

Árvíz hidrológia és klímaváltozás

Árvíz levonulási tapasztalatok

A Duna árvizére utaló legrégebbi történelmi feljegyzés 1012-ből származik. Az 1092, 1126, 1193, 1235, 1248, 1267, 1268 években is nagy árvizeket jegyeztek fel. A XIV.-XVII. századból 14 pusztító árvizet-(köztük az 1501 évit), a XVIII. századból 23 jelentős árvizet említenek. Minden idők legnagyobb dunai árvize az 1501 évi lehetett, amikor egyes becslések szerint (Stelczer 2004) Mohácsnál 1057 cm volt a vízállástetőzés.

A XIX. század elején 1827, 1830 években voltak elöntésekkel, illetve károkkal járó dunai árvizek. A jégtorlasz által okozott árvizek között az 1838. márciusi történelmi jelentőségű, amikor több település pusztult el Esztergomtól Vukovárig. A XIX. század második felében 1875, 1876-ban, 1895, 1897 és 1899 években, míg a XX. században 1920, 1923, 1926, 1940, 1941, 1944, 1954, 1956, 1965, 1991 években vonult le nagy árvíz a Dunán. A XXI. század elején 2002, 2006 és 2013 években voltak az addigi legnagyobb vízállásokat meghaladó árvizek. A Sión, Sárvízen és Kaposon 1940-ben, 1972-ben, 1974-ben, 1980-ban, 2005-ben és 2010-ben voltak jelentős árvizek.

1. táblázat. *A folyószabályozási munkákat követő nagy dunai árvizek fő jellemzői*

Év	Tetőzés	Elöntések, károk
1876. II.-III.	Duna Dunaújváros cm, Dunaföldvár cm, Paks 803 cm, Baja 531 cm, Mohács 840 cm	Február második feléig vastag jégtakaró volt a teljes hazai Duna szakaszon. Több helyen, pl. a gerjéni jégtorlasz szétrepesztésére dinamittal próbálkoztak. Február közepén az Alpokban, enyhe időjárás állt be, felülről olvadás kezdődött és megáradtak a patakok. Az árvíz főleg a jégdugók miatt lett veszélyes. A hazai felső szakaszon már február 21-én töltésmeghágás volt. A következő napokban a folyam hazai alsó szakaszán is megindult az áradás, de a jég február 26-ig nem indult meg. Töltésszakadás volt Solt és Vejte, Dunavecse és Apostag, Tolna és Bata között. Elöntötte a víz Hajóst, Fajszot, Dúsnokot, Bogyiszlót, Dunavecset, Dunapatajt, Szalkszentmártont, Kunszentmiklóst, Apostagot, Dunaegyházát, Kiskunlacházát, Ordast, Szabadszállást, Fülöpszállást, Baja és Paks alsó részét. Mohács 1770 házából 492-öt borított víz. Mohácsnál február 26-tól április 3-ig, 37 napig tartott az árvíz.
1899.IX	Duna Dunaújváros 640 cm, Dunaföldvár 647cm, Paks 811 cm, Baja 888 cm, Mohács 878 cm	Az árvizet döntően az Inn folyó, továbbá a Traun és az Ens vízgyűjtőjére hullott csapadék okozta. A Duna ausztriai és hazai, Komárom feletti szakaszán is 1965-ig ez volt a mértékadó nagy árvíz (az árvízvédelmi töltéseket ennek alapján méretezték), amely számos helyen okozott töltésszakadást, és jelentős területek kerültek elöntésre (Szigetköz). Az árhullám a hazai szakaszon ellapult.

Árvíz hidrológia és klímaváltozás

Év	Tetőzés	Elöntések, károk
1929.	Duna Dunaújváros 606 cm, Paks 618 cm, Dombori 616 cm Mohács 685 cm	A Duna felső folyásán hatalmas hótömeg hullott (az Inn felső folyásán 3,0 m vastagság). A hőmérséklet január-február hónapokban -20 és -30 C° volt. A Dunán a jég a 60 cm vastagságot is elérte. Január 21-én a jég megállott Dunapentelénél (Dunaújváros), és jégtorlasz keletkezett, mely a vizet 1,5 m-rel felduzzasztotta. A jégzajlás március közepén indult meg.
1940.III.	Duna Dunaújváros 685 cm, Dunaföldvár 640 cm, Paks 802 cm, Baja 878 cm, Mohács 878 cm Sió Simontornya 709 cm (jeges tetőzés)	<p>Az árvizek sorozata a március havi jeges árvízzel kezdődött, amit egy jégnélküli árvíz követett. Március 12-én a Gaja-patak elöntötte a Székesfehérvár feletti területeket, majd délkeletről körülvette a várost. Vízbe került a Hosszútemető, a vágóhíd, a Hosszúsétatér, az ár elérte a Székesfehérvár-komáromi vasútvonalat. A Sárvíz visszaduzzadó vize a Dinnyés-kajtori csatornán keresztül elöntötte Sárkeresztúr nyugati felét. A víz a Kapos a töltéseket 165 cm-rel haladta meg és elöntötte Kaposvár alsóbb részeit, és 6 km² területet és elsodorta a Kaposvár-szigetvári vasútvonal hidját. Víz alá került a taszári repülőtér, tönkrementek a homoki, nagyberki, szabadi Kapos-hidak. A víz Dombóvárnál a töltéseket 100 cm-rel haladta túl. A Sió Simontornyánál 110 cm-rel volt magasabb az LNV-nél. Tolnanémedinél elöntötte a kendergyárat. Március 16-án a Sió kettévágta Simontornyát. A Kapos és a Sió völgyében összedőltek 105 ház, megrongálódott 267. Tönkrement 2 vasúti és 8 közúti híd. A Karasica 9200 kat. holdat öntött el. Magyarboly községben 120 házat döntött romba.</p> <p>A Duna árvize március 20-án Dunaföldváron az alacsonyabb részeket elöntötte. A Harta-Uszod közötti és a Paks alatti jégtorlaszt a légi erők bombázással rombolták. Pakson március 21-én tetőzött. Fehette mindenütt károkat okozott. Március 20-tól jégnélküli árhullám indult el, veszélyeztetve a védműveket.</p>
1941.II.	Duna - Dunaújváros 864 cm, Dunaföldvár cm, Paks 968 cm, Dombori 874 cm, Mohács 826 cm	A jeges árvíz a Csepel-sziget alatt, Apostag és Dunaegyháza között a gátat öt helyen szakította át. A víz elöntötte a Duna vonala és a Dunavecse-Szabadszállás-Fülöpszállás-Kiskőrös-Baja menti vonal közé eső területeket. 80.000 ha került víz alá.
1954. VIII.	Duna Dunaújváros 671 cm (LNV-14), Dunaföldvár 651 cm (LNV-22), Paks 816 cm	Július 7-8-án felhőszakadás volt Felső Ausztriában (Scharfling 286 mm). Az árvíz kialakulásában főként az Enns a Traun és a Salzach játszottak szerepet. A Dunán az országba 14,2 milliárd m ³ víz folyt be, és a XIX. század végi folyó-szabályozást követő legnagyobb árvíz alakult ki. A Baja-Mohács-déli országhatár szakaszon az árvíz 7-24 cm-rel haladta meg a korábbi LNV-t.

Árvíz hidrológia és klímaváltozás

Év	Tetőzés	Elöntések, károk
	(LNV-36), Baja 912 cm (LNV+7), Mohács 924 cm (LNV+24)	Mohácsnál július közepétől augusztus 1-ig, 17 napig tartott az árvíz. Az Alsó Dunán 320 km-es folyószakaszon védekeztek csurgás, szivárgás, átázás ellen. 67 buzgárt és kb. 50 töltéscsurgást fogtak meg. A Dunavölgyi-főcsatorna torkolati zsilipjénél a gátszakadást szádfalazással hártották el. A Gemenci-erdőnél gátszakadás volt, a vadállomány egy részét megmentették.
1956.III.	Duna – jeges tetőzések Dunaújváros 886 cm (LNV+22), Duna Paks 968 cm (LNV+116) Baja 1037 cm (LNV+125), Mohács cm 990 cm (LNV+66)	A vízgyűjtőn nagy hómenyiség halmozódott fel. Február közepére a Duna teljes magyarországi szakaszán jégpáncél alakult ki (186 millió m ³). Február végén olvadás kezdődött, és a Kárpátok nyugati lejtőin 100 mm csapadék hullott. Dunaföldvárnál és alatta jégtorlaszok jöttek létre. A tetőzések a korábbi LNV-t helyenként több mint 1 m-el haladták meg, pedig 58 gátszakadás volt. A hadsereg megkísérelte szétbombázni a jégtorlaszokat, de sikertelenül. Március 11–14-én a sükösi Vajastorok és Érsekcsanád között 6, Baja környékén 2, Mohács térségében 14 helyen szakadtak át a gátak. A mentést nehezítette, a viharos szél és hóvihár. A települések körül nyúlgátak épültek, a lakosságot evakuálták. Nagybaracska tanyáin 150 házból csak 3 maradt meg, belterületén 25 ház dőlt össze. Baja mélyebb, nyugati részét öntötte el a víz, 360 család vált hajléktalanná. Víz alá került 74.000 ha föld, 8500 lakóingatlan. 39 elöntött községből 60.000 embert telepítettek ki. Áldozatul esett 5 ember. Gemenc szinte teljes szarvas állomány kipusztult, az áradást követően 2300 szarvas tetemét szállítottak el a helyszínről.
1965.VI	Duna Dunaújváros 742 cm (LNV+57), Dunaföldvár 703 cm (LNV+30), Paks 872 cm (LNV+18), Baja 976 cm (LNV+64), Mohács 984 cm (LNV 60)	A Duna felső vízgyűjtőjén a hótakaró (11 km ³) olvadásából és az esőzésekből március végétől június elejéig kialakult 7 árhullámmal 74,3 km ³ víz folyt be az ország területére. A magas vízállást az árhullámok egymásra futása és a bal parti mellékfolyók (Morva, Vág, Ipoly) árhullámainak közel egy időben érkezése okozta. A Duna Gönyűtől lejjebb LNV feletti, hosszan árvíz alakult ki. Tartóssága Mohácsnál 128 nap volt (23 nap az 1954. évi LNV felett). A magyar szakaszon nem volt töltésmeghágás és gátszakadás, de a töltések mentén árvízi jelenségek alakultak ki (átázás, csurgás, buzgár, töltésrészsű suvadás), amelyek védekezés nélkül gátszakadáshoz vezettek volna. A töltések mögött feltörő fakadó vizek több ezer hektár szántóterületet borítottak el és több száz házat megrongáltak.
2002. VIII.	Duna Dunaújváros 716 cm (LNV-26),	Az országban átlagnál melegebb és szárazabb időjárás miatt aszály alakult ki. A Duna vízgyűjtő felett kialakult nagy nedvességtartalmú ciklonból augusztus 12-14.

Árvíz hidrológia és klímaváltozás

Év	Tetőzés	Elöntések, károk
	Dunaföldvár 685 cm (LNV-28), Paks 859 cm (LNV-13), Baja 943 cm (LNV-33), Mohács 925 cm (LNV-59),	között sok csapadék hullott (Traun és Ens vízgyűjtő 213 mm). Az Inn-en, a Rábán, az Ipolyon jelentősebb, a Vágon kisebb árhullám alakult ki. Ez az árvíz azt igazolta, hogy folyóinkon, bármilyen időszakban kialakulhatnak jelentős árvizek. Budapest feletti LNV-t túllépő vízállások miatt, 2002. augusztus 15-én a Kormány árvízi veszély-helyzetet rendelt el. Mohácsnál LNV alatt, 925 cm-el tetőzött. Készültséget 632 km hosszú védvonalon rendeltek el, melyből 286 km-en rendkívüli fokozatban. 2021 embert telepítettek ki. A védekezés összköltsége 4,76 milliárd Ft volt. Az úthálózat, az árvízvédelmi létesítmények, az agrárium nagy kárt szenvedtek. Víz alá került a Gemenci erdő ártéri részének kb. 80 %-a és kb. 1500 vad pusztult el.
2006.III-IV.	Duna Dunaújváros 724 cm (LNV-18), Dunaföldvár 691 cm (LNV-12), Paks 861 cm (LNV-11), Baja 852 cm (LNV-14), Mohács 931 cm (LNV-53),	A Duna vízgyűjtőn február 18-án 20 km ³ volt a hóban tárolt vízkészlet, a sokéves átlag kétszerese. A több hullámban érkező frontrendszerek, felmelegedés és csapadéktevékenység hatására, a magasabb régiókban is olvadt a hó. A felső-dunai árhullámra március 30-án ráfutott a Morva (800 m ³ /s) és a Vág (1200 m ³ /s) árhulláma. A hazai Felső-Dunán LNV-t meghaladó szint volt. A Kormány árvízvédelmi veszélyhelyzetet hirdetett ki a Duna Komárom-Tass szakaszán. A Duna hazai alsó szakaszán is magas tetőzések voltak, de az 1965. évi LNV alatti szinten. A Dráván kisebb árhullám vonult le. Visszaduzzasztás hiányában az árhullám Adonytól fokozatosan ellapult, de tartós tetőzéssel (Mohácsnál 37 óra). Védekezés nélkül gátszakadás következett volna be. A baja-foktői szakaszon megtámasztó bordákat építettek, helyenként buzgárok ellen védekeztek. Április 19-ig volt készütség.
2010.V.,VII.	Kapos Kurd 464 cm 2010.06.06. (LNV+5), Hábi csat. Csikostöttös 326 cm (LNV+6), Villány-pogányi vízf. Villány 118 cm (LNV +25)	Május 15-18-án a „Zsófia” ciklonból lehullott csapadék a Dél-Dunántúlon nagy területen meghaladta a 100–150 mm-t. A 12 nappal későbbi „Angéla” ciklon kisebb csapadéka telített talajra, telt medrekre hullott. A Kapos-Sió vízgyűjtőn esett a legtöbbet. Május 16-17-én Kaposvár-Dombóvár-Szakály térségében több 100 ha területet öntött el a Kapos, a Baranya-, a Hábi-, a Deseda-, az Orci-, a Méhész-patak, az Attala-inámi-árok és a Csicsói-árok. Június 16–21-én helyi csapadékok okoztak károkat. A Kapos és mecseki vízfolyások egy nap alatt kb. 3 m-t áradtak. A Mór-Bodajki-vízfolyáson a móri halastó-rendszer egyik völgyzárógátja átszakadt. Székesfehérvár védelméért vízvisszatartás volt a Fehérvárcsurgói-tározóban. Elöntött területek a Nádorcs. és Sió mentén 13.000 ha. Június 20-án a Kapos, Koppány-, Mucsi-Hidasi-, Völgységi-, Rák-, Lajvér-patak és a Szekszárdi-Séd vízgyűjtőkre 100 mm körüli

Árvíz hidrológia és klímaváltozás

Év	Tetőzés	Elöntések, károk
		csapadék hullott (Tevel 104 mm, Kurd 117 mm). Elöntések keletkeztek, közutak váltak járhatatlanná. Bátaszéket a Lajvér-patak és a Kövesdi-víz fenyegette. A KDTVIZIG nagy teljesítményű szivattyút üzemeltetett, így a várost megvédték az elöntéstől. Sásdon a Baranya-cs. gátjának átvágásával csökkentették a vízszintet. Fazekasbodát a Karasica és 14 halastó veszélyeztette. A településhez közeli tó gátját meghágtá a víz. Gátszakadás esetére előkészítették a lakók kitelepítését. Majs, Szederkény, Nagyharsány, Alsószentmárton és Csikóstóttós településeken is volt kitelepítés.
2013.VI	Duna Dunaújváros 755 cm, Dunaföldvár 721 cm, Paks 891 cm, Baja 989 cm, Mohács 964 cm (LNV-20)	A Duna vízgyűjtőn a hóban tárolt vízkészlet március 1-én a sokéves átlag 155 %-ka volt. <u>A 2000 m feletti hegyekben a hó megmaradt, az alacsonyabb szinteken a talajnedvesség nagy volt.</u> Május 30-június 4. között a területi átlag csapadék, a Felső-Dunán 113 mm, az Inn-en 121 mm, a Traunon és Ennsen 134 mm. A maximális vízállások az Alsó-Dunán meghaladták a III. fokú készültségi szintet, sőt a legalsó szakasz kivételével (Mohács), az eddigi LNV-t is meghaladták. Mohácsnál június 5-én haladta meg az I. fokot, és június 23-án apadt készültségi szint alá. Az I. fok feletti tartósság Dunaföldvárnál 156 óra, Mohácsnál 428 óra volt. Június 4-től a Kormány veszély-helyzetet hirdetett ki. Az Alsó-Dunán a védekezés kritikus pontjai Kisapostag, Bata, Baja és Dunaszekcső voltak. Bátán és Baján töltésmagasítás készült. Dunaszekcsőn a földgátat fél méterrel emelték meg, de a magasítás a víznyomás miatt meggyengült, ezért homokzsákos megtámasztás készült. Baján a Petőfi szigeten az ár betört a szennyvízhálózatba. Mohácson, a védvonaltól 40 m-re a város szennyvíz főgyűjtő csatornája fölött kiüregelődés miatt az úttest beszakadt. A Duna június 12-én elöntötte az újmohácsi hullámtéri üdülőket.

Klímaváltozás hidrológiai hatásai

Bevezetés

Az éghajlatváltozás folyamata természettudományos tény, a modern világban pedig világgazdasági externália (STERN, 2006). A globális klímaváltozás folyamata nem egyedülálló, a földi éghajlattörténetet klímaváltozások egymásutánisága definiálja, ugyanakkor fontos látni, hogy „a 21. század végére előre jelzett felmelegedés a földtörténeti középkor óta nem tapasztalt hőmérsékletre emelheti Földünk hőmérsékletét!” (RAKONCZAI, 2013)

Árvíz hidrológia és klímaváltozás

A földi légköri hőmérséklet átlagosan 0,8-1°C-ot emelkedett a 20. század elejétől mostanáig, ennek hatása a jeges területeken a legszembetűnőbb. Magyarországon a hőmérsékletemelkedés valamelyest a világátlag felett alakult az 1901-2011-es időszakban, ez +1,01°C-ot jelent, amely az elmúlt harminc évben +1,19°C-ra módosult (OMSZ) – ez már igen jelentős növekedés.

A csapadékváltozás trendjei területileg annyira különbözőek, hogy – szemben a hőmérsékletváltozással – erre vonatkozó világátlag megállapítása nem lehetséges, sőt, attól függően, hogy rövidebb vagy hosszabb időszakot¹ vizsgálunk, kisebb térségek esetében kaphatunk emelkedő és csökkenő trendeket egyaránt. Ez a csapadék nagyfokú változékonysága miatt van. Mindent összevetve ugyanakkor megállapítható, hogy Közép-Európában és a Mediterráneumban a csapadék csökkenő tendenciát mutat. Magyarországon az 1901-2012-es időszakot vizsgálva 60-80 mm-es csökkenés tapasztalható - persze rövidebb időintervallumot vizsgálva emelkedő trendet itt is kaphatunk. Jól példázza a csapadék változékonyságát továbbá az is, hogy két egymást követő évben tapasztalhattuk meg az utóbbi száz év országos területi átlagainak két szélsőségét (2010-ben 959 mm, 2011-ben 404 mm).

1991-1999 között az EC IV. keretprogramján belül egy átfogó kutatási program (MEDALUS – Mediterranean Desertification And Land Use) foglalkozott a klímaváltozás tágabb térségünkre vonatkoztatott káros hatásaival, kiemelten a szárazodás folyamatával. Ezen program II. és III. ütemébe az MTA FKI is bekapcsolódott és több éven keresztül végzett kutatásokat a Mediterráneum közvetlen szomszédságában zajló aridifikációs folyamatokkal kapcsolatban (MEDEAST). Az aridifikáció jellemző területe Magyarországon a DK-Alföld és a Duna-Tisza-köze (KERTÉSZ et al., 2001). Ez az a hazai térség, ahol a klímaváltozás hatása a leginkább kimutatható, emiatt a vonatkozó szakirodalom nagy hányada is ezzel a területtel foglalkozik.

Az aszály, mint szélsőséges meteorológiai esemény, nem összetévesztendő az aridifikációval. Az aridifikáció a tartós szárazság folyamánya, egy állandósult csapadékhányos állapotot feltételez, míg az aszály egy átmeneti esemény. Magyarországon a tapasztalat azt mutatja, hogy 10 évből átlagosan 4-ben aszályal kell számolni (PADÁNYI, 2012). A *Pálfai-féle aszályindex*² szerint az ország szinte teljes területét az igen aszály-érzékeny tartományba sorolták.

Éghajlati modellek és klímaszcenáriók

A klímamodellekkel az éghajlati rendszer viselkedését szimuláljuk térben és időben. A szimuláció célja, hogy általa jobban megértsük az éghajlatot irányító alapvető fizikai, kémiai és biológiai folyamatokat. A klímamodellek segítségével lehetőségünk nyílik leírni az éghajlati rendszer választ egy feltételezett jövőbeli kényszerre. Ilyen kényszer többek között az antropogén tevékenység. Mivel ennek a kényszerítő elemnek nagy a jövőre vonatkozó bizonytalansága, ezért a globális modellek számára ki kellett találni ún. klímaszcenáriókat,

¹ A meteorológia a közelmúlt változásait is kimutatni képes, statisztikai szempontból még elegendő hosszúságú idősort 5 évben határozza meg.

² Az adott tárgyév április-augusztus időszak átlagos hőmérsékletének és a megelőző év októberétől a tárgyév augusztusáig tartó súlyozott csapadékösszegének hányadosa.

Árvíz hidrológia és klímaváltozás

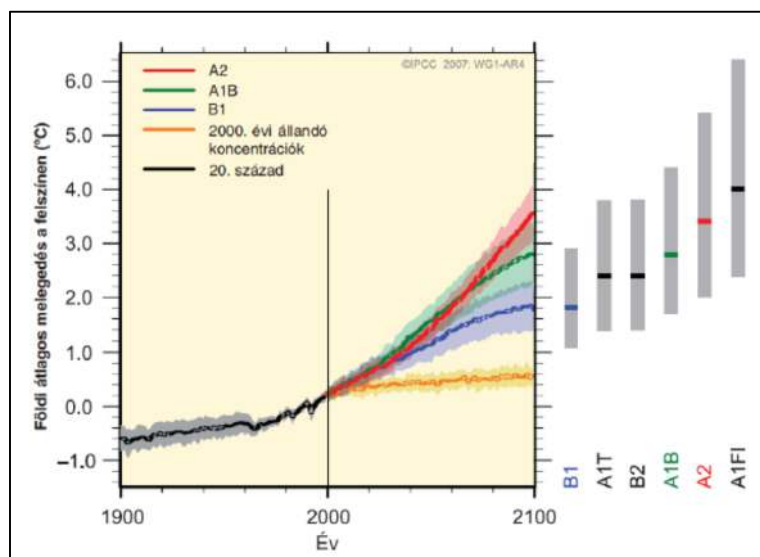
amelyekkel számszerűsítjük az antropogén tényezők (népesség, mezőgazdaság és ipari szerkezet, energiafelhasználás, stb.) változásainak az éghajlati rendszerre gyakorolt *sugárzási kényszerét*³, amelyből szén-dioxid-kibocsátást és koncentrációt kapunk. A kibocsátási tendenciákra számos forgatókönyv létezik, ezeket négy alapszcenárióba foglalták: A1, A2, B1, B2; az ezek által leírt alternatív jövők tulajdonságait *1. táblázat* foglalja össze. Az A1 szcenáriók (A1FI, A1T és A1B) gyors gazdasági növekedéssel számolnak. Az A1FI elsősorban fosszilis tüzelőanyagok használatával számol, míg az A1T az alternatív, nem-fosszilis tüzelőanyagokra épít. Az A1B szcenárióban nincs kitüntetett energiaforrás (GELENCSÉR, 2012).

1. táblázat. Alapszcenáriók - társadalmi fejlődéstípusok a klímamodellekben. (PADÁNYI, 2012)

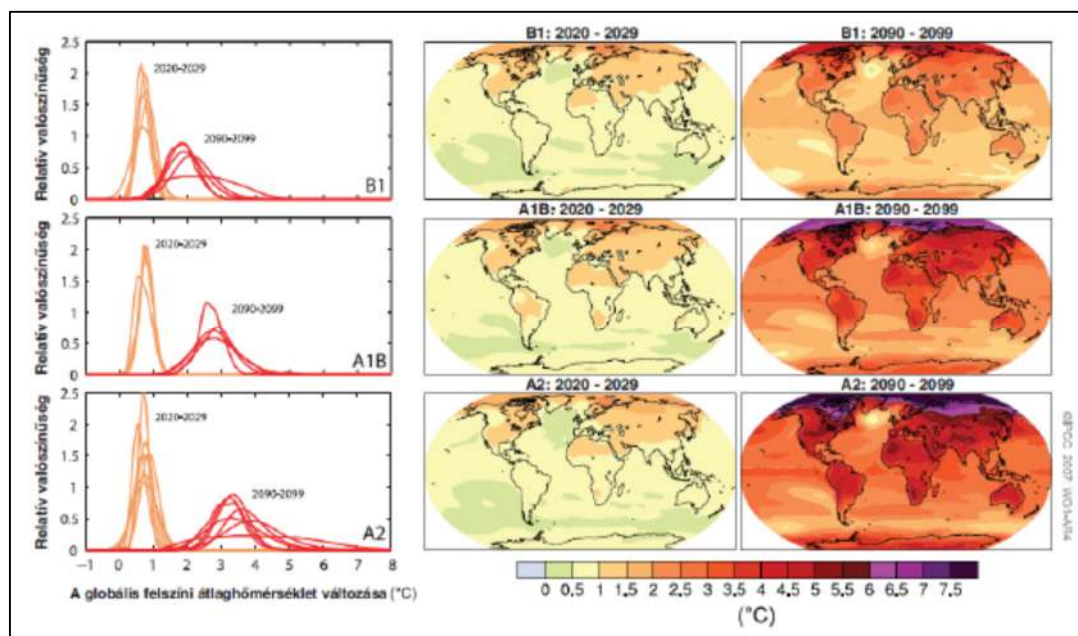
A1	A2
<ul style="list-style-type: none">- nagyon gyors gazdasági növekedés;- a népesség növekedése a 21. század közepéig, utána csökkenés;- Új és hatékony technológiák gyors megjelenése és elterjedése;- az egyes régiók közötti kiegyenlítődé;- fokozott kulturális és társadalmi impulzusok;- a regionális jövedelemkülönbségek csökkenése.	<ul style="list-style-type: none">- heterogén fejlődési séma;- a helyi önkormányzatok, önszerveződések hangsúlyosabb működése;- folyamatosan növekvő népesség;- divergens regionális gazdasági változások;- lassú és területileg nem egyenletes technológiai fejlődés.
B1	B2
<ul style="list-style-type: none">- kiegyenlítő gazdasági fejlődés- az A1-hez hasonló népességváltozások;- a gazdasági szerkezet gyors eltolódása a szolgáltatási és információs ágazatok felé;- környezetbarát és energiahatékony technológiák bevezetése;- a gazdasági, társadalmi és környezeti problémákra globális megoldások kidolgozása.	<ul style="list-style-type: none">- a gazdasági, társadalmi és környezeti problémák lokális szintű kezelése;- folyamatosan növekvő globális népességváltozás;- közepes mértékű gazdasági fejlődés;- az A1-hez és a B1-hez képest lassabb és sokoldalúbb fejlődés.

³ Azt mutatja, hogy egy gáz adott koncentrációjú légköri jelenlétének megemlése mellett mennyivel változik a felszínközeli légréteg energiaháztartása. Mértékegysége W/m^2 . A sugárzási kényszer ismeretéből megbecsülhető az általa okozott felszíni hőmérséklet-változás mértéke.

Árvíz hidrológia és klímaváltozás



1. ábra. Globális átlaghőmérsékleti előrejelzések a különböző fejlődési scenáriókra. A1T: nem-fosszilis energiahordozók; A1B: kiegyenlített energiastruktúra; A1FI: fosszilis tüzelőanyagok. (NAKICENOVIC et al., 2007)



2. ábra. A globális melegedés várható mértéke különböző scenáriók felhasználásával a 2020-2029 és a 2090-2099 időszakra. (NAKICENOVIC et al., 2000)

Egyes modell szimulációk az úgynevezett RCP-eket (Representative Concentration Pathway) alkalmazzák kibocsátási forgatókönyvként. Az „RCP” mögött rendre fel van tüntetve egy számérték, amely megadja a sugárzási kényszer 2100-ra vonatkoztatott növekedését az ipari forradalom előtti kibocsátáshoz képest.

A klímamodellek lehetnek

- energia megmaradási modellek (EBM),
- sugárzási-konvekciós modellek (RCM),
- statisztikai-dinamikus modellek (SDM) és
- általános körzési modellek (GCM).

Árvíz hidrológia és klímaváltozás

Ezek közül a modell típusok közül a jövőre nézve kizárólag a GCM-ek és az RCM-ek állnak rendelkezésre.

A horizontális felbontás durvasága miatt a jelenlegi globális modellekkel (GCM-ek) nem lehet megfelelő pontosságú becsléseket készíteni regionális térskálán. Regionális hatástanulmányok készítéséhez a globális modellek eredményeit ún. leskálázási eljárásnak kell alávetni. Az így kapott regionális modellek (RCM-ek) nagy, 10-25 km-es területi felbontással rendelkeznek, így alkalmasak a GCM-ek által szolgáltatott eredményeket finomabb skálára leképezni.

Mivel egyetlen projekció érvényessége korlátozott, az Éghajlatváltozási Kormányközi testület (IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change) ajánlásai között szerepel, hogy minél több térség esetében minél több modell készüljön klímabecslésekre. Az egyes modellek összehasonlítása ugyanis rávilágíthat a Föld azon régióira, ahol nagy bizonyossággal vagy éppen bizonytalansággal tudjuk a jövő éghajlatának alakulását megbecsülni. A bizonytalanságok számszerűsítését – s így a kalibráció finomítását - több modelleredmény együttes vizsgálata teszi csak lehetővé.

Éghajlati modellek hazai adaptálása

Az elmúlt egy-két évtizedben megjelentek az Európát vagy annak egyes kisebb térségeit átfogó projektek (PRUDENCE, ENSEMBLES, CECILIA, CLAVIER). Ezeknek a projekteknek a keretében került sor négy regionális klímamodell hazai adaptálására, ezek közül kettőt az Országos Meteorológiai Szolgálat Numerikus Modellező és Éghajlatdinamikai Osztályán, kettőt pedig az Eötvös Loránd Tudományegyetem Meteorológiai Tanszékén végeztek. A négy adaptált modell: ALADIN-Climate, PRECIS, RegCM, REMO. Ezek eredményei segítséget nyújtanak a 21. századi Kárpát-medence éghajlati változásainak előrejelzésében.

2. Táblázat. A hazai regionális klímamodellek és szimulációik. (HORÁNYI et al., 2010)

Regionális klímamodellek	ALADIN-Climate	PRECIS	RegCM	REMO
Felbontás	10 km	25 km	10 km	25 km
Szintek száma	31	19	18	20
Validáció, határfeltételek	1961-2000 ERA40	1961-1990 ERA40	1960-2000 ERA40	1961-2000 ERA40
Referencia, határfeltételek	1961-1990 ARPEGE	1961-1990 HadCM3	1961-1990 ECHAM5/MPI-OM → RegCM	1951-2000 ECHAM5/MPI-OM
Projekciók	2001-2100: A1B	2071-2100: A2, B2	2021-2050: A1B 2071-2100: A1B	2001-2100: A1B



3. ábra. A hazai regionális klímamodellek által alkalmazott integrálási tartomány. sárga – ALADIN, 10 km-es felbontás; kék – RegCM, 10 km; narancs – PRECIS, 25 km; zöld – REMO, 25 km; piros – ALADIN, 25 km. (BARTHOLY et al., 2011)

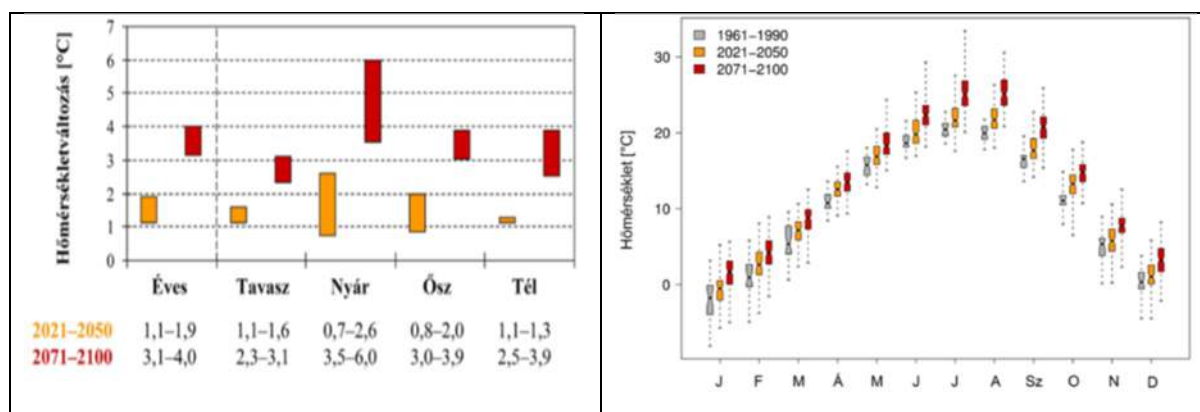
A négy modell közül három (ALADIN-Climate, RegCM és REMO) vonatkozik a közelebbi jövőre (2021-2050 közötti időszak), ezek egy mérsékelt (A1B) klímaszcenáriót vettek alapul. A távolabbi jövőre nézve (2071-2100 közötti időszak) mind a négy modellel készültek projekciók.

Modelleredmények

Hőmérséklet

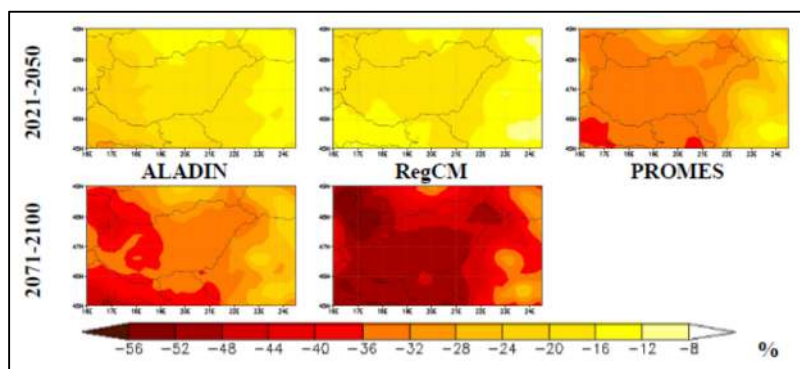
A modelleredmények összeségében a hőmérséklet növekedését vetítik előre évszakos és éves szinten egyaránt:

- a nyári napok ($T_{\max} \geq 25^{\circ}\text{C}$) száma növekszik, a fagyos napok ($T_{\min} \leq 0^{\circ}\text{C}$) száma csökken;
- a bizonytalanság mértéke nyáron a legnagyobb;
- a változások statisztikailag szignifikánsak;
- bár az ország méretéből adódóan nagy regionális különbségek nem várhatók, megfigyelhető egy északnyugat-délkeleti irányú növekedés.

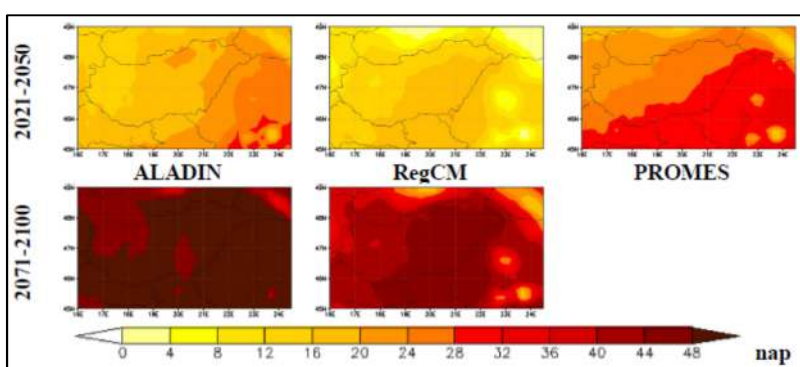


4. ábra. A magyarországi átlaghőmérsékletek várható relatív változása ($^{\circ}\text{C}$) és a várható magyarországi havi átlaghőmérsékleteket szemléltető boks-plot diagramok. Referencia időszak: 1961-1990. (Bartholy et al., 2011)

Árvíz hidrológia és klímaváltozás



5. ábra. A fagyos napok éves számának várható változása. Referencia időszak: 1961-1990. (PIECZKA, 2010)



6. ábra. A nyári napok éves számának várható változása. Referencia időszak: 1961-1990. (PIECZKA et al., 2010)

3. táblázat. Az évi és évszakas hőmérsékleti átlagok várható változása (°C) az 1961-1990-es referencia időszakhoz képest a REMO és ALADIN modellek eredményei alapján. (SZABÓ et al., 2010)

periódus	év	tavas	nyár	ősz	tél
2021-2050	(+1,4)- (+1,9)	(+1,1)- (+1,6)	(+1,4)- (+2,6)	(+1,6)- (+2,0)	+1,3
2071-2100	+3,5	(+2,3)- (+3,1)	(+4,1)- (+4,9)	(+3,6)- (+3,8)	(+2,5)- (+3,9)

A REMO és ALADIN modellek a közeli jövőre (2021-2050) éves szinten (+1,4)-(+1,9)°C-os hőmérséklet növekedést jeleznek a referencia időszakhoz képest, a távoli jövőre (2071-2100) pedig már 3,5°C-ot. A hőmérséklet csökkenése mind évi, mind évszakas szinten kizárható, a legnagyobb növekedést a nyári hónapokra jelzik a modellek, ekkor a következő 30 évben (+1,4)-(+2,6)°C-os, az évszázad végére pedig már nagyon nagy mértékű, (+4,1)-(+4,9)°C-os növekedést jósolnak.

Csapadék

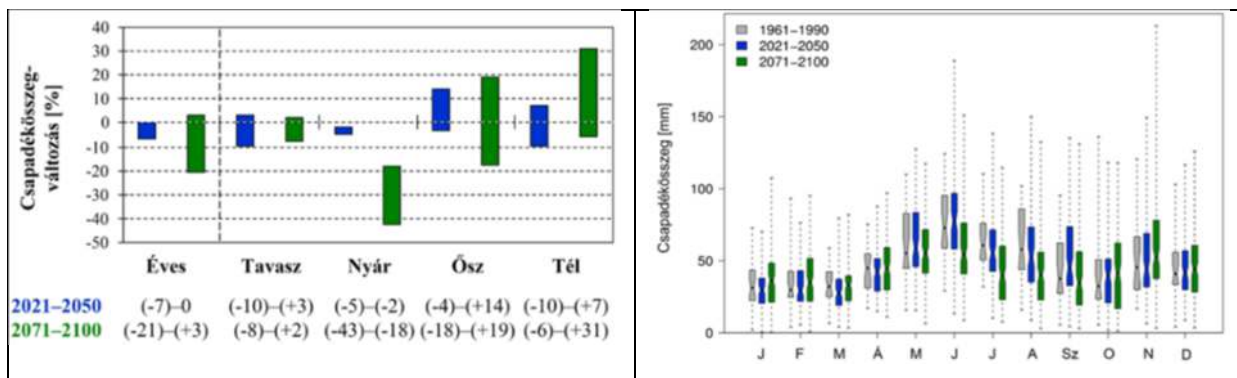
A csapadékviszonyokat tekintve kevésbé egységes előrejelzéseket adtak a modellek:

- a 2021-2050 közötti időszakban
 - az éves csapadékösszeg változatlanúsága és a nyári csapadékátlag 5-10%-os csökkenése várható;
 - a tavaszi és téli időszakokra teljesen különböző jövőképeket kapunk: 10%-ot meg nem haladó növekedés ugyanannyira valószínű, mint a hasonló mértékű csökkenés;
 - ősszel növekedés valószínűsíthető, az egyes tájak tekintetében számottevő eltérésekkel;
- a 2071-2100 közötti időszakban

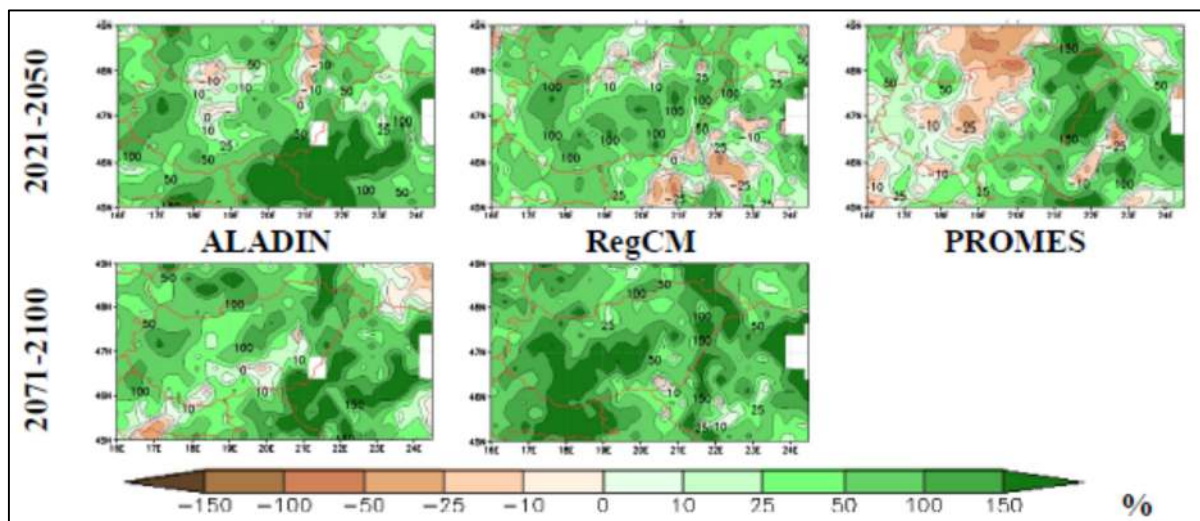
Árvíz hidrológia és klímaváltozás

- az éves csapadékátlag 5%-ot meg nem haladó csökkenése várható;
- nyáron 20%-ot meghaladó csökkenés az ország egész területén;
- a téli hónapokra a század végére is egymásnak ellentmondó eredmények születtek: továbbra is elképzelhető 5%-ot meghaladó csökkenés, illetve 30%-os növekedés (ez utóbbit támasztja alá a durvább becslést adó PRUDENCE is).

Az ELTE és az OMSZ két-két modellje között tehát leginkább a téli csapadék hosszútávú előrejelzésében vannak eltérések. Az éves csapadékváltozás hasonló térbeli mintázatot mutat, mint a hőmérsékletváltozás, csak ellenkező előjellel: északnyugat-délkeleti irányú csökkenés várható.



7. ábra. A magyarországi átlagos csapadékösszeg relatív megváltozása (%) és a várható magyarországi havi csapadékösszegek. Referencia időszak: 1961-1990. (BARTHOLY et al. 2011)



8. ábra. Nagy csapadékkal (>20 mm/nap) járó időjárási események öszre várható relatív megváltozása. Referencia időszak: 1961-1990. (PIECZKA et al., 2010)

4. táblázat. Az éves és évszakos átlagos csapadékmennyiség várható változása az 1961-1990-es referencia időszakhoz képest a REMO és ALADIN modellek eredményei alapján. (SZABÓ et al., 2010)

periódus	év	tavaszi	nyár	ősz	tél
2021-2050	(-1)-0	(-7)-(+3)	-5	(+3)-(+14)	(-10)-(+7)
2071-2100	(-5)-(+3)	(-2)-(+2)	(-26)-(-20)	(+10)-(+19)	(-3)-(+31)

A REMO és ALADIN modellek csapadék előrejelzésre vonatkozó eredményeit összefoglaló táblázatból kitéjük a korábban említett bizonytalanság, főként a tavaszi és téli hónapok tekintetében. Ezekre az évszakokra a modellek egyaránt jósnak

Árvíz hidrológia és klímaváltozás

csökkenést és növekedést. A tavaszi hónapok előrejelzési bizonytalansága a század vége felé haladva csökken, míg a téli hónapok előrejelzési bizonytalansága nagy mértékben növekszik. Konzisztensebb eredményeket kapunk a nyári és az őszi hónapokra. Nyárra egyértelmű csökkenést jeleznek a modelleredmények, illetve a becült értékek szórása is itt a legkisebb, az őszi hónapokra vonatkozó adatok pedig egyértelmű növekedést mutatnak.

A klímaváltozás hidrológiai hatásai

A vízjárás leginkább a hőmérséklet és a csapadék időbeli alakulásától függ. A sok csapadék növeli, a magas hőmérséklet csökkenti az egységnyi területről lefolyó vízmennyiséget. A lefolyás az időjárással, a lefolyás karakterisztikája – mint pl. az átlagos évi lefolyás vagy annak változékonysága – pedig az éghajlattal van összefüggésben és olyan ütemben változik, mint maga az éghajlat (RADOCHAY, 2010). Az éghajlati hatásvizsgálatok azt mutatják, hogy Magyarországon és folyóink országhatáron túli vízgyűjtőin az éghajlatváltozás hatására a hidrológiai adottságok is meg fognak változni. Vízfolyásainkon a téli félév lefolyásának növekedése és a nyári lefolyás csökkenése valószínűsíthető.

Az IPCC II. Munkacsoportja által készített, a klímaváltozás hidrológiai hatásaival foglalkozó munka (ALCAMO et al., 2007) a következőképp jellemzi a 21. századi Közép- és Dél-Kelet-Európát:

- mivel a hőmérséklet várhatóan a téli időszakban is növekedni fog, ezért kevesebb csapadék várható hó formájában, a tavasszal jellemző, hóolvadásból származó árvizek előfordulása a télbe tolódik át;
- 2020-ra a hirtelen kialakuló, gyors lefolyású árvizek gyakorisága az egész kontinensen várható;
- a hűvösebb éghajlatú hegyvidékes vízgyűjtőkön a melegedés nem lesz akkora hatással a hóolvadásra, így az időben jobban elnyúlhat;
- a klímaváltozás várhatóan csökkenteni fogja az első olvadásos árhullám tömegét és a tetőző vízhozamokat;
- északon csökken, nyugaton és délen pedig növekszik az aszály kockázata (a jelenlegi 100 évente előforduló aszály gyakorisága megkétszereződhet Dél- és Dél-Kelet-Európában);
- a 2070-es évektől a jelenleg 100 éves gyakoriságú árvizek is sűrűbben fordulnak elő;
- a 21. század második felére az éves lefolyás csökkenése várható a Közép- és Dél-Kelet-Európai térségben (2050-re Dél-Kelet-Európában ~20-30%-os, 2070-re >35%-os csökkenés);
- a 2070 körüli időszakra a nyári kisvizek mennyiségének mintegy 80%-os csökkenése várható;
- a lefolyás éven belüli megoszlása is változik: a nyári időszakban kevesebb, míg a téli időszakban több víz érkezik a folyókra.

A hóolvadás indukálta árvizek tehát az eddiginél korábban jelentkezhetnek, ugyanakkor a tetőzés várhatóan alacsonyabb vízszintnél fog bekövetkezni az ilyen típusú árvizeknél (MADSEN et al. 2014).

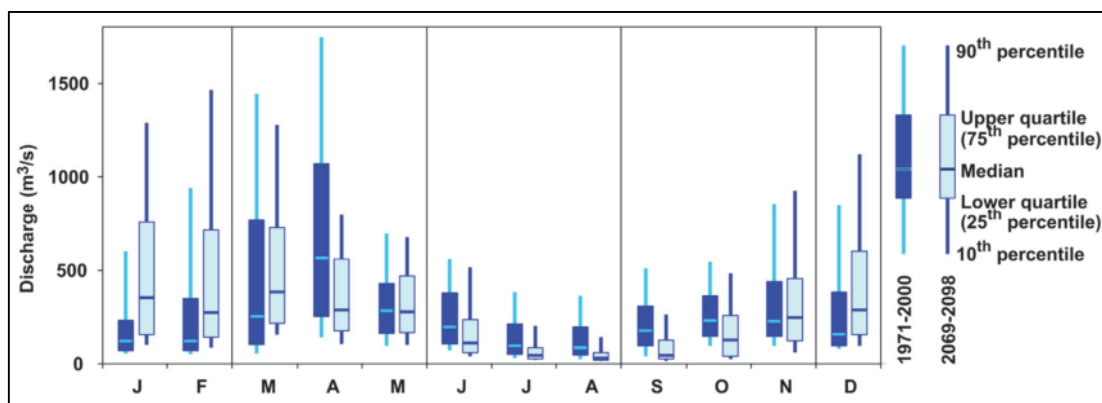
Az előrejelzések alapján összességében elmondható, hogy a csapadék mennyisége éves átlagban csökkenni fog Magyarországon, ugyanakkor gyakoribbá válnak a hirtelen lehulló,

koncentrált és intenzív csapadékesemények. A csapadék ily módon való alakulása kedvez a villámárvizeknek, az előrevetített hőmérsékletemelkedéssel együttesen pedig az aszály kialakulásának.

RADVÁNSZKY & JACOB (2008, 2009) a REMO regionális klímamodell, a HD hidrológiai modell⁴ és az A1B (mérsékelt) klímaszcenárió alapján a következőket állapította meg a Tisza teljes vízgyűjtőjére: a 21. század végére a Tisza vízhozama a referencia időszakhoz (1961-1990) képest csökkenni fog február és március hónapokban, illetve júniustól novemberig; áprilisban és májusban pedig növekedést feltételeznek.

A lefolyást tekintve a század végére (2069-2098) jelentős változások várhatók a Felső-Tisza vízgyűjtőjén (Tiszabecsnél mért napi lefolyás értékek éves eloszlásán alapuló RegCM4 modell; referencia időszak: 1971-2000; pesszimista, RCP8.5 kibocsátási forgatókönyv):

- a legjelentősebb csökkenés áprilisban várható: a számított napi vízhozamok szélsőségesen magas értékei 55%-kal csökkenhetnek, az alsó kvartilis, a medián és felső kvartilis pedig rendre 48%, 49% és 30%-kal;
- kisebb mértékű lesz a téli hónapokban zajló hófelhalmozódás az 1971-2000 években tapasztaltnál;
- a hóolvadás okozta árhullám tetőzése alacsonyabb szinten várható;
- júniustól szeptemberig a referencia időszakhoz képesti vízhozam csökkenést és folyamatosan alacsony vízhozamokat valószínűsítene;
- novembertől februárig az átlagos és az afeletti, extrém és kiugróan magas vízhozamok jelentős növekedése várható;
- a nagyvizes időszak a téli hónapokra tolódik, míg a kisvizes időszak továbbra is nyárra várható. (Kis et al., 2017)



9. ábra. Tiszabecsnél mért napi vízhozam adatokon alapuló becslés a 2069-2098-as időszak havi vízhozamaira vonatkoztatva. (Kis et al, 2017)

Extrém események

A GCM-ek horizontális rácsfelbontása (átlagosan 100-300 km) nem teszi lehetővé az extrém események megjelenítését, az ezeket leginkább reálisan leírni képes modellek a nagyobb

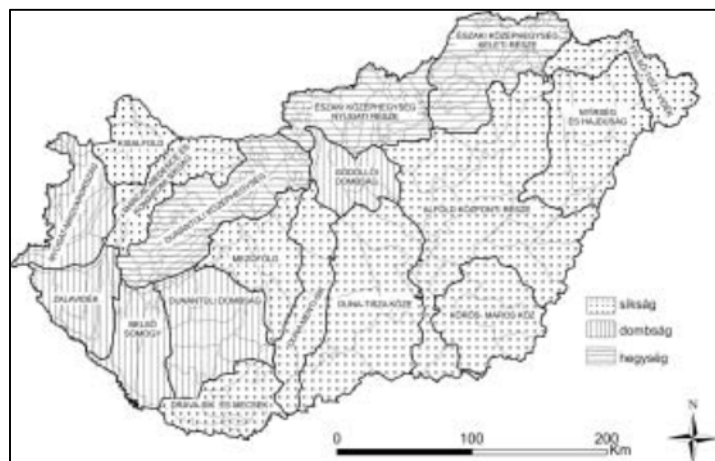
⁴ Napi adatokon alapuló lefolyási modell, amellyel kifejezhető egy folyó tetszőlegesen kiválasztott keresztmetszelyén a vízhozam mennyisége. (Lásd még HAGEMANN & DÜMELNI, 1998)

Árvíz hidrológia és klímaváltozás

felbontású RCM-ek. Ezek összességében az olyan szélsőséges időjárási események gyakoriságának növekedését jelzik, mint a heves zivatarok, az aszály vagy a hosszabb hőségperiódusok (CSORBA et al., 2012).

Szimulációs vizsgálatok a nagyobb és közepes folyóinkon új árvízi szélsőségek megjelenését és az árvízi kártételek 20%-os növekedését prognosztizálják a 21. századra (VAHAVA projekt). A nagyfolyók vízhozamát tekintve ugyanakkor megjegyzendő, hogy a klímaváltozás – noha a vízhozamokkal kapcsolatos összefüggés kétségtelen - inkább csak közvetett módon gyakorol hatást a folyók vízhozamára, a nagyobb árvizek kialakulásában az emberi beavatkozások (pl. medermorfológia megváltoztatása) játsszák a főszerepet.

CSORBA et al. (2012) a klímaváltozás okozta tájatalakulásokat és az ezekhez kapcsolódóan megnövekvő gyakoriságú természeti veszélyeket vizsgálta a 2021-2050 közötti és a 2071-2100 közötti időszakokra. A vizsgálat szükségessé tette Magyarország területének felosztását, ami valamely, a klímaváltozás szempontjából kiemelt indikátorral szemben többé-kevésbé azonos hatást mutató területi egységek összevonásával történt. Az így kialakított 18 mezei régió szolgáltatta a vizsgálat területi alapegységeit (10. ábra).



10. ábra. Magyarország 230 kistájából kialakított mezei régiós felosztása. (CSORBA et al., 2012)

A legfontosabb, a klímaváltozás által befolyásolt tájműködési veszélyek a csapadékvíz általi talajerózió, az aszály, a szélérózió, a villámárvizek és a tömegmozgások. A klímaváltozás ezeken kívül komoly hatással van a folyami árvizek levonulására és a belvíz megjelenésére.

CSORBA et al. (2012) a 18 mezei régió egyes tájműködési veszélyekkel szembeni érzékenységét 3 kategóriába sorolta (1=gyenge, 2=közepes, 3=erős). Ezeket összevetve a Magyarország területét lefedő regionális klímamodellek eredményeivel azt vizsgálták, hogy hogyan változik az egyes mezei régiók érzékenysége az 1961-1990-es referencia időszakhoz képest a 2021-2050 és 2071-2100 időszakokban, az eredményeiket pedig érzékenységi térképeken ábrázolták. Az általuk vizsgált tájműködési veszélyek közül jelen tanulmány csak a villámárvizekkel és az aszályval kapcsolatos eredményeket közli.

Villámárvizek

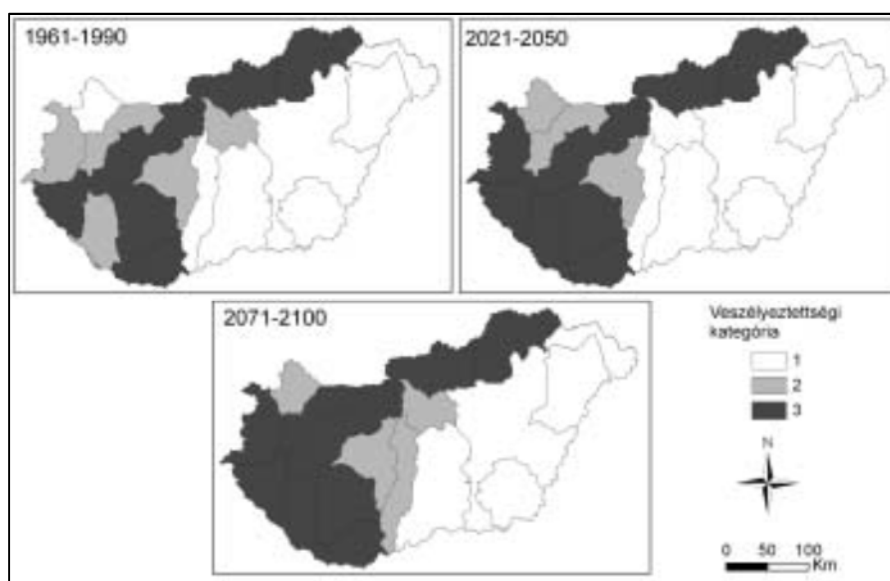
A villámárvíz-veszélyeztetettségi térkép megrajzolásához több mint 800 kisvízgyűjtő lejtősségi adatait, a talajuk agyag- és iszaptartalmát és erdőfedettségüket határozták meg, amely paraméterekre küszöbértékek alapján pontozási rendszert alakítottak ki (5. táblázat), így a vízgyűjtőket 3 veszélyeztetettségi kategóriába sorolták.

Árvíz hidrológia és klímaváltozás

5. táblázat. A kisvízgyűjtőkre alkalmazott pontozási rendszer. (CSORBA et al., 2012)

	1 pont	2 pont	3 pont
5% fölötti lejtő	1-5%	5-30%	30% fölött
iszap-és agyagtartalom	0-40%	40-80%	80% fölött
erdőfedettség	0-20%	20-50%	50% fölött

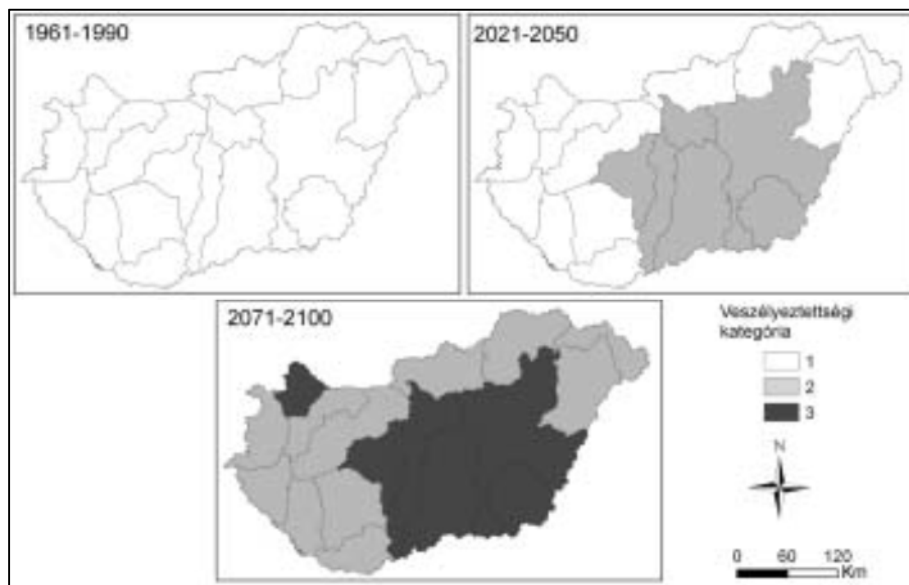
A pontok alapján minden kisvízgyűjtőt 3 kategóriába soroltak, amik megadják az egyes vízgyűjtő területek érzékenységét. Ezeket összevetve a villámárvizek szempontjából releváns klímamutató, a 30 mm-t meghaladó csapadékesetek jövőbeli változásával az látszik, hogy a villámárvíz-veszélyeztetettség a 2021-2050 közötti időszakban az ország nyugati területén, a 2071-2100 közötti időszakban pedig már a Dunántúl egész területén és az Északi-Középhegységben is növekedni fog (12. ábra).



11. ábra. A mezorégiók érzékenységének várható változása a villámárvizekre (1=gyenge, 2=közepes, 3=erős). (CSORBA et al., 2012)

Aszály

Ha a vízgyűjtőt meteorológiai aszály sújtja, akkor a tározók, tavak és folyók vízszintje, illetve vízhozama is lecsökken (hidrológiai aszály) (Pálfay, 2004). Mivel az emberi tevékenység közvetett módon erősen befolyásolja az aszályok alakulását, az előrejelzések hibahatára nagy. A Magyarország területére vonatkozó regionális klímamodellek összességében a csapadékkintenzitási index és az extrém csapadéku napok számának növekedését valószínűsítik, vagyis a jövőben a csapadék a jelenleginél koncentráltabban fog esni, így hosszabb távon az aszályveszély növekedése jósolható.



12. ábra. A mezőregiók érzékenységének várható változása az aszályra (1=gyenge, 2=közepes, 3=erős). (CSORBA et al., 2012)

A második Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia megállapítása a vízgazdálkodás körében

Az Országgyűlés elfogadta a 2017-2030 közötti időszakra vonatkozó, 2050-ig tartó időszakra is kitekintést nyújtó második Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégiát.

A második Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia alapján az Országgyűlés megerősítette az alábbiakat:

- Az éghajlatváltozás egyike azoknak a környezeti, társadalmi-gazdasági kihívásoknak, amelyek közvetlenül befolyásolják az emberek létfeltételeit és életminőségét, veszélyeztetik a természeti erőforrások és az ökoszisztéma szolgáltatások készleteit és minőségét, károsítják az épített környezetet és infrastruktúrát, akadályozzák a kiemelt közszolgáltatásokhoz történő biztonságos és zavarmentes hozzáférést. A fenti hatások összessége miatt az éghajlatváltozás jelentős akadályát képezi a fenntartható fejlődésnek.
- Magyarország az éghajlatváltozás mérséklése érdekében – a közös, de megosztott felelősség elvének, valamint hazánk nemzeti érdekeinek következetes érvényesítése mellett részt vesz mindazon nemzetközi és európai uniós klímavédelmi folyamatokban, valamint eleget tesz azon kötelezettségeinek, amelyek az üvegházhatású gázok kibocsátásának mérséklésére, valamint a szén-dioxid elnyelésének fokozására irányulnak.
- Az éghajlatváltozás mérséklése érdekében tett erőfeszítések mellett azonos súllyal kell kezelni az éghajlatváltozás kedvezőtlen hatásaihoz történő alkalmazkodást, különösen az éghajlatváltozás hatásaival szemben kiemelkedő mértékben sérülékeny ágazatokban és térségekben.
- Az éghajlatváltozás elleni sikeres fellépés csak a fenntarthatóság elveivel összhangban, az érdekelték széles körének bevonásával valósítható meg. Az éghajlatváltozás mérséklésére irányuló törekvés, továbbá a megváltozott körülményekhez való alkalmazkodás csak akkor lehet hatékony, ha az ezt szolgáló

intézkedések szükségességét és indokoltságát társadalmi és szakpolitikai konszenzus övezi. Az éghajlatváltozással kapcsolatos szemléletformálás célja ezért a klímatudatosság és a fenntarthatóság szempontjainak integrálása a tervezésbe, a döntéshozatalba és a cselekvésekbe a társadalom minden szintjén.

- A kibocsátás-csökkentésre, az elnyelés mértékének növelésére és az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodásra irányuló célok elérése érdekében a 2.2–2.4. alpontokban meghatározott következtetéseket, feladatokat és célkitűzéseket integrálni kell az ágazati és területi szakpolitikai tervezési folyamatokba, valamint érvényesíteni kell azokat a kapcsolódó döntéshozatal során.

Feladatként rögzítették a következők elvégzését:

- Fordítson kiemelt figyelmet az Európai Unióval, annak tagállamaival, valamint más államokkal és nemzetközi szervezetekkel kialakított kapcsolatainak fenntartása és fejlesztése során az éghajlatváltozással kapcsolatos célok megvalósítására.
- Vegye figyelembe a második Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégiában kijelölt cselekvési irányokat a hazai szakágazati és területi stratégiák előkészítése és felülvizsgálata során, különös tekintettel az Országos Fejlesztési és Területfejlesztési Konceptióra, a Nemzeti Fenntartható Fejlődési Keretstratégiára, a Nemzeti Környezettechnológiai Innovációs Stratégiára, a Kvassay Jenő Terv Nemzeti Vízstratégiára, Magyarország Nemzeti Biztonsági Stratégiájára, az Irinyi Tervre, a Nemzeti Környezetvédelmi
- Programra, a Nemzeti Épületenergetikai Stratégiára, a Nemzeti Közlekedési Infrastruktúra- fejlesztési Stratégiára, a Jedlik Ányos Tervre, továbbá a Nemzeti Energiastratégiára, valamint a Nemzeti Vidékfejlesztési Stratégiára, Nemzeti Természetvédelmi Alaptervre, a Nemzeti Biodiverzitás Stratégiára, a Nemzeti Erdőstratégiára, továbbá mindezek végrehajtási keretrendszerének esetében.
- A második Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia elfogadását követő hat hónapon belül, azt követően háromévente dolgozzon ki Éghajlatváltozási Cselekvési Tervet. Az Éghajlatváltozási Cselekvési Terv Dekarbonizációs Programjának kidolgozása során kiemelt figyelmet kell fordítani a Nemzeti Energiastratégia, a Nemzeti Közlekedési Stratégia, a Nemzeti Reform Program, a Nemzeti Erdőstratégia és a Nemzeti Környezettechnológiai Innovációs Stratégia célkitűzéseivel való összhang megteremtésére.
- Az Éghajlatváltozási Cselekvési Terv dekarbonizációs, alkalmazkodási és szemléletformálási alprogramokból épül fel a következő tartalmi elemekkel:
- a tárgyidőszakban megvalósuló, a Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia cselekvési irányainak megfelelő intézkedések, beavatkozások bemutatása;
- a jelentős üvegházhatású gáz kibocsátás-csökkentési és elnyelési potenciállal rendelkező, a Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia előrehaladását nyomon követő indikátorok azonosítása;
- a második Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia nyomon követésére és értékelésére vonatkozó terv, valamint nyomon követési és értékelési rendszer.
- Gondoskodjon az éghajlatváltozással kapcsolatos információk előállításáról és rendszeres felülvizsgálatáról, ezen belül különösen az éghajlatváltozás hosszú távú

Árvíz hidrológia és klímaváltozás

előrejelzéséről; a magyarországi üvegházhatású gáz kibocsátás, valamint széndioxid elnyelő kapacitás alakulásának nyomon követéséről; továbbá az éghajlatváltozással kapcsolatos hazai hatások és sérülékenység jellegének, illetve mértékének meghatározásáról szóló információkkal kapcsolatosan.

- Gondoskodjon az éghajlatváltozás hatásainak vizsgálatához szükséges modellek előállításáról, folyamatos frissítéséről, azok módszertani és technológiai fejlesztéséről.
- Gondoskodjon a második Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia céljainak hatékony megvalósulását elősegítő források koordinációjáról, valamint a pályázati rendszerek kidolgozásánál vegye figyelembe az éghajlatváltozás mérséklésének és az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodásnak a szempontjait.
- A klímavédelmi célok megvalósítása érdekében segítse az épületenergetikai beruházások finanszírozását, különösen a lakóépületek és a közfeladatot ellátó intézmények vonatkozásában.
- Azonosítsa az éghajlatváltozási kockázatkezeléssel összefüggő kutatás-fejlesztési feladatokat, gondoskodjon azok végrehajtásáról.
- Ösztönözze az éghajlatváltozással kapcsolatos szemléletformálás eredményes megvalósítását.
- Módosítsa a tervek és programok stratégiai környezeti vizsgálati folyamatára vonatkozó szabályozást olyan módon, hogy a vizsgálati szempontok kiegészüljenek az éghajlatváltozásra gyakorolt hatások, valamint az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodás mértékének és jellegének megítélésével.

Az éghajlatváltozás várható hatásai

A második Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia (NÉS2) az éghajlatváltozás várható hatásait összefoglalja a vizek tekintetében is. Kifejti ugyanakkor, hogy a fejlett kutatási módszerek ellenére számos bizonytalanság terheli a hatások vizsgálatát. Eltérő, egymásnak ellentmondó éghajlati forgatókönyvek készültek, a hidrológiai modelleket bizonytalanság terheli, a nem éghajlati hatások korlátozott figyelembevételére lehetséges, a modellek igazolásának korlátozottak a lehetőségei, a modelleredmények ellentmondásosak, a hazai hatásvizsgálatok száma alacsony. Az előrejelzések bizonytalansága elsősorban a hatások mértékében van, amelyek rövidtávon többnyire nem jelentősek és aligha különíthetők el egyértelműen a természetes változékonyság hatásaitól. Ezen bizonytalanságok mellett célszerű a várható hatásokra tekintettel lenni.

A globális melegedés következményeként Magyarország és a Kárpát-medence éghajlata melegszik, rövidtávon az évi középhőmérséklet várhatóan 1-2,5°C-kal emelkedik. Az évi csapadék változása bizonytalan, kisebb csökkenése vagy növekedése egyaránt lehetséges, várható az éven belüli átrendeződés, nő a téli-tavaszi és csökken a nyári-őszi félévben hulló mennyiség. Az éghajlat szélsőségesebb lehet, gyakoribbá válnak az időjárási szélsőségek, nő a tartósságuk és intenzitásuk, ami növeli a rendkívüli árvizek kockázatát. Hasonló változások várhatók nagyobb folyóink határainkon túli vízgyűjtőiben is. A Duna felső vízgyűjtőjében a gleccserek olvadása lehet számottevő hatással a folyó vízjárására. A kisebb vízfolyásokon várhatóan emelkedik a villámárvizek kockázata. Vizeink, vízfajtától függően eltérő mértékben érzékenyek az éghajlatra, az időjárásra, főként a hőmérséklet és a csapadék területi és időbeli változására. Történelmi és kutatási adatok igazolják, hogy a csapadék és a hőmérséklet viszonylag kismértékű változása nagy hatással van a víz körforgására: többéves időszakok

Árvíz hidrológia és klímaváltozás

átlagos évi csapadékaik közötti 15-20 %-os eltérés, párosulva az évi középhőmérséklet 1-2°C-os eltéréssel az átlagos évi lefolyásban akár 60 %-os különbséget is eredményezhet (IV.3.1. fejezet, 134. oldal).

Az éghajlatváltozás várható hatásait tekintve az alábbiakat azonosítja:

- Az átlagos évi lefolyás folyóink többségén csökken, várható az éven belüli átrendeződése, a lefolyás télen nő, nyáron csökken, hosszan tartó alacsony vízállás alakul ki.
- A síkvidéki folyók olvadásos árvizei korábbra tolódnak, gyakoribbá válnak az esőeredetű árvizek, tetőző vízhozamuk növekedhet, az olvadásos árvizeké a vízgyűjtő fekvésétől függően csökkenhet, vagy növekedhet.
- A kisvízgyűjtők villámárvizei gyakoribbá válnak.
- A nagytavak vízmérlege romlik, gyakoribbá válnak a tartós alacsony vízállások.
- A kisvízfolyások vízhozama szélsőségessé válik, a csapadékhiányos nyári időszakban tartósan kiszáradhatnak.
- A beszivárgás csökken, mérséklődik a felszín alatti vizek természetes utánpótlása. Ez a negatív hatás rövidebb-hosszabb távon káros kihatással lehet a felszín alatti áramlási rendszerekre is, ami az ivóvízkészleteink mellett a mélyebb elhelyezkedésű ásvány-, gyógyvíz- és hévízkészleteinkre is kihat.
- A talajvízszint süllyedése, a talaj romló nedvesség-ellátottsága növeli az aszályhajlamot, nő az aszályos évek gyakorisága, az aszály a mainál nagyobb térségre terjedhet ki.
- A talajvízszint süllyedése csökkenti a talajvíztől függő felszíni vizek vízutánpótlását.
- A belvizek alakulása bizonytalan, várhatóan szélsőségessé válik.
- A víz hőmérséklet emelkedik, a jégjelenségek csökkennek.

A NÉS2 megállapításai a vízgazdálkodásra

A második Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia (NÉS2) olyan megállapításokat és javaslatokat fogalmaz meg, amellyel befolyást gyakorol a hazai vízgazdálkodásra. **A vízgazdálkodást összefüggő rendszerként kezeli, amelynek szakterületei, feladatkörei egymásra kölcsönösen hatással vannak.** Az egyes részelemeibe való beavatkozás okvetlenül hatással van más elemeire, így ezeket a rendszerekbe összehangoltan érdemes beavatkozni.

A következőkben a NÉS2-ből idézek, majd teszek ezekkel kapcsolatosan megállapításokat, felvetéseket és szeretnék rávilágítani az árvíz kockázat-kezelési kapcsolatokra.

A NÉS2 esetenként hivatkozik a Kvassay Jenő Tervre (KJT). Említi, hogy a KJT rögzíti, hogy a „jelenlegi vízügyi szabályozás esetenként nem megfelelő az alkalmazkodás támasztotta új kihívások kezeléséhez. A területi vízgazdálkodás (árvízmentesítés és -védekezés, síkvidéki vízrendezés, belvízvédekezés, dombvidéki vízrendezés; mezőgazdasági vízgazdálkodás; térségi vízszétosztás, folyógazdálkodás, vízi utak, vízenergia-hasznosítás) kulcsfontosságú. Ennek alapinfrastrukturái azonban nem hasznosítás-orientáltak, defenzívek és rugalmatlanok.” (IV.1.5. fejezet)

A Kvassay Jenő Terv átfogó, hosszú távú céljai között kiemeli, hogy: **“a vizek okozta károk megelőzését kell előtérbe helyezni a védekezés helyett; a vízgazdálkodási rendszerek és a területhasználati módok összehangolt átalakításában pedig lényeges, hogy a víz káros bősége a vízhiány mérséklésére legyen fordítható.”** Ennek értelmében

Árvíz hidrológia és klímaváltozás

szoros kapcsolatot állapít meg a vízben bőséges időszakok, azaz a nagyvizes, árvizes időszakok között és a vízhiányos időszakok között és lényegében azt mondja, hogy a vízkészleteket éves körforgásban érdemes szemlélni és törekedni kell a vízkészletek időbeli elosztására és hasznosítására. Tovább folytatva ezt a gondolatmenetet arra juthatunk, hogy gyakorlatilag az árvizek helyben megtartása, visszatartása egyben lehetőség, sőt, szükség annak érdekében, hogy a vízhiányos időszakokra és vízhiányos területekre felszíni vizet juttassunk, biztosítsunk. Ennek megfelelően megállapítja, hogy a klímaváltozás szükségessé teszi az adaptív vízgazdálkodást, azaz az időben és térben változó környezeti és egyéb körülményekhez való alkalmazkodás képességének és gyakorlatának megteremtését is. **Súlyponti feladatai között jelenik meg a vízvisszatartás és vízszétosztás a vizeink jobb hasznosítása érdekében.**

A vízgazdálkodás területeire vonatkozóan, az éghajlatváltozás figyelembe vételére, intézkedés típusokat fogalmaz meg, amelyeket az alábbi táblázatban foglal össze.

1. táblázat A vízgazdálkodás szakterületeinek adaptációs eljárásai

Vízgazdálkodási szakterület	Proaktív		Reaktív
	Szerkezeti	Nem szerkezeti	
Vízkészlet-gazdálkodás	Tározás, felszín alatti vizek felszíni vizekbe vezetése, vízátvétel, ökológiai vízigény	Vízhasználatok telepítése, vízigény-szabályozás, hatósági előírások, vízdíj	Vízkorlátozás, ideiglenes vízpótlás, élővilág menekítése
Vízminőség-szabályozás		Szennyvíztisztítási határértékek előírása	Ideiglenes vízpótlás
Árvízvédelem	Árvédelmi töltések, tározók, véstározók, vízmegtartás/visszatartás	Ártéri hasznosítás, korlátozása, előrejelzés	Árvízvédekezés, kitelepítés
Területi vízgazdálkodás	Öntözés, vízpótlás lehetőségének biztosítása, vízellátó és vízelvezető rendszerek (csatorna, szivattyú, tározó), belvíz tározása	Területhasználat váltás, művelés korlátozása, előrejelzés, katasztrófa-eljárások a növénytermesztésben, fajtaváltás, csapadékvíz-tározás a talajban	Belvizek ideiglenes visszatartása
Települési vízgazdálkodás	Meder karbantartás, záportározók	Területi korlátozás, árvíz-előrejelzés	Kitelepítés
Folyótógazdálkodás	Vízszintszabályozás vízeresztő zsilippel és tározóval	Vízhasználat korlátozása	Ideiglenes vízpótlás

“Az alkalmazkodás során előnyben kell részesíteni azokat a megelőzést szolgáló proaktív, nem szerkezeti, a rugalmas, szükség szerint bővíthető eljárásokat, amelyek integráltan kezelik az éghajlatváltozásból fakadó problémákat, főleg az árvíz és aszály problémáit, harmonizálnak a területhasználattal, eleget tesznek a fenntarthatóság igényeinek. Szükség

Árvíz hidrológia és klímaváltozás

lehet új, ma még kevésbé gyakorolt megoldásokra, mint a csapadék és a helyi vizek visszatartása és hasznosítása, a vízigények szabályozása, az árvizekkel érintett területeken a területhasználatok ésszerű, fokozatos korlátozása.”

A stratégia újfent kiemeli, hogy az árvíz és aszály problémáit harmonizáltan kell kezelni. **Az aszályos területek vízellátottságának növelése érdekében egyrészt a vizek területi visszatartását hangsúlyozza, amely a mélyfekvésű, lefolyástalan, gyakran belvízjárta területeken valósítható meg első sorban.** Másrészt ezzel párhuzamosan az aszályos területek felszíni vizekkel történő vízpótlásának növelése merül fel, ami hozzájárulhat a kedvező vízgazdálkodási feltételekhez. A területhasználatoknak az elöntési veszélyhez való alakítása esetében nem határozza meg, hogy mely területek használatát lenne szükséges adaptálni a szélsőséges vízgazdálkodási helyzetekhez. Célszerű lenne külön értelmezni a nyílt ártereket, töltésekkel védett ártereket és a nem elsőrendű védvonallal védett területeket, de minden esetben szükség van valamilyen mértékű területhasználati szabályozásra, ösztönzésre.

“Felül kell vizsgálni az árvízvédelmi igényeket (mérlegelt védelem és differenciált biztonság). Megkerülhetetlen feladat a művelés korlátozása belvízjárta területeken, de a települések fejlesztése során is kiemelt figyelmet kell, hogy kapjanak a fenntartható vízgazdálkodás szempontjai. A fenntartható vízgazdálkodás kialakítása tehát nem csupán vízgazdálkodási, vízmérnöki feladat, hanem mélyreható gazdasági, társadalmi változásokat, szemléletváltást igényel. Ehhez nélkülözhetetlen a széleskörű társadalmi párbeszéd.” Ennek érdekében egy átfogó stratégiai terv és ezzel összhangban készült megvalósítási terv szükséges.

Mezőgazdaság

A szélsőséges vízgazdálkodási egyik legnagyobb elszenvedője a mezőgazdaság. Ennek vonatkozásaiban szintén a talajtározást hangsúlyozza, a mélyfekvésű területek kivonását művelés alól és a területi vízvisszatartás támogatását.

“A mezőgazdasági termelés alapvető feltétele a víz, **a természetes csapadék visszatartása a kistáji vízkörforgásban, illetve talajba szivárogtatásának elősegítése. A termőtalaj hazánk legnagyobb víztározója, megőrzése és hasznosítása, valamint a hiányzó víz pótlása kulcsfontosságú. A vízfolyásokon érkező vizek és a csapadék visszatartása, hasznosítása, valamint az öntözés nemcsak biztonságos hozamokat, hanem az aszály, belvíz, árvíz és időjárási anomáliák elleni eredményes küzdelmet is megalapozza.** Kiemelendő, hogy a talajban történő víztározás, a belvíz és aszály elleni küzdelem, a talajművelés átalakítása egyúttal az árvizek megelőzéséhez is hozzájárul. A mély fekvésű, rendszeresen belvízjárta, talajhibás területeket a szántóföldi művelésből ki kell vonni művelési ág váltással, földhasználat váltással.”

“Mély fekvésű, belvizes, vízjárásos, kötött talajú területeken korszerű, technika–technológia és talajművelés jelentheti a megoldást.”

“Ki kell alakítani a vízvisszatartásra ösztönző szervezeti, érdekeltségi és árképzési rendszert.”

A területfejlesztéssel és a mezőgazdasággal ezért olyan területhasználati szerkezetet szükséges elősegíteni és az árvíz kockázat-kezelési tervezés számára megtervezni, amely változtatásokat a kockázatkezelési tervezés során figyelembe lehet venni.

„A mezőgazdaság alkalmazkodóképességét számottevően javíthatják a vízpótlás tartalékai, a többcélú víztározók létesítése és ezek öntözési célú hasznosítása.”

Szükséges lenne megfogalmazni, hogy a vízpótlási lehetőségeken milyen formában lehet fejleszteni, ez milyen módon befolyásolja a többcélú tározók üzemeltetését és hol lehet öntözési céllal létesíteni vagy üzemeltetni tározókat.

Árvíz hidrológia és klímaváltozás

Vízgazdálkodási cselekvési irányok (IV.7.2.)

A Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia megfogalmaz rövid, közép és hosszútávú cselekvési irányokat. Ezek közül az alábbiakat emelném ki.

RÖVID TÁVÚ CSELEKVÉSI IRÁNYOK

- Szükséges a **Vásárhelyi Terv Továbbfejlesztése Program** folytatása. Minden kialakítandó tározóterületen biztosítani kell a rendszeres, sekélyvízi előntéshez igazodó ártéri tájgazdálkodási rendszerek kialakításának és az állandó tározásnak a vízgazdálkodási, illetve támogatási feltételeit. A gazdálkodókat képzéssel, szaktanácsadással, szemléletformálással kell segíteni a fenntartható, közösségi tájhasználat kialakításában.
- A gyors vízelvezetésen alapuló vízrendezési gyakorlat helyett a vízvisszatartó vízrendezés kialakítása ösztönzendő.
- **Javasolt a területhasználatok felülvizsgálata a változó ökológiai és éghajlati feltételek szempontjából.** Rendszeresen vízjárta, belvizes tulajdonságai miatt mezőgazdasági szempontból gazdaságtalanul hasznosítható területek művelésének megszüntetése, illetve adottságaiknak megfelelő hasznosítása (vizes élőhelyek kialakítása), természetközeli vízpótlási rendszerek kialakítása, kistáji vízkörforgások rehabilitációja, erdők, vizes élőhelyek fokozott szerephez juttatása a vizek megtartásában.
- A **vízkeszletek hatékony felhasználásának ösztönzése** egyrészt az igénygazdálkodás eszközeivel, másrészt gazdasági eszközökkel, megfelelő vízárpítási politikával kialakításával lehetséges. Fontos a helyi érdekeltek bevonása a vízfolyások, csatornák fenntartásába.

Vízrajzi adatok elemzése: Jellemző nagyvízi statisztikai jellemzők meghatározása a dunántúli folyókon

A dunántúli folyók jellemző nagyvízi statisztikai jellemzőinek meghatározása döntően a 2013-ban a Dunára, 2014. évben pedig a többi dunántúli folyóra elkészült adatbázisokra és MÁSz aktualizálási eredményekre épült. Ennek megfelelően a feldolgozási munka az évi maximális értékeken alapult. Mivel az adatsorok hossza, jellege az adatsorok metszék módszerrel is történő további elemzését nem indokolta, a metszék módszer alkalmazására a dunántúli folyók esetében nem került sor.

Az alapadatok tekintetében cél volt a lehető leghosszabb idősor előállítás, továbbá meghatározó volt annak betartása, hogy az éves NQ értékekből összeállított adatsorban lehetőleg egyáltalában ne legyen olyan adat, amely a vízhozam hossz-szelvény szerint fizikailag nem lehetséges. Indokolt esetben az NQ adatsorokat a fizikai törvényszerűségek szem előtt tartásával javítani kellett. Adatpótlásra csak nagyon kevés esetben került sor, ekkor az adott vízméricszelvény éves NQ értékének meghatározása a környezetében lévő, adatokkal rendelkező vízmércék adatainak lehető legteljesebb körű felhasználásával történt. A fő adatpótlási segédeszköz e munkarésznél a linearizált regressziós program volt.

Az alapadatok értékelését segítő az érintett vízügyi igazgatóságoknak biztosítaniuk kellett mindazon jegyzőkönyveket, tanulmányokat, táblázatokat, amelyekből megállapíthatók

Árvíz hidrológia és klímaváltozás

voltak a mért vízhozam-értékek, esetleges korrekciók. Szintúgy el kellett végezni a levonulást befolyásoló jelentősebb tényezők (mederváltozás, jég, benőtség, töltésmeghágás és/vagy szakadás, azóta épült/elbontott/módosított jelentősebb művek, stb.) feltárását. Fel kellett tární, hogy az országhatáron túli szakaszon milyen években építettek olyan tározókat, amelyek számottevően módosították az árvízi levonulást.

Az egyes folyók nagyvízi NQp% hossz-szelvényeihez szükséges adatsorok előállításakor a mellékfolyók figyelembe vétele egy újszerű megoldással történt: minden egyes mellékfolyó betorkollása feletti és alatti szelvényre is készült éves NQ adatsor oly módon, hogy minden esetben meg lett határozva a mellékfolyó torkolati vízhozama abban az időpontban, amikor a főfolyó árhullámának vízhozamtetőzése a mellékfolyó torkolatánál járt. Ezt a mellékfolyó vízhozamot a hossz-szelvényen egy ugrás jelzi, mely általában vízhozamnövekményt jelez, de esetenként, síkvidéki területeken, heves főfolyó áradásokkor negatív értékű is lehet (pl. a Mosoni-Duna esetében). A vízhozam hossz-szelvényeken feltüntetjük a mellékfolyók torkolata feletti és az alatti szelvények így meghatározott NQ adatsoraiból képzett jellemző értékeket is.

Az ÉDUVIZIG feladata volt a MÁSz-felülvizsgálattal kapcsolatos hidrológiai feladatok teljesítésének nyomonkövetése, szakmai koordinálása, a társ VIZIG-ek szakmai munkájának segítése módszertani és konkrét feladat megoldási kérdésekben, valamint az adatok egységes kezelése érdekében az adatok feltöltése az ÉDUVIZIG által üzemeltetett FTP szerverre. Mindezek megfelelő teljesítését az egyes VIZIG-ek, a koordináló ÉDUVIZIG és a BME közötti rendszeres konzultációk, a szoros szakmai kapcsolattartás biztosította.

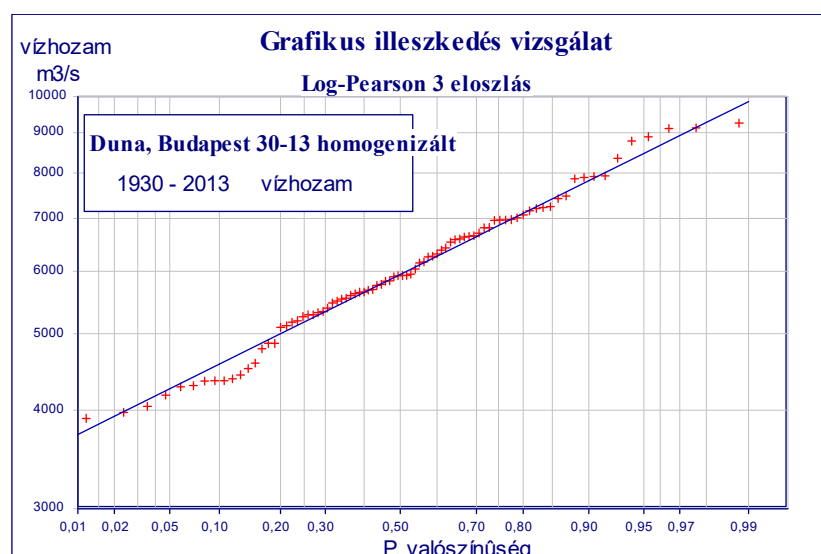
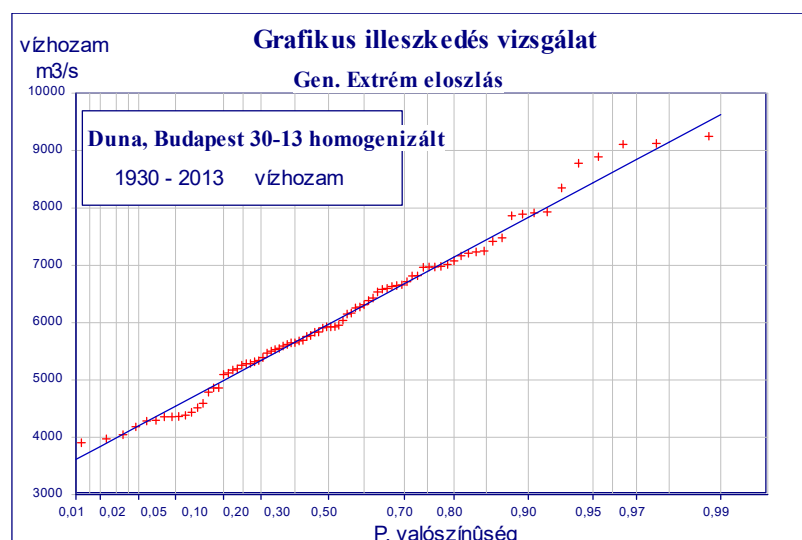
A rendelkezésre álló vízhozam idősorok hossza igen változóan, a Duna több mint 100 éves idősoraitól a legrövidebb Sió, Simontornya szelvény 40 éves idősoráig terjedt. Az egyes folyók nagyvízi vízhozam hossz-szelvényének kidolgozásakor alapkövetelmény volt a lehető leghosszabb, de lehetőleg azonos időszak adatainak használata. A vízmércék szinte minden esetben hosszabb vízállás, mint vízhozam idősorral rendelkeznek, de az adott szelvény vízállásai és vízhozamai statisztikai értékelésének egységessége érdekében az elemzett adathosszot, ahol kellett, a rendelkezésre álló vízhozam idősor hosszához igazítottuk.

A statisztikai számításokhoz a Műszaki Hidrológia programcsomagot használtuk. Az eloszlásfüggvények körének GEV-vel, valamint a periódusfüggvénnyel (átlagtól való eltérések halmozott összeggörbéje) történő kibővítését és a lineáris trendek alapján történő adatsor homogenizálás lehetőségét a Műszaki Hidrológia programcsomag (MHW) révén sikerült biztosítani 2014. év tavaszán. A fejlesztés a MÁSz és az ÁKK összefüggő feladatrészeinek teljesítését egyaránt nagyban segítette.

A vizsgált folyó hazai szakaszának összes vízhozam-nyilvántartási szelvényében egy kiválasztott, hossz mentén egységes időszak vízhozam-adatsorainak szükség szerinti homogenizálását is elvégezve és hidrológiai statisztikai feldolgozásával lettek meghatározva az 1%-os éves tartósságú NQ1% vízhozamok a MÁSz meghatározás munkái keretében. Ekkor a feldolgozás során, több esetben konszenzussal, döntések születtek arról, hogy milyen idősorokat, milyen módszerekkel célszerű feldolgozni. Ez egyben meghatározó volt az ÁKK további munkái során az egyéb NQp% értékek meghatározásakor. Minden esetben megtörtént a Műszaki Hidrológia programcsomag által nyújtott lehetőségek felhasználása az adatsorok homogenitás és a függetlenség vizsgálata terén. Ugyanezt a célt szolgálta a periódusfüggvények előállítása, vizsgálata. Megállapítást nyert, hogy az adatsorok rendkívül eltérő jelleget mutatnak. Van olyan folyónk, melynek nagyvízi vízjárását karakteresen kifejeződő, határozott trendű változás jellemzi és a hosszúidejű adatsorokat a homogenizálással aktualizálva volt célszerű értékelní (Duna), míg több esetben a rövidebb adatsorok ugyan szintén határozott trendet mutattak, azonban az adatsorok konkrét adatok

Árvíz hidrológia és klímaváltozás

hiányában pl. nem tartalmazták azokat a kiugróan nagy árvizeket, melyekről tudomásunk van. Fentiek minden esetben mérlegelésre kerültek az értékelések során, szem előtt tartva a célt, hogy az értékelésnek legyen végeredménye. Ennek megfelelően az elméleti eloszlásfüggvények és a simuló eloszlásfüggvények alkalmazására egyaránt sor került. Tapasztalataink alapján a log-Pearson3, a lognormál és a GEV eloszlások alkalmazása volt a meghatározó az illeszkedést vizsgálva. Itt megjegyzendő, hogy a vizsgált esetek többségében az egyes eloszlások adta, reálisnak tekinthető eredmények igen hasonlóak voltak, ezekből jelentős hiba a végeredményt nem terheli. Szemléltetésül egy példa:



Az NQp% vízhozamértékek meghatározása az ÁKK keretében azonban nem csak az NQ1%-os érték, hanem az 1000, 200, 33 és 10 éves visszatérési idejű NQp% értékek meghatározására is kiterjedt. A kiterjesztés során ugyanazon eloszlásfüggvények alkalmazása történt, mint a MAsz számítások során.

Itt fontos megjegyezni, hogy az extrém nagy visszatérési idejű NQp% értékek megbízhatósága alacsony, melynek egyik oka, hogy sokszor olyan nagy érték adódik a tényadatokra illesztett eloszlásfüggvényekből, mely fizikailag akár ki sem alakulhat egy adott szelvényben. A másik fontos tényező, hogy a tényadatok tartományában még jól illeszkedő eloszlásfüggvény is a nagy visszatérési idejű tartományban komoly bizonytalansággal terhelt.

Árvíz hidrológia és klímaváltozás

Ezért nem csupán az NQ1%-nál kellett alaposan ellenőrizni, hogy hossz-szelvényileg reális legyen, hanem minden NQp% értéknél is.

A Dunán, Rábán, Murán, Dráván, Ipolyon, Sión és egyes mellékfolyóikon az új MÁSZ-t az évi 1%-os meghaladási valószínűségű (100 éves visszatérési idejű) jégmentes vízhozamhoz kötöttük, és nagyszámú mesterséges, de realiztikus árhullám 1D hidrodinamikai modellezésével lett előállítva. Ezzel automatikusan figyelembe lett véve a vizsgált folyón és ha van, annak mellékfolyóin érkező árhullámok egybeesése, ellapulása és a lefolyási viszonyok szakaszon belüli változékonysága is. Sok esetben azonban az egyedi mérlegelésnek egyértelműen helye volt, mivel a kalibráláshoz és a validáláshoz felhasználható adatok csak egy bizonyos adattartományt fedtek le, az ebből képzett, úgymond extrapolált tartomány jellemzői értelemszerűen akár jelentős hibával is terheltek lehetnek. Ennek mértéke a nagyobb folyókon becslések szerint több deciméteres, egyes esetekben akár azt lényegesen is meghaladhatja. A vízállások esetében a vízhozamokra jellemző statisztikai bizonytalanság szintén fennáll, azzal kibővülve, hogy egy adott tetőző vízállás az adott árhullámra jellemző levonulási viszonyoktól nagyon erősen függ. Így az NV idősorokban az érkező vízhozamok homogenitás, függetlenség, változástrend problémáin túl az adott időszakban aktuális hidraulikai viszonyok hatása is megjelenik.

Mindezek figyelembe vételével készültek el a számítások az NVp% meghatározására is, ahol megbízói elvárás volt, hogy annak illeszkednie kell a MÁSZ-hoz, mely így a 100 éves visszatérési idejű vízhozamokhoz tartozó aktuális vízállásokat, vízszinteket rögzítette a kijelölt folyók hossza mentén, így a jellemző vízmérceszelvényekben is. A jellemző vízállás paraméterek meghatározása több lépcsőben történt: a már a vízhozamoknál kifejtett elemzéseket elvégeztük a vízállásokra is, majd beszereztük az aktuális Q-H görbéket, ill. a 2014. szeptemberi Mura és Dráva vízhozammérési eredményekkel e két folyó esetében még pontosítottuk is. Ezt követően egy összefoglaló ábrán feltüntettük a rendelkezésre álló adatokat oly módon, hogy egy ábrán ábrázoltuk a vízhozamokra már elfogadott NQp% és a hozzájuk tartozó, különböző eloszlástípusokkal kiszámított NVp% adatkárokat, az aktuális Q-H görbét, valamint az NQ1% és a hozzátartozó MÁSZ értékpár pontját. Mindezek együttes értékelésével születtek meg azok az értékek, melyek használata javasolt az ÁKK további munkálataiban. Itt helye volt az aktuális vízhozamgörbe extrapolációjának (ha a vízhozamgörbe átment a MÁSZ értéken), az extrapolált vízhozamgörbe eltolásának konstans értékkel, vagy kissé változó értékkel (ha a vízhozamgörbe nem ment át a MÁSZ értéken), valamint ha nem volt Q-H görbénk, akkor a kiválasztott eloszlásfüggvény NVp% értékei és a hozzátartozó NQp% értékek által leírt összefüggés igazításával a MÁSZ-hoz, vagy az egyes folyók MÁSZ és egyéb szelvényekre meghatározott NVp% értékei nagyvízi hossz-szelvényeinek felhasználásával. Ahol MÁSZ meghatározás nem történt, ott az értékek illesztésére értelemszerűen nem került sor.

Az elvégzett munka tapasztalatai alapján határozottan kijelenthető, hogy nem szabad elfeledkezni arról a tényről, hogy jelentős bizonytalansággal terhelt hidrológiai paraméterekről van szó, melyek meghatározásának minősége a későbbiekben tovább javítható, ill. e paraméterek egyes esetekben kisebb-nagyobb mértékben aktuálisan is változhatnak, ill. változtathatók pl. a területileg illetékes vízügyi igazgatóságok véleményének esetleges kikérésével, hiszen a bizonytalanságok miatt a konszenzussal történő döntéseknek is egyértelműen helye lehet.