

Felszíni vízkészlet-gazdálkodási mérleg alkalmazása nagytérségi és országos stratégiai vízgazdálkodási döntések támogatásához

Szalay Miklós, dr. Iritz László, Ganszky Márton, Laurinyecz Pál, Rátky Éva
VIZITERV Environ Kft.

A vízkészlet-gazdálkodási mérleg készítésének, folyamatos felülvizsgálatának időszerűsége a társadalmi és a gazdasági fejlődésből, valamint az éghajlatváltozás vízkészletekre gyakorolt hatásából ered. Ma már az igények és a készletek harmonizálása akadályokba ütközik, és a feszültség a jövőben várhatóan fokozódik. Ugyanakkor a párolgási veszteségek ellensúlyozására a vízpótlási szükségletek nőnek. A problémák feltárásához, a jövőben felmerülő ellentéteket mérséklő intézkedések előkészítésére készült a tanulmányban ismertetésre kerülő vízkészlet-gazdálkodási mérleg. Bevezetésként a cikk röviden megfogalmazza a vízmérleg fogalmát, megkülönböztetve a vízháztartási (hidrológiai) és vízkészlet-gazdálkodási mérlegeket, majd áttekinti a vízkészlet-gazdálkodási mérlegek típusait, és a specifikus alkalmazási területeket. A magyarországi gyakorlat ismertetése mellett említésre kerülnek más országokban alkalmazott mérőszámok is. A mérőszámok időben és térben megszabják a vízhasználatok (vízkivételek) engedélyezhető mértéket, ezért is volt szükséges az itt ismertetésre kerülő modell országos területi lehatárolására és a teljes évre történő kiterjesztésére. A cikk a fő hangsúlyt a VIZITERV Environ Kft. által 2022-23-ban kidolgozott 12 havi felszíni vízmérleg modell ismertetésére helyezi, megvilágítva működésének logikáját, struktúráját, adatigényét és alkalmazási területeit. A tanulmány ez utóbbi keretében tárgyalja a vizsgált stratégiai scenáriók, forgatókönyvek előállításának gondolatmenetét, adathátterének előállítását.

Kulcsszavak: vízkészlet-gazdálkodási mérleg, vízkészlet tendenciák, vízhasználat, vízpótlás, éves vízmérleg havi bontása, területi lehatárolás, éghajlati scenáriók.

1. A VÍZKÉSZLET-GAZDÁLKODÁSI MÉRLEG

Magyarországon már több mint 70 éves hagyománya van az országos és nagytérségi vízkészlet-gazdálkodási mérlegek készítésének. Országos léptékű áttekintés a felszíni és felszín alatti vízkészletekről, vízhasználatokról, ezek főbb jellemzőiről 1964 és 1988 között évenként nyomtatásban is megjelent a *Vízkészletgazdálkodási Évkönyvben* (pl. VGI 1989). Ezek a mérlegek szolgálták alapul az országos *Vízgazdálkodási Kerettervekhez* (OVF 1965, OVH 1985), számtalan országos vagy vízügyi igazgatósági szintű gyakorlati döntéshez, és nem utolsósorban a nagylétesítmények tervezéséhez. Ez utóbbiak a távlati térségi vízigények kielégítése érdekében valósultak meg, és közéjük tartozott a Tisza- és Körös-völgy vízpótló rendszer tározási és vízátervezési kapacitásainak méretezése is.¹

A vízkészlet-gazdálkodási mérleg fogalmát célszerű az ismertebb vízháztartási mérleg felől közelíteni, amelyről tudvalévő, hogy elvileg a hidrológiai ciklus valamennyi elemét átfogja. Ennek megfelelően az egyenlet egy adott felszíni és/vagy felszín alatti térrészben írja le a víz anyagáramát, mennyiségének változását. A mérleg céljától, léptékétől, pontosság-igényétől függően a vízháztartási számítások a hidrológiai részfolyamatokat egyszerűsítik, összevonják, de általában a csapadékot, evapotranspirációt, beszivárgást, felszíni lefolyást, a felszíni és felszín alatti víztározás változását, a térrészből történő ki- és beáramlást, illetve a természetes rendszerből történő mesterséges vízkivétel, vagy oda bevezetés mennyiségét számba veszik.

¹ Az 1980-as évek eleje óta többször érte kritika ezeket a rendszereket kapacitásuknak az elvártnál kisebb kihasználása miatt. Megjegyezzük, hogy a kritika tárgyát nem a vízkészlet-gazdálkodási számítások szolgáltatták – hiszen a mérleg a hasznosulás mértékét pontosan kimutatta –, hanem azok a gazdaságpolitikai döntések, amelyek a vízigények alakulását és előrejelzését megalapozták.

Jóllehet, a vízkészlet-gazdálkodási mérleg összetett folyamatok eredője, a hazai gyakorlatban kialakult felszíni vízkészlet-gazdálkodási mérleg a hidrológiai ciklusnak csak egy szűkebb szegmensét veszi górcső alá, nevezetesen a medrekben végbemenő anyagáramot (vízhozamot). Ez utóbbit azonban olyan részletességgel, hogy a vízfolyás hossza mentén a rendelkezésre álló vízkészlet, és a vele szemben jelentkező vízhasználatok mennyisége a gyakorlati pontossági igényeknek megfelelően számszerűsíthető legyen. A mérlegszámítás egyfelől alapját képezi a *vízkészlet-gazdálkodási hossz-szelvénynek* (Bözsöny et al. 1975), amely általában egy vízfolyás mentén vizsgálja a vízkészlet, és a vízkivételek, vízbevezetések egyensúlyát. Másfelől ezen alapszik az *összesítő vízmérleg* is, amelynek nem egy-egy vízfolyás, hanem olyan vízgyűjtők, részvízgyűjtők és folyószakaszok az *alapegységei*, amelyeket a vízhálózati kapcsolatok fűznek össze (VGI 1988). Az összesítő vízmérleg az alapegységbe belépő, és az ott keletkező vízkészlet mennyiségét veti össze az alapegységben jelentkező összes terheléssel (vízelhasználással). Ez a megközelítés elhanyagolja a vízmérleg egységen belül jelentkező lokális vízhiányokat. Előnye viszont, hogy áttekinthető módon jeleníti meg az egységek közötti térbeli, vízrendszer szerinti folyamatokat, a vízátvételeket, vízkészlet-megosztási, vízkormányzási döntéseket.

2. A VÍZMÉRLEG SZÁMÍTÁS CÉLJA

A vízkészlet-gazdálkodási mérlegeket önállóan, vagy valamilyen általánosabb célú számítási eljárásba beépülve a hazai és nemzetközi vízgazdálkodás területén sokféle módon használják². A számítási eljárások kategorizálhatók alkalmazási céljaik, feltételei és módszerei alapján, így:

Az alkalmazás célja:

- Üzemirányítás;
- Országos vagy térségi vízkészlet-gazdálkodási helyzetértékelés;
- Vízkörnyezeti állapotértékelés, beleértve a vízgyűjtő-gazdálkodási tervezést;
- Vízkészlet-gazdálkodási stratégiai tervezés;
- Különböző időléptékben történő eseti számítások (nap, hét hónap év stb.);

A mérlegkészítés eszközei lehetnek

- Egyszerű mérlegszámítások³, vagy
- Összetett hidrológiai, hidraulikai folyamatokat leképező modellek⁴.

Területi bontás szerint

- Közigazgatási egységek (vízügyi igazgatóságok, régiók, megyék, ország);
- Vízgyűjtők, vagy részvízgyűjtők, vagy ez utóbbiakból képzett nagyobb egységek; pl. VGT tervezési egységek);
- Részvízgyűjtő(k), ideértve a vízgyűjtő-gazdálkodási tervezési alegységeket, és a múltban használt területi vízgazdálkodási körzeteket (TVK alegységek);
- Vízkészlet-gazdálkodási egységek, amelyek gyakorlati okokból lehetnek vízgyűjtők, részvízgyűjtők vagy a nagy folyók esetében közvetlen vízfolyás-szakaszok;

² Itt le kell szögezni, hogy nem reális az igény általános vízmérleg módszertan és alkalmazás kifejlesztésére. A vízmérleg modellek specifikusak szerte a világban az alkalmazási célonként, a rendelkezésre álló adatok szerint, az időléptéknek és időtávlatoknak megfelelők, az alkalmazó szakember gárda kompetenciájával és a rendelkezésre álló technikai eszközökkel kivitelezhetők.

³ Ma már gyakran Excel rendszerekben készülnek.

⁴ Szoftver csomagok, melyek magukba foglalják az adatok kigyűjtését az adatbázisokból, adatfeldolgozást a modellhez, parametrizálási opciókat, számításokat és az eredmények prezentációját.

- Jellemző szelvények egy vízfolyáson, a vízkészlet-gazdálkodási hossz-szelvény esetében a jelentős vízkivételek helye, tározók, duzzasztóművek, be- és visszavezetések stb.).

Időhorizont szerint megkülönböztethetők

- Visszatekintő, retrospektív mérlegek, amelyek egy korábbi időszak helyzetét mutatják⁵;
- Valós idejű eljárások, amelyek egy vízrendszer jelen állapotát tükrözik, és azonnali döntések meghozatalát segítik;⁶
- Előrejelző vagy távlati tervezési modellek/mérlegek.

Az időhorizont és az időlépték között meglehetősen szoros összefüggés mutatkozik, minthogy egy *valós idejű* (üzemirányítást támogató) mérleg időléptéke lehet egy nap vagy annál rövidebb időszak, míg a távlati előrejelzés és a visszatekintő mérlegek léptéke a dekád vagy a hónap, de gyakran az év, amely a hazai és nemzetközi statisztikai adatgyűjtések időléptéke is.

Magyarországon jelenleg háromféle célból, három vízgazdálkodási alapfeladat ellátásához végeznek vízkészlet-gazdálkodási mérlegszámításokat:

- Vízhatalok engedélyezési eljárásához, a vagyonekezelői nyilatkozat kiadásához kapcsolódó döntések alátámasztása. Ennek legegyszerűbb formája a vízkészlet-gazdálkodási hossz-szelvény, amely szemléletes és könnyen algoritmizálható eszköz, és amelyre DDVIR⁷ néven korábban komplex informatikai eszköz is készült.
- Vízszolgáltató rendszerek napi üzemirányítási, vízkormányzási döntéseihez, illetve tervezési célból a vízkorlátozási helyzetekben követendő intézkedések kidolgozása során. A mindennapi gyakorlat számára nagy jelentősége van az operatív vízmérlegnek, amely alkalmas az üzemirányítás számára fontos információk kezelésére és a rendszerek működésének leképezésére is.
- Jelen tanulmány tárgya a térségi szintű, vízkészlet-gazdálkodási mérleg, amely elsősorban a stratégiai tervezési feladatokhoz és nagytérségi vagy országos szinten nyújt áttekintést.

Stratégiai tervezést szolgáló vízkészlet-gazdálkodási modellek a vízkészleteket és velük szemben jelentkező igényeket szélesebb időléptékben becsülik, többnyire havi bontásban, esetleg éves szinten. A készlet lehet a sokéves átlagvízhozam, vagy valamely mértékadó mennyiség. Magyarországon a mértékadó mennyiség használatos, mely az augusztusi napok 80%-os tartósságú sokéves vízhozam értéke. A mértékadó vízkészletet meg lehet határozni mért adatok alapján, de van példa arra is, hogy értékét szintetikus idősorok generálásával modellezik. Például, klímaváltozás jövőben várható hatásait leképezik a majdan rendelkezésre álló vízkészletek mennyiségében.

Megjegyezzük, hogy a mértékadó vízkészlet (vízhozam) mérőszámai a magyar gyakorlattól eltérő jellegűek is lehetnek, általában a tartósság tekintetében. Más esetben az eddig előfordult

⁵ Valójában ez a leggyakoribb, legalábbis a készletek szempontjából.

⁶ Üzemirányító automatizált, vagy döntéstámogató rendszerek. Az üzemirányítási modellek nem képezik jelen tanulmány tárgyát, de elmondható, hogy többségükben valós időben vagy ahhoz közelítő rendszerben működnek, és a prompt vízszolgáltatást, illetve vízkormányzást támogatják. A bemenő adatok gyakran online kapcsolaton keresztül érik el az irányítási központot. Az üzemirányító rendszerek időléptéke napi vagy akár órás is lehet. A gyors reakció biztosítása érdekében az esetek többségében szoftver rendszerek dolgozzák fel a vízszolgáltató hálózat pillanatnyi állapotát leíró adatokat, és készítik el a víz elosztásának rendjét. Ilyen modellek sorába tartoznak a SCADA rendszerek, amelyek a vízkészlet-gazdálkodásában üzemelő szivattyútelepek, víztisztító telepek, tározók és elosztóhálózatok vízmennyiségére és minőségére vonatkozó információkat felügyelik, ellenőrzik és tárolják. Egyben irányítják a hálózat működését közvetlenül, vagy szolgáltatják a döntéselőkészítő információt a szakemberek számára.

⁷ Dél-Dunántúli Vízügyi Igazgatóság DDVIR vízkészlet-gazdálkodási modellje.

5 napos átlagolt minimum képezi a mértékadó vízhozamot. Ezen mennyiségi eljárásnál túl, minőségi megközelítés is lehetséges: olyan nagyságú vízhozamot kell a mederben hagyni, hogy az biztosítsa az ismert szennyvízbeeresztések mellett szükséges szintű hígítás mértékét.

A kiadási oldalon a vízhasználók által jelentett értékeket kell feldolgozni, és a megfelelő folyószelvényhez sorolni. A jövőbeni igényeket a fejlesztési adatok segítségével lehet előrejelezni, vagy – nagyobb térségek esetén – trendanalízis / extrapoláció segítségével lehet becsülni.

A fentírtak segítségével értékelhető akár a jelen időszakban, akár a jövőben előadódó vízkészlet-gazdálkodási helyzetkép. Tározók feltételezésével vizsgálhatók ezen létesítmények vízmérlegre gyakorolt hatásai is. Összességében előrebecsélhető, hogy a stratégiai vízmérleg-bebecslések, amelyről a jelen tanulmány beszámol, erősítik a vízgazdálkodási döntéshozatali mechanizmusát azáltal, hogy a mérleg egyes összetevőire külön-külön feltételezésekkel élhetünk. Így például az éghajlatváltozásnak vízrendszerek szerint eltérő hatásai, a feltételezett folyamatok egymásra hatása mind a tervezési területek mérlegében, mind az egymáshoz kapcsolódó vízrendszerek országos összképében megjelennek. A mérleg ennek tükrében képezi le a jövőt, így alapozva meg a vízkészletekkel kapcsolatos forgatókönyvek és stratégiák érvényességét. Összességében, a vízmérleg fontos eszköz egy adott területen meghatározott (jelen vagy jövő) időszakban rendelkezésre álló vízkészletek és vízhasználatok tendenciáinak értékeléséhez.

Stratégiai szintű döntéstámogatási eszközként kialakított, és jelen tanulmányban ismertetett vízkészlet-gazdálkodási mérleg átfogó képet nyújt az ország területére, figyelembe véve:

- a hasznosítható felszíni vízkészlet jelenlegi, illetve a kimutatható tendenciák előrejelzésével a 2030-as időhorizonton rendelkezésre álló mennyiségeit;
- a fejlesztési tervekben megjelenő vízkészletet növelő beavatkozások hatását;
- a vízigények előrejelzett alakulását,

és mindezt egységes számítási keretbe foglalja.

Ami a területi bontást illeti, nagy folyók vízgyűjtői gyakran meghatározzák potenciális felszíni vízkészletet, vagyis a sokéves átlagos lefolyást. Országok szintjén, a határszelvényeken keresztül belépő vízhozamok, valamint az ország területén keletkező lefolyás képezi a vízkészletet, ezek mértékét évenként, országos és ezen belül régiós bontásban is szolgáltatja Magyarország az OECD és az Európai Unió statisztikai adatgyűjtése számára. Üzemirányítás esetén, mellékfolyók betorkolásai, a főművek (vízkivételek, tározók szelvényei, jelentős vissza- és bevezetések, stb.) adják a határoló szelvényeket.

A továbbiakban ismertetjük a kidolgozott rendszer módszertani alapjait, a bemenő alapadatokat, jellegét és előkészítésük fázisait, a számítások főbb momentumait és az eredményeket, valamint értékelésüket.

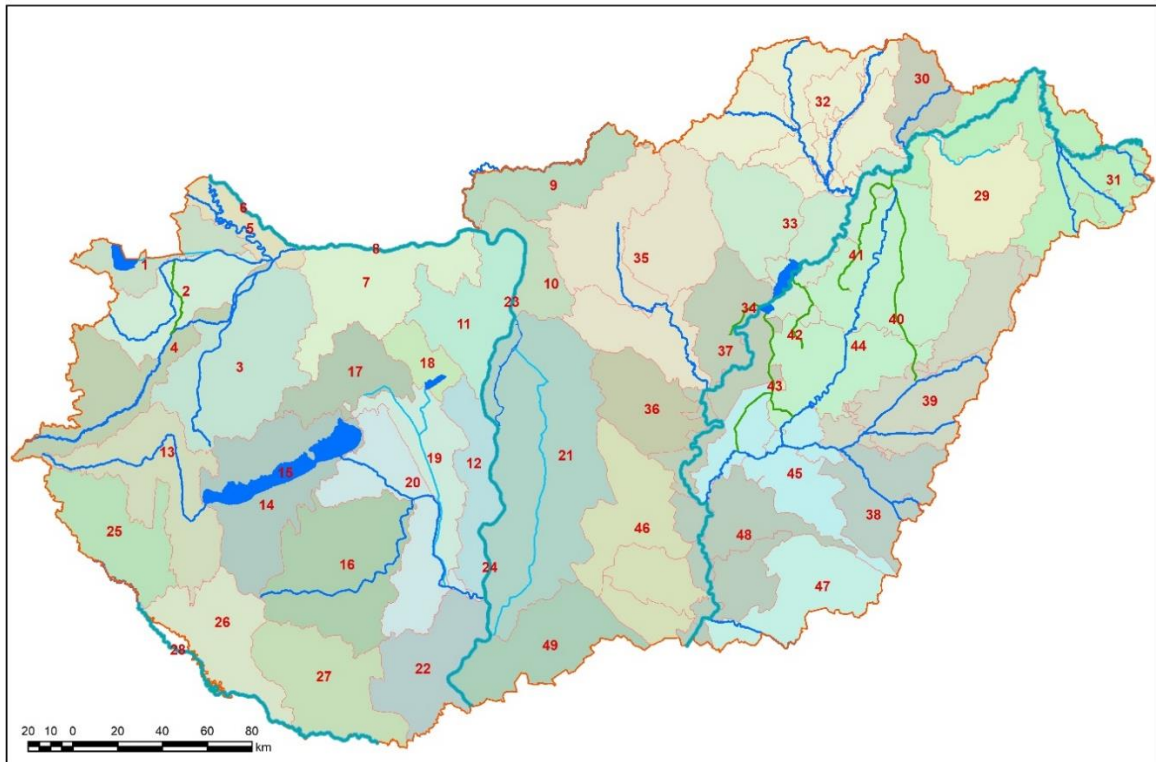
3. AZ ORSZÁGOS VÍZKÉSZLET-GAZDÁLKODÁSI STRATÉGIAI MÉRLEG

3.1. A mérleg időbeni és területi felbontása

A következőkben ismertetett vízmérleg döntéstámogatási, tervezési eszközként került kifejlesztésre. Fontos tulajdonsága, hogy a mérleg 12 havi felbontásban készült, ezáltal a felszíni vízkészlet, és az igények éven belüli alakulását teljes körűen képes megjeleníteni.

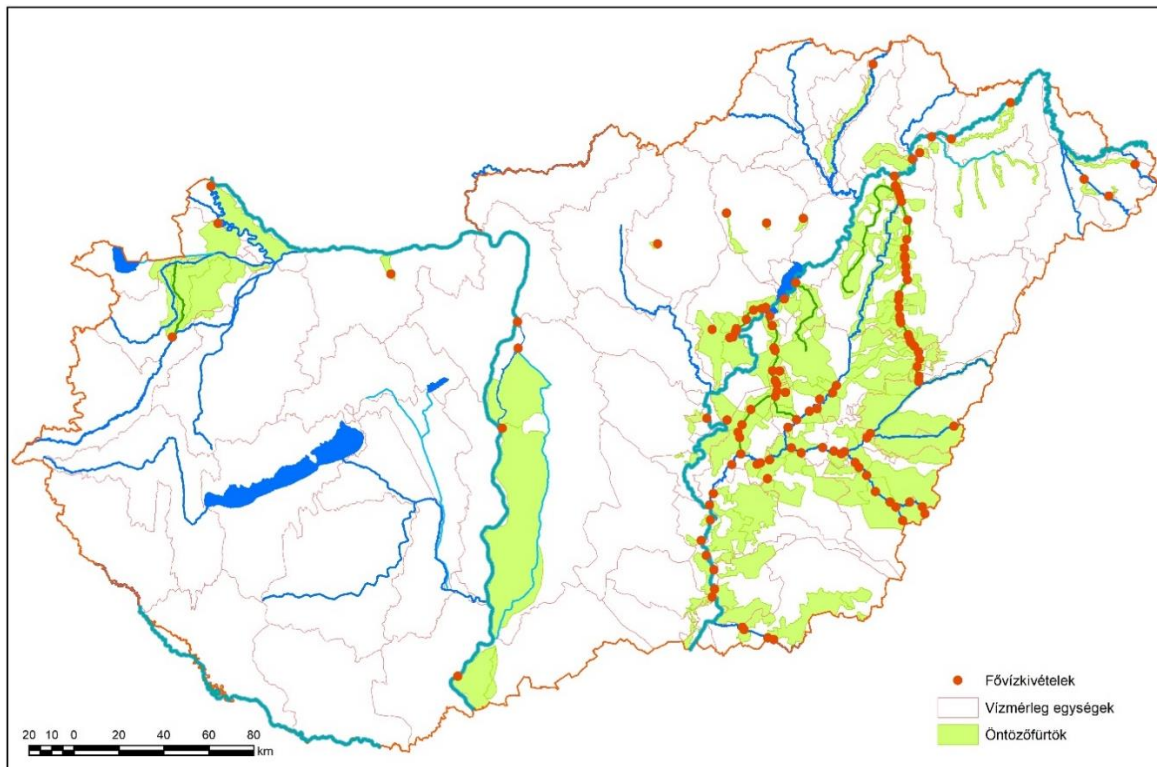
A szemléletesség érdekében az ország területét először 49 fő vízgyűjtőre bontottuk, majd ezt a Tisza-völgyben a területi különbségek pontosabb leképezése céljából tovább finomítottuk,

így a számításokat összesen 86 vízmérleg egységre – vízgyűjtőre, vagy folyószakaszra – tagoltuk. Az 1. ábrán a piros számokkal jelölt színezett területek alkotják a fő vízgyűjtőket, míg a Tisza-völgy részletesebb felbontását a vékony piros vonalakkal határolt vízgyűjtők adják.



1. **ábra:** A 12 havi országos mérleg 49 fő vízgyűjtője és ezek további számítási egységei.

A mérleg vízgyűjtőegységeken túlmenően a vízhasználatok területi elhelyezkedését és igénykielégítettségét 116 vízszolgáltatási egységre – öntözőfürtre vagy öntözőrendszerre – bontva is figyelemmel kíséri, ezeket a 2. ábra szemlélteti.



2. **ábra:** Öntözőfűrtök (vízszolgáltatási egységek) és fővízkivételeik.

Öntözőfűrtnek tekintettük a mesterséges vízelosztó rendszerek azon alapegységeit, amelyek egy vízkivételi ponton, a fővízkivételen keresztül kapcsolódnak valamely folyóhoz, öntöző főcsatornához, vagy tározóhoz, és ezen keresztül részesülnek annak vízkészletéből. Az öntözőfűrtök mérlegbe való felvételét az indokolta, hogy az igénykielégítés korlátját az öntözött területek nagy részén nem feltétlenül a vízgyűjtőkben rendelkezésre álló készlet, hanem gyakran a fűrtök jelenlegi elsődleges főművi kapacitása képezi. A vízmérleg által jelenleg számításba vett öntözőfűrtök fővízkivételeit a 2. ábra szintén feltünteti. Megjegyzendő, hogy a 116 öntözőfűrtből 105 jut a Tisza-völgy területére és mindössze 11 található a Duna-völgyben.

A vízmérleg egységek és a vízszolgáltatási egységek térben átfedik egymást, a két térbeli rendszer között a fővízkivételi pontok (pl. vízleadó zsilipek, vízkivételi szivattyútelepek és szivornyák, stb.) képezik a kapcsolatot. Vízigények tekintetében minden vízszolgáltatási egység ahhoz a vízmérleg egységhez kapcsolódik, amelyiken keresztül a vízkészletből részesedik, még akkor is, ha vízhasználatai részben egy másik vízmérleg egység (vízgyűjtő) területére esnek.

3.2. A felszíni vízkészlet megjelenítése

Mint már az előzőekben is szó volt róla, a hazai vízkészlet-gazdálkodás hagyományosan nem a lefolyás teljes mennyiségével, hanem csak a kisvízi vízhozamok tartományával méri össze a vízigényeket. Ennek oka az, hogy az ország általában – és ezen belül a Tisza magyarországi vízgyűjtője különösképpen – híján van az olyan méretű tározási lehetőségeknek, amelyekkel a sokéves középvízhozamhoz közelítő lefolyás-tartomány hasznosítható lenne. Emiatt a vízkészlet-gazdálkodás elegendő biztonsággal rendelkezésre álló vízkészletnek csak a sokéves középvízhozamnak mindössze felét-ötödét kitevő kisvízi tartományt, az *augusztusi napok 80%-os átlagos tartósságú vízhozamát* tekintik. Ezen *mértékadó érték* megválasztásának háttérében

az a megfontolás rejlik, hogy az állam – a vízkészlet tulajdonosa – a lefolyásnak ezt a kontingensét tekinti a társadalmi igények kielégítésére méltányos, szabályozott és biztonságos módon elosztható erőforrásnak.

Megjegyzendő, hogy a tartóssági értéknek például 70%-ra való csökkentésével növelhető az elosztható keret, azonban az igénykielégítés biztonsága így 10%-kal csökken, a vízhasználókra háruló nagyobb kockázat pedig minden vízhasználót, beleértve az öntözési vízhasználatokat is, többlet beruházásokra, pl. tározók létesítésére készíti. A tartóssági érték növelésével a kontingens csökken (1963-ig a 85% volt használatos), és ezáltal nagyobb biztonsággal ugyan, de az igényeknek csak valamivel kisebb része juthat vízhasználati engedélyhez. A több mint fél évszázados tapasztalat szerint a 80%-os biztonságú vízkészlet a gyakorlatban nem okozott feloldhatatlan társadalmi feszültséget, illetve nem vetődött fel makrogazdasági szempontból kedvezőbb vízkészlet felosztási módszer.

A mértékadó vízkészletre épülő mérleget a szakirodalom *mértékadó mérleg*nek is nevezi, arra utalva, hogy elsősorban a kritikus kisvízi lefolyással jellemezhető vízkészlet-gazdálkodási helyzetre irányul. A jelenlegi vízkészlet-gazdálkodási gyakorlatban ez az alapja a vízhasználatok engedélyezésének – akár egy-egy vízfolyásra alkalmazott hossz-szelvény, akár a térségi/országos szinten használatos összesítő vízmérleg formájában. A korábbi hazai gyakorlat kizárólag az augusztus hónapot vette figyelembe, azonban évek óta jelentkezett az a szakmai elvárás, hogy legyen lehetőség több, esetleg valamennyi hónapra kiterjedő vízkészlet-gazdálkodási elemzésre is. Az szakterület koncepcionális irányítását ellátni hivatott, az OVF által felállított Vízkészlet-gazdálkodási Munkacsoport 2020. februári állásfoglalása alapján a 80%-os tartósságú napi vízhozamok alapján havonta megállapított értékeket kell minden hónapban mértékadónak tekinteni.

Mindemellett a térségi hidrológiai folyamatok jellegéről a sokéves évi, vagy havi középvízhozamokkal végzett vízkészlet-gazdálkodási mérlegszámítások is hasznos információval szolgálhatnak, és segíthetik a vízrajzi észlelések kiértékelését. Az éves középvízhozamok (KÖQ) idősoraiban mutatkozó trendek nagyrészt tükrözik a többéves éghajlati ciklusokat, elsősorban a hegyvidéki vízgyűjtőkön, ahol a topográfiai adottságok korlátozzák a nagymértékű vízfelhasználással vagy vízatvezetéssel járó beavatkozásokat.

A vízkészletgazdálkodási modell jelenlegi kiépítésében, a vízkészletoldalon a következő vízkészlet összetevők választhatók:

- külföldről érkező természetes felszíni vízkészlet, az érdemi vízkészlettel rendelkező 42 határt átlépő vízfolyás adataival (készlet jellemzőként az 1981-2010. és az 1991-2020. évtizedre, valamint a 2012. évre vonatkozó tényleges havi középvízhozamok és havonkénti, 80%-os tartósságú napi vízhozamok);
- vízmérleg egységekben keletkező természetes vízkészlet (havi/éves középvízhozamként és/vagy mértékadó, illetve kritikus időszaki készletjellemzőkkel);
- ökológiai vízmennyiség (a természetes vízkészlet valamely százalékában felvehető értéként).

3.3. A felszíni vízkészlet változásai

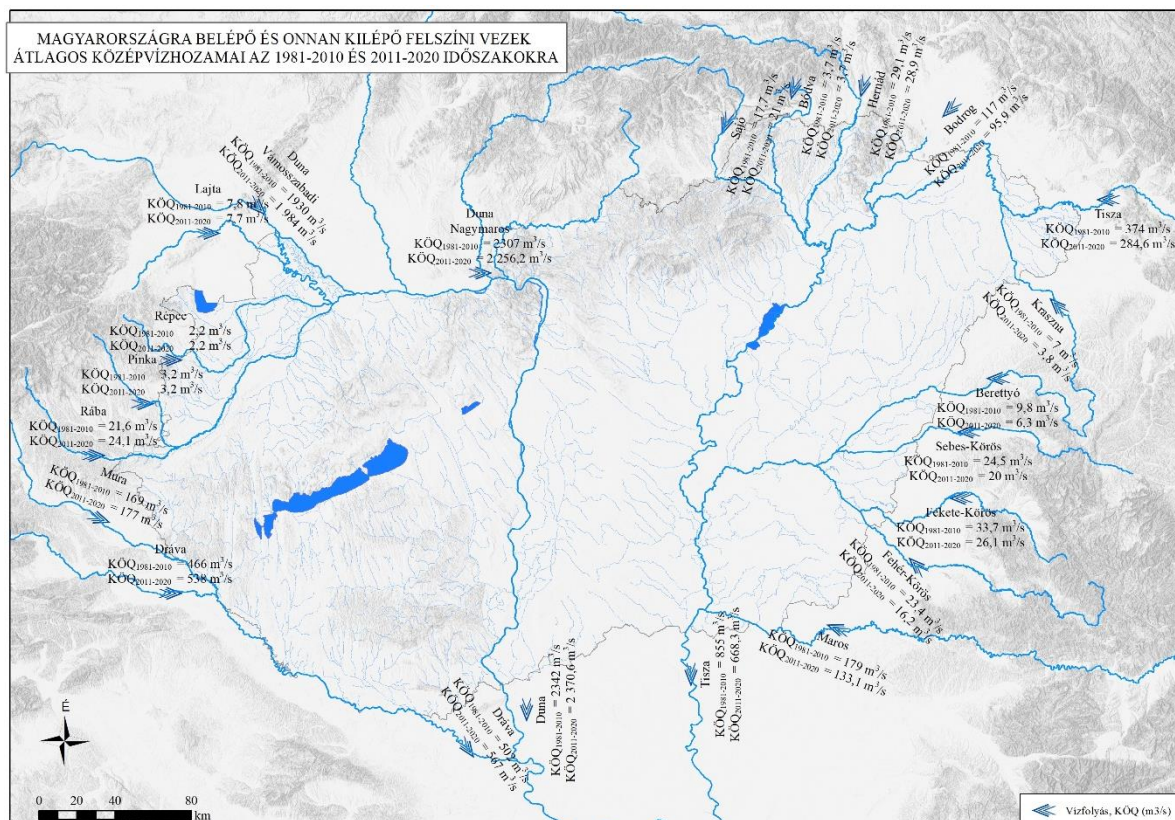
Magyarország hasznosítható felszíni vízkészletének túlnyomó része a határon túli vízgyűjtőkről származik, ezért alapvető fontosságú ezen mennyiségek részletes vizsgálata. A jelen, illetve a közelmúlt vízkészletváltozásainak jellemzésére kiszámítottuk a Magyarországra belépő és az

onnan kilépő folyók 1981-2010, illetve 2011-2020 évi középvízhozamait ($KÖQ_{1981-2010}$ és $KÖQ_{2011-2020}$). Ezeket értékeket tünteti fel a 3. ábra.

Amint az az ábrából kitűnik, a Tisza-vízgyűjtőnek – vagyis a Tisza és főbb mellékfolyóinak – 1981 – 2010 időszakban bejövő összvízhozama $819 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, a kimenő pedig $855 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ átlagot ért el. Az utóbbi 10 évben – a 2011-es rendkívüli árvizes évet kivéve – az összes többi belépő éves középvízhozam a korábbi 30 éves (1981-2010) időszak belépő éves vízhozamátlaga alatt maradt 10-40%-al.

A Duna-vízgyűjtő ezen értékei $2307 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, és $2342 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, voltak. A 30 éves átlagokat a 2011–2020 közötti éves értékekkel összevetve jól látható, hogy a Tisza esetében A Duna esetében 2011-2020 időszakban kettő árvizes (2012 és 2013) évet kivéve a belépő középvízhozamok elmaradtak a 30 éves átlagtól, a negatív eltérés 7-10% volt.

A 3. ábra alapján tanúsítható a magyarországi vízkészletgazdálkodási mérleg feszített jellege, hiszen a 2016-os év kivételével a referencia idő-intervallum átlagos értékétől elmaradás volt tapasztalható a többi években (2017-2020). Az is megállapítható, hogy a vízkészletek csökkenése a Tisza-vízgyűjtőben markánsabb, mint a Duna-vízgyűjtőben.



3. ábra: Határvizek belépő és kilépő vízhozamai az 1981-2010 és 2011-2020 időszakokban.

A mellékfolyók elemzése azt mutatja, hogy a Tisza jobboldali kisebb mellékfolyói (Bódva, Hernád és Sajó) rendelkezésre álló vízkészletei a 2011-2020 időszakban nem csökkentek a referencia (1980-2010) időszak átlagaihoz képest. A jelentős vízhozamú Bodrog 2011-2020 vízkészlete viszont a referencia időszak átlagához képest, folyamatos elmaradást mutat. Ez utóbbi vízfolyás készletcsökkenése éves szinten elérte a 25%-t is.

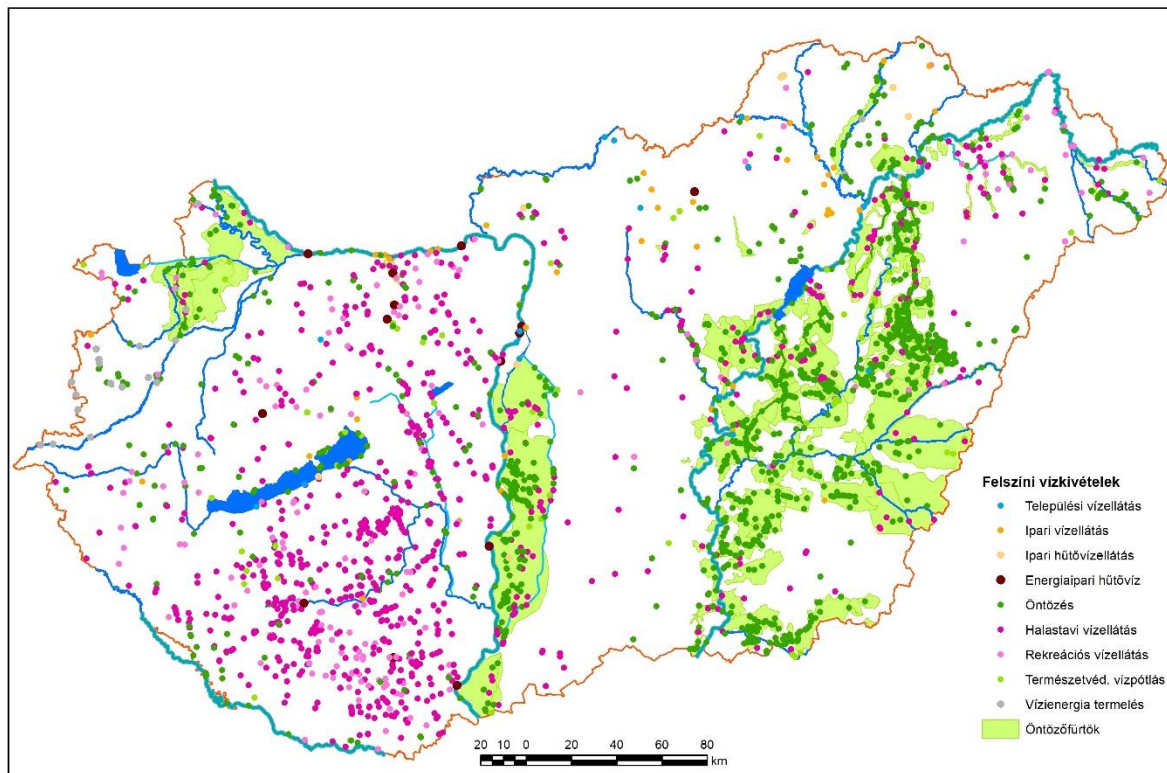
Tisza Vásárosnamény szelvényben, valamint az összes baloldali mellékfolyó – Berettyó, Körösök és Maros – középvízhozama a 2011-2020 évek során a referencia időszak átlaga alatt maradt. Berettyó és Fehér Körös maximális éves szintű csökkenése a VGT3 tervezési éveiben a 60%-t is elérte. A Maros vízkészletének csökkenése ezen évek alatt több esetben a 30% körüli volt.

3.4. Vízhasznaítatok a vízmérlegben

A vízhasznaítatok által kivett, vagy bevezetett víz mennyiségéről és helyéről a vízjogi engedélyekben található adatokon túlmenően az évenkénti statisztikai adatgyűjtés, a vízkészlet járulékhöz (VKJ) kötődő adatszolgáltatás, valamint a főműves vízszolgáltatásról ellátott hasznáítók esetében a vízigény bejelentések során kapott információk adnak képet. Vízhasznaítati oldalon a vízmérleg számításba veszi a következőket:

Vízhasznaítat típusok:

- kommunális vízhasznaítatok (ezen belül felszíni vízkivételek, felszíni, illetve felszín alatti eredetű szennyvíz bevezetések);
- ipari vízhasznaítatok, megkülönböztetve a technológiai vízigényt és a hűtővízigényt (ezen belül felszíni vízkivételek, felszíni, illetve felszínalatti eredetű szennyvíz bevezetések);
- erőművi hűtővízigény;
- vízerőműveken átfolyó, hasznosított vízmennyiség;
- felszínalatti eredetű bányavíz bevezetések;
- öntözési vízkivételek;
- halgazdasági vízkivételek és vízleeresztések;
- állattartási és egyéb mezőgazdasági vízkivétel
- rekreációs vízkivételek és vízbevezetések (ideértve a horgásztavak vízhasznaítatát is);
- természetvédelmi vízkivételek;
- vízszolgáltató rendszerek belső vesztesége (öntözőfűrtök, öntözőrendszerek párolgási és szivárgási, valamint a vízszétosztó hálózat leürítéséből, feltöltéséből adódó eseti veszteségek összessége).



4. **ábra:** Felszíni vízkivételek célja és területi megoszlása (2018. évi adatok alapján).

Általánosan, valamely vízhasználat helyéről és mennyiségéről a következő adatok állnak rendelkezésre:

- A vízkivétel/bevezetés helye: az érintett vízfolyás, szelvényszám és/vagy EOV koordináta;
- A vízhasználat mért vagy méretlen volta;
- a vízhasználat célja és a cél statisztikai besorolása a TEÁOR rendszer első két számjegyig bezáróan
- Az éves (és esetenként havi) engedélyezett és az egyes években megvalósult vízkivétel/vízbevezetés [m³/év, illetve m³/hó];
- Az engedélyezett maximális vízszög [l s⁻¹], amely a vízkivételi szivattyú névleges kapacitásának feleltethető meg.

Egy aszályos időszakban jelentkező öntözési vízigények tényleges mértékét az engedélyezett maximális vízszög a havi átlagnál pontosabban jellemzi. Az esetek nagy részében – sajnálatos módon – a maximális engedélyezett vízszög értékét a vízjogi engedélyek nem tartalmazzák, illetve feltüntetett értékük reális voltahoz kétség fér.

Az éves és a maximális adatot is tartalmazó öntözési vízhasználatok esetében kiszámítottuk az éves mennyiségnek az öntözési idény egy napjára vetített, folyamatos 24 órás vízszögben kifejezett értékének, és a maximális engedélyezett vízszögnek az arányát. Ez országos átlagban 3,25-nek adódott, vagyis ilyen arányban haladja meg a napi átlagot a maximális vízszög. Ez az arány megfeleltethető egy olyan öntözési rendnek, amely során az öntözőberendezés minden második napon 15 órán át, vagy minden nap 7,5 órán át üzemel. Adathiány esetén ezzel az aránnyal számolva pótoltuk a hiányzó maximális vízszög értékeket. Jóllehet nem gondoljuk, hogy minden öntözés a teljes idényben ekkora intenzitással működik, azonban ilyen öntözési rend reálisan képviseli egy szélsőségesen aszályos időszak vízigényét.

Meglátásunk szerint célszerűbbnek látszik az napi maximális vízmennyiség rögzítése is a vízjogi engedélyben, illetve a vagyonkezelői hozzájárulásban. Ez már több vízügyi igazgatóság esetében korábban is gyakorlat volt. Ez utóbbi adat a vízszolgáltatás számára is fontos információ, és egyúttal kizárja a maximális vízszugár esetében felvetődő következő kérdést, hogy akkor ezt vajon napi hány üzemórával lehet figyelembe venni?

Az öntözési vízigények időbeli, havonkénti eloszlásának számításához szükséges volna ismerni az öntözött növénykultúrát – ha nem is vízhasználónként, de legalább tájegységek, öntözőrendszerek szerinti átlagos eloszlás szintjén. Sajnos, erre vonatkozóan a vízgazdálkodási ágazat részére jelenleg nem állnak rendelkezésre információk, jóllehet ilyen adatokat az agrárnyilvántartásokból különösebb ráfordítások nélkül is be lehetne szerezni.

Vízigények változása

Egy stratégiai tervezést szolgáló vízmérlegben a vízigény változás megjelenítése fontos szerepet tölt be. E tekintetben a legnagyobb változékonyságot az öntözési vízhasználatok mutatják, nem csak a csapadékosabb és szárazabb évek öntözése közötti különbség miatt, hanem az öntözés támogatásában történő változások következtében is. E téren a ténylegesen megöntözött terület változásának több éves tendenciája adhat leginkább támpontot. A stratégiai vízmérleghez az öntözött terület 2013-2020 évi, vízügyi igazgatóságokénti adatsoraiból került meghatározásra a változás trendje, megkülönböztetve az öntözőrendszerekben, illetve az azon kívüli területek öntözésében számított növekedési trendeket.

3.5 Mesterséges vízkészlet módosító beavatkozások

A mérlegben meg kell jeleníteni azokat a vízgazdálkodási létesítményeket, beavatkozásokat, amelyek a vízkészletet térben vagy időben átcsoportosítják, a vízhasználók számára hozzáférhetővé teszik olyan időszakokban is, amikor vízhiány korlátozná a vízhasználatokat. A *döntéstámogató* mérleg a következő beavatkozásokat kezeli:

- Vízátvezetések (megkülönböztetve a nagytérségi szintű vízátvezetéseket, valamint az egyes öntözőrendszerekbe irányuló vízátvezetéseket);
- Vízátvezetésen alapuló térségi vízellátó rendszerek (meglévő öntözőrendszerek, valamint a tervezési fázisban lévő, megvalósításra esélyes fejlesztési projektek);
- Vízkészlet-gazdálkodási célú tározás (megkülönböztetve a folyókon létesített duzzasztók által létrehozott térségi jelentőségű tározást, az öntözőrendszereket kiszolgáló tározókat, valamint a helyi jelentőségű dombvidéki völgyzárógátas vagy síkvidéki holtági tározókat).

4. VÍZKÉSZLET-GAZDÁLKODÁSI SZCENÁRIÓK FELÉPÍTÉSE

4.1. Vízkészlet-gazdálkodás vizsgálandó stratégiai kérdései

A mérleg modell lehetőséget ad annak vizsgálatára, hogy különböző vízkészlet-gazdálkodási stratégiai opciók, fejlesztések és különböző éghajlatváltozási hatások miképp módosítják adott vízgyűjtő, vagy vízmérleg-egység vízkészlet-gazdálkodási egyensúlyát:

- Az 1981 - 2010., az 1991 - 2020., valamint a 2011 - 2020. időszak hidrológiai jellemzői jelentősen különböznek, elsősorban a határon túli vízgyűjtők tekintetében. Ennek okai

nagyrészt az éghajlatváltozásban keresendők. A Kárpát-medencére vonatkozó különböző éghajlatváltozási scenáriókból az országba belépő folyók készletére vonatkozó előrejelzések térben és időben eltérő mértékű változásokat eredményezhetnek, amelyeket a vízkészlet-gazdálkodási stratégiában figyelembe kell venni.

- Attól függően, hogy a határon túli vízgyűjtőkről hazánkba belépő tényleges lefolyást, vagy a 2000. évi Duna-völgyi, illetve 2007 évi Tisza-völgy vízkészlet megosztásáról szóló, jelenleg is érvényben lévő OVF és VKKI intézkedésben (OVF 2000, VKKI 2007) rögzített vízkészlet értékeket tekintjük az ország hasznosítható készletének, illetve az ökológiai vízmennyiségének⁸, nagyon különböző mérlegeredményre jutunk.
- Jelenleg nincsenek elfogadott mérőszámok az ökológiai vízmennyiség havonkénti vízhozam értékeire. A modell segítségével vizsgálhatjuk, hogy a havi középvízhozamok különböző százalékaként feltételezett ökológiai vízmennyiségek esetén a jelenlegi, vagy egy jövőbeni vízigény megosztás mellett, hol és milyen mértékű vízhiányokra lehet számítani.
- A vízigények terén már a közeli jövőben is jelentős változások várhatók, akár az öntözési igényeket, akár a részben már ismertté vált iparfejlesztéseket, akár az energia szektor területén mutatkozó gyors változások eredményeképpen. A vízkészlet-gazdálkodásnak erre célszerű sokféle vízhasználat változási scenárió vizsgálatával pro-aktívan felkészülnie, hogy már meghozott fejlesztési döntésekre lehetőleg ne utólag legyen kénytelen válaszolni. Célszerű felkészülni előzetesen, hogy az ágazat képes legyen megfelelően működni a vízkészletnek, ennek az értékes és korlátozottan rendelkezésre álló nemzeti erőforrásnak optimális hasznosítása érdekében.

4.2. A 12 havi mérleggel vizsgált vízkészlet-gazdálkodási scenáriók

Az előző pontban felsorolt szempontok kapcsán a következő releváns vízkészlet scenáriók kerültek elemzésre:

- **Vízkészlet alap scenárió:** Az 1981-2010. évtized tényleges lefolyása, havi 80%-os havonkénti készletértékek, beleértve a határon átlépő vízkészlet értékeket is. Ökológiai vízmennyiség tekintetében az országon belül keletkező természetes vízkészlet 50%-a, határvizek esetében a vízgyűjtő gazdálkodási tervbe felvett, illetve a jelenlegi vízkészlet gazdálkodási gyakorlatot az 1970-es évek óta megalapozó, és utoljára a Duna-völgyre 2000-ben, illetve a Tisza völgyre 2007-ben kiadott OVF intézkedésben rögzített értékek (OVF 2000, VKKI 2007). A stratégiai szintű döntésekkel kapcsolatban mindenképpen érdemes vizsgálni azt is, miképpen hat az ország hasznosítható felszíni vízkészletének nagyságára, ha a határszelvények ökológiai vízmennyiséget – hasonlóan a belföldi vízfolyásokéhoz – a havonkénti mértékadó vízkészlet 50%-ában állapítjuk meg. Ez az eset az alap scenárió **B. változatát** képezi és a hasznosítható vízkészlet mennyiségét a Tisza-völgyben kismértékben csökkenti.
- **Vízkészlet jelenállapot scenárió:** Ez a scenárió mindenben hasonló az alap scenárióhoz, azonban az 1991-2020. időszak tényleges lefolyásán alapul. Az ökológiai vízmennyiség tekintetében abból indulunk ki, hogy az 2011-2020 évtized lefolyáscsökkenése ellenére a korábbi, 1981-2010 időszak adatai alapján meghatározott ökológiai kisvízi mértéke fenn-

⁸ Az intézkedés szövegében „élővíz” néven említve.

tartandó, beleértve a határon átlépő értékeket is. Ez egyenértékű a hasznosítható vízkészlet csökkentésével, ugyanis a lefolyás csökkenését teljes egészében a hasznosítható készletre hárítjuk. Az alap scenárióhoz hasonlóan itt is képezhető az határfolyók 50%-os ökológiai vízmennyiségéhez tartozó **B. változat**.

- **2030-ra előrejelzett mértékadó vízkészlet scenárió:** A 2030-ig terjedő időszak túl rövid ahhoz, hogy éghajlati scenáriókból vezessük le a várható vízkészlet változás, különösen egy havi 80%-os tartósságú kisvízi jellemző tükrében. Sokkal relevánsabb, ha a néhány, az utóbbi évtizedben előfordult szélsőségesen aszályos év adataiból kíséreljük meg előrejelezni, hogy milyen lefolyási helyzetekkel számolhatunk a következő hét-nyolc évben. Az 1981-2021. közötti évek vízkészlet szempontjából legkedvezőtlenebb hónapjai 2012 nyarán fordultak elő, számottevően kisebb lefolyással, mint ami az 1991-2020-as három évtized 80%-os havonkénti tartósságú adatai alapján adódna. Valójában az éves vízkészlet szempontjából a 2022-es év még a 2012-esnél is kedvezőtlenebb volt, azonban, ezen év vízhozamainak feldolgozott, ellenőrzött adatai teljes körűen csak 2023. június-július hónapban állnak majd elő. Ezek ismeretében egy további **2030_B** vízkészlet scenárió kidolgozását is tervbe vettük.
- **Vízhasználati alap scenárió:** a 2018. évi vízhasználatokról rendelkezésre álló engedélyezett és megvalósult vízkivételek, vízbevezetések éves és havi adatai, az országos vízgazdálkodási adatgyűjtés és a VKJ adatbázis alapján összeállítva. Ebben az évben az öntözésre berendezett, vízjogi engedéllyel rendelkező terület nagysága mintegy 202.000 hektár volt, az engedélyezett vízkivétel pedig 257 millió m³ év. Országos átlagban a fajlagos öntözővíz felhasználás 1274 m³ ha⁻¹ volt.
- **2030-ra előrejelzett 1. vízhasználati scenárió:** Az előrejelzés alapjául öntözési igények tekintetében a 2013-2020. évekre vízügyi igazgatóságokként megállapított, az öntözött területek átlagos évi növekedési rátája szolgált. Azon igazgatóságok esetében, ahol az elmúlt években az öntözőtelepek valós adatainak felülvizsgálata folyt és emiatt az összesített terület csökkenést mutatott, a növekedést az új engedélyek területi adatainak számbevételével helyettesítettük. Megkülönböztettük az öntözőrendszerekbe tartozó (főműves) és az azokon kívül működő (szórvány) öntözések növekedési rátáját, minthogy ez utóbbiak a főműves rendszerekhez képest a korlátozott mértékben rendelkezésre álló helyi készlet miatt lényegesen kisebb növekedési potenciállal rendelkeznek. Az előrejelzés az eddigi öntözési támogatások fennmaradásával, a jelenlegi engedélyezés eljárási gyakorlat folytatásával és az öntözővíz szolgáltatás igénybevétele ellenőrzésének jelenlegi formái megtartásával számol (1. táblázat). Ez a scenárió a 2018. évi öntözésekhez viszonyítva 2030-ig mintegy 33.000 hektár öntözésfejlesztéssel egyenértékű.

A vízhasználatok előrejelzésével kapcsolatban megjegyzendő még, hogy a számítások nem tartalmazzák az ipari vízhasználatok tekintetében az utóbbi hónapokban ismertté vált jelentős fejlesztéseket; ezekkel a scenárió kiegészítésre szorul, amint adataik hozzáférhetővé válnak.

1. **táblázat:** Öntözési vízigények növekedése vízügyi igazgatóságoként a 2013-2020. évekre megállapított átlagos évi növekedési ráta alapján.

Vízügyi Igazgatóság	Évenkénti öntözött terület növekedési rátája a 2013-2020. évek adatai alapján		Öntözött területnövekedés változatlan ráta mellett a 2018-as bázisához képest 2030-ig	
	Főműves	Szórvány	Főműves	Szórvány
FETIVIZIG	3%	2%	36%	24%
ÉMVIZIG	5%	3%	60%	36%
TIVIZIG	3%	1%	36%	12%
KDVVIZIG	3%	3%	36%	36%
KÖTIVIZIG	3%	1%	36%	12%
ATIVIZIG	2%	1%	24%	12%
ÉDUVIZIG	3%	1%	36%	12%
ADUVIZIG	3%	1%	36%	12%
KDTVIZIG	0%	1%	0%	12%
DÉDUVIZIG	0%	1%	0%	12%
NYUDUVIZIG	2%	1%	24%	12%
KÖVIZIG	4%	2%	48%	24%

- **2030-ra előrejelzett 2. vízhasználati scenárió:** Az előrejelzés alapjául a távlatilag országosan elérendő, és a 2022. évi aszály nyomán távlati célkitűzésként felmerült 400.000 hektár öntözendő területből 2030-ig a jelenlegi 136.000 hektárnyi öntözést legalább 200.000 hektárra való fejlesztése. Ez a scenárió számol az éghajlatváltozás miatti fokozottabb evapotranspirációval, valamint a hazai agrártermelésnek a zöldségfélék felé való elmozdulásával és mindezekből következően a fajlagos öntözővíz felhasználásnak a jelenlegi tényadatokból kiolvasható $1450 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ értékről $1650 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ -ra való növekedésével. Jóllehet, ez utóbbi érték sem kiemelkedően magas, de ez is hozzájárul ahhoz, hogy a 200.000 hektár öntözött terület 2030-ra bekövetkező eléréséhez az öntözött terület eddigi évenkénti növekedési rátájának 3-szorosára lesz szükség. A cél felől visszszámolt vízügyi igazgatóságokénti növekedési rátákat a 2. táblázat mutatja be.

2. **táblázat:** Öntözési vízigények növekedése vízügyi igazgatóságoként a 2013-2020. évek során a 200.000 hektár öntözött területi célkitűzés eléréséhez.

Vízügyi Igazgatóság	Évenkénti öntözött terület növekedés a 200.000 ha eléréséhez		Öntözési területnövekedés a 2018-as bázisához képest 2018-2030 között	
	Főműves	Szórvány	Főműves	Szórvány
FETIVIZIG	9%	6%	108%	72%
ÉMIVIZIG	15%	9%	180%	108%
TIVIZIG	9%	3%	108%	36%
KDVVIZIG	9%	9%	108%	108%
KÖTIVIZIG	9%	3%	108%	36%
ATIVIZIG	6%	3%	72%	36%
ÉDUVIZIG	9%	3%	108%	36%
ADUVIZIG	9%	3%	108%	36%
KDTVIZIG	0%	3%	0%	36%
DÉDUVIZIG	0%	3%	0%	36%
NYUDUVIZIG	6%	3%	72%	36%
KÖVIZIG	12%	6%	144%	72%

- **Középtávon (2030-2035 között) létesítendő új vízpótló rendszerek scenáriója:** Ebben a scenárióban feltételezzük a Nyírségi, a Hajdúsági és a Duna-Tisza-közi homokhátságon, valamint a Maros mentén tervezett vízpótló rendszerek üzembeállítását. A fejlesztésekkel vízávezetési kapacitást növelő tényezőként lehet számolni, amelyek az ellátott térség hasznosítható vízkészletét növelik meg, és értelemszerűen csökkentik a vízbázisként szolgáló folyók (Duna, Tisza) szabad készletét.

5. SZÁMÍTÁSOK EREDMÉNYEI ÉS A VÍZKÉSZLETGAZDÁLKODÁSI SZCENÁRIÓK ÉRTÉKELÉSE

Az előzőekben, a 4.2 pontban ismertetett három vízkészlet és négy vízhasználati scenárió összerendezésével kilenc releváns, egymástól lényeges pontokon különböző vízkészlet-gazdálkodási scenáriót lehetett képezni. Ezeket, jellemző adataikkal a 3. táblázat tartalmazza.

A táblázatba foglalt adatok közül a hasznosítható készletet az adott készletszámítási időszakban az országot elhagyó vízfolyások, döntően a három nagy folyó, a Duna, a Dráva és a Tisza kifolyási pontjára vonatkozó természetes lefolyásértékek összegeként értelmezhetjük. Hasonlóképp összegződik az ökológiai vízmennyiség és a szabad készletet is. Ettől eltérően, az engedélyezett vízkivételek, az engedélyezett összes vízkivétel, az öntözési vízkivétel és a vízhiány a 49 vízmérleg számítási terület egység megfelelő adatainak összegeként értendő.

A 3. táblázat adataihoz fűzhető, esetenként csak a vízmérleg részletes adattábláiból kikövetkeztethető kiegészítő információkat a továbbiakban scenáriónként ismertetjük.

Az **1. számú scenárió** jelentősége, hogy mind a vízkészlet, mind a vízkivételek mennyisége tekintetében referenciaként szolgál, amelyhez viszonyíthatjuk a későbbiekben bekövetkezett készletcsökkenésnek, illetve igénynövekedésnek a vízmérleg eredményére gyakorolt hatását.

A **2. scenárió** egyetlen vonatkozásban különbözik az előzőtől, nevezetesen ebben a határt átlépő vízfolyások ökológiai vízmennyisége nem a korábban már említett belföldi vízkészlet

megosztási intézkedések (OVF 2000, illetve VKKI 2007) szerint került felvételre, hanem a bel-földi vízfolyások esetére a természetes készlet 50%-aként értelmező kísérleti érvényű szabály szerint. Érdemes megfigyelni, hogy ennek következtében az ökológiai vízmennyiség országos összege csökkent: ennek az a magyarázata, hogy a miközben a Tisza vízrendszerében a határt átlépő folyók ökológiai vízmennyisége $49 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ -mal közel kétszeresére nőtt (hasznosítható készlete pedig ugyanennyivel csökkent) és a Dráváé változatlan maradt, a Dunáé viszont $345 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ -mal csökkent. Mindez a 2018. évi vízigények kielégítést nem korlátozta, a jelentéktelen, $0,09 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ -os vízhiány változatlan maradt.

3. táblázat: Vízkészlet-gazdálkodási scenáriók augusztus havi fontosabb jellemző vízmérleg értékei ($\text{m}^3 \text{ s}^{-1}$).

Sorszám	Vízkészlet scenáriók	Vízhasználati scenárió	Természetes vízkészlet	Ökológiai vízmennyiség	Engedélyezett vízkivétel összesen	Ebből öntözési vízkivétel	Szabad készlet	Vízhiány
1.	Alap Qaug80 1981-2010	2018. évi eng.	2162,01	1172,75	281,23	23,03	995,56	0,09
2.	Alap B. változat	2018. évi eng.	2162,01	874,50	281,23	23,03	1293,81	0,09
3.	Jelenállapot Qaug80 1991-2020	2018. évi eng.	1863,90	1172,75	281,23	23,03	699,42	2,72
4.		2012. évi napi csúcsvíz-igény	1863,90	1172,75	333,82	75,42	650,11	3,96
5.	Jelenállapot B. változat	2012. évi napi csúcsvíz-igény	1863,90	874,50	333,82	75,42	948,39	5,20
6.	2030-ra jellemző mértékadó Qaug80 2012	2018. évi eng. és a jelenlegi öntözésfejl. trend	1761,29	1172,75	286,40	28,61	593,11	3,61
7.		2018. évi eng. és 200 ezer ha öntözéshez szükséges növekedés	1761,29	1172,75	295,88	39,04	584,26	3,66
8.		2012. évi napi csúcsvízigény. a tervezett vízpótló rendszerekkel	1761,29	1172,75	421,47	145,10	516,65	6,73
9.	2030-ra jellemző mértékadó, B. változat	2012. évi napi csúcsvízigény. a tervezett vízpótló rendszerekkel	1761,29	874,50	421,46	145,10	857,15	25,27

A **3. scenárió** vízkészlet és vízigények tekintetében is a jelenlegi állapotnak felel meg. Érdemes összehasonlítani az 1. scenárióval, amelytől elsősorban vízkészlet tekintetében különbözik. Szembetűnő az 1991-2020-as időszak készletcsökkenése az 1981-2010-eshez képest; a mintegy $300 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, nagyságú csökkenéshez a Duna vízgyűjtő $280 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, -mal, a Tisza vízgyűjtő $26 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ -mal, míg a Dráva kismértékű növekedéssel járult hozzá. Országosan azonban a vízhiány mindössze $2,6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ -mal nőtt. Megjegyzendő viszont – és ez valamennyi scenárióra érvényes –, hogy a vízmérleg jelenlegi kialakításában az országot 86 területre bontva végzi el a

számításokat (majd az eredményeket az áttekinthetőség érdekében 49 mérleg egységre összesíti), ezek a mérlegegységek azonban meglehetősen nagyok és a kisebb helyi vízhiányok a nagy egységen belüli kiegyenlítő hatás miatt észrevétlen maradhatnak.

A **4. scenárió** szintén a jelen állapotot mutatja, azonban a vízhasználatokat a 2012. évi nyári kisvízi helyzetet felidézve, a szélsőséges aszály idején érvényesülő engedélyezett csúcs-vízhozammal, az öntözést pedig a napi átlag folyamatos vízszugár 3,25-szörös értékén veszi figyelembe ezáltal az öntözési vízkivételt országosan 23-ról $75,4 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, -ra növelve. Itt a kimutatott vízhiány $4 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, körül van.

Az **5. scenárió** a határon átlépő folyók ökológiai vízmennyiségét a természetes készlet 50%-aként veszi számításba, így elsősorban a 2. scenárióval történő összehasonlításra gondolhatunk; a Duna hasznosítható készletének növekedése, a Tisza-völgyben csökkenése itt is bekövetkezik. Vízigényként a 4. scenárióhoz hasonlóan a 2012. évi aszályos időszakot jellemző engedélyezett legnagyobb napi vízkivétellel számol. Ez az oka, hogy a 2. scenárióhoz viszonyítva kisebb a szabad készlet és $5,2 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ -ra nőtt a kimutatott vízhiány.

A **6. scenárió** a természetes készletnek az éghajlatváltozás által kiváltott és 2030-ra jellemzővé váló csökkenését ebben a scenárióban a 2012-ben előfordult szélsőségesen száraz évvel modellezi. Vízhasználati oldalról ez a forgatókönyv feltételezi, hogy az öntözési vízigény 2013-2020. között tapasztalt éves növekedési üteme (lásd *1. táblázat*) továbbra is fennmarad és 2030-ra az öntözővíz felhasználás éves mennyisége $245.000 \text{ m}^3/\text{év}$ -re emelkedik, amely a jelenlegi fajlagos öntözővíz felhasználás mellett 169.000 ha öntözésére volna elegendő. Összehasonlításként: a 2018. évi engedélyezett éves öntözővíz mennyiség mintegy $197.000 \text{ m}^3 \text{ év}^{-1}$ volt, amellyel 136.000 ha területet öntöztek meg. A fajlagos öntözővíz felhasználás az öntözési időnyire vetítve $1450 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ -ra adódott.

A **7. scenárió** az előzőtől abban különbözik, hogy itt feltételezünk egy erőteljesebb öntözési vízigény növekedést, amely ahhoz szükséges, hogy az öntözött terület nagysága a 2018-as bázisévhez képest 2030-ra elérhesse a 200.000 ha -t. Ehhez az öntözővíz igény eddigi éves növekedési ütemének nagyjából a kétszeresére kell emelkednie, változatlan, $1450 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ fajlagos felhasználás mellett. Ebben a scenárióban azonban számoltunk az aszályos időszakok növekedésével és a nagyobb öntözővíz igényű kultúrák (pl. zöldségtermesztés) előtérbe kerülésével. Ehhez 2030-ra a fajlagos felhasználást – még mindig elég alacsony értékben – $1650 \text{ m}^3/\text{ha}$ nagyságúra becsültük, viszont így a 200.000 ha beöntözéséhez már $334.000 \text{ m}^3 \text{ év}^{-1}$ öntözővíz felhasználás lenne szükséges 2030-ban, ami az öntözővíz eddigi éves növekedési ütemének a háromszorosával volna elérhető (lásd *2. táblázat*). A vízigények növekedése $3,6 \text{ m}^3/\text{s}$ vízhiánnyal jár, amely azonban gyakorlatilag nem különbözik az előző forgatókönyv vízhiányától miközben az éves vízigény 90.000 m^3 -rel augusztusi vízszugárban pedig $11 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ -mal nőtt.

A **8. scenárió** az előzőre épül, azonban feltételezi, hogy megvalósul a Nyírségi, a Hajdúsági és a Duna-Tisza-közi homokhátság, valamint a Maros mentén tervezett négy nagyobb és a Közép- és Alsó-Tiszán öt kisebb vízpótló rendszer, összesen mintegy $29 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ vízkivételi kapacitással. Minthogy ezek a rendszerek részben már meglévő öntözéseket is ellátnak, illetve nem tudható, hogy milyen egyéb vízigények kielégítésében kapnak szerepet, ezért egyértelmű öntözési területnövekedést nem tudunk hozzájuk rendelni, azonban konzervatív becsléssel további 35.000 hektár öntözést mindenképp eredményezhetnek. A vízhiány ebben a forgatókönyvben $6,7 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ az előző scenárióhoz képest mintegy $3 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, növekmény a Tisza-völgyben, ezen belül $1,7 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ -mal a Kettős-Körös hazai vízgyűjtőjén jelentkezik. Ez a hiány már

jelentősnek ítéelhető; részletesebb vizsgálat lenne szükséges közvetlen okainak és kiküszöbölése lehetséges megoldásának megtalálásához.

A 9. szcenárió a 2. és az 5. szcenárióhoz hasonló, a határt metsző folyók belépő ökológiai vízmennyisége változtatását jelenti, minden más tekintetben az előző, 8. számú forgatókönyvre épül. Az ökológiai vízmennyiség változása $25,3 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ vízhiánnyal járna, amely túlnyomó részt a Tisza-völgyben és annak egyidejűleg több térségében is jelentkezne. Részletesebb vizsgálat hiányában az biztosan kimondható, hogy ez a szabályozási lépés lényegesen korlátozná a Tisza-völgyben a vízhasználatok távlati fejlesztését.

A 12 havi vízmérleg értékelése

Stratégiai szintű döntéstámogatási eszközként az ország területére kialakított vízkészlet-gazdálkodási mérleg átfogó képet nyújt a hasznosítható felszíni vízkészlet jelenlegi, illetve a kimutatható tendenciák előrevetítésével a 2030-as időhorizonton rendelkezésre álló mennyiségének, a fejlesztési tervekben megjelenő vízkészlet növelő beavatkozások mértékének, valamint a vízigények előrejelzett alakulásának egységes számítási keretben történő együttes kiértékeléséhez.

A jövőben célszerű volna stratégiai opcióként vizsgálni azt is, hogy

- a víztakarékos öntözési technológiák miatti víznorma csökkenés, illetve az éghajlatváltozás miatt jelentkező többlet evapotranspiráció milyen mértékben változtatná meg az öntözési vízigényeket;
- a különböző öntözött növénykultúrák országos vagy regionális arányainak, ezek agrár-gazdasági tényezők miatt várható változásának ismeretében vagy feltételezésével miképp alakulhatnak az öntözési vízigények térben és az egyes hónapok tekintetében
- a fentiek alapján pontosabban lehetne feltárni, hogy az ország különböző térségeiben melyik időszak – hónap vagy hónapcsoport – lehet a mértékadó, illetve hogy indokolt-e az augusztusi mértékadó időszakot és ezzel a vízkészlet-gazdálkodás fókuszát egy másik időszakra, például július hónapra vagy július-augusztus hónapcsoportra áthelyezni.

6. IRODALOMJEGYZÉK

Bözsöny Dénes, Domokos Miklós (1975): Gyakorlati vízkészletgazdálkodás. Tankönyvkiadó, Budapest.

OVF (1965): Országos Vízgazdálkodási Keretterv. Országos Vízügyi Főigazgatóság, Budapest.

OVF (2000): 00698/2000. sz. OVF intézkedés – A Duna-völgy vízkészlet megosztásáról szóló 152/4/93. sz. OVF intézkedés módosítása.

OVH (1985): II. Országos Vízgazdálkodási Keretterv. Országos Vízügyi Hivatal, Budapest.

VGI, (1989): Vízkészletgazdálkodási Évkönyv 1988. Vízgazdálkodási Intézet, Budapest.

VKKI (2007): 226-0001/2007. sz. VKKI intézkedés – A Tisza-völgy vízkészlet megosztásáról szóló 00698/1/2000. sz. OVF intézkedés módosítása.