatási eredményeinek kritikai vizsgálata” című MTA GGKI Beszámoló Jelentéséhez*. Forrás: [www.atlatszo.hu](http://www.atlatszo.hu)
- Nováky B. (2013a): A Balaton évi természetes vízkészlet-változásának viselkedése 1921-től napjainkig. *Hidrológiai Közlöny*, 93(1), 51–57.
- Nováky B. (2013b): *Az éghajlatváltozás várható hatására való felkészülés és alkalmazkodás lehetőségei a vízgazdálkodás vonatkozásában*. (Előtanulmány a Második Nemzeti Éghajlatváltozás Stratégia szakpolitikai vitaanyagához.) Budapest.
- Nováky B. (2014): *Árvízi stratégiák és a mértékadó árvízszint*. MTA Vízgazdálkodás-tudományi Bizottsága és Hidrológiai Bizottsága együttes ülése, 2014. május 22., Budapest.
- Nováky B., Honti M., Somlyódy L. (2012): *Éghajlatváltozás: intő jelek a Balaton viselkedésében*. MTA Multidiszciplináris Vízkonferencia, 2013. május 16., Budapest.
- Ramanathan, V. (1998): Trace-Gas Greenhouse Effect and Global Warming. Underlying Principles and Outstanding Issues. Volvo Environmental Prize Lecture. *Ambio*, 27(3) 187–197.
- Reimann J., V. Nagy I. (1984): *Hidrológiai statisztika*. Tankönyvkiadó, Budapest.
- Somlyódy L., Nováky B., Simonffy Z. (2010): Éghajlatváltozás, szélsőségek és vízgazdálkodás. „Klíma-21” Füzetek, 61. 15–32.
- Szépszó G., Lingemann, I., Klein, B., Kovács, M., (2013): Impact of climate change on hydrological conditions of Rhine and Danube rivers based on the first results of the ECCONET project. *Special Issue of Natural Hazards*, 72, 241–262.
- Szöllösi-Nagy A. (2014): *Világtrendek, a vízveszély felismerésében*. A víz hiánya és többlete mint potenciális veszélyforrás. Nemzetközi tudományos-szakmai konferencia, 2014. november 5–6., Budapest.

Zágoni M. (2012): Miskolczi Ferenc kutatási eredményeinek kritikai vizsgálata. *Be-számoló jelentés MTA GGKI, 2010. december 1. – 2011. november 30.* Forrás: [http://atlatszo.hu/wp-content/uploads/2012/04/Zagoni\\_MTA\\_jelentes-11.pdf](http://atlatszo.hu/wp-content/uploads/2012/04/Zagoni_MTA_jelentes-11.pdf)

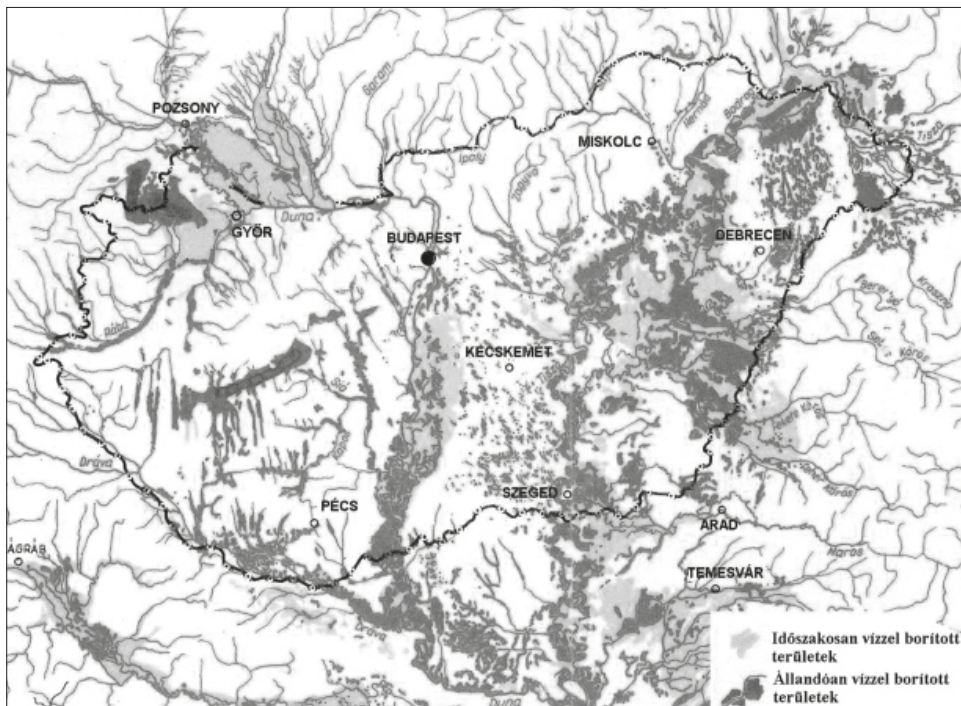
Zsuffa, I. (1996): *Műszaki hidrológia I.* Műegyetem Kiadó, Budapest.

## A BELVÍZI VESZÉLYEZTETETTSÉG MINT GAZDASÁG- ÉS ÉLETMINŐSÉG- BEFOLYÁSOLÓ TÉNYEZŐ

Magyarország természeti földrajzi adottságai révén különösképpen érzékeny a vizek kártételeire. A medencejellegből adódóan, a környező hegységekben tapasztalható összegyülekezési folyamatok következtében jelentős víztömegek jelennek meg folyóinkban. Ezen összegyülekezési folyamatok a hazai domborzati adottságok miatt az ország területén található mederszakaszokban jelentősen lelassulnak és hosszan elnyúló terhelést eredményeznek az árvízvédelmi rendszerekben. A belvíz jelensége egyértelműen a természeti környezeti adottságok következtében jön létre és okoz vízkárelhárítási helyzeteket. Habár a korábbi szakirodalmi utalások alapvetően Kárpát-medencei sajátosságként, „hungarikumként” azonosították, azonban az ilyen adottságú vízgyűjtőkön a világ bármely részén előforduló jelenségként kell vizsgálni.

A belvizek megjelenésével kapcsolatos történeti források jellemzően a vízszabályozási munkálatok megkezdésétől fogva állnak rendelkezésre. A legrégebbi, az ország teljes területére kiterjedő összesítés az 1846-os úgynevezett „pocsolyatérkép”. A vízszabályozási munkálatok országos megkezdése előtt készült el *A Kárpát-medence vízborította és árvízjárta területei az ármentesítő és lecsapoló munkálatok megkezdése előtt* című vízjárta területeket bemutató térkép.

Az 1. ábrán látható ideiglenesen vízzel borított területek azonosíthatók belvízi jellegű elöntéseként. A térkép jól szemlélteti, hogy a folyami elöntésekhez kapcsolódó „állandó vízborítások” mellett az ideiglenesen elöntött területek is jelentős kiterjedésűek voltak. A térkép a belvízrendezési munkálatok megkezdése előtti állapotokat megfelelő pontossággal mutatja be. A vízmentesítés megkezdését követően gyakorlatilag folyamatosan fejlesztették a vízvezető rendszert, s egyre nagyobb területeket vontak mezőgazdasági művelés alá vagy akár a települések belterületébe. Jelentős kérdés azonban, hogy e tevékenység mennyire volt hatékony, és milyen mértékben csökkentette a belvízi elöntések általi veszélyeztetettségét.



1. ábra: Magyarország időszakosan és állandóan vízzel borított területei

## A belvíz fogalma

Habár a vízgazdálkodás hazai gyakorlatában több mint százötven éve meglévő fogalomról beszélünk, mégis jellemző, hogy a belvízre vonatkozóan több mint ötvenféle definíció használatos (Pálfai 2001). Ezek nagy száma alapján megállapítható, hogy nagyfokú határozatlanság tapasztalható a hazai tudományos életben a jelenség megfogalmazásával kapcsolatban. Tulajdonképpen valamennyi szakterület megalakította saját fogalmát a belvízre. A jelenség fizikai megjelenésével kapcsolatban azonban legtöbbször a vízgazdálkodási és a mezőgazdasági megközelítést alkalmazzák.

A *mezőgazdasági megközelítés* a jelenség leírásában a talajrétegek víztartalmára helyezi a hangsúlyt. A *vízügyi-vízgazdálkodási megközelítés* abban az esetben beszél belvízről, amennyiben szabad felszínű felszíni elöntések jönnek létre. Amennyiben a belvízi elöntések kialakulását és időbeli változását vizsgáljuk, meg kell állapítani, hogy a két megközelítés ötvözete nyújt hiteles leírást a jelenségre. A belvízi elöntések területét általában jelentősen meghaladja a vízzel telített talajrétegek kiterjedése, amely akár felszíni elöntés nélkül is jelentős károkat képes okozni. Az integrált



megközelítéshez tartózo definíció alapján: *a belvíz a talaj olyan víztöbblete, amely egyrészt a talaj felső rétegeit kétfázisúvá teszi, másrészt nagy tömegben a terep lokális mélyedéseiben összefüggő, lefolyás nélküli, szabad vízfelszínű elöntéseket eredményez* (Kozák 2006).

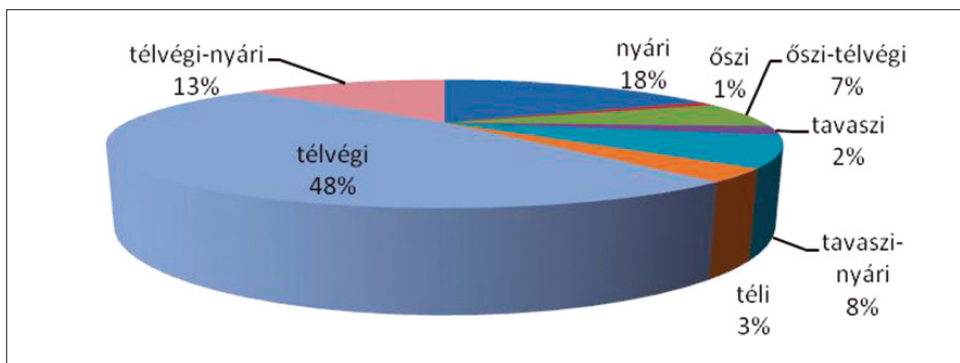


2. ábra: Belvíz által sújtott hazai táj

### *A belvíz jellemzői*

A belvízi elöntések területi megjelenését nagy felületű, sekély mélységű vízborítás-ként írhatjuk le. Kiterjedésük a mikrodomborzat függvénye. Időszakos előfordulásukat a szakirodalom jellemzően tél végi-tavaszi, nyári, illetve őszi időszakokra osztja. Az alsó-tiszai vízgyűjtőkön tapasztalt belvízi jelenségek 1955 és 2008 közötti feldolgozása alapján azonban megállapítható, hogy az időszakos előfordulásról levont következtetések felülvizsgálatra szorulnak.

A 3. ábra alapján megállapítható, hogy a „hagyományos” belvízi időszakok mellett újak is megjelentek a vizsgálati szakaszban. Az őszi-tél végi, tavaszi-nyári belvízi időszakok azt mutatják, hogy hosszabb időintervallumot átölelő belvízi események is kialakultak. Ezekben az esetekben évszakokon vagy akár több éven is átívelő belvízi jelenségről beszélhetünk. A közelmúltban többször is volt ilyen periódusra példa: 1999–2000-ben vagy 2010–2011-ben.



3. ábra: Belvízi időszakok típusonkénti időtartamának megoszlása 3020 védekezési nap alapján az ATIKÖVIZIG működési területén (1955–2008)

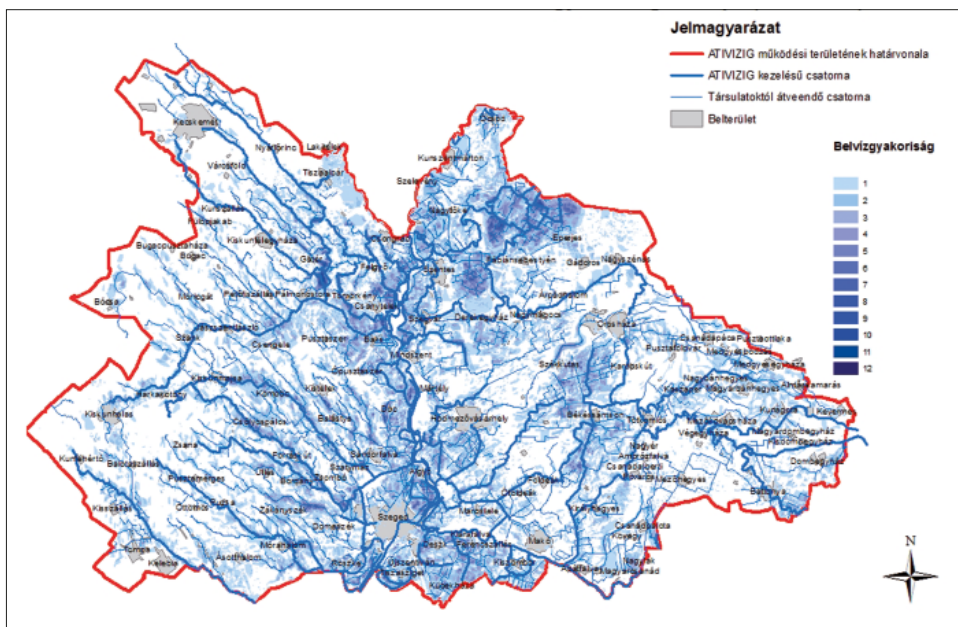
A belvizekkel kapcsolatban a szakirodalom nem fordított kellő figyelmet a belvizek kialakulásának útvonalaira. Amennyiben hatékonyan szándékozunk fellépni a belvizek károkozásai ellen, úgy fontos megismerni a belvízi elöntések kialakulási útvonalait. A belvizek létrejöhetnek egyrészt hagyományos összegyülekezési folyamat eredményeként, felülről lefelé. A szakirodalom csekély figyelmet fordított a belvizek kialakulásának másik módjára, amely során a feltörő talajvizek eredményeként, tehát alulról felfelé irányban alakulnak ki elöntések. A kialakulási irány helyes azonosítása nélkülözhetetlen az eredményes megelőzéshez, védekezéshez, hiszen amíg a felülről összegyülekező vizek ellen talajfelszínen végrehajtott beavatkozásokkal lehet eredményesen védekezni, addig az alulról felfelé keletkező belvizek esetében az ilyen beavatkozások hatástalanok.

### *A belvizek területi megjelenése*

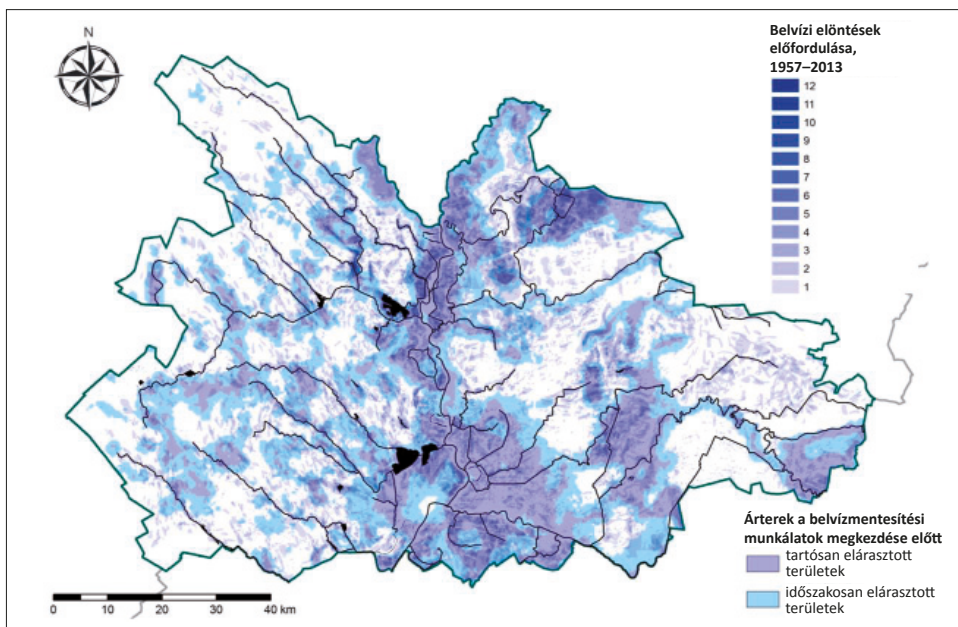
Az ATIVIZIG működési területére vonatkozóan összegyűjtötték és feldolgozták az 1957 és 2013 közötti időszakban tapasztalt belvízi elöntéseket (4. ábra).

A 4. ábra szemlélteti a belvízi elöntések területi megjelenését. A vízfolyások mentén kimutatható a belvíg gyakoriságának növekedése. Az elöntések területének ilyen jellegű áthelyeződése azzal van kapcsolatban, hogy a felszíni összegyülekezés következtében a csatornahálózat irányába történő lefolyás a vízfolyáshoz érve megtorpan, és nem az összegyülekezés dinamikájával kerül elvezetésre. Az ott maradó vízmennyiség addig tározódik a vízfolyás mentén, míg az elvezetéséhez szükséges pillanatnyi elvezetési kapacitás rendelkezésre nem áll.





4. ábra: Az ATIVIZIG működési területének belvízelöntési gyakorisági térképe (1957–2013)



5. ábra: Az 1. és a 4. ábra összevetésének eredménye

A vízvezető rendszer hatékonyságának megítéléséhez érdemes összevetni a belvízmentesítési munkák megkezdése előtti és a napjainkban tapasztalt belvízi elöntések területi megjelenését. Térinformatikai eszközök segítségével elkészíthető az 1. és a 4. ábra összevetése; az eredménytérképet az 5. ábra mutatja be.

Az 5. ábra alapján megállapítható, hogy az 1846-os, a vízmentesítő munkálatok megkezdését megelőzően született, illetve a 2013-ig tartó időszakot összegző térképen feltüntetett elöntések súlypontjában nem tapasztalhatók jelentős eltérések. Annak ellenére, hogy jelentős vízvezetési művek valósultak meg, érdemileg nem csökkentek az elöntött területek. Az eredménytérkép szemlélteti, hogy kisebb a kiépített vízvezető rendszer hatása az elöntések kialakulására a korábban feltételezett mértékhez képest. Ez alapján belátható, hogy mivel a természeti adottságok, körülmények érdemben nem változtak az elmúlt időszakban, a végrehajtott műszaki beavatkozások ellenére nem csökkent a belvizek területi megjelenése, vagyis a műszaki beavatkozások hatása kisebb mértékű a feltételezettnél.

## *A belvizek kialakulását befolyásoló tényezők*

### *Természeti tényezők:*

- ~ meteorológiai tényezők: hőmérséklet, csapadék;
- ~ domborzat: tengerszint feletti magasság, a terület tagoltsága, konvexitás;
- ~ talaj: vízáteresztő képesség (infiltráció), szerkezet, tározóképeség, fizikai féleség;
- ~ hidrogeológia: a talajvíz mélységingadozása;
- ~ földtani adottságok: talajképző kőzet, vízzáró réteg előfordulása.

### *Antropogén tényezők:*

- ~ vízrendezés: belvíz-csatornázottság, melioráltság;
- ~ földművelés: öntözés, agrotechnika, a termesztett növény típusa;
- ~ a beépítettség változása, a belterületek növelése.

A kialakulást determináló összetevők közül egyértelműen a meteorológiai tényezők hatása dominál, hiszen ezek biztosítják a kialakuláshoz szükséges többletvízmennyiséget. A belvizek megszűnését eredményező tényezők megegyeznek a belvizet előidézőkkel, és ezek között is a meteorológiai tényezők azonosíthatók dominánsként.

## *A belvizek megjelenésével kapcsolatos károk*

A belvízkárok belterületen való előfordulásának legjellemzőbb típusai az építménykárok, amelyek telken belül megjelenő vízvezetési, vízszigetelési problémák következtében következnek be, jellemzően a tulajdonos nem kellő mértékű prevenciója okozza. Számos települési tapasztalat igazolta a közelmúlt jelentősebb belvizei során, hogy a belterületi építményekben bekövetkezett káresemények túlnyomórészt a tulajdonosok nem hatékony megelőzésének következtében jöttek létre (például a vályogépületek nem megfelelő vízvédelme stb.). A károk bekövetkezése elleni hatékony védekezés érdekében át kell tekinteni, hogy a bekövetkezett káresemények milyen kiváltó okokkal hozhatók kapcsolatba.

*A belterületi károk kialakulásával kapcsolatban az alábbi kiváltó okok azonosíthatók:*

- ~ *Településrendezéssel* kapcsolatos kérdések. A belvízi elöntések a településeken belül jellemzően olyan területeken alakulnak ki, amelyeket korábban – épp a kedvezőtlen vízgazdálkodási tulajdonságok miatt – nem építettek be.
- ~ *A csatornahálózat hiánya.* A szennyvíz- vagy csapadékelvezető csatornahálózattal nem rendelkező településeken a szennyvíz, illetve a csapadék vízvezetése szikkasztórendszerekben történik. Ezen folyamat során a település alatti talajba szivárog el a fölös vízmennyiség. Ennek következtében az ilyen települések alatt a talajvízszint megemelkedése mutatható ki. Az így létrejövő úgynevezett talajvízdombok belvizes időszakban sokkal kisebb puffertőnyt tesznek szabaddá a felszínről beszivárgó vizek számára, így gyorsabban alakulnak ki belterületi elöntések.
- ~ *A tulajdonosok öngondoskodásának hiánya.* A belterületi telkek, lakóingatlanok belvízzel szembeni ellenálló képessége sok esetben a szerkezet víz elleni szigetelésével, illetve a vízterhelés elvezetésével van szoros kapcsolatban. A régebbi építésű, például vályog-, illetve a szigetelés nélküli építmények kiemelt körütekintést kívánnak. Sok esetben egyértelműen igazolható, hogy a tulajdonos a minimálisan elvárható állagmegóvási feladatokat sem végezte el, így az építmény jelentősen károsodott. Számos helyszíni szemle megállapította, hogy a tulajdonos az ereszcatornát sem szerelte fel az építmény védelmére, így az jelentősen károsodott. Hasonló jellegű probléma az ingatlanok belső vízvezetésének megoldatlansága. Amennyiben a tulajdonos nem biztosítja az építmények közvetlen környezetéből a csapadékvíz elvezetését, úgy a károsodások elkerülhetetlenek.
- ~ *Az önkormányzatok felelősségvállalásának hiánya.* A településeken belüli vízkárelhárítási feladatok felelőse köteles kellő színvonalú felkészülésről

és megelőzésről gondoskodni. Azonban az erre vonatkozó jogszabály nem rendelkezik az ehhez szükséges források biztosításáról. A megfelelő források hiányában az önkormányzat sem a felkészüléshez, megelőzéshez szükséges intézkedések megfogalmazását, sem a végrehajtását nem tudja elvégezni. A megfelelő végzettséggel és helyismerettel rendelkező szakértők hiánya is akadályozza a szükséges intézkedések végrehajtását, illetve a védekezés irányítását, míg a műszaki intézkedéseket a forráshiány lehetetlenné teszi.

A belvízi károkozások másik formája, a *külterületi károk* kialakulásával kapcsolatban az alábbi kiváltó okok azonosíthatók:

- ~ A *talaj káros víztartalmával* kapcsolatos károk. Amennyiben a felszínközeli talajrétegek kétfázisúvá válnak, megakadályozzák a növény életfunkciót, s annak pusztulásához vezetnek. A telített talajrétegek a mezőgazdasági munkák végrehajtását is hátráltatják.
- ~ A *felületi elöntésekben* keletkező károk a növény fejlettségi szintjétől függően okoznak károkat. Minél fejlettebb a növény, annál kisebb mértékben tolerálja a vízborítást.
- ~ A *termésben keletkező károk* közvetlenül okoznak gazdasági kárt a gazdáknak.
- ~ A *mezőgazdasági munkák elmaradása* miatt a károk nem közvetlenül keletkeznek, hanem közvetve okozzák a bevételek elmaradását.
- ~ *Külterületi ingatlanok, építmények* is károsodhatnak az elöntések miatt.

A bekövetkezett károk típusainak elemzését követően vizsgálandó, hogy ezek milyen folyamatok következtében alakulhattak ki. A kiváltó okokat *táblaszintű*, illetve *a vízelvezető hálózattal kapcsolatos* problémák tükrében indokolt vizsgálni.

### *Táblaszintű problémák*

- ~ Elsődlegesen a földtulajdonosi szerkezet megváltozásával kapcsolatban alakultak ki, amelyet ugyanis nem kísérte a vízelvezető rendszer felülvizsgálata, korrekciója. A vízelvezető rendszer kialakításának alapja a földtulajdonosi szerkezet volt, a helyszínrajzot tekintve és hidrológiai értelemben egyaránt. Amikor megváltozott a nagyüzemi tulajdonosi struktúra, akkor szakmailag indokolt lett volna a vízelvezető rendszer felülvizsgálata. Ez elmaradt, így a korábbi nagyüzemi táblaszerkezethez és területhasználathoz kialakított vízelvezető rendszer jelenleg *szükségszerűen* nem képes a vízterheléssel kapcsolatban hatékonyan működni. A rendszerüzemelésben tapasztalható eredménytelenség szoros kapcsolatban áll a meliorációs és felszín alatti vízrendezési művekkel kapcsolatos tulajdonjogi helyzettel. Habár a földtulajdonok egyértelműen azonosíthatók, a

felszín alatti vízelvezető művek tulajdonosi és üzemeltetői kérdései teljes mértékben rendezetlenek. Ezek működése az ilyen térségekben gyakorlatilag megszűnt, súlyosbítva a belvízi helyzetet. (Azokon a területeken, ahol a földtulajdonosok belátták az ilyen rendszerek működésének fontosságát, és közösen működtetik azokat, sokkal kedvezőbb a belvízi kitétség.)

- ~ A tulajdonosi szerkezet megváltozásával kapcsolatban sok esetben *teljes mértékben megszűnt a táblán belüli vízelvezető hálózat*. Egyrészt közvetlenül kimérték a vízelvezető csatornákat a földtulajdonba, másrészt a gazdák a belvízmentes időszakok tapasztalatai alapján beszántották azokat, tönkretéve a műtárgyakat. Belvízi időszakban ezen rendszerek hiányában a táblán megjelenő fölös víz nem tud a befogadóba jutni.
- ~ A táblán belüli problémák fontos eleme a *nem megfelelő agrotechnikai eljárások* kérdése. A mélyszántás elmaradásával – amelyet gazdasági okokkal magyaráznak a gazdák – a talaj fizikai tulajdonságai jelentős mértékben leromlanak. Ennek következtében a *talaj tározási kapacitása* jelentősen csökken, így a felszíni elöntések gyakorisága számottevően nő.

*A vízelvezető rendszerrel kapcsolatban* a már előzőekben részletezett önkormányzati forráshiányt kell hangsúlyozni, mert e területen az önkormányzati tulajdon a domináns. A forráshiány mind a szükséges intézkedések meghatározásában, mind pedig azok végrehajtásában megmutatkozik.

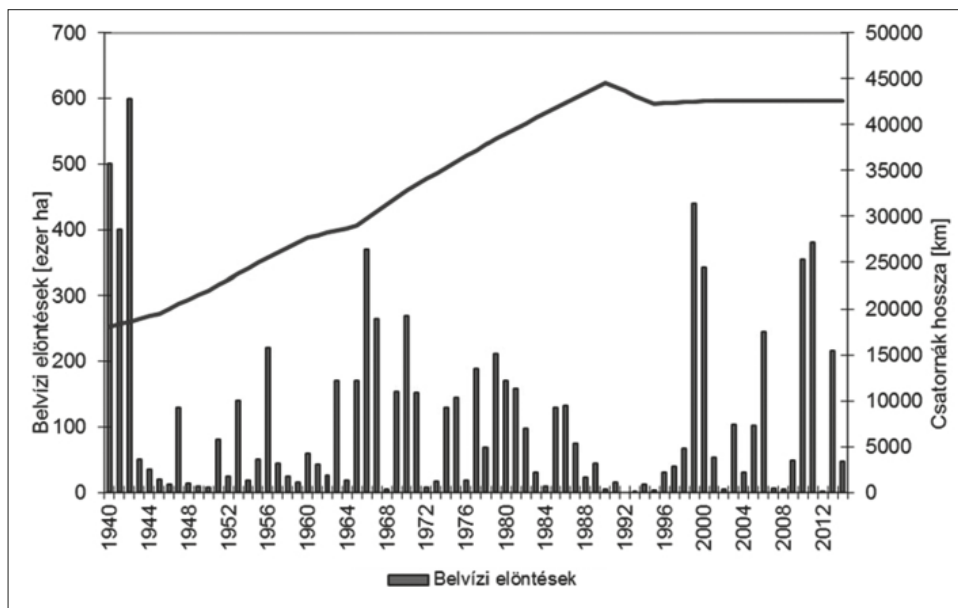
### *A belvizek megjelenésével kapcsolatos károk megelőzése*

A belvízkárok előfordulásának elsődleges eszközszerkeze *a vízelvezető hálózat*, amelynek létesítését ezen okból határozták el. Áttekintve a fentiekben részletezett földtulajdoni, földhasználati változásokat, a vízelvezető rendszer működésében szükségképpen csökkenésnek kellett bekövetkeznie, ezt a 6. ábra szemlélteti.

A 6. ábra a vízelvezető csatornahálózat hosszának évenkénti növekedését mutatja be a kialakult belvízi elöntések tükrében. Igazolja, hogy a vízelvezető rendszer fejlesztése nem eredményezte a belvízi elöntések szignifikáns csökkenését. Sőt, a két adatsor között matematikailag igazolható összefüggés nem áll fenn.

A fenti probléma okainak feltárása részletesebb vizsgálatot igényel.

- ~ A vízelvezető rendszerekben feltételezett és tapasztalt összegyülekezési folyamatok között jelentős eltérések tapasztalhatók. Ennek egyik legmarkánsabb megjelenése az *összegyülekezési elméletekben* tapasztalható. A *vízelvezetés ütemét* nem a belvizi összegyülekezésének üteme, hanem a szivattyúzás be-



6. ábra: A belvízi elöntések mértékének és a csatornák hosszának változása 1940 és 2014 között

épített vagy felvonultatott gépegységeinek kapacitásából, illetve a gravitációs elvezetésből származó *elvezetési potenciál határozza meg*. Amennyiben az elvezetési potenciált meghaladó víztömeg érkezik, úgy a fölös víz elöntések formájában tározódik, míg elvezetése nem válik biztosítottá.

- ~ A síkvidéki gravitációs vízvezető rendszerek csekély hatékonyságának másik oka a rendszerek kis vízfelzáró képessége. Sok esetben a főcsatornákat is 10 cm-es kilométerenkénti eséssel tervezték meg, igazodva a természeti adottságokhoz. Ezen esés nagyon lassú vízmozgást tesz lehetővé. A csatornák mentén gyakran jelentkező kisebb lefolyási akadályok is jelentősen csökkentik az esést, nehezítve a belvizek hatékony elvezetését.
- ~ A síkvidéki rendszerek működésében kiemelt szerepe van a szivattyúzásnak.
  - A szivattyús elvezetés hatékonyságát nagymértékben befolyásolja az alvíz és a felvíz aktuális helyzete, amely a nem megfelelően megválasztott vagy módosult üzemállapotok következtében jelentősen megváltozhat.
  - A szivattyús egységek kiemelt szerepe miatt üzembiztonságuk is meghatározó a rendszer működtetése szempontjából. Mivel jelenleg a szivattyútelepek átlagos életkora 30–100 év közötti, így azok rekonstrukciós programja nem halogatható.



A belvízi előntésekkel kapcsolatban a vonalas mérnöki létesítmények közül külön vizsgálni kell az *utak, autópályák hatását*.

- ~ Ezen létesítmények vonalvezetésükből adódóan hatást gyakorolnak a felszíni vizek összegyülekezésére. Ezt a hatást és a szükséges kompenzációs intézkedéseket a tervezési szakaszban megfelelően kell megfogalmazni, és a beruházás elemeként megvalósítani. Sajnálatosan a közelmúlt több ilyen jellegű beruházása során gazdasági okok miatt nem megfelelő mértékben valósultak meg a hatékony felszíni vízelvezetéshez kapcsolódó létesítmények.
- ~ Az utak, autópályák nemcsak a felszíni, hanem a felszín alatti vizek áramlására is hatással vannak, tömörítik az altalajt. Ezért rendkívül fontos ennek megfelelő kompenzációs létesítmények kialakítása.
- ~ Az utak vízelvezetésének megoldása nemcsak az útpálya állékonysága miatt fontos, hanem a területen tapasztalható, a burkolt felület következtében fellépő hidraulikai terhelés miatt a meglévő vízelvezető hálózat működése szempontjából is. Fontos, hogy az adott út a térség vízelvezető hálózatába illeszkedően épüljön ki, ellenkező esetben jelentősen akadályozhatja a térség belvízelvezetését (7. ábra).



7. ábra: A térség belvízelvezetését akadályozó autópályát

## *A belvizek csökkentését befolyásoló tényezők*

Amint már utaltam rá, a belvízkárok megszűnését elősegítő tényezők megegyeznek a kialakulásukat befolyásoló tényezőkkel.

### *Természeti tényezők:*

- ~ meteorológiai tényezők: hőmérséklet, csapadék;
- ~ domborzat: tengerszint feletti magasság, a terület tagoltsága, konvexitás;
- ~ talaj: vízáteresztő képesség (infiltráció), szerkezet, tározóképeség, fizikai féleség;
- ~ hidrogeológia: a talajvíz mélységingadozása;
- ~ földtani adottságok: talajképző kőzet, vízzáró réteg előfordulása.

### *Antropogén tényezők:*

- ~ vízrendezés: belvíz-csatornázottság, melioráltság;
- ~ földművelés: öntözés, agrotechnika, a termesztett növény típusa;
- ~ a beépítettség változása, a belterületek növelése.

A belvízi elöntéseket *csökkentő* tényezők vizsgálata során fontos meghatározni az irányukat, amely *horizontális* vagy *vertikális* lehet. Horizontális irányban antropogén és természeti tényezők következtében egyaránt megvalósulhat az elvezetés, vertikális irányban azonban csak természeti tényezők képesek csökkenést eredményezni a belvízi víztömegben. Utóbbi a *párolgás* és a *beszivárgás* révén valósulhat meg. A párolgás intenzitásának emelkedését a *hőmérséklet növekedése* képes eredményezni. A vertikális elvezetési irányok másik összetevője a beszivárgás. A beszivárgás szempontjából a *talajfagy* elhelyezkedésének mélysége, illetve a *talaj potenciális térfogata* a meghatározó. Az alsó-tiszai vizsgálatok igazolták, hogy *optimális talajművelési gyakorlat* mellett a talaj akár 250 mm csapadék tárolására is alkalmas. Jelen helyzetben azonban – a nem megfelelő agrotechnikai eljárások miatt – ezen kapacitás 10 százalékát lehetséges csak kihasználni.

Mintaterületi numerikus hidrológiai modellvizsgálatok alátámasztották azon szakirodalmi megállapítást, amely szerint a belvízi elöntések megszüntetésében a víz-elvezető rendszerek hatása – mint antropogén tényező – 10 százalékot tesz ki, míg a maradék 90 százalékot jellemzően a természeti tényezők képviselik (ezt igazolja a 6. ábra is). Ennek alapján kijelenthető, hogy a víz-elvezető rendszernél sokkal nagyobb mértékben vesznek részt a belvíz mérséklésében a természeti tényezők, azonban a víz-elvezető rendszer elvezetési potenciáljának fenntartása is rendkívül fontos a belvíz-veszélyeztetettség csökkentése érdekében, kiemelten a belterületek esetében.



## A belvizekkel kapcsolatos károk megelőzése

A belvízkárok megelőzését a belvizeket kiváltó problémakörök alapján célszerű megközelíteni.

- ~ A vízvezető rendszerek elvezetési kapacitásainak névleges értékei felülvizsgálatra szorulnak, mert a gyakorlati tapasztalatok alapján nem igazodnak a rendszerek valós működéséhez.
- ~ A gyakorlati tapasztalatok alapján kidolgozott, a valós összegyülekezési gyakorlatot leíró méretezési eljárások alkalmazása szükséges.
- ~ Az új méretezési eljárások kidolgozása során a rendszerek működésének tapasztalatait fel kell használni és be kell építeni (pl.: szivattyútelepek hatásai, sorbanállási elméletek).
- ~ A rendszerek üzemeltetéséhez nélkülözhetetlen a vízvezető rendszerek működési potenciáljának folyamatos fenntartása. Szintén elengedhetetlen a sík vidéki rendszerek működésére jelentős hatással lévő halastavak folyamatos ellenőrzése, hiszen ennek elmaradása a vízrendszer szempontjából számottevő többletterhelést eredményezhet.
- ~ Mivel a sík vidéki rendszerek jellemzően sorba kapcsolt vízhálózati elemekből épülnek fel, így azok működésének összehangolása elsődleges fontosságú.
- ~ A rendszerek hatékonyságának növelése szempontjából kiemelten kell kezelni az eltérő vízvezetési dinamikával rendelkező területek találkozási pontjainál fellépő „konfliktusok” kezelését. A belterületi vízvezető rendszerek nagyobb intenzitással vezetik el a vizet, mint a külterületi területek. Az ilyen pontoknál, az elvezetés dinamikájának terén tapasztalható eltérés kezelésére puffertározók építése és üzemeltetése szükséges.

## Összegzés

A belvízkárok megelőzése és mérséklése csak a jelenség komplex jellegéhez igazodó, összetett intézkedésekkel valósítható meg, a *települések belterületén*, illetve a *külterületeken* egyaránt, melyek a következők:

- ~ a telkek szintjén:
  - a telken belüli vízvezetés megoldása,
  - az építmények víz elleni védelmének biztosítása;
- települési szinten:
  - a táblacsatornák helyreállítása,
  - a talaj tározási kapacitásának helyreállítása és fenntartása,

- a vízelvezető rendszer rekonstrukciója, szükség szerinti átalakítása és fenntartása.

A belvíz jelensége a természeti és az antropogén tényezők együttes hatására alakul ki, így az ellene történő fellépést is ezen összetevőkre kell alapozni. A belvíz alapvetően természeti jelenség, így bekövetkezését antropogén eszközökkel csak korlátozott mértékben lehet befolyásolni.

# SÍK ÉS DOMBVIDÉKI VÍZRENDEZÉS

## *Magyarország vízforgalma*

Közismert tény, hogy Magyarországon a rendelkezésre álló vizek mindössze 5 százaléka keletkezik, vagyis a vizek 95 százaléka külföldről származik. A vizek jelentős része el is hagyja az országot, ebből adódóan is fontos, hogy a vizeket lehetőleg minél nagyobb mértékben tartsuk vissza. Magyarország sík vidéki, valamint hegy- és dombvidéki területekkel egyaránt rendelkezik. Az ország területének 55 százaléka (47,7 ezer km<sup>2</sup>) dombvidék. A 107 dombvidéki vízgyűjtőt 52 000 km csatorna hálózza be.

## *Sík és dombvidéki vízrendszerek*

A hazai sík és dombvidéki vízfolyások tulajdoni megoszlását az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat: A sík és dombvidéki vizek tulajdoni megoszlása

Tulajdonos	Sík vidéki csatornák (46 739 km)	Dombvidéki vízfolyások (51 701 km)
Kizárólagos állami tulajdon	8 253 km	3 987 km
Egyéb állami tulajdon	207 km	121 km
Állami tulajdonú, társulati kezelésű	20 337 km	15 527 km
Önkormányzati tulajdonú	5 165 km	3 866 km
Magán (volt üzemi) tulajdonú	12 777 km	28 200 km

Az állami tulajdonú, társulati kezelésű vízfolyások és csatornák átvétele folyamatban van.

## *A sík vidék jellemzése és problémái*

A sík vidéki területeken a lefolyás lassú. Tekintettel arra, hogy hosszabb a tartózkodási idő, a talajvízzel való kapcsolat is fokozottabb. A hosszú ideig tartó elöntés miatt Magyarország sík vidékeinek nagy része belvízre érzékeny terület. A fentiekből adóan fontos a belvízvédelmi rendszerek hatékonyságának növelése. Habár a csatornák hossza és a szivattyúzási kapacitás is növekedett az elmúlt években, a hatékonyság nem nőtt ilyen mértékben. A belvíztározási potenciálok jelentős része le van kötve más célra, így a befogadható vízmennyiség is lecsökken. További problémát okoz a tározók feliszapolódása, amely miatt még jobban lecsökken a belvíz-befogadó képesség.

## *A dombvidék jellemzése és problémái*

A dombvidéki vízfolyásokat heves lefolyás jellemzi. Vízjárásuk szélsőséges, a nagyvizek több nagyságrenddel meghaladhatják a középvízi vízhozamot, hosszabb csapadékmentes időszakban a vízfolyások medre ki is száradhat. A lefolyás nagyban függ a terület fedettségétől. Míg az erdős területeken a lefolyás lassabb, addig a helytelen agrotechnikák használata jelentősen megnöveli a lefolyás sebességét, amely így veszélyezteti a beépített területeket. Ezért is fontos, hogy a vízvezetést megfelelő árkok, csatornák, illetve övárkok kiépítésével biztosítsuk, valamint a tározókat az elsődleges célnak megfelelően üzemeltessük. További problémát jelentenek a természetvédelem megnövekedett igényeiből adódó fejlesztési, kezelési problémák. Akár sík, akár dombvidéket vizsgálunk, megállapíthatjuk, hogy a felszíni vízkészletek eloszlása egyenlőtlen. A rendelkezésre álló felszíni vízkészletek egyenlőtlen területi és időbeli eloszlásának hatásait a vízgazdálkodás eszközrendszerén belül elsősorban vízáteremtéssel, illetve vízviszatarással, tározással lehet csökkenteni.

Minden jel arra mutat, hogy akár a víz hiányának, akár többletének kezelésére összpontosítunk, fokoznunk kell a víz megtartására irányuló tevékenységeket (ideértve a legnagyobb tározótér, a talaj tározókapacitásának kihasználását is), ha lehetséges, olyan módon, hogy a műszaki beavatkozások alkalmasak legyenek az ellentétes kockázatok (sok víz, kevés víz) kezelésére. Olyan win-win konstrukciókat kívánatos kifejleszteni, amelyeknek minden résztvevője partner, és nem ellenérdekel a tározásban. Ez azt jelenti, hogy a vizek visszatartására irányuló műszaki beavatkozásokat nem lehet megoldani a mezőgazdaság támogatása (például a művelési ág megváltoztatása, vízviszatarató agrotechnika széles körű alkalmazása) és a Natura 2000 területek használatának felülvizsgálata nélkül.

## Területi vízgazdálkodás

A területi vízgazdálkodás kiemelkedő szerepe abban rejlik, hogy ha valamit lokálisan megváltoztatunk, az kihat az egész vízrendszerre. Az egyes települések kül- és belterületén történő változások – mint például a területek burkolása, az eddig be nem épített telkek beépítése vagy a külterületi művelési módok megváltoztatása – nagyban befolyásolják a lefolyási viszonyokat, ily módon a befogadó vízfolyás szükséges kiépítettségének mértékét is. Amennyiben megnő a burkolt területek aránya, az összegyülekezési idő lecsökken, így kisebb csapadék esetén is kialakulhatnak árhullámok. Ebből adódik az, hogy a vízrendezés kapcsán is szót kell ejteni a területi vízgazdálkodásról.

Hazánkban nem tejes körű és lényegében gazdátlan a települési vízgazdálkodás mint szakterület. Ennek elmaradása a terület- és vidékfejlesztés torzulásához vezet, a már bekövetkezett deformitásokat állandósítja vagy erősíti. Ilyen a vízzel veszélyeztetett területek beépítése, majd azok védelmének követelése, a vízmegtartási módszerek szinte teljes hiánya a településen belül, a zárt csapadékvízzel való gazdálkodás hiánya, a nyílt árkos hálózat szinte kizárólagossága stb. A teljes körű települési vízgazdálkodás megteremtésével, módszertanának alkalmazásával és felelősének egyértelműsítésével az integrált települési vízgazdálkodást kell középpontba állítani.

A vizek megtartása, a káros vizek levezetése minden területhasználó érdeke. A vízvisszatartást elsősorban a mezőgazdasági, erdőgazdasági területeken kell elkezdeni. Jogszabályi módosításokkal, a támogatási rendszer átalakításával kellene elérni, hogy a talajerózió csökkenjen (vízvisszatartó agrotechnikák, növényi kultúrák cseréje stb.), és a belterületek közvetlen elöntése megszűnjön. Megfontolandó a művelt területekről a túrhétónél nagyobb károkat okozó csapadékvíz összegyűjtése és a vízvisszatartás növelése oly módon, hogy kedvezőbb vízháztartási egyensúly alakuljon ki.

Ezek lehetnek:

- ~ Agrotechnikai intézkedések (talajművelési technológiák, a művelési ágat érintő változtatások, megfelelő növényi kultúra alkalmazása, erdősítés, bizonyos növényi kultúrák esetében a teraszos művelés stb.). Előnyben kell részesíteni a lejtős mezőgazdasági területek esésvonalra merőleges művelését. Ezen intézkedések ösztönzése elsősorban az agrártámogatási rendszereken keresztül képzelhető el.
- ~ A medrek rendezése során figyelembe kell venni a VKI ajánlásait is. A vízfolyások külterületi szakaszain a vízfolyás menti, rendszeresen elöntött területeken, illetve állóvizek parti zónájában természetközeli területhasználatok kialakítása és fenntartása javasolt. A puffervonal elősegíti a hagyományos tájszerkezet kialakítását, és egyben az ökológiai hálózat adott területről eltűnt elemeinek helyre-

állítását is. A folyamatos gazdálkodás és fenntartás nélkülözhetetlen – különösen az ártéri területeken – az invazív fajok elterjedésének megakadályozása és visszaszorítása érdekében.

- ~ A külterületi védelmi létesítmények építésével, a beszántott külterületi árkok (övértékek, zápor-, illetve árvízcsúcscsökkentő tározók) helyreállításával megvalósított lefolyásszabályozás szintén hasznos lehet.
- ~ A környező területek vízmegtartó képességét fokozni kell.

Ezeket a megoldásokat esetleg egy, a VKI keretében elkészített tervekhez hasonló, de részletesebb, és a vizek mennyiségi szabályozására fókuszáló vízgyűjtő-gazdálkodási tervben lehetne összehangolni.

## Vízrendezés

A vízrendezés során mindig rendszerben kell gondolkodni, ezért szükséges globálisan nézni a problémákat, és a vízfolyásnak nem egy-egy szakaszát, hanem az egész vízgyűjtőt rendezni. Mindehhez meg kell teremteni a megfelelő jogi lehetőséget, illetve adekvát támogatási rendszert kell kidolgozni. A káros vizek elvezetését elsősorban külterületen kell megoldani. Célszerű a nagyvizeket övértékek kialakításával külterületen tartani, majd a település alatt visszavezetni a mederbe. A lejtős mezőgazdasági területek esésvonalra merőleges művelésével, valamint a megfelelő növényi kultúrák alkalmazásával tovább növelhető a belterületek védelme.

A dombvidéki települések helyi vízkárok elleni védelmének legalapvetőbb eszköze a vízkárok megelőzése, a csapadékvíz-elvezető infrastruktúra (nyílt és zárt csatornahálózat, vízfolyások, befogadók) megfelelő kiépítettsége és kifogástalan állapotban való tartása. A dombvidéki helyi vízkár sajátosságai (az előrejelzés hiánya vagy gyakorlati használhatatlansága, a rendkívül gyors összegyülekezés, a megjelenési formák és a káresemények helyszínének nagyfokú változatossága, a hiányzó vagy hiányos információk, a sok szereplő) miatt a megelőzésre kell helyezni a hangsúlyt. A rendezési tervek hiányosságaitól kezdve a helyi vízkár elleni védekezési tervek használhatatlanságáig sok minden közrejátszik a sikertelen védekezésben. Sok helyen hiányoznak a vízelvezető árkok, nincsen gazdája, felelőse a vízmosásoknak, a vízmosáskötésnek. Eltűntek a lakóterületeket védő övértékek, vagy állapotuk nem megfelelő (feliszapolódott), funkciójukat nem képesek ellátni. A belterületi vízelvezető rendszerek sok eleme nem működik. A gyakori helyhiány, a fenntartási hiányosságok, a szakszerűtlen kivitelezés és a méretezési problémák oda vezetnek, hogy egy nagyobb eső esetén városaink belterületei „úsznak”.

## Tározóépítések

A tározók jelentősége nemcsak a vízhiány pótlásában mutatkozik meg, a vizek többletének, az árvizek kezelésének is hatékony eszköze. A prognosztizált éghajlatváltozásból leginkább a vízháztartásban egyre markánsabban megjelenő szélsőségek érezhetőek. A vízhiányból jelentkező aszálykárok mellett (pl. 2012) a hegy- és dombvidéki területeken, településeken a hirtelen lezúduló, rövid ideig tartó nagy-csapadék (pl. 2010) jelent problémát. Sík vidéki területeinken a belvízként kárt okozó vízkészletek biztonságos elhelyezése okoz gondot (pl. 2010).

A biztonság és a nagyobb gazdasági potenciál érdekében jelentősen növelni kell a tározási kapacitást. A tározási program megvalósításáért a területhasználat váltásának támogatását, a természetvédelem rugalmasságát, a tározást támogató konstruktivitást el kell érni. A lefolyásszabályozó tározók (amennyiben egyéb fő funkcióval, például ivó- vagy iparivíz-kivétellel, nem rendelkeznek) lehetnének akár úgynevezett száraz- vagy zöldtározók, akár megfelelően üzemeltetett állandó vízborítású tározók is, amelyekben rendelkezésre kell állnia az árhullámok betározására alkalmas szabad térfogatnak.

A tározók üzemeltetésének az érdekelt, vagyis az önkormányzat kezében kell lennie. A VIZIG-eknek ezekre nincs kapacitása. Ehhez szorosan kapcsolódva meg kell jegyezni, hogy a tározók rendszeres szemléje (időszakos hatósági felülvizsgálatok, illetve évente, az őszi időszakban elvégzendő felülvizsgálatok) elengedhetetlen. Az ellenőrzéseket egy erős, nagyobb szakembergárdával rendelkező vízügyi hatóság tudná csak megoldani, tehát a fejlesztéseknél ezt a tényezőt sem lenne szabad figyelmen kívül hagyni. A hatósági ellenőrzések elmaradása mindenképpen a létesítmények védképességének romlását vonja maga után (üzemvízszint feletti vízállás tartása, elhanyagolt műtárgyak, árapasztó beépítése stb.).

A megépült, csaknem 2000 darab tározó mintegy 345 millió m<sup>3</sup> víz tározását teszi lehetővé. A dombvidéki tározók jelentős kapacitásuk ellenére viszonylag kis mértékben vesznek részt a kisvizes időszakok vízpótlásában. Ennek oka, hogy a javarészt halászati és horgászati hasznosítású tározókat a kisvizes időszakokban sem engedik le. Az aszályhelyzet enyhítése a területi tározókapacitás növelésével oldható meg, amelynek segítségével a csapadék, illetve a rendelkezésre álló felszíni vízkészletek egy része betározható, és a kárérzékeny területeken megfelelő időben rendelkezésre áll. Országos szinten áttekintésre kerültek a dombvidéki és sík vidéki területeken a 2012-es állapotoknak megfelelő víztározási lehetőségek.

2. táblázat: Tározóépítési tervek 2020-ig (Forrás: OVF 2013)

VIZIG	db	ha	Térfogat (ezer m <sup>3</sup> )
Észak-dunántúli Vízügyi Igazgatóság, Győr	134	4 827	22 769
Közép-Duna völgyi Vízügyi Igazgatóság, Budapest	205	1 918	33 705
Közép-dunántúli Vízügyi Igazgatóság, Székesfehérvár	561	7 560	100 943
Dél-dunántúli Vízügyi Igazgatóság, Pécs	663	6 722	93 131
Nyugat-dunántúli Vízügyi Igazgatóság, Szombathely	165	2 201	31 419
Észak-magyarországi Vízügyi Igazgatóság, Miskolc	229	2 130	63 157

A fent említett problémák miatt és a megfelelő vízkormányzások érdekében is fontos lenne új tározók építése. Országos szinten 2014 októberében a vízügyi igazgatóságok felülvizsgálták a tározási lehetőségeket, célként megfogalmazva a megvalósíthatóságot. A tározók helyének kijelölése során a természeti tényezőkön belül a domborzat, a hidrológiai és geológiai adottságok, a vízfelhasználás helye, a birtokviszonyok (a tározók fejlesztését gátló egyik probléma a területek tulajdon- és kezelői viszonyainak sokszínűsége) és a beépítettség került előtérbe. Olyan tározási lehetőségekre kell fordítani a figyelmet, amely mind gazdasági, mind műszaki szempontból megfelelő, valamint a társadalmi elvárásokat is kielégíti.

Az elvégzett vizsgálat szerint rövid távon 119 tározó megvalósítása lehet reális cél 141 millió m<sup>3</sup>-es tározókapacitással. Az első javaslat 19 öntözési célt szolgáló sík és dombvidéki tározó megvalósítását vette tervbe. Az aszályhelyzet enyhítése a területi tározókapacitás növelésével oldható meg, amelynek segítségével a csapadék, illetve a rendelkezésre álló felszíni vízkészletek egy része betározható, és a kárérzékeny területeken megfelelő időben rendelkezésre áll.



3. táblázat: A megvalósítandó sík és dombvidéki tározók, kapacitásuk és költségeik

Összes vizsgált			Rövid távon megvalósítható			
	tározó (db)	térfogat (millió m <sup>3</sup> )	tározó (db)	térfogat (millió m <sup>3</sup> )	költség (mrd Ft)	közfoglalkoztatás keretében elvégezhető (mrd Ft)
<b>Dombvidéki</b>	121	132	95	106	32,57	3,26
<b>Sík vidéki</b>	134	291	24	35	12,97	1,29
<b>Összesen</b>	<b>255</b>	<b>423</b>	<b>119</b>	<b>141</b>	<b>45,54</b>	<b>4,55</b>

### *Árvízi tározók*

A területi vízgazdálkodás alapvető célkitűzése, hogy a fölös és a hiányzó vizek kár-tételeinek csökkentését egyaránt tározással (vízviszatarással) oldjuk meg. Ezért a tározási lehetőségeket hegy- és dombvidéken ki kell aknázni. El kell érni, hogy az egyes tározók vízállásai az Országos Vízirajzi Adatbázisban rögzítésre kerüljenek, ily módon gyors információhoz juthatunk a pillanatnyi helyzetről, s ez különösen nagyvizes helyzetben rendkívül fontos lehet.

### *Egyéb hasznosítási célú tározók*

Az egyéb hasznosítási célú (pl. öntözés) tározók építése csak egyedi vizsgálat esetén kívánatos. Megvalósításuk csak abban az esetben célszerű, ha a tározóból kivett vizet a közvetlen közelben használják fel. Amennyiben a vizet leeresztéssel kívánják felhasználni, túl nagy veszteség lép fel, ily módon pazarló a vízfelhasználás. Állandó vízszinttartás esetén még a záportározók is behalaszodnak előbb-utóbb. A halastavakat, öntözőtározókat a lehetőségek határáig feltöltik, szabad tározótér alig létezik. A művek egy része rossz állapotban van. Szabálytalan üzemeltetésre is van egy sor példa. Mindennek az a következménye, hogy a dombvidéki tározó sok esetben növeli a kockázatot.

A tározók építésének feltétele a tulajdonviszonyok rendezése (sík és dombvidéken egyaránt), és esetenként a birtokrendezés, vagyis a birtokméretek optimalizálása. Ugyanakkor a megvalósításról a tározás üzemköltségének és osztársadalmi hasznosságának együttes mérlegelése alapján kell döntenie. A vizek tározásának

nem pusztán vízkészlet-gazdálkodást, terület- és vidékfejlesztést (turizmust) javító következményei, hanem üzemeltetési- (ideértve a védekezést is) és fenntartásiköltség-megtakarító következményei is lehetnek. A tározás hazánkban a fenntartható vízgazdálkodás hosszú távú tervezésének is az egyik meghatározó eleme, mert az éghajlatváltozás potenciális hatásainak kezelésére sem az árvizek, sem az aszályok esetében nincs hatékonyabb módszerünk.

## *Természetvédelem*

Mindannyian szeretjük a természetet, szeretjük, ha növények, állatok vesznek körül. Mindennapi tevékenységünk során azonban azzal is szembesülünk, hogy a természet erői számunkra kedvezőtlen hatásokat is kifejtenek. Hegy- és dombvidéken a hirtelen lezúduló nagycsapadék időnként olyan mértékben megnöveli a lefolyást, amely problémákat okozhat abban az esetben, ha a nagycsapadék levezetésére nem rendelkezünk megfelelő lehetőségekkel.

A vízrendezés során elvárás az olyan vízgazdálkodási állapot megteremtése, amely képes a fenntartható társadalmi és ökológiai igények kielégítésére a térségi viszonyok figyelembevételével. Jelentős problémát okoz a különböző természetvédelmi oltalom alatt álló területek vízrendezése. Az utóbbi időben a víz okozta káreseményekkel szemben megnőtt a társadalom kárérzékenysége. Az élet- és vagyonsvédelemnek elsőbbséget kell élveznie a természetvédelemmel szemben. Ez igényli a jogszabályok harmonizálást, illetve a tervezési szakaszban fokozottabb együttműködést a természetvédelemmel.

Tekintettel arra, hogy vízügyi jogszabályok rögzítik a vízfolyások rendezésére, fenntartására vonatkozó előírásokat, valamint a természetvédelem vonatkozásában betartandó szabályokat is, szükséges ezen törvények ismételt áttekintése. Olyan jogi környezetet kell kialakítani, amely lehetővé teszi a jogszerű tevékenységet mindkét szempont érvényre jutása mellett.

### ***Előttünk álló feladatok***

~ Rövid távon:

- a vízügyi jogszabályokat felül kell vizsgálni, és harmonizálni a természetvédelmi jogszabályokkal;
- felülvizsgálati metodika megalkotása szükséges a vízrendszerek üzemelésével kapcsolatban;
- tudatosítani kell, hogy dombvidéki területen a nagyvizek elleni védekezést elsősorban a megelőzés jelenti;

- fontos a vízjárta területeken építési tilalom elrendelése, és ezt maradéktalanul be is kell tartatni;
  - elengedhetetlen a meglévő tározókataszterek aktualizálása.
- ~ Középtávon (2020-ig):
- a földtulajdonosi és területhasználati viszonyok feltárása elsődleges teendő;
  - fontos a megfelelő művelési módok alkalmazásának elősegítése;
  - a tározók üzemrendjének felülvizsgálata sem maradhat el;
  - a tározóépítések során prioritási sorrendet kell felállítani, elsőbbséget kell élvezniük az élet- és vagyónbiztonságot megteremtő árvízi (zöld-) tározóknak;
  - különösen dombvidéken, egyéb hasznosítás esetén oda kell építeni a tározót, ahol a visszatartott vízre szükség van – mindehhez egyedi elbírálás szükséges;
  - elengedhetetlen az ökológiai vízigény továbbengedése.
- ~ Hosszú távon:
- célszerű tározós vízrendszerek kialakítása;
  - a tervek között szerepel a mértékadó nagyvizek károkozás nélküli levezetésének megoldása (komplex vízrendezés);
  - a területi vízigények maximális biztosítása (öntözés, haltenyésztés, jóléti stb.).

### ***Következtetések, üzenetek összegzése***

- ~ Elengedhetetlen a vízmegtartási módszerek általános ismertetése, elfogadtatása az érintettekkel.
- ~ Elő kell segíteni a megfelelő művelési módok alkalmazását (pl. meg kell határozni, milyen meredek lejtőkön lehet nagyüzemi mezőgazdasági tevékenységet folytatni, az e feletti lejtőtartományban ezt tiltani kell).
- ~ A tározók létesítésével és üzemeltetésével kapcsolatban a következők merülnek fel:
- A meglévő tározókatasztereket aktualizálni kell, s felül kell vizsgálni a tározók üzemrendjét. Ehhez megfelelő jogosítvánnyal rendelkező szervezet(ek)re van szükség.
  - Biztosítani kell, hogy a tározókból továbbengedjék a szükséges ökológiai vízmennyiséget, akár a tározó egyéb hasznosítási céljának, céljainak rovására is.
  - A tározási lehetőségeket felül kell vizsgálni, a tározóépítések során prioritási sorrendet kell felállítani. Elsőbbséget kell élvezniük az élet- és vagyónbiztonságot megteremtő árvízi (zöld-) tározóknak. Ott kell elsősorban tározót építeni, ahol jelentősebb elöntés történt az elmúlt időszakban, illetve ahol az több emberélet, nagyobb vagyon megvédését szolgálja.
  - Egyéb hasznosítás esetén oda kell építeni a tározót, ahol a visszatartott vízre szükség van. Mindehhez egyedi elbírálás szükséges.

- ~ Tekintettel arra, hogy dombvidéken a lefolyás gyors, a terület vízmegtartó képességét kell fokozni, részben a megfelelő agrokultúrák biztosításával, részben pedig öntözési célú tározók építésével. Tározóépítés során az öntözési hasznosításnak elsőbbséget kell élveznie.
- ~ Szükséges a vízgazdálkodási és természetvédelmi jogszabályok felülvizsgálata, áttekintése annak érdekében, hogy a területen tevékenykedők adott esetben ne szembesüljenek az ellentmondásokból adódó ellehetetlenüléssel.
- ~ Az ágazat PR-tevékenységére nagyobb hangsúlyt kell fektetni a dombvidéki vízrendezés területét érintő kérdésekben is. Ez részben megfelelő kiadványok összeállítását és a média különböző lehetőségei segítségével történő terjesztését jelenti, részben pedig az aktuális történések (építés, átadás, árvízsemények stb.) leírását, megfelelő körben történő terjesztését. A terjesztés jelentőségétől függően lehet kisebb területet érintő, illetve országos. A különböző ismeretek (módszerek, lehetőségek, tiltások stb.) terjesztése rövid távú feladat, hiszen ez alapozza meg az ágazat további tevékenységéhez szükséges lakossági támogatást.

## IRODALOMJEGYZÉK

- Bíró T., Ijjas I., Józsa J., Ligetvári F., Melicz Z., Reich Gy., Somlyódi L., Szlávik L., Szűcs G., Jakus Gy., Bak S., Váradi J.: *Súlypontok a hazai vízgazdálkodás fejlesztésében*. Forrás: <http://bm-tt.hu/ovf/assets/letolt/Avizgfejlstategia.pdf>
- Dobi L.: *Az éghajlatváltozás hatásainak kezelése a hazai vízgazdálkodásban*. BM Országos Vízügyi Főigazgatóság. Forrás: [www.mernokkapu.hu/fileok/2/Az\\_eghajlatvaltozas\\_hatasainak\\_kezelese\\_a\\_hazai\\_vizgazdalkodasban..pdf](http://www.mernokkapu.hu/fileok/2/Az_eghajlatvaltozas_hatasainak_kezelese_a_hazai_vizgazdalkodasban..pdf)
- Kozák P.: *Területi vízgazdálkodás 2*. Alsó-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság.
- Váradi J.: *Területi vízgazdálkodás*.

**A tanulmány elkészítésében a vízügyi igazgatóságok részéről közreműködtek:** Engy Zsuzsanna (NYUDU-VIZIG), Kovács László (KDT-VIZIG), Polgár Károly (DÉDU-VIZIG), Somodiné Kaliczka Csilla (KDT-VIZIG), Tóth Ferenc (ÉDU-VIZIG), Varga Péter (KDV-VIZIG), Vasas István (É-VIZIG)

## A NEMZETI VÍZIKÖZMŰPROGRAMOKON KÍVÜLI SZAKMAI KIHÍVÁSOK

Az elmúlt évtizedben a víziközmű-szakterületi tevékenység egészét alapjaiban határozták meg a nemzeti víziközműprogramok:

- ~ az Ivóvízminőség-javító program és a
- ~ Nemzeti Települési Szennyvízelvezetési és -tisztítási Megvalósítási Program.

Mindkét programot a vonatkozó európai uniós irányelvek hazai jogszabályokba való átültetése alapozta meg az ivóvíz minőségéről és az ellenőrzés rendjéről szóló 201/2001. (X. 25.) Korm. rendelettel, illetve a Nemzeti Települési Szennyvízelvezetési és -tisztítási Megvalósítási Programról szóló 25/2002. (II. 27.) Korm. rendelettel. A nemzeti programok teljesítési határidői részben lejártak, illetve a záró határidők szakaszába értek, megvalósításuk folyamatban van. Az előadásban a következő időszak szakmai feladatairól adunk áttekintést.

### *Hazai távlati feladatok*

#### *Az ivóvíz szakterülete*

Az ivóvízhez való egyenlő hozzáférés napjainkban világszerte aktuális kérdés, Magyarországon az Alaptörvényben is szereplő témakör. Ismeretes ugyanakkor, hogy hazánkban a közműves vízellátás mértéke nem teljes körű, mivel a lakosság mintegy 2 százaléka napjainkban is ellátatlan. Az ivóvízellátási hiányok felszámolása érdekében előzetes felmérés elkészítésére van szükség, amelyben a közkifolyókkal ellátott lakosságot is figyelembe kell venni. A közműves vízellátási beruházások előkészítését program kidolgozásával kell megalapozni, majd ennek végrehajtása szükséges.

Az Ivóvízminőség-javító program szerinti, az egészségre nézve kockázatot magában hordozó kiemelt paraméterek vízminőségi teljesítését követően a hazai vizekre jellemző vas-, illetve mangánproblémával érintett településeken az ivóvíz minőségének további javítása szükséges.

A régi vízellátó hálózatokon az Európai Unió szinte minden tagállamát érintő problémaként merül fel az ólom vezetékszakaszok kérdésköre, az ólom igazolt egészségügyi kockázata miatt ugyanis indokolt a vezetékek cseréje. Hazánkban is található ólomból készült csőszakaszok és csatlakozó szerelvények közterületek alatti csatlakozó vezetékekben, illetve az épületeken belüli házi ivóvízhálózatok mentén. Ezen szakaszok és szerelvények kiváltására központi csereprogram előkészítése és megvalósítása szükséges.

A vízkészletekkel való felelős gazdálkodás miatt napjainkban a víztakarékosság és a víztakarékos technikák alkalmazásának előtérbe helyezése, elterjesztése a jövő generációk iránti felelősség kérdéseként merül fel. Szorosan idekapcsolódik a hálózati ivóvízvesztés csökkentésének igénye is, amellyel a rendszereink elavult állapotából adódó vízkészletpazarlást csökkenthetjük. A vízbiztonsági tervek elkészítése kis vízellátó rendszerek esetén szükséges lesz a jövőben. A tervek eredményeként a közüzemi ivóvízellátás biztonsága nő, s egyben a vízbázisvédelmet is szolgálja.

### ***Szennyvízelvezetési és -tisztítási szakterület***

Továbbra is szükséges a települések, illetve agglomerációjuk szennyvízelvezetésének és -tisztításának fejlesztése, valamint a hiányzó rendszerek kiépítése. A szennyvízszakterületen a közeljövő kiemelt fontosságú kérdésköre a települési szennyvíztisztítókból kikerülő iszapkezelés és -hasznosítás megbízható és hosszú távon működő megoldásainak fejlesztése lesz. Az iszap kérdéskörének rendezése során figyelemmel kell lenni a megújulóenergia-alapú villamos energia, a kapcsolt hő, valamint a biometán-termelés lehetőségének kihasználására is. A szennyvíztisztító telepektől elvárt tisztítási hatások növelése várható a Víz Keretirányelv teljesítéséhez kapcsolódóan. A befogadók jó vízminőségi állapotának elérése vagy fenntartása miatt szükséges a szennyvízkezelési eljárások korszerűsítése.

A negyedik tisztítási fokozat alkalmazásának előkészítése is a jövő feladatai között szerepel. A kémiai analitikai és egyéb kutatási eredmények alapján a vízben lévő humán eredetű és egyéb mikro-szennyezőanyagok pontosabb megismerése alapozta meg az új tisztítási fokozat igényét és alkalmazásának szükségességét. A nemzetközi K+F+I eredmények hazai adaptálásával, pilotprojektek indításával célszerű elősegíteni a hazai bevezetést.

Hazánkat jelenleg nem fenyegeti a szélsőséges vízhiány kockázata, azonban a klímaváltozás hatásai, valamint a lefolyásokat lassító mesterséges tározás elterjedésének következményei szükségessé teszik a szemléletváltást megalapozó intézkedési terv előkészítését. A kommunális szennyvíztisztító telepekről kikerülő tisztított szennyvíz célzott újrahasznosítására, a megfelelő hasznosítási potenciálok és lehetőségek feltárására fel kell készülnünk.

### *Ivóvíz- és szennyvízszakterületek*

Mind az ivóvíz, mind a szennyvíz szakterületén – a korábban kiépített rendszerek elavult állapota miatt – elengedhetetlen egy rekonstrukciós program kidolgozása és végrehajtása. A magyarországi díjbevétel-arányos pótlási hányad alacsony, s ez a rendszerek biztonságos üzemeltetési feltételeire is kedvezőtlenül hat. A rekonstrukciós feladatokkal egyidejűleg különös figyelmet kell fordítani a víz- és szennyvíztisztító telepek és hálózatok célzott energiahatékonysági fejlesztéseire is. A szakterületi adatbázisban az adatforgalom fejlesztése és gyorsítása nélkülözhetetlen. Az online üzemirányítás kínálta adatáramlási lehetőségeket a gyorsabb adatforgalommal kombinálva, célszerű elmozdulni a szakterület-irányítás felé a jelenlegi „utólag követő” adatismeretek helyett. Nagy fejlesztési pontenciállal és a szakterület részére újszerű kitorési pontokkal rendelkezik a szakterületi K+F+I elősegítése. A hazai lehetőségek mellett ezen a területen a nemzetközi tapasztalatcsere is technológiatranszfer jelentősége is nő.

### *Összefoglalás*

A következő időszakban a bemutatott fejlesztési célok megvalósítása, valamint új szakpolitikai irányok bevezetése és alkalmazása szükséges. A feladatok közül kiemeljük a vízkészlet-gazdálkodással összefüggésben *a víztakarékosság fokozását és a vízvesztések csökkentését*. A rendszerek működtetése során fokozni kell az energiahatékonyságot, továbbá a vagyonértéket úgy kell megőrizni, hogy közben a folyamatos és biztonságos működtetés feltételei biztosítva legyenek.





## BALATONI MODELLEK

Balaton Közép-Európa legnagyobb tava, amely jelentős kulturális és ökológiai értékekkel rendelkezik. A tókezelőknek biztosítaniuk kell a megfelelő ökológiai állapotot az élővilág és vízminőséget a turizmus számára. A kikötőket időről időre kotorják, és magas vízállás mellett gyakorta védekeznek a tóparti kiöntések ellen. Mindezekon túl nagyszámú további feladat és probléma jelentkezik, amelyek közvetlen összefüggésben állnak a víztest áramlási rendszerével. Napjainkban a világ számos pontján – elsősorban tengerpartokon – üzemelnek hidrodinamikai előrejelző rendszerek, amelyek rövid távú előrejelzést adnak az adott víztest aktuális és várható állapotáról. Ezeknek minden esetben fizikai alapú, numerikus áramlástan modellek képezik a magját. A Műegyetem berkeiben évtizedek óta folyamatosan végeznek a tavi fizikai folyamatokra irányuló kutatást és modellfejlesztést, és ezek egyik meghatározó alkalmazási területe a Balaton.

A következő fejezetekben röviden bemutatom azokat a korszerű számítógépes modelleket és képességeiket, amelyeket sikeresen adaptáltunk a Balatonra, és jelenleg is használunk. Rávilágítok a modellalkotás kulcsfontosságú részeire, a modelljeink bizonytalanságaira. A numerikus eszközök szolgáltatja eredmények sok esetben nyújtottak segítséget már a tervezők számára is. Rámutatok több olyan aktuális alkalmazási területre, amelyet az efféle vizsgálatok nagy hatékonysággal tudnak támogatni. Végül az utolsó fejezetben felvázolom egy előrejelző rendszer felállításának lehetőségét, rávilágítva mindenkori hasznára.

### *Tavak vízmozgásai és jelentőségük*

A Balatonban, mint sekély tóban, elsősorban a szél kelti a vízmozgást, amely többféleképpen nyilvánul meg. A tó felületén ható szél-csúsztatófeszültség hatására a víz felszíne kilendül, számottevő vízállásváltozást eredményezve a tó egyes partszakaszain. A kilendüléssel járó víztömegmozgásokat *oszcillációs áramlásoknak* nevezzük, míg a két jelenséget együttesen *seiche-mozgásnak*. Ezzel egy időben és egymásra hatva különböző idő- és térléptékű köröző áramlások is létrejönnek a

szélmeghajtás hatására, amelyek a tápanyagok, a biomassa jelentős részének, valamint egyéb alkotóelemeknek a forrásterületekről való elszállításáért felelősek (1. ábra). Ennek köszönhető, hogy a tavak szinte teljes víztere élőhelyet képes nyújtani különböző organizmusok számára. Példaként említem meg a biomassa legnagyobb hányadát alkotó planktonokat, amelyek önálló mozgásra csak nagyon korlátozottan képesek, így az áramlásokon keresztül változtatják helyüket.



1. ábra: Balatonba érkező, hordalékban szegényebb vízfolyás vizének elkeveredése és elszállítódása

A vízfelszín mozgásának további összetevője a szél keltette felszíni hullámzás. Ezek a hullámok a seiche-mozgás jellemzően órák léptékével ellentétben jóval kisebb, pár másodperces periódusidővel rendelkeznek, azonban amplitúdójuk hasonló, akár méteres értéket is elérhet (2. ábra). A Balatont éppen azért nevezzük sekélynek, mert a felszíni hullámzás hatása képes elérni a mederfeneket, és ezáltal felkeverni a tápanyagban gazdag üledéket, amely – lebegésbe kerülve a már említett áramlásokkal – elszállítódik. A mederfelszín változása tehát folyamatosan történik, feladat elé állítva ezzel a hajózást és a kikötők fenntartóit.

A helyzetet tovább bonyolítja, hogy a hullámzás hatására felkeveredett üledék rohamosan csökkenti a fény intenzitását a mélységek felé, s ez jelentős életfeltétbeli különbségeket eredményezhet a víztér függőleges iránya mentén haladva. Részben ez magyarázza, hogy mederfenéken élő növényzet csak a part menti sekélyebb vizekben, még a fény által elérhető mélységekben telepedhet meg. A felszíni

hullámozás másik fontos hatását az erodálóképessége jelenti, amellyel nemcsak a partokat pusztítja, hanem a sekély részeken megtelepedni képes növényzetet is.



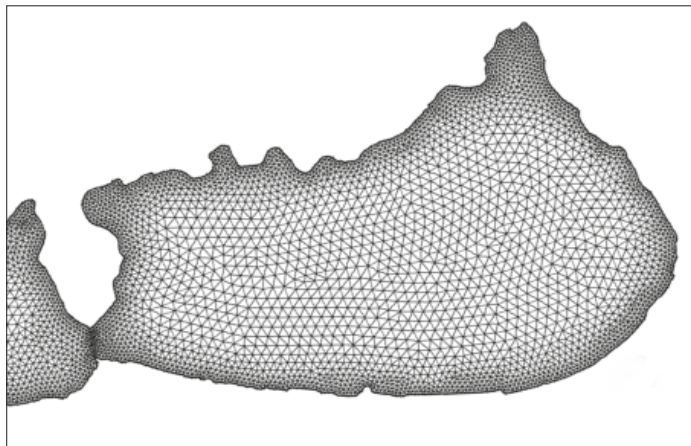
2. ábra: A vízfelszín-kilendülés és a hullámozás együttes hatása a Balaton déli partján

### *A vízmozgás matematikai modellezése*

Mindezek alapján belátható, hogy a Balaton élővilága és a „vízbiztonság” milyen szorosán kapcsolódik a tó vizének mozgásához, amelynek meghatározása ma már nemcsak terepi mérésekkel és analitikus módszerekkel lehetséges, hanem számítógépes modellek segítségével képesek vagyunk azt nagy pontossággal szimulálni is. A Műegyetem Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszékén több évtizedes múltra tekint vissza a tavi hidrodinamikai modellezés (pl. Krámer–Józsa 2005; 2007). Ekkor a vízteret lefedő nagyszámú pontban határozzuk meg a tó állapotát, azaz az áramlás nagyságát, irányát, valamint a vízfelszín helyzetét. Ezeket a diszkrét számítási pontokat a teljes víztér kis térfogatokra (cellákra) való felosztásával kapjuk meg, és ezek középpontjaiban vagy sarokpontjaiban határozzuk meg a hidraulikai állapotváltozókat.

A Balaton keleti öblének vízszintes irányú diszkrétizálására mutat példát a 3. ábra. Ebben az esetben háromszöghálót alkalmazunk, amelynek előnye, hogy könnyen illeszthető az összetett geometriájú partvonalhoz, és a felbontás szabadon

növelhető a szükséges részekben: a partok közelében, a Tihanyi-szorosban vagy ott, ahol az áramlást erősen meghatározó mederalak – mint például a *marás* környezete – megkívánja. Összességében véve ez azt jelenti, hogy a számítási rácshálón értelmezett medermodellnek minél inkább meg kell közelítenie a valós domborzatot.



3. ábra: Háromszög-elemekből létrehozott számítási háló

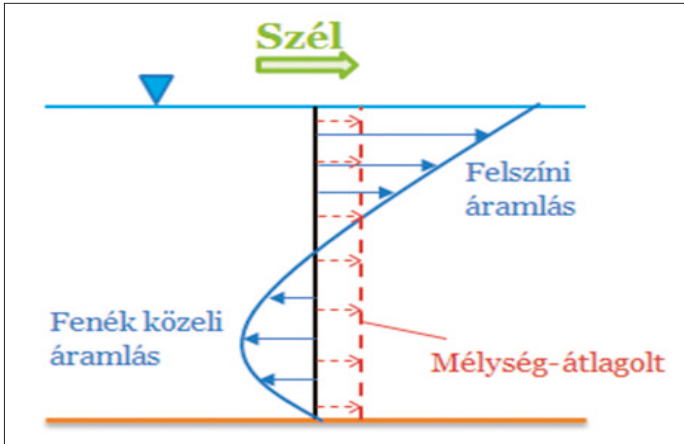
Az áramlás (együttesen a vízfelszín kilendülésével), illetve a felszíni hullámzás léptéke merőben eltérő, azonban hatással vannak egymásra. E két folyamatot még napjainkban is általában külön kezelik, habár már számos olyan modellt állítottak fel, amelyek kölcsönhatásukat is figyelembe veszik (Wu et al. 2011).

### *Áramlás és vízfelszín-kilendülés*

A Balaton esetében már közepes erősségű szelek keltette hullámzás is olyan intenzív átkeveredést okoz, amely a lebegtetett anyag függély menti eloszlását képes szinte kiegyenlíteni. Az áramlás irányának mélységi alakulására ez a homogenitás azonban már egyáltalán nem jellemző. Kifúj, hosszan tartó szél esetén a vízfelszínen az áramlás közel párhuzamosan halad a széliránnyal, míg a fenékhez közeli rétegekben azzal akár ellentétes irányú visszaáramlás is megfigyelhető. Természetesen a felszíni és a mélyebb rétegek áramlása között az irányváltás nem ugrásszerű, hanem fokozatos. A tó belső területeihez képest a partközeli vizekben az egyes rétegek áramlási iránya jóval kisebb mértékben tér el egymástól.

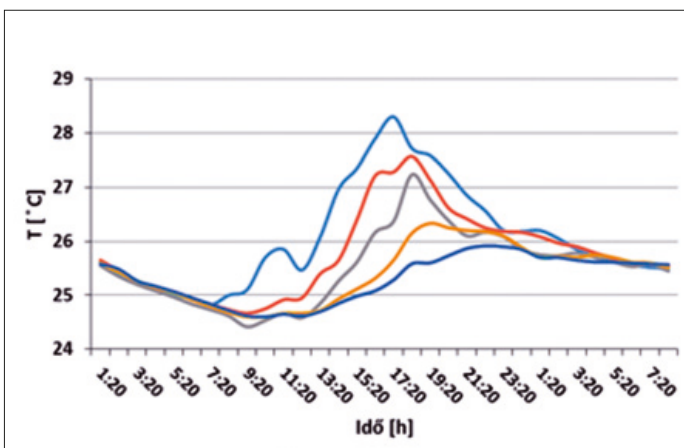
Ez az irányváltás erősen függ a szélirány és a partvonal egymással bezárt szögétől, a mederalaktól és a hullámzás áramlásra kifejtett hatásától (Laval et al. 2003; Józsa 2014). Amennyiben az említett átkeveredés a vízoszlopban homogén viszo-

nyokat teremt, akkor a különböző lebegő anyagok transzportjának elsődleges irányát úgy kaphatjuk meg, hogy az áramlást a mélység mentén átlagoljuk. Az effajta megközelítésből származtatott modelleket a sekély vízi, a mélységátlagolt vagy egyszerűbben a kétdimenziós (2D) jelzővel illetjük. Ezzel a leírással meghatározhatjuk a jellemző vízszintes köröző áramlásokat, amelyek olyan hosszú távú folyamatokért felelősek, mint a mederváltozás.



4. ábra: Az áramlás térbeli és mélységátlagolt értelmezése

Az áramlások árnyaltabb leírását igénylik általában a rövid távú folyamatok. Például egy felszínen úszó szennyezőanyag vagy hajó sodródását a fenti leírással csak pontatlanul tudjuk kiszámítani az áramlások függély menti változékonysága miatt. A térbeli vagy más néven háromdimenziós (3D) modellek nemcsak vízszintesen, hanem a vízoszlopot vízrétegekre bontva, függőlegesen is diszkrétizálják a víztestet. Ez



5. ábra: Különböző vízmélységekben mért hőmérsékletek egy napon belüli alakulása (Németh 2013)

nemcsak pontosabb leírást tesz lehetővé, de például a hőmérsékleti eloszlás kiszámításához egyenesen elengedhetetlen. Szélcsendben vagy gyenge szélben a hőmérséklet okozta függőleges sűrűségkülönbségek következtében a tó rétegződik (5. ábra). Egyszerű vizsgálatokkal kimutatható, hogy a tó hőmérsékleti viszonyainak pontos előrejelzésére nem megfelelő egy olyan modell, amely csak a vízoszlop hőmértékével számol, és nem veszi figyelembe a tavi áramlások elkeverését (Németh 2013).

Mind a két-, mind a háromdimenziós modellek megadják a sebességmezőkön túl a vízfelszín helyzetét és mozgását, így a kilendülését is. A hidrodinamikai modellek teljesen fizikai alapúak, magukban hordozzák a tömeg- és az impulzusmegmaradás törvényeit. Ezek parciális differenciálegyenletekben öltenek matematikai alakot, amelyeket kezdeti és peremfeltételekkel kiegészítve, numerikus módszerek alkalmazásával oldunk meg. Analitikus megoldásuk olyan egyszerűsítések révén lenne lehetséges, amelyek általában már nem megengedhetők.

## *Hullámozás*

Az első fejezetben leírtak szerint a vízfelszín szél keltette, rövid periódusidejű hullámozásának ismerete elengedhetetlen a felkeveredési viszonyok meghatározásához, valamint a part- és kikötővédelem megfelelő kialakításához. A mederfelszínen ható fenék-csúsztatófeszültség felelős a felkeveredésért, míg a vízoszlopban kialakuló turbulencia intenzitása a lebegésben tartásért és a függély menti eloszlásért. E folyamatok elsődleges okozója a sekély, part menti zónákban a hullámozás (BME VVT 2014). Számos empirikus és félempirikus módszer áll rendelkezésre a hullámozás számszerűsítésére, azonban itt is célszerű a numerikus modellek használata, amelyek a szintén nem permanens hullámozás állapotváltozóinak teljes területi eloszlását megadják a megszokott diszkrét csomópontokra (Homoródi et al. 2012a; 2012b). A hidrodinamikai modellekhez hasonlóan a hullámozásmodellek alapegyenletei is az energiamegmaradást fejezik ki, a hullámozást különböző irányú és frekvenciájú összetevőkre bontva.

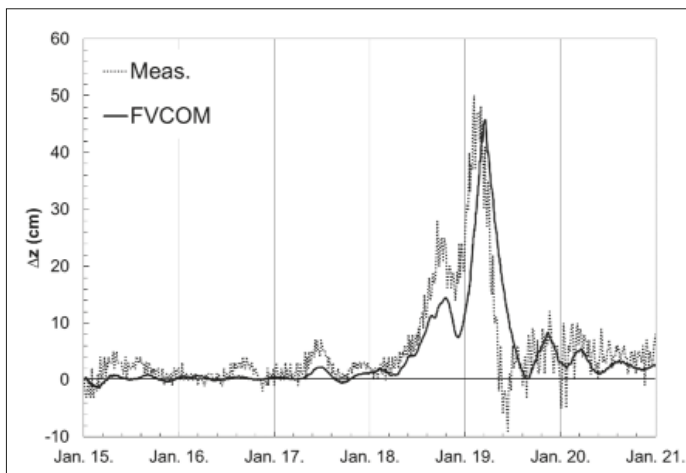
### *A balatoni hidrodinamikai modellek igazolása*

Mind a hidrodinamika, mind a hullámozás modellezésekor a valóságot írjuk le különböző egyenletek segítségével. A modellek természetesen nem képesek – a molekuláris rezgésektől az öböl nagyságú áramlatokig – a folyamatok teljes skáláját átfogni. Ez a diszkrétizáció korlátozott felbontásából következik, mivel a cella mé-



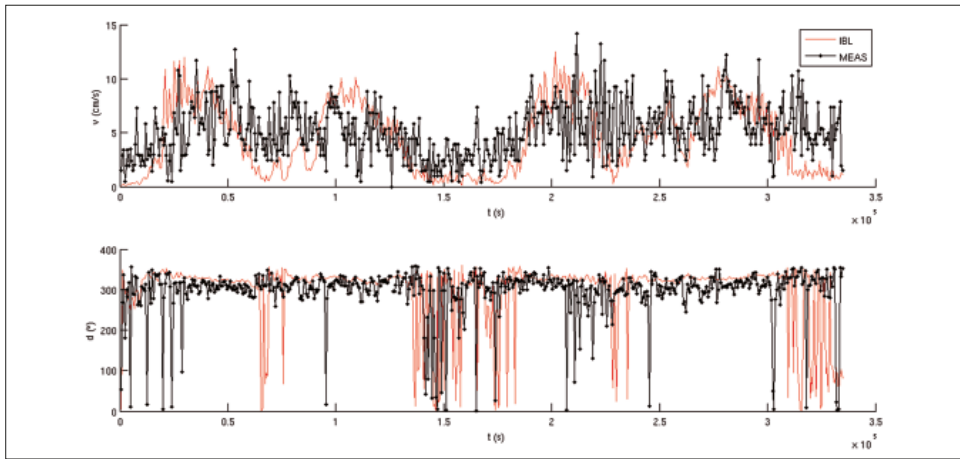
reténél kisebb léptékű folyamatok már közvetlenül nem kiszámíthatók, azok hatása a rácshálón leképezett változókra már csak ügyes eljárások alkalmazásával becsülhető meg. Erre jó példa, hogy a turbulencia intenzitását vagy a folyadékban fellépő viszkozitás okozta nyíró- és nyomófeszültségeket, valamint az azokból eredő súrlódási energiaveszteségeket is különböző modellekkel közelítjük. Ezek az almodellek vagy sémák számos jelenséget integrálnak és sokszor empirikus alapokon nyugszanak, s mindez ahhoz vezet, hogy olyan paramétereket tartalmaznak, amelyek vízrendszerenként változhatnak, így eseti kalibrálásuk szükséges. Ez a modellalkotás folyamatának kritikus pontja, amely a modell pontosságát nagyban meghatározza. A kalibrálást ezért a paraméterek érzékenységvizsgálata előzi meg, illetve a modell igazolásának (validálásának) kell megerősítenie. Mind igazoláskor, mind kalibráláskor a szimulált értékeket mérési adatsorokkal vetjük össze.

A Balaton áramlási rendszerének szimulálására számos esetben állítottunk fel a közelmúltban is két- vagy háromdimenziós modelleket (BME VVT 2008; 2014; Török 2010; Torma 2012), amelyeket sikeresen kalibráltunk és igazoltunk. Az igazoláskor a kalibrálás során alkalmazott időszakoktól független eseményeken keresztül vizsgáljuk a modell képességeit. Ehhez természetesen szükséges, hogy rendelkezésre álljon egyidejű mérés a szélről, az áramlásról, a vízállásról és a hullámozásról. Az első példában a térbeli hidrodinamikai modell validálását egyrészt a vízfelszín kilendülésén, másrészt áramlásméréseken keresztül végeztük el. A 6. ábrán a balatonfűzfői vízmércén rögzített vízszintek szerepelnek a modellezett értékekkel együtt. Az egyezés nagyon jónak mondható, mivel a félméteres vízszintemelkedést a modell helyesen kiszámította. Ezzel egy időben a Keszthelyi-öbölben több mint 5 dm-es vízszintsüllyedés következett be, s ez több mint egyméteres vízszintkülönbséget eredményezett a tó két végén (Torma 2012).



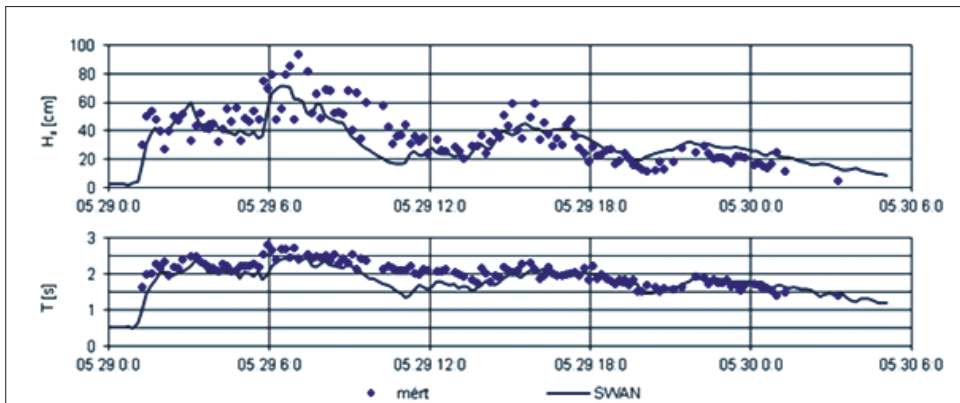
6. ábra: A vízfelszín kilendülése Balatonfűzfőnél 2010 januárjában

A modell megfelelő felállítását és kalibrálását oly módon biztosíthatjuk, ha a különböző vízmélységekben létrejövő áramlások irányát és nagyságát is ellenőrizzük (7. ábra).



7. ábra: A mért (pontozott vonal) és a modellezett (egybefüggő vonal) áramlás időbeli alakulása a Keszthelyi-öböl egy pontján (a felső ábrarész az áramlás nagyságát, az alsó az irányát adja meg egy mintegy tízórás időszakban)

A hullámzásmodellek esetében is azonos a modellalkotás folyamata. Egy sikeres kalibrálást követő igazolásra a 8. ábra mutat példát. A déli parton végrehajtott mérésből jól látszik, hogy a hullámmagasság könnyen elérheti az egy métert, illetve hogy napokon keresztül tarthat a jelenség. Az alsó ábrarészezőről leolvasható, hogy a felszíni hullámzás mindössze pár másodperces periódusidejű hullámmozgás, ellenében a 6. ábrán látható kilendüléssel, amely óras léptékű.



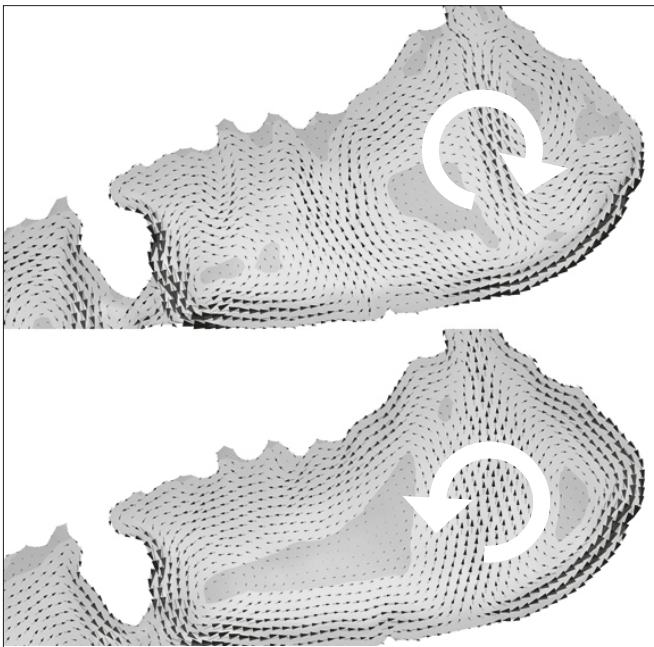
8. ábra: A hullámzás mért (pontok) és modellezett (vonalak) magassága, illetve periódusideje Balatonfenyves közelében (BME VVT 2014)



Fontosnak gondolom megjegyezni, hogy sok esetben nem vagyunk képesek ilyen jól szimulálni a mérések során tapasztalt jelenségeket. A balatoni modellek számos, modellezőtől független, adathiányhoz köthető hibaforrással terheltek, amelyek közül véleményem szerint a medermodell és a szélmeghajtás a két legfontosabb. A mederalak alapvetően kihat az áramlásra, és a partok közelében igen változékony. A meder folyamatosan változik, így naprakész felméréseket igényelne. A szélmeghajtás meghatározásának bizonytalanságát a következő fejezet részletebben ismerteti.

### *A szélmeghajtás számítása és bizonytalanságai*

Egy szélesemény sok esetben három jellemző időszakra bontható, amelyek a következők: a szél felfutása, a kifújt szél időszaka, valamint a szél lecsendesedése. Ebből is következik, hogy instacionárius jelenségeket szeretnénk szimulálni. A tó feletti szélmezőt az időbeli változékonyság mellett jelentős térbeli inhomogenitás is jellemzi. Ez részben a tó környezetének orográfijából ered. A térségben leggyakoribb É-ÉNy-i szelek a tó felületét a Balaton-felvidéki hegyeken keresztüljutva érik el. Völgyeken és nyiladékokon keresztül törnek be, és ez az átlagos szélirányhoz és szélsősebességhez képest jelentős eltéréseket okozhat a tó egyes öblei felett.



9. ábra: Térben homogén (fent) és térben egyenlőtlen (lent) szélmeghajtás hatására kialakuló, mélységátlagolt köröző áramlások a Siófoki-öbölben

Másrésről a szél a tó felületét elérve egy, a szárazföldétől jelentősen eltérő fizikai tulajdonságú felszínre érkezik. A víz felszíne jóval simább a szárazföld tagolt, növényzettel borított felszínénél, és a lecsökkent aerodinamikai ellenállás a szél szélirány menti gyorsulását idézi elő (Józsa et al. 2007). Mivel a víz mozgását létrehozó szélcsúsztatóerő négyzetesen arányos a szélesebséggel, ezért a szélirány mentén igen jelentős növekedést mutat. Ennek a meglehetősen sík medrű Balatonban az a következménye, hogy olyan mértékű vízszintes csavarónyomaték hat – a csúsztatófeszültségek egyenlőtlenségéből adódóan – az áramlásokra, hogy azok iránya jelentősen módosul a tisztán mélységeloszlásból eredő, ún. topográfiai áramlásokhoz képest (Laval et al. 2003; Krámer 2007; Rueda et al. 2009).

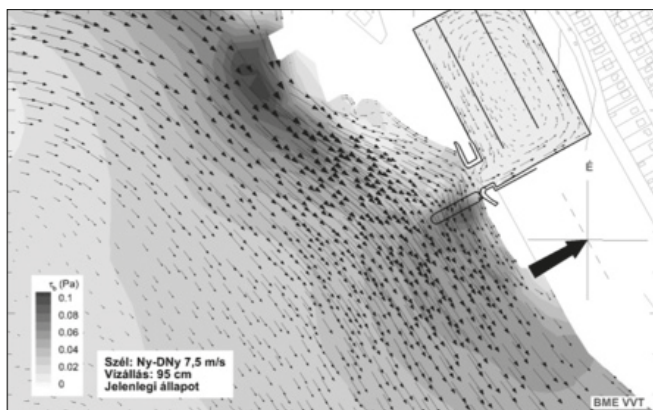
A 9. ábrán bemutatott mélységátlagolt sebességmezők közt jól látható az eltérés: míg a térben homogén szélmező hatására az óramutató járásával megegyező irányú köröző áramlás fejlődik ki (felső ábrarész), addig a szél gyorsulását, vagyis az ún. belsőhatárréteg-fejlődést figyelembe vevő szélmeghajtás hatására ugyanott kialakuló körözés ezzel ellentétes irányú (alsó ábrarész). Míg az előbbi esetben három, az utóbbi esetben két öböl léptékű cirkuláció alakul ki.

A domborzat okozta hatások, a határréteg-fejlődés tulajdonságai és az instacionárius jellegzetességek egyaránt jól mérhető sajátosságai a Balaton környéki légmozgásnak. Ennek felderítéséhez, ha csak expedíciós jelleggel is, de megfelelő sűrűséggel elhelyezett meteorológiai mérőállomások telepítése és üzemeltetése szükséges (egy részüket a nyílt vízfelület fölé). A mérőhelyek kijelölését a modellvizsgálatok mellett a meteorológiai szolgálat modellvizsgálataira és rendszeres, operatív előrejelzéseire alapozva lehetséges megtervezni.

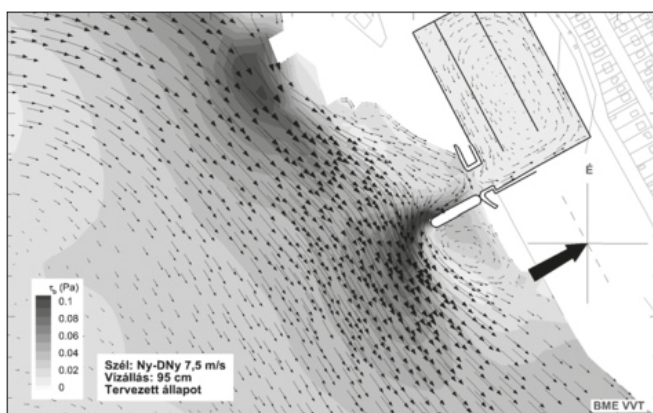
### *Alkalmazási területek*

A modellvizsgálatok jóval részletesebb betekintést engednek a hidrodinamikai folyamatokba, mivel nemcsak pontszerű mérési eredményekből tudunk következtetni a tapasztalt és várható jelenségek okaira és következményeire, hanem teljes egészében szemlélhetjük a Balaton áramlási rendszerét. Ez számos alkalmazási lehetőséget rejt magában. A különböző típusú mérnöki beavatkozások – legyen szó akár kotrásokról, kikötők vagy hullámtörők építéséről stb. – hatását képesek vagyunk jó pontossággal előre jelezni, hiszen a jelenlegi állapotok vizsgálatán túl lehetőségünk van a tervezett beavatkozás modellekbe való beépítésére, és annak számos hidrometeorológiai szcenárión keresztül történő kiértékelésére (pl. BME VVT 2008; 2014). A forgatókönyveket gyakori vízrajzi állapotok, szélirányok és jellemző szélesebségek különböző kombinációival állíthatjuk elő. Az egyes válto-

zatokat mind a jelenlegi, mind a tervezett állapotokra kiértékelve számszerűsíthetjük a beavatkozás várható hatását. Egy hullámtörő esetében például kimutatható az áramlásra gyakorolt hatása, körülhatárolhatók azok a zónák, ahol a meder feltöltődése vagy mélyülése várható, valamint előre jelezhető, hogy milyen szélirányok esetén képes hatékonyan védelmet nyújtani a kikötőt érintő hullámmal szemben (10. ábra).



10. ábra: Fenék-csúsztató-feszültségek és áramlások jelenleg és a tervezett hullámtörő megépítésével (BME VVT 2014)



A hullámmal szembeni védelem tervezését is a hidraulikai terhelés megadásával támogatják a partvédművek tervezését is. A szélviszonyok elemzéséből adódó szélenergia-gyakoriság ismeretében modellszámításokkal meghatározhatók a védmű számára mértékadó hullámmagasság, a frekvencia stb. A konkrét eseteken túl a vizsgálatok nagyszámú modellszenárió kiértékelésével bővíthetők hosszabb partszakaszokra vagy akár az egész tóra vonatkozóan, ezzel mintegy tervezési segédletet szolgáltatva a tervezők számára.

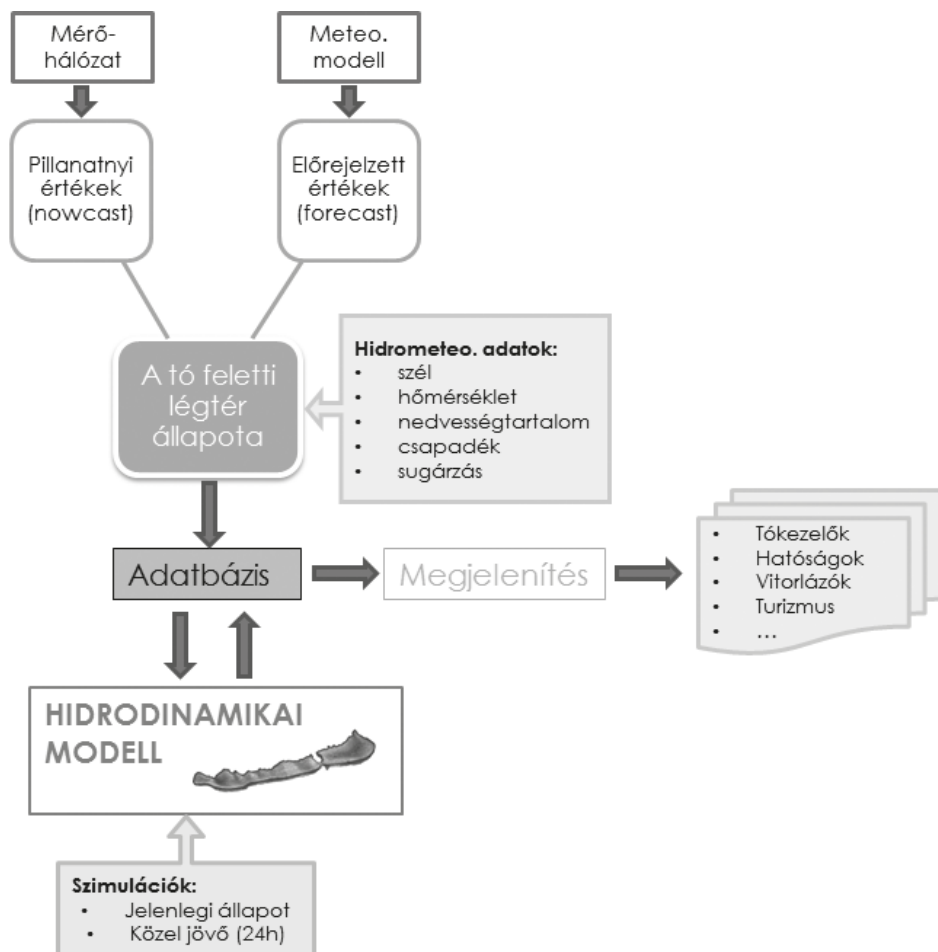
Az utóbbi években számos esetben kellett elöntés ellen védekezni a Balaton egyes déli parti településein, mert a magas vízálláshoz erős É-ÉNy-i szél párosult, s ez akkora kilendülést eredményezett, hogy a vízszint meghaladta a partvonal terepszintjét. Alkalmazott modelljeink képesek az elöntések kiszámítására is. Nagyszámú forgatókönyv szimulációjával számszerűsíthető, hogy milyen vízrajzi és meteorológiai viszonyok együttállása szükséges ahhoz, hogy az elöntéssel veszélyeztetett területek víz alá kerüljenek, és ilyenkor maga a vízborítottság várható kiterjedése is lokalizálható.

### *Fejlesztési irányok, jövőbeli célok*

Az előző fejezetekben több olyan potenciális veszélyforrást is említettem (szennyezőanyagok sodródása, elöntések, vízminőségbeli változások), amelyek előrejelzése pár órás, esetleg pár napos időelőnnnyel lehetséges. Ilyen rövid távú előrejelzéseket már nemcsak a meteorológiában készítene, hanem számos tengerpartra és tóra vonatkozóan is (pl. Anderson et al. 2010). Ezek a fizika törvényein nyugvó modellek – folyamatosan frissülő hidrometeorológiai mérési adatokkal ellátva – napjában több alkalommal lefutnak, leírva ezzel a víztest aktuális állapotát és a következő néhány órában várható alakulását. Ezt az ultrarövid távú tevékenységet az angol terminológia a *nowcast* szóval illeti. Ezzel egy időben modellszimulációkat végeznek 6–36 órára előre (*forecast*). Ekkor meteorológiai előrejelzések eredményeit használják fel a víztest feletti légkör várható állapotának (legfőképp a szélviszonyok) megadására.

Elengedhetetlen, hogy egy tavi előrejelző és döntéstámogató rendszernek – a (már létező) meteorológiai modell mellett – egy hidrodinamikai modell is a szerves részét képezze. Ennek felállítása a Balaton vonatkozásában nagy segítséget nyújthatna mind a tókezelők operatív jellegű feladatainak ellátásban és a vízbiztonság megteremtésében, mind pedig a tó nyújtotta örömeik élvezői számára. E rendszer elvi szerkezetét a 11. ábra szemlélteti.

Az ilyen rendszerek fontos részét képezi egy hidrometeorológiai monitoring-hálózat is, mivel az onnan érkező adatok révén hozható létre az előrejelzés kezdeti állapota, majd pedig ellenőrizhető annak beválása. A mérőhálózatnak természetesen igazodnia kell a hidrodinamikai modellezés igényeihez is. Jelenleg a Balatonon működik egy viharjelző rendszer, amelynek keretében számos szélmérőt is üzemeltetnek a tó körül. Ezek az állomások egy jövőbeni, kiterjedtebb mérőhálózat gerincét képezhetnék.



11. ábra: Egy balatoni előrejelző és döntéstámogató modellrendszer elvi váza

## IRODALOMJEGYZÉK

- Anderson, E., Schwab, D., Lang, G. (2010): Real-Time Hydraulic and Hydrodynamic Model of the St. Clair River, Lake St. Clair, Detroit River System. *Journal of Hydraulic Engineering*, 136(8), 507–518.
- BME VVT (2008): *A széplaki újságíró-kikötő bővítésének áramlástanai és hordalékdinamikai hatásai*. Szakvélemény, BME Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszék, Budapest.

- BME VVT (2014): *A Marina Fűzfő kishajó-kikötő hullámtörő mólójának áramlás-tani és üledékdinamikai hatásai*. Szakvélemény, BME Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszék, Budapest.
- Homoródi K., Józsa J., Krámer T. (2012a): On the 2D numerical modelling aspects of wind-induced waves in shallow lakes. *Periodica Polytechnica – Civil Engineering*, 56(2), 127–140.
- Homoródi K., Józsa J., Krámer T., Ciruolo, G., Nasello, C. (2012b): Identifying wave and turbulence components in wind-driven shallow basins. *Periodica Polytechnica – Civil Engineering*, 56(1), 87–95.
- Józsa J. (2014): On the internal boundary layer related wind stress curl and its role in generating shallow lake circulations. *Journal of Hydrology and Hydromechanics*, 62(1).
- Józsa J., Napoli, E., Milici, B. (2007): Numerical simulation of the internal boundary layer development and comparison with atmospheric data. *Boundary-layer Meteorology*, 123, 159–175.
- Krámer T. (2007): *Solution-adaptive modelling of wind-induced lake circulation*. PhD-disszertáció, BME Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszék, Budapest.
- Krámer T., Józsa J. (2005): An adaptively refined, finite-volume model of wind-induced currents inlake Neusiedl. *Periodica Polytechnica – Civil Engineering*, 49(2), 111–136.
- Krámer T., Józsa J. (2007): Solution-adaptivity in modelling complex shallow flows. *Computers and fluids*, 36(3), 562–577.
- Laval, B., Imberger, J., Hodges, B. R., Stocker, R. (2003): Modeling circulations in lakes: spatial and temporal variations. *Limnology and Oceanography*, 48(3), 983–994.
- Németh A. (2013): *A Balaton hőmérsékleti rétegződésének vizsgálata*. TDK-dolgozat, BME Építőmérnöki Kar, TDK-konferencia, Budapest.
- O’Sullivan, P. E., Reynolds, C. S. (2004): *The Lakes Handbook: Limnology and Limnetic Ecology*. Vol. 1. Wiley-Blackwell, Chichester.
- Rueda F., Vidal J., Schladow G. (2009): Modeling the effect of size reduction on the stratification of a large wind-driven lake using an uncertainty-based approach. *Water Resources Research*, 45(3).
- Torma P. (2012) *Towards a hydrodynamic forecasting system for Lake Balaton*. Proceedings of the Conference of Junior Researchers in Civil Engineering, Budapest.
- Torma P., Krámer T. (2014): Incorporating the internal boundary layer into a wind shear stress interpolation procedure over lakes using routine weather data. *Periodica Polytechnica – Civil Engineering*, közlés alatt.

- Török G. (2010): *Partvédművekre ható hullámterhelés számszerűsítése a Balatonon 2D numerikus hullámzásmodell segítségével*. Diplomamunka, BME Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszék, Budapest.
- Wu, L., Chen, C., Guo, P., Shi, M., Qi, J., Ge, J. (2011): A FVCOM-based unstructured grid wave, current, sediment transport model, I. model description and validation. *Journal of Ocean University of China*, 11(1), 1–8.





DR. ISTVÁNOVICS VERA

# KÜLFÖLDI EREDETŰ VÍZMINŐSÉGI KOCKÁZATOK CSÖKKENTÉSE

## ESETTANULMÁNY ÉS JAVASLATOK

Hazánk felszíni vízkészleteinek 95 százaléka külföldről érkezik, döntően a Dunán, a Tiszán és a Dráván. A szélsőséges alvízi helyzetből fakadó kiszolgáltatottságot és biztonsági kockázatokat a közvélemény és a döntéshozók egyaránt felismerik, ha árvízről vagy vízminőségi haváriáról (pl. cianidszennyezés a Tiszán, habzás a Rábán) van szó. Sajnálatos módon a folyamatos, azonnali látványos következményekkel nem járó vízszennyezések – legyenek azok hazai vagy külföldi eredetűek – nem köztudottak. Az ilyen szennyezések különösen kisvizes időszakban veszélyeztethetik vizeink használhatóságát és jelentős ökológiai és/vagy gazdasági károkat, többletkiadást okozhatnak. Nem zárható ki egészségkárosító hatásuk sem, de ha van ilyen, az hosszú távon jelentkezik és a sok más károsító hatástól nem választható el. Nem tudunk olyan tanulmányról, amely a krónikus vízszennyezések következményeit módszeresen felmérné és elemezné.

A vizeink „jó ökológiai állapotának” helyreállítását és fenntartását célzó, a magyar vízgazdálkodás mozgásterét is meghatározó EU Víz Keretirányelv (EU VKI; European Commission – Európai Bizottság, 2000) egyetlen paragrafusá foglalkozik az országhatár által megosztott vízgyűjtőkkel: *„ahol a vízhasználatnak határon átnyúló hatásai lehetnek, [...] minden intézkedési programot a teljes vízgyűjtő terület szintjén kell koordinálni”* (EU VKI 35. §). Ez a mi esetünkben azt jelentette, hogy a Nemzetközi Duna-védelmi Bizottság (ICPDR) a vízgyűjtő országainak közreműködésével részletesen elemezte a teljes Duna-medence vizeinek állapotát és elkészítette vízgyűjtő-gazdálkodási tervét (<http://icpdr.org>).

A nemzetközi összefogás jól szolgálja az olyan nagy léptékű közös környezeti érdekek érvényesítését, mint a Duna vagy a Fekete-tenger parti vizeinek védelme, ugyanakkor jelenleg kevésbé alkalmas arra, hogy kezelje vagy akár csak felismerje a vízrendszer egészének állapota szempontjából alárendelt jelentőségű regionális érdekellentéteket az al- és felvízi országok között. Jelen dolgozat a Szamos példáján keresztül mutatja be, hogy az EU VKI sem feltétlenül nyújt több védelmet az

alvízi országoknak a krónikus felvízi szennyezésekkel szemben, mint azok a két- és többoldalú nemzetközi egyezmények, amelyeknek hazánk is tagja.<sup>1</sup> Az esettanulmány rámutat, hogy nem nehéz olyan intézkedéscsomagot találni, amely a fel- és alvízi országokban is jelentős vízminőség-javulást eredményez. A valódi problémát a vízgazdálkodáson messze túlmutató társadalmi, gazdasági és politikai érdekkülönbségek jelentik. Ha a politikai akarat meglenne, az EU VKI a külföldi eredetű vízminőségi kockázatok csökkentésének egyik operatív eszközévé fejlődhetne.

## *Esettanulmány a Szamoson*

### *A Szamos*

A Szamos a Tisza egyik legnagyobb mellékveze; a Kis- és Nagy-Szamos összefolyásából ered. A vízhozamok nagysága alapján a Kis-Szamosot a Nagy-Szamos és a Szamos mellékvezeinek tekintik. A Kis-Szamos vízjárását a Kolozsvár fölötti nagy völgyzárógátas tározók erősen módosítják, míg a Nagy-Szamos vízjárása csaknem természetes. A Szamos román szakaszának hidromorfológiája alig módosított, a meder mintegy 70 km-es alsó szakasza ellenben erősen szabályozott. A folyó átlagos vízhozama ( $124 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ ) fele akkora, mint a torkolat fölötti Tiszáé, de a tápanyagok koncentrációja 25–30 százalékkal, az algák biomasszája tízszer nagyobb benne. Így a Szamos alapvetően befolyásolja a magyar Tisza-szakasz kémiai és ökológiai viszonyait (Szentkatolnay–Szél 2003; Istvánovics et al. 2010). A Szamos-vízgyűjtő ( $15,652 \text{ km}^2$ ) 98 százaléka Romániában van, ezért a Szamos és jelentős mértékig a Tisza esetében sem rajtunk múlik, hogy mennyire sikerül az EU VKI elvárásainak megfelelnünk e folyók esetében.

### *Célkitűzés*

Az esettanulmány a Felső-Tiszavidéki Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Felügyelőség által, a *Magyarország–Románia határon átnyúló együttműködési program* keretében elnyert *Ecological assessment of the Szamos/Someş River to*

---

<sup>1</sup> Például a Határon átlépő vízfolyások és nemzetközi tavak védelméről és használatáról szóló helsinki egyezmény (Convention on the Protection and Use of Transboundary Watercourses and International Lakes) vagy a Határon átlépő vízfolyások nem hajózási célú használatának jogáról szóló, 2014-ben hatályba lépett ENSZ-egyezmény (Convention on the Law of the Non-navigational uses of Transboundary Watercourses).

*determine its influence on the ecological state of the Tisza River*<sup>2</sup> című projekt részeként készült. Célkitűzéseink a következők voltak:

- ~ A Szamos-vízgyűjtő foszfor- és nitrogénforgalmának becslése.
- ~ Az EU VKI megvalósítására kidolgozott román Szamos-Tisza Vízyűjtő-gazdálkodási Terv (Apele Române 2009) hatásának elemzése a magyar Tisza ökológiai állapotára.
- ~ A Szamos vízgyűjtő-gazdálkodási tervének jobbítását célzó javaslatok kidolgozása.

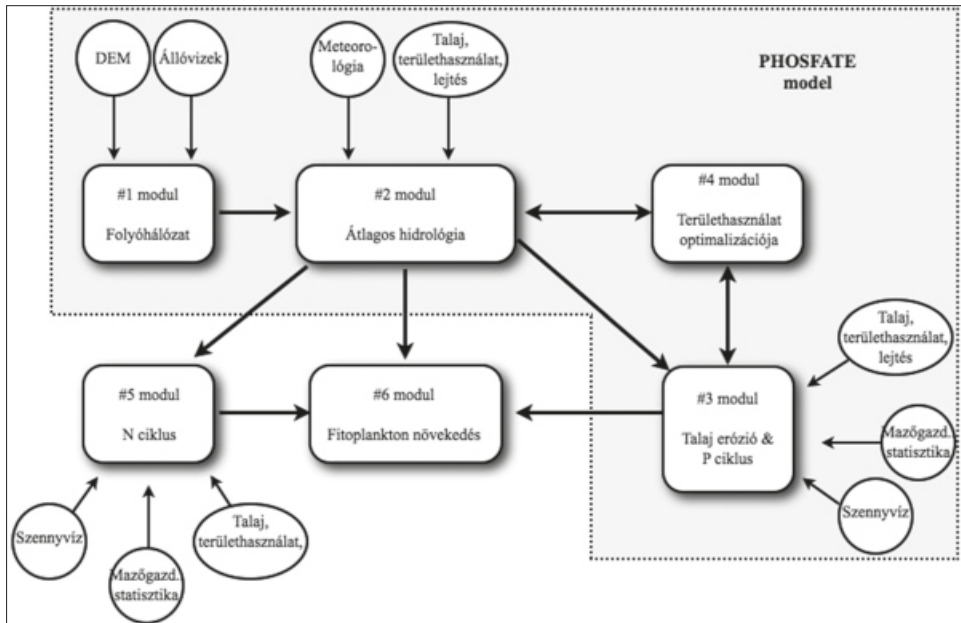
### ***A Szamos-vízgyűjtő tápanyagforgalmának elemzése***

Munkánkhoz a teljes vízgyűjtő foszforkibocsátását leíró, GIS-alapú PhosFate modellt használtuk. Ezt a vízgyűjtő-gazdálkodást támogató eszközt számos közép-európai vízgyűjtőn alkalmazták már sikerrel (Kovács et al. 2008; Kovács–Honti 2008, Honti et al. 2010; Kovács et al. 2012). A PhosFate félempirikus, hosszú távú átlagokat előállító modell, amely nagy térbeli felbontással számítja a hidrológiai körforgás fő elemeit, a helyi talajeróziót és foszformobilizációt, a talaj és a foszfor szállítását a szárazföldön és a vízhálózatban (1. ábra). Optimalizációs algoritmus a kritikus forrásterületek koncepciója alapján lehetővé teszi a diffúz foszforterhelés minimalizálását a legkisebb területre korlátozódó beavatkozások árán. Jelen munkához a modellt kiegészítettük az oldott szerves nitrogén (ammónium + nitrit + nitrát) kibocsátását/szállítását és a fitoplankton növekedését leíró modulokkal. Ez a bővített modell a TAPIR<sup>3</sup> (Istvánovics et al. 2014).

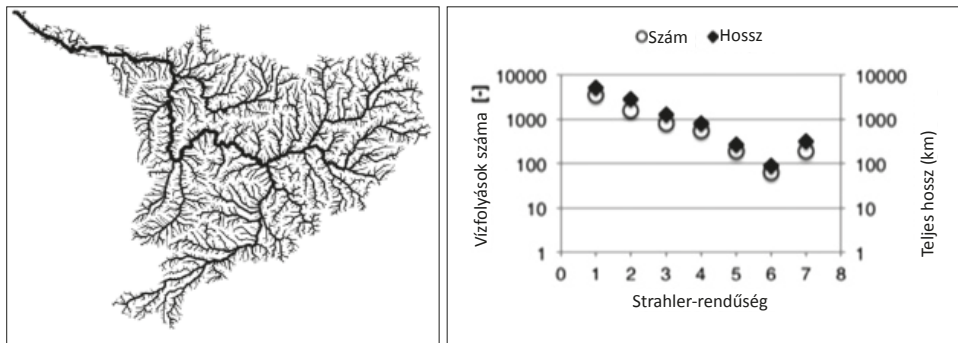
A Szamos folyóhálózatát a klasszikus D8 algoritmus (O’Callaghan–Mark 1984) szerint, a digitális terepmodellből (<http://gdem.ersdac.jspace.com>) állítottuk elő. A rasztercellák mérete 100×100 m volt. A domborzat alapján körülhatárolt vízgyűjtő (2. ábra) jól egyezett a hivatalos térképpel (Apele Române 2009). A vízfolyások teljes hossza 10,631 km, a vízfolyássűrűség 0,68 km km<sup>-2</sup> volt. A vízfolyások hossza és száma a hetedrendű Szamost leszámítva a várakozásnak megfelelően logaritmikusan skálázódott a rendűséggel (2. ábra). A Szamos kivételes viselkedésének oka, hogy a lefelé szűkülő vízgyűjtőn nem tud nagyobb mellékfolyó kialakulni. Ez a viselkedés a nagy alföldi folyókkal rokonítja ezt a közepesen nagy folyót.

<sup>2</sup> EASATI; <http://ftvktvf.zoldhatosag.hu/node/500>

<sup>3</sup> Time-Averaged Phytoplankton Increment in Rivers.



1. ábra: A TAPIR modell szerkezete és főbb bemeneti adatai (DEM = digitális terepmodell)<sup>4</sup>



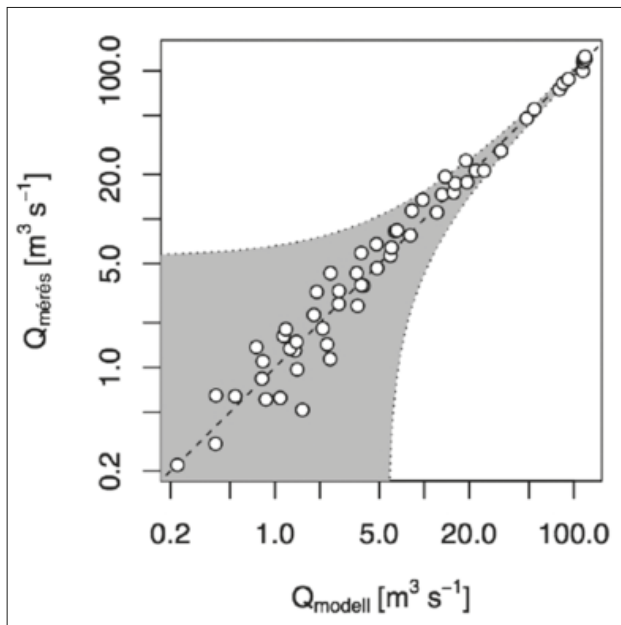
2. ábra: A Szamos szimulált folyóhálózatának vektoros ábrája (a vonalvastagság a Strahler-rendűséget jelzi), valamint a vízfolyások hosszának és számának eloszlása rendűségük szerint

A vízgyűjtő 60 állóvizének és tározójának GPS-koordinátáit és térfogatát gyűjtöttük ki internetes forrásokból. Ezek zöme olyan kicsi volt, hogy nem látszott a terület-használati térképen (CORINE CLC100). Mivel a sok kis állóvíz együttesen jelentősen befolyásolhatja a vízhalózat egészének anyagforgalmát (Honti et al. 2010), valamennyi fellelt állóvizet beiktattuk a folyóhálózat megfelelő helyére.

<sup>4</sup> A TAPIR alapját képező PhosFate modellt szürke háttér emeli ki.

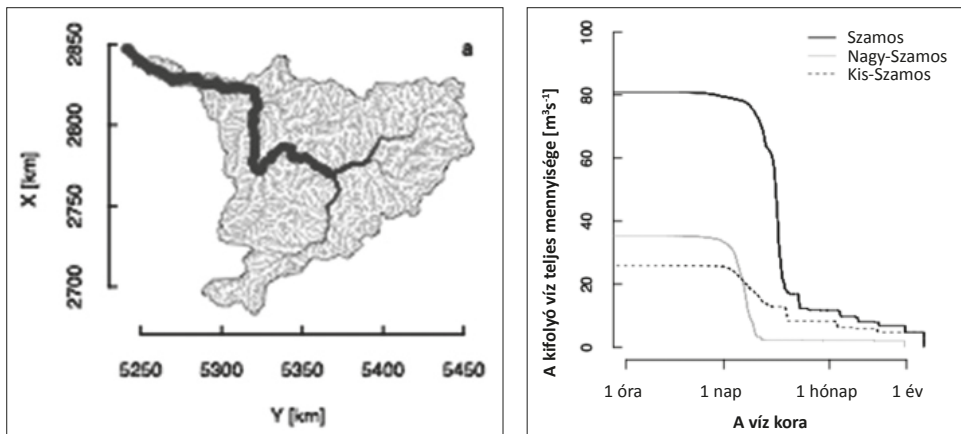
A rasztercellák vízmérlegét a WetSpass hosszú távú hidrológiai modell koncepcióját átvéve számítottuk ki (Batelaan–Woldeamlak 2004). Eltérő paramétereket használtunk a nyári (május–október) és a téli (november–április) félévben. A vízfolyások hozama felszíni lefolyásból és alaphozamból tevődött össze. A vízgyűjtő és közvetlen környezete 19 meteorológiai állomásának havi átlagokból aggregált léghőmérsékletét, szélsébségét és havi csapadékösszegét használtuk (www.ncdc.noaa.gov; Kolozs, Beszterce-Naszód, Máramaros, Szilágy és Szatmár megye katasztrófavédelmi terve). A hidrológiai modell további bemenete a CORINE területhasználati térkép és a fizikai talajfélésegek térképe (www.eusoils.jrc.ec.europa.eu) volt. A felszíni lefolyás és a mederbeli áramlás sebességét Manning képletével számoltuk ki (Fread 1993; Borah–Bera 2003). Az áramlási útból és sebességből célként becsültük a víz hálózatbeli tartózkodási idejét. A víz átlagos kora a vízmederbe lépése óta eltelt, vízhozammal súlyozott idő volt.

A szimulált és mért sokéves átlagvízhozam jól egyezett (3. ábra). A hiba a vízfolyás méretével fordított arányban nőtt, területileg a két Szamos-ág összefolyásának környezetében koncentráldott.



3. ábra: A szimulált és mért sokéves átlagvízhozam összehasonlítása a folyóhálózat 60 szelvényében ( $Q_{\text{mért}} = 0,99 \times Q_{\text{modell}}$   $r^2 = 0,99$ ,  $N = 60$ ,  $P < 0,001$ ; a szürke sáv a 95 százalékos konfidenciahatár)

A víz átlagos kora a Szamos torkolatánál 55 nap volt. Ez az elsősorban a Kis-Szamoson létesült nagy tározók hatása: tározók nélkül a kifolyó víz átlagos kora csak 4,3 nap lenne. A magas átlagos kor ellenére a torkolati hozam 80 százaléka fiatalabb volt 10 napnál (4. ábra).



4. ábra: A Szamos-vízgyűjtő hidrológiai térképe és a víz korának eloszlása a Kis- és a Nagy-Szamos, valamint a Szamos torkolatánál

Pontszerű foszfor- és oldott ásványnitrogén-terhelés (a továbbiakban: P és N) szennyvíztelepekről, nem megfelelően működő iparszerű állattartó telepekről és egyes ipari létesítményekből (pl. papírfeldolgozás, élelmiszeripar) kerülhet a vizekbe. Feltételeztük, hogy az  $5 \text{ t P év}^{-1}$ -nél több tápanyagot kibocsátó állattartó telepekről a tápanyagok 30 százaléka egyenesen a vizekbe kerül. E szokatlan, de reális feltevés alapja, hogy számos nagy telep mindenféle védőzóna nélkül, a folyótól pár tíz méteres távolságban épült, és a szennyvíztisztítójuk láthatóan nem működik (az Seininél például régóta elhagyatott üres levegőztető és utóülepítő medencék találhatóak). Ugyanakkor az extenzív mezőgazdaság dominanciája miatt feltételeztük, hogy a nem csatornázott és vezetékes vízzel el nem látott településeken az emberi trágyát is felhasználják a növénytermesztésben, így az nem pontszerű, hanem diffúz terhelésként jut a folyóhálózatba.

A pontszerű és diffúz tápanyag-kibocsátás becsléséhez a Területi Statisztikai Egységek (NUTS<sup>5</sup>) 5-ös szintjén gyűjtöttünk adatokat. Ez Romániában a járásokat, városokat és megyei jogú városokat, Magyarországon az egyes településeket jelentette. A következő statisztikai adatokra volt szükségünk az elmúlt 10–15 évre vonatkozóan:

- ~ népesség,
- ~ a csatornázás és a vízellátás helyzete,

<sup>5</sup> Nomenclature of Units for Territorial Statistics.

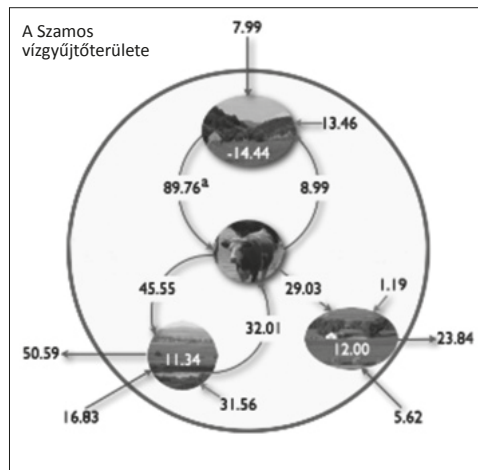
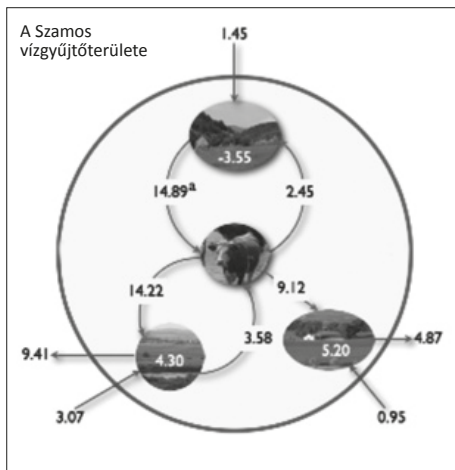
- ~ a szennyvíztisztító telepek helye, kapacitása, szolgáltatási területe, technológiája, befogadója,
- ~ állatlétszám fő fajonként (sertés, marha, juh és kecske, ló, baromfi) háztáji gazdaságban és állattartó telepen,
- ~ mű- és szerves trágya-felhasználás,
- ~ a termesztett növények fő kategóriáinak (gabonafélék, pillangósok, zöldségfélék, takarmánynövények, gyümölcsök, szőlő stb.) termőterülete és termésátlaga.

A statisztikai adatok zöme a két ország statisztikai hivatalának adatgyűjtéséből származott. A csatornázással, szennyvíztisztítással kapcsolatos információkat Romániában megyei környezetállapot-jelentések, megyei katasztrófavédelmi tervek és a vízgyűjtő két nagy víziközműcégének (SC Aquabis SA és Compania de Apa SOMES SA) honlapja ([www.aquabis.ro](http://www.aquabis.ro) és [www.casomes.ro](http://www.casomes.ro)), Magyarországon a Települési Szennyvíz Információs Rendszer ([www.teszir.hu](http://www.teszir.hu)) alapján bővítettük és aktualizáltuk. Az állatállományra vonatkozó adatokat Romániában a megyei katasztrófavédelmi tervekben, a környezetvédelmi engedélyekben és a Nemzeti Mezőgazdasági Portálon ([www.agroazi.ro](http://www.agroazi.ro)), Magyarországon az országos Vízgyűjtő-gazdálkodási Terv mellékletében talált adatokkal egészítettük ki. A legnagyobb szennyvíz- és állattartó telepekről az Európai Szennyezőanyag-kibocsátási és -szállítási Nyilvántartás (European Pollutant Release and Transfer Register, <http://prtr.ec.europa.eu>) is tartalmazott adatokat – igaz, általában meg lehetőségen hiányosakat.

A Szamos-vízgyűjtő átlagnépessége 2002 és 2010 között 1 417 000 fő volt. A lakosság 63 százaléka lakott csatornázott területen. A 18 romániai és 5 magyarországi szennyvíztelep zöme nagyon rossz hatásfokkal működött. A vízgyűjtő legnagyobb telepét (84 000 m<sup>3</sup> nap<sup>-1</sup>, Kolozsvár) a közelmúltban feljavították, itt viszonylag jó hatásfokú biológiai tisztítás és N-eltávolítás folyt. Becslésünk szerint a teljes települési szennyvízkibocsátás (850 t P év<sup>-1</sup> és 5 400 t N év<sup>-1</sup>) 55 százaléka jelent meg pontszerű szennyezésként. Az ipari kibocsátást nem vizsgáltuk, de az az ICPDR (2011) becslése szerint a számba vett forrásokhoz képest csekély lehetett (6–7 t P év<sup>-1</sup> és 300–350 t N év<sup>-1</sup>).

A diffúz terhelés becsléséhez a legeltetéssel, szerves és műtrágyázással és N-kötéssel bevitt, illetve az aratással kivett P- és N-mennyiségekből számítottuk ki a különböző típusú mezőgazdasági területek (legelő, szántó, szőlő és gyümölcs) NUTS 5-ös szintű tápanyagmérlegét. A helyi mérlegeket összegezve kaptuk meg a teljes vízgyűjtő mezőgazdasági mérlegét (5. ábra). A vízgyűjtő 36 százalékát erdő, 30 százalékát legelő és rét borítja, a szántók aránya 26 százalék. Az állattenyésztés hagyo-





5. ábra: A Szamos-vízgyűjtő összesített mezőgazdasági foszfor- (balra) és nitrogénmérlege (jobbra) (kg P ha<sup>-1</sup> év<sup>-1</sup> és kg N ha<sup>-1</sup> év<sup>-1</sup> egységben)

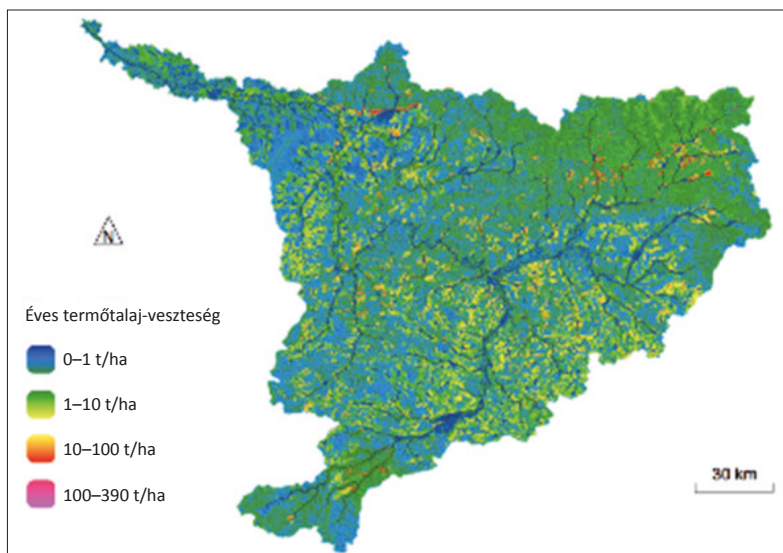
mányosan fontos ágazat; 2,5-szer több foszfort és másfélszer több nitrogént juttattak a szántóföldekre szerves trágyával, mint műtrágyával. A mezőgazdasági terület 89 százalékán elégtelen vagy egyensúlyközeli volt a talaj tápanyag-utánpótlása, s csak 4,5 százalékban fordult elő jelentős túltrágyázás. Ez azt mutatja, hogy a vízgyűjtő jelenlegi mezőgazdasági gyakorlata hosszú távon nem fenntartható: a szántóföldi természetést alapvetően a legelőkről kivont tápanyagok biztosítják. Miközben a mezőgazdaság fő jellemzője az alapvetően zárt helyi/regionális tápanyagforgalom volt, az iparosított állattartó telepek száma gyorsan nőtt. Ma a baromfiállomány több mint fele ilyen telepekre koncentrálódik, és a nagy telepek pontszerű tápanyag-kibocsátása elérheti a 430 t P év<sup>-1</sup> és 1,616 t N év<sup>-1</sup> értéket.

A diffúz P-terhelés becslésekor az univerzális talajveszteségi egyenlettel számoltuk ki a talajeróziót és a kapcsolódó formált P-mobilizálást. A talaj természetes P-tartalma az agyagtartalommal volt arányos. A mezőgazdálkodással bevitt foszfortöbblet talajtípusonként változó paraméterű lineáris szorpciós izoterma szerint oszlott meg az oldott és a formált foszfor (OP és FP) között (Novotny 2003). A talajszemcsék és a FP szárazföldi és mederbeli visszatartását a tartózkodási időtől függő, eltérően parametrizált, elsőrendű folyamatként közelítettük.

Az éves talajvesztés 0,01 és 390 t ha<sup>-1</sup> között változott, a vízgyűjtő átlagában 9,1 t ha<sup>-1</sup> volt (6. ábra). Ez évente 14,2 millió tonna talaj, illetve 0,48 mm vastag talajré-



teg elvesztését jelenti. Nemzetközi mércével mérve a Szamos-vízgyűjtő átlagos talajeróziója tűrhető szintű volt (Pretorius–Cooks 1989). A vízgyűjtő talajvesztésének 1/13-ad része jelent meg Csengernél<sup>6</sup> mint lebegtetett hordalék.



6. ábra:  
A Szamos-vízgyűjtő szimulált talajeróziós térképe

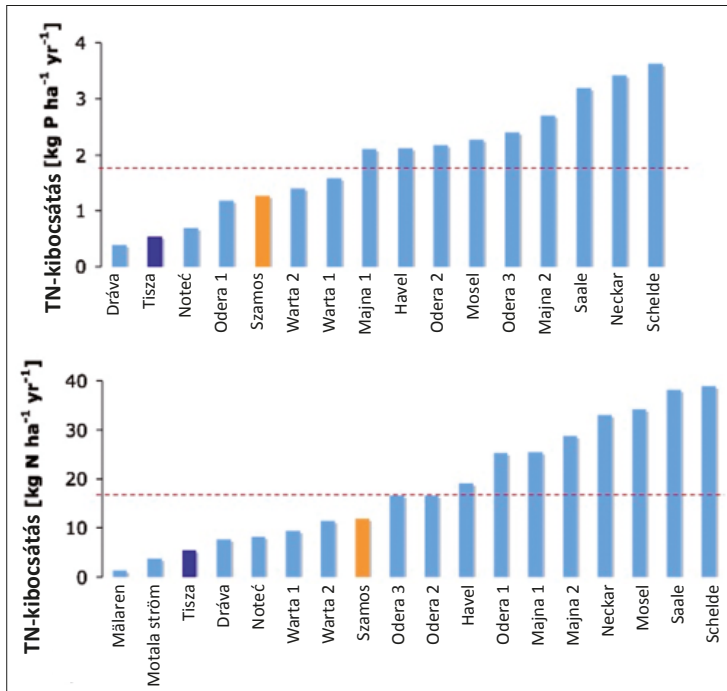
Modellünk szerint diffúz forrásokból csak az alaphozammal érkezett nitrogén a felszíni vizekbe. A talajok N-kibocsátása a természetes koncentrációtól és a mezőgazdasági többlettől függött. A vízfolyások diffúz OP- és N-terheléséhez a megfelelő helyeken hozzáadtuk a pontszerű kibocsátást. Az oldott tápanyagok mederbeli visszatartásához számos fizikokémiai és biológiai folyamat járul hozzá. Ezek közül a fitoplankton OP- és N-felvételét a TAPIR modell explicit módon leírta (1. ábra). Minden más folyamat eredő hatását egy-egy, a folyásirány mentén állandó sebességű taggal írtuk le. A sebességi állandó eltérő volt a két tápanyag esetében, mivel azok fő visszatartási mechanizmusai is eltérőek.

A szimulált és a Csengeren mért sokéves átlag szerinti anyagáramok megegyeztek (1. táblázat). Európa sok más, hasonló méretű vízgyűjtőjéhez viszonyítva a Szamos-vízgyűjtő tápanyag-kibocsátása viszonylag alacsony volt (7. ábra):  $0,13 \text{ g P m}^{-2} \text{ év}^{-1}$  összes foszfor és  $0,36 \text{ g N m}^{-2} \text{ év}^{-1}$  oldott ásványi nitrogén. A mérsékelt kibocsátást az alacsony népsűrűség ( $88,5 \text{ fő km}^{-1}$ ) és az extenzív mezőgazdálkodás dominanciája magyarázta. Ugyanakkor az ICPDR (2011) becslése szerint a Tisza-vízgyűjtő egészének fajlagos tápanyag-kibocsátása lényegesen kisebb volt, mint a Szamosé, összhangban azzal, hogy a Szamos a Tisza egyik legegtrőfabb mellékveze.

<sup>6</sup> Itt van a magyar Szamoson az egyetlen olyan szelvény, ahol a vízhozamot és a vízminőséget is mérik.

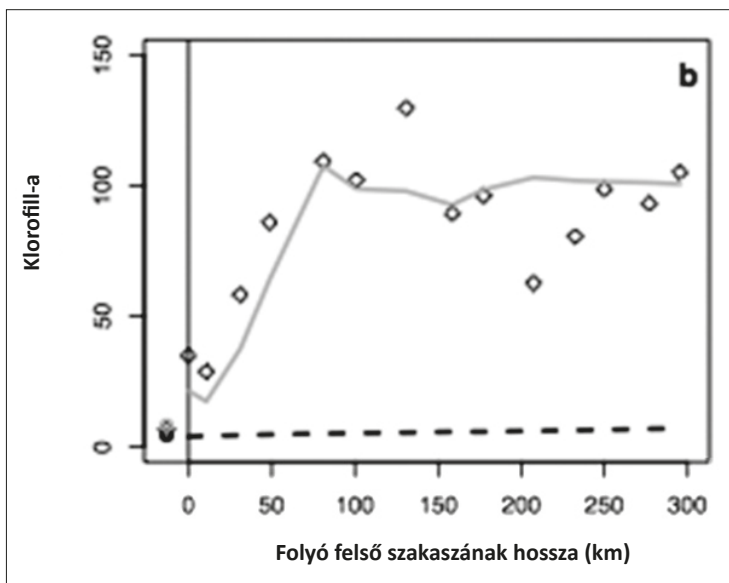
1. táblázat: Szimulált és mért átlagos anyagáramok Csengernél

Paraméter	Mért (1996–2012)	Szimulált
<b>Éves terhelés</b>		
Q (m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> )	124	120
Lebegőanyag (10 <sup>3</sup> t év <sup>-1</sup> )	1100	1069
Összes P (t P év <sup>-1</sup> )	853	851
Formált P (t P év <sup>-1</sup> )	444	451
<b>Terhelés a nyári félévben</b>		
Q (m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> )	82	79
Oldott P (t P nyár <sup>-1</sup> )	108	107
Oldott ásványi N (t N nyár <sup>-1</sup> )	2033	2037



7. ábra: Európai vízgyűjtők fajlagos összes pontszerű foszfor (P) és összes oldott ásványi nitrogén (N) kibocsátása<sup>7</sup>

<sup>7</sup> A vízgyűjtők területe 8 000 és 30 000 km<sup>2</sup> közötti, a kibocsátást Behrendt és Opitz (2000) becsülte. Ahol ugyanazon folyó több szelvényére készült becslés, a szelvényeket folyásirány mentén lefelé számoltuk. A Tisza-vízgyűjtő tápanyag-kibocsátását az ICPDR (2011) becsülte. A Szamos-vízgyűjtő oldott ásványi N-kibocsátását 2,5-del szorozva közelítettük az összes N-kibocsátást. A szaggatott vonal a vízgyűjtők átlagos tápanyag-kibocsátását mutatja.



8. ábra: A klorofil-a átlagos mért (rombusz) és szimulált (folytonos vonal) profilja a Szamosban 2012-ben.

Balra lent: az alga biomassza tápanyag-limitációja a Szamos vízrendszerében (a foszfor limitál – fekete; nincs tápanyaglimitáció – szürke).  
 Jobbra lent: a folyami (szürke) és az állóvízi (fekete) algák biomasszája a Szamos vízrendszerében (a vonalvastagság a biomasszával arányos).



A Szamos fitoplanktonja a nagy, szabadon folyó vizekre jellemző algaegyüttes volt, a nyári félévben a biomassza 70–80 százalékát néhány kovaalgafaj adta (Istvánovics et al. 2010; Vörös-Pálffy 2012). A klorofil átlagos koncentrációja a folyó Dés alatti 80–100 km-es szakaszán mintegy ötszörösére nőtt, alatta keveset változott (8. ábra). Ezt az átlagos profilt modellünk jól leírta. A felső szakaszon az algák gyors szaporodását a Kis-Szamos által szállított tápanyagok és (a 39 000 lakosú) Dés elégtelenül tisztított szennyvize tette lehetővé; lejjebb a P hiánya korlátozta a biomassza további növekedését (8. ábra). A N a teljes vízhalózatban főlegesen állt az algák rendelkezésére. Modellünk azt is helyesen tükrözte, hogy a Szamosban – és csaknem a teljes folyóhálózatban – folyóvízi algák uralkodtak. Kivételt csak azok a

folyószakaszok jelentettek, amelyek hipertróf halastavak befogadói: itt állóvízi algák voltak többségben. Ilyen volt a Füzés és a Kis-Szamos Füzés alatti szakasza (8. ábra). A tavi algák a Füzésre telepített halastófűzérben szaporodtak el. Ez a vízgyűjtő legnagyobb és hipertróf halastókomplexuma.

## A forgatókönyvek elemzése

A fent bemutatott sokéves átlagot tükröző *Jelen* forgatókönyvet alapul véve négy további forgatókönyvet vizsgáltunk.

1. A *Természetes háttér* forgatókönyvben minden emberi hatás (szennyvíz, területhasználát, tározók) hiányzott. Az algák biomasszáját lényegesen több helyen korlátozta a P, mint ma, így a Szamosnak az „algaölcső” szerepét betöltő felső, Dés alatti szakaszán is ez volt a helyzet. Következésképp a Szamos torkolatánál nagyságrendekkel kisebb volt a biomassza a *Jelen* forgatókönyvhöz képest (2. táblázat), de még mindig nagyobb, mint ma Tiszabecsnél<sup>8</sup> a Tiszában. A Szamos tehát természetes körülmények között is termékenyebb lehetett a Tiszánál.

2. táblázat: Anyagáramok és a fitoplankton biomasszája Csengernél 1996–2012 között (sokéves átlag) és különböző forgatókönyvek esetén

Forgatókönyv	Q (m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> )	Lebegőanyag kt év <sup>-1</sup>	Összes P t P év <sup>-1</sup>	Formált P t P év <sup>-1</sup>	Összes N <sup>†</sup> t N év <sup>-1</sup>	Biomassza <sup>‡</sup> mg kl-a m <sup>-3</sup>
Sokéves átlag	124	1 100 ± 869	853 ± 517	444 ± 454	5 847 ± 1 883	33,2 ± 23,6
Jelen	120	1 070	851	451	5 148	44
Term. háttér	109	88	65	19	748	5
Klíma-változás	125	1 069	873	451	5 148	45
VGT	120	1 070	894	471	5 413	49
BAT-BMP	120	600	541	264	3 889	20

† – az oldott ásványi N és az algához kötött N összege

‡ – a nyári félévben

<sup>8</sup> Itt lép át a Tisza Ukrajnából Magyarországra.

2. A *Klíma*változás forgatókönyvhöz az ENSEMBLES adatbázisból (www.ensembles-eu.org) tíz különböző GCM-RCM<sup>9</sup> csatoláson alapuló, az IPCC<sup>10</sup> A1B jelű szén-dioxid-kibocsátási forgatókönyvének alapuló előrejelzést választottunk ki. A referencia-időszak 1981–2010, míg az előrejelzési időszak az a három évtized volt, amelynek középpontjában 2050 áll (2035–2064). Az adatsorokat Szatmárnémetire, Nagybányára, Désre és Kolozsvárra töltöttük le. A klímaváltozás az átlagos vízhozamot, a tápanyagterheléseket és az algák biomasszáját sem befolyásolta jelentősen (2. táblázat).
3. A *VGT* forgatókönyvben az éghajlat és a területhasználat megfelelt a mai állapotnak, a csatornázás és szennyvíztisztítás helyzete pedig annak, amit a román Szamos-Tisza Vízyűjtő-gazdálkodási Terv 2018-ra előírányoz (Apele Române 2009). Eszerint néhány regionális szennyvíztelepen kívül a vízyűjtő szinte minden járásában épülne mechanikai vagy biológiai tisztítótelep, néhol 3 000 lakosra kettő is jutna. A tápanyagáramok és a fitoplankton biomasszája tovább nőtt a jelen állapothoz képest (2. táblázat).
4. A *BAT-BMP* forgatókönyv azt feltételezte, hogy a vízyűjtő kilenc meglévő vagy tervezett regionális szennyvíztelepén (Csenger, Szatmárnémeti, Nagybánya, Dés, Szamosújvár, Kolozsvár, Bethlen, Beszterce, Oláhszentgyörgy) a legjobb tisztítási technológiát<sup>11</sup> alkalmazzák, a P-eltávolítás hatásfoka 95 százalék. A vízyűjtő terület 1 százalékán a mezőgazdaságban a legjobb gazdálkodási gyakorlatot<sup>12</sup> folytatják. A PhosFate optimalizációs algortimusa jellemzően alacsonyrendű vízfolyások mentén javasolta pufferzónák kialakítását, mert ez kisebb területhasználat-váltással éri el ugyanazt az eredményt, mint a talajerózió csökkentése. Az utóbbi természetesen fontos célkitűzése a fenntartható mezőgazdálkodásnak, és ez általunk nem vizsgált módon tovább csökkentheti a folyóhálózat diffúz tápanyagterhelését. A *BAT-BMP* forgatókönyvben a lebegtetett hordalék, a P és N hozama jelentősen csökkent, az algák átlagos biomasszája a mai felére esett vissza (2. táblázat). A Tiszában Aranyosapátinál<sup>13</sup> a jelenlegi, vízhozammal súlyozott, átlagosan  $19,8 \pm 12,8$  mg kl-a  $m^{-3}$  biomassza  $8,8$  mg kl-a  $m^{-3}$ -re mérséklődött.

<sup>9</sup> Global Circulation Model – Regional Climate Model.

<sup>10</sup> Intergovernmental Panel on Climate Change.

<sup>11</sup> Best Available Technology.

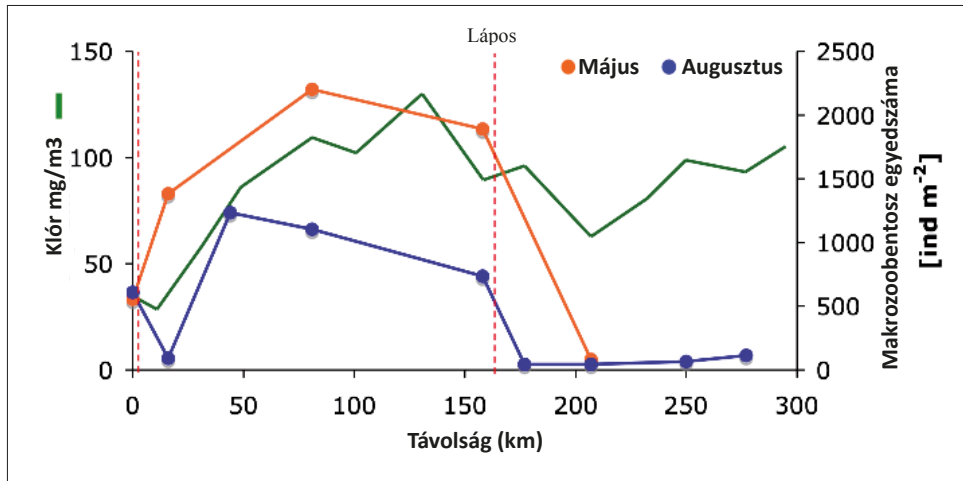
<sup>12</sup> Best Management Practice.

<sup>13</sup> Itt van a Szamos torkolata alatti első vízminőség-monitorozó szelvény.

## *Javaslatok az EU Víz Keretirányelv megvalósításához a Szamos-vízgyűjtőn*

1. A Szamos-vízgyűjtő fajlagos tápanyag-kibocsátása sok hasonló méretű európai vízgyűjtőénél kisebb az alacsony népsűrűség és az alapvetően külterjes mezőgazdálkodás miatt, de nagyjából kétszer akkora, mint a Szamos fölötti Tisza-vízgyűjtőé (7. ábra). Középtávon (10–15 év) a vízgyűjtő-gazdálkodás célkitűzése a Szamos által szállított tápanyagterhelés 25–30 százalékos csökkentése lehet. Mivel a Szamos terhelésének zöme – a P-terhelés 85 százaléka, a N-terhelés 60 százaléka – származik könnyen kezelhető pontforrásokból, ez a célkitűzés reálisan elérhető. Hosszú távon a minimális cél az, hogy a Szamos tápanyagterhelésének csökkentése lépést tartson a Felső-Tisza terhelésének jövőben várható csökkenésével. A *BAT-BMP* forgatókönyv alkalmas a fenti középtávú cél megvalósítására (2. táblázat).
2. A Szamos-Tisza Vízgyűjtő-gazdálkodási Tervben szereplő, számos alacsony határfokú helyi szennyvíztelep megvalósítását és az ezekhez tartozó nagyarányú csatornázási program végrehajtását Romániának újra kellene gondolnia. A román vízgyűjtő vidéki lakosságának víziközművekkel való ellátottsága ma messze elmarad az európai normáktól, a VGT-ben megfogalmazott fejlesztési igény tehát megalapozott. Az elmaradást azonban fokozatosan, az EU VKI elveinek betartásával kell behozni. Első lépésben a *BAT-BMP* forgatókönyvben vázolt lehetőségeket figyelembe véve a teljes folyóhálózatra kiterjedő környezeti hatástanulmányra és szociológiai felmérésre kell alapozni a tervezést. Ezt követően újabb regionális szennyvíztelepeket kell létesíteni, és ott fejleszteni a vízellátást és a csatornázást, ahol a szennyvíz nagy határfokú tisztítása kezdettől fogva biztosítható.
3. A gyorsan szaporodó iparszerű állattartó telepek tápanyag-kibocsátását szigorúan kell szabályozni és ellenőrizni. Új telep létesítését csak a telep méretét és becsült tápanyagforgalmának teljes körű környezeti hatását figyelembe vevő környezeti hatásvizsgálat alapján engedélyezzék!
4. A Szamos-vízrendszer nagy hegyvidéki tározóinak alacsony tápanyagterhelését fenn kell tartani; ezek eutrofizálódása a teljes alvízi folyóhálózat trofitását is növelhetné. A hipertróf halastavak tápanyagterhelését és fitoplankton-kibocsátását a helyi vízminőségi problémák mérséklése/elkerülése érdekében érdemes csökkenteni.
5. Paradox módon a Szamos eutrofizálódását a román szakasz jó hidromorfológiai állapota, a sekély gázlós-zátonyos mederszakaszok bősége alapozza meg – ezek ugyanis a Szamosra jellemző tipikus folyóvízi fitoplankton optimális élőhelyei. Ez a viszonylag érintetlen hidromorfológiai állapot unikális európai érték, amelynek megőrzését és esetleges rekonstrukcióját az Európai Uniónak anyagiilag és erkölcsileg is támogatnia kellene.

6. A pontszerű és diffúz toxikus szennyezések csökkentésének minden más beavatkozáshoz képest elsőbbséget kell élveznie. A Lápos torkolata alatti krónikus toxicitás jele, hogy a makrozoobentosz egyedszáma két nagyságrendet zuhan (9. ábra). A vízi ökoszisztéma mellett a legeltetett állatok és maguk az emberek is ki vannak téve a toxicitás károsító hatásainak.



9. ábra: A makrozoobentosz egyedszáma a Szamos mentén 2012-ben (Kiss et al. 2012)

### Következtetések és javaslatok

1. Az EU Víz Keretirányelv korszaka előtt az alvízi ország nem volt tisztában azal, hogy a felvízi ország milyen, a folyóhálózat vízminőségét, ökológiai állapotát érintő beavatkozásokat tervez az osztott vízgyűjtőn. A EU VKI előírja a vízgyűjtők környezetállapotának részletes elemzését és ennek alapján vízgyűjtő-gazdálkodási tervek kidolgozását. Ez új – és a jelek szerint a döntéshozók által egyelőre nem felismert – eszközt ad az alvízi országok kezébe: a felvízi rész-vízgyűjtő gazdálkodási tervének ismeretében megvizsgálhatják, hogy a tervezett beavatkozások milyen hatással járhatnak a folyóhálózat alvízi részén. Már csak azért is érdekükben áll ezt vizsgálni, mert az EU VKI arra nem kötelezi a felvízi országot, hogy terveinek regionális alvízi hatásával foglalkozzon.
2. Esettanulmányunkból jól látszik, hogy a vízgyűjtők szennyezőanyag-kibocsátásának elemzéséhez nagyon sokféle adatra, ismeretre van szükség. Az adatok jelentős hányada statisztikai jellegű. Az EU széles körű és elvileg egységes szemléletű statisztikai adatgyűjtést ír elő a tagországoknak, s ez jelentősen könnyíti



a szükséges adatok beszerzését. Mivel Magyarország felvízi szomszédai közül egyedül Ukrajna nem EU-tag, a Szamos-vízgyűjtő esetében bemutatott részletes elemzés határral osztott vízgyűjtőink közül valószínűleg csak a Felső-Tisza esetében ütközne komolyabb adathiány okozta problémába. A szükséges adatok másik nagy csoportja (domborzat, talajtérkép, felszínborítottság stb.) szabadon hozzáférhető a világhálón.

3. Bár esettanulmányunk csak a tápanyag-kibocsátást és annak trofitásra gyakorolt hatását vizsgálta, nincs elvi akadálya annak, hogy bármely más, a vízfolyásokban rendszeresen mért szennyező anyagok (nehézfémek, szerves mikroszennyezők stb.) kibocsátását és alvízi hatását is elemezni lehessen.
4. Magyarország Vízgyűjtő-gazdálkodási Tervének kidolgozásakor a PhosFate modelt határainkon belülről korlátozva becsülték a diffúz foszforkibocsátást ([www.vizeink.hu/files/vizeink.hu\\_0362\\_mezogazd\\_hatteranyag.pdf](http://www.vizeink.hu/files/vizeink.hu_0362_mezogazd_hatteranyag.pdf)). Az EU VKI megköveteli a korábbi Vízgyűjtő-gazdálkodási Terv felülvizsgálatát az elért és elmaradt eredmények módszeres elemzése alapján. A felülvizsgálat határideje 2015 vége. Javasoljuk, hogy a magyar szakemberek a tervezés második ciklusában az osztott vízgyűjtők felvízi szennyezőanyag-kibocsátását is vonják be a hazai helyzet elemzésébe. Ez messze meghaladja az EU VKI elvárásait, „csupán” nemzeti érdekünk.
5. A Szamos-vízgyűjtő esete jól rávilágít arra, hogy az EU VKI által az osztott vízgyűjtőkön elvárt koordináció nem lehet elegendően operatív, amíg a kisebb osztott vízgyűjtőket nem kezeljük egyetlen egységként. Az ICPDR csak a Duna-vízgyűjtő menedzselésének közös céljait koordinálja. Ez a hiányosság önellentmondáshoz vezethet, ha a felvízi országban az EU VKI céljainak elérése érdekében tett intézkedések az alvízi országban ellehetetlenítik ezen célok megvalósítását. A helyzetet még fonákabbá teszi, hogy a felvízi ország jó eséllyel számíthat az EU infrastruktúra-fejlesztési támogatására, amelyből terveit részben vagy egészben meg is valósíthatja.
6. Az EU VKI ma még nem teljesen kiforrott intézmény. Magyarország – és más alvízi országok – érdeke minden általuk fontosnak tartott, osztott vízgyűjtőjű folyó esetében elérni, hogy a fel- és az alvízi országnak kötelező legyen a természetes egységet képező teljes vízgyűjtőre közösen megvizsgálnia vízgyűjtő-gazdálkodási terveik határon átnyúló hatását; az országjelentések mellett pedig kötelező legyen az osztott vízgyűjtőkön végrehajtott VKI-intézkedések hatását együttesen értékelni. Egy ilyen felvetés elfogadtatása aligha könnyű feladat, de néhány, a szamosihoz hasonló, részletes esettanulmány jelentősen elősegíthetné azt.



## IRODALOMJEGYZÉK

- Apele Române (2009): *Planul de Management al Spatiului Hidrografic Somes-Tisa*.  
Forrás: [www.rowater.ro/dasomes](http://www.rowater.ro/dasomes)
- Batelaan, O., Woldeamlak, S. T. (2004): *ArcView interface for WetSpa*. User manual, version 19-5-2004. Vrije Universitet, Brüsszel. Forrás: [www.vub.ac.be/WetSpa/introduction\\_wetpass.htm](http://www.vub.ac.be/WetSpa/introduction_wetpass.htm)
- Behrendt, H., Opitz, D. (1999): Retention of nutrients in river systems: dependence on specific runoff and hydraulic load. *Hydrobiologia*, 410: 111–122.
- Borah, D. K., Bera, M. (2003): Watershed-scale hydrologic and nonpoint-source pollution models. Review of mathematical bases. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*, 46, 1553–1566.
- European Commission (2000): Directive of the European Parliament and of the Council 2000/60/EC establishing a framework for community action in the field of water policy. *Official Journal of the European Community*, 22 L 327/1.
- Fread, D. L. (1993): Flow routing. In Maidment, D. R. (ed.): *Handbook of Hydrology*. McGraw-Hill, New York.
- Honti M., Istvánovics V., Kovács A. (2010): Balancing between retention and flushing in river networks – optimizing nutrient management to improve trophic state. *Science of the Total Environment*, 408, 4712–4721.
- ICPDR (2011): *Integrated Tisza River Management Plan*. Forrás: [www.icpdr.org](http://www.icpdr.org)
- Istvánovics V., Honti M., Kovács Á., Kocsis G., Stier I. (2014): Phytoplankton growth in relation to network topology – Time-averaged catchment-scale modelling in a large lowland river. *Freshwater Biology*, 59, 1783–2008.
- Istvánovics V., Honti M., Vörös L., Kozma Zs. (2010): Phytoplankton dynamics in relation to connectivity, flow dynamics and resource availability – the case of a large, lowland river, the Hungarian Tisza. *Hydrobiologia*, 637, 121–141.
- Kiss B., Juhász P., Müller Z., Soós N., Málnás K., Ludányi M. (2012): *A makroszkópikus vízi gerinctelen közösség vizsgálata a Szamos hossz-szelvénye mentén, illetve a Tisza Szamos torkolata feletti és alatti szakaszán*. BIOAQUA PRO Kft., Debrecen.
- Kovács A., Fülöp B., Honti M. (2012): Detection of hot spots of soil erosion and reservoir siltation in ungauged Mediterranean catchments. *Energy Procedia*, 18, 934–943.
- Kovács A., Honti M. (2008): Estimation of diffuse phosphorus emissions at small catchment scale by GIS-based pollution potential analysis. *Desalination*, 226, 72–80.
- Kovács A., Honti M., Clement A. (2008): Design of best management practice applications for diffuse phosphorus pollution using interactive GIS. *Water Science & Technology*, 57, 1727–1733.

- Novotny V. (2003): *Diffuse Pollution and Watershed Management*. John Wiley and Sons, Hoboken.
- O'Callaghan, J. F., Mark, D. M. (1984): The extraction of drainage networks from digital elevation data. *Computer Vision Graphics and Image Processing*, 28, 328–344.
- Pretorius, J. R., Cooks, J. (1989): Soil loss tolerance limits: an environmental management tool. *GeoJournal*, 191, 67–75.
- Szentkatolnay B., Szél S. (2003): *Integrated testing of the guidelines worked out for the facilitation of the implementation of the EU Water Framework Directive in the entire basin of the Szamos River (Hungarian-Romanian)*. VITUKI Consult Rt. Final Report No. 121037.
- Vörös L., Pálffy K. (2012): *Fitoplankton és fitobenton minták vizsgálata a Szamos és Tisza folyókból vett minták alapján*. MTA ÖK BLI, Tihany.

## TÁROZÓTERVEZÉS

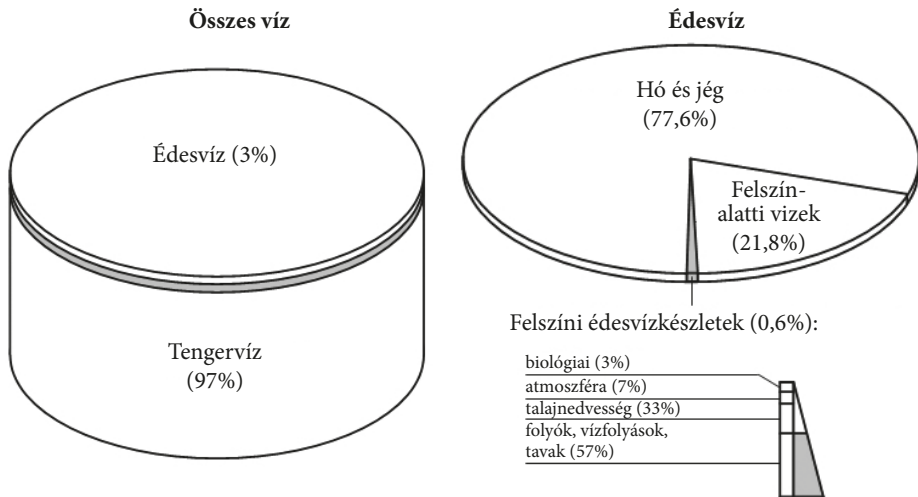
A tározás egyidős az emberiség gazdálkodásával. Ezt bizonyítják az első ismert ókori gátak:

- ~ Kr. e. 3000: Jawa-gát (100 km-re Ammantól),
- ~ Kr. e. 2950–2750: Sadd el-Kafara-gát (Kairó közelében),
- ~ Kr. e. 1300–1200: Quatinah-gát (Homsz, Szíria).

Néhány hazai példa:

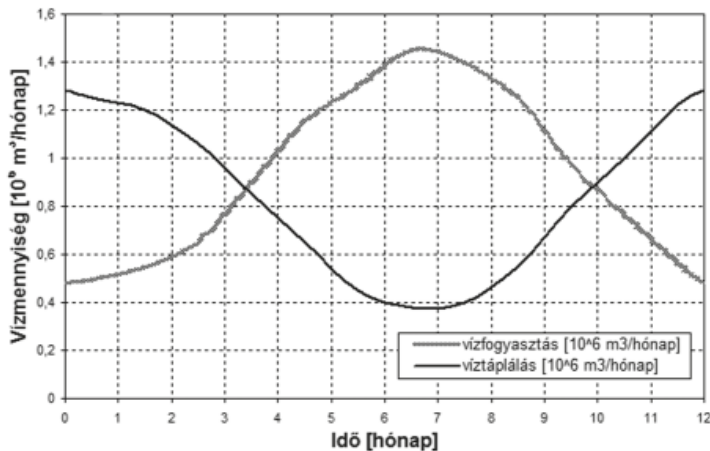
- ~ Kr. u. 100–200: Kikeri-tározó (római),
- ~ Kr. u. 300–400: Vaskapu-tározó (Fehérvárcsurgó) és Kőkapu-tározó (Pátka): Galerius császár építtette, később Károly Róbert védelmi célokra használta (a koronázóváros, Székesfehérvár védelmét ellátó mocsarak vízutánpótlására).

A tározás a vízkészlet-gazdálkodás leghatékonyabb eszköze, amely a vízfolyások vízkészleteit hasznosítja. A rendelkezésre álló földi vízkészletek arányait az 1. ábra mutatja be.



1. ábra: A Föld vízkészlete

A csekély édesvízkészlet ráadásul igen egyenlőtlenül oszlik el a Földön. A felszíni édesvizek 20 százaléka a Bajkál-tóban, újabb 20 százaléka az észak-amerikai Nagy-tavakban (Felső-tó, Michigan-tó, Huron-tó, Erie-tó és az Ontario-tó) található, s a maradék 60 százalék is egyenlőtlenül oszlik el a kontinenseken. A rendelkezésre álló vízkészletek megosztása időben nem esik egybe az igényekkel. A vízkészletek és vízfogyasztások időbeli alakulásának tipikus példáját mutatja be a 2. ábra, amelyen jól látható a függvények aszinkronitása. Ezt a problémát oldja meg a víztározás.



2. ábra: A vízkészletek és a vízfogyasztás időbeli eltérései

A vízigenyek és a rendelkezésre álló vízkészletek közötti „kiegyenlítést” oldják meg a vízhasznosítási tározók. A vízfolyások vízjárásából adódó másik probléma a véletlenszerűen jelentkező árvizek hatásai. A nagy folyókon jelentkező, sokszor elhúzódó árvizek elleni védekezés napjainkban leginkább árvízvédelmi töltésekkel lehetséges a veszélyeztetett szakaszokon. Kisvízfolyások esetén a leghatékonyabb védekezési mód az árvíztározók kiépítése. Ezek a tározók a hirtelen jelentkező – előrejelzésük legtöbbször kizárt – ún. villámárvizek (flash flood) pusztító hatásait mérsékelik vagy teljesen kiküszöbölik. A fenti feladatok megoldására a tározókat gondosan kell megtervezni és üzemeltetni, hogy rendeltetésüket betöltsék: az összességében csekély édesvízkészleteket optimálisan hasznosítsák, az árvizeket pedig az előírt határfokkal semlegesítsék.

A tározótervezés két fő részből áll:

- ~ hidrológiai tervezés,
- ~ vízepítéstani tervezés.

Dolgozatunkban a hidrológiai tervezéssel foglalkozunk. A hidrológiai tervezés a tározó fontosabb méreteit és műtárgyainak fő adatait adja meg a vízjárási adatok figyelembevételével.

## *A tározók típusai*

A következő elnevezések szerepelnek a köztudatban a *tározótípusok*kal kapcsolatban:

- ~ ivóvíztározó,
- ~ iparivíz-tározó,
- ~ hűtővíztározó,
- ~ mezőgazdasági célú tározó:
  - öntözővíz-tározó,
  - halastó,
  - ivadéknevelő tó,
  - víziszárnycs-nevelő tó,
- ~ energetikai célú tározó,
- ~ vízpótló tározó,
- ~ üdülőtó vagy rekreációs célú tározó:
  - horgásztó,
  - csónakázótó,
  - pihenőtó,
- ~ egyéb tározó:
  - tisztító-, szűrő-, szennyvíztisztító, előtisztító tározó,
  - pihentető, derítő,
  - hordalékfogó,
  - öblítő-, hígítóvíz-biztosító tározó stb.

Továbbá:

- ~ árvízcsökkentő tározó,
- ~ árvízi szükség tározó,
- ~ záportározó,
- ~ belvízi szükség tározó,
- ~ belvíztározó,
- ~ száraz vagy üres tározó,
- ~ árvíztározó.

A műszaki hidrológia az osztályozást sokkal egyszerűbben oldja meg:

- ~ vízhasznosítási tározók,
- ~ árvízcsökkentő tározók,
- ~ komplex tározók.

A vízhasznosítási tározók – nevükből adódóan – valamilyen vízhasznosítási (vízfogyasztási) cél érdekében létesülnek. Az árvízcsökkentő tározók nyilvánvaló céljára ugyancsak utal az elnevezésük. A komplex tározók mindkét cél (vízhasznosítás, árvízcsökkentés) egyidejű megvalósítására jönnek létre. A tározótervezéshez az azt tápláló vízfolyás vízjárásának (vízhozamidősorának) ismerete szükséges.

Ehhez kapcsolódik a *tározótervezés nagy ellentmondása*:

Múltbéli adatsort veszek figyelembe. ←

**Ma tervezem a tározót.**

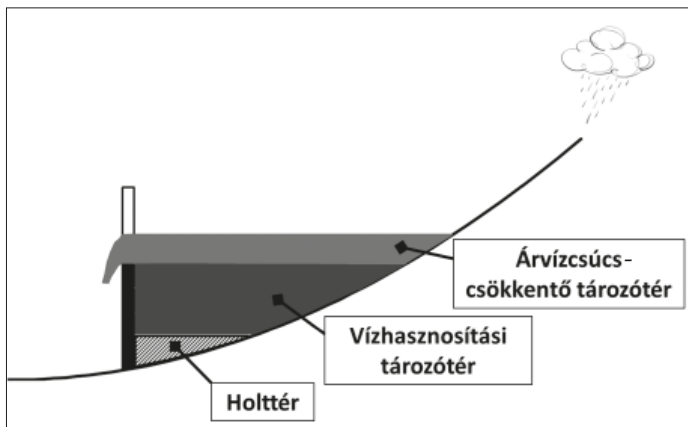
→ Az a jövőben fog működni.

### *A tározók méretezése*

A tározóméretezéshez a következők szükségesek:

- ~ adatok, azaz az észlelt vízhozamadatsor ( $Q/t$ ),
- ~ hosszú idősor,
- ~ ha mért adat nincs, szintetikus vízhozamsorozat is megfelelő lehet.

A komplex tározó részeit és működését a 3. ábra szemlélteti.

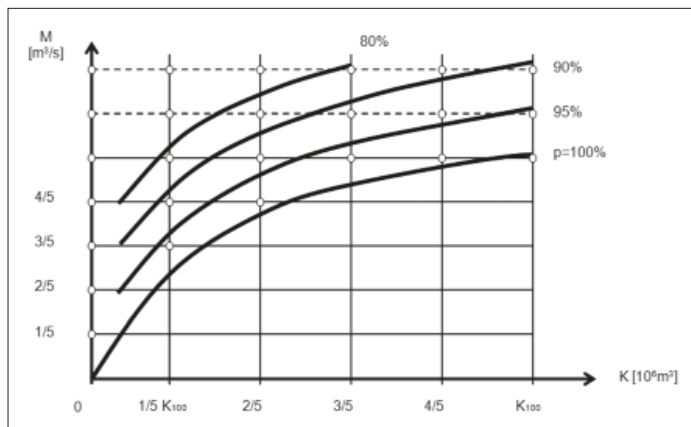


3. ábra:  
A komplex tározó  
részei (hosszmetszet)

A vízhasznosítási tározók méretezési módszerei az alábbiak szerint csoportosíthatók:

- klasszikus módszerek:
  - integrálgörbés módszer (Rippl, Mosonyi, Lászlóffy, Szesztay),
  - Puskás-féle eljárás,
  - Zsuffa-féle eljárás;
- statisztikai módszerek:
  - Krickij–Menkel I. módszere,
  - Krickij–Menkel II. módszere,
  - Pleskov–Dyck–Schramm grafikonos eljárása;
- sztochasztikus módszerek:
  - Szavarenszkij eljárása,
  - Moran módszere (Prékopa, Zsuffa),
  - Zsuffa–Gálai eljárása (Goda).

A klasszikus tározóméretezések a vízmérleg elve alapján, továbbá a vízszolgáltatás biztonságának ( $p$  százalék) definiálásával meghatározzák a tározó teljesítőképességi görbéjét, az  $M = f(K)$  függvényt ( $M$ : vízfogyasztás,  $K$ : tározótérfogat) vagy a teljesítőképességi görbesereget:  $M = f(K, p)$ . Ezeket a függvényeket hidrológiai jellegfüggvényeknek is nevezik (4. ábra).



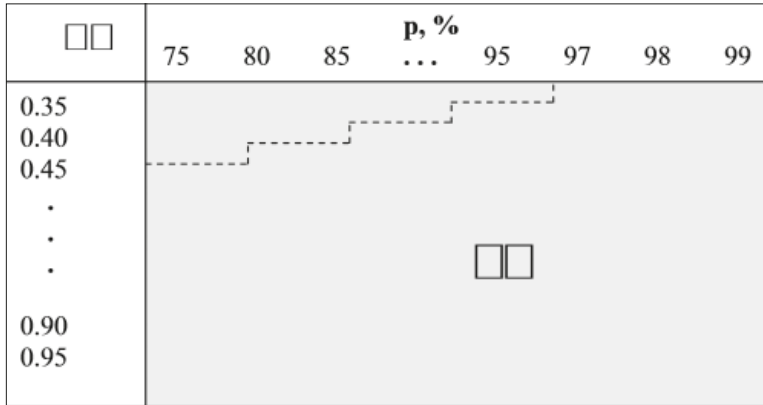
4. ábra:  
Vízhasznosítási tározó  
teljesítőképességi  
görbeserege

A statisztikai tározóméretezés elemei a következők:

- ~ sokéves középvízhozam:  $\overline{K\ddot{O}Q} = \overline{Q}$  (l/s, m³/s)
- ~ az éves középvízhozamok variációs és aszimmetriatényezője:  $C_v, C_s$
- ~ a vízfogyasztás értéke:  $M$  (l/s, m³/s)
- ~ a relatív hozzáfolyások, (modultényezők) értékei:  $k_i = \frac{Q_i}{Q}$  (-)

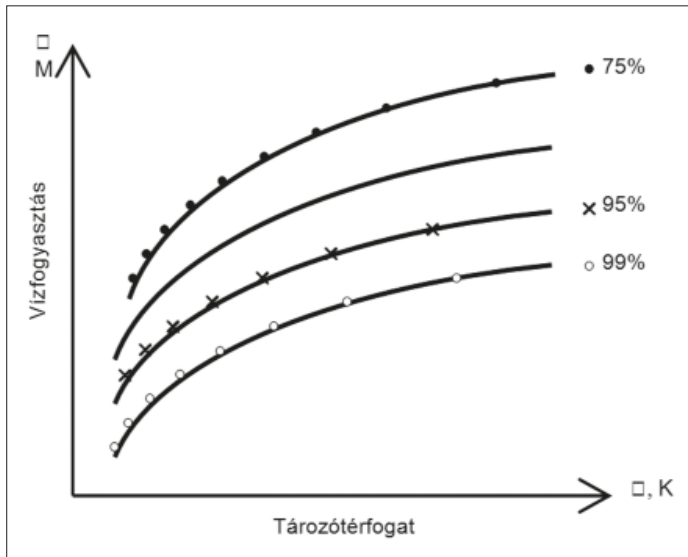
~ a relatív vízfogyasztás vagy kihasználási tényező:  $\alpha = \frac{M}{Q}$  (-)

~ a relatív tározótérfogat:  $\beta = \frac{K}{Q \cdot \Delta t}$  (-)



5. ábra:  
A statisztikai  
módszer  
összefoglaló  
számítási ábrája

Ennek alapján a relatív értékeket tartalmazó teljesítőképességi görbesereg, a  $\alpha = f(\beta, p)$  függvény meghatározható. A statisztikai módszer jellegfüggvénye a számítások numerikus végrehajtásán kívül segédletsorozat alkalmazásával is előállítható. A segédletek a relatív tározótérfogatot ( $\beta$ ) adják meg a  $\beta = f(\alpha, p, C_v)$  függvényekkel (Pleskov) vagy a  $\beta = f(\alpha, p, C_v, r_l)$  grafikonsorozattal (Guglij, Dyck, Schramm). A végeredmény a teljesítőképességi görbesereg (6. ábra).

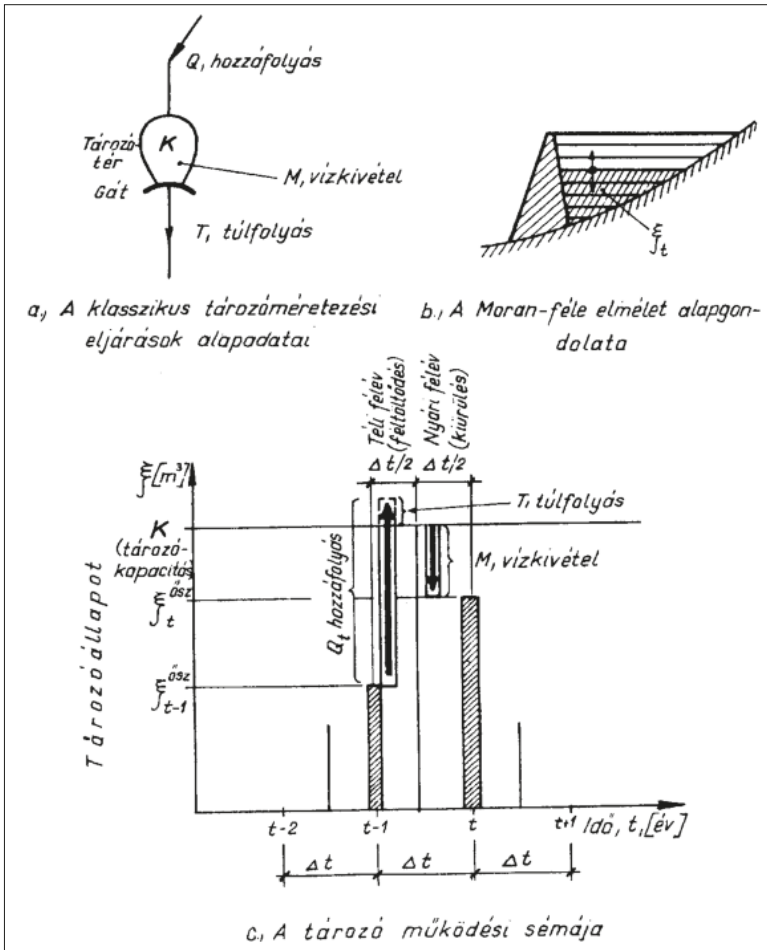


6. ábra: A statisztikai  
módszer relatív és  
abszolút teljesítőképességi  
görbeserege



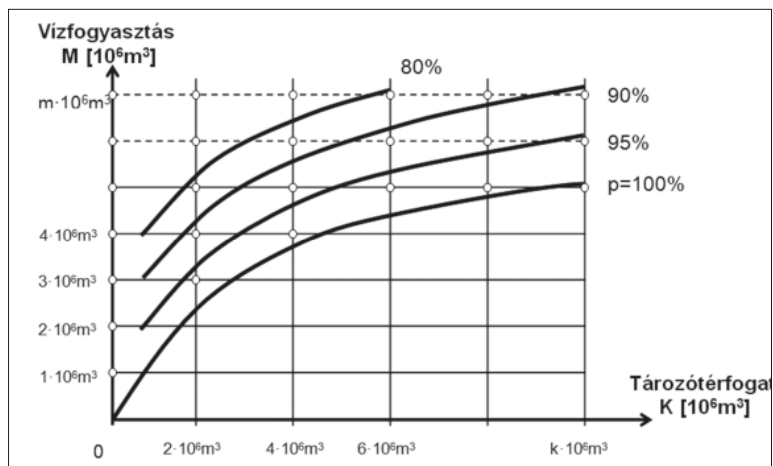
A sztochasztikus tározóméretezés elméleti alapjait Moran (1959) írta le, a módszer jelentős elméleti és gyakorlati továbbfejlesztői Prékopa, Zsuffa és Gálai voltak. A tározó működési sémája a 7. ábrán látható. A modell nem a tározó vízforgalmi vizsgálatán alapul, hanem a tározóban lejátszódó készletváltozási folyamatokat írja le a sztochasztikus folyamatok elméletével. A modell a diszkrét állapotterű és diszkrét időparaméterű Markov-láncok alkalmazásával a tározóállapotok átmenet- és valószínűségeit számítja ki. Ez a Markov-tételen keresztül a határmatrix határ- és valószínűségeihez vezet.

$$\lim_{n \rightarrow \infty} P_n = P = \begin{bmatrix} P_0 & P_1 & \dots & P_k \\ P_0 & P_1 & \dots & P_k \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_0 & P_1 & \dots & P_k \end{bmatrix}$$



7. ábra: A tározóműködés Moran-féle modellje

A  $P_0$ -kiürülési határ-valószínűség alapján a vízszolgáltatás biztonsága a  $p = 1 - P_0$  képlet alapján kiszámítható, és a felvett diszkrét fogyasztásokra és tározóteljesítésekre számított  $p$ -értékek alapján meghatározható a tározó  $M = f(K, p)$  teljesítőképességi görbeserege (8. ábra).



8. ábra:  
Teljesítőképességi  
görbesereg a  
Moran-moddellel

### Az árvízcsökkentő tározás

Az árvízi vagy árvízcsökkentő tározók feladata a  $Q_g$  - érkező vízhozam csökkentése, azaz, ha  $Q_t$  - a tározó vízhozam, tervezendő:  $Q_t \leq Q_g$ , általában:  $Q_t = Q_g/n$ . Az árhullámredukció mértéke:

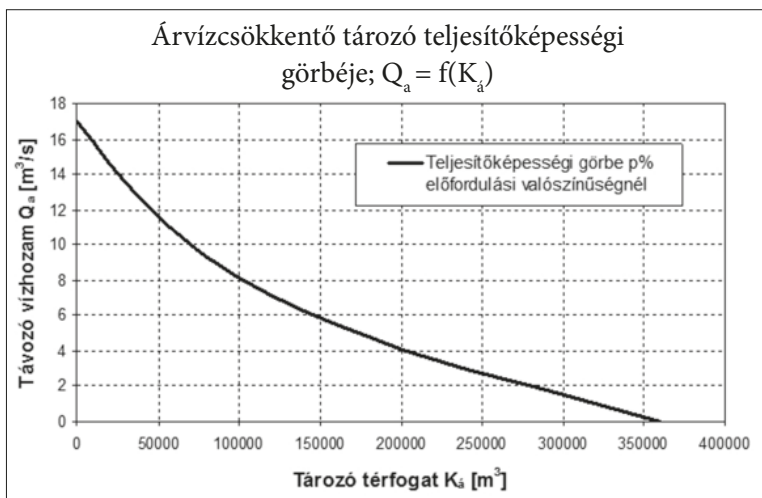
$$n = Q_g / Q_t$$

Az  $n$ -értéket (az árvízcsökkentés mértékét) az árvízcsökkentő tározó hatásfokának hívjuk.

Az árvízcsökkentő tározó hidrológiai (teljesítőképességi) függvényét: a  $Q_t = f(K_a)$  függvényt ( $K_a$ : az árvízcsökkentő tározó térfogata) az árvízi tározó teljesítőképességi jellegfüggvényének nevezzük (9. ábra).

Az árvízcsökkentő tározók típusait Bukovszky (1965) adta meg:

- ~ túlfolyás nélküli (zárt zsilipű) árvíztározó,
- ~ zsilipkezeléssel működő árvíztározó,
- ~ fix küszöbű bukós árapasztóval ellátott árvízcsökkentő tározó (automata működésű).

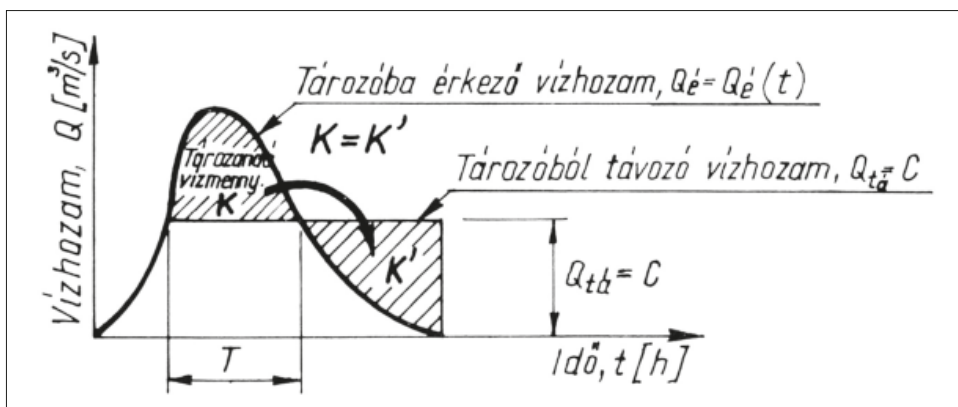


9. ábra:  
Az árvízcsökkentő tározó hidrológiai jellegfüggvénye ( $Q_a = Q_i$ )

A tározó méretezése az érkező (mértékadó) árhullám figyelembevételével kétféleképpen valósulhat meg.

~ Zárt zsilipú és zsilipkezeléssel működő árvíztározó esetében (10. ábra):

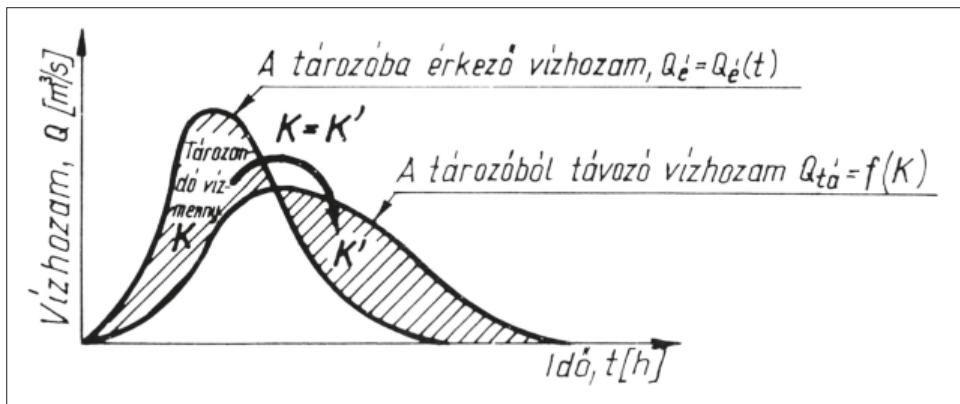
$$K_a = \int [Q_e(t) - Q_t(t)] dt$$



10. ábra: Zsilipkezeléssel működő árvíztározó méretezése

~ Fix küszöbű bukós árapasztóval ellátott árvízcsökkentő tározó esetében (11. ábra):

A tározótérfogat ( $K_a$ ), a távozó árhullám ( $Q_t/t$ ) és a tározó árapasztási hatásfoka ( $n = Q_e/Q_t$ ) a Sorensen-féle szerkesztéssel határozható meg.



11. ábra: Fix küszöbű bukós árapasztóval ellátott árvíz-tározó méretezése

Juhász (1939) és német kollégája, Sorensen eljárása a tározás differenciálegyenletéből indul ki:

$$Q_{\dot{e}} dt - Q_t dt = dK_t$$

A differenciálegyenlet megoldása:

$$Q_t(t) = \left[ \int_T \frac{a}{K_0} Q_{\dot{e}}(t) \cdot e^{\frac{a}{K_0} t} dt + C_0 \right] \cdot e^{-\frac{a}{K_0} t} \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

Ez az alvízhozamok idősorát adja meg. A gyakorlatban az analitikus megoldás helyett a Sorensen-féle grafoanalitikus szerkesztést alkalmazzuk. A 12. ábra a Hasznosi-tározóba belépő, 2005. április 18–19-i extrémális árhullám esetét mutatja be az érkező árhullám Juhász–Sorensen-transzformációjának példjaként.

## A legnagyobb magyarországi tározók

A jelenleg Magyarországon üzemelő tározók legnagyobbjait az alábbiakban soroljuk fel, a tározók funkciójának feltüntetésével.

~ Hegy- és dombvidéki tározók:

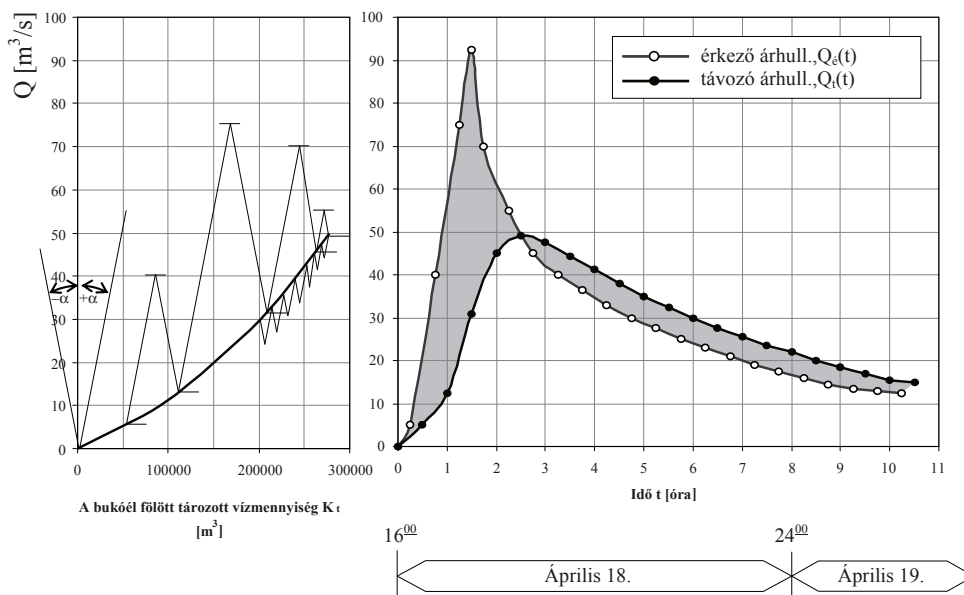
- Marcali-tározó (Sári-csatorna, Boronka-patak): 9,3 millió m<sup>3</sup> (komplex)
- Hór-völgyi-tározó (Hór-patak): 8,8 millió m<sup>3</sup> (komplex)
- Markazi-tározó (Nyiget-patak): 8,3 millió m<sup>3</sup> (komplex)

- Toponári-tározó (Deseda-patak): 8,2 millió m<sup>3</sup> (komplex)
- Gór-Bői-szükség tározó (Répcse): 8,1 millió m<sup>3</sup> (árvízi)

~ Sík vidéki tározók:

- Rétközi-tó (Kékcsei-tápcsatorna): 11,1 millió m<sup>3</sup> (komplex)
- Nagyiváni-tározó (Sarkad-Mérges-Sáros-ér): 10,7 millió m<sup>3</sup> (komplex)
- Füredkócsi-tározó (Füredkócsi-csatorna): 9,5 millió m<sup>3</sup> (komplex)
- Kurjan-tó (I. övcsatorna): 7,8 millió m<sup>3</sup> (belvízi)
- Ágasegyházi-tározó (III. övcsatorna): 7,3 millió m<sup>3</sup> (belvízi)

A hazai gátak mind földgátak. A legnagyobb gátmagassága a (Kövecses-patakon létesült) Hasznosi-ivóvíztározónak van: 27,5 m.



12. ábra: Extremális árhullám csillapodása a Hasznosi-tározóban

## IRODALOMJEGYZÉK

- Hajnal G., Koris K. (2014): *Hidrológia I. Fizikai hidrológia*. Egyetemi jegyzet. Budapest.
- Kontur I., Koris K., Winter J. (1993; 2003): *Hidrológiai számítások*. Akadémiai Kiadó, Budapest; Linográf Kiadó, Gödöllő.
- Koris K. (2014): *Hidrológia II. Műszaki hidrológia*. Egyetemi jegyzet. Budapest.
- Koris K., Zsuffa I. (1965): *A víztározás hidrológiája*. Szakmérnöki jegyzet. Mérnök-továbbképző Intézet, Budapest.
- Krickij, Sz. N., Menkel, M. F. (1956): A tározómedencék hidrológiai méretezésének néhány elméleti kérdése. *MTA Műszaki Tudományok Osztálya Közleményei, XIX*. Budapest.
- Moran, P. A. P. (1959): *The Theory of Storage*. Methuen, London; Wiley, New York.
- Mosonyi E. (1948): *Hegyvidéki nagyobb víztározó medencék hidrológiai méretezése*. Egyetemi Nyomda, Budapest.
- Zsuffa I. (1973): *A tározás hidrológiája*. Kézirat. Budapest.
- Zsuffa I. (1981): *Tározóméretezés matematikai statisztikai eszközökkel*. Pollack Mihály Műszaki Főiskola, Budapest–Baja.
- Zsuffa I., Gálai A. (1987): *Reservoir Sizing by Transition Probabilities. Theory, Methodology, Application*. Water Resources Publication, Littleton.
- Zsuffa I. (1996–99): *Műszaki hidrológia. I.–IV*. Műegyetemi Kiadó, Budapest.

DR. BENCSIK BALÁZS

# A KORMÁNYZATI ESEMÉNYKEZELŐ KÖZPONT SZEREPE AZ INFRASTRUKTÚRÁK VÉDELMEBEN

Az informatikai eszközök, rendszerek, szenzorok és a kapcsolatot biztosító hálózatok fejlődése a modern társadalom alapját képezik. Egy nemzet sikerét erősen befolyásolja, hogy a technológiai fejlődésben miként teljesít, a már meglévő technológiákat hogyan és milyen hatékonysággal tudja integrálni, illetve tudja-e azokat tartósan működtetni. Az informatikai rendszerek elterjedése az élet minden területén megkérdőjelezhetetlen, így a közigazgatásban is teljesen elfogadottá vált. Az állami, valamint az ipari irányítórendszerek, információs hálózatok – különösen a kritikus infrastruktúrához kapcsolódó elemek – folyamatos működésének biztosítása kiemelt fontosságú.

A globális kibertérben számos tényező létezik, amely – az üzemeltetési kockázatokon túl – veszélyezteti ezekben a rendszereknek az üzemszerű működését. Az információk eltulajdonítása, a rendszerek ellehetetlenítése (politikai, illetve gazdasági céllal) vagy az úgynevezett „hacktivizmus” mára mindennapi kihívást jelent ezen rendszerek üzemeltetőinek. A törvényhozás felismerte a modern kor igényét arra, hogy a megfelelő technikai eszközökön túl a szakemberek és hatóságok kezében legyen egy olyan keretrendszer, amellyel jogilag megalapozottan és megfelelő szervezeti struktúrában tudják ellátni a globális kibertér védelmét.

## *A törvényi keretrendszer elemei*

Az igényeket felismerve született meg a 2013. évi L. törvény, azaz az Ibtv.<sup>1</sup> (és végrehajtási rendeletei) az állami és önkormányzati szervek elektronikus információ-

---

<sup>1</sup> 1139/2013. (III. 21.) Korm. határozat Magyarország Nemzeti Kiberbiztonsági Stratégiájáról; 2013. évi L. törvény az állami és önkormányzati szervek elektronikus információbiztonságáról; 65/2013. (III. 8.) Korm. rendelet a létfontosságú rendszerek és létesítmények azonosításáról, kijelöléséről és védelméről szóló 2012. évi CLXVI. törvény végrehajtásáról; 233/2013. (VI. 30.) Korm. rendelet az elektronikus információs rendszerek kormányzati eseménykezelő központjának, ágazati eseménykezelő központjainak, valamint a létfontosságú rendszerek és létesítmények eseménykezelő központja feladat- és hatásköréről; 301/2013. (VII. 29.) Korm. rendelet a Nemzeti Elektronikus Információbiztonsági Hatóság és az információbiztonsági felügyelő feladat- és hatásköréről, valamint a Nemzeti Biztonsági Felügyelet szakhatósági eljárásáról.

biztonságáról. A törvény rendelkezik az információs rendszerek sértetlenségéről és rendelkezésre állásáról, valamint az azokban kezelt adatok és információk bizalmosságának, sértetlenségének és rendelkezésre állásának (úgynevezett CIA-modell) kialakításáról, valamint a kockázatokkal arányos védelem megteremtéséről. Fontos megismerni az Ibtv. lényegét, amelyet a 2. § (1) és (2) bekezdése fogalmaz meg.

A szervezetek kötelesek olyan logikai, fizikai és adminisztratív védelmi intézkedéseket hozni, amelyek támogatják:

- ~ a megelőzést és a korai figyelmeztetést,
- ~ az észlelést,
- ~ a reagálást,
- ~ a biztonsági események kezelését.

Az elektronikus információs rendszerek biztonsági osztályba sorolása történhet bizalmosság, sértetlenség, rendelkezésre állás alapján, 1–5. osztályba. A szervezetek biztonsági szintje a rendszerek védelmére való felkészültség alapján a rendszereinek legmagasabb biztonsági osztályával azonos szintű.

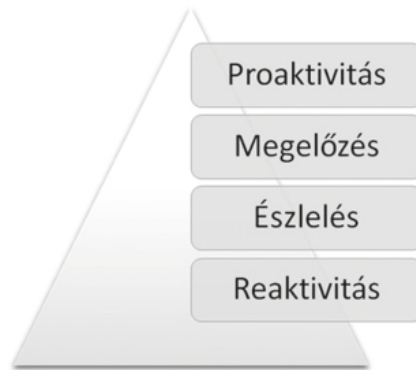
Látható tehát, hogy az információ védelme érdekében most már nemcsak elvi lehetőségei vannak az adott szervezetnek a megfelelő intézkedések megtételére, hanem kötelezettségei is. A szervezetnek a különféle IT-rendszerek osztályba sorolásának elvégzésén felül a jövőbeli beruházások tervezésekor már előre számolnia kell kötelezettségeivel (kívánatos cél, hogy ne valósuljon meg olyan informatikai beruházás vagy fejlesztés, amely nem teljesíti a jogszabályok által előírt kritériumokat). Fontos kiemelni, hogy a törvény rendelkezik az infokommunikációs gerinchálózat (NTG) védelméről is, amely így egy újabb biztonsági elemet jelent. Az intézmények, a létfontosságú rendszereket üzemeltető szervezetek IT-védelmének ellátása érdekében a törvény felállított egy új szervezeti struktúrát is. Az új rendszert az adminisztratív, szakmai és koordinációs feladatok mentén hozták létre. A kialakított szervezeti felállás lehetővé teszi, hogy a törvény hatáskörébe utalt szervezetek adminisztratív, valamint szakmai menedzselése elvégezhető legyen egy jól körülhatárolható intézményi struktúrán belül.

A NEIH látja el az adminisztratív *hatósági funkciókat*. Érdekességképpen megemlítendő, hogy a hatóságnak *joga van kirendelni úgynevezett információbiztonsági felügyelőt*, amennyiben a költségvetési szerv a biztonsági követelményeket és az eljárási szabályokat nem teljesíti, és a hatóság felszólításának nem tesz eleget. Láthatjuk tehát, hogy a hatóság hathatósan felléphet a kiberbiztonság érdekében, ha a szervezet nem hajlandó elvégezni a törvény által megkövetelt feladatokat.



A szakhatósági funkciókat jelenleg a Nemzeti Biztonsági Felügyelet látja el. A szervezet végzi az IT-rendszerek sérülékenységvizsgálatát, amely előre meghatározott ellenőrzési terv, illetve külön kérés, megkeresés alapján történik. A Kormányzati Eseménykezelő Központ (GovCERT) az Ibtv.-ben foglaltaknak megfelelően 2013. július 1-jén kezdte meg működését. A jogelőd Puskás Tivadar Közalapítvány bizonyos funkcióinak továbbvitelére, illetve a jogszabályi keretrendszerben meghatározott feladatok végrehajtására a GovCERT elkészítette közép- és hosszú távú stratégiáját, amelynek célja: „A vonatkozó jogszabályokból kiindulva a legfőbb stratégiai cél a magyar kibertér biztonsági helyzetének megerősítése, az állami és önkormányzati elektronikus információs rendszereinek védelme, e rendszerek biztonságának növelése által.”<sup>2</sup>

Ezen gondolatok mentén határozták meg a GovCERT azon szolgáltatáskatalógusát, amelynek segítségével belátható időn belül (az Európai Unióval összhangban) elmozdulás történhet az eddig csak reaktív kibervédelmi tevékenységtől a megelőző, majd azon túl a proaktív védelem irányába.



1. ábra: A kibervédelmi struktúra egymásra épülő elemei

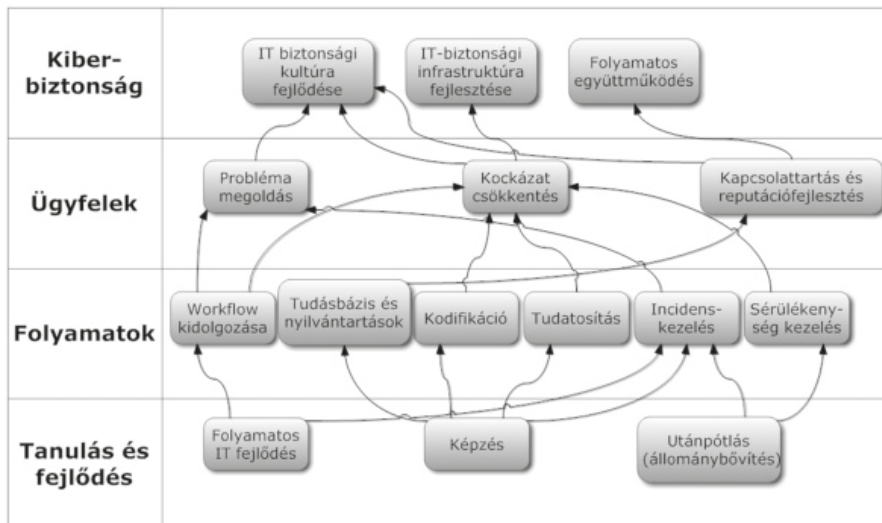
A jogszabályok a Kormányzati Eseménykezelő Központ feladatát elsősorban a biztonsági események (utólagos) kezelésében (koordináció), a biztonsági események megelőzésében (sérülékenységi információk megosztása, sérülékenységek és fenyegetettségek elhárítása), valamint a biztonságtudatosság fejlesztésében jelölték meg. Ezenfelül – kapacitás függvényében – szakmai támogatást tud nyújtani azon feladatok végrehajtásában, amelyeket az Ibtv. 11. §-a a védett szervek részére előír.

<sup>2</sup> A Kormányzati Eseménykezelő Központ stratégiája (2013).

A jogszabályokkal összhangban a GovCERT a következő feladatokat végzi:

- ~ prevenciós szolgáltatások:
  - informatikai biztonsági szabályzattal összefüggő tanácsadás,
  - belső, illetve hatósági audittal, továbbá kockázatelemzéssel kapcsolatos tanácsadás, támogatás,
  - sérülékenységek publikációja (általánosan és szervezeti szinten), sérülékenységek kezelésére, elhárítására irányuló tanácsadás, támogatás,
  - tudatosítás: IT-biztonsági oktatás, tájékoztató/felkészítő tevékenység, hírlevél, állásfoglalások és ajánlások kiadása, kibervédelmi gyakorlat szervezése stb.;
- ~ detekciós szolgáltatások:
  - incidensek azonosítása naplóállományok és egyéb adatok (forensics metodikával történő) elemzése alapján,
  - incidensek azonosítása a védett rendszerbe telepített szenzorokon keresztül;
- ~ incidenskezelési (reaktív) szolgáltatások:
  - incidensbejelentések 24 órás fogadása (ügyeleti rendszerben),
  - incidenskoordináció,
  - incidenskezelési (folyamat-) tanácsadás,
  - incidenskezelés (naplóállományok elemzése, műszaki vizsgálat stb.).

Nagyon fontos hangsúlyozni, hogy a GovCERT folyamatosan fejleszti és újrazvizsgálja a már kialakított szolgáltatásait annak érdekében, hogy mindenkor a legfejlettebb és leghatékonyabb eljárással tudja teljesíteni az Ibtv. által megfogalmazott és a szervezetek által elvárt kibervédelmi feladatokat.



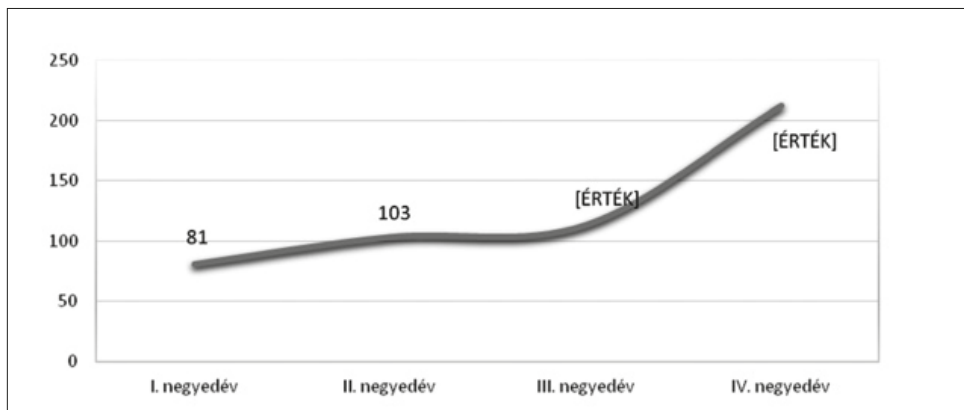
2. ábra: A GovCERT stratégiatérképe

A 2. ábrán látható, hogy a négy dimenziónak megfelelően (kiberbiztonság, ügyfelek, folyamatok, tanulás és fejlődés) milyen komplex rendszerek mentén történik meg a GovCERT szolgáltatásainak és funkcióinak kialakítása és finomhangolása. A folyamatos információáramlás kritikus részét képezi a szolgáltatásoknak. Ennek érdekében számos hazai (iparági szereplők, egyetemek) és nemzetközi szervezettel (NATO, International Watch and Warning Network, Trusted Introducer, Forum of Incident Response and Security Teams) történt meg az együttműködés kiépítése.

Az így kialakult tudástérkép és információs hálózatok garantálják, hogy a Kormányzati Eseménykezelő Központ már előre fel tudjon készülni a kialakulóban lévő kibertámadásokra, vagy hatékonyabban el tudja hárítani a már kialakult kiberbiztonsági eseményeket.

### Statisztikák, tapasztalatok

A Kormányzati Eseménykezelő Központ a 2014-es évben jelentős számú informatikai incidens kivizsgálását hajtotta végre. Amint a 3. ábra szemlélteti, a szervezetek és intézmények tekintetében a kiberbiztonsági incidensek emelkedő tendenciát mutattak az állami bejelentések vonatkozásában.



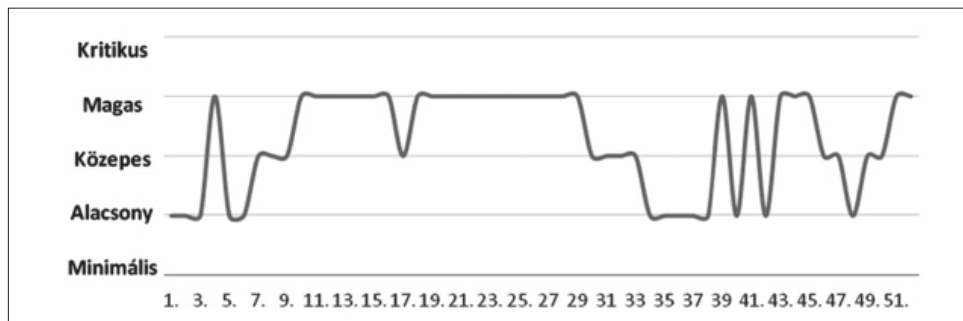
3. ábra: A 2014. év során bejelentett állami incidensek negyedévenkénti megoszlása

Köszönhetően a jogszabályi előírásoknak, az informatikai biztonsági események bejelentései a különböző szervezetek tekintetében növekvő tendenciát mutattak, s ezzel nagymértékben hozzájárultak ahhoz, hogy az államigazgatás egyenszilárdságú IT-biztonsága kialakulhasson. Az incidensek bejelentéséről azonban általánosságban még mindig megállapítható, hogy az érintett szervek bejelentési

hajlandósága elmarad az optimálistól, tulajdonképpen igyekeznek az esetet „házon belül” tartani, elhárítani. Ebben a tekintetben pozitív irányú elmozdulás már kimutatható, köszönhetően többek között a tudatosítási tevékenységnek és a megfelelő kapcsolati rendszer kiépülésének.

Általánosságban kijelenthető, hogy a 2013. évi L. törvény bevezetésekor tapasztalható IT-biztonsági állapotokhoz képest jól érzékelhető, pozitív irányú elmozdulás történt, mind szervezeti, mind szakmai szinten. Ugyanakkor hozzá kell tenni, hogy a különböző államigazgatási szervezetek (minisztériumoktól kezdve a legkisebb önkormányzatokig) csak a rendelkezésre álló erőforrások mértékében (szakemberek, szaktudás, eszközök, költségvetés) tudják megvalósítani a védelmi intézkedéseiket. Fontos kiemelni, hogy a szervezeteknél már meglévő, illetve a jövőben kialakítandó rendszereknél az informatikai biztonsági aspektusok figyelembevételének és az ehhez szükséges erőforrások hozzárendelésének prioritást kell élveznie.

A tavalyi év fenyegetettségi statisztikájából jól látszik, hogy a szervezetek számára mennyire fontos az IT-biztonsággal kapcsolatos szabályozások és beruházások megfelelő kivitelezése. Az IT-rendszerek sérülékenységeiből és az aktuális incidensekből kalkulált fenyegetettségi szint több esetben huzamosabb időn keresztül volt magas fokozatban, s ez jelezte a szervezetek kitérttségét (4. ábra).



4. ábra: A heti fenyegetettségi szintek alakulása az incidensek biztonsági besorolása alapján

A szervezeteknél a mindennapi feladatok ellátásához használt konfigurációk – mind hardver-, mind szoftveroldalról, illetve a kialakult eljárások tekintetében – sok esetben nem felelnek meg a kívánatos biztonsági besorolásnak. A törvény által biztosított felkészülési idő végére a kötelező fejlesztések elvégzése kulcsfontosságú, ezért szükség van a szervezetek differenciált (a kockázatarányos védekezés elvének megfelelő) támogatására (úgynevezett szolgáltatásportfólió megalkotására), amelynek segítségével az adott intézmény sikeresen elérheti a megfogalmazott célokat.

A kulcsfontosságú projekteket megvalósító intézmények vonatkozásában az új rendszerek tervezésénél, illetve a már működő rendszereik fejlesztésénél le-

hetőség szerint már a kezdeti szakaszban vonják be az IT-biztonsági struktúra megfelelő szereplőit, így biztosítva a már korábban említett egyenszilárdságú védelem kialakítását. Az incidensek megelőzését szolgálja a felhasználói oldalon tapasztalható alacsony biztonságtudatossági szint megemlése az oktatás, tudatosítás eszközeivel. Számos esetben a felhasználók elővigyázatlanságából fakadnak problémák (pl.: mobil eszközök csatlakoztatása hálózati gépre, ellenőrizetlen forrásból származó levelek, csatolmányok megnyitása), amelyek kis odafigyeléssel elkerülhetőek lennének.

A szervezeteknél megfigyelhető tendencia az úgynevezett saját eszközökkel történő munkavégzés (Bring Your Own Device, BYOD), amelyre megfelelő szabályzók hiányában és a még nem kialakult biztonsági tudatosság tekintetében meg kell kezdeni a mielőbbi felkészülést, mind technikai, mind biztonsági, valamint humán nézőpontból. Az IT-biztonsági tudatosság növelése érdekében a Kormányzati Eseménykezelő Központ tájékoztató hírlevelet bocsát ki, illetve tudatosságnövelő kampányokat, konferenciákat szervez a vezető iparági szereplők bevonásával.

Érdeemes megemlíteni, hogy a különböző szintű kibervédelmi gyakorlatok (table top és technikai, illetve ágazati vagy komplex szintű gyakorlatok) rendszeres lebonyolításával korai stádiumban felismerhetőek azok a problémák, amelyek csak a kiemelt IT-biztonsági események bekövetkezésekor kerülnének felszínre. A GovCERT számára elsődleges feladatként jelentkezik a Nemzeti Távközlési Gerinchálózat (NTG) védelmével kapcsolatos teendők ellátása. A Nemzeti Infokommunikációs Szolgáltató Zrt. (NISZ) ellátja az NTG első körös védelmét, és az így nyert adatok segítségével megvalósítható a – GovCERT közreműködésével végrehajtott – komplex védelem. Itt kell azonban megjegyezni, hogy az Ibtv. hatálya alá tartozó állami és önkormányzati szervezetek teljes védelmének biztosításához nem elegendő az NTG kizárólagos védelme, hiszen sok szakrendszer (létfontosságú rendszer) az IT-infrastuktúrából következően nem minden esetben jelenik meg az NTG hálózatán.

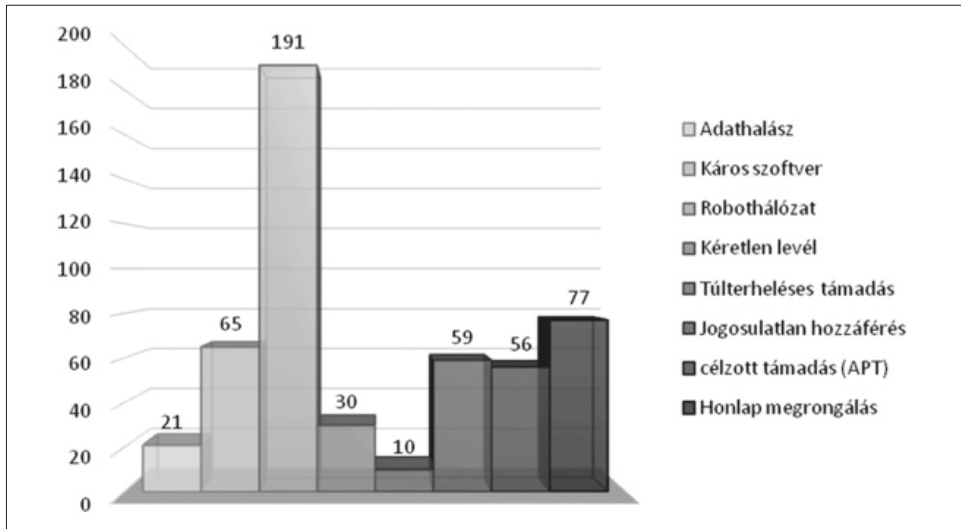
A szervezeteknél már bekövetkezett incidensek teljes körű kezelésének érdekében (életciklus-menedzsment) meg kell valósítani (az érintett szervezetekkel összhangban), hogy ne csak az incidens bejelentéséről, hanem annak elhárítás utáni visszacsatolásáig a szervezet megfelelő információkat küldjön a GovCERT részére, a további esetek elkerülésének, valamint az esetlegesen más pontokon bekövetkező incidensek hatékonyabb elhárításának és koordinálásának érdekében.

Megfigyelhető, hogy amennyiben az intézmény önszántából tesz bejelentést, úgy az együttműködési hajlandóság miatt az incidensek elhárítása sokkal eredményesebb. Hangsúlyozni kell, hogy a szervek saját rendszereit érintő események bejelentései, illetve a külső forrásból szerzett információk (CERT-ek, IT-biztonsági fórumok, egyéb nemzetközi szervezetek) jelzései szolgáltatják az adatokat a

GovCERT által végzett elemzésekhez, amelyeknek folyamatos fejlesztése az EKOP 2.2.6. pályázat keretein belül jelenleg is zajlik.

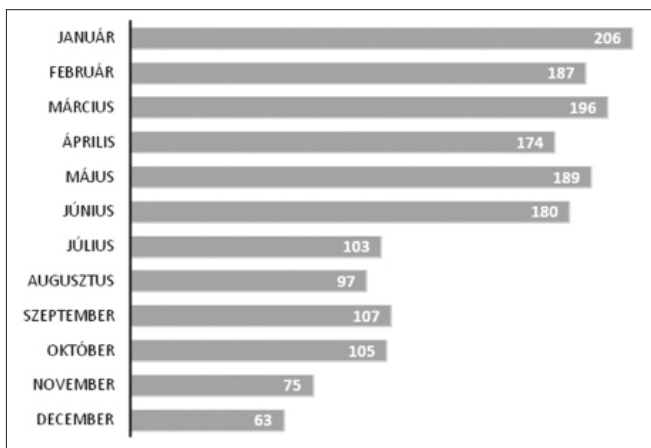
Ezáltal a kutató-elemző – például a naplófájl-elemzésekre támaszkodó reaktív, illetve károskód-elemző – tevékenység eredményeként olyan hozzáadott érték állítható elő, amely nemcsak az állami és önkormányzati szereplők, hanem a civil szféra érintettjei (internet-, tárhely- és kommunikációs szolgáltatók stb.) részére is értékes kiberbiztonsági információkkal szolgál.

2014-ben, a GovCERT által kezelt állami és önkormányzati incidensek megoszlását az 5. ábra szemlélteti.



5. ábra: A 2014-ben bejelentett incidensek megoszlása az állami és önkormányzati szerveknél

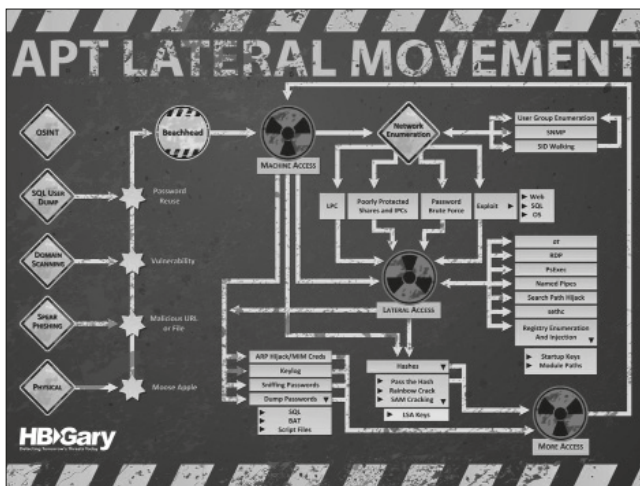
A statisztika jól mutatja, hogy gyakoriságukat tekintve a robothálózatokkal kapcsolatos incidensek (botnet) voltak túlsúlyban, míg a többi, úgynevezett támadási vektor lényegesen kisebb arányt képviselt. Amennyiben az erőforrásigényeket is figyelembe vesszük, úgy mindenképpen ki kell térni az APT-k (advanced persistent threat, azaz folyamatosan fennálló, kifinomult támadási forma) által okozott kiberbiztonsági eseményekre. A GovCERT megelőző tevékenysége keretében folyamatosan és késlekedés nélkül közzéteszi az IT-rendszerek sérülékenységéről készült jelentéseket. A különböző sérülékenységjelentések arról tesznek tanúbizonyságot, hogy az informatikai rendszerek védelmét megfelelő súllyal kell kezelni.



6. ábra:  
Sérülékenységi publikációk  
havi bontásban (2014)

### Tipikus kiberbiztonsági kockázatok

A már említett APT támadási metódusok rendkívül szofisztikáltak, sokáig rejtve tudják végezni tevékenységüket, ezáltal hatásosan érik el a megbízók által kijelölt célokat (információszivárogtatás, rombolás, kémkedés stb.). Az incidenskezeléseknél gyakran szembesülni akár 4-5 éve a rendszerekben alattomosan jelen lévő APT-variánsokkal (Miniduke, Turla stb.),<sup>3</sup> amelyek teljes eltávolítása módfelett sok gépi és emberi munkaórát emészt fel. Az APT támadási vektorait, a megfertőződött szervezetten belüli mozgását jól szemlélteti a 7. ábra.



7. ábra: az APT  
anatómiája<sup>4</sup>

<sup>3</sup> További információ: [tech.cert-hungary.hu](http://tech.cert-hungary.hu); [github.com/kbandla/aptnotes](https://github.com/kbandla/aptnotes).

<sup>4</sup> Forrás: [www.novainfosec.com/wp-content/uploads/2012/11/APT-Lateral-Movement.png](http://www.novainfosec.com/wp-content/uploads/2012/11/APT-Lateral-Movement.png).

Fontos megemlíteni, hogy az egyéb támadástípusoknál is a komplex kivizsgálási szemléletmód alkalmazása érvényesül a GovCERT eljárásrendjében, hiszen ezek az incidensek a rosszindulatú szoftverek (malware) célba juttatásának és működési eredményének indikációját képezhetik.

## *Esettanulmányok*

A két bemutatandó esetpélda jól szemlélteti, hogy milyen veszélyek jelentkezhetnek a bonyolult, egymással összeköttetésben álló közigazgatási rendszerekben, s hogy az ezek kivédésére tett erőfeszítések az adott intézmény részéről gyakran nem elegendők. Rendkívül fontos tehát, hogy a védekezés az egész közigazgatásban egységesen, minden szereplő, a rendszerekkel kapcsolatban álló összes érintett részéről megvalósuljon.

### *Virtuális gépek kitétsége és következményei*

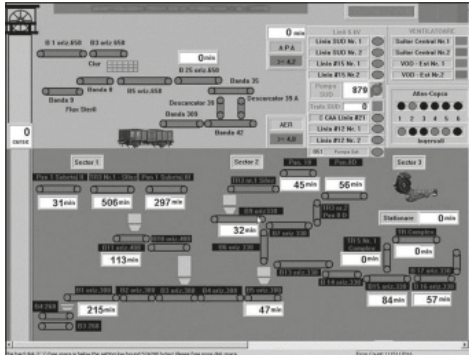
A virtualizációs technológiák az informatika számos területén fellelhetők. Nem jelentenek kivételt az üzemek, kórházak vagy egyéb, a létfontosságú infrastruktúrát alkotó ipari létesítmények sem. Ezen technológia segít optimalizálni az IT-architektúra kapacitáskihasználását és csökkenti a beruházások költségeit. A védtelen rendszerek számos problémát jelentenek, hiszen az irányításuk megszerzésével átvehető az IT-infrastruktúra többi eleme felett is az irányítás. 2013-ban Paul McMillan a SCADA-rendszerek kitétségét vizsgálta. A kutatás fókuszában az interneten található virtuális gépek felkutatása, majd a belépés megkísérlése állt (a belépés után egy képernyőmentést készítettek). A teljes internet vonatkozásában (a kormányzati és egyetemi IP-tartományok kivételével) közel 30 ezer virtuális gépre sikeresen csatlakoztak és léptek be. Az így begyűjtött adatok kiértékelését követően számos vállalatirányítási, vezérlési, folyamatirányítási és egyéb SCADA-rendszer védelmének a teljes hiányát állapították meg.

A 8-11. ábra néhány példát mutat be arra, hogy a szkennelés során milyen védtelen rendszereket tudtak elérni, amelyek felett akár át is vehették volna az irányítást.

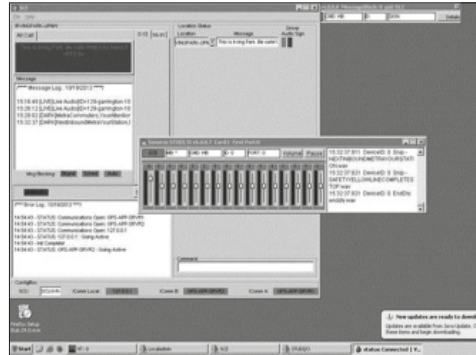
Érdekes kérdést vett fel a Techni-Cast 11. ábrán látható esete. Az ellátási lánc egy elemében történő támadás (jelen esetben a nem megfelelő konfiguráció a beszállítónál) úgy tud hatást kifejteni a szervezetre, hogy az nincs is tisztában a rendszereiben rejlő „bomba” meglétével. Már tapasztalhatók azok a támadási vektorok, amelyek nem közvetlenül a kiszemelt áldozatot, hanem annak egyik kevésbé óvatos beszállítóját veszik célba. Nagyon fontos tehát, hogy a szervezetek rendelkezzenek



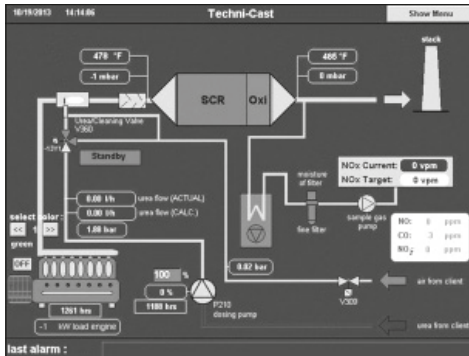
előre kialakított eljárásrenddel az ilyen veszélyek leküzdésére, s ennek egyik elemét a valós audit rendszeres elvégzésének kell képeznie.



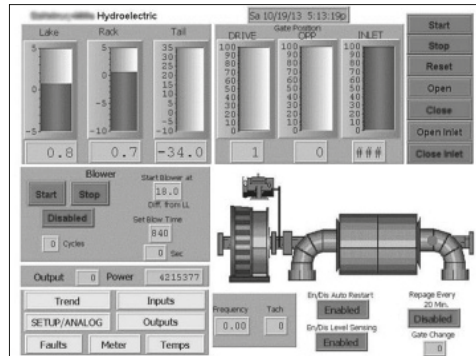
8. ábra: Egy szénbánya felügyeleti rendszere Romániában – a panel a földfelszín alatti szellőztetőrendszerről ad tájékoztatást, ám az nem tisztázott, hogy lehetőség nyílik-e a rendszerek manipulációjára<sup>5</sup>



9. ábra: A rendszer felügyeli és irányítja az Irving Park állomás jelzőrendszerét (a további irányítórendszerekhez való hozzáférés lehetőségét nem vizsgálták)



10. ábra: A Los Angelesben található Techni-Cast öntöde irányítórendszere – a generátort készítő német cég úgy konfigurálta a rendszert, hogy Európából is figyelemmel tudja kísérni a folyamatokat

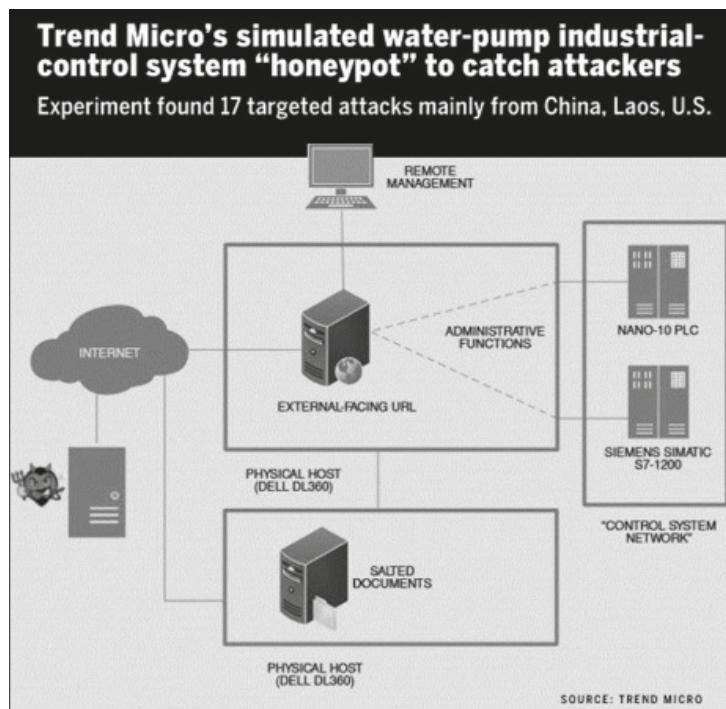


11. ábra: Az internetes szkennelés két kisméretű vízterőművet azonosított New York közelében, amelyek nem voltak megfelelő védelemmel ellátva (a két erőmű New York energiaellátásában játszott szerepet)

<sup>5</sup> Forrás: [www.wired.com/2013/11/internet-exposed](http://www.wired.com/2013/11/internet-exposed).

## Védekezés – szenzor – honeypot

A rendszervédelem kialakításának alappilléret alkotja a különböző alapvető határ-  
védelmi technológiák integrálása (tűzfalak, IDS, IPS rendszerek). Ezek a védelmi  
rendszerek azonban sok esetben nem tudják detektálni és megakadályozni az olyan  
kifinomult támadási formákat (pl. APT), amelyek a rendszerek még széles körben  
nem ismert sérülékenységét (Zero-day vulnerability) vagy egyszerűen a működésből  
eredő gyengeségét használják ki (a korábban már bemutatott virtuális technológia).



12. ábra:  
A Trend Micro által készített csapda-  
rendszer, amely egy vízszivattyú folyamat-  
irányítását emulálja<sup>6</sup>

A valós támadások detektálására tett kísérletet a Trend Micro, amikor kiépítette a SCADA-rendszereket emuláló honeypot csapda-, illetve szenzorhálózatát. A technológia létjogosultsága megkérdőjelezhetetlen, azonban jogi és egyéb vonzatai még tisztázásra várnak. A kialakított csapdarendszer 12 potenciális támadást érzékelt csupán pár nap elteltével! A veszély tehát valós, efelől semmi kétség. Ezek a csapdarendszerek segítenek érzékelni a támadásokat, szerepet játszhatnak a támadásokra való felkészülésben, valamint védelmet is jelentenek a valós rendszereknek.

<sup>6</sup> Forrás: [www.trendmicro.com/media/wp/whos-really-attacking-your-ics-equipment-whitepaper-en.pdf](http://www.trendmicro.com/media/wp/whos-really-attacking-your-ics-equipment-whitepaper-en.pdf).

## *Az APT közigazgatási aspektusai*

A kibertámadások sok esetben az állam tudomásával, sőt állami felhatalmazással valósulnak meg. A tényleges támadó kilétét azonban nem lehet minden kétséget kizáróan bizonyítani, arra általában csak következtetni lehet. Az elmúlt időszakban a GovCERT tudomására jutott, konkrét, magyar vonatkozású – feltételezhetően orosz eredetű – esetpélda jól szemlélteti, hogy mekkora erőforrások lekötésére, illetve erőfeszítésekre volt szükség ahhoz, hogy az érintettek legalább a detektálás sikerességét elfogadható szintre tudják növelni.

## *Az Uroburos-kampány*

Az (evolúciós fázisától függően) Uroburos, Turla, illetve Snake néven is ismert kampány a 2014-es év egyik legnagyobb kiberkémkedési esete volt, amely a hazai közigazgatási szereplők körében is igen nagy visszhangot keltett. A kártékony kód a forráskódjában szereplő karakterlánc (uR0buR(s) alapján kapta a nevét, eredete 2011-ig vezethető vissza. Valószínűsíthető a kapcsolat az Uroburos és a 2008-ban felfedezett Agent.btz között, amelyet amerikai kormányzati szervek ellen vetettek be.

A kártékony kód által használt támadástípusok:

- ~ célzott, illetve általános adathalászat,
- ~ honlapfeltörés, aztán átirányítás a támadó szerverre.

Az incidens súlyosságát jól szemlélteti, hogy az Uroburos-kampányban közel félszáz magyar szervezet volt érintett. A GovCERT minden esetben felvette az érintett intézménnyel a kapcsolatot, majd a felderítést megkönnyítendő detekciós segédletet küldött neki, valamint értesítette a hatóságot (NEIH) és a szakhatóságot (NBF) is. Az ezt követő konkrét vizsgálatokat a szervezetek saját hatáskörükben hajtották végre. Ez alapján 17 intézmény tudta azonosítani a fertőzött rendszereket, volt olyan szervezet, amelynek több rendszereleme is kompromittálódott.

A kivizsgálás során összegyűjtött<sup>7</sup> és elemzett információk alapján az Uroburos működése három fázisból tevődik össze:

- ~ *Az első fázisban* a támadó legális weboldalakra helyez el átirányító keretet az IFrame<sup>8</sup> befeckendezéses sérülékenység kihasználásával. Ezek általában a hivatalos feladatok ellátásához szükséges weboldalak, amelyek száma 2014 májusáig

<sup>7</sup> Zárt körben terjesztett kiberfenyegetettségi adatok, a nemzetközi CERT közösségi forrásokból beérkezett anyagok.

<sup>8</sup> Az IFrame (inline frame) egy HTML-elem, amely lehetővé teszi más HTML-dokumentumok beágyazását a fő dokumentumba.

79 volt. Az ilyen módon megváltoztatott, legális honlap irányítja át látogatóit egy speciálisan előkészített domainre, amely alapján elindulhat a fertőzés második szakasza.

- ~ A *második fázisban* az átirányított számítógépről adatgyűjtést (letapogatást) végez a támadó. Az adatgyűjtés Java szkriptek futtatásával történik. A begyűjtött információk (hardver- és rendszerkomponensek és a hozzájuk tartozó sérülékenységek) ismeretében a támadó adatelemzést és értékelést végez a célpontok támadási vektorának meghatározása érdekében. A konkrét célpontok kiválasztása a kampány mögött álló elkövetői kör igényeinek és céljainak megfelelően történik. Megjegyzendő, hogy a Nemzeti Távközlési Gerinchálózaton naplózott adatok elemzése az előző két fázis eredményeit, vagyis az átirányított, potenciális célpontok letapogatását mutatta ki. A GovCERT által feltárt találatok tehát a támadó letapogató tevékenységét fedték fel, ez tehát még nem jelenti a tényleges fertőzés megtörténtét.
- ~ A *harmadik fázisban* a kiválasztott célpontok gyengeségeinek ismeretében a támadók meg tudják határozni az adott rendszerre érvényes támadási vektort, majd végrehajtják a konkrét fertőzést (újabb átirányítás keretében). A támadási vektor által a rendszert megfertőző malware ezután megkezdí káros tevékenységének kifejtését, amelynek során a rendszerből kinyerhető adatok továbbítását, illetve a hálózati szegmensen keresztül káros kódjának továbbterjesztését végzi.

A fentiek szerint tehát a letapogatás után csak további érdeklődés esetén történik meg a fertőzés. A GovCERT számára rendelkezésre álló másodlagos adatok alapján a legjobb gyakorlatként minden esetben megtörtént az érintett intézmény értesítése. A GovCERT a detekciós feladatot a CrySys és a G Data információbiztonsági cégektől beszerzett, speciális Uroburos-detektor biztosításával is elősegítette.

A GovCERT a szervezetek számára azt tanácsolta, pozitív találat hiánya esetén is éljenek további intézkedésekkel az informatikai rendszerek megerősítése és védelme érdekében.

A fentiekre való tekintettel a GovCERT a következő megelőző intézkedések végrehajtását javasolta az érintett intézményeknek:

- ~ A jogosultságok azonosítását biztosító jelszavakat megfelelő hosszúságban és lejáratú idővel válasszák meg.
- ~ Rendszeres, a szervezet teljes informatikai architektúráját érintő auditot tartsanak.
- ~ A határvédelmi rendszerek adatbázisait tartsák naprakészen.
- ~ Frissítsék a végpontvédelmi rendszereket.
- ~ Végezzék el az egyéb rendszerkomponensek patch menedzsmentjét (a fertőzési vektorok leszűkítése érdekében).
- ~ Korlátozzák a Java-kódfuttatást.

- ~ Amennyiben a fertőzés gyanúja felmerül, alkalmazzanak detektort. Pozitív találat esetén teljes memóriadump és lemezkép elkészítése szükséges.
- ~ A fertőzés beigazolódása esetén ne mulasszák el a megfelelő szervezetek tájékoztatását, a fertőzött minták izolálását és rendelkezésre bocsátását.
- ~ A fentiek elvégzése után törekedjenek a rendszer újratelepítésére (megbízható forrásokból), a rendszerkomponensek frissítésére, illetve a határ- és végpontvédelmi rendszerek alkalmazására.
- ~ Vizsgálják felül a különböző hitelesítési és hozzáférési adatbázisokat, teljes körűen cserélik le a jelszavakat minden jogosultsági szinten.
- ~ Ne mulasszák el az informatikai biztonsági rezsimszabályok megalkotását, rendszeres felülvizsgálatát és betartásának ellenőrzését.

Az esetpélda kitűnően szemlélteti, hogy milyen közvetlen és közvetett károkat tud okozni egy-egy APT-kampány, amely akár több éven keresztül is ki tudja fejteni káros hatását anélkül, hogy ez az érintett szervezetek tudomására jutna. Még nagyobb terhet ró az intézményekre a fertőzés felszámolása, illetve – az incidens teljes életciklus-menedzsmentje érdekében – a kivizsgáláshoz szükséges minták biztosítása.

### ***A GovCERT válasza a kihívásokra***

A komplex kiberbiztonsági kihívásokra válaszul a Kormányzati Eseménykezelő Központ fejlesztéseket végez annak érdekében, hogy mind az incidensek elhárítása, megelőzése, mind az ügyfelekkel történő minél gördülékenyebb kapcsolattartás terén minden tekintetben meg tudjon felelni az elvárásoknak. Ezért az Elektronikus Közigazgatás Operatív Program (EKOP 2.2.6) keretében 2015 végére megvalósul a GovCERT károskód-elemző, -rendszerelő és ERP-rendszereinek, valamint bigdata központjának fejlesztése.

A beruházások technológiai szempontból négy, egymással szinergiában álló területen valósulnak meg, ezek a dimenziók egymást kiegészítik és erősítik. A sok esetben teljesen egyedi megoldásokkal kialakított rendszerek – különösen a malware-labor – működtetéséhez megfelelő kompetenciával rendelkező kollégák képzése is a projekt keretében valósul meg.

### ***Információs központ***

Segítségével a központ teljes ERP-rendszere megújul, illetve kiegészül nagy teljesítményű, logelemzést ellátó funkcióval. A hibajegykezelő rendszer modernizálása segít a nagyszámú incidens nyomon követésében, illetve a koordinációs tevékenységek elvégzésében. A megújuló portálrendszer és tudásbázis ellátja a szervezeteket információval, valamint megkönnyíti és leegyszerűsíti az incidensbejelentés folyamatát is.



13. ábra: Az EKOP 2.2.6 keretében megvalósuló fejlesztés dimenziói

### ***Analitikus központ***

A nagy mennyiségű információ feldolgozását és korrelációs elemzését ez a rendszer hivatott ellátni. A Hadoop technológia biztosítja a megfelelő alapot arra, hogy az elemzések értelmezhető információkká álljanak össze, amelyek segítségével a GovCERT előrejelzéseket, jelentéseket és riasztásokat tud szolgáltatni az érintett szervezeteknek.

### ***Malware-labor***

A károskód-elemző laborban elemzik a malware-kódokat (teljes körű, dinamikus kártékonykód-elemzés), miáltal megfigyelhetővé válik viselkedésük, hatásmechanizmusuk, így kialakítható az optimális eltávolítási eljárásrend is. Nagyon fontos elemét képezi a központ funkcióinak ezen elemzői tevékenység, ugyanis saját bevizsgálás hiányában nem minden esetben lehetett a hazai intézményekre szabott megoldásokat alkalmazni.

### ***Komplex fejlesztés***

A megvalósuló fejlesztés segítségével a központ képessé válhat arra, hogy a legmodernebb eszközökkel végezze el a sérülékenységi, illetve auditeljárásokhoz szükséges feladatokat.

## *Kompetenciák*

A projekt számos olyan területen fejleszti a GovCERT funkcióit, szolgáltatásait, ahol nélkülözhetetlenek a megfelelő kompetenciákkal bíró kollégák. A kizárólagos eszközfejlesztéseket elkerülendő a központ valamennyi kollégája szakmai képzésen vesz részt. A folyamatos kompetenciafejlesztéssel biztosítható a feladatok szakszerű és magas színvonalú ellátása.







## A VÍZ HIÁNYA ÉS TÖBBLETE, MINT POTENCIÁLIS VESZÉLYFORRÁS

*Nemzetközi tudományos-szakmai konferencia*

**2014. november 5–6. Duna Palota**

1051 Budapest, Zrínyi u. 5.

Magyarország páratlan természeti adottságát képezi gazdagsága a felszíni és felszín alatti vizekben, ivóvízben és termálvízben. Viszont a víz veszélyforrás is, hiszen hazánk területének negyedét fenyegeti az árvíz, közel felét a belvíz. Máskor – mint például 2003-ban – az aszály, a víz hiánya miatt szenvedett az ország. Mindemellett a víz és élővilága korunk egyik leginkább védelemre szoruló természeti kincse. Így a határokkal osztott Kárpát-medencében a vízgazdálkodás rendkívüli jelentőségű társadalmi tényező, a nemzeti biztonságpolitika fontos eleme. Tetézi a feladat nagyságát és bonyolultságát a klímaváltozáshoz való alkalmazkodás fokozódó kényszere. Ezt a sokarcú vizet szükséges kellő biztonsággal, szervezett, tudományosan megalapozott tevékenységgel – a vízgazdálkodással – a társadalom szolgálatába állítani. A társadalom minden tagja gazdálkodik a vízzel és érdekelt a vízállapotokban. Azért, hogy az egymásnak sokszor ellentmondó érdekek érvényesítésének az eredője a közérdeknek feleljen meg, a központi állami irányítás fő feladata és felelőssége az érdekek és célok, a feladatok és eszközök összhangjának megteremtése. Ennek fontos eleme a sokirányú párbeszéd és együttműködés az állam, a társadalom, az igazgatás, a helyi közösségek és az egyes szakmák között, a tudományban pedig a szűklátókörűség csapdáit elkerülő multi- és interdiszciplináris megközelítés. Ezt hivatott szolgálni *A víz hiánya és többlete mint potenciális veszélyforrás* című konferencia is, a Belügyi Tudományos Tanács, a Magyar Tudományos Akadémia és az OVF Tudományos Tanács összefogásával.

**A konferencia fővédnöke: DR. PINTÉR SÁNDOR**

Magyarország belügyminisztere

**A konferencia védnöke: DR. FELKAI LÁSZLÓ**

Belügyminisztérium, közigazgatási államtitkár,

Belügyi Tudományos Tanács, elnök

2014. NOVEMBER 5.

8.00–9.00 Regisztráció

**PLENÁRIS ÜLÉS**

**Duna Palota, Színházterem**

**Levezető elnök: Prof. Dr. Németh Tamás, akadémikus**

MTA IV. Agrártudományok Osztálya, osztályelnök, egyetemi tanár

9.00–9.20 *Megnyitó, köszöntők*

**Dr. Áder János**

Magyarország köztársasági elnöke

**Dr. Pintér Sándor**

Magyarország belügyminisztere

**Prof. Dr. Lovász László, akadémikus**

Magyar Tudományos Akadémia, elnök

9.20–9.50 *Világtrendek a vízveszély felismerésében*

**Prof. Dr. Szöllősi-Nagy András, az MTA doktora**

UNESCO-IHE (Delft), rektor, Víz Világtanács (WWC),  
elnökségi tag

9.50–10.20 *Az ICPDR klímaadaptációs stratégiája a Duna-vízgyűjtőre:  
kihívások és válaszok*

**Ivan Zavadsky**

Nemzetközi Duna-védelmi Bizottság, főtitkár

10.20–10.50 **A vízveszélykezelés módszertana és legújabb eredményei a  
hazai vízgazdálkodásban**

**Prof. Dr. Józsa János, akadémikus**

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Építőmér-  
nöki Kar, **Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszék, tanszékveze-  
tő, tudományos dékánhelyettes, egyetemi tanár**

10.50–11.10 **Kávészünet**

- 11.10–11.40 *Víz – világ – biztonság 2014*  
**Prof. Dr. Nógrádi György, PhD**  
Budapesti Corvinus Egyetem Gazdálkodástudományi Kar  
**Vállalkozásfejlesztési Intézet, Védelem- és Biztonságpolitikai  
Kutatóközpont**, vezető, egyetemi tanár
- 11.40–12.10 *Nemzetközi folyamatok a globális vízgazdálkodás ügyében*  
**Dr. Baranyai Gábor**  
Igazságügyi Minisztérium, a határokkal osztott természeti erő-  
források fenntartható használatáért felelős miniszteri biztos
- 12.10–12.40 *Duna Régió Stratégia*  
**Joó István**  
Külgazdasági és Külügyminisztérium, a Duna Régió Stratégia  
végrehajtásáért felelős miniszteri biztos
- 12.40–13.30 **Büféebéd**  
**Levezető elnök: Prof. Dr. Józsa János, akadémikus**  
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Építőmér-  
nöki Kar, Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszék, tanszékvezető,  
tudományos dékánhelyettes, egyetemi tanár
- 13.30–14.00 *A természeti erőforrások szerepe a fenntartható fejlődésben*  
**Prof. Dr. Németh Tamás, akadémikus**  
MTA IV. Agrártudományok Osztálya, osztályelnök, egyetemi tanár
- 14.00–14.30 *A szélsőséges vízháztartási esetek talajtani okai és következményei*  
**Dr. Várallyay György, akadémikus**  
MTA Agrártudományi Kutatóközpont, Talajtani és Agrokémiai  
Intézet, kutató, professor emeritus
- 14.30–15.00 *Víz és társadalom a Kárpát-medencében – történeti áttekintés*  
**Fejér László**  
Magyar Mérnöki Kamara Történeti Bizottság, elnök
- 15.00–15.20 **Kávészünet**
- 15.20–15.50 *Együttműködés az árvízveszély megelőzése érdekében*  
**Chipak Volodymyr**  
Tiszai Vízugyűjtő-gazdálkodási Igazgatóság, igazgató, Ukrajna

- 15.50–16.20 *Vízminőség-biztonság határokon áttérjedő hatások esetén*  
**Dr. Pásztor Sándor**  
Környezetvédelmi és Klímaváltozási Minisztérium, vízügyi államtitkár, Románia
- 16.20–16.50 *A vízlépcsők és az üzemelésbiztonság kérdései nemzetközi együttműködés keretén belül*  
**Dušan Čerešňák**  
Szlovákia határvízi kormány meghatalmazottja
- 16.50–17.00 **Kérdések és válaszok**
- 18.30~ **Zártkörű rendezvény**

**2014. NOVEMBER 6.**

**I. SZEKCIÓ: Magyarország vízgazdálkodásának szakmai alapjai**  
**Duna Palota, Színházterem**

- 8.00–9.00 *Érkezés*  
**Levezető elnök: Dr. Somlyódy László, akadémikus**  
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem **Építőmérnöki Kar**, Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszék, professor emeritus
- 9.00–9.20 *Integrált vízgazdálkodás*  
**Dr. Ijjas István, PhD**  
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem **Építőmérnöki Kar**, Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszék, professor emeritus
- 9.20–9.30 *Korreferátum: Vízkészlet-gazdálkodás*  
**Simonffy Zoltán**  
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem **Építőmérnöki Kar**, Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszék, meghívott oktató
- 9.30–9.40 *Korreferátum: Éghajlatváltozási előrejelzések*  
**Dr. Nováky Béla, PhD**  
MTA–BME Vízgazdálkodási Kutatócsoport, ny. tudományos főmunkatárs

- 9.40–10.00 *Vita*
- 10.00–10.20 **Kávészünet**
- 10.20–10.40 *Vízkárelhárítás*  
**Láng István**  
Országos Vízügyi Főigazgatóság, műszaki főigazgató-helyettes
- 10.40–10.50 *Korreferátum: Az árvíz mint veszélyforrás és kezelésének új követelményei*  
**Dr. Szlávik Lajos, PhD**  
Magyar Hidrológiai Társaság, elnök, professor emeritus
- 10.50–11.00 *Korreferátum: Vízkárelhárítás és környezetvédelem*  
**Búsi Lajos**  
Országos Környezetvédelmi és Természetvédelmi Főfelügyelőség, főigazgató
- 11.00–11.10 *Korreferátum: A belvízi veszélyeztettség mint gazdaság- és életminőség-befolyásoló tényező*  
**Dr. Kozák Péter, PhD**  
Alsó-Tisza-völgyi Vízügyi Igazgatóság, igazgató, Eötvös József Főiskola Vízépítési és Vízgazdálkodási Intézet, főiskolai docens
- 11.10–11.20 *Vita*
- 11.20–11.40 *Területi vízgazdálkodás*  
**Dr. Váradi József**  
Országos Vízügyi Főigazgatóság Tudományos Tanács, elnök
- 11.40–11.50 *Korreferátum: Sík és dombvidéki vízrendezés*  
**Szilágyi Attila**  
Közép-Duna-völgyi Vízügyi Igazgatóság, igazgatóhelyettes főmérnök
- 11.50–12.00 *Korreferátum: A vízhiány mint veszélyforrás*  
**Dr. Ligetvári Ferenc, DSc**  
Debreceni Egyetem, egyetemi magántanár
- 12.00–12.10 *Korreferátum: Az agrárium és a víz*  
**Ifj. Hubai Imre**  
Nemzeti Agrárgazdasági Kamara, vidékfejlesztésért felelős országos alelnök

- 12.10–12.20 *Vita*
- 12.20–13.10 **Büféebéd**  
**Levezető elnök: Dr. Váradi József**  
OVF Tudományos Tanács, elnök
- 13.10–13.30 *Települési vízgazdálkodás (víziközmű szakterület)*  
**Haranghy Csaba**  
Fővárosi Vízművek, vezérigazgató, Magyar Vízipari Klaszter, főtitkár
- 13.30–13.40 *Korreferátum: Ivó- és iparivíz-ellátás*  
**Dr. Melicz Zoltán, PhD**  
Eötvös József Főiskola, rektor, egyetemi docens
- 13.40–13.50 *Korreferátum: A nemzeti programokon kívüli szakmai kihívások*  
**Murányiné Krempels Gabriella**  
Belügyminisztérium Vízgazdálkodási Főosztály, főosztályvezető
- 13.50–14.10 *Vita*
- 14.10–14.30 **Kávészünet**
- 14.30–14.50 *Speciális területek*  
**Reich Gyula**  
Magyar Mérnöki Kamara Vízgazdálkodási és Vízépítési Tagozat, elnök
- 14.50–15.00 *Korreferátum: Gazdálkodás, kapacitások*  
**Jakus György**  
Országos Vízügyi Főigazgatóság, ny. főigazgató-helyettes
- 15.00–15.10 *Korreferátum: Oktatás, tudomány*  
**Dr. Bakonyi Péter, PhD**  
Vízgazdálkodási Tudományos Kutatóközpont (VITUKI), ny. vezérigazgató, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, c. egyetemi tanár
- 15.10–15.20 *Korreferátum: Nemzetközi feladatok*  
**Kovács Péter**  
Belügyminisztérium Vízügyi-gazdálkodási Főosztály, főosztályvezető

15.20–15.40 *Vita*

15.40–15.55 **Kérdések és válaszok**

**2014. NOVEMBER 6.**

**II. SZEKCIÓ: Vízvagyonunk létfontosságú  
infrastruktúrájának biztonsága  
Duna Palota, Barna terem**

- 8.00–9.00 *Érkezés*  
**Levezető elnök: Dr. Bakonyi Péter, PhD**  
Vízgazdálkodási Tudományos Kutatóközpont (VITUKI), ny.  
vezérigazgató, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, c. egyetemi tanár
- 9.00–9.20 *A KEKKH Közigazgatási és Elektronikus Közszolgáltatások Központi Hivatala nyilvántartásainak helye, szerepe vízügyi kérdésekben*  
**Vetési Iván**  
Közigazgatási és Elektronikus Közszolgáltatások Központi Hivatala, elnök
- 9.20–9.40 *Közfeladat ellátása és az üzletmenet-folytonosság fenntartása ár-víz helyzetben*  
**Dr. Károlyi László ny. ezredes, PhD**  
Magyar Posta Zrt., biztonsági főigazgató, főiskolai tanár
- 9.40–10.00 *A vízi rendészet feladatai vizeink rendészeti biztonságának fenntartásában: folyó- és állóvizeink*  
**Barnácz István r. alezredes**  
Budapesti Rendőr-főkapitányság Dunai Vízi rendészeti Rendőrkapitányság, kapitányságvezető
- 10.00–10.20 *Balatoni modellek*  
**Torma Péter**  
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Építőmérnöki Kar, **Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszék, doktorjelölt, tanársegéd**

- 10.20–10.40 **Kávészünet**
- 10.40–11.00 *Veszélyes áruk vízi szállítása*  
**Kozma Sándor** *tű. ezredes*  
BM Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság, Veszélyes szállítmányok Főosztály, főosztályvezető
- 11.00–11.20 *Hajózási útvonalak műszaki biztosítása*  
**Dr. Simongáti Győző, PhD**  
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem **Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar**, Vasúti Járművek, Repülőgépek és Hajók Tanszék, tanszékvezető-helyettes, egyetemi docens
- 11.20–11.40 *Hajózás közben keletkező hulladékok kezelése*  
**Horst Schindler**  
Duna Bizottság, főmérnök
- 11.40–12.00 *Távérzékelési technológiák alkalmazása a vízgazdálkodásban*  
**Dr. Bíró Tibor, PhD**  
Szent István Egyetem Gazdasági, Agrár- és Egészségtudományi Kar, mb. dékán, egyetemi docens
- 12.00–12.50 **Büféebéd**  
**Levezető elnök: Dr. Bíró Tibor, PhD**  
Szent István Egyetem Gazdasági, Agrár- és Egészségtudományi Kar, mb. dékán, egyetemi docens
- 12.50–13.10 *Xenobiotikumok a vízi környezetben*  
**Prof. Dr. Márialigeti Károly, az MTA doktora**  
Eötvös Lóránd Tudományegyetem Természettudományi Kar, Biológiai Intézet, Mikrobiológiai Tanszék, tanszékvezető, egyetemi tanár
- 13.10–13.30 *Külföldi eredetű vízminőségi kockázatok csökkentése – esettanulmány és javaslatok*  
**Dr. Istvánovics Vera, az MTA doktora**  
MTA–BME Vízgazdálkodási Kutatócsoport, tudományos tanácsadó
- 13.30–13.50 *Korszerű szennyvíztisztítás: nemzetközi trendek és hazai fejlesztési irányok*  
**Dr. Patziger Miklós, PhD**  
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Építőmérnöki Kar, **Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszék**, egyetemi docens



- 13.50–14.10 *Az ivóvízellátás hatásai a világ migrációs folyamataira*  
**Dr. Vas Gizella r. ezredes**  
Országos Rendőr-főkapitányság Rendészeti Főigazgatóság, Határrendészeti Főosztály, főosztályvezető
- 14.10–14.30 **Kávészünet**
- 14.30–14.50 *Nemzetközi kapcsolatok az infrastruktúra-védelemben*  
**Dr. Görög Katalin alezredes, PhD**  
BM Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság, Kritikus Infrastruktúra Koordinációs Főosztály, főosztályvezető-helyettes
- 14.50–15.10 *Magyarország jelenlegi és várható csapadékviszonyai, különös tekintettel a szélsőségekre*  
**Bihari Zita**  
Országos Meteorológiai Szolgálat Éghajlati és Levegőkörnyezeti Főosztály, Éghajlati Osztály, osztályvezető
- 15.10–15.30 *Tározótervezés*  
**Dr. Koris Kálmán**  
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Építőmérnöki Kar, Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszék, c. egyetemi docens
- 15.30–15.45 **Kérdések és válaszok**

2014. NOVEMBER 6.

**III. SZEKCIÓ: Körkörös védelem vizeink biztonságáért**  
**Duna Palota, Széchenyi terem**

**A zárt szekcióban való részvétel feltétele magyar érdeklődőknél a személyi biztonsági tanúsítvány, külföldi résztvevőknél a legalább NATO/EU BIZALMAS szintű biztonsági tanúsítvány**

- 8.00–9.00 *Érkezés*  
**Levezető elnök: Dr. Gazdag Tibor alezredes**  
Alkotmányvédelmi Hivatal
- 9.00–9.20 *A vízdiplomácia szerepe a magyar külpolitikában*  
**Heincz Balázs**  
Külgazdasági és Külügyminisztérium Energiabiztonsági Főosztály, vízkoordinátor, doktorjelölt

- 9.20–9.40 *Az Alkotmányvédelmi Hivatal helye és szerepe a magyarországi vízbázis és vízellátás rendszerében*  
**Mayer Zsolt őrnagy**  
Alkotmányvédelmi Hivatal
- 9.40–10.00 *A Terrorelhárítási Központ műveleti képessége a vízi beavatkozások alkalmával*  
**Szebeni Lehel r. ezredes**  
Terrorelhárítási Központ
- 10.00–10.20 *A Kormányzati Eseménykezelő Központ szerepe az infrastruktúrák védelmében*  
**Dr. Bencsik Balázs őrnagy**  
Nemzetbiztonsági Szakszolgálat
- 10.20–10.40 **Kávészünet**
- 10.40–11.00 *A kormányzati EDR-szolgáltató szerepe katasztrófhelyzetekben (dunai árvíz)*  
**Dr. Balla Ferenc**  
PRO-M Zrt., általános vezérigazgató-helyettes
- 11.00–11.20 *Kritikus infrastruktúravédelem a vízi ágazatban*  
**Dr. Bognár Balázs t. ezredes, PhD**  
BM Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság, Kritikus Infrastruktúra Koordinációs Főosztály, főosztályvezető
- 11.20–11.40 *A Magyar Honvédség közreműködése az árvizek elleni védekezés feladataiban*  
**Dr. Kádár Pál dandártábornok, PhD**  
Honvédelmi Minisztérium Tervezési és Koordinációs Főosztály, főosztályvezető
- 11.40–12.00 *A Magyar Honvédség szerepe a vízbázisok védelmében és a lakosság vízellátásában*  
**Dr. Meglécz Katalin o. ezredes**  
MH Egészségügyi Központ, Védelem Egészségügyi Igazgatóság, Közegészségügyi és Járványügyi Szolgálat, intézetvezető főorvos, MH tiszti főorvos

12.00–12.50 **Büfébéd**

**Levezető elnök: Dr. Bognár Balázs t. ezredes, PhD**

BM Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság, Kritikus Infrastruktúra Koordinációs Főosztály, **főosztályvezető**

12.50–13.10 *Ami a hírekből kimaradt*

**Prof. Dr. Nógrádi György, PhD**

Budapesti Corvinus Egyetem Gazdálkodástudományi Kar, **Vállalkozásfejlesztési Intézet, Védelem- és Biztonságpolitikai Kutatóközpont**, vezető, egyetemi tanár

13.10–13.30 *Hidegháború a kibertérben*

**Zala Mihály vezérőrnagy**

Belügyminisztérium Nemzeti Biztonsági Felügyelet, elnök

13.30–13.50 *Vízbiztonság versus kiberbiztonság I.*

**Dr. Unicsovics György ezredes, PhD**

Alkotmányvédelmi Hivatal

13.50–14.10 *Vízbiztonság versus kiberbiztonság II.*

**Frész Ferenc**

Belügyminisztérium Nemzeti Biztonsági Felügyelet, CDMA Központ, vezető

14.10–14.30 **Kávészünet**

14.30–14.50 *A távolról vezérelhető rendszerek (pl. közmű) informatikai veszélyeztetettsége, világtrendek*

**Dr. Gazdag Tibor alezredes**

Alkotmányvédelmi Hivatal

14.50–15.10 *A bioterrorizmus kockázata vizeink vonatkozásában*

**Kasznár Attila százados**

Terrorelhárítási Központ, Pécsi Tudományegyetem Bölcsészettudományi Kar, Interdiszciplináris Doktori Iskola, doktorjelölt

15.10–15.30 *A vízből kimutatható élelmiszerhigiéniai veszélyforrások személyvédelmi aspektusai*

**Kocsis Nándor**

Terrorelhárítási Központ

15.30–15.45 **Kérdések és válaszok**

2014. NOVEMBER 6.

**PLENÁRIS ÜLÉS**  
**Duna Palota, Színházterem**

**Levezető elnök: Prof. Dr. Józsa János, akadémikus**  
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Építőmér-  
nöki Kar, Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszék, tanszékvezető,  
tudományos dékánhelyettes, egyetemi tanár

16.00–16.20 **A levezető elnökök beszámolója**

16.20–16.30 **A konferencia zárása**

**PÉNZÜGYI TÁMOGATÓK**



HANNS SEIDEL  
ALAPÍTVÁNY



MAGYAR POSTA ZRT.



BM OKTATÁSI, KÉPZÉSI  
ÉS TUDOMÁNSZERVEZÉSI  
FŐIGAZGATÓSÁG



NEMZETI MÉDIA- ÉS HÍRKÖZLÉSI HATÓSÁG

**SZERVEZŐK**



BELÜGYI TUDOMÁNYOS  
TANÁCS



OVf  
TUDOMÁNYOS TANÁCS