

## **KARSZTÁRVIZEK KELETKEZÉSE A KELETI BÜKKBEN**

### **KARST FLOOD'S GENESIS IN THE EAST PART OF BÜKK**

**HERNÁDI BÉLA – CZESZNAK LÁSZLÓ – JUHÁSZ BÉLA – KOVÁCS  
PÉTER – LÉNÁRT LÁSZLÓ – TÓTH MÁRTON – TÓTH KATALIN**

Miskolci Egyetem, Műszaki Földtudományi Kar, Környezetgazdálkodási  
Intézet (ME KGI), Kútfő Projekt, 3515 Miskolc, Miskolc-Egyetemváros,  
[hernadib@t-online.hu](mailto:hernadib@t-online.hu)

*Abstract: In the past 300 years the city of Miskolc was endangered seriously in many cases by floods of Szinva Stream and its collateral watercourses. In the recent and distant past major floods ran along the stream. The floods getting bigger during the past 22 years with the frequency of 4-6 years, the infections caused by the flood at Whitsun in 2006 and the flood events of the 2010s made it necessary to create a karst flood forecasting system. 'BKÉR' system has been operating since 1992 in the Bükk Hills and karst water monitoring wells have been made in the course of diagnostic monitoring. The provided data can be improved to be suitable for this karst flood forecast system with some minor expansions. By linking the measuring objects in the river basin to an online central computer the following parameters can be determined:*

- *The amount of rain falling on the river basin (at each rain gauge station, and by precipitation radar)*
- *Culminations of the flood in the karst resulted by rainfall, the expected time and level of its appearance in the water-springs.*

*With the awareness of all this information a possible karst flood could be predictable in the city several hours, sometimes several days beforehand in order to ensure the leaders be prepared for protection.*

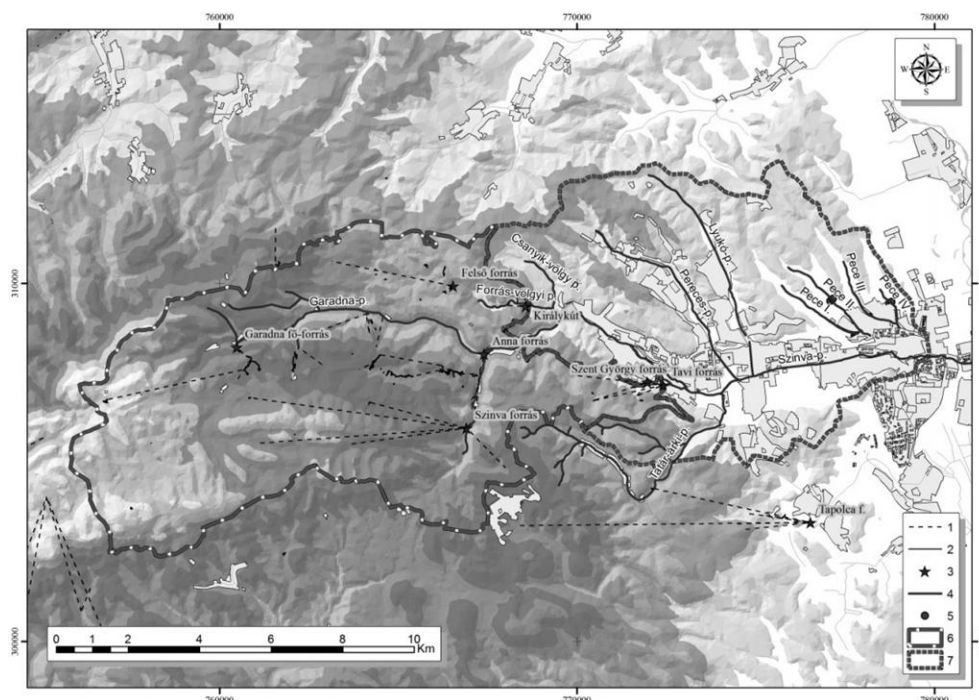
### **Bevezetés**

A tanulmány célja a Bükk K-i részén, ezen belül a Szinva-patak vízgyűjtő területén az elmúlt 300 évben rövid idő alatt, nagy mennyiségben lehulló extrém nagyságú csapadékok (csapadékcsoportok) okozta karsztárvizek bemutatása és a jövőbeni előrejelzés lehetőségeinek vizsgálata. A hiteles dokumentáltsága miatt kiemelten foglalkozunk a Miskolc városát érintő 2006-os és 2010-es eseményekkel.

A vizsgált terület legjelentősebb vízrendszere a Szinva-Garadna és az ehhez tartozó oldalági vízgyűjtőkkel és az erre támaszkodó karsztforrások vízgyűjtőivel (*1. ábra*). A Miskolcot átszelő Szinva-patak árvizei általában gyors lefolyásúak és kettéoszthatók a felszíni és a felszín alatti lefolyás különbsége szerint:

- Villámárvíz: a felső vízgyűjtő szakaszra nagymennyiségben hullott, vagy hirtelen hóolvadásból származó, nagy intenzitású, nagy hordaléktartalmú, rendkívül gyorsan kialakuló árvíz.

- Karsztárvíz: a felszíni vízgyűjtőre támaszkodó karsztforrásokhoz tartozó vízgyűjtőterületeken kialakuló villámárvíz, mely a karsztforrásokban a karsztvízszinttől függő késleltetéssel és kisebb hatással, de jelentős tartóssággal jelenik meg.



1. ábra: A Szinva- és Garadnapatak vízrendszere, DDM50-es alaptérképen ábrázolva (Hernádi 2014)  
 Jelmagyarázat: 1 víznyomjelzés iránya; 2 barlangi alaprajz; 3 MIVIZ karsztforrás; 4 Szinva vízrendszere; 5 Pece-patak gátak; 6 Szinva-Garadna-völgyi karsztforrások vízgyűjtője; 7 Szinva vízrendszer felszíni vízgyűjtője  
 Figure 1.: The watersystem of Szinva – and Garadna-streamsshownon 'DDM50' basic map. (Hernádi 2014)  
 Legend: 1 watertracingdirection; 2 cavelayout; 3 MIVIZ karstspring; 4 Szinva's watersystem; 5 dams of Pecebrook; 6 The water system of Szinva-Garadna valley karst springs; 7 The system of Szinva surface river basin

A karsztárvíz ritkán alakul ki egy egyszeri nagy csapadékmennyiség következtében. Általában előzetes csapadékeseményeket követően, magas karsztvízszint helyzetben, a lehulló nagycsapadék hatására jön létre. Mediterrán ciklon okozta egymást erősítő villám és karsztárvíz hatására jön létre az igazán nagy, Miskolcot veszélyeztető árvíz.

A történelmi múlt ismerete a jelen jobb megismeréséhez szükséges. A bükki árvizek történelme Miskolc város krónikája révén már több mint 300 évre tekint vissza. Ez idő alatt 22 jelentősebb árvíz vonult végig a városon, melyek fele az 1800-as évekhez kötődik. Az árvizek elleni védekezést a közelmúltig csak az események követése és az azokra válaszként megszületett intézkedések jellemezték.

Az írásos emlékek többsége a Szinva- és a Pece-patakok árvizeiről tesz említést, melyek közül több adattal a Szinva vízjárásáról rendelkezünk.

### **A jelentősebb árvizek a történelmi múltban**

1691 május 23.: heves felhőszakadás és jégeső kíséretében 60-100 mm csapadék hullott 2 óra leforgása alatt a teljes vízgyűjtőre (RÉTHLY 2009). A városban egy vásár miatt sok embertartózkodott, ezért a kialakult árvíz sok halottat követelt. A Szinva-patak a Papszer kivételével az egész várost elöntötte, a patak völgyében az összes ház tönkrement (SCHWENDTNER 1935).

1788 január: 50 mm-nyi csapadék hullott rövid idő alatt. A helyi újságban megjelent cikk szerint „emberemlékezet óta nem volt ekkora árvíz” (RÉTHLY 2009). Nem közvetlenül ezután az esemény után, de 1812-ben megépült a Hámori-tó gátja.

1845 július 17-18.: 36 órán át tartó heves esőzés során 100 mm-nyi csapadék hullott a területen. A karsztban kialakult árvíz részben egybeesett a felszíni lefolyású árhullámokkal (akárcsak 1878 nyarán). Ez az áradás 20 emberéletet követelt, ugyanis egy kőhíd összeomlott és valószínűleg a rajta tartózkodó korabeli „katasztrófa turistákat” találták meg a híd romjai alatt.

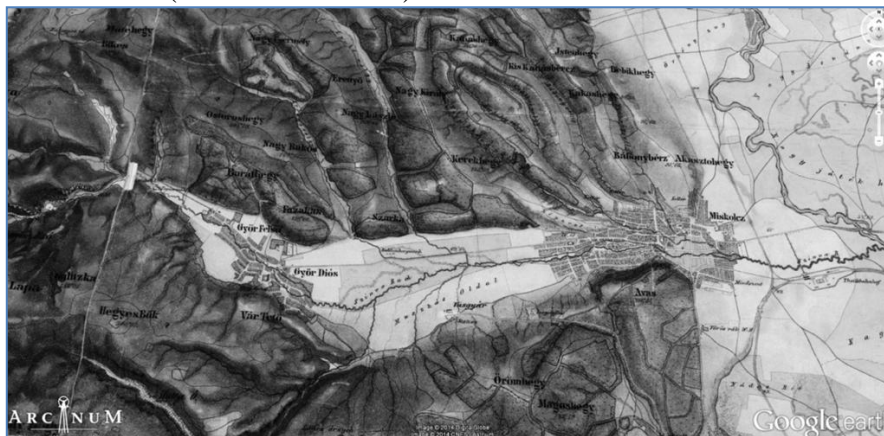
1878 augusztus 30-31.: zivatar és felhőszakadás kíséretében 100-120 mm csapadék hullott. A korabeli leírások alapján az árvíz után „*Diósgyőrben a Szinva-patak medre egy álló hétig tele volt*”, amiből arra következtünk, hogy a karszt is jelentős mértékben telítődhetett. Ez Miskolc történetének eddigi legnagyobb, és a mai Magyarország területén a legtöbb, 277 halálos áldozatot követelő árvíz volt, amely tipikusan zivatarokhoz köthető felhőszakadásokból alakult ki. A Bükk hegységéből lezúduló víz felduzzasztotta a Szinva- és a Pece-patakokat, így azok másnap, augusztus 31-én hajnalban medrükből kilépve álmukból riasztották a polgárokat és elpusztították Miskolc belvárosának jelentős részét (1. kép).

Ebben az időben a Szinva-patak völgyének beépítettsége miatt a hegyekből lezúduló víztömeg meg-megakadt az útjába kerülő hidakban, malomgátakban, házakban, és erejénél fogva azokat magával sodorta, így az útja során nagy mennyiségű hordalékot halmozott fel a lentebb fekvő és a megmaradt hidak és zsilipek környékén. A korabeli leírások szerint a belvárosban a vízszint igen gyorsan emelkedett, így a menekülés szinte lehetetlen volt. A város egyes részein 4-6 méter magasan állt a víz. 277 emberáldozatot követelt, a város lakóépületeinek a fele, 2182 összedőlt. Ezután teljes önerős újjáépítés következett (HOITSYP. 1878, KOVÁCS 2007), KOVÁCS 2008).



1. kép: Karsztárvíz Miskolcon, a Szinva-1878 augusztus 31.  
 Picture 1.: Karst floods in Miskolc, in the Szinva-31. August 1878

Ezt követően, egy hónappal később, szeptember 27-én az Óhután (Bükk-szentlászló) kialakult felhőszakadás nyomán 1,5 m-rel kisebb árvízi csúcs alakult ki (SZENDREY 1886).



2. ábra: Szinva a szabályozás előtt (1806-1869) II. Katonai Felmérés alapján  
 Figure 2.: Szinva stream before the regulation (1806-1869) based on II. the Military Survey

1879 május 10-11.: egy évvel később tartós esőzések hatására a Szinva-patak ismét több utcát elöntött Miskolcon. A fent leírt előzmények után a város akkori polgármestere, Soltész Nagy Kálmán a Szinva-patak szabályozási tervét „ellentmondást nem tűrő módon” beterjesztette a város képviselőtestületének (DOBROSSY VERES 1978).

A Szinva a szabályozás előtt még két ágra szakadt. Ezt az állapotot mutatja be a „*II. Katonai felmérés*” során készült térkép Miskolcra, melynek elkészítését I. Ferenc József császár rendelte el 1806-ban (2. ábra).

A terv megvalósítása során az eredetileg több ágra szakadó meder megszűnt, a vizet torlasztó malmokat, gátakat elbontották és még a szennyvíz bevezetését is megtiltották. Ez után a Szinva-patakon levonuló árvizek nagyobb számú halálos áldozatot már nem követelt, és az árvíz okozta károk is jelentős mértékben csökkentek.

A világháborúk és azt követő pénztelenség miatt a nagyvízi meder burkolása az eredeti elképzeléshez képest 100 évet késett, és csak az 1970-es években készült el Majlát városrészről a belvárosig.

A XIX-XX. század fordulóján Miskolc belvárosának különleges hangulata volt. A szűk völgybejárat beépítettsége miatt a Szinva-patak partjáiig húzódó épületsorok a békebeli Velencét idézték. Szép és az árvizes időszakban az épületek gáthatása miatt veszélyes is volt egyben (2. ábra).

### **A „jelenkor” dokumentált árvizei a Szinva-patakon**

1958 június 11-12-én a Bükkben, Bükkszentkereszt és Hollóstető térségében az észlelt csapadék mennyisége 260-280 mm, de a Hármaskúton lehullott, ennél jóval kisebb, 170 mm körüli csapadék is olyan nagyságrendű, melynél az előző 55 évben nem mértek nagyobbat. Ez azt jelenti, hogy a korábban említett csapadékmérő állomások adatai alapján két egymást követő napon a lehullott csapadék mennyisége meghaladta a 100 mm-t. (Ehhez hasonló időjárási helyzet sem előtte, sem az óta nem fordult elő.) Ennek hatására hatalmas árhullám indult el a Felső-Szinván és a Garadnán. A kialakult árvíz következményei:

- A karsztból addig soha nem látott helyeken tört fel a víz, sőt Lillafüreden ismét forrásként működött az István-barlang, amelynek bejáratán át méteres magasságban ömlött ki a víz a műútra (2. kép).
- Félő volt, hogy az 1812-1813-ban épült Hámori-tó gátja is átszakad, ezért nehéz teherautókkal próbálták stabilizálni. Szerencsére a félelem alaptalannak bizonyult, és a víztározó töltése jól állta a megemelkedett vízoszlop nyomását. A tó felső, Garadna felőli végén az árvíz elöntötte a Lillafüred-Ómassa közötti utat, itt helyenként másfél-két méter magas víz hömpölygött.
- A Garadna- és a Szinva-patak egyesült vize sok házat elöntött Felsőháromban, így ott kitelepítésekre is sor került.
- Ebben a helyzetben szerencse volt, hogy a nagy esőzés leginkább a Bükk hegységet érintette, így a Miskolcra hulló 70-100 mm-nyi csapadék vi-

szonylag kisebb vízmennyiséggel járult hozzá a Felső- Szinva-patakból (becslések szerint  $40 \text{ m}^3/\text{s}$ -os vízhozam), a Hámori-tóból érkező Garadna-patak vizével bővülve  $50 \text{ m}^3/\text{s}$ -ot meghaladó maximális vízhozamhoz (BA-BOS Z. 1960).



2. kép: Lillafüred, István-barlang bejárata 1958-ban és 2010-ben  
Picture 2.: Lillafüred, István-cave entrance in 1958 and 2010

A két világháború miatt a nagyvízi meder tervezett burkolása elmaradt. Az 1958-as árvizet követően 1960-tól évente 1 millió Ft-ot szavaztak meg a munka folytatására (GÁL 1984). A közelmúltban, 2006-ban kialakult árvíz következtébe fertőzéssel járó járvány vonult végig a városon, melynek a következménye komoly vízminőség-védelmi intézkedéssorozat lett. Ennek eredményeképpen a lényegesen nagyobb, 2010-es kettős árvíz Miskolc ivóvízellátása biztonságát már nem veszélyeztette és csak a Szinva-patak felső szakaszán okozott elöntéseket. Ezt követően a papírgyári védőművek kiépítésével folytatódott a patak szabályozása.

#### *A 2006-os karsztárvíz és időjárási előzményei*

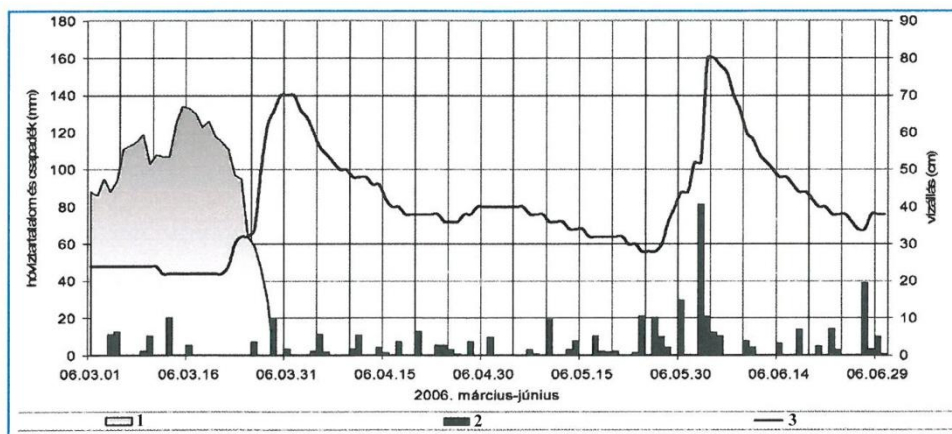
A csapadékos 2005 után 2006 januárja és februárja átlag körüli csapadékot hozott. Ennek nagy része hó formájában megmaradt, majd március elején –

az átlagosnál lényegesen hidegebb időben– újabb hó felhalmozódás történt. Március második felére a Bükk hegység magasabb részein 100-160 mm-nyi, hóban tárolt vízkészlet gyűlt össze. Ezt követően a hónap utolsó hetében indult meg a folyamatos és erős olvadás.

Áprilisban ezt a folyamatot változó intenzitású, gyakori esőzések kísérték, a hónapban csak 5-6 száraz nap volt. Május első részében a lehulló csapadék a változékony időjárás mellett „csak” az átlagoshoz közeli volt. A hónap utolsó harmadában azonban egyre jelentősebb esőzéseket okozó lég-hullámok érték el a Kárpát-medencét, és 7-8 nap alatt egy havi (80-90 mm) csapadék áztatta a Bükk térségét (3. ábra).

Összefoglalva: március végétől május utolsó napjáig (bő 2 hónap alatt) a télen felhalmozódott hó olvadása és a tavaszi hónapok csapadéka együttesen 400-450 mm-nyi eső lehullásával volt egyenértékű, ez 300% körüli pozitív anomáliát jelentett (KOVÁCS - LÉNÁRT L. 2012).

Ez a feltöltődési időszak előzte meg annak a mediterrán ciklon frontrendszerének érkezését, amely az Appennin-félsziget felett képződött, majd június 2-án elérte a Kárpát-medence térségét és rendkívüli csapadékkal a 2006-os karsztárvizet kiváltotta.



3. ábra: A 2006. júniusi árvíz hidrogeológiai jellemzői a Garadna-forrásban (KOVÁCS- KOVÁCS 2007)

Jelmagyarázat: 1 hóvíztartalom [mm]; 2 csapadék [mm]; 3 vízállás [cm]

Figure 3.: Flood hydrogeological characteristics of the Garadna spring in June 2006 (KOVÁCS - KOVÁCS 2007)

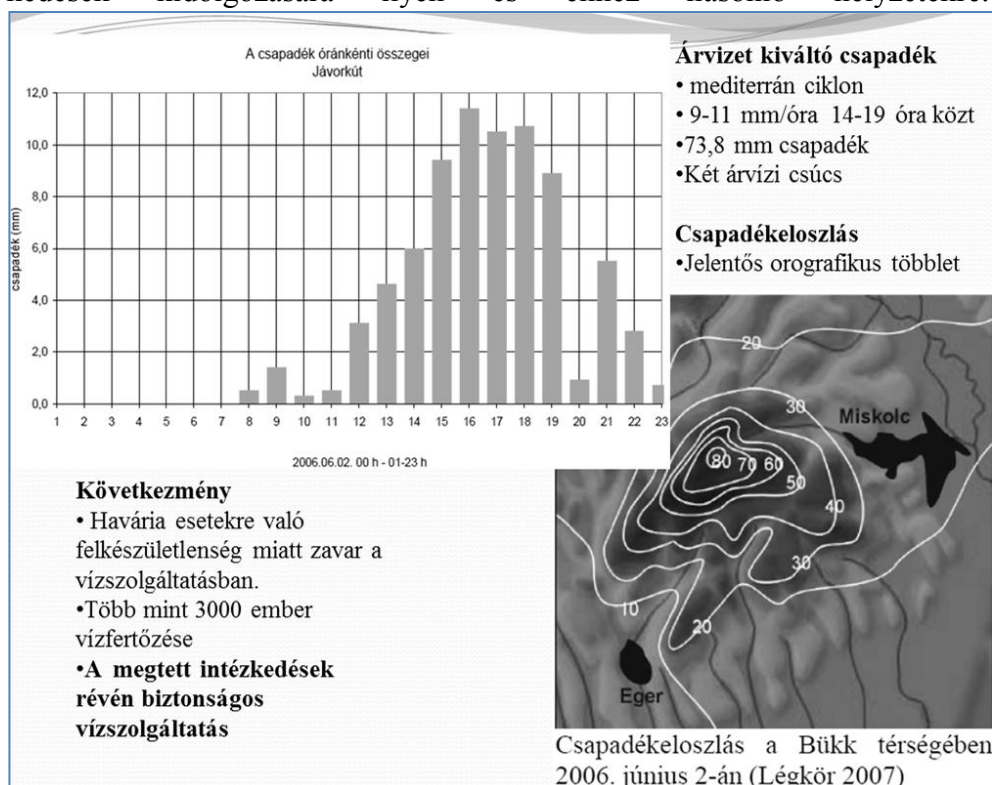
Legend: 1 snowwatercontent [mm]; 2 precipitation [mm]; 3 waterlevel [cm]

A légörvény csapadék zónája június 2-án a reggeli órákban érte el a Bükk térségét. Délig csak szemerkélő, gyenge eső esett, ami inkább csak a talajt és a növényzetet nedvesítette, így komolyabb lefolyást még nem okozott. Az esőzés legintenzívebb szakasza 14-19 óra között volt.(KOVÁCS – KOVÁCS 2007.). Ebben az időszakban Jávorkúton óránként 9-11 mm eső, záporosó hullott, míg 11-22 óra között összességében 73,8mm-t mért az au-

tomata (3. ábra).

A csapadék eloszlása jelentős orografikus többletet mutatott, hiszen míg a Bükk-fennsíkon 50-80 mm-t, addig a Bükk lábainál mindössze 10-20 mm-t mértek. A lehullott csapadékmennyiség villámárvizet okozott a Szinva-patakon.

A karsztárvíz június 3-4-én, Pünkösdkor érte el Miskolc városát. Ez a vízszolgáltatót váratlanul érte, így fordulhatott elő, hogy több mint 3 000 ember vírusfertőzést szenvedett az ivóvíz elszennyező fekál-coli szennyeződéstől. A szennyezés következtében sor került vízminőség-védelmi intézkedések kidolgozására ilyen és ehhez hasonló helyzetekre.



4. ábra: A 2006 június 2-én Jávorkúton mért csapadék mennyiség, intenzitás, eloszlás a Bükkben (KOVÁCS-KOVÁCS 2007)

Figure 4.: Measured water quantity, intensity, distribution on Juny 2th 2006 in Bükk Mountains in Jávorkút (KOVÁCS- KOVÁCS 2007)

*A 2010-es karsztárvíz és meteorológiai előzményei*



A meteorológia észlelések kezdete 1870 óta hazánk területén a 2010-es év bizonyult eddig a legcsapadékosabb évnek (5. ábra). A csapadék mennyiség éves összegének új rekordja a Bükk hegységben, Jávorkúton született meg 1555 mm-rel. A régi rekord: 1 510 mm, Kőszeg-Stájerházak, 1937. (köpönyeg.hu, <http://koponyeg.hu/hireso/170-lexikon-idojarasi-rekordok-magyarorszagrol>).

Ebben az évben jöttek létre olyan Szinva árvizek, amelyek a patak felső folyásán legnagyobb részben karsztból kilépő vízből táplálóztak. Emellett a Bükk hegységben eddig még nem tapasztalt helyeken és eddig egyáltalán nem látott vízhozammal jelentek meg források, sok esetben helyi elöntéseket és komoly károkat okozva.

Az árvizet kiváltó események előzménye az április 13-14-én létrejövő, több központú mediterrán ciklonrendszer volt, amely május-júniusban vonult át az országon.

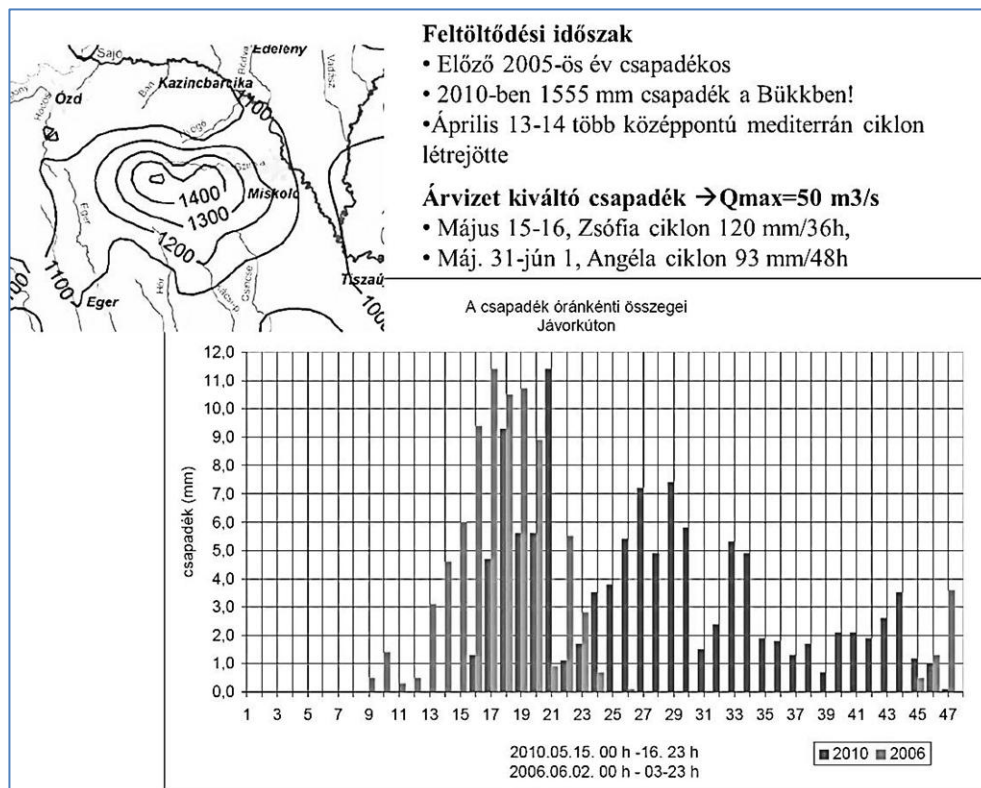
2010 május 15-16-án átlag feletti csapadékos időszak után mediterrán ciklonrendszer, a Zsófia-ciklon vonult át a vízgyűjtő felett, melynek következtében 120 mm csapadék hullott 36 óra leforgása alatt. Ez az esőzés karsztárvizet okozott Miskolc Felső-Majláth városrészén, ahol a Szinva-patak kilépett a medréből.

Ezt követően május 31-én és június 1-én újabb mediterrán ciklonrendszer, az Angéla névre keresztelt ciklon haladt át a térség felett, és 93 mm esőt hozott 48 óra leforgása alatt. Ennek hatására jelentős árhullám alakult ki a Szinva-patakon (5. ábra).

Mindkét csapadékrendszer jelentős árhullámot okozott a Szinván, de karsztárvizet csak a május közepi hozott létre, amely a 4 évvel korábinál (2006-os) is jelentősebb volt (KOVÁCS- LÉNÁRT 2012).

A 2006-ban bevezetett intézkedéseknek köszönhetően a 2010-es ketős árvíz Miskolc ivóvízellátás biztonságát már nem veszélyeztette. Ez után a rövid idő alatt ismétlődő árvízveszélyes időszak után Miskolc város vezetése folytatta a Szinva-patak szabályozását a Papírgyári védőművek kiépítésével. A gyakori árvizek oka, hogy a Bükk-hegység ma Magyarország egyik legcsapadékosabb helye. A Bükk-fennsíkon lehulló csapadék sokéves átlagban eléri, illetve meghaladja a 800 mm-t. A domborzat és a csapadékot hozó légtömegek együttes hatására a hegység DNy-i, D-i vonulatain és előterében - ugyanazon a tengerszint feletti magasságon - éves átlagban 50-100 mm-rel több csapadék hull, mint az „árnyékolt” É-i és ÉK-i területeken. Az elmúlt 10-15 évben a Bükk hegységben az éves csapadék átlaga jelentős mértékben nőtt (pl.: Jávorkúton 1991-2010 között 938 mm, 1995-2010 között 1000 mm csapadék hullott). Az utóbbi 15 évben megváltozott a csapadék éven belüli eloszlása is. A 6. ábrán jól látszik, hogy május, június és legfőképp július

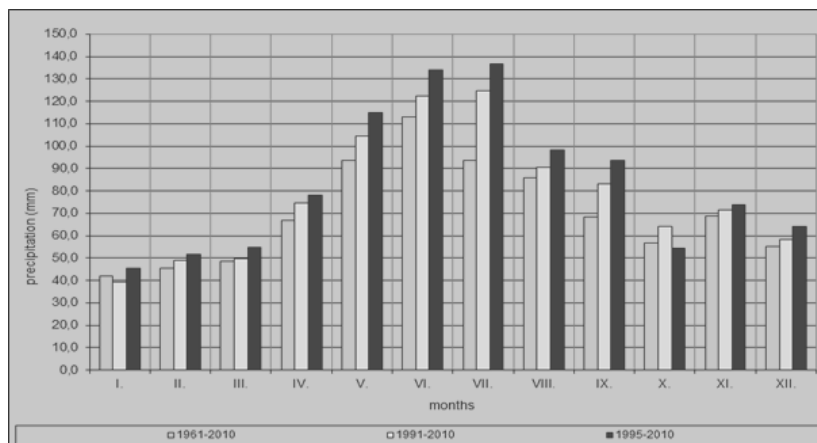
átlagos csapadéka milyen nagymértékben növekedett (KOVÁCS - LÉNÁRT 2012).



5. ábra: A 2010. évi csapadék eloszlása a Bükkben. Feltöltődési időszak. Árvízet kiváltó 2010. évi csapadékok. 2010 májusában és 2006 júniusában Jávorkúton mért csapadék (KOVÁCS A., KOVÁCS P. 2007)  
 Figure 5.: The 2010th yearly pricipitation distribution in Bükk. Period of filling up. Precipitation causing floods: 2010 In May 2010 and June 2006 precipitation measured in Jávorkút (KOVÁCS A., - KOVÁCS P. 2007)

## A karsztársvizek előrejelzése

A szélsőséges időjárási viszonyok hatására (7. ábra) elmondható, hogy 4-6 évenként minimum és maximum karsztvízszint rekordok jöhetnek létre. Magas karsztvízszintnél jelentkező nagy csapadék (mediterrán ciklon), vagy hirtelen hóolvadás esetén 4-6 évenként kialakuló egyre nagyobb extrém karsztvízszint a növekvő árvízveszélyre hívja fel a figyelmet. Ennek ismeretében Miskolc Város Polgármesteri Hivatala felkérte a Miskolci Egyetemet karsztársvíz előrejelzési rendszer tanulmány tervének elkészítésére. A dolgozatban a tanulmányterv eddigi eredményei alapján a karsztársvíz előrejelzés lehetőségeit mutatjuk be, mely egyben a kiépítendő rendszer elvi alapját képezi (LÉNÁRT - HERNÁDI - KOVÁCS - MÁTYÁS 2014).

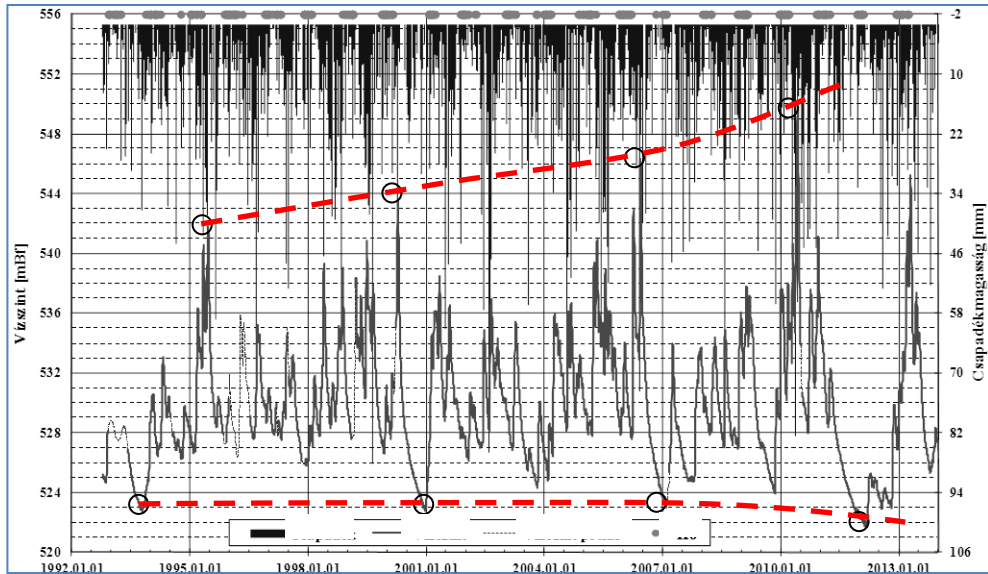


6. ábra: A csapadék havi átlagai Jávorkúton (KOVÁCS P., LÉNÁRT L. 2012)  
 Figure 6.: Monthly average precipitation datas in Jávorkút (KOVÁCS P., LÉNÁRT L. 2012)

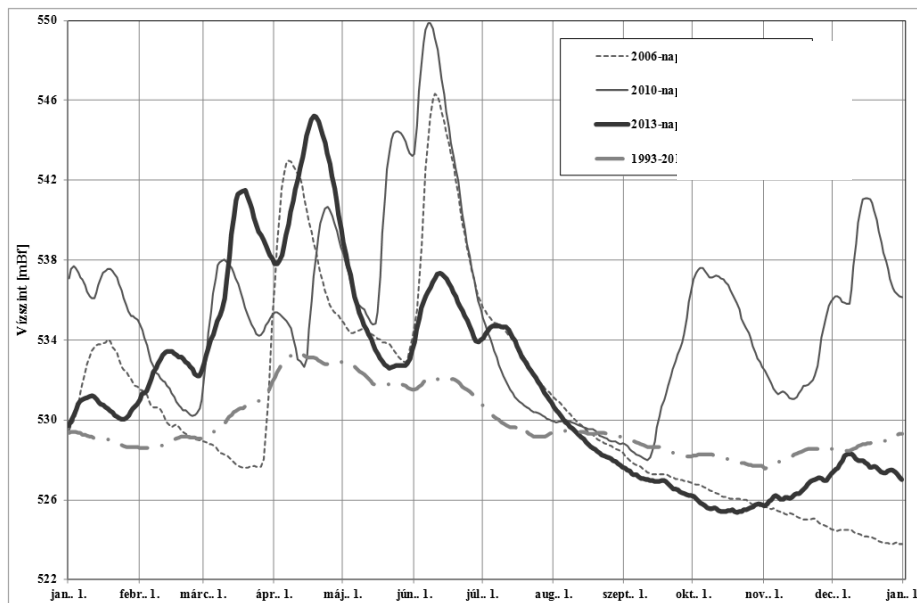
A Bükk hegységben és ezen belül a 8. ábrán feltüntetett a vízgyűjtő területeken és környezetükben 1992-óta „üzemel” a Bükki Karsztvíz Észlelő Rendszer (BKÉR), mely karsztvízszint figyelő kutakból, barlangi mérőhelyekből és meteorológia mérőállomásokból áll. Ezen figyelőrendszer Nv-17-es figyelőkútjában a 2006 és 2010 években regisztrált vízszint adatai jól mutatják a csapadék események karsztba jutó részének karsztvízszint növelő hatását és éven belüli eltéréseit. Ezt a 8. ábra mutatja, melyen a 2012-ben tapasztalt szélsőségesen száraz időjárás következtében kialakult karsztvízszinttel is összehasonlítást tettünk.

A város árvízvédelmi előrejelzési rendszerének kiépítése szempontjából meghatározó terület a Szinva-vízrendszer felszíni vízgyűjtője és a hozzá tartozó karsztforrások vízgyűjtő területei (9. ábra).

Az összegyülekezési idő, a becsült árvízi hozam egy-egy részvízgyűjtő területen nagyban meghatározza az előrejelzés lehetőségeit. E tekintetben a 162,3 km<sup>2</sup> területre eső 24 részvízgyűjtő területet árvíz veszélyességi osztályokba soroltuk. Az osztályba sorolás annak függvénye, hogy az adott vízgyűjtőn hirtelen lehullott nagyobb csapadékmennyiség hatására kialakuló árvíz milyen veszélyt jelenthet Miskolc városára.

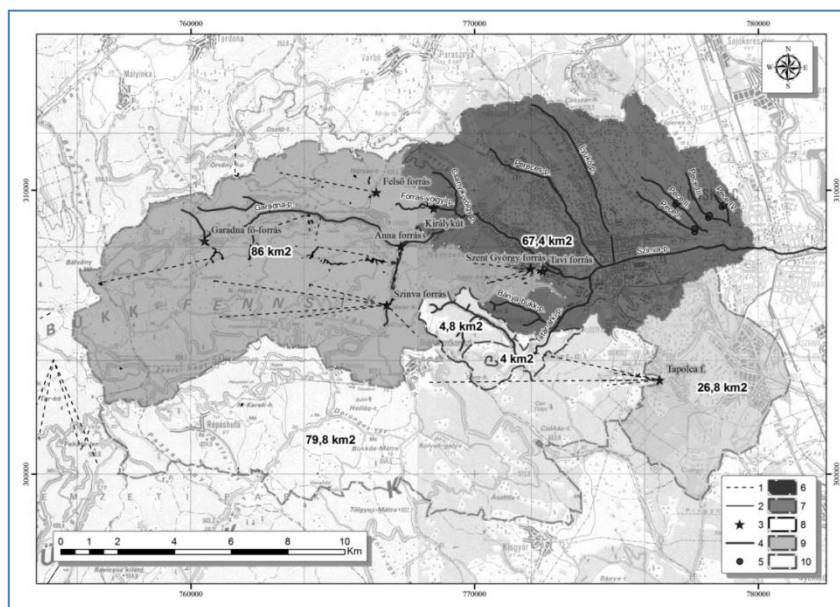


7. ábra: Szélsőséges karsztvízszint változások az Nv-17 jelű kútban és Jávorkút (Bánkút) csapadékadatok (1992-2013)(LÉNÁRT - HERNÁDI- KOVÁCS- MÁTYÁS 2014)  
 Jelmagyarázat: 1 csapadék [mm]; 2 vízszint [mBf]; 3 vízszintpótlás [mBf]; 4 hó  
 Figure 7.: Extreme karst water level changes in the well Nv-17 and precipitation datas of Jávorkút (Bánkút) (1992-2013) (LÉNÁRT - HERNÁDI- KOVÁCS- MÁTYÁS 2014)



8. ábra: BKÉR Nv-17 jelű figyelő kút napi átlagos vízszint adatai(LÉNÁRT - HERNÁDI - KOVÁCS - MÁTYÁS 2014)  
 Figure 8.: 'BKÉR' Nv-17 monitoring well daily avarage water level datas (LÉNÁRT - HERNÁDI -KOVÁCS- MÁTYÁS 2014)

Árvíz-veszélyességi szempontból négy osztályt különböztetünk meg. Az I-IV-ig növekvő számozás a fokozódó árvízveszélyre hívja fel a figyelmet. Az elmúlt 300 év tapasztalata alapján a legnagyobb veszélyt a Szinva és az oldalági felszíni vízgyűjtőkre hullott nagy csapadékok jelentik, mely nagy beépítettség esetén, igen rövid időn, akár 10 percen belül is, villámárvi- zek kialakulását okozzák.



9.ábra: Felszíni vízfolyások és karsztforrások vízgyűjtő területei a Bükk hegységben Miskolc városa környékén (LÉNÁRT-HERNÁDI-KOVÁCS-MÁTYÁS 2014)

Jelmagyarázat: 1 víznyomjelzés iránya; 2 barlangi alaprajz; 3 MIVIZ karsztforrás; 4 Szinva vízrendszere; 5 Pece-patak gátak; 6 Szinva vízrendszer felszíni vízgyűjtője; 7 Szinva-Garadna völgyi karsztforrások vízgyűjtője; 8 Tatár-árki-patak vízgyűjtője; 9 Hejő-patak felszíni vízgyűjtője; 10 Miskolctapolcai Vízmű Új-kút karsztvízgyűjtő

Fig. 9: Catchment basins of surface water flows and karst springs in the Bükk Hills environment of the city of Miskolc

Legend: 1. water tracing direction, 2. cave layout, 3. MIVIZ karst spring, 4. Szinva's watersystem, 5. dams of Pece-brook, 6. The system of Szinva surface river basin, 7. catchment basin of the Szinva-Garadna valley karst springs, 8. Tatár-ditch brook river basin, 9. Surface river basin of Hejő-brook, 10. Karst water catchment of Miskolc Tapolca Waterwork's 'Új-kút'

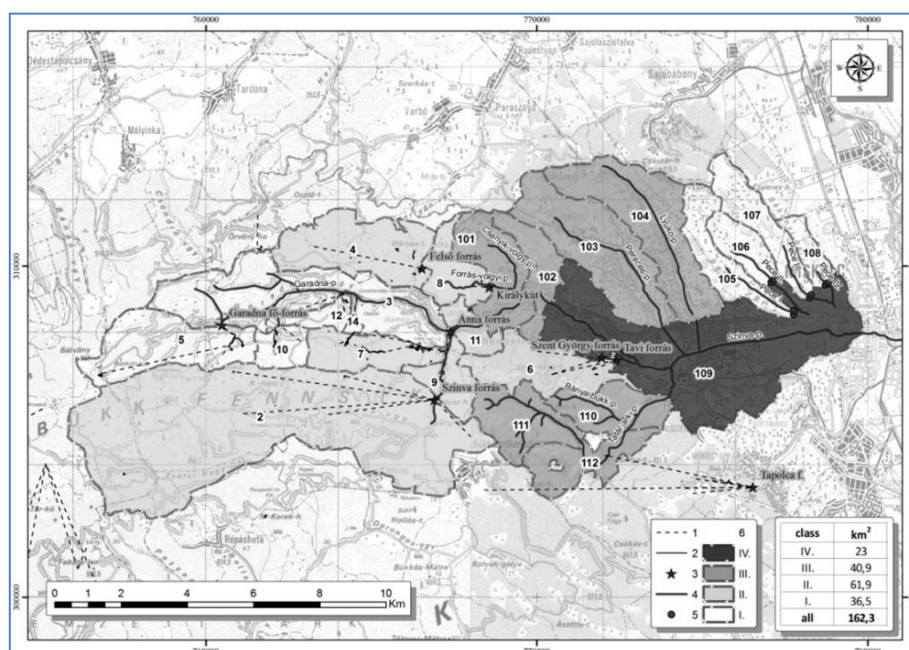
A helyzetet súlyosbíthatja a beépítettség (Miskolc belvárosa), mely az igen nagy lefolyási tényező miatt rövidebb idejű összegyülekezéssel és magasabb árvízi csúccsal fokozottan veszélyes. Részleges védettséget a karsztos területek jelentik, mert a ráhullott csapadék karsztvízszinttől függően csak napos, több napos késleltetéssel jelenik meg a karsztvízgyűjtőhöz tartozó karsztforrásban. Közel teljes védettséget pedig a tározók (Hámori-tó) és a csapadéktározók (Pece-patakon) jelentik, melyek a rájuk futó árvízi csúcsokat „levágják” és csak egy-egy adott mennyiséget engednek át magukon. A

közel teljes védettség csak jól karbantartott árvízi műtárgyakra igaz. A Hámori-tó esetében ez a fenékürítő megbízható nyitható és zárhatóságát jelenti, a csapadéktározóknál pedig az árvíz akadálytalan levonulását segítő megtisztított műtárgyakat. A Hámori-tó esetében gondoskodni kell az árvizeket megelőzően az előzetes fenékleürítőn keresztüli vízszintcsökkentésről, így a tó puffer kapacitását lehet növelni és a lerakódott nagymennyiségű iszap egy részétől is meg lehet szabadulni. Az említett *10. ábrán* a fenti szempontok figyelembevételével végeztük a vízgyűjtő területek osztályba sorolását:

- A felszíni vízgyűjtőket, mint legveszélyesebbeket, a III-IV. veszélyességi osztályba soroltuk, beépítettség, burkoltsági foktól függően, hiszen az ott létrejövő villámárvizeket rendkívül gyors kialakulásuk miatt nem lehet előre jelezni. Védekezni megfelelően és hatékonyan ezeken a helyeken csapadékvíz tározókkal lehet. Ilyenek épültek ki a Pece-patak mentén, így a hozzá tartozó vízgyűjtő területet az I. fokozatba soroltuk vissza.
- A Bükk hegység karsztos vízgyűjtői a karszt változó puffer képessége miatt visszatartják, csillapítják az árvizeket, így azok pár napos késleltetési idővel jelennek meg a patakokban, forrásokban. Ennek ismeretében a karsztárvizek előre jelezhetők. Ezen területek vízgyűjtői a részlegesen védett, II. fokozatba soroltuk. Kivétel a Garadna-völgyhöz a Hámori-tó gátjának szelvényéhez tartozó vízgyűjtőterületek, melyek a Hámori-tó jelentős árvíz visszatartó képessége miatt közel teljes, azaz az I. árvízveszélyesség fokozatot kapták (*11. ábra*).
- Különleges helyzetben van a Tatár-árok felszíni vízgyűjtőjének NY-i része (az ábrán 111-es számmal jelölve). Az itt összegyülekező víz Bükk-szentlászló DK-i részén, karsztos felszínen folytatja az útját, ahol a mederben víznyelősorozaton keresztül részben elnyelődik. Az itt elnyelődött víz a miskolctapolcai Új-kútban 4-5 napos késleltetéssel jelentkezik, sok esetben vízminőségi gondokat okozva. Árvízi időszakban azonban a víz jelentős része átjut a Tatár árok K-i (110-es számmal jelölt) részvízgyűjtőjére, és onnan a Szinvába. A két vízgyűjtőrészt összekapcsolja az egyértelmű nagy töbröket kikerülő, ezért szakadásos, de patakmedrében több tucat víznyelőt tartalmazó (az ábrán 112-es számmal jelölt) „Tatár-árok 2” felszíni, és a leírtak alapján karsztos vízgyűjtő terület (*10. ábra*).

A BKÉR-t továbbfejlesztve célszerű lenne az utóbbi években létesült, a miskolci karsztforrások diagnosztikáját vizsgáló kutak adataival minél jelentősebb mértékben együtt kezelni. A BKÉR a bükki víztermelő vállalatok finanszírozásával, az ÉVIZIG szakmai támogatásával, a Miskolci Egyetem gondozásában jött létre. (Létrejöttét segítette egy 1992-93-ban indult országos kezdeményezés, mely többek között vizsgálta az aszály

karsztvíz termelésre gyakorolt hatását is.) Ez a vizgálatsorozat folyamatosan mérő-rögzítő műszerek telepítését, működtetését és adatainak feldolgozását tette lehetővé több mint nyolcvan, különböző időtartamig működtetett mérőhelyen. Az eddig megszerzett, rögzített adatok száma mára már milliós nagyságrendű. A BKÉR megfigyelő helyeit a Szinva-patak és a hozzá tartozó karsztforrások vízgyűjtőjén és környezetében az 11. ábra mutatja be.



10. ábra: Vízgyűjtő területek veszélyességi osztályba sorolása (LÉNÁRT - HERNÁDI - KOVÁCS- MÁTYÁS 2014)  
Jelmagyarázat: 1 víznyomjelzés iránya; 2 barlangi alaprajz; 3 MIVIZ karsztforrás; 4 Szinva vízrendszere; 5 Pece-patak gátak; 6 vízgyűjtő területek veszélyességi osztályai (I-IV).

Fig. 10.: Hazard class classification of river basins (LÉNÁRT - HERNÁDI - KOVÁCS - MÁTYÁS 2014)

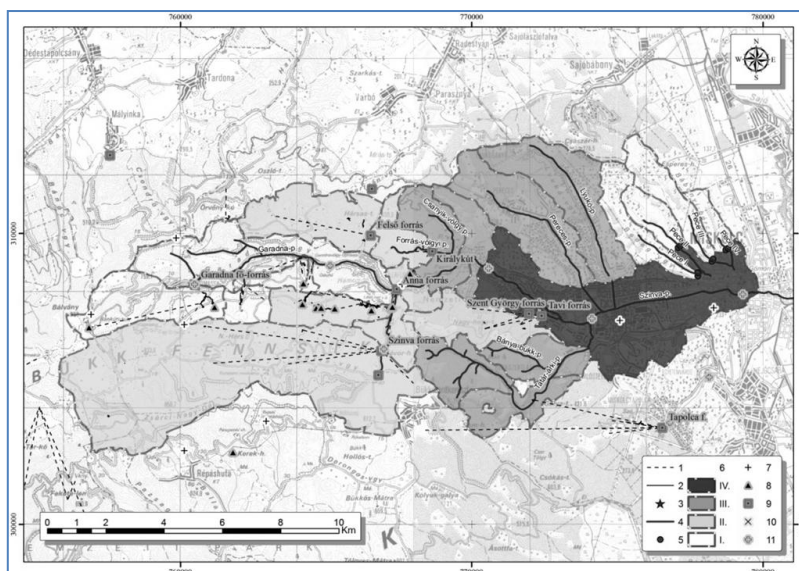
Legend: 1. water tracing direction, 2. cave layout, 3. MIVIZ karst spring, 4. Water system of Szinva, 5. dams of Pece-brook, 6. hazard classes of river basins (I-IV)

A karsztárvíz előrejelzési rendszer alapját a tervek szerint az 1992 óta „üzemelő” BKÉR és a miskolci vízmű források diagnosztikai vizsgálata keretében telepített mérőhelyekről online, számítógépre beérkező adatok szolgáltatnák. Az adatsoportok a következők lennének:

*A várható csapadékesemény, csapadék előrejelzés, mérés*

A várható csapadékesemény a meteorológiai szolgálatokon (OMSZ, ÉM-VIZIG mérőállomásai, IDŐKÉP stb. révén) keresztül előre jelezhető és a meteorológiai mérőállomásokon mérhető. Az igazán nagy csapadékot hozó

mediterrán ciklonok esetében azonban igen nagy bizonytalansággal, mivel a lecsapni készülő ciklon az utolsó pillanatokban is képes a vártnál 10 – 20 km-rel arrébb komolyabb csapadéokra (LÉNÁRT-HERNÁDI-KOVÁCS-MÁTYÁS 2014).



11. ábra: BKÉR objektumok a Szinva-patak vízgyűjtőjén és környezetében (LÉNÁRT-HERNÁDI-KOVÁCS-MÁTYÁS 2014)

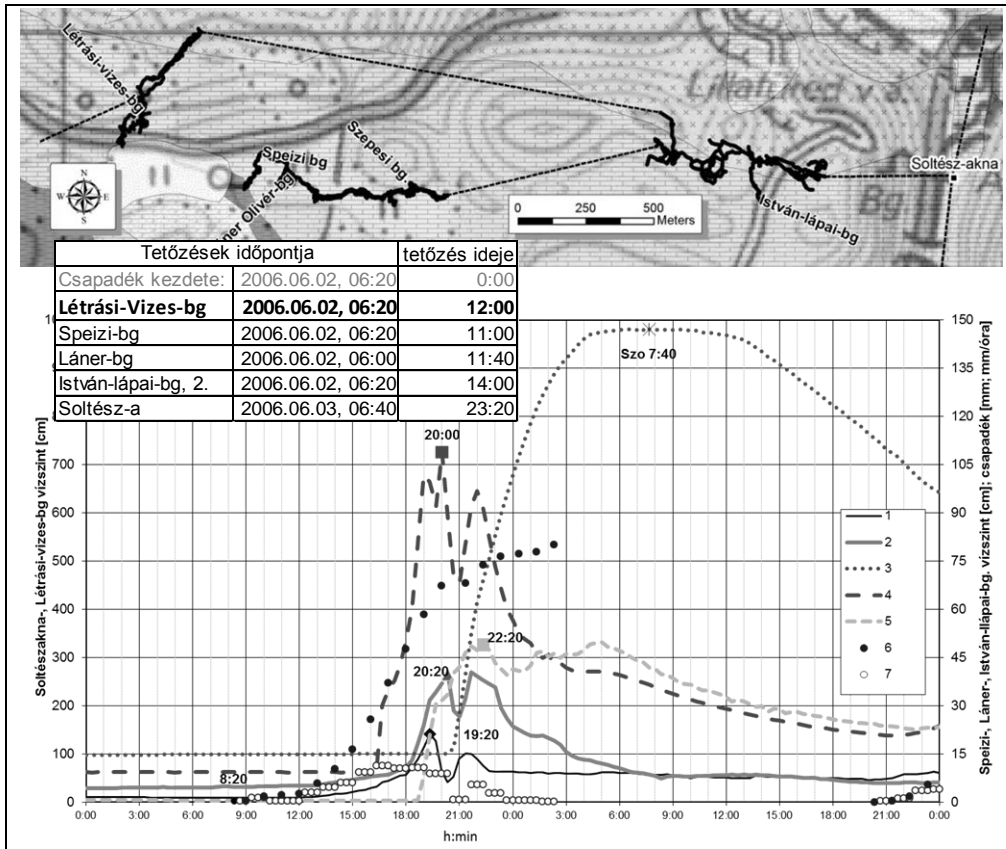
Jelmagyarázat: 1 víznyomjelzés iránya; 2 barlangi alaprajz; 3 MIVIZ karsztforrás; 4 Szinva vízrendszere; 5 Pece-patak gátak; 6 vízgyűjtő területek veszélyességi osztályai (I-IV), 7 meteorológiai állomás; 8 barlang; 9 vízmű forrás; 10 figyelőkút; 11 mérőműtárgy;

Fig. 11: 1 watertracingdirection; 2 cavelayout; 3 MIVIZ karstspring; 4 Szinva's watersystem; 5 Pece-brook's dams; 6 hazardclasses of theriverbasins (I-IV); 7 meteorologicalstation; 8 cave; 9 spring of theWaterwork; 10 monitoring well; 11 measuringstructure

A lehulló csapadék hatására a karsztvízszint emelkedése, a tetőzési idők a barlangokban, karsztvízfigyelő kutakban, forrásokban mérhetőek, előre jelezhetőek. A Soltészkerteri-forráshoz tartozó barlangrendszerben (BKÉR objektuma) a karsztba jutó 2006. évi pünkösdi csapadék által okozott árvíz tetőzési idősorának meghatározását a barlangi mérések alapján a 12. ábra mutatja be.

A felmért barlangrendszert és a feltételezett kapcsolatokat a grafikon fölötti térképrészlet mutatja. A grafikonon látható, hogy a csapadék eseményt követően a barlangrendszerben mért vízszinttetőzési értékek napon belüliek. A tetőzési értékek sorrendisége is ezeket a feltételezett kapcsolatokat erősíti. Így a közzethatáron egy eddig még fel nem tárt vízvezető barlangi ágat is valószínűsítünk a Létrási-vizes- és az István-lápai- barlang között.





12. ábra: 2006.06.02-03-án, a Soltész-kerti-forráshoz tartozó barlangrendszerben (ld. térkép részlet) a lehulló csapadék hatására kialakuló vízszintek (ld. grafikon) és tetőzések idősora (ld. táblázat) (LÉNÁRT - HERNÁDI - KOVÁCS - MÁTYÁS 2014)

Jelmagyarázat: 1 Speizi-barlang; 2 létrási Vizes-barlang; 3 Soltész-tunnel; 4 Lánér-barlang; 5 István-lápai-barlang 2. mérőhely; 6 összegezett csapadék [mm]; 7 csapadékkintenzitás [mm/óra]

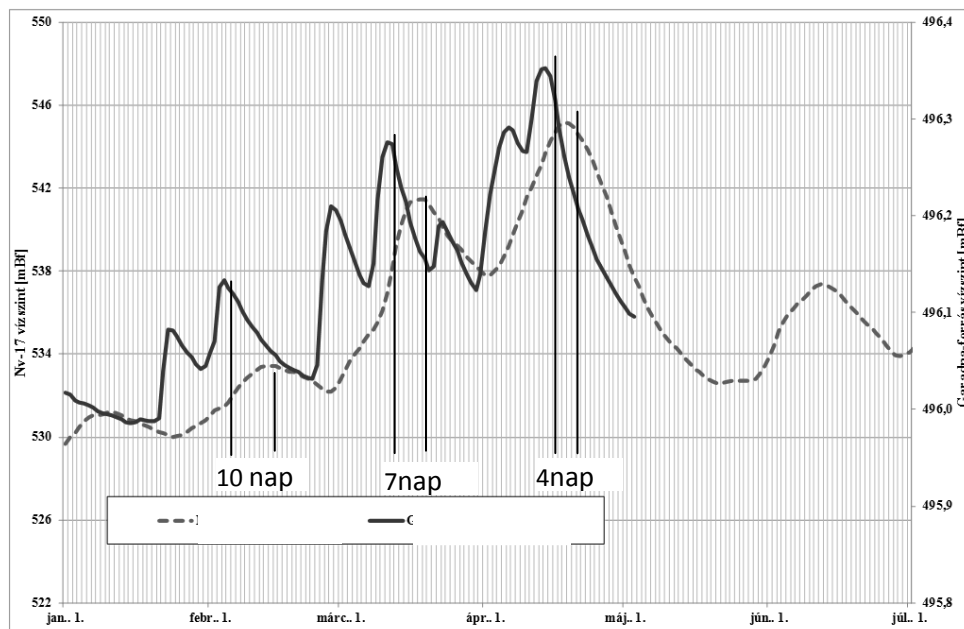
Figure 7.: Developed as a result of precipitation and water levels (see graph and table) culmination in the time series in the 'soltész-kerti'-spring's caves system (see map detail) on June 2-3th 2006. (LÉNÁRT-HERNÁDI-KOVÁCS-MÁTYÁS 2014)

Legend: 1 Speizi-cave; 2 Létrás Vizes-cave; 3 Soltész-tunnel; 4 Lánér-cave; 5 István-lápai-cave's 2nd measuring place; 6 summarized precipitation [mm]; 7 precipitation intensity [mm/h]

A Soltész-kerti-forrás mellett a Szinva, Garadna forrásokban a csapadékeseményt követően 1 napon belül várható a tetőzés, míg az Nv-17-es figyelőkútban 8-9 nap és a mélykarsztot képviselő Miskolc-MIVÍZ-Kertészeti kút esetében 20-25 nap. A tetőzési idők viszont karsztvízszint függők. Igen magas karsztvízszint esetén (ld. 2010, 2013. év árvizei) ezek az idők rövidülhetnek.

Az Nv-17-es kútban nagy csapadékokat követően a Garadna-forráshoz képest 7-8 nappal későbbi a karsztvízszint tetőzése. A Garadna-forrás 2013. I. félévi vízszint adatai jól mutatják, hogy az árvízi csúcsok és a Nv-17 árhul-

lám csúcsai közötti időbeli eltolódás csökken a vízszint emelkedésével. A késleltetési idő ezzel együtt (10-4 nap) változik (13. ábra).



13. ábra Az Nv-17 és Garadna-forrás átlagos vízszintjei 2013. I. félévében (LÉNÁRT -HERNÁDI - KOVÁCS-MÁTYÁS 2014)

Jelmagyarázat: 1 Nv-17 figyelőkút napi átlagvízszint [mBf]; 2 Garadna-forrás napi átlagvízszint [mBf]  
 Figure 13.: Average water levels of the Nv-17 monitoring well and the Garadna-spring in 2013th first half (LÉNÁRT - HERNÁDI - KOVÁCS - MÁTYÁS 2014)

Legend: 1 daily average water level of the Nv-17 monitoring well [mBf]; 2 daily average water level of the Garadna-spring [mBf]

A fenti adatok ismeretében és a tervezett, Szinva-patakon elhelyezendő vízmércék adataira alapozva a felállítandó mércekapcsolatok alapján előre lehetne jelezni a völgyek felső szakaszán és a Szinva-patak városon átvezető szakaszán karsztárvíz során kialakuló vízhozamokat, vízszinteket és a tetőzési időket. Jelenleg a Szinva-patakon és oldalági vízfolyásain számos kialakított mérőszelvény, vízmérce található, de folyamatos mérés nem történik. Csak a Garadna-forrás alatt van folyamatos vízszintészlelés, amiből hozam határozható meg.

## Eredmények

Az elmúlt 300 évben Miskolc városát a Szinva-patak és oldalági vízfolyásainak árvizei számos esetben komolyan veszélyeztették. A rég- és a közelmúltban jelentős árvizek vonultak le a patakon.

Az elmúlt 22 év 4-6 év gyakoriságú és egyre nagyobb árvizei, ezen

belül 2006-ban a pütkösdi árvíz okozta fertőzések, és a 2010-es árvízi események karszt árvízvédelmi előrejelző rendszer kialakításának a szükségességét vetették fel.

A Bükk hegységben a már 1992-óta működő BKÉR rendszer és a diagnosztikai vizsgálat keretében készült karsztvízfigyelőkutak által szolgáltatott adatok kisebb fejlesztésekkel erre alkalmassá tehetők. A vízgyűjtőn lévő mérők online központi számítógépbe történő bekapcsolásával meghatározható:

- csapadék mérőállomásonként, valamint a csapadékradar segítségével a vízgyűjtőkre hullott csapadék mennyisége;
- a csapadék hatására a karsztban lefutó árvízterhelései, és a forrásokban a várható megjelenési ideje, vízszintje.

Mindezen adatok birtokában és ismeretében egy esetleges karsztárvíz előre jelezhető lesz a városban, fél-egy napos előnyt biztosítva a védelem vezetőinek (*LÉNÁRT-HERNÁDI-KOVÁCS-MÁTYÁS* 2014).

### **Köszönetnyilvánítás**

„A tanulmány/kutató munka a Miskolci Egyetemen működő Fenntartható Természeti Erőforrás Gazdálkodás Kiválósági Központ TÁMOP-4.2.2/A-11/1-KONV-2012-0049 jelű „KÚTFŐ” projektjének részeként – az Új Széchenyi Terv keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.”

### **IRODALOM**

- BABOS Z.* (1960): A Felső-Szinva vízgyűjtőjének vízrajza. – Hidrológiai Közlöny 1960. 4. sz. pp. 257-267, Budapest
- DOBROSSY I. – VERES L.* (1978): Miskolci árvíz: 1878-1978. Miskolc - Herman Ottó Múzeum és a II. Rákóczi Ferenc Könyvtár, könyv, 66 p
- GÁL Á.* (1984): Miskolc Város ár és belvízvédelmi terve, – 64. p. Kézirat, Miskolci Megyei Jogú Városi Önkormányzat.
- HOITSY P.* (1878): A Miskolcot elpusztító vihar. – Vasárnapi újság, 25. évf. 38. sz. újságcikk, pp. 602
- KOVÁCS A. – KOVÁCS P.* (2007): Árvíz a Szinván: Az orografikus csapadéktöbblet egy extrém esete, – Légkör, 52. 4. pp. 5-7
- KOVÁCS P.* (2007): Vízrajzi Értekezlet, – Eger, konferencia kiadvány,
- KOVÁCS P.* (2008): Az 1878. évi nagy miskolci árvíz emlékére, – MHT XXVI. Országos Vándorgyűlés, Miskolc, konferencia kiadvány, DVD, 11 p.
- KOVÁCS P. – LÉNÁRT L.* (2012): A 2006-os és a 2010-es bükki karsztárvi-

zet okozó csapadékok elemzése, – VI. Magyar Földrajzi Konferencia, pp.1098-1108, Szeged.

*LÉNÁRT, L. – HERNÁDI, B. – CZESZNAK, L. – HORÁNYINÉ CSISZÁR, G. – SZEGEDINÉ DARABOS, E. – KOVÁCS, P. – SŰRŰ, P. – TÓTH, K.*(2012):A 2006-os és a 2010-es bükki karsztárvíz okainak, lezajlásának, hatásainak és hasonló haváriák kiküszöbölésének általánosítható tapasztalatai. – VI. Magyar Földrajzi Konferencia, pp. 538-548, Szeged.

*LÉNÁRT L. – HERNÁDI B. – KOVÁCS P. – MÁTYÁS G.* (2014): A Szinva-völgyi árvíz-előrejelző rendszer kidolgozásának megvalósítási tanulmányterve. – Kézirat, Miskolci Egyetem, 140 p

*RÉTHLY A.* (2009): Időjárási események és elemi csapások Magyarországon 1701-1800-ig. - Budapest, OMSZ kiadásában, 622 p.

*SZENDREY J.* (1886): Miskolc város története és egyetemes helyirata. – Forster kiadó, Miskolc, Hadtörténeti Múzeum Könyvgyűjteménye