

Miskolci Egyetem Környezetgazdálkodási Intézet



A MÁLYI-KISTOKAJI GEOTERMIKUS MONITORING RENDSZER

2021. 04. 01 – 2022. 03.31 közötti időszakának értékelése



.....
dr. Madarász Tamás
egy. doc., Int. Igazgató

.....
Miklós Rita
tud.seg.munkatárs, témavezető



Miskolc, 2022. október

Tartalom

1. Bevezetés	3
2. Rendelkezésre álló adatok.....	4
a. PannErgy adatok	4
b. A MIVÍZ Kft-től kapott adatok.....	4
c. Karsztvizgazda Bt. mérési eredményei	4
3. A mérési eredmények összefoglalása, értékelése	5
a. A vízszintek, nyomásszintek, csapadékcsoportok és a visszasajtolás összefüggése.....	5
b. A visszasajtolás és a kútban mért vízhőmérsékletek vizsgálata.....	8
c. Egyéb korrelációs vizsgálatok.....	9
d. A vízszintesökkenés sebességének vizsgálata, legnagyobb napi ingadozás	14
e. A hidraulikus esés változásai	15

1. Bevezetés

A Bükki Karsztvízszint Észlelő Rendszer (BKÉR) alapjait jelentő karsztvízfigyelő kutakat 1983-ban mélyítették, de a vízszintek mérése hosszú ideig időszakos, rendszertelen és kézi mérések jellegű volt. A BKÉR-t 1992-ben hozta létre a Miskolci Egyetem a bükki víztermelő vállalatok finanszírozásával, az ÉVIZIG szakmai támogatásával, az akkor induló 1992-93-as országos aszály karsztvíztermelésre gyakorolt hatásának vizsgálatára. Ez a vizsgálat sorozat már folyamatosan mérő-rögzítő műszerek telepítését, működtetését, adatainak a rendszeres feldolgozását tette lehetővé több mint ötven, különböző időtartamig működtetett mérőhelyen. (A mérőhelyek egy részén az adatsor – esetleges hiányoktól eltekintve – a mai napig is teljesnek tekinthető.)

2012-ben az addig meglévő adatok alapján készült egy „Hidraulikai alapállapot meghatározása Miskolctapolcán” c. dokumentáció, melyben olyan vizsgálható és folyamatosan mérhető paramétereket próbáltunk számszerűsíteni, melyek segítségünkre lehetnek az esetleges változások kimutatásában, hogy a Mályiban létesült nagymélységű geotermikus kutak hatását a későbbiekben vizsgálhassuk.

A 2012-es alapállapot meghatározásánál kiválasztottuk azokat a monitoring helyeket, melyek a vízellátás szempontjából a legfontosabbak, és amelyek térbeli elhelyezkedésük alapján is közel esnek a Mályiban lévő kutakhoz, ezek pedig a következők: Miskolctapolca, Várhegyi kőbánya, **T-10 megfigyelőkút**; Miskolctapolca, **Szerelem-szigeti kút**; Miskolctapolca, **Parki kút**; Miskolctapolca, **T-3 figyelőkút**, a Miskolctapolca, **2. számú figyelőkút**. Ezek mellett a teljes mérőrendszer egyik meghatározó helye a nagymezői **Nv-17-es karsztvíz-figyelő kút**, melyből 1992 óta vannak folyamatos adataink.

A jelen vizsgálatokhoz – az előbbieket mellett – felhasználtuk a rendelkezésünkre álló termál kutak adatait is (**Egyetemi kút**, **Selyemrét 1. és 2. kút** és **Miskolc Kertészeti telep kútja**, Miskolctapolca, **Termál-kút**), továbbá az évek óta aktívan működő Mályi Kistokaji Geotermikus Rendszer folyamatosan mért és rögzített adatait is.

A Kertészeti telep kútjában 2 db műszer van elhelyezve különböző módon. Az 1. műszer egy aknába van beépítve, emiatt hőmérséklet adatai nem tükrözik a valóságot, hőmérséklet vizsgálat esetén a 2. műszer adatai mérvadóak, nyomásszintek esetén viszont előnyben részesítjük az 1. műszert, mivel onnan hosszabb adatsor áll a rendelkezésünkre.

A selyemréti kút 1. és 2. esetében 2 különböző kútban lévő műszerről beszélünk, elhelyezésük szempontjából a nyomás adatait mindkét szondának használhatónak tartjuk, hőmérsékleti adatok elemzésénél azonban csak a Selyemréti kút 2. adatait használjuk.

A T-10-es kút adatsora 1 hónapos adathiánnyal terhelt, Kertészeti 2. kút adatsora 3 hetes adatkiegészítéssel terhelt, adathiánnyal terhelt, a Selyemréti 2. kút adatsorában az első egy hónap hiányos. Ezek a körülmények azonban a kötelező adatszolgáltatást, valamint az értelmezést nem csorbították.

2. Rendelkezésre álló adatok

a. PannErgy adatok

A Mályi Kistokaji Geotermikus Rendszer folyamatosan mért és rögzített adatai közül a PannErgy a 2021.04.01– 2022.03.31 közötti, 1 órás gyakorisággal rögzített mérési adatait küldte meg, mely saját mérésű termelési (m^3/h), visszasajtolási (m^3/h), hőmérséklet és nyomás adatokat jelent. A MAL-PE-01 kútból 2018. 10. 01 óta nincsenek nyomás adatok, technikai probléma miatt.

Az 1 órás adatokból napi termelési és visszasajtolási, ill. nyomás adatokat határoztunk meg, részben azért, hogy az esetleges mérési bizonytalanságokat, hibákat kiküszöböljük, részben pedig azért, mert a termelés-visszasajtolás napi szinten gyakorlatilag folyamatos, így a részletesebb adatok vizsgálata nem szolgáltat többletinformációt az egész rendszerre és tágabb környezetére vonatkozóan.

Az elemzéseket csak azokra az adatokra végezzük el, ahol termelés vagy visszasajtolás ténylegesen történt, vagyis a hozam érték nem 0.

A termelés és a visszasajtolás hatásainak elemzése során általában a visszasajtolás mennyiségi adataival dolgozunk, a két adatsor között a 2014 - 2021-es időszakban szolgáltatott adatok alapján nagyon erős – $R^2 = -0,99$ -es – korrelációs kapcsolat áll fenn, így elegendőnek tartjuk az egyik adatsor ábrázolását és elemzését.

b. A MIVÍZ Kft-től kapott adatok

A MIVÍZ Kft. a kutakra felszerelt műszerekből az adatkinyerést engedélyezte, illetve a társaság által vagy megbízásából önállóan kinyert adatokat átadta, mely adatsorozat összedolgozásából készült az az állomány, amit az értékelés során felhasználtunk.

c. Karsztvizgazda Bt. mérési eredményei

A rendszeres, havi vizsgálataikat – a szerződéses köteleknek megfelelően minimálisan 5 kútra – az alábbiak szerint végezték:

Minden hónap elején megküldik a monitoring tevékenységre kiválasztott kutak eredeti, mért adatait dxt vagy xls formátumban, hogy a mérési adatok a Megbízó számára is követhetők legyenek.

A használt állománynevek

MIVÍZ, Miskolctapolca, 3. sz. figyelőkút	Mitap_T3_kinyerés dátuma_
MIVÍZ, Miskolctapolca, T10 figyelőkút	Mitap_T10_kinyerés dátuma_
MIVÍZ, Miskolctapolca, Parki kút	Mitap_Pa_kinyerés dátuma_
MIVÍZ, Miskolctapolca, 2. sz. figyelőkút	Mitap_2f_kinyerés dátuma_
MIVÍZ, Miskolc, Selyemréti fürdő, II. kút	Mi_Se2_kinyerés dátuma_
MIVÍZ, Miskolc, Kertészeti kút 1. műszer	Mi_Kert1_kinyerés dátuma

3. A mérési eredmények összefoglalása, értékelése

a. A vízszintek, nyomásszintek, csapadékcsoportok és a viaszasajtolás összefüggése

Mivel a termálvíz kitermelés esetleges hatását vizsgáljuk a fentebb megnevezett monitoring és termál kutakra, nem hagyható figyelmen kívül ezen kutak vízszintjeinek természetes, vagyis csapadékok hatására bekövetkező változásai sem. Ezért a termelés-visszasajtolás és a monitoring kutak összefüggésének vizsgálata mellett ábrázoljuk a területen hullott jellemző csapadék adatokat is (**1. melléklet**), láthatjuk, hogy a vizsgált időszakban összesen 653,45 mm csapadék hullott. (A 2011-2021 közötti időszakban hullott éves csapadék átlag 824,9 mm.) A vizsgált periódusban több kiemelkedő (>25 mm) napi csapadék vagy csapadék csoport is előfordult: 2021.05.12-2021.05.19 – **81,1 mm**; 2021.07.18.-2021.07.20. – **38,5 mm**; 2021.07.31.-2021.08.01. – **28,5 mm**; 2022.08.15-17. – **26,2 mm**; 2021.10.13. – **25,4 mm**; 2021.11.04. – **26,6 mm**; 2021.11.26-30. – **46,2 mm**; 2022.03.30-31. – **39,7 mm**. Azt azonban nagyon fontos megjegyezni, hogy a csapadékok/csapadékcsoportok előfordulása is kisebb, és a hullott csapadékok mennyisége is nagyon kevés. Továbbá a jelentés vizsgált időszakában lényegesen kevesebb csapadék hullott, messze elmarad az előző évtized átlagától (171,45 mm deficit), mely komoly utánpótlási hiányt jelent mind a hideg-, mind pedig a termálkarsztrendszerben.

A **2. mellékletben** a vizsgált figyelőkutak vízszintjei láthatóak a viaszasajtoló kutak teljes hozamával együtt ábrázolva. Az egyes ábrákra jellemző korrelációs együtthatók láthatóak az alábbi **1. táblázatban**, melyek alapján megállapíthatjuk, hogy a vizsgált periódusban nem magas értékek jellemzőek, az együtthatók minden esetben csökkentek az előző éves jelentési időszakra (2020.04.01.-2021.03.31.) számítottakhoz képest, jellemzően 33-48 %-os a változás, de előfordul 60 % is. Továbbá a Selyemrét 1-es monitoringpont esetében az előző év 0,85-ös korreláció értéke az idei jelentési évre -0,45-re adódott.

1. táblázat: korrelációs együttható értékek a teljes kitermelt vízmennyiség és a figyelő kutak vízszint adatai között (2021.04.01. – 2022.03.31.)

	Kertészeti telep 1. (bar)	Kertészeti telep 2. (bar)	Selyemrét 1 (bar)	Selyemrét 2 (bar)	Tapolca 2f (mBf)	Tapolca Parki kút (mBf)	Tapolca Termál (m)	Tapolca T3 (m)	Tapolca T10 (m)	Nv-17 (mBf)	Szerelem szigeti kút (m)
Összes kivett mennyiség (m3/nap)	-0.44	-	-0.45	-0.52	-0.39	-0.43	-0.31	-0.55	-0.34	-0.42	-0.25

A korrelációs együttható értékekben bekövetkező nagy változások az előző jelentési évhez képest a hideg és a melegvízes kutakat egyaránt jellemzik, az adatok alapján nem állapítható meg egyértelműen, hogy a megváltozott értékek milyen mértékben köszönhetőek a geotermikus termelés változásainak, ill. az éves csapadékmennyiség jelentős csökkenésének, a nagyon alacsony hidegkarsztvízszintnek, és az ebből adódó hidraulikai nyomáscsökkenésnek.

Korábbi eredmények alapján bebizonyosodott, hogy a monitoring tevékenység jól működik, a hirtelen üzemállapot miatt bekövetkező hatásokat egy egy jelentési periódusban ki lehet

mutatni, nyomon lehet követni. Tendenciózus, káros hatásokat az eddigi vizsgálatok alapján nem tudtunk kimutatni.

Megfontolandónak tartjuk az eddig összegyűlt, sokéves adatok matematikai, statisztikai módszerekkel történő vizsgálatát, a hosszútávon, esetleg tendenciózusan bekövetkező változások kimutatására. Emellett a MAL-PE-01 kútban történő hiányzó nyomásmérés és az 1. fejezetben jelzett teljes adathiánnyal terhet mérési helyek - különös tekintettel a melegvízű kutak - adatainak pótlását mielőbb szükségesnek tartjuk annak érdekében, hogy a monitoring minél teljesebb legyen.

A **3. mellékletben** a visszasajtolási nyomás legnagyobb aktuális értékeit, ill. a vizsgált hideg és meleg vizes kutak vízszint/nyomásszintjeit láthatjuk. A **2. táblázatban** látható korrelációs értékek kifejezetten alacsonynak mutatkoznak. Ebben az esetben is jelentős mértékben csökkentek az előző éves jelentési időszakban megállapított korreláció értékekhez képest, több mérőhely esetében előjelváltás is történt.

2. táblázat: korrelációs együttható értékek a maximális visszasajtolási nyomás és a figyelő kutak vízszint adatai között (2021.04.01. – 2022.03.31.)

	Kertészeti telep 1. (bar)	Kertészeti telep 2. (bar)	Selyemrét 1 (bar)	Selyemrét 2 (bar)	Tapolca 2f (mBf)	Tapolca parki kút (mBf)	Tapolca Termál (m)	Tapolca T3 (m)	Tapolca T10 (m)	Nv-17 (mBf)	Szerelem szigeti kút (m)
Max visszasajtolási nyomás (bar)	-0.23	0.43	-0.24	-0.34	-0.20	-0.22	-0.16	-0.30	-0.14	-0.22	-0.10

A 11. ábrán a Kertészeti 1. mérőhely esetében a téli időszakban látható az ábrán, hogy a maximális visszasajtolási nyomás nagymértékű csökkenése esetén több esetben is nyomáscsökkenés figyelhető meg a Kertészeti-kútban is, mely jelenség esetenként jellemző a Selyemréti-kútra (12. ábra), a Parki-kút vízszintjében (15. ábra) is.

A **4. mellékletben** látható ábrákon függvénykapcsolatot próbáltunk meghatározni az egyes kutak víz-, ill. nyomásszintjei és a visszasajtolási nyomás aktuális, legnagyobb értékei között. Abban az esetben ugyanis, ha a két tényező hatással van egymásra, közöttük jellemző függvénykapcsolat lenne megfigyelhető (az ábrákon a lineáris illesztések korrelációs együtthatói láthatóak). Ahogy azt az ábrák alapján láthatjuk, ezzel a módszerrel a vizsgált periódusban minden mérőhely esetén alacsony korrelációs együttható állapítható meg, a lineáris kapcsolat mind a hideg-, mind a melegvizes kutak esetében $R^2 = 0,14 - 0,30$ -as korrelációt mutatott.

Az éves adatsorokat vizsgálva, 2022.01.14-26. között a Mályi-1 termelőkút hozama lecsökkent, napokon keresztül nem termelt, ezáltal a kivett/visszasajtoló vízmennyiség ebben az időszakban kb. a felére esett vissza. A **10. mellékletben** elkészítettük 2022.01.01.-

2022.02.28. időszakra vonatkozóan az összes sajtolás (m^3/nap) adatsorát a különböző monitoringpontok vízszint adatsoraival együtt ábrázolva. Ezt azért tartottuk kiemelten fontosnak, mert a lecsökkent visszasajtolási időszakban a miskolci termálkutakban ugyanebben a periódusban nyomáscsökkenés tapasztalható. A csökkenő visszasajtolással szinte egy időben a Kertészeti-, és Selyemréti-kútban is nyomáscsökkenés tapasztalható (Kertészeti 1.: $R^2=0,59$; Selyemréti 1.: $R^2=0,82$; Selyemréti 2.: $R^2=0,58$), majd mikor a visszasajtolás visszaáll az időszak átlagértékére, a kutakban is visszaáll az anomális előtti nyomásszint. Február hónapban a visszasajtolás mennyisége és a kutak nyomásgörbéinek trendje hasonló lefutású. Miskolctapolcán a 2f. megfigyelőkútban ($R^2=-0,14$) nem tapasztalható változás, de a Parki-kút ($R^2=0,48$) vízszint görbájén ugyanebben a két hétben látható egy kb. 0,5 méteres vízszint csökkenés. A Termál-forrás esetében szintén látható egy csökkenő trend ebben a két hétben, majd a visszasajtolási ráta normalizálódásával egy jelentős, kb. 15 cm-es vízszintnövekedés (ami a forrásfoglalás nagy átmérőjét tekintve jelentős mértékű).

Hozzá kell tenni, hogy ugyanez az eset fennáll a 2021.11.06-10. közötti időszakra is, ahol a teljes visszasajtoló mennyiség 3 napra $5700 \text{ m}^3/\text{nap}$ -ra esik vissza, valamint 2021.12.14-15. közötti időszakra is, ebben az esetben két napra $13000\text{-}15000 \text{ m}^3/\text{nap}$ -ra esik vissza. Ebben a néhány napban a Kertészeti-kút, Selyemréti-kút, a Termál-forrás, a Parki-kút, tehát a melegvizes mérőhelyek mindegyikében vízszintjében/nyomásszintjében is egyértelmű csökkenés tapasztalható.

Mivel korábbi években is tapasztaltuk, hogy a termelésben, visszasajtolásban bekövetkező hirtelen, nagymértékű változások kimutathatóak a monitoringpontok, főként a melegvizes mérőhelyek adatsoraiban is, tehát a nyomásterjedés eléri őket, ennek a jelenségnek az alaposabb vizsgálatát kiemelten javasoljuk a jövőben, valamint visszamenőlegesen is a korábbi adatsorokon. Továbbá, úgy tűnik, hogy fűtési szezonban, amikor jelentősen nagyobb mértékű a vízkivétel és a visszasajtolás is, a termálkarsztrendszer is nagyobb terheltségnek van kitéve, ekkor érzékenyebben is reagál a hirtelen bekövetkező nyomásváltozásokra is.

b. A visszasajtolás és a kútban mért vízhőmérsékletek vizsgálata

Az **5. mellékletben** a vizsgált kutakban mért hőmérsékletek, ill. a legmagasabb visszasajtolási hőmérséklet aktuális értékeit láthatjuk. Ebben az esetben érdemi összefüggés nem mutatható ki. A korrelációs értékeket a **3. táblázat** mutatja. Az előző éves jelentési időszakhoz képest a T-3-as, T-10-es és Nv-17-es megfigyelőkút esetében történt némi növekedés a korrelációs együttható értékekben, a többi mérőhely esetében jelentéktelen a változás.

A téli időszakban a visszasajtolás hőmérsékletének tartománya nem ingadozott tág keretek között. A melegvizet mérőhelyek hőmérséklet adatain kiugró változás nem tapasztalható ebben az időszakban, kivételt képez ez alól a miskolctapolcai Termál-forrás, melynek hőmérséklete a jelentési időszak teljes hosszában 30 °C felett volt, és a februári-márciusi időszakban növekedés figyelhető meg, a mérőhely vízhőmérséklete eléri a 32 °C-ot is. Ez azért kiemelten fontos indikátor, mert a Termál-forrás átlagvízhőmérséklete 1992-2021 között 30,15 °C, és hőmérséklet szempontjából is stabilnak volt tekinthető, így ez a 2 °C-os emelkedés elég jelentősnek számít a mérőhely esetében.

3. táblázat: korrelációs együttható értékek a maximális visszasajtolási hőmérséklet és a figyelő kutak hőmérséklet adatai között (2021.04.01 – 2022.03.31.)

	Kertészeti telep 1 (°C)	Kertészeti telep 2 (°C)	Selyemrét 2 (°C)	Tapolca Parki kút (°C)	Tapolca Termál (°C)	Tapolca T3 (°C)	Tapolca T10 (°C)	Nv-17 (°C)	Szerelem-szigeti kút (°C)
Max. visszasajtolási hőmérséklet (°C)	-	-0.19	-0.04	-0.01	0.05	0.38	-0.31	0.27	0.08

A **6. mellékletben** szintén a vizsgált kutakban mért hőmérséklet értékek, ill. az összes visszasajtolás hozama látható. A korrelációs értékeket a **4. táblázat** tartalmazza. 0,5 fölötti érték több figyelőkúra is jellemző. Az ábrákat tekintve a téli időszakban a Selyemréti-, és a Kertészeti-kút hőmérséklet adatai viszonylag kiegyensúlyozottak, a teljes visszasajtolási mennyiség nagymértékű változásaira sem reagálnak különösebben. A Termál-forrás esetében a visszasajtolási mennyiség hirtelen növekedése esetében megfigyelhető különböző késleltetéssel ugyan, de a forrás vizének hőmérsékletnövekedése. E mérőhely esetében a január végi időszaktól egy tendenciális emelkedés látható a vízhőmérsékletben, mely reagál a visszasajtott mennyiségekre is, így a jelenség, valamint az emelkedő hőmérsékletanomália további, kiemelt megfigyelést igényel, és komolyabb vizsgálatok elvégzését is indokolhatja.

4. táblázat: korrelációs együttható értékek az összes visszasajtolás hozama és a figyelő kutak hőmérséklet adatai között (2021.04.01 – 2022.03.31.)

	Kertészeti telep 1 (°C)	Kertészeti telep 2 (°C)	Selyemrét 2 (°C)	Tapolca Parki kút (°C)	Tapolca Termál (°C)	Tapolca T3 (°C)	Tapolca T10 (°C)	Nv-17 (°C)	Szerelem-szigeti kút (°C)
Összes sajtolás (m3/nap)	-	0.66	-0.08	-0.77	0.46	-0.21	-0.01	0.05	-0.81

Az éves adatsorokat vizsgálva, 2022.01.14-26. között a Mályi-1 termelőkút hozama lecsökkent, napokon keresztül nem termelt, ezáltal a kivett/visszasajtoló vízmennyiség ebben az időszakban kb. a felére esett vissza. A **11. mellékletben** elkészítettük 2022.01.01.-2022.02.28. időszakra vonatkozóan az összes sajtolás (m³/nap) adatsorát a különböző monitoringpontok hőmérséklet adatsoraival együtt ábrázoló diagramokat is.

A Kertészeti-kútban ($R^2=-0,08$) nem tapasztalható változás a vizsgált januári két hetes időszakban, a Selyemréti-kútban ($R^2=0,48$) kis mértékű hőmérsékletcsökkenés tapasztalható.

A miskolctapolcai Parki-kútban ($R^2=0,36$) időben eltolva, de szintén tapasztalható hőmérsékletcsökkenés. A Termál-forrás esetében ($R^2=0,28$) pedig a visszasajtolási ráta növekedésével egybeesően majdnem 0,5 °C-os hőmérsékletemelkedés történik, ami a forrás esetében nagyobb ingadozásnak számít.

c. Egyéb korrelációs vizsgálatok

A 2012-es alapállapot meghatározás egyik eleme volt a korrelációs vizsgálatok elvégzése az egyes megfigyelőhelyek és a T-10-es kút adatai között. Az azóta gyűjtött adatok alapján számítottuk ki a korrelációs együttható értékeit a további évekre, ill. a vizsgált periódusra, ezeket mutatja az **5. táblázat**.

A korábbi évek csapadékadatai alapján láthatjuk, hogy 2011-ben és 2012-ben, amikor jelentős csapadékhiány volt a hegységben a korreláció értéke magasabb, ennek oka valószínűleg az, hogy a vízszintek minden mérőhelyen egységesen csökkentek. 2013-ban átlagon felüli csapadék mennyiség hullott, ami szintén befolyásolhatta a tényleges korrelációs összefüggést. 2014-ben pedig nagyjából az átlagnak megfelelő csapadékmennyiség hullott, ebben az esetben továbbra is magas érték jellemzi a T-3 figyelőkutat ($R^2=0,76$), ill. a Kertészeti kút ($R^2=0,51$ -es), a többi korrelációs együttható jelentősen lecsökkent, ezek megfigyelése továbbra is folyamatosan zajlik. A 2016-os év a sokéves átlagnál csapadékban bővebb, a 2017-es év csapadék mennyiség szempontjából átlagos értékeket mutatott. 2018-ban a korrelációs együttható értékek a 2016 és 2017-es évhez hasonlóan magasak. A 2019-es év csapadék szempontjából átlagos, a korrelációs értékeket tekintve pedig a korábbiakhoz képest alacsonyabb értékek jellemzőek. A 2020-as év csapadéka átlagos, a korrelációs együtthatók minden mérőhely esetén magasak. A vizsgált időszakban a csapadék mennyisége nagy mértékben elmaradt a sokéves átlagtól, kifejezetten csapadékszegény időszak volt. Ennek ellenére látható, hogy a korrelációs együttható értékek igen magasak, a 2020-as évhez képest minden mérőhely esetében növekedtek, némelyik jelentős mértékben.

Ahogy azt az **5. táblázat** adataiból láthatjuk, a kapcsolat mértéke egyes helyeken igen változó, 2012-ben valamelyest csökkentek az értékek, viszont akkor jelentős adathiányok is vannak az adatsorban, ill. 2014-ben és 2015-ben szintén igen alacsony értékek jellemzőek. A vizsgált periódus tekintetében elmondható, hogy a 2016, 2017, 2018-as évek magasabb értékei után

2019-ben alacsonyabb, majd 2020-ban ismét magas, majd a jelentésben vizsgált időszakban még magasabb korrelációs értékeket tapasztaltunk, ennek okát nem tudjuk egyértelműen azonosítani. A **8. melléklet**ben található 48. ábrán megjelenítettük 2011-2022.03.31. közötti időszakra vonatkozóan a korrelációs együttható értékeket a T-10 és a vizsgált monitoring pontok között, valamint jelöltük ezen értékek mediánját is. A2f. jelű megfigyelőkútban tapasztalható korrelációs összefüggés ugyanannyi, mint az elmúlt 10 évre jellemző medián érték (0,69), a többi mérőhely esetében lényegesen magasabbak ezek az értékek a jelentés vizsgált időszakában, mint a 10 éves medián érték.

Korábbi jelentések során bebizonyosodott, hogy egyes kutak víz- és nyomásszintjei bizonyos esetekben, nem átlagos üzemeltetési körülmények között, kapcsolatot mutatnak a visszasajtolás (ill. termelés) hozamával és a nyomásával is, ezért a további monitoringot fontosnak tartjuk, de ez az összehasonlítási forma az üzemeltetővel való egyeztetés után esetleg elhagyható.

5. táblázat: Korrelációs vizsgálatok eredményei az egyes kutak és a T10-es kút között

	Korrelációs együttható (R^2) értéke a T10-es megfigyelők úthoz	R^2 értéke a T10-es megfigyel őkúthoz	R^2 értéke a T10-es megfigyel őkúthoz	R^2 értéke a T10-es megfigyel őkúthoz	R^2 értéke a T10-es megfigyel őkúthoz	R^2 értéke a T10-es megfigyel őkúthoz	R^2 értéke a T10-es megfigyel őkúthoz	R^2 értéke a T10-es megfigyel őkúthoz	R^2 értéke a T10-es megfigyelő kúthoz	R^2 értéke a T10-es megfigyelőkút hoz	R^2 értéke a T10-es megfigyelőkút hoz	R^2 értéke a T10-es megfigyelőkút hoz
Vizsgált év	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021.04.01.- 2021.09.30.	2021.04.01.- 2022.03.31.
Kertészeti telep 1.	0.73	0.78	0.67	0.51	0.15	0.69	0.58	0.81	0.43	<u>0.74</u>	0.60	0.81
Szerelem- szigeti kút	0.81	0.51	0.65	0.26	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	-0.22	0.90	0.94
Parki kút	0.81	n.a.	n.a.	n.a.	-0.18	0.66	0.71	n.a.	0.52	0.75	0.78	0.83
T3 figyelőkút	0.99	0.96	0.73	0.76	0.2	0.71	0.92	0.72	0.50	0.90	0.96	0.95
2f. számú figyelőkút	-0.66	0.53	0.87	0.26	-0.25	0.9	0.78	<u>0.89</u>	<u>0.18</u>	0.56	0.90	0.69
Nv-17	0.75	-0.65	0.75	0.12	0.09	0.72	0.93	0.92	0.82	0.63	0.94	0.94
<u>jelentése:</u> adathiánnyal terhelt, de értékelhető												

Az egyes kutak víz- és nyomásszintjeinek korrelációs viszonyát a visszasajtolás hozamához és nyomásához az előző fejezet ábráin szerepeltettük, de összefoglalva a **6. és 7. táblázat** tartalmazza őket. Értékelését korábban már megtettük. A vizsgált periódusban jellemző magasabb értékek arra is utalhatnak, hogy a korábbi naptári évekre vonatkozó vizsgálatok helyett a fűtési szezonhoz igazított elemzési időszak a célnak valóban jobban megfelel, bár megjegyzendő, hogy megfontolandó lenne a jelentésben szereplő összes vizsgálatot elvégezni a téli, fűtési szezon hónapjaira külön is, amikor a termelés és visszasajtolás mértéke nagyobb, és a karsztrendszer ezáltal nagyobb terhelésnek van kitéve.

A könnyebb és áttekinthetőbb értelmezés kedvéért a 2015-2022.03.31. közötti időszak korrelációs együttható értékeit ábrázoltuk doboz-diagramon és jelöltük a medián értékeket is, mely a **9. mellékletben** található.

6. táblázat: Korrelációs vizsgálatok eredményei az egyes kutak vízszintje és a visszasajtolás hozama között

	R ² értéke a vízszint és a visszasajtolás teljes hozama között	R ² értéke a vízszint és a visszasajtolás teljes hozama között	R ² értéke a vízszint és a visszasajtolás teljes hozama között	R ² értéke a vízszint és a visszasajtolás teljes hozama között	R ² értéke a vízszint és a visszasajtolás teljes hozama között	R ² értéke a vízszint és a visszasajtolás teljes hozama között	R ² értéke a vízszint és a visszasajtolás teljes hozama között	R ² értéke a vízszint és a visszasajtolás teljes hozama között
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021.04.01.-2021.09.30.	2021.04.01.-2022.03.31.
Kertészeti kút 1.	0.12	-0.27	0.07	-0.49	-0.63	0.00	0.53	-0.42
Kertészeti kút 2.	0.12	-0.11	-0.38	-0.61	-	-	-	<u>0.67</u>
Selyemréti kút 1.	0,52 (fél éves adathiány mellett)	-0,39 (3 hónapos adathiány)	-0,16	-0.46	0.20	0.18	0.60	-0.43
Selyemréti kút 2.	0.26	0.12	-0.09	<u>-0.37</u>	<u>adathiány</u>	adathiány	<u>0.17</u>	<u>-0.51</u>
Termálforrás	0.47	0.14	-0.23	-0.23	-0.23	-0.05	0.81	-0.31
Szerelem-szigeti kút	adathiány	adathiány	adathiány	adathiány	adathiány	-0.21	0.72	-0.23
Egyetemi kút	adathiány	adathiány	adathiány	adathiány	adathiány	adathiány	adathiány	adathiány
Parki kút	-0.2	-0.06	-0.48	adathiány	-0.16	0.03	0.65	-0.41
2f. számú figyelőkút	0.56	0.3	-0.09	<u>-0.53</u>	<u>0.44</u>	-0.10	0.39	-0.39
T3 figyelőkút	0.05	-0.16	-0.68	-0.71	-0.08	0.05	0.32	-0.54
T10 figyelőkút	0.61	0.31	-0.42	-0.74	-0.33	0.24	0.48	<u>-0.32</u>
Nv-17	0.59	0.36	-0.32	-0.52	-0.19	0.14	0.32	-0.40
<i>jelentése:</i> adathiánnyal terhelt, de értékelhető								

7. táblázat: Korrelációs vizsgálatok eredményei az egyes kutak vízszintje és a visszasajtolás nyomása között

	R ² értéke a vízszint és a visszasajtolási nyomás maximális értéke között	R ² értéke a vízszint és a visszasajtolási nyomás maximális értéke között	R ² értéke a vízszint és a visszasajtolási nyomás maximális értéke között	R ² értéke a vízszint és a visszasajtolási nyomás maximális értéke között	R ² értéke a vízszint és a visszasajtolási nyomás maximális értéke között	R ² értéke a vízszint és a visszasajtolási nyomás maximális értéke között	R ² értéke a vízszint és a visszasajtolási nyomás maximális értéke között	R ² értéke a vízszint és a visszasajtolási nyomás maximális értéke között
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021.04.01.-2021.09.30.	2021.04.01.-2022.03.31.
Kertészeti kút 1.	-0.1	-0.17	0.1	-0.60	-0.40	0.14	0.26	-0.10
Kertészeti kút 2.	-0.15	0.04	-0.21	-	-	-	-	<u>0.43</u>
Selyemréti kút 1.	0.43 (fél éves adathiány mellett)	-0,23 (3 hónapos adathiány)	-0,09	-0.43	0.18	0.28	0.30	-0.24
Selyemréti kút 2.	0.18	0.16	0.02	<u>-0.26</u>	adathiány	adathiány	<u>-0.19</u>	-0.34
Termálforrás	0.37	0.14	-0.23	-0.46	-0.23	0.04	0.59	-0.16
Szerelem-szigeti kút	adathiány	adathiány	adathiány	adathiány	adathiány	-0.24	0.53	-0.10
Egyetemi kút	adathiány	adathiány	adathiány	adathiány	adathiány	adathiány	adathiány	adathiány
Parki kút	<u>0.016</u> (3 hónap adathiány mellett)	-0.01	-0.25	adathiány	-0.31	0.15	0.40	-0.22
2f. számú figyelőkút	0.51	0.44	0.18	<u>-0.14</u>	0.46	0.00	0.31	-0.20
T3 figyelőkút	-0.11	-0.08	-0.37	-0.46	-0.11	0.17	0.27	-0.30
T10 figyelőkút	0.53	0.45	-0.12	-0.35	-0.28	0.31	0.41	<u>-0.14</u>
Nv-17	0.41	0.43	-0.05	-0.09	-0.04	0.22	0.28	-0.22
<u>jelentése:</u> adathiánnyal terhelt, de értékelhető								

d. A vízszintcsökkenés sebességének vizsgálata, legnagyobb napi ingadozás

A Bükki Karsztvízszint Észlelő Rendszer (BKÉR) keretein belül végzett kutatások során több vizsgálat is megerősítette, hogy létezik az egyes mérőhelyekre jellemző, vízszint szerint illeszthető vízszintcsökkenési görbe (jelleggörbe), amelyek napi vízszint adatokból tudunk meghatározni. Ezen adatok alapján meg tudjuk mondani, hogy egy adott vízszintértéktől kezdődő folyamatos csökkenés (csapadékmentes időszakban) milyen ütemben zajlik. Ha ez a görbe a rendelkezésünkre áll, akkor csapadékmentes időszakban bármely vízszintmagasságnál meg tudjuk mondani, hogy a következő hetekben hogyan, milyen ütemben fog a vízszintgörbe változni. A rendelkezésünkre álló adatsorok a jelenleg vizsgált mérőhelyek esetében rövidek, ill. eltérő hosszúságúak, viszont a BKÉR keretében gyűjtött adatok alapján megállapíthatjuk, hogy 1993 után a második legszárazabb év 2011 volt. Ez alapján „egyszerűsített” jelleggörbéket állítunk elő a 2011-ben regisztrált vízszintgörbék felhasználásával. Ezt az egyszerűsítést az alapállapot felvételekor a T-10-es kút esetében vizsgálatokkal is teszteltük egy 2006-os, 2009-es és 2010-es hosszú, kvázi zavartalan csökkenési periódus alapján.

Az egyszerűsített jelleggörbék adatai alapján előállítottuk a (közel) zavartalan csökkenésekre jellemző vízszintváltozási sebességeket, melyeket box-plotként ábrázoltunk a **42. ábrán**. A **43. ábrán** a 2020. éves jelentésben közölt adatokat láthatjuk, kibővítve az új mérőhelyekre jellemző tendencia, vagyis vízszintváltozási sebesség értékekkel, a **44. ábra** pedig az aktuális jelentési időszakot mutatja.

A 2020-2021-es időszakot vizsgálva látható, hogy tapasztalhatóak eltérések mind az előző éves jelentési időszakhoz, mind pedig a 2011-es alapállapothoz képest, főként az vízszintváltozás sebességének tartományában, mondhatni a kiugróan magas/alacsony értékek tekintetében.

Mindezek kiegészítéseként vizsgáltuk a legnagyobb napi vízszint csökkenés mértékeit is. Az eredményeket összevetettük a 2011-es egyszerűsített jelleggörbékre jellemző, ill. ahol ez nem áll rendelkezésre ott a korábbi években megfigyelt értékekkel, amit a **8. táblázat** mutat. A vizsgálattal a Mályi termelő kutak hatását próbáljuk kimutatni, esetlegesen a természetes vízszintcsökkenésektől nagyobb mértékű csökkenés megfigyelését végezzük.

Az előző évek adataihoz képest nem látható kiugró érték, tendenciózus változás nem figyelhető meg. Jelentős napi vízszintváltozás egyedül a 2f. figyelőkút esetében tapasztalható, azonban a korábbi években (2015, 2019, 2020) is láthatóak hasonló, és még nagyobb értékek is.

8. táblázat: A legnagyobb napi vízszint csökkenés értékei a megfigyelő helyeken

	Legnagyobb napi vízszint csökkenés (m)									
	2011	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021.04.01.- 2021.09.30	2021.04.01.- 2022.03.31
Kertészeti kút 1.	0,14	0,11	0,12	0,60	1,34	1.52	0.20	1.19	1.18	1.18
Selyemréti kút 1.	n. a.	0,12	0,01	1,91	0,69	5.99	0.42	0.71	1.00	0.26
Selyemréti kút 2.	n. a.	0,95	0,12	4,91	0,72	0.98	2.17	n. a.	1.02	1.02
Termál-forrás	n. a.	0,25	0,34	1,77	0,24	0.05	0.23	0.13	0.04	0.12
2 f. figyelőkút	0,40	0,35	2,20	0,23	0,46	0.46	1.64	3.22	0.32	2.75
T3 figyelőkút	0,26	0,12	0,67	0,18	0,15	0.29	0.76	0.51	0.23	0.42
T10 figyelőkút	0,38	0,02	0,09	0,25	0,06	0.16	0.06	0.12	0.07	0.15
Nv-17 figyelőkút	0,43	0,21	0,38	0,37	0,40	0.65	0.40	0.35	0.58	0.58

e. A hidraulikus esés változásai

A hidraulikus esés nem más, mint az adott távolságon mért nyomásváltozás, melynek jelentősége abban áll, hogy a Bükkben a „tetőhelyzetben” és a „peremhelyzetben” elhelyezkedő vizek között fellépő 42 bar-os nyomáskülönbség a teljes vízrendszer mozgatórugója. Ez a jelentős nyomáskülönbség biztosítja az áramlást az Nv-17-es és a T-10-es megfigyelő-kutak között is. Ezeket a vizsgálatokat szintén a T-10-es kúthoz képest végeztük el. Az alapállapot meghatározásánál a 2011-es évre számítottuk ki a jellemző értékeket, (ahol ez rendelkezésre állt,) ezt, ill. az előző évben előállított diagramokat hasonlítjuk össze az aktuális értékekkel. A 45-47. ábrákat az előző jelentési évhez képest a Kertészeti-kút 2.-ben a változás tartománya némileg tágabb lett, és az Nv-17 értékei minimálisan csökkentek.

A 2011-es alapállapothoz képest a Parki-kút esetében csökkenés figyelhető meg, olyannyira, hogy a 2011-ben pozitív értékek a jelentés időszakában főként negatív tartományba esnek, mely már az előző évi jelentésben is megfigyelhető volt. A 2f. figyelőkútban szintén csökkenés figyelhető meg, melyek jelenthetik a geotermikus rendszer működésének hatását is, ezért a további monitoringot indokoltnak tartjuk a pontosabb értékelhetőség érdekében.

4. Összefoglalás

Elemzéseink során 2021.04.01- 2022.03.31 között vizsgáltuk a Mályiban lévő geotermikus termelő és a Kistokajban lévő visszasajtoló kutak esetleges hatásait a Bükki Karsztvízszint Észlelő Rendszer hideg, ill. meleg vizes kútjaira. Előzményként említhetjük, hogy 2012-ben az addig meglévő adatok alapján készült egy „Hidraulikai alapállapot meghatározása Miskolctapolcán” c. dokumentáció, melyben olyan vizsgálható és folyamatosan mérhető paramétereket próbáltunk számszerűsíteni, melyek segítségünkre lehetnek az esetleges változások kimutatásában. A jelentés elkészítése során részben ezt a dokumentációt, részben pedig a korábban készített negyedéves, ill. éves jelentéseket vettük alapul.

Az értékelésekhez elsősorban a Bükki Karsztvízszint Észlelő Rendszer (BKÉR) vízszint és hőmérséklet adatait használtuk, továbbá a megbízó által rendelkezésünkre bocsátott termelési és visszasajtolási paraméterekkel (hozam, nyomás, hőmérséklet) dolgoztunk. Itt is fontosnak tartjuk kiemelni, hogy azon kutak esetében, melyekből a MIVÍZ Kft. által termelés is történik és az értékeléshez az adatokat felhasználjuk, nagyon fontos lenne a termelési adatok ismerete, mivel a kimutatható változásokat ezek nélkül nem tudjuk egyértelműen értelmezni, értékelni.

A termelő és visszasajtoló kutak esetleges hatásainak kimutatására először a vízszintek, nyomásszintek, csapadékcsoportok és a visszasajtolási nyomás, ill. hozam összefüggéseit vizsgáltuk. A csapadékcsoportok vizsgálatát azért tartjuk fontosnak, mert a vízszintek természetes változásait ezek a meteorológiai események indukálják, a vizsgált időszakban a Jávorkúton regisztrált éves csapadékösszeg 653,45 mm volt, az utóbbi 10 év adata alapján számított éves átlag 824,9 mm, így ez az érték lényegesen elmarad az átlagtól. A vizsgált periódusban több kiemelkedő (>25 mm) napi csapadék vagy csapadék csoport is előfordult: 2021.05.12-2021.05.19 – **81,1 mm**; 2021.07.18.-2021.07.20. – **38,5 mm**; 2021.07.31.-2021.08.01. – **28,5 mm**; 2022.08.15-17. – **26,2 mm**; 2021.10.13. – **25,4 mm**; 2021.11.04. – **26,6 mm**; 2021.11.26-30. – **46,2 mm**; 2022.03.30-31. – **39,7 mm**.

Elsőként a **vizsgált figyelőkutak vízszintjeit vizsgáltuk a visszasajtoló kutak teljes hozamával**. A jellemző korrelációs együtthatók alapján megállapíthatjuk, hogy a vizsgált periódusban alacsony értékek jellemzőek.

A korrelációs együttható értékekben bekövetkező nagy változások az előző jelentési évhez képest a hideg és a melegvizet kutakat egyaránt jellemzik, az adatok alapján nem állapítható meg egyértelműen, hogy a megváltozott értékek milyen mértékben köszönhetőek a geotermikus termelés változásainak, ill. az éves csapadékmennyiség jelentős csökkenésének, a nagyon alacsony hidegkarsztvízszintnek, és az ebből adódó hidraulikai nyomáscsökkenésnek.

Korábbi eredmények alapján bebizonyosodott, hogy a monitoring tevékenység jól működik, a hirtelen üzemállapot miatt bekövetkező hatásokat egy-egy jelentési periódusban ki lehet mutatni, nyomon lehet követni. Tendenciózus, káros hatásokat az eddigi vizsgálatok alapján nem tudtunk kimutatni.

Megfontolandónak tartjuk az eddig összegyűlt, sokéves adatok alapján előállított indikátorok, jellemző értékek matematikai, statisztikai módszerekkel történő vizsgálatát, a hosszútávon, esetleg tendenciózusan bekövetkező változások kimutatására. Emellett a MAL-PE-01 kútban történő hiányzó nyomásmérés és az 1. fejezetben jelzett teljes adathiánnyal terhelt mérési helyek - különös tekintettel a melegvizű kutak - adatainak pótlását mielőbb szükségesnek tartjuk annak érdekében, hogy a monitoring minél teljesebb legyen.

2022.01.14-26. között a Mályi-1 termelőkút (MAL-PE-01) hozama lecsökkent, napokon keresztül nem termelt, ezáltal a kivett/visszasajtoló vízmennyiség ebben az időszakban kb. a felére esett vissza. Ezért elkészítettük 2022.01.01.-2022.02.28. időszakra vonatkozóan az összes sajtolás (m³/nap) adatsorát a különböző monitoringpontok vízszint adataival együtt ábrázolva, mert a lecsökkent visszasajtolási időszakban a miskolci termálkutakban ugyanebben a periódusban nyomáscsökkenés tapasztalható. A csökkenő visszasajtolással

szinte egy időben a Kertészeti-, és Selyemréti-kútban is nyomáscsökkenés tapasztalható, majd mikor a visszasajtolás mértéke visszaáll az időszak átlagértékére, a kutakban is visszaáll az anomális előtti nyomásszint. Február hónapban a visszasajtolás mennyisége és a kutak nyomásgörbéinek trendje hasonló lefutású. Miskolctapolcán a 2f. megfigyelőkútban nem tapasztalható változás, de a Parki-kút vízszint görbájén ugyanebben a két hétben látható egy kb. 0,5 méteres vízszint csökkenés. A Termál-forrás esetében szintén látható egy csökkenő trend ebben a két hétben, majd a visszasajtolási ráta normalizálódásával egy jelentős, kb. 15 cm-es vízszintnövekedés (ami a forrásfoglalás nagy átmérőjét tekintve jelentős mértékű).

A visszasajtolási nyomás legnagyobb aktuális értékeit, ill. a vizsgált hideg és meleg vizes kutak nyomásszintjeit tekintve kifejezetten alacsony korrelációs együtthatókat állapítottunk meg az összes vizsgált mérőhely esetében. Tendenciózus, vagy kiugró eltérést egyik mérőhely esetében sem tapasztaltunk a vizsgált időszakban.

A hideg- és melegvizes kutak esetében az egyszerű idősorok ábrázolásán túl, - az esetleges hatások kimutatásának érdekében - **egy-egy vízszintet más vízszintek, ill. a visszasajtoló nyomás függvényében** is ábrázoltuk. Eredményként arra jutottunk, hogy a vizsgált periódusban minden mérőhely esetén alacsony korrelációs együttható állapítható meg, a lineáris kapcsolat mind a hideg-, mind a melegvizes kutak esetében $R^2 = 0,14 - 0,30$ -as korrelációt mutatott.

További elemzésnek vetettük alá a különböző **kutak hőmérséklet adatait** is. Az ábrákon áttekintettük a vizsgált **kutakban mért hőmérsékletek, ill. a legmagasabb visszasajtolási hőmérséklet** aktuális értékeit, érdemi kapcsolat nem észlelhető.

Ezután szintén a kutakban mért **hőmérséklet értékeket, ill. az összes visszasajtolás hozamát** vizsgáltuk. 0,5 fölötti érték több figyelőkúra is jellemző. Az ábrákat megfigyelve láthatjuk, hogy hirtelen, kiugró változások nem figyelhetők meg. Figyelemre méltó viszont az, hogy a Termál-forrás esetében a visszasajtolási mennyiség hirtelen növekedése esetében megfigyelhető különböző késleltetéssel ugyan, de a forrás vizének hőmérsékletnövekedése. E mérőhely esetében a január végi időszaktól egy tendenciális emelkedés látható a vízhőmérsékletben, mely reagál a visszasajtoló mennyiségekre is, így a jelenség, valamint az emelkedő hőmérsékletanomália további, kiemelt megfigyelést igényel, és komolyabb vizsgálatok elvégzését is indokolhatja.

2022.01.14-26. között a Mályi-1 termelőkút hozama lecsökkent, napokon keresztül nem termelt, ezáltal a kivett/visszasajtoló vízmennyiség ebben az időszakban kb. a felére esett vissza. Ezért elkészítettük 2022.01.01.-2022.02.28. időszakra vonatkozóan az összes sajtolás (m^3/nap) adatsorát a különböző monitoringpontok hőmérséklet adataival együtt ábrázoló diagramokat is.

A Kertészeti-kútban nem tapasztalható változás a vizsgált januári két hetes időszakban, a Selyemréti-kútban kis mértékű hőmérsékletcsökkenés tapasztalható.

A miskolctapolcai Parki-kútban időben eltolva, de szintén tapasztalható hőmérsékletcsökkenés. A Termál-forrás esetében pedig a visszasajtolási ráta növekedésével egybeesően majdnem 0,5 °C-os hőmérsékletemelkedés történik, ami a forrás esetében nagyobb ingadozásnak számít.

Ezután **korrelációs vizsgálatokat** végeztünk a különböző **megfigyelő kutak vízszintjei, ill. a T-10-es kút vízszintjei között**, melyek eredményeit összevetettük a 2011-es adatok alapján felvett állapottal és a korábbi évek adataival is. A vizsgált periódus tekintetében elmondható, hogy a 2016, 2017, 2018-as évek magasabb értékei után 2019-ben alacsonyabb, majd 2020-ban ismét magas korrelációs értékeket tapasztaltunk, majd a jelentésben vizsgált időszakban még magasabb korrelációs értékeket tapasztaltunk. Ennek okát nem tudjuk egyértelműen azonosítani.

Korábbi jelentések során bebizonyosodott, hogy egyes kutak víz- és nyomásszintjei bizonyos esetekben, nem átlagos üzemeltetési körülmények között, kapcsolatot mutatnak a visszasajtolás (ill. termelés) hozamával és a nyomásával is, ezért a további monitoringot fontosnak tartjuk, de ez az összehasonlítási forma az üzemeltetővel való egyeztetés után esetleg elhagyható.

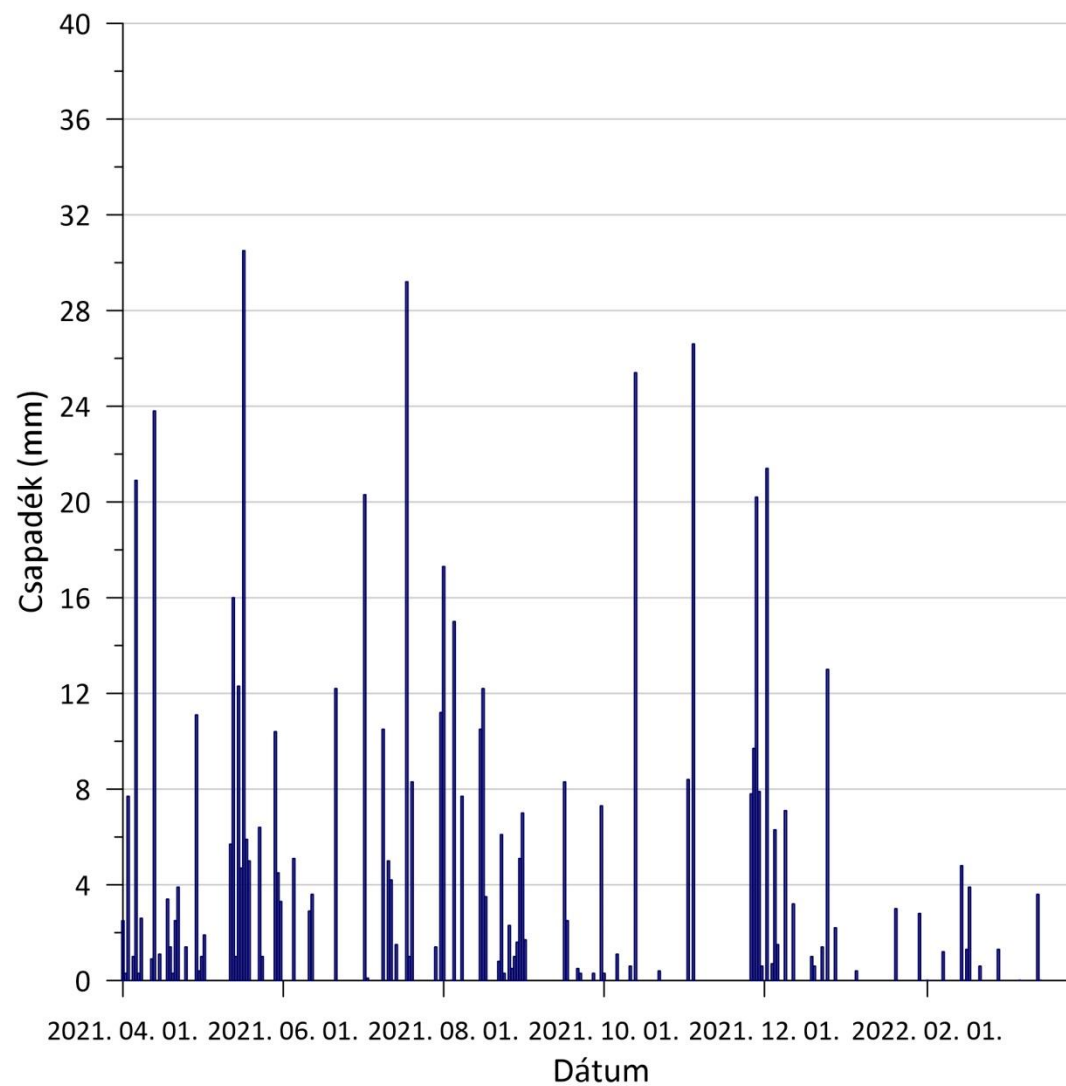
A továbbiakban vizsgáltuk a **vízszintcsökkenési sebességeket** is. A Bükki Karsztvízszint Észlelő Rendszer (BKÉR) keretein belül végzett kutatások során több vizsgálat is megerősítette, hogy létezik az egyes mérőhelyekre jellemző, vízszint szerint illeszthető vízszintcsökkenési görbe (jelleggörbe), amelyek napi vízszint adatokból tudunk meghatározni. Ezen adatok alapján meg tudjuk mondani, hogy egy adott vízszintértéktől kezdődő folyamatos csökkenés (csapadékmentes időszakban) milyen ütemben zajlik. Ha ez a görbe a rendelkezésünkre áll, akkor csapadékmentes időszakban bármely vízszintmagasságnál meg tudjuk mondani, hogy a következő hetekben hogyan, milyen ütemben fog a vízszintgörbe változni. A rendelkezésre álló adatsorok rövidege miatt a 2011-es (kiemelkedően száraz) év alapján „egyszerűsített jelleggörbéket” állítottunk elő, a vizsgálatokhoz ezeket box-plotként ábrázoltuk, majd összehasonlítjuk a vizsgált periódusban jellemző értékekkel. A hidegvizes figyelőkutak adatait a 2011-es állapothoz, míg a termálkutak adatait a korábbi évek adataihoz hasonlítottuk. A 2020-2021-es időszakot vizsgálva látható, hogy tapasztalhatóak eltérések mind az előző éves jelentési időszakhoz, mind pedig a 2011-es alapállapothoz képest, főként az vízszintváltozás sebességének tartományában, mondhatni a kiugróan magas/alacsony értékek tekintetében.

Mindezek kiegészítéseként vizsgáltuk a **legnagyobb napi vízszint csökkenés** mértékeit is. Az eredményeket összevetettük a 2011-es egyszerűsített jelleggörbékre jellemző, ill. ahol ez nem áll rendelkezésre ott a korábbi években megfigyelt értékekkel. A vizsgálattal a természetes vízszintcsökkenésektől nagyobb mértékű csökkenés megfigyelését végezzük.

Az előző évek adataihoz képest nem látható kiugró érték, tendenciózus változás nem figyelhető meg. Jelentős napi vízszintváltozás egyedül a 2f. figyelőkút esetében tapasztalható, azonban a korábbi években (2015, 2019, 2020) is láthatóak hasonló, és még nagyobb értékek is.

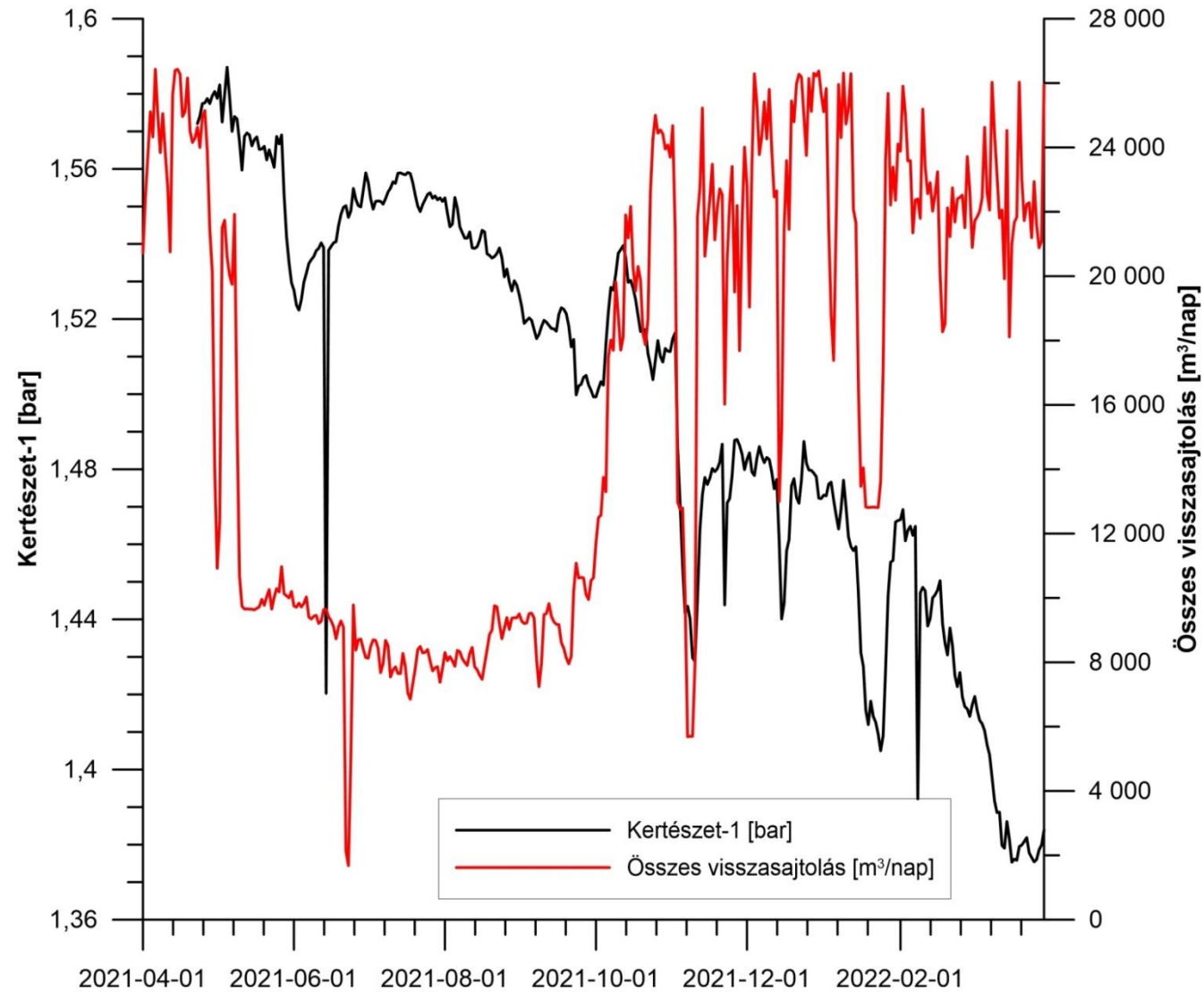
Végezetül a kutak **hidraulikus esését** vizsgáltuk. Az eredményeket szintén a 2011-es és korábbi év eredményeihez hasonlítottuk, ill. a számításokat minden esetben a T-10-es kúthoz képest végeztük el. A Parki-kút esetében csökkenés figyelhető meg, olyannyira, hogy a 2011-ben pozitív értékek a jelentés időszakában főként negatív tartományba esnek, mely már az előző évi jelentésben is megfigyelhető volt. A 2f. figyelőkútban szintén csökkenés figyelhető meg, melyek jelenthetik a geotermikus rendszer működésének hatását is, ezért a további monitoringot indokoltnak tartjuk a pontosabb értékelhetőség érdekében.

1. melléklet – Csapadékadatok a vizsgált időszakban



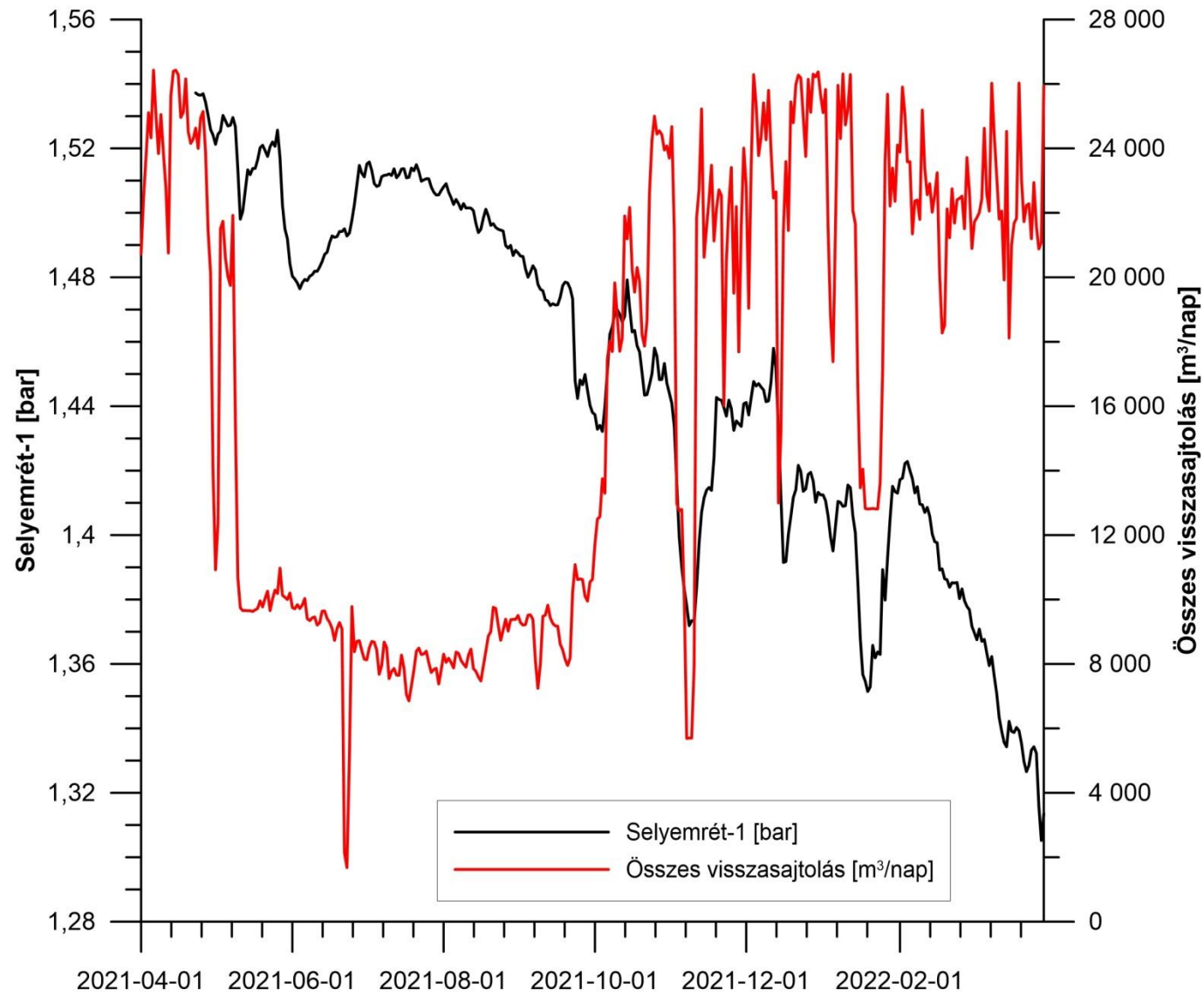
1. ábra. Csapadékok a vizsgált időszakban (csapadékösszeg: 653,45 mm); Jávorkúti éves csapadék átlag 2011-2021: 824,9 mm)

2. melléklet – A visszasajtolás teljes hozama és a vizsgált megfigyelőkutak vízszint/nyomás adatai



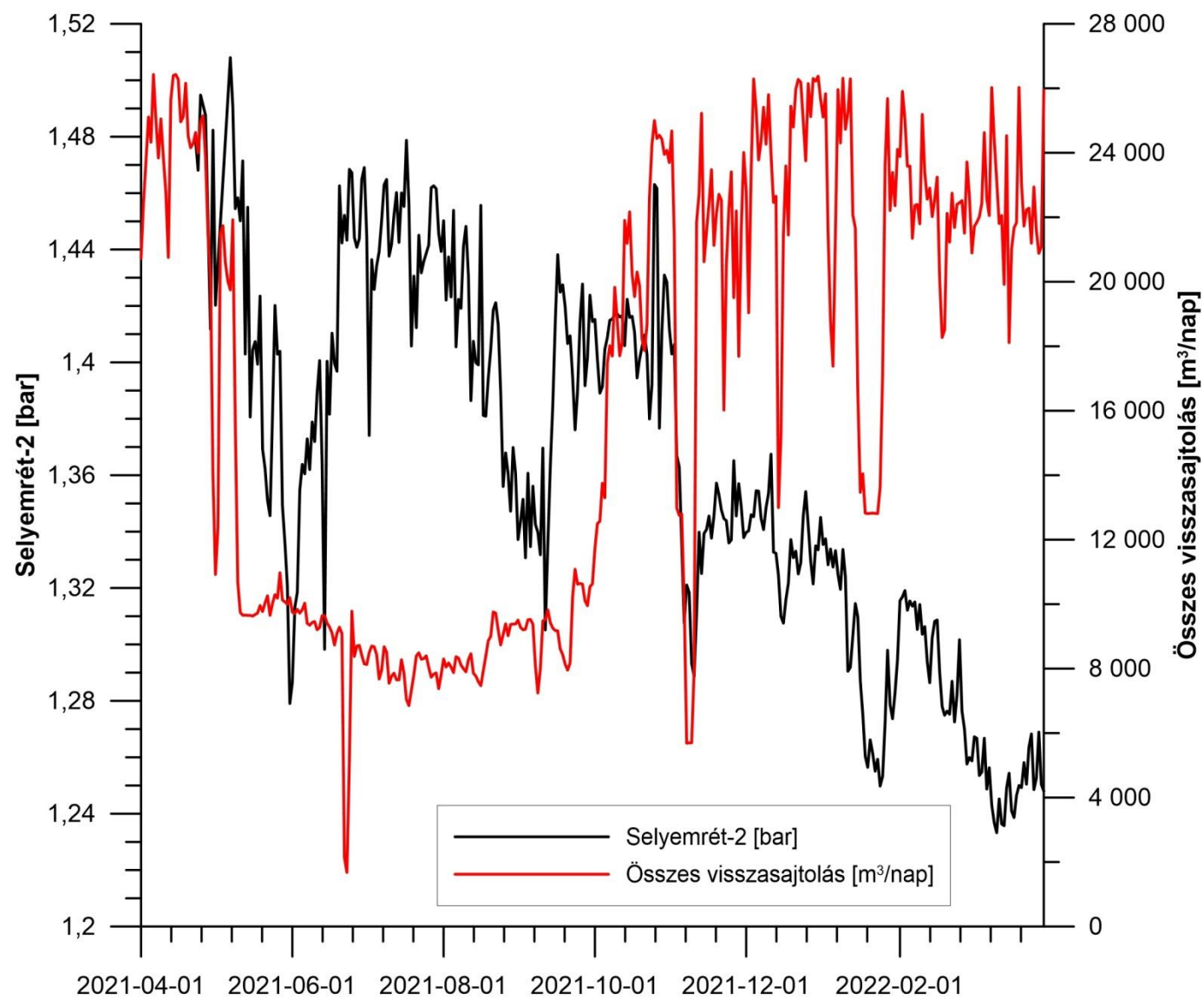
2. ábra. A visszasajtolás teljes hozama és a Kertészeti kút 1. nyomásszintje

2. melléklet – A visszasajtolás teljes hozama és a vizsgált megfigyelőkutak vízszint/nyomás adatai



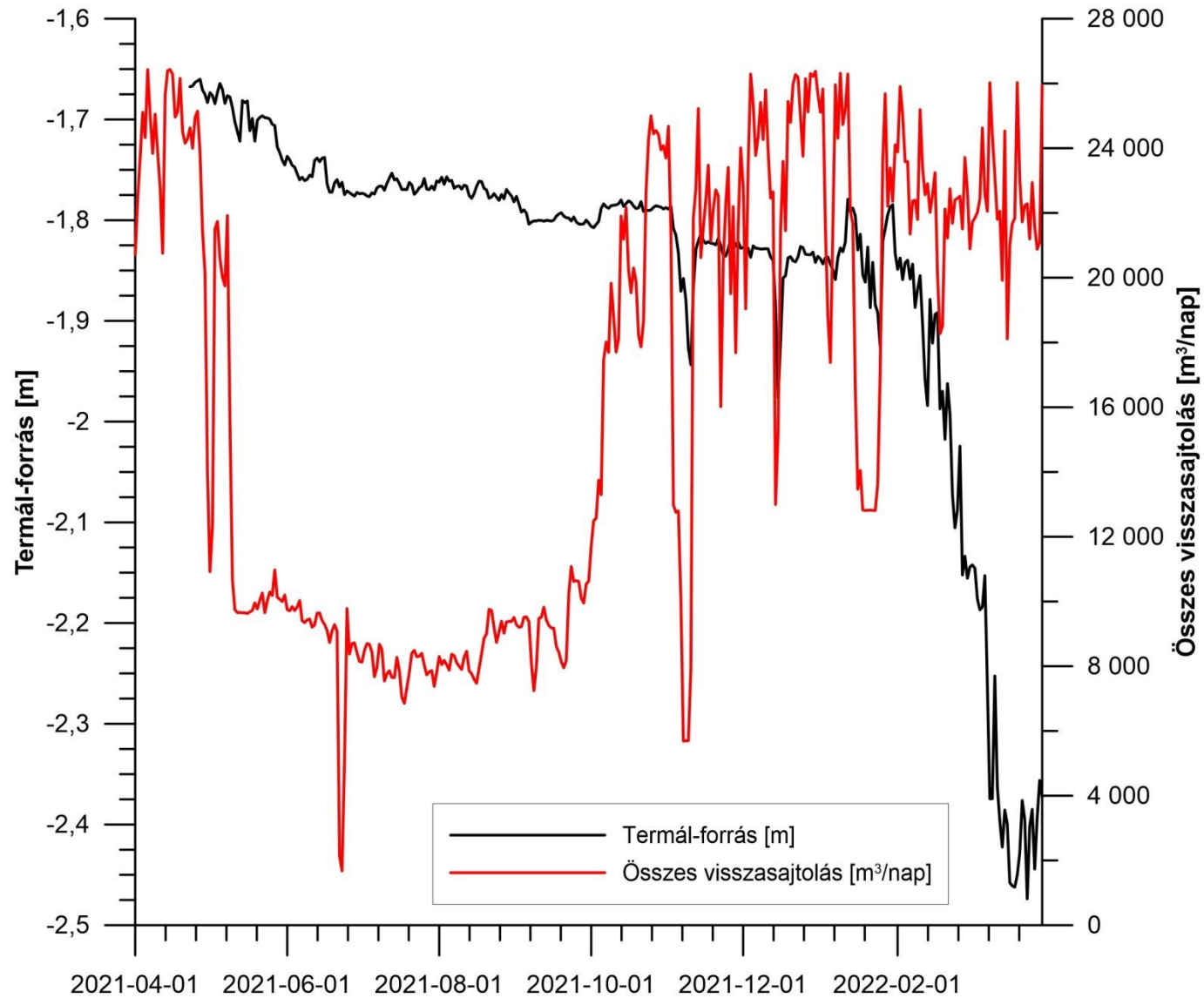
3. ábra. A visszasajtolás teljes hozama és a Selyemréti 1. kút nyomásszintje

2. melléklet – A visszasajtolás teljes hozama és a vizsgált megfigyelőkutak vízszint/nyomás adatai



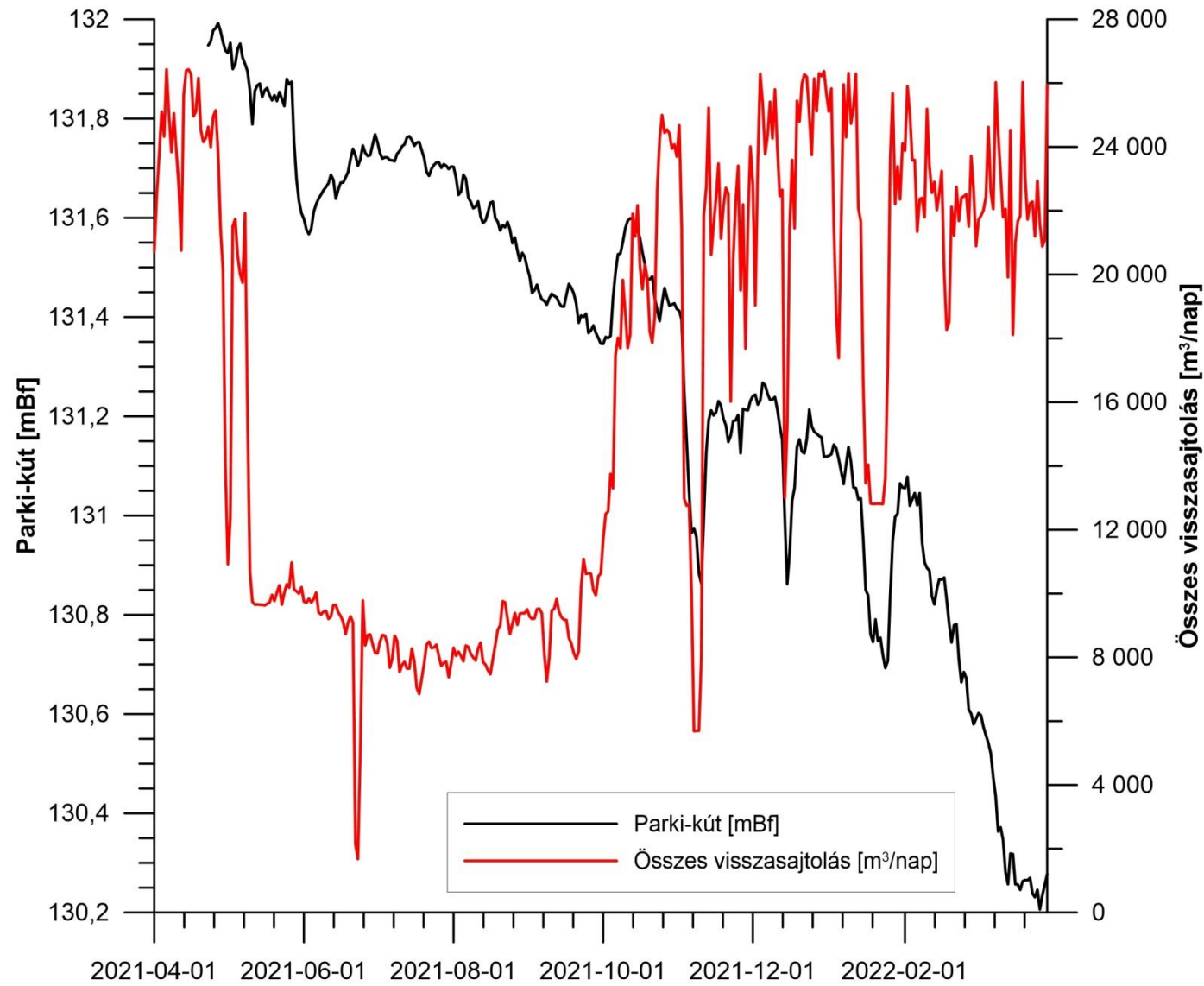
4. ábra. A visszasajtolás teljes hozama és a Selyemréti 2. kút nyomásszintje

2. melléklet – A visszasajtolás teljes hozama és a vizsgált megfigyelőkutak vízszint/nyomás adatai



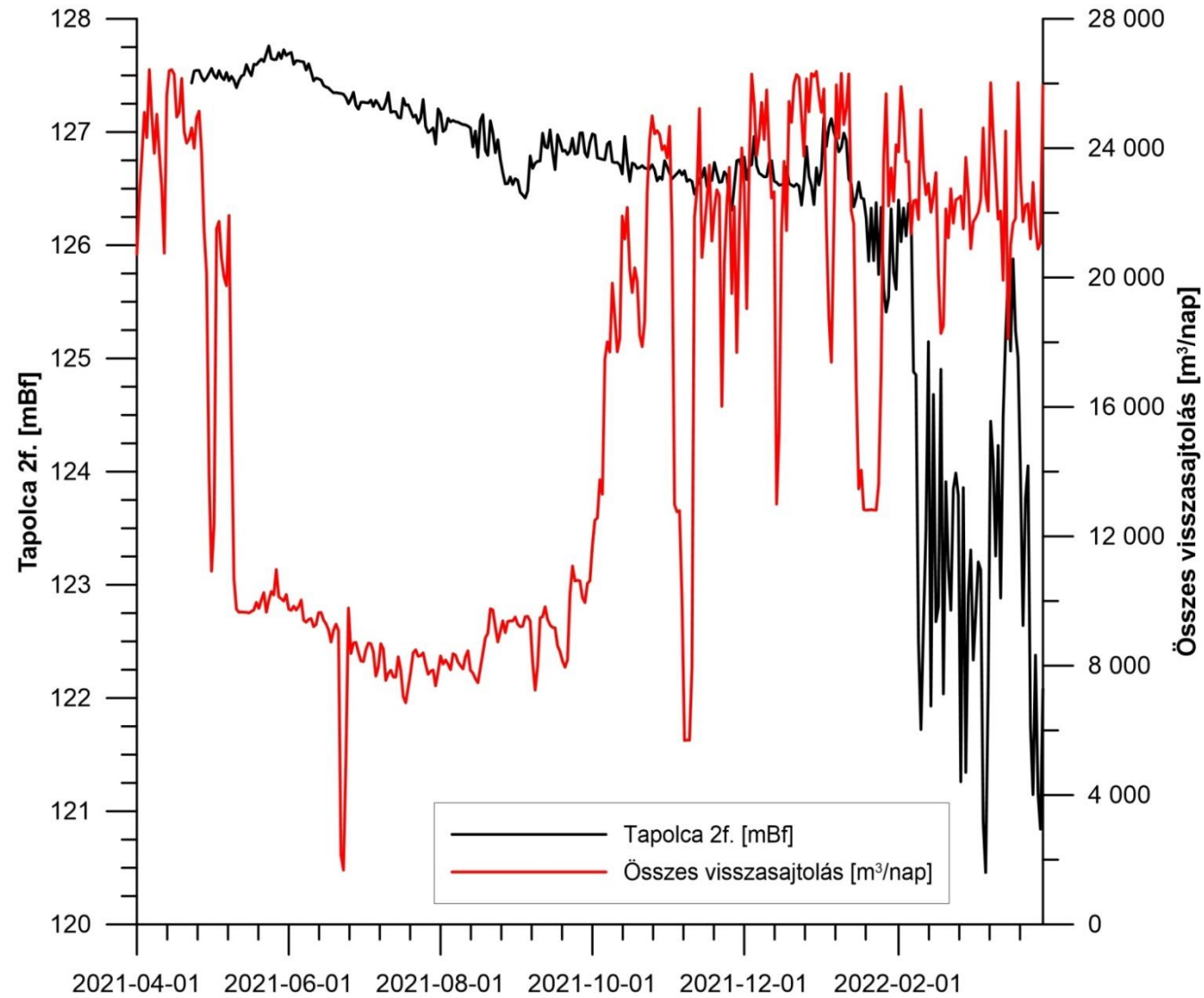
5. ábra. A visszasajtolás teljes hozama és a Termál-forrás vízszintje

2. melléklet – A visszasajtolás teljes hozama és a vizsgált megfigyelőkutak vízszint/nyomás adatai



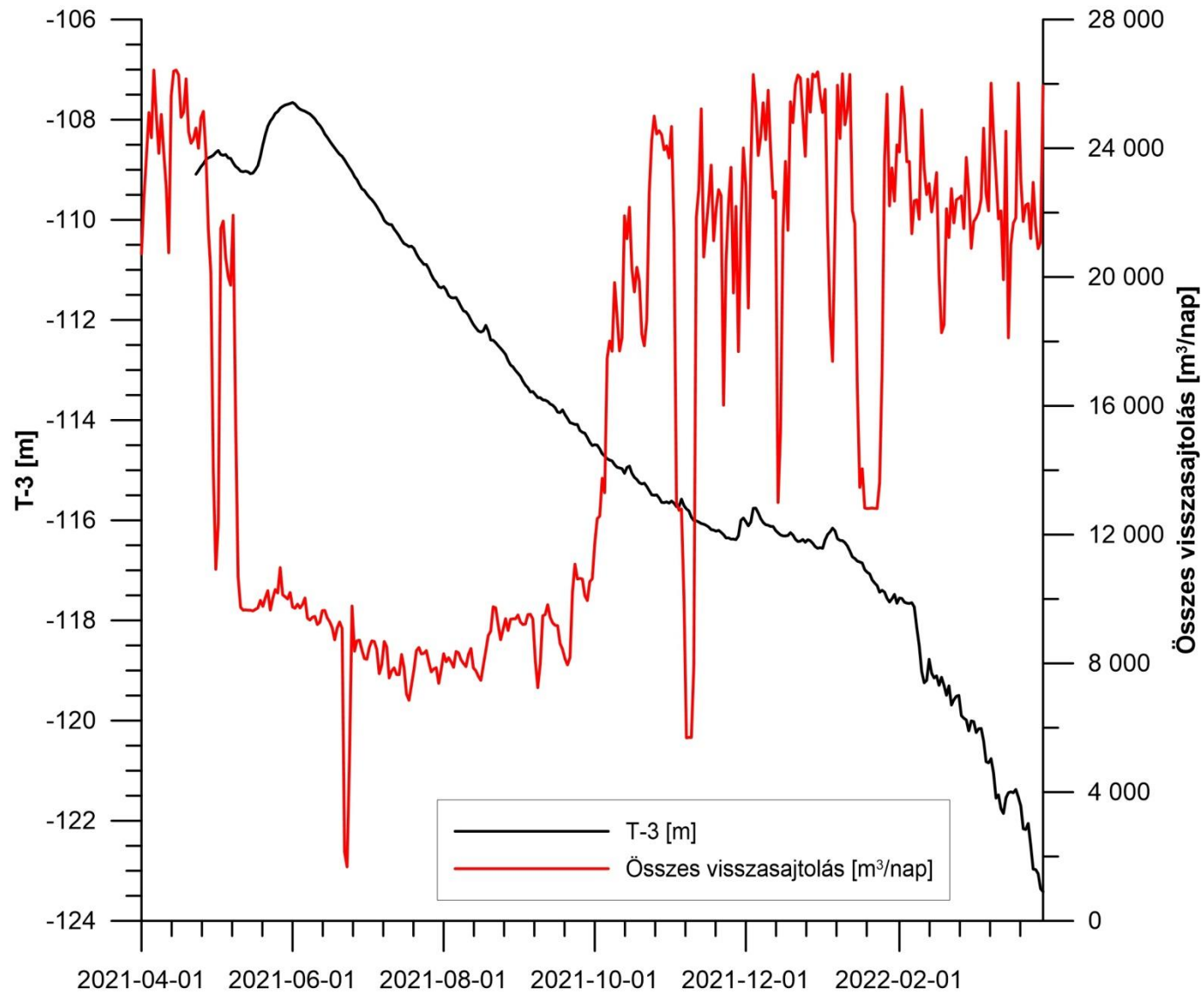
6. A visszasajtolás teljes hozama és a Parki kút vízszintjei

2. melléklet – A visszasajtolás teljes hozama és a vizsgált megfigyelőkutak vízszint/nyomás adatai



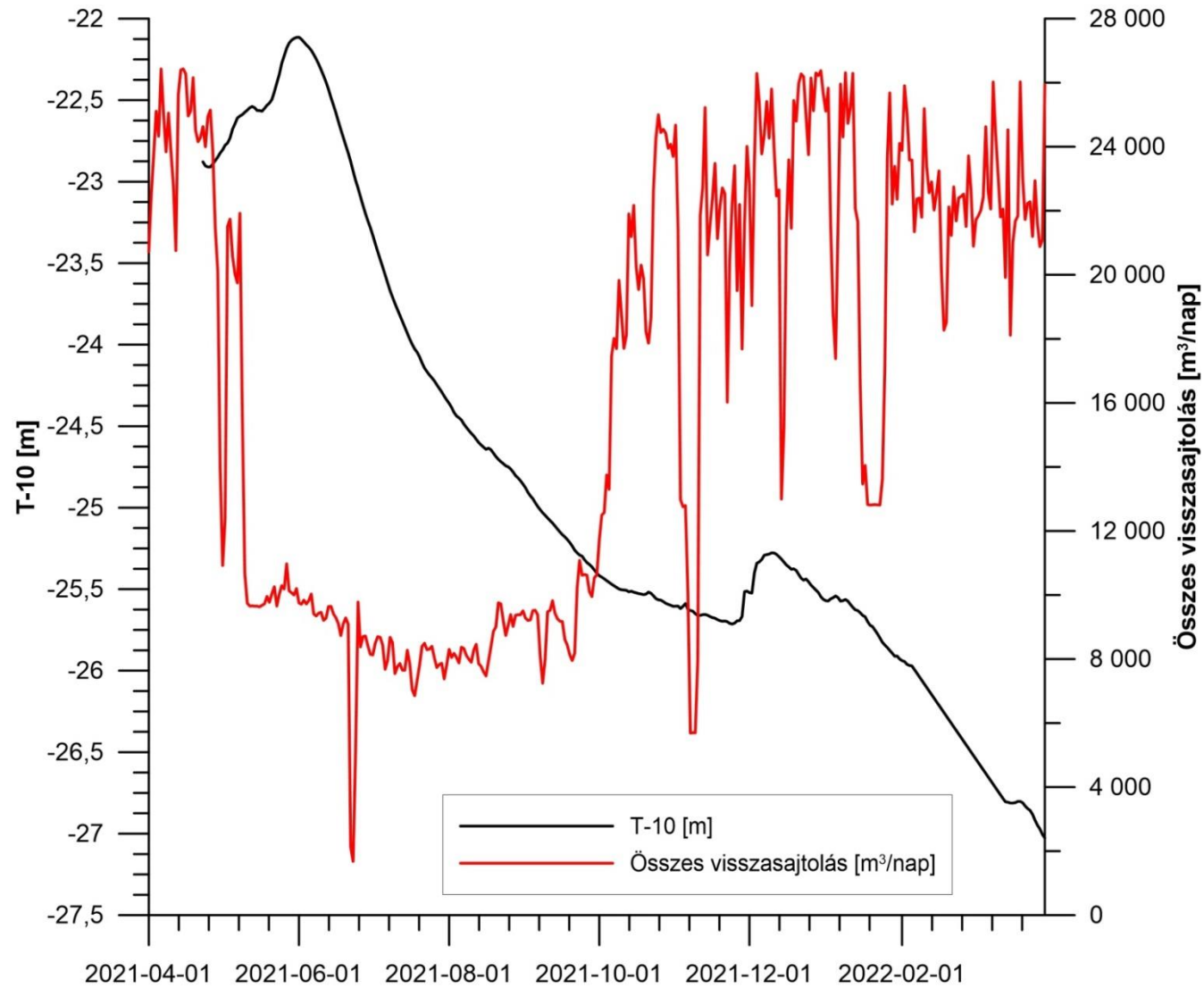
7. ábra. A visszasajtolás teljes hozama és a 2f. hideg vizes figyelőkút vízszint adatai

2. melléklet – A visszasajtolás teljes hozama és a vizsgált megfigyelőkutak vízszint/nyomás adatai



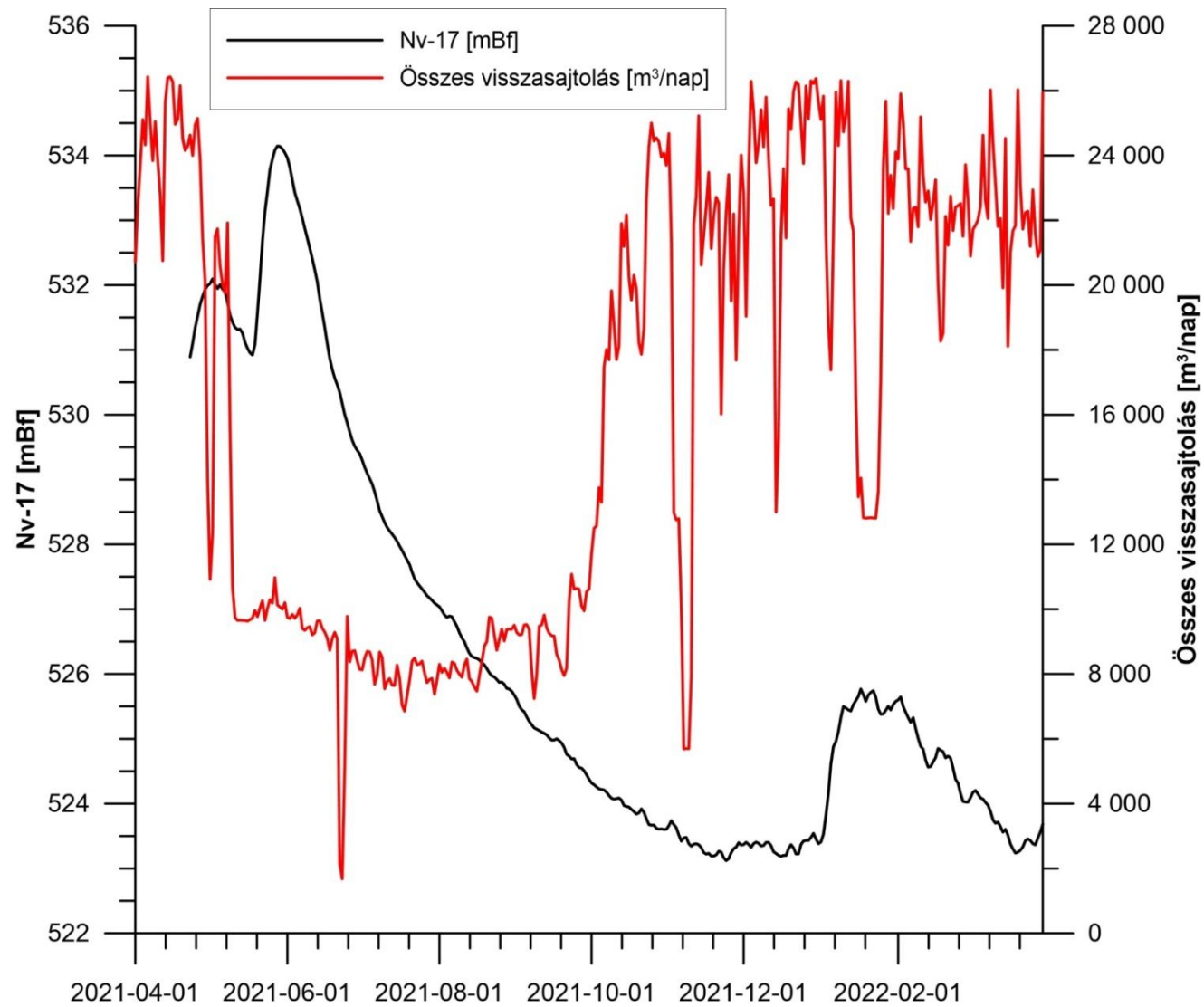
8. A visszasajtolás teljes hozama és a T-3 hideg vizes figyelőkút vízszint adatai

2. melléklet – A visszasajtolás teljes hozama és a vizsgált megfigyelőkutak vízszint/nyomás adatai



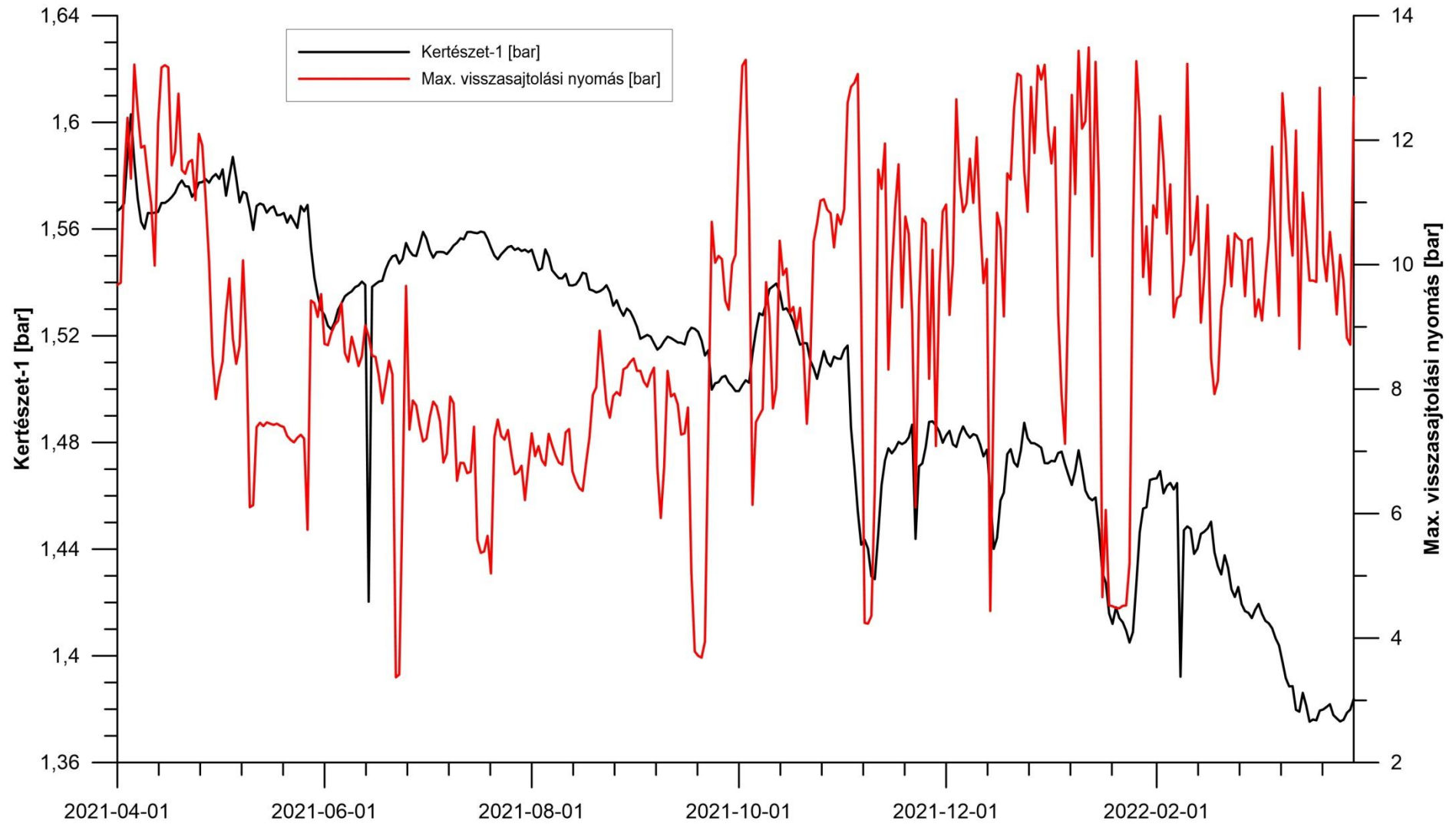
9. ábra. A visszasajtolás teljes hozama és a T-10 hideg vizes figyelőkút vízszint adatai

2. melléklet – A visszasajtolás teljes hozama és a vizsgált megfigyelőkutak vízszint/nyomás adatai



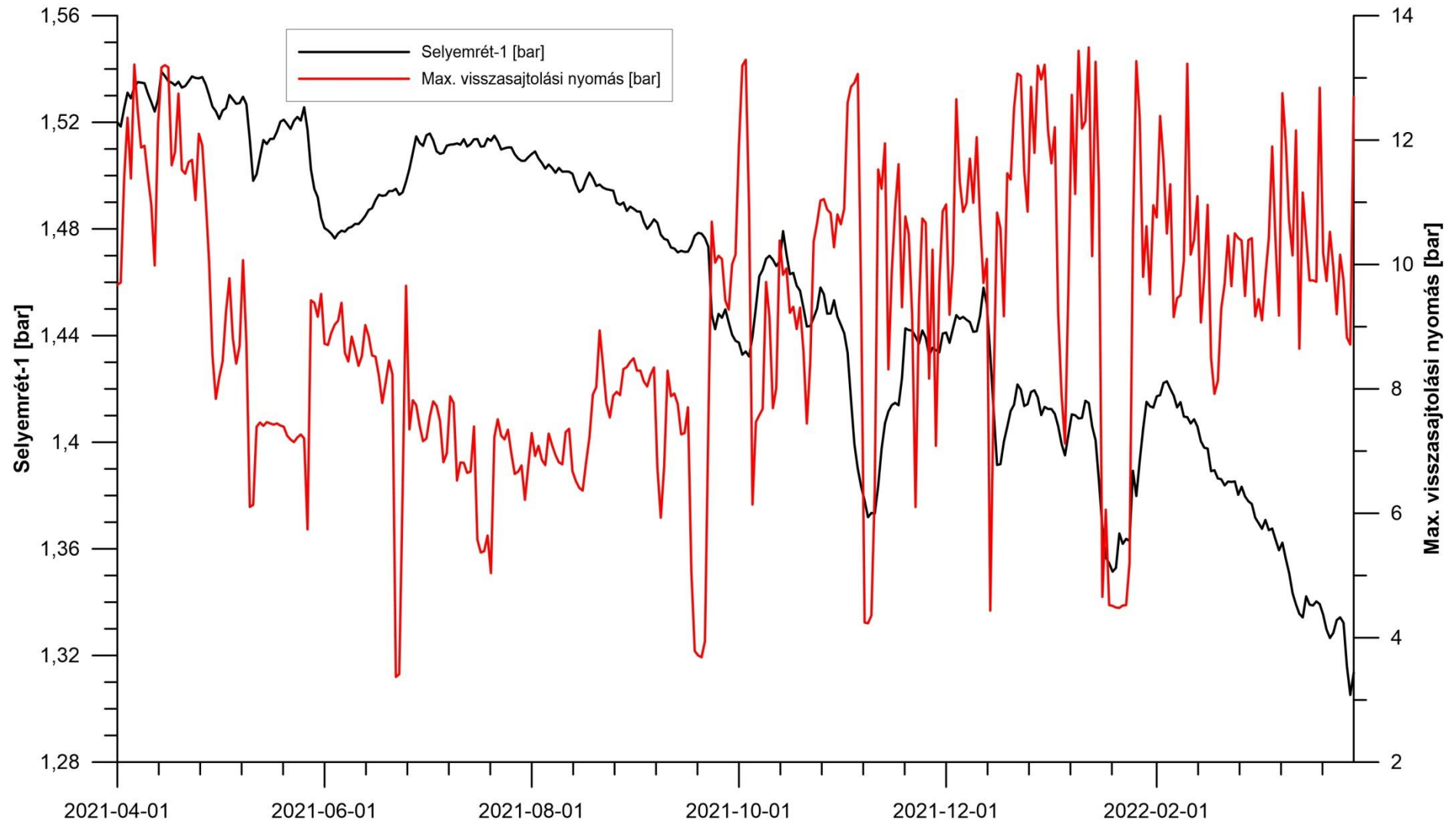
10. ábra. A visszasajtolás teljes hozama és az Nv-17 hideg vizes figyelőkút vízszint adatai

3. melléklet – A visszasajtolási nyomás maximális értéke és a vizsgált megfigyelőkutak vízszint/nyomás adatai



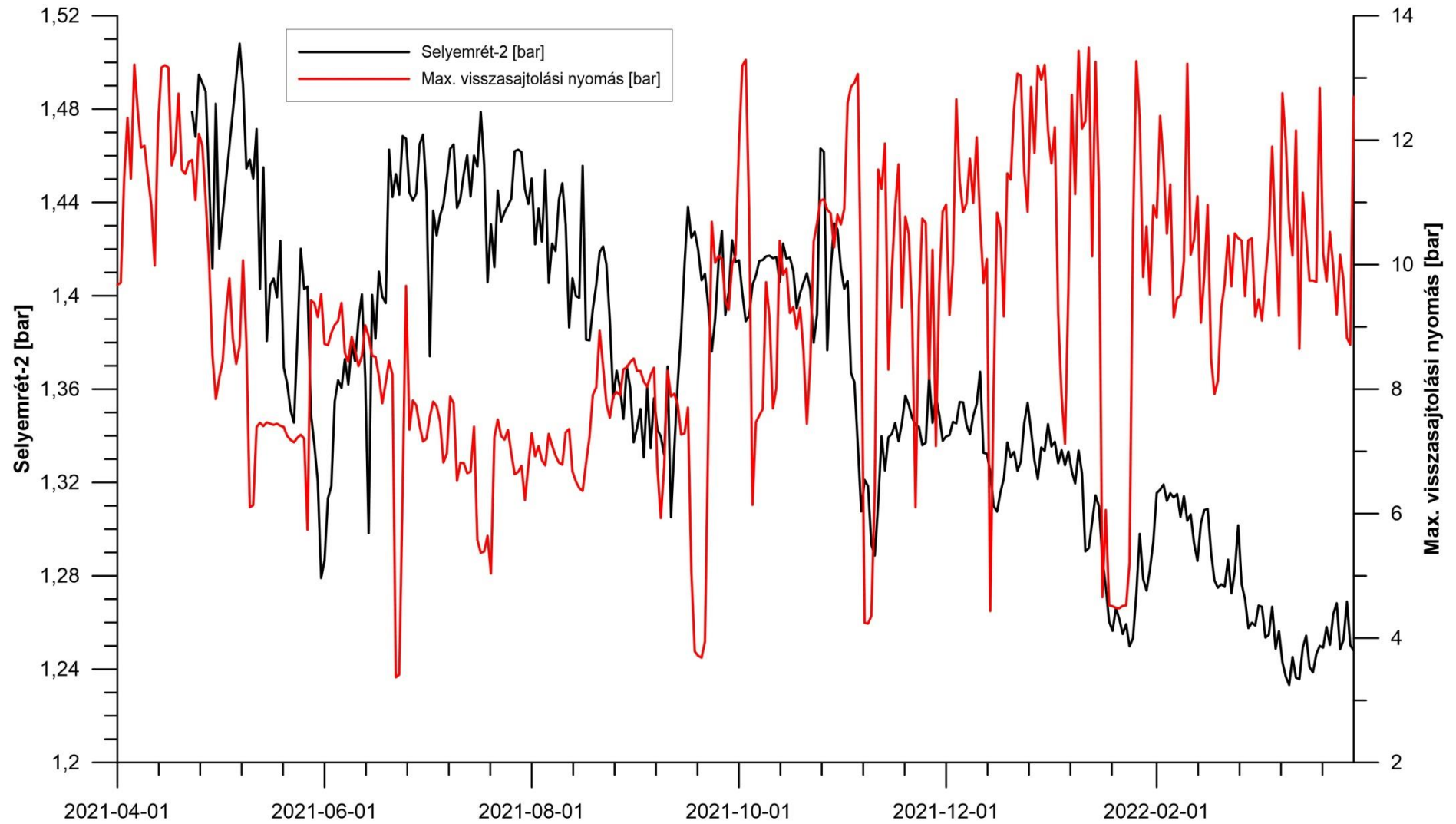
11. ábra. A visszasajtolási nyomás maximális értéke és a Kertészeti kút 1. nyomásszintje

3. melléklet – A visszasajtolási nyomás maximális értéke és a vizsgált megfigyelőkutak vízszint/nyomás adatai



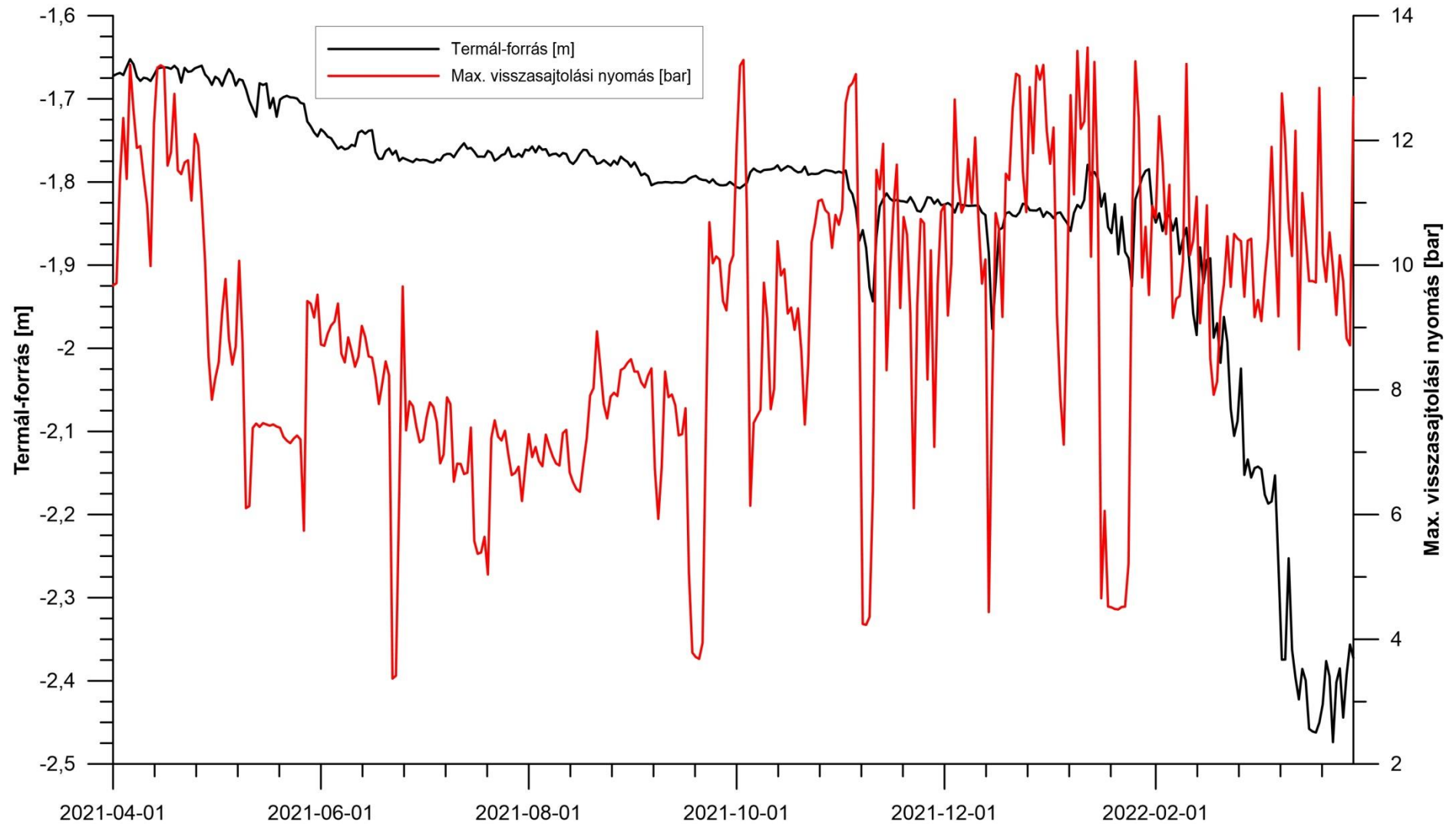
12. ábra. A visszasajtolási nyomás maximális értéke és a Selyemréti 1. kút nyomásszintje

3. melléklet – A visszasajtolási nyomás maximális értéke és a vizsgált megfigyelőkutak vízszint/nyomás adatai



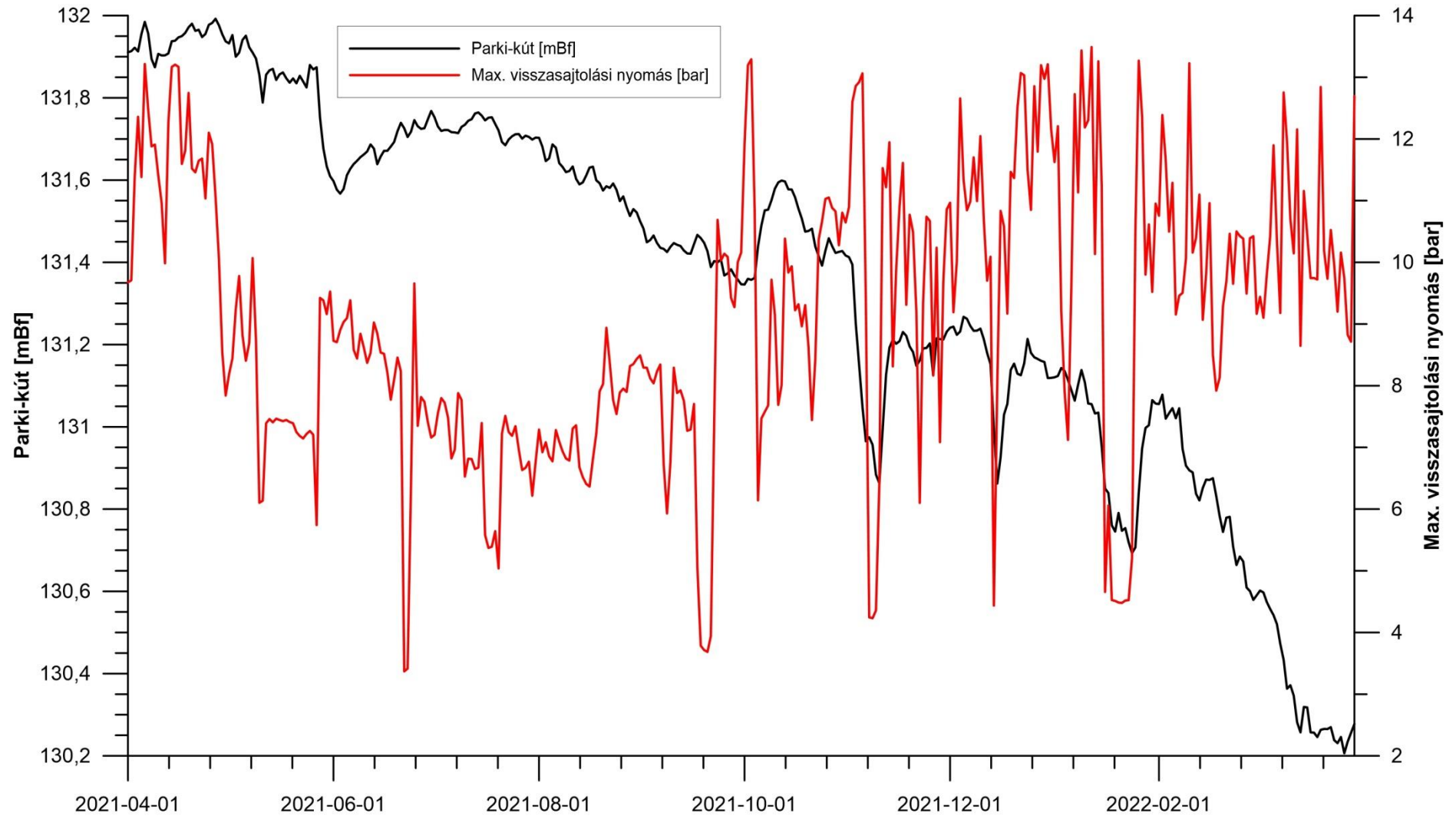
13. A visszasajtolási nyomás maximális értéke és a Selyemréti 2. kút nyomásszintje

3. melléklet – A visszasajtolási nyomás maximális értéke és a vizsgált megfigyelőkutak vízszint/nyomás adatai



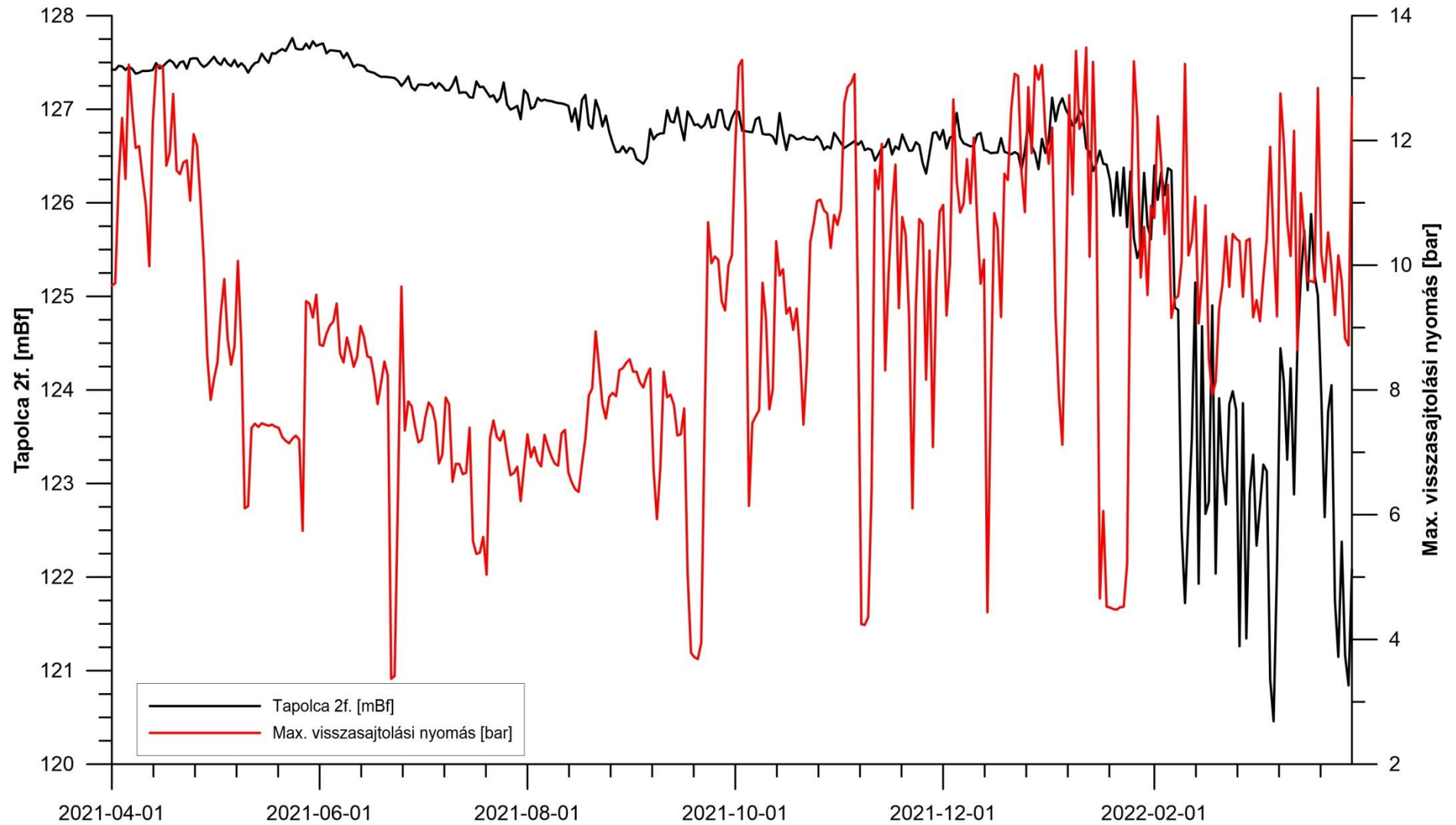
14. A visszasajtolási nyomás maximális értéke és a Termál-forrás vízszintje

3. melléklet – A visszasajtolási nyomás maximális értéke és a vizsgált megfigyelőkutak vízszint/nyomás adatai



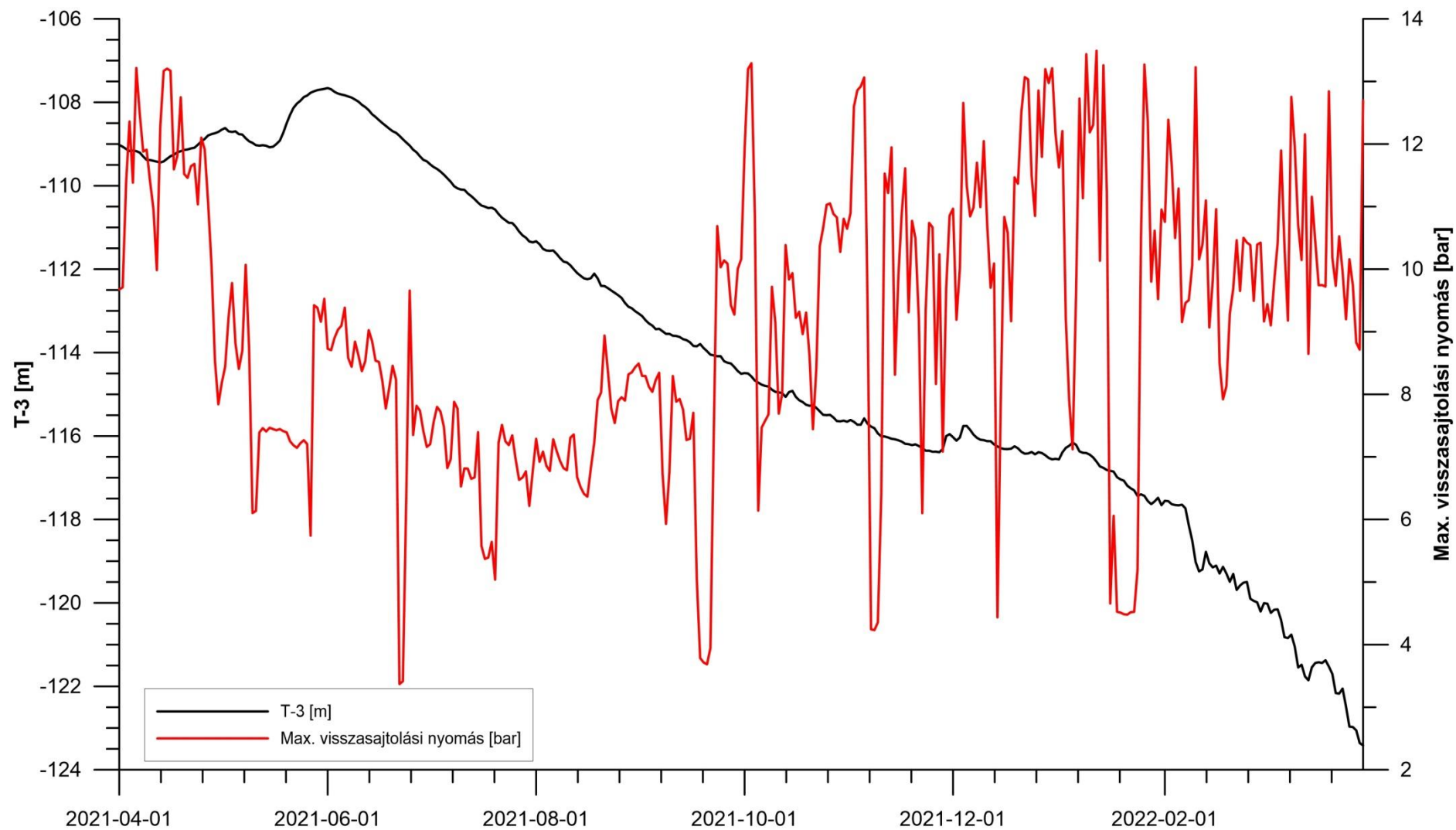
15. ábra. A visszasajtolási nyomás maximális értéke és a Parki-kút vízszintje

3. melléklet – A visszasajtolási nyomás maximális értéke és a vizsgált megfigyelőkutak vízszint/nyomás adatai



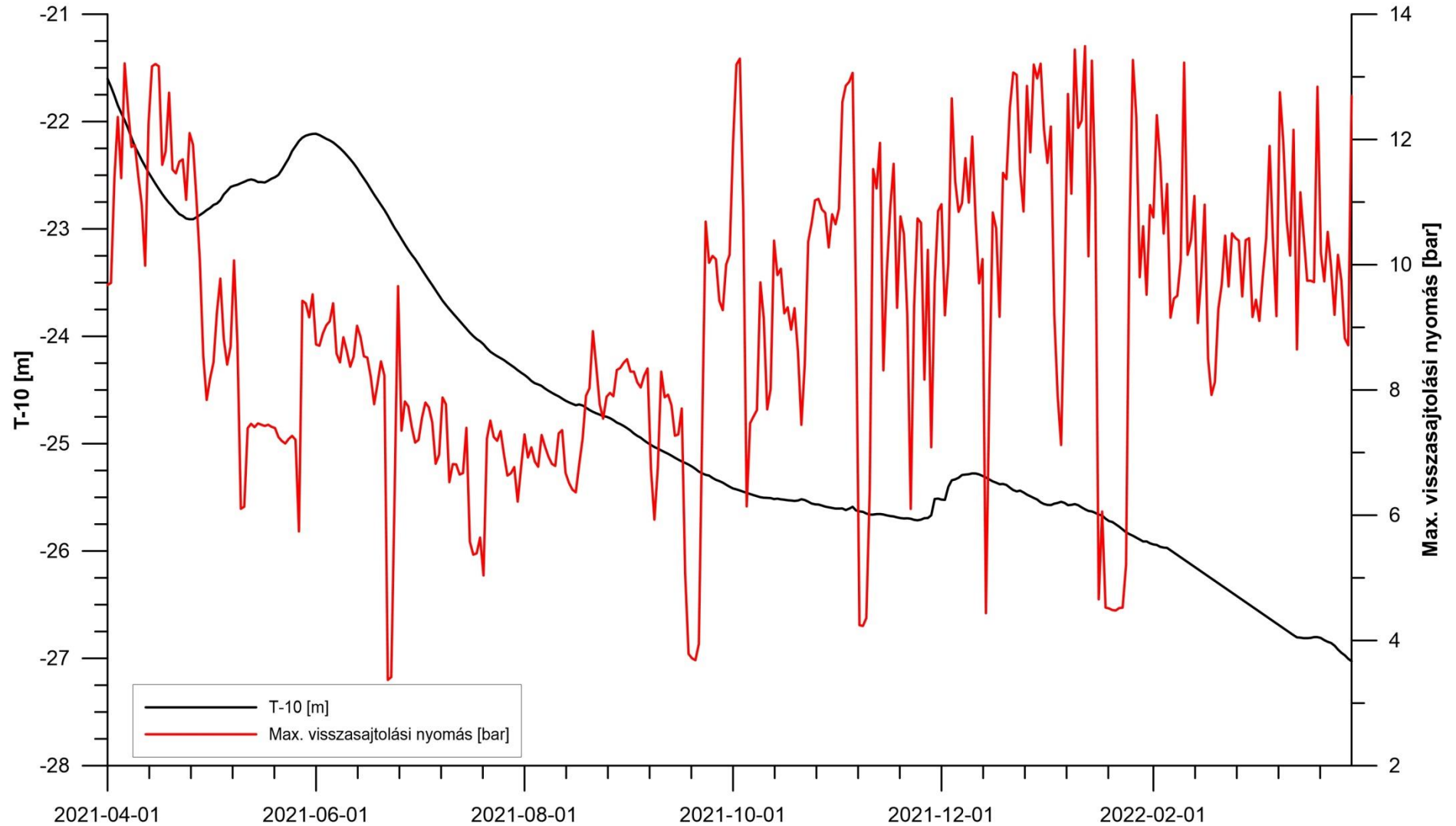
16. A visszasajtolási nyomás maximális értéke és a 2f. hideg vizes figyelőkút vízszint adata

3. melléklet – A visszasajtolási nyomás maximális értéke és a vizsgált megfigyelőkutak vízszint/nyomás adatai



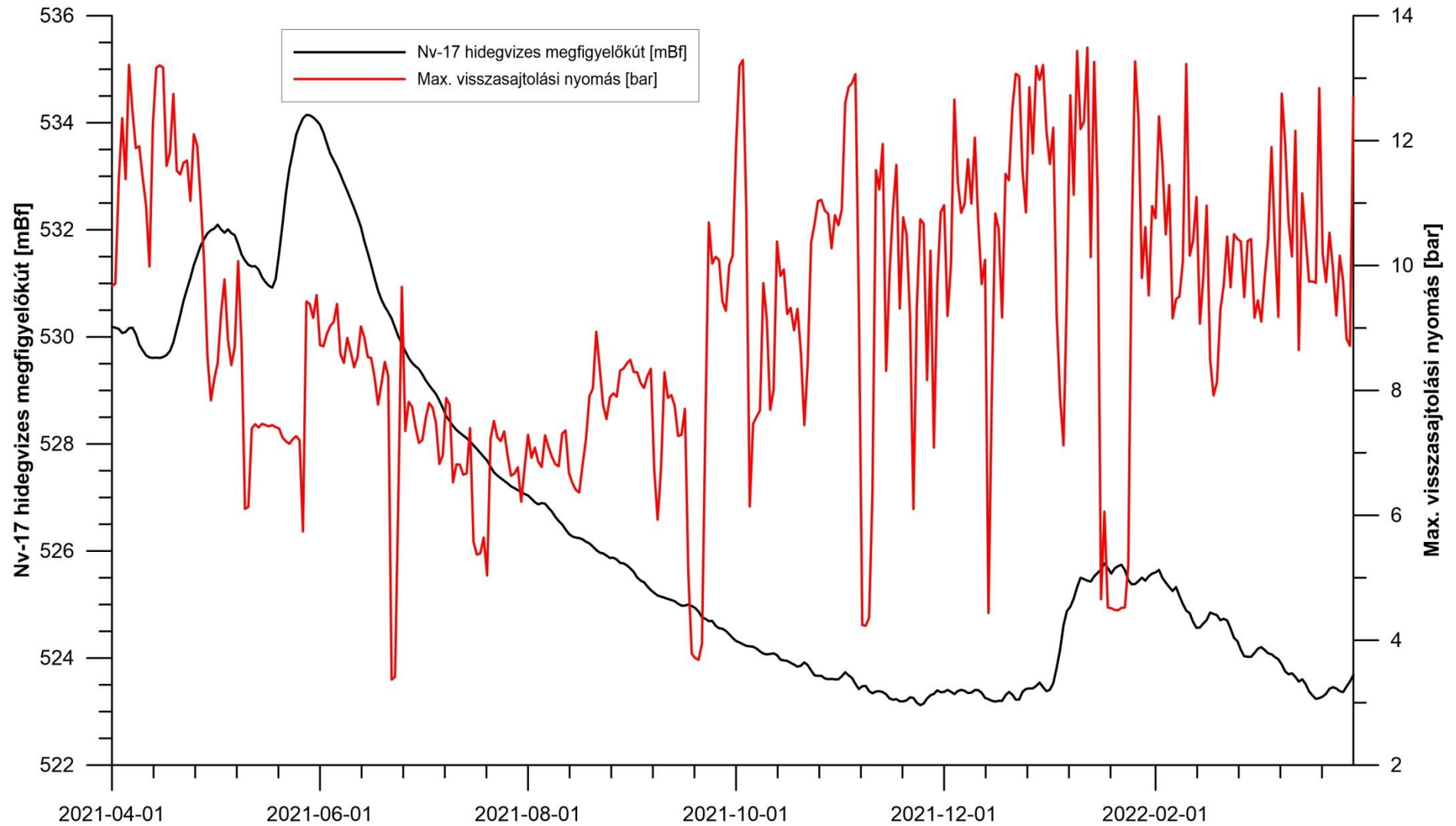
17. A visszasajtolási nyomás maximális értéke és a T-3 hideg vizes figyelőkút vízszint adatai

3. melléklet – A visszasajtolási nyomás maximális értéke és a vizsgált megfigyelőkutak vízszint/nyomás adatai



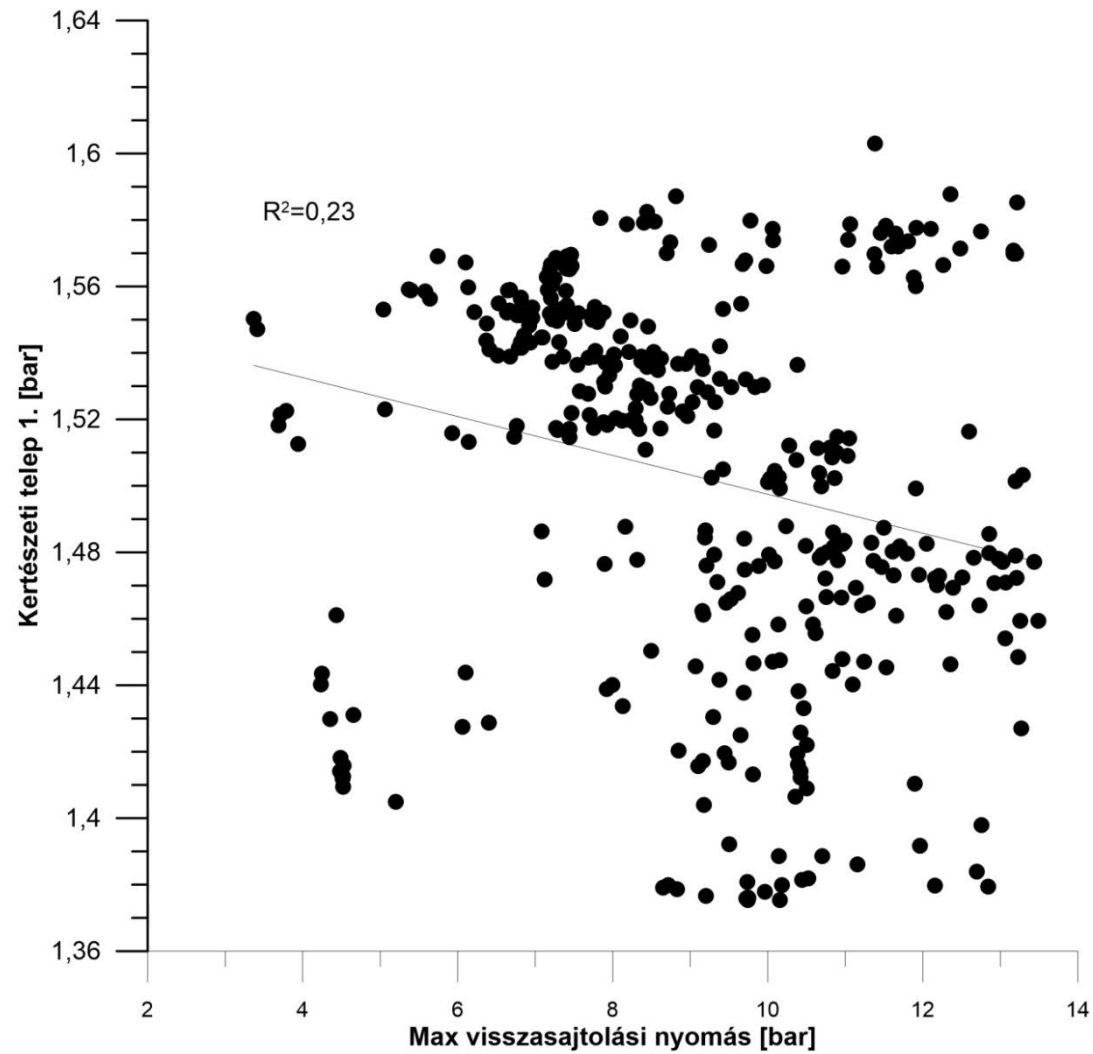
18. A visszasajtolási nyomás maximális értéke és a T-10 hideg vizes figyelőkút vízszint adata

3. melléklet – A visszasajtolási nyomás maximális értéke és a vizsgált megfigyelőkutak vízszint/nyomás adatai



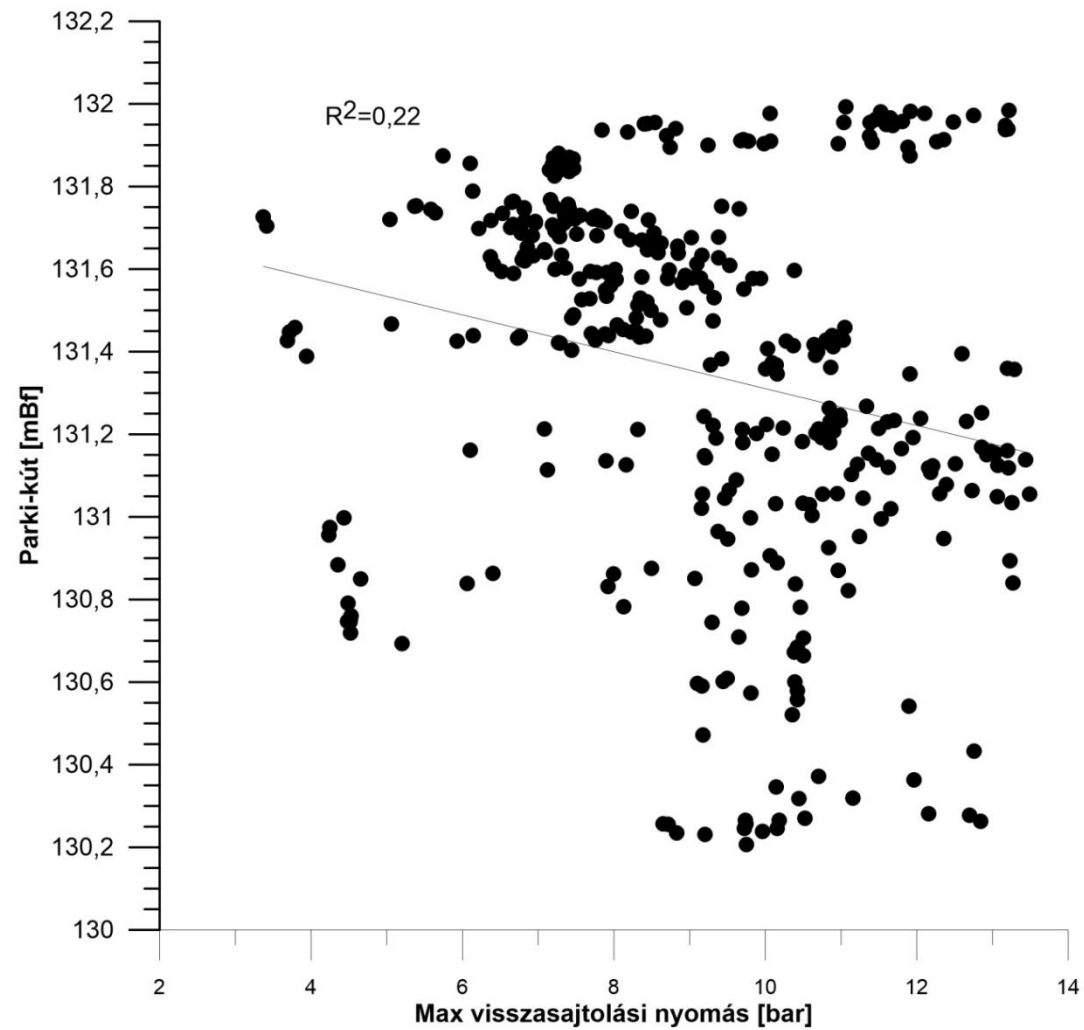
19. A visszasajtolási nyomás maximális értéke és az Nv-17 hideg vizes figyelőkút vízszint adata

4. melléklet – A visszasajtolási nyomás maximális értéke és a vizsgált megfigyelőkutak vízszint/nyomás adatai függvénykapcsolata



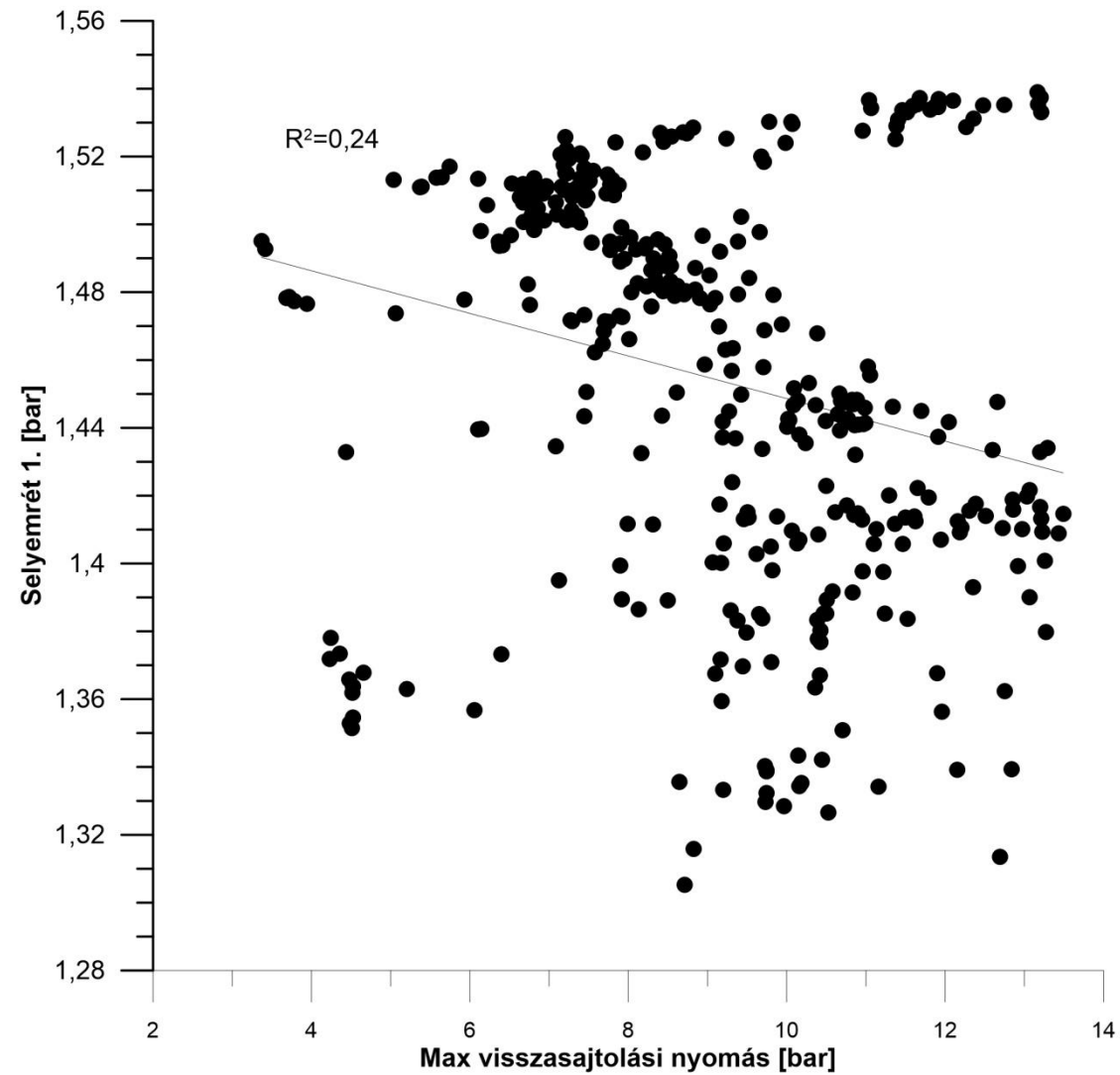
20. A visszasajtolási nyomás maximális értéke és a Kertészeti kút 1. nyomásértékeinek függvénykapcsolata

4. melléklet – A visszasajtolási nyomás maximális értéke és a vizsgált megfigyelőkutak vízszint/nyomás adatai függvénykapcsolata



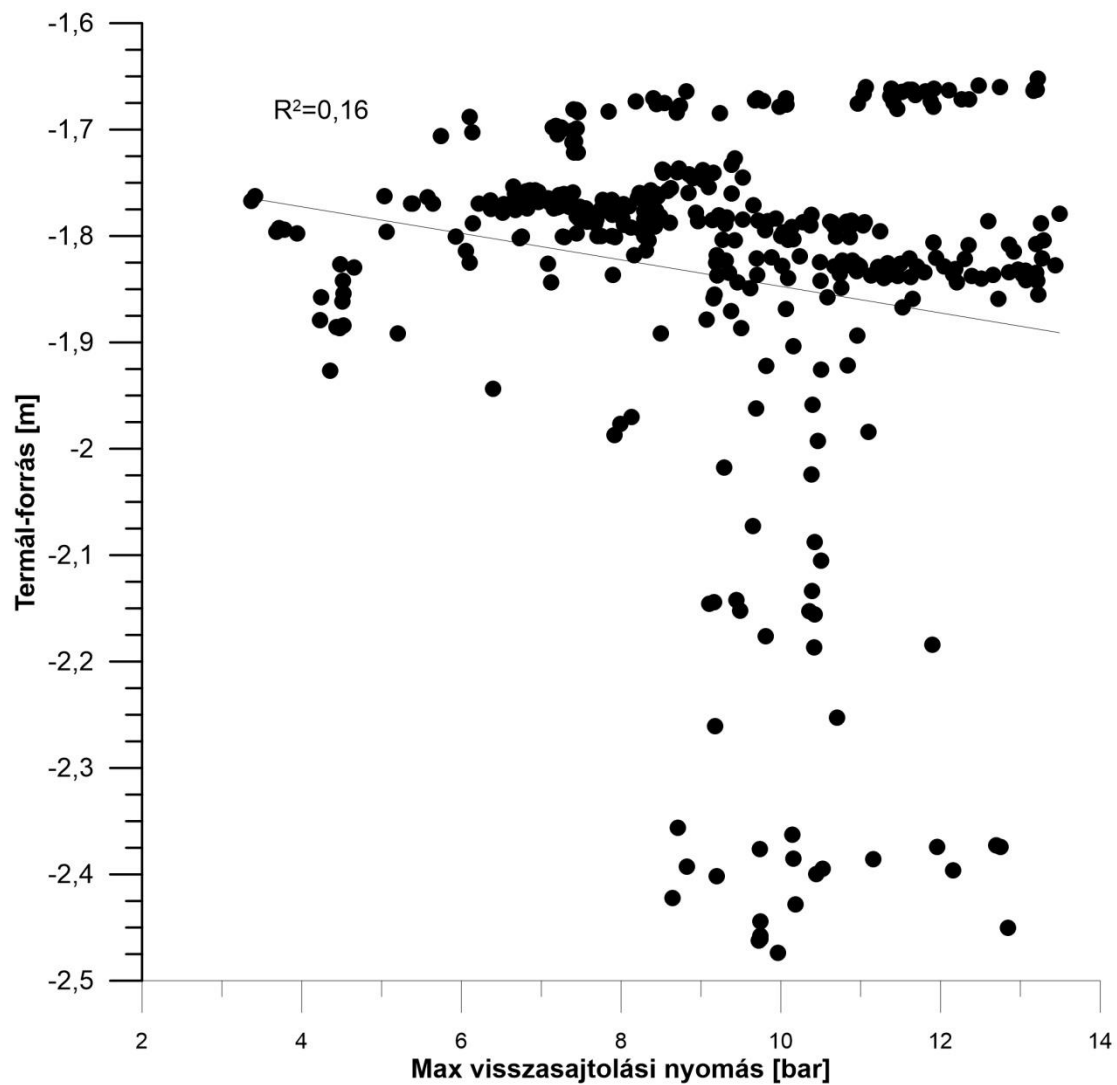
21. ábra. A visszasajtolási nyomás maximális értéke és a Parki kút nyomásértékeinek függvénykapcsolata

4. melléklet – A visszasajtolási nyomás maximális értéke és a vizsgált megfigyelőkutak vízszint/nyomás adatai függvénykapcsolata



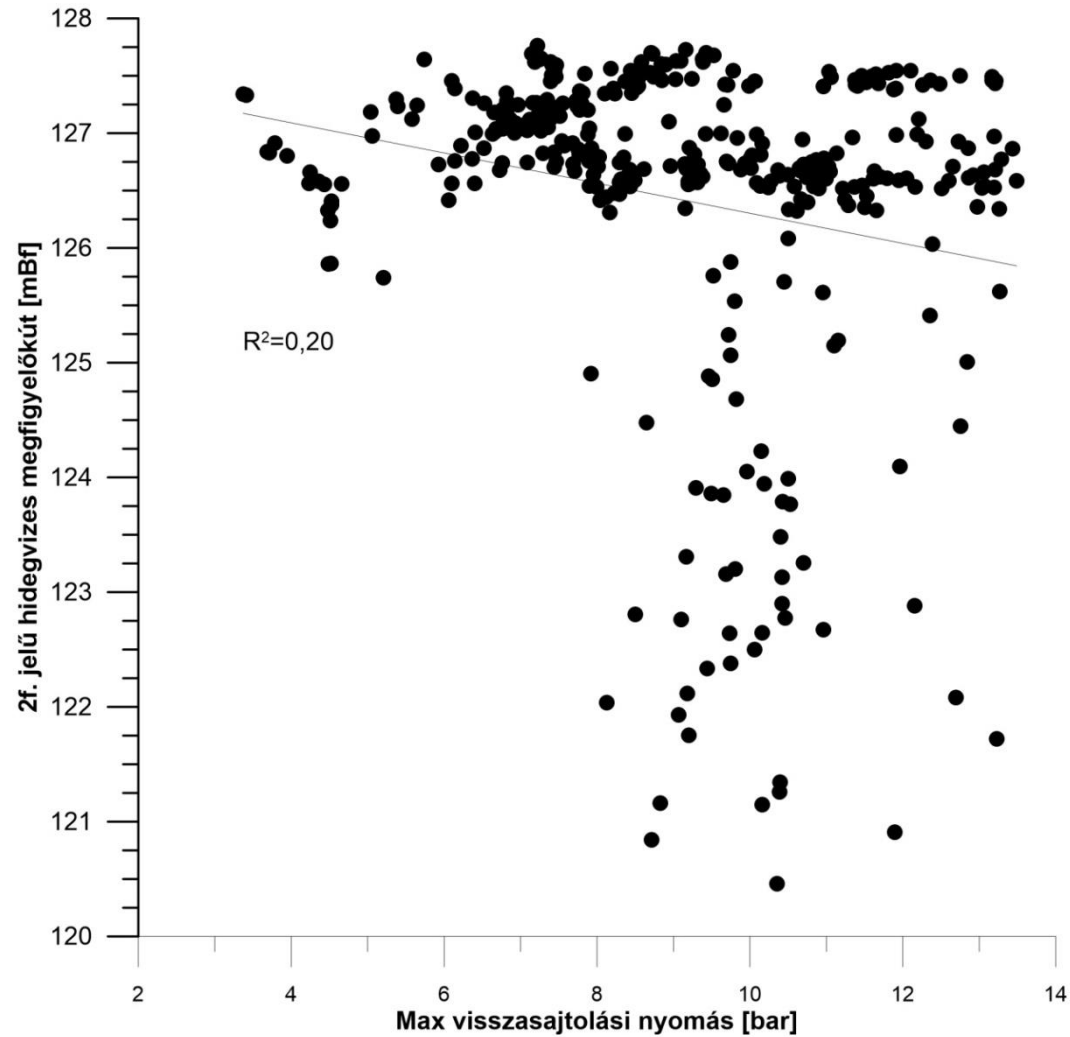
22. A visszasajtolási nyomás maximális értéke és a Selyemréti kút 1. nyomásértékeinek függvénykapcsolata

4. melléklet – A visszasajtolási nyomás maximális értéke és a vizsgált megfigyelőkutak vízszint/nyomás adatai függvénykapcsolata



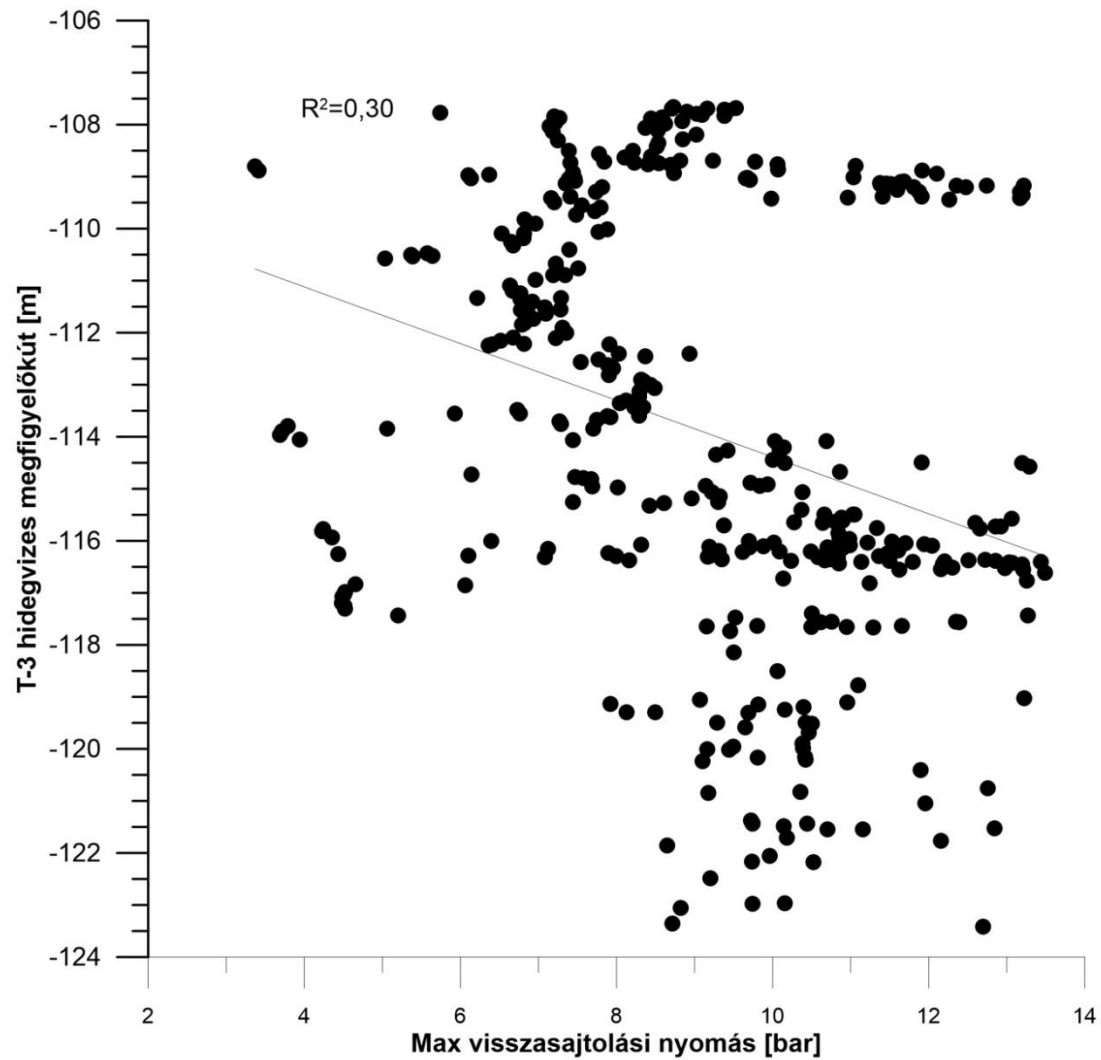
23. ábra. A visszasajtolási nyomás maximális értéke és a Termál-forrás vízszintértékeinek függvénykapcsolata

4. melléklet – A visszasajtolási nyomás maximális értéke és a vizsgált megfigyelőkutak vízszint/nyomás adatai függvénykapcsolata



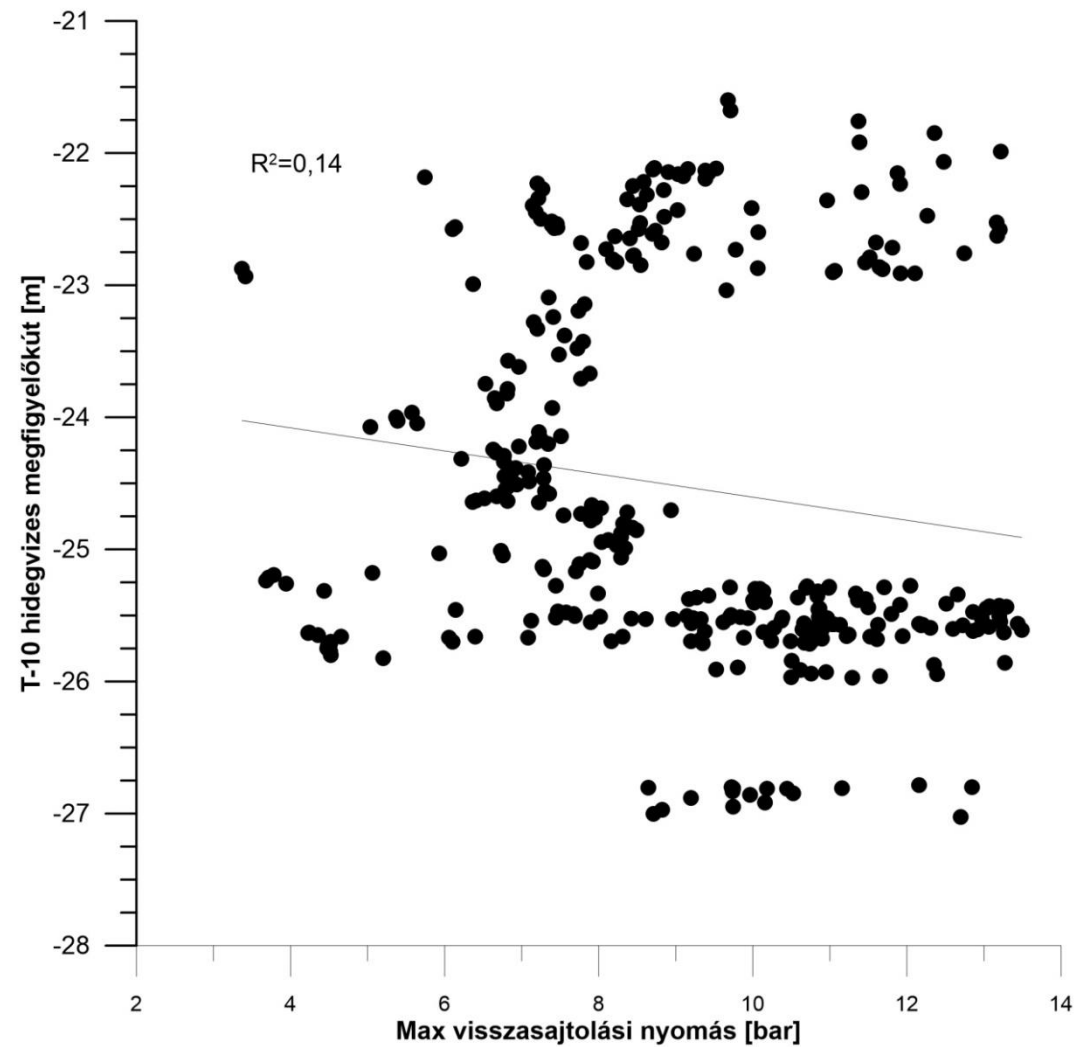
24. ábra. A visszasajtolási nyomás maximális értéke és a 2f. figyelőkút vízszintértékeinek függvénykapcsolata

4. melléklet – A visszasajtolási nyomás maximális értéke és a vizsgált megfigyelőkutak vízszint/nyomás adatai függvénykapcsolata



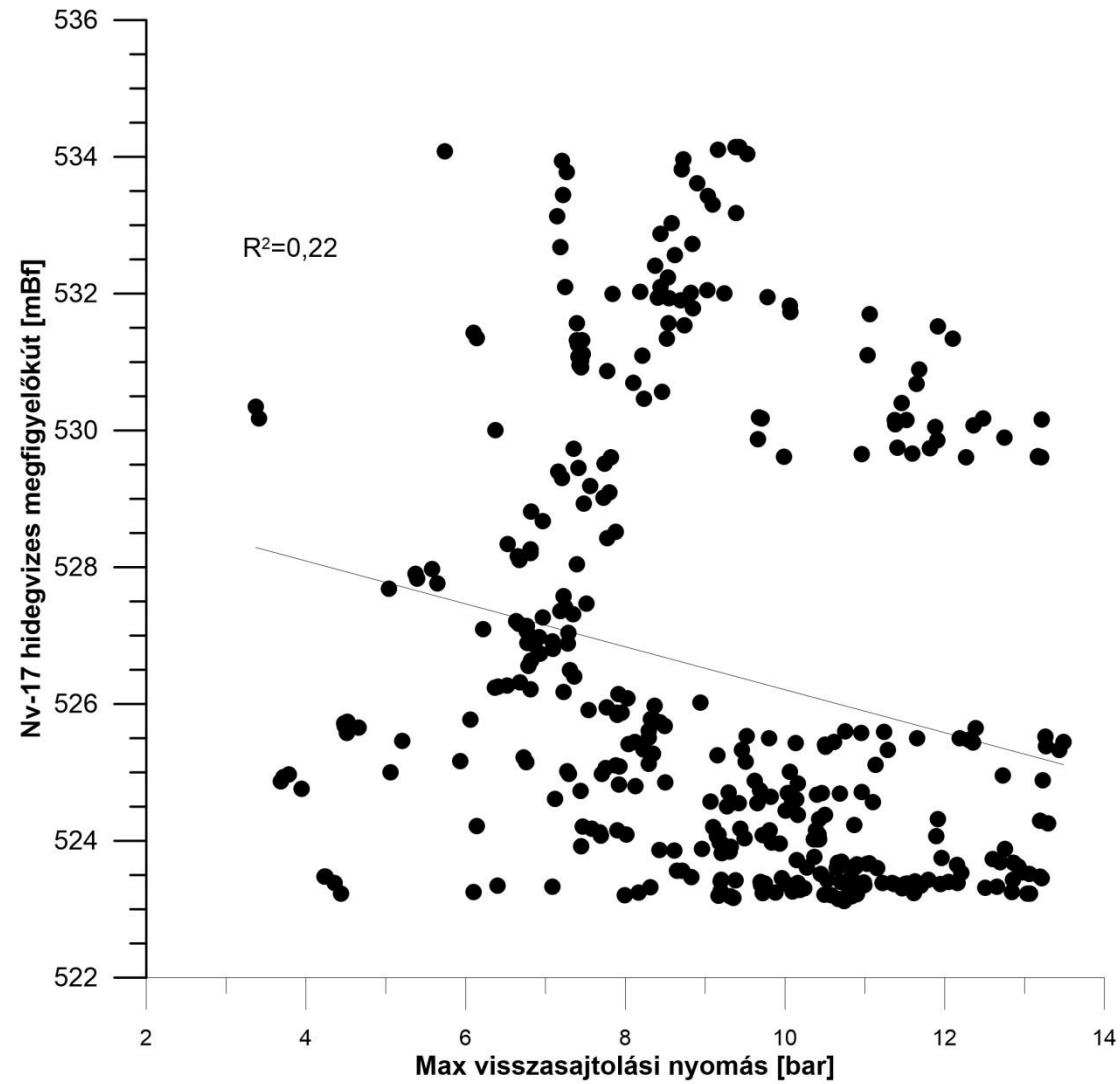
25. ábra. A visszasajtolási nyomás maximális értéke és a T-3 figyelőkút vízszintértékeinek függvénykapcsolata

4. melléklet – A visszasajtolási nyomás maximális értéke és a vizsgált megfigyelőkutak vízszint/nyomás adatai függvénykapcsolata



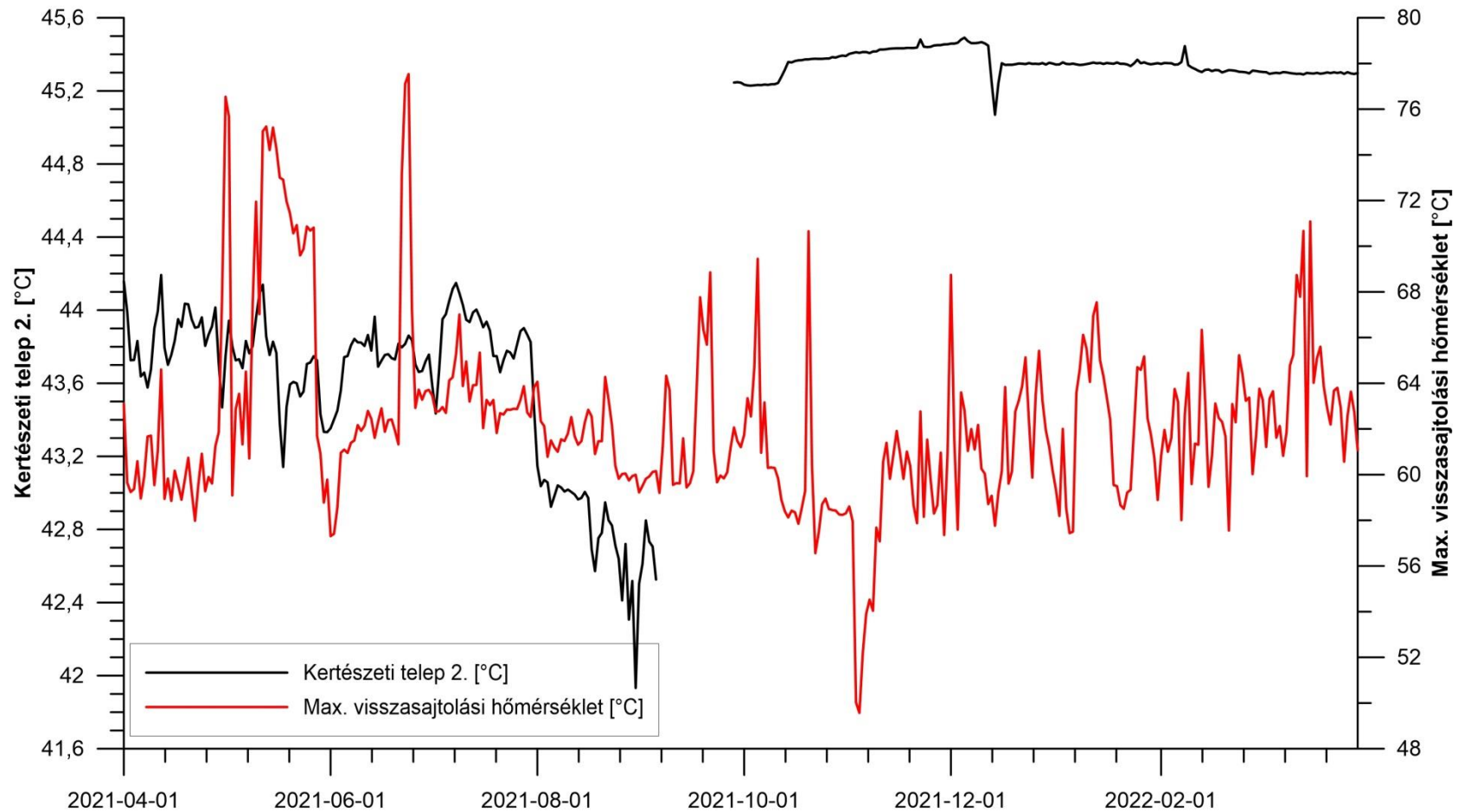
26. ábra A visszasajtolási nyomás maximális értéke és a T-10 figyelőkút vízszintértékeinek függvénykapcsolata

4. melléklet – A visszasajtolási nyomás maximális értéke és a vizsgált megfigyelőkutak vízszint/nyomás adatai függvénykapcsolata



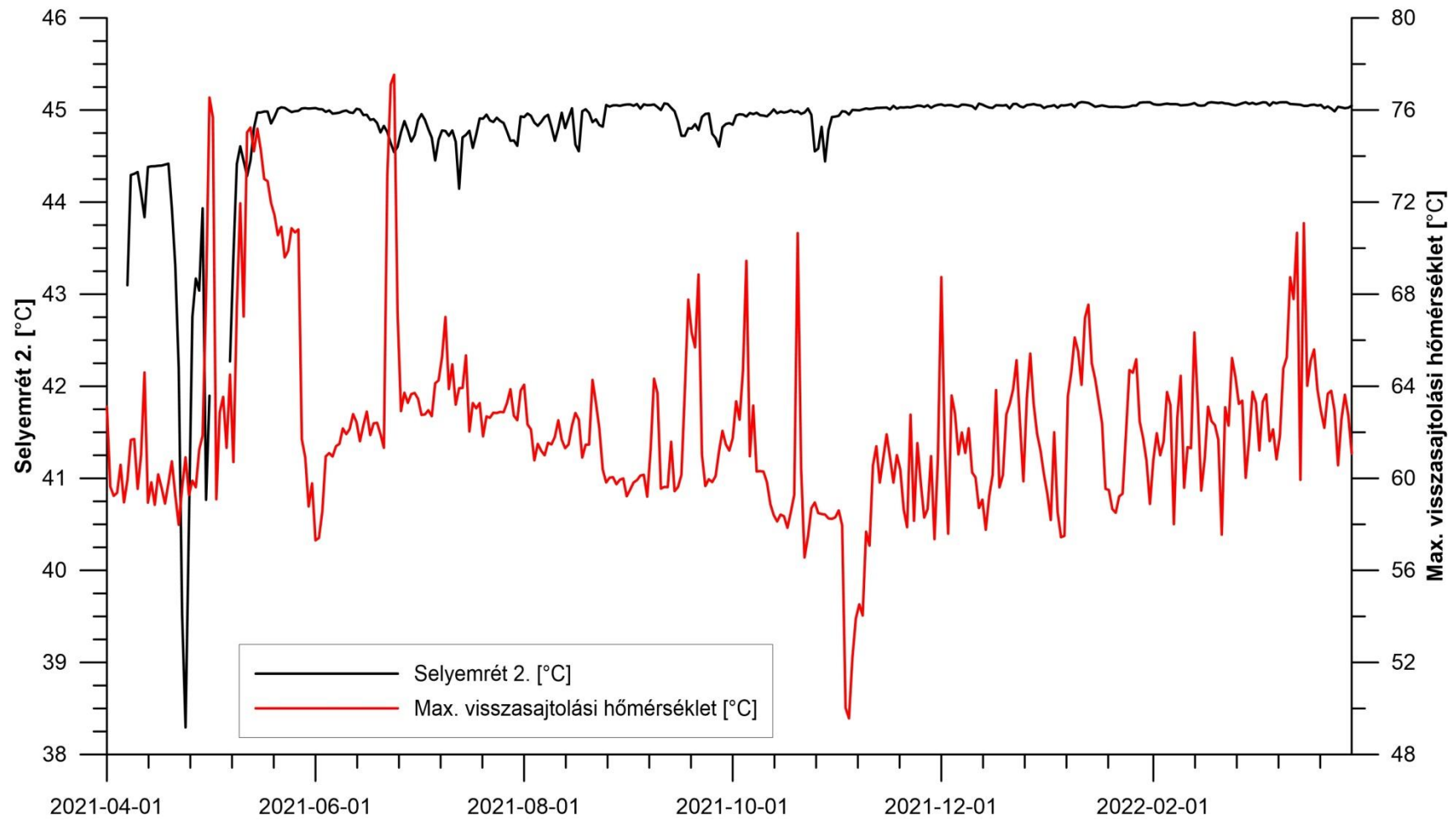
27. ábra. A visszasajtolási nyomás maximális értéke és az Nv-17 figyelőkút vízszintértékeinek függvénykapcsolata

5. melléklet – A legmagasabb visszasajtolási hőmérséklet és a vizsgált megfigyelőkutak hőmérséklet adatsorai



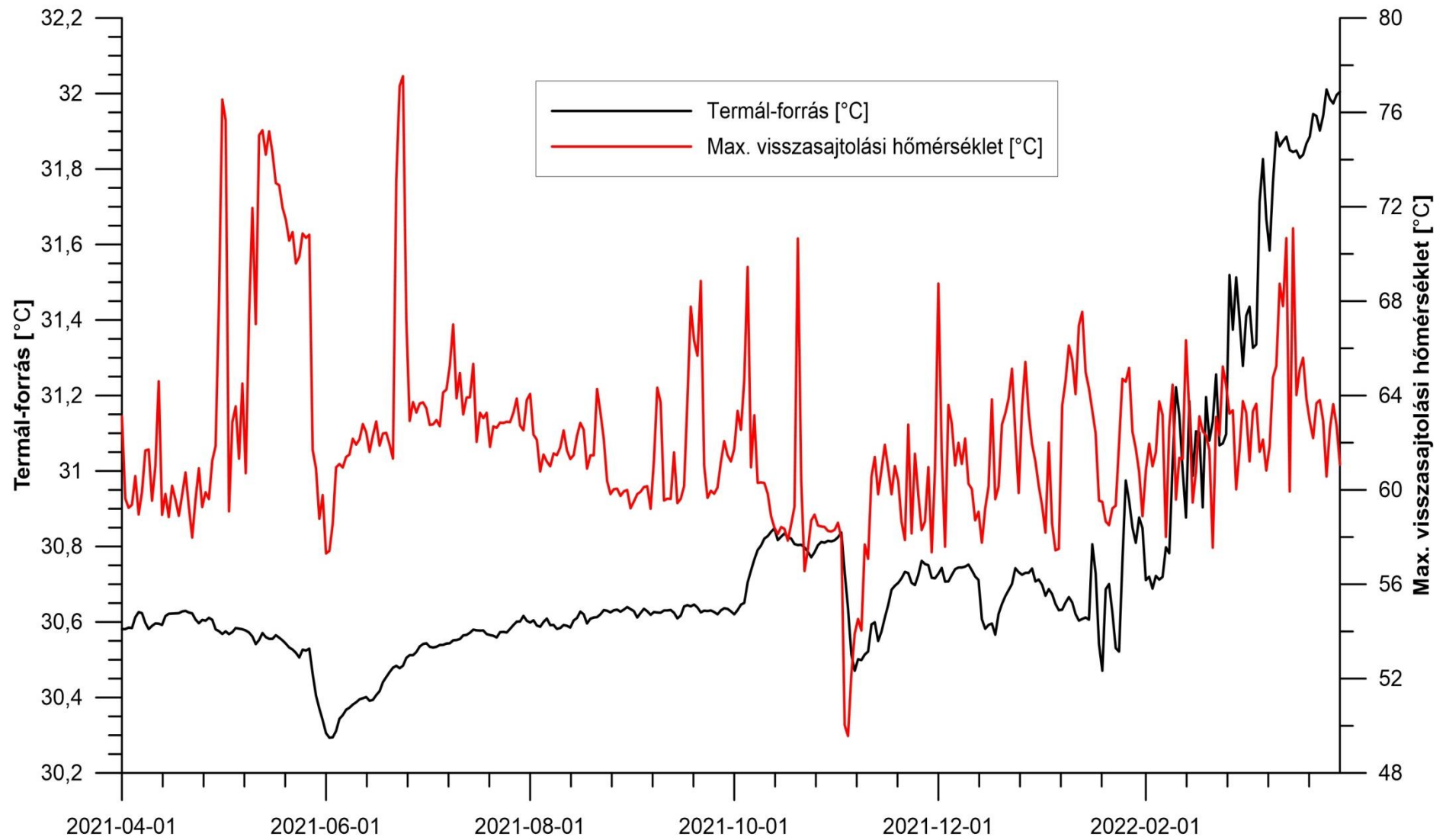
28. ábra. A legmagasabb visszasajtolási hőmérséklet és a Kertészeti kút 2. hőmérséklete, $R^2 = -0,19$

5. melléklet – A legmagasabb visszasajtolási hőmérséklet és a vizsgált megfigyelőkutak hőmérséklet adatai



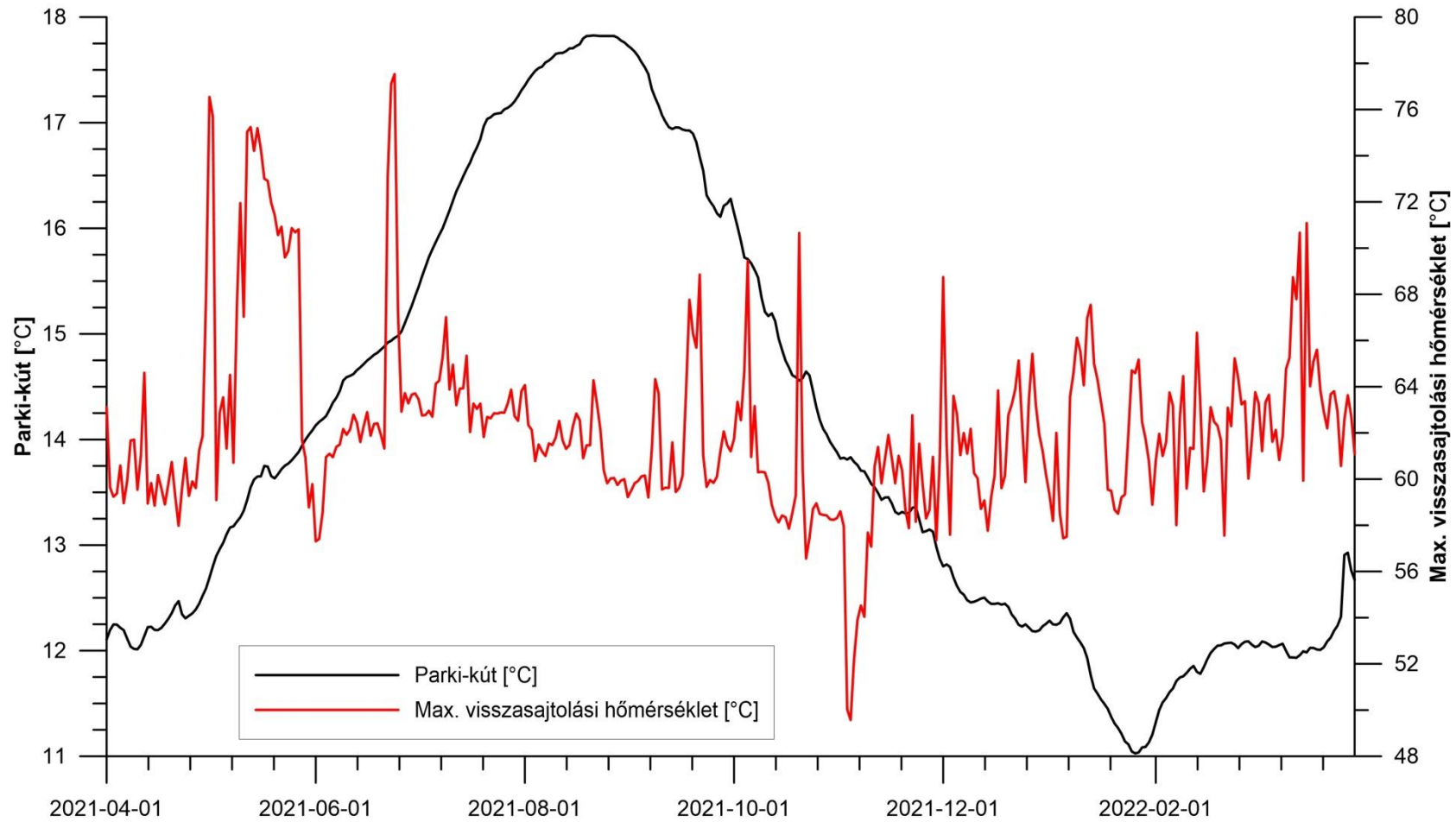
29. ábra. A legmagasabb visszasajtolási hőmérséklet és a Selyemrét 2. hőmérséklete, $R^2 = -0,04$

5. melléklet – A legmagasabb visszasajtolási hőmérséklet és a vizsgált megfigyelőkutak hőmérséklet adatsorai



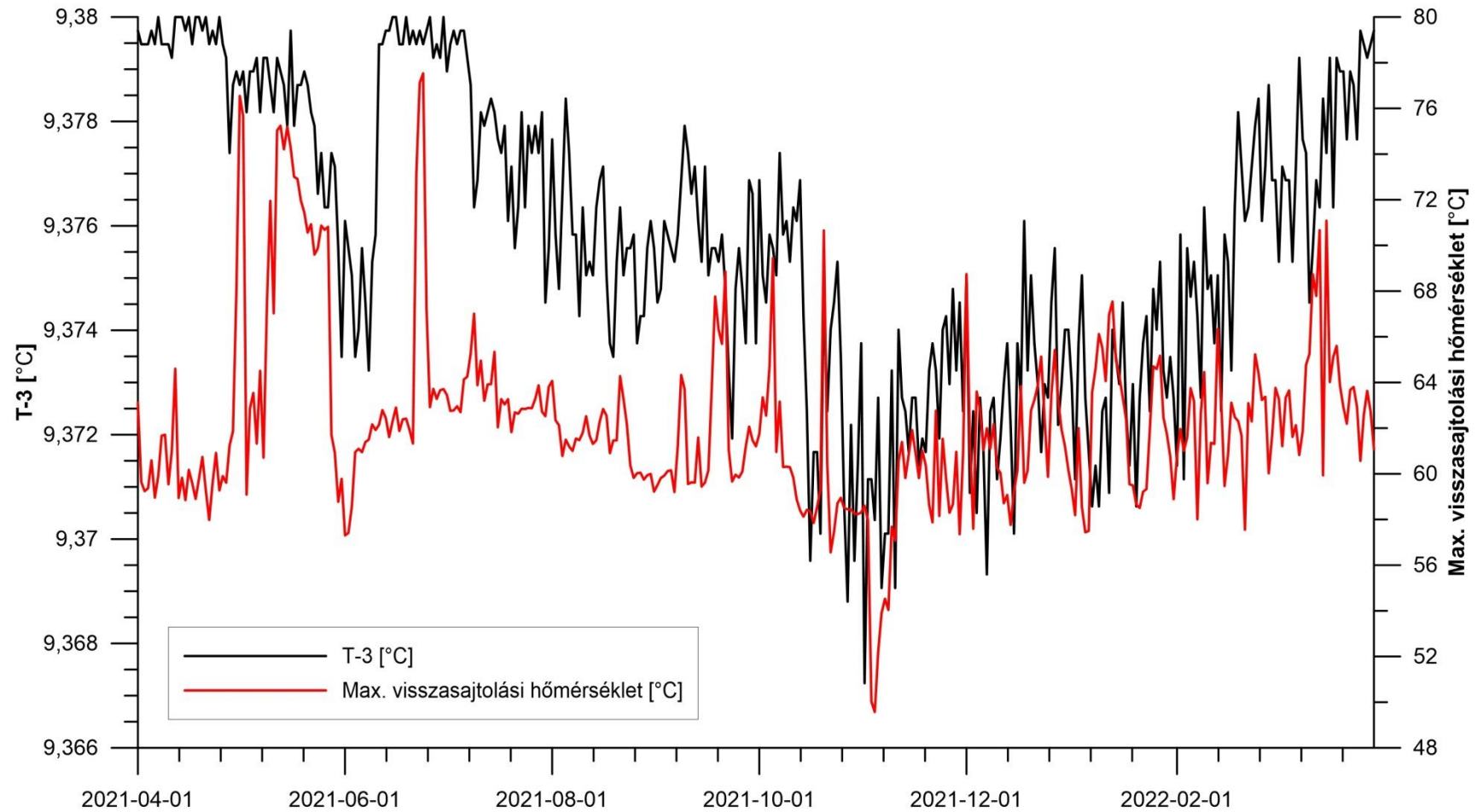
30. ábra. A legmagasabb visszasajtolási hőmérséklet és a Termál-forrás hőmérséklete, $R^2 = 0,05$

5. melléklet – A legmagasabb visszasajtolási hőmérséklet és a vizsgált megfigyelőkutak hőmérséklet adatsorai



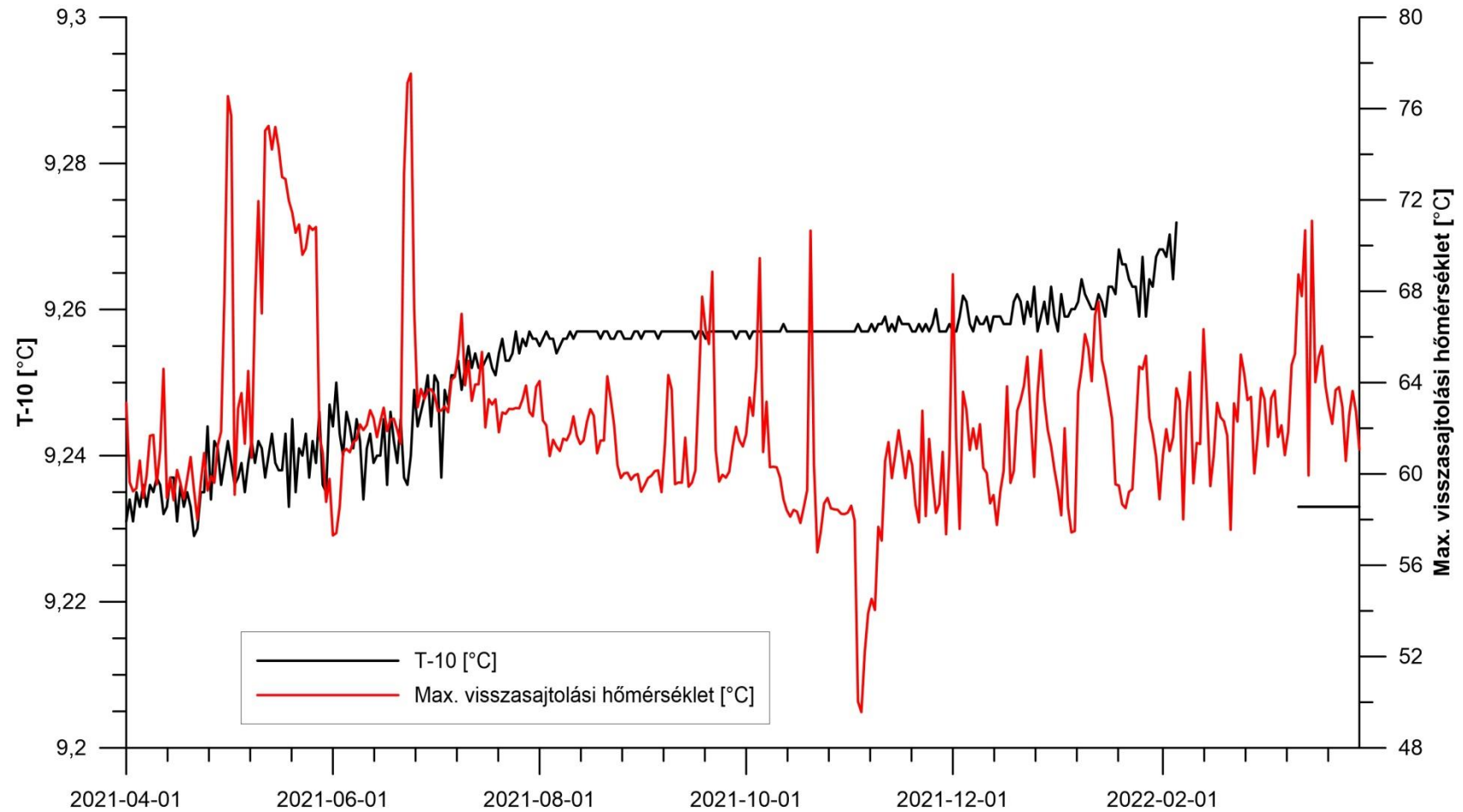
31. ábra. A legmagasabb visszasajtolási hőmérséklet és a Parki-kút hőmérséklete, $R^2 = -0,01$

5. melléklet – A legmagasabb visszasajtolási hőmérséklet és a vizsgált megfigyelőkutak hőmérséklet adatsorai



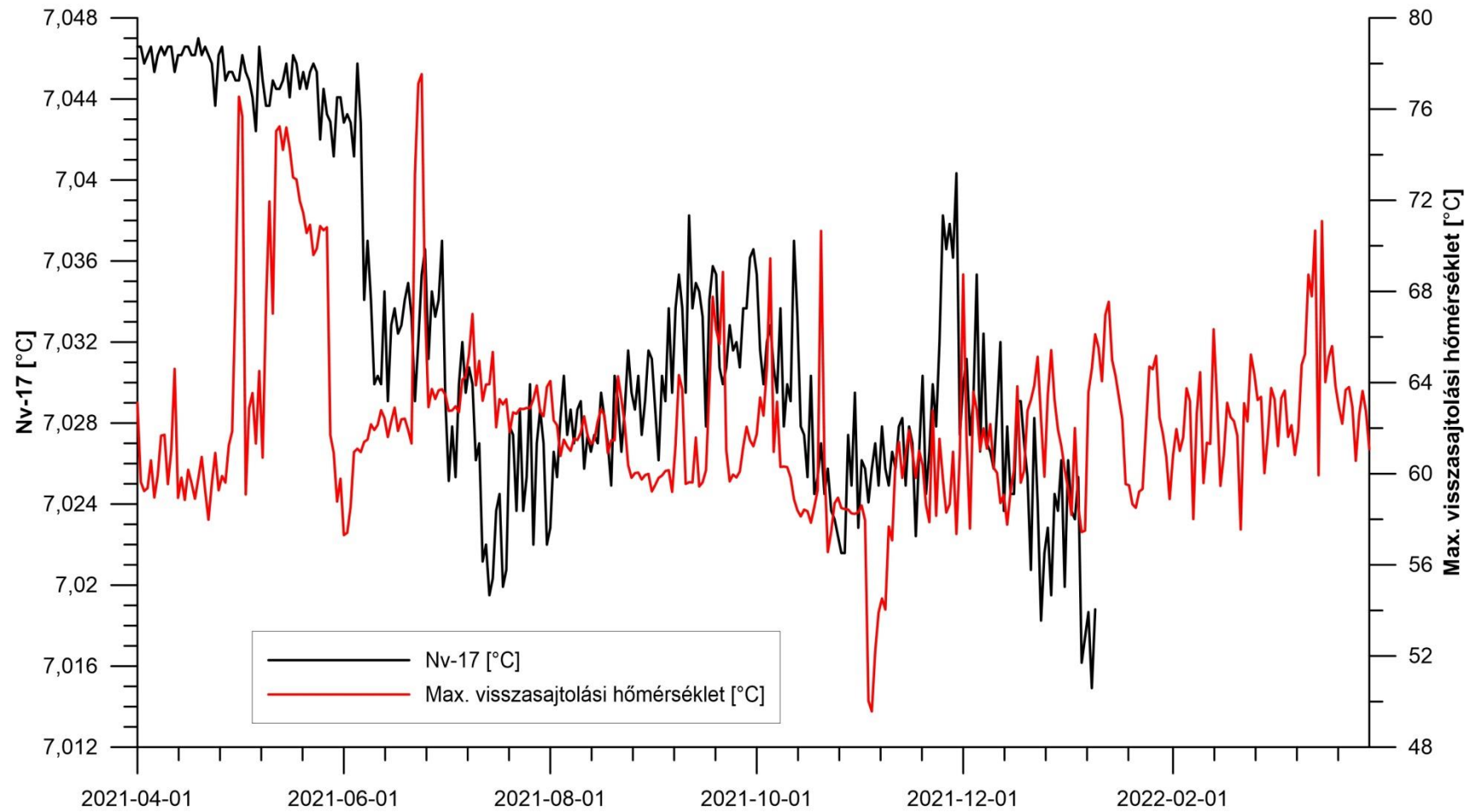
32. ábra. A legmagasabb visszasajtolási hőmérséklet és a T-3 figyelőkút hőmérséklete, $R^2 = 0,38$

5. melléklet – A legmagasabb visszasajtolási hőmérséklet és a vizsgált megfigyelőkutak hőmérséklet adatsorai



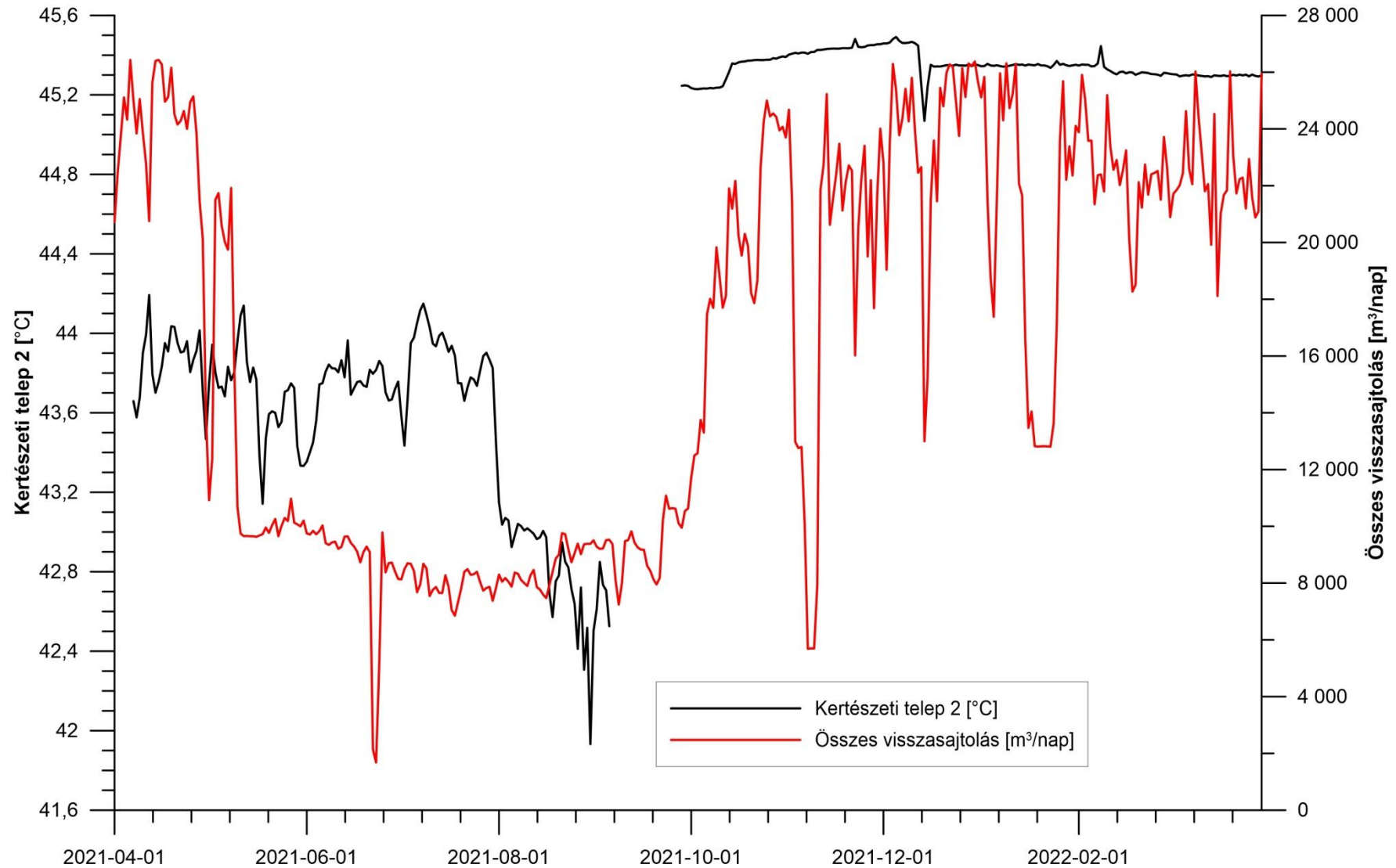
33. ábra. A legmagasabb visszasajtolási hőmérséklet és a T-10 figyelőkút hőmérséklete, $R^2 = -0,31$

5. melléklet – A legmagasabb visszasajtolási hőmérséklet és a vizsgált megfigyelőkutak hőmérséklet adatsorai



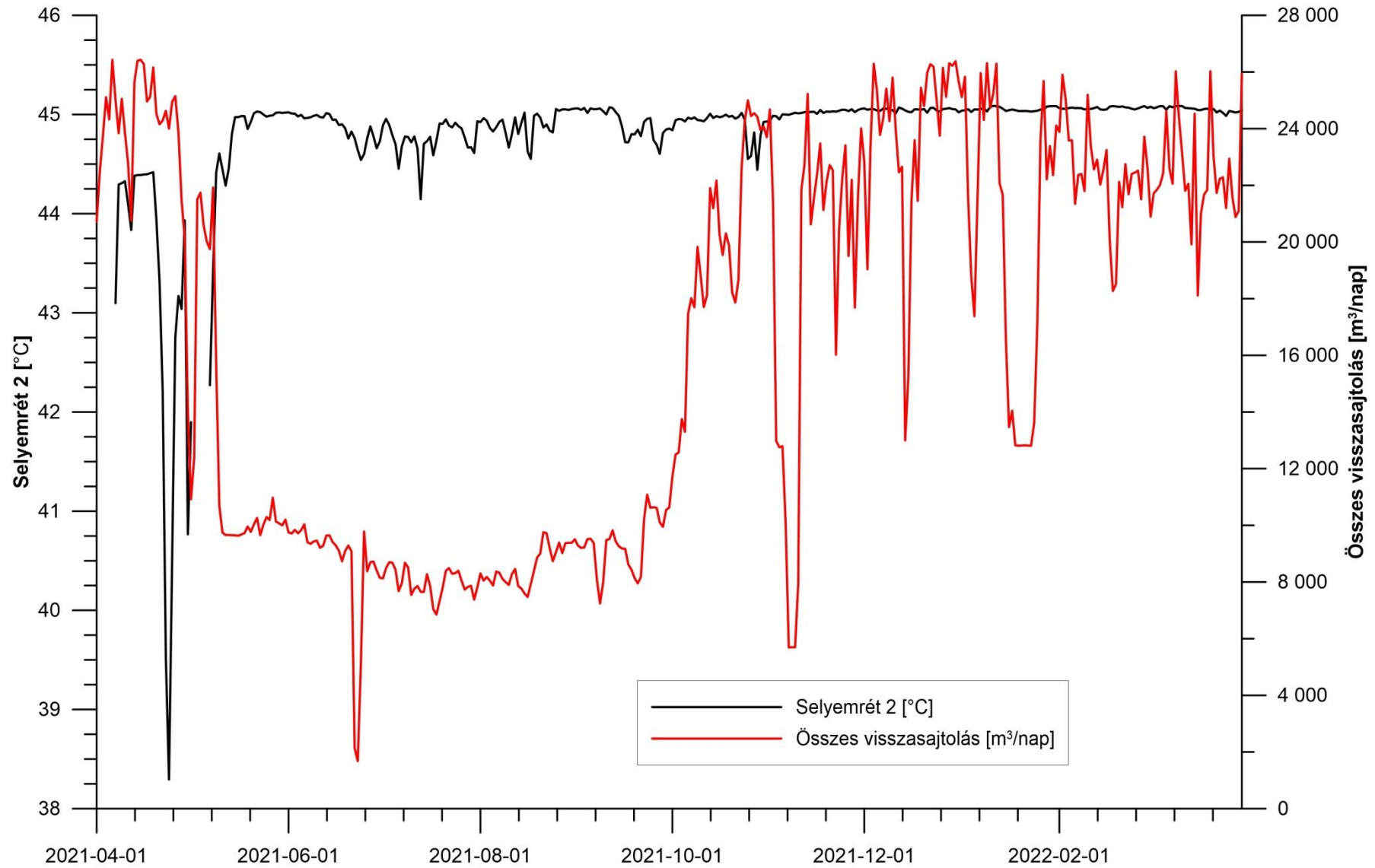
34. ábra. A legmagasabb visszasajtolási hőmérséklet és az Nv-17 figyelőkút hőmérséklete, $R^2 = 0,27$

6. melléklet – A visszasajtolás teljes mennyisége és a vizsgált megfigyelőkutak hőmérséklet adatai



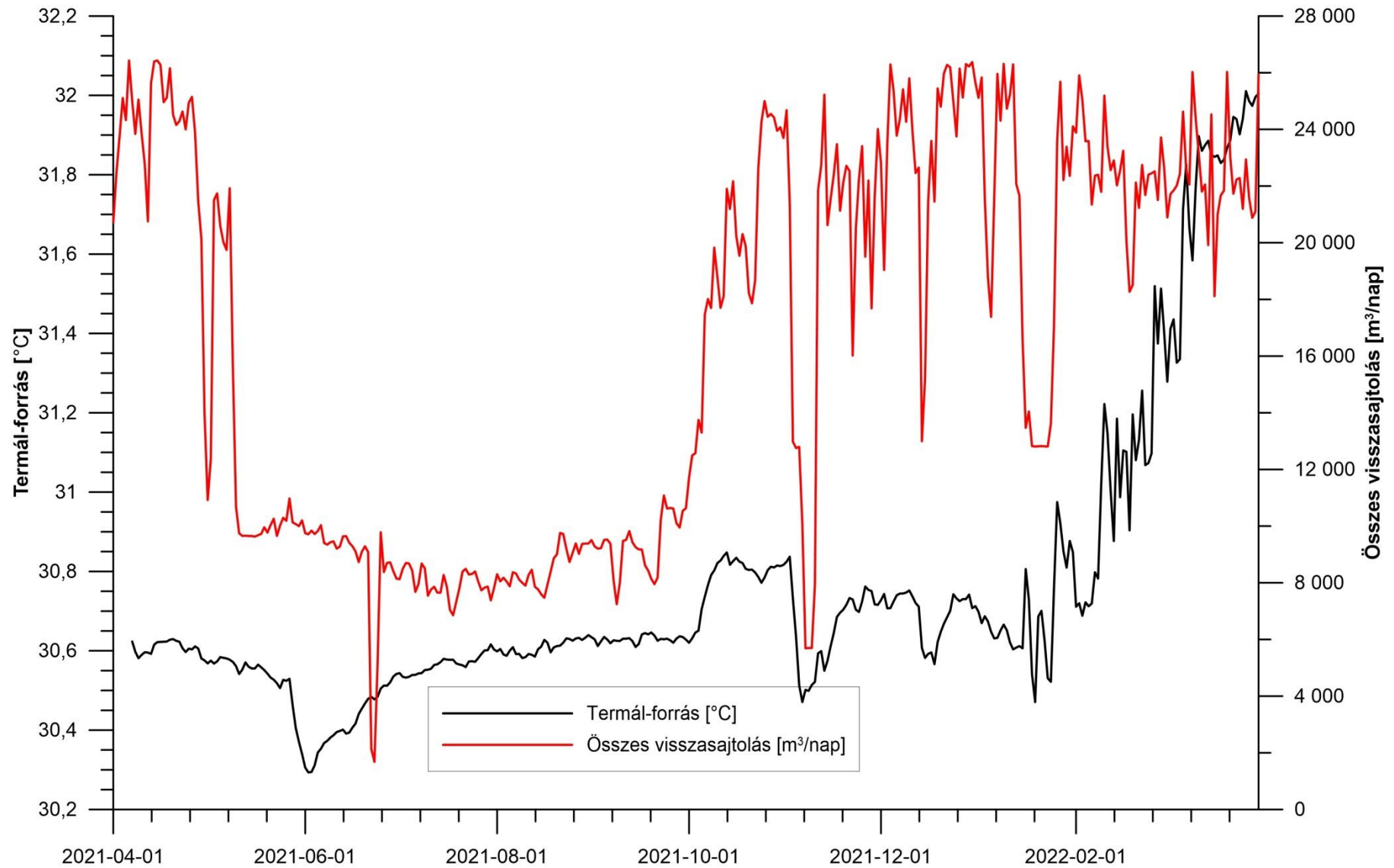
35. ábra. Az összes visszasajtolás és a Kertészeti kút 2. hőmérséklete, $R^2 = 0,66$

6. melléklet – A visszasajtolás teljes mennyisége és a vizsgált megfigyelőkutak hőmérséklet adatai



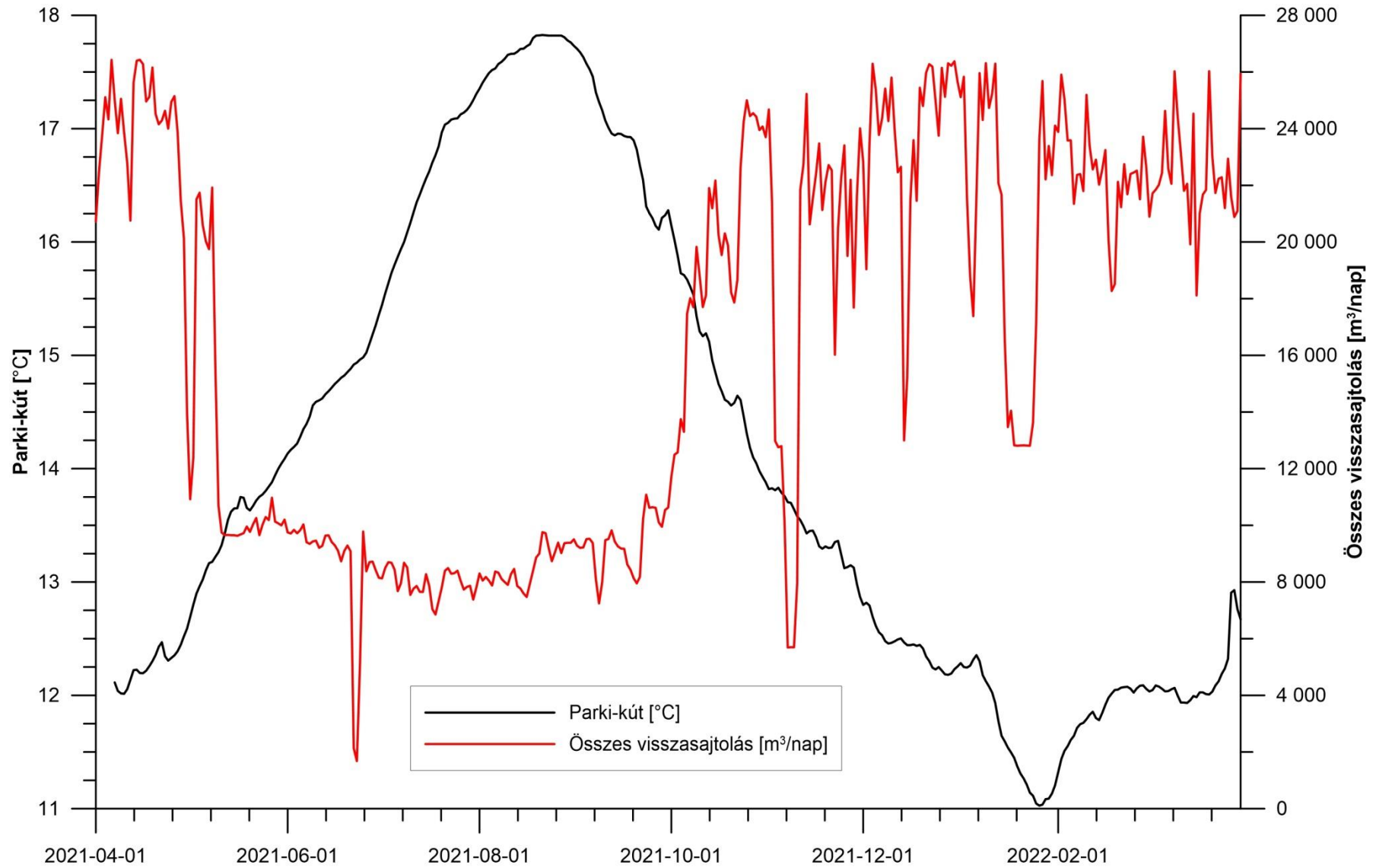
36. ábra. Az összes visszasajtolás és a Selyemrét 2. hőmérséklete, $R^2 = -0,08$

6. melléklet – A visszasajtolás teljes mennyisége és a vizsgált megfigyelőkutak hőmérséklet adatai



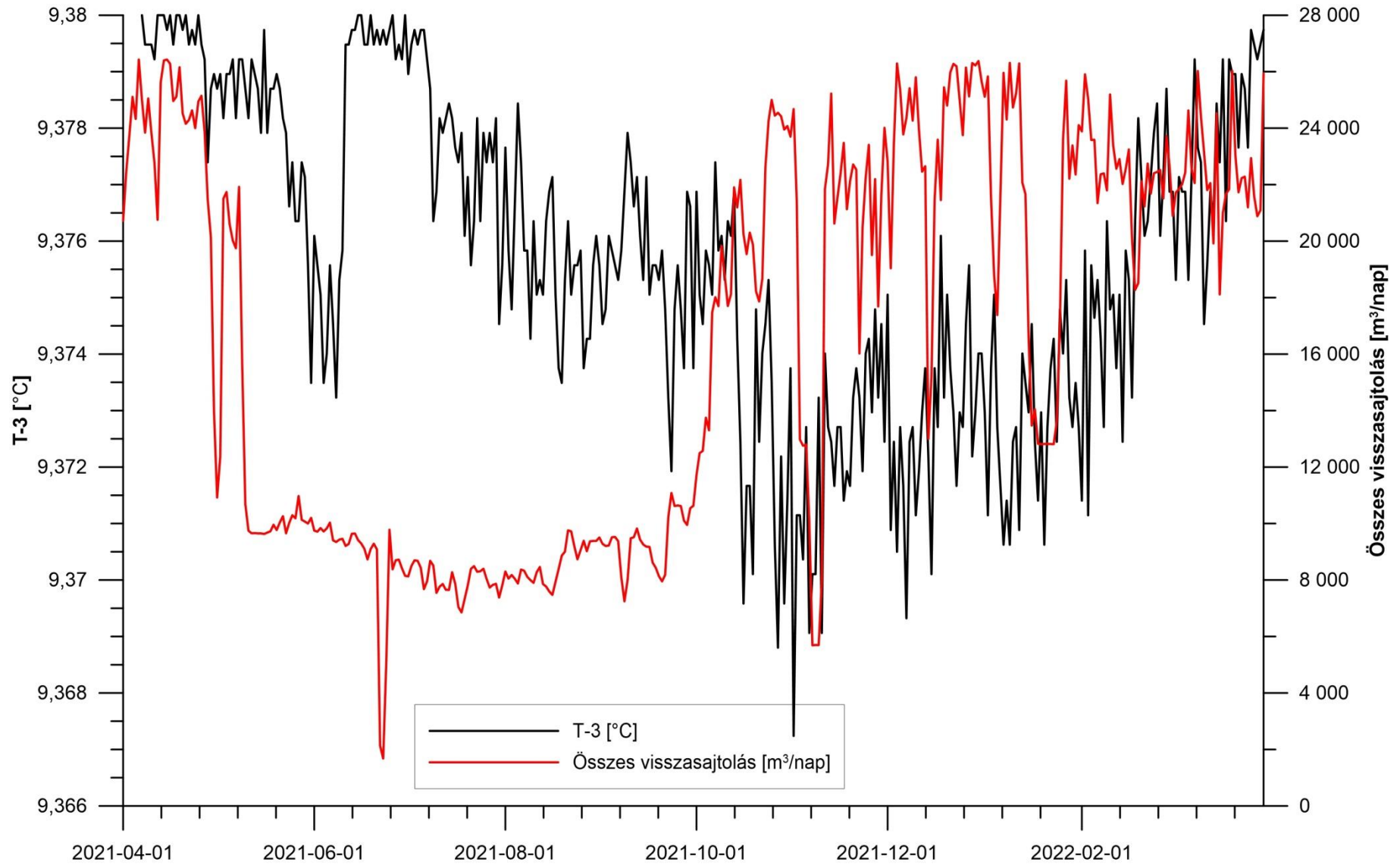
37. ábra. Az összes visszasajtolás és a Termál-forrás hőmérséklete, $R^2 = 0,46$

6. melléklet – A visszasajtolás teljes mennyisége és a vizsgált megfigyelőkutak hőmérséklet adatai



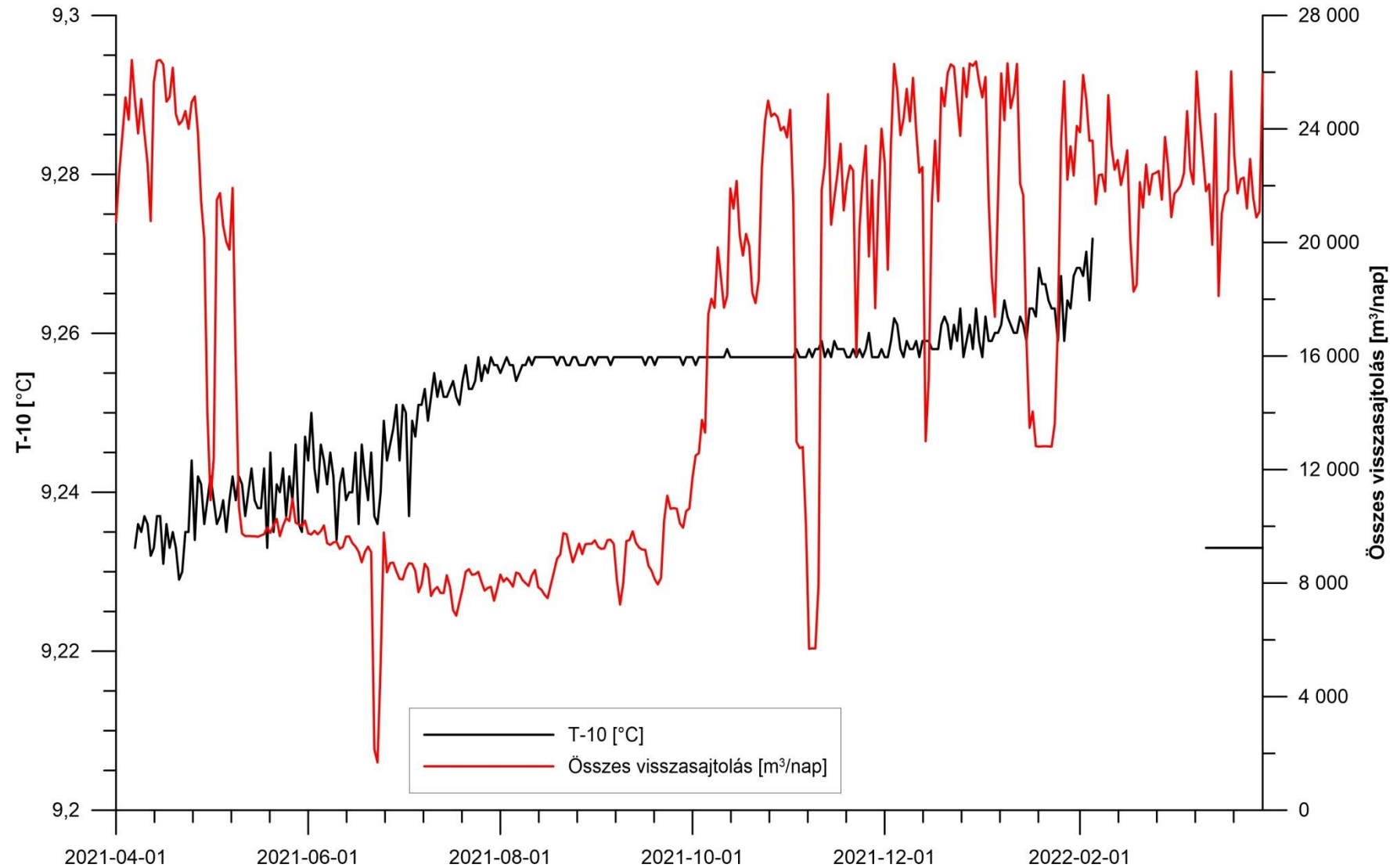
38. Az összes visszasajtolás és a Parki-kút. hőmérséklete, $R^2 = -0,77$

6. melléklet – A visszasajtolás teljes mennyisége és a vizsgált megfigyelőkutak hőmérséklet adatai



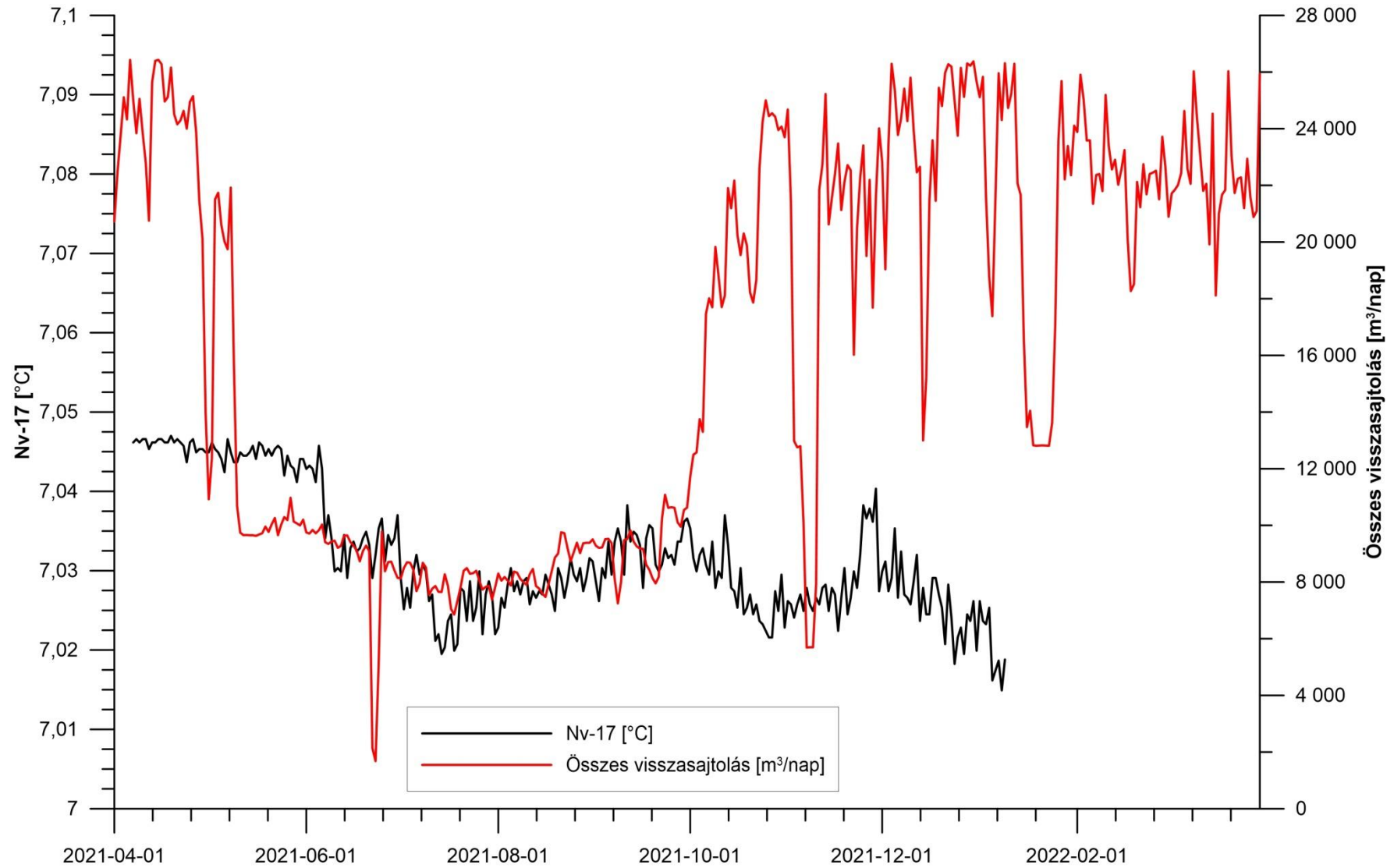
39. ábra. Az összes visszasajtolás és a T-3 figyelőkút hőmérséklete, $R^2 = -0,21$

6. melléklet – A visszasajtolás teljes mennyisége és a vizsgált megfigyelőkutak hőmérséklet adatai

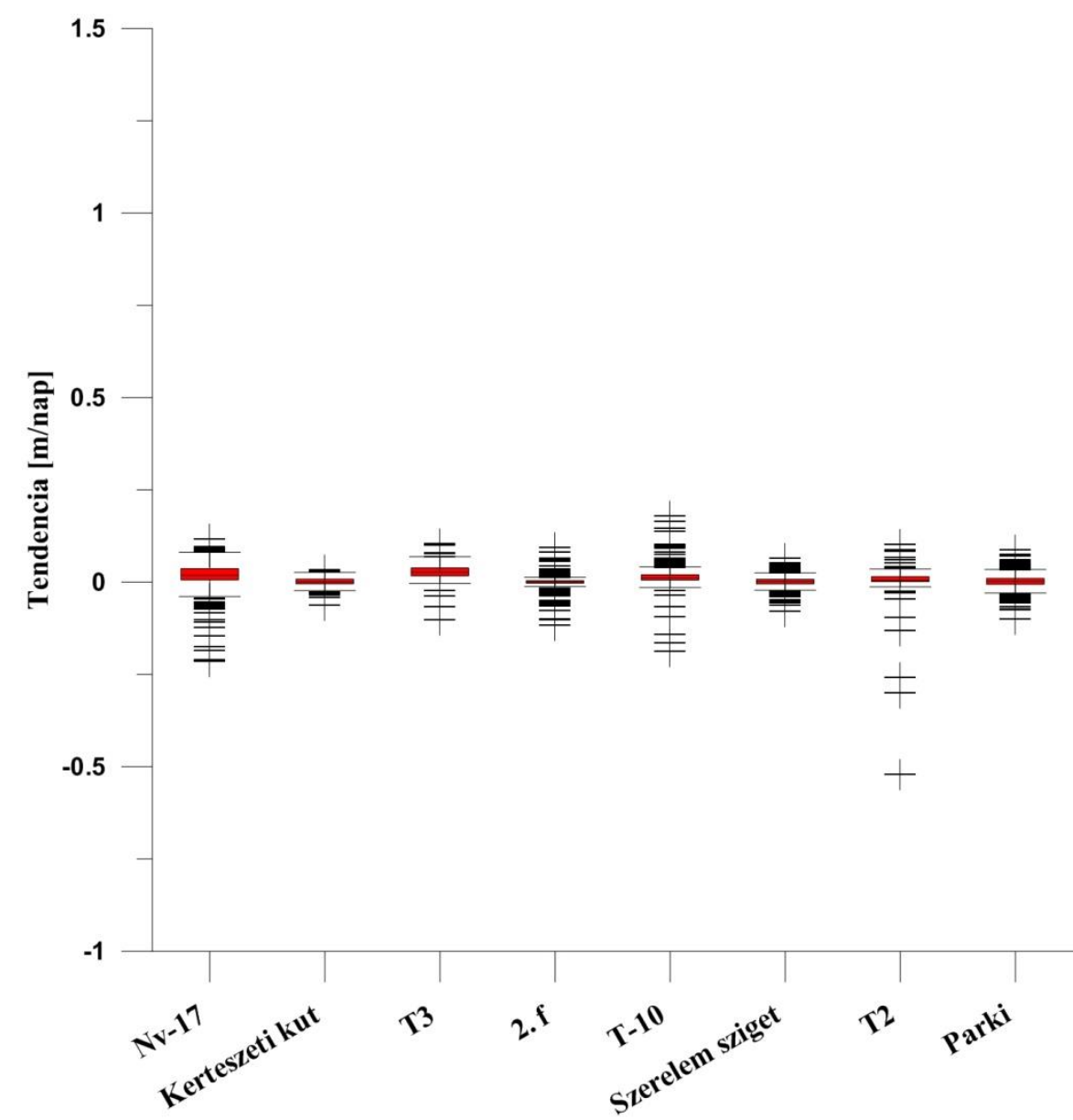


40. ábra. Az összes visszasajtolás és a T-10 figyelőkút hőmérséklete, $R^2 = -0,01$

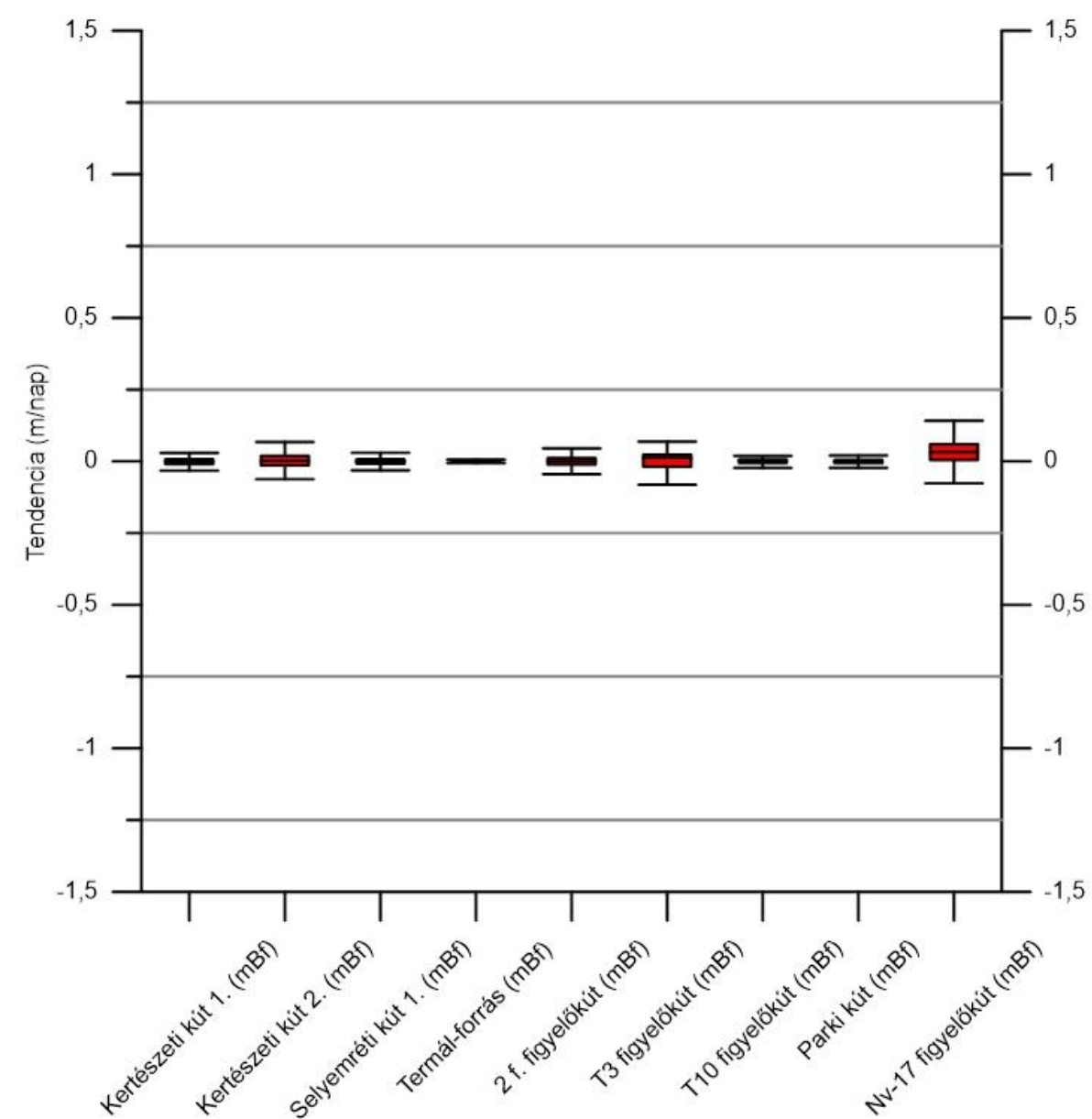
6. melléklet – A visszasajtolás teljes mennyisége és a vizsgált megfigyelőkutak hőmérséklet adatai



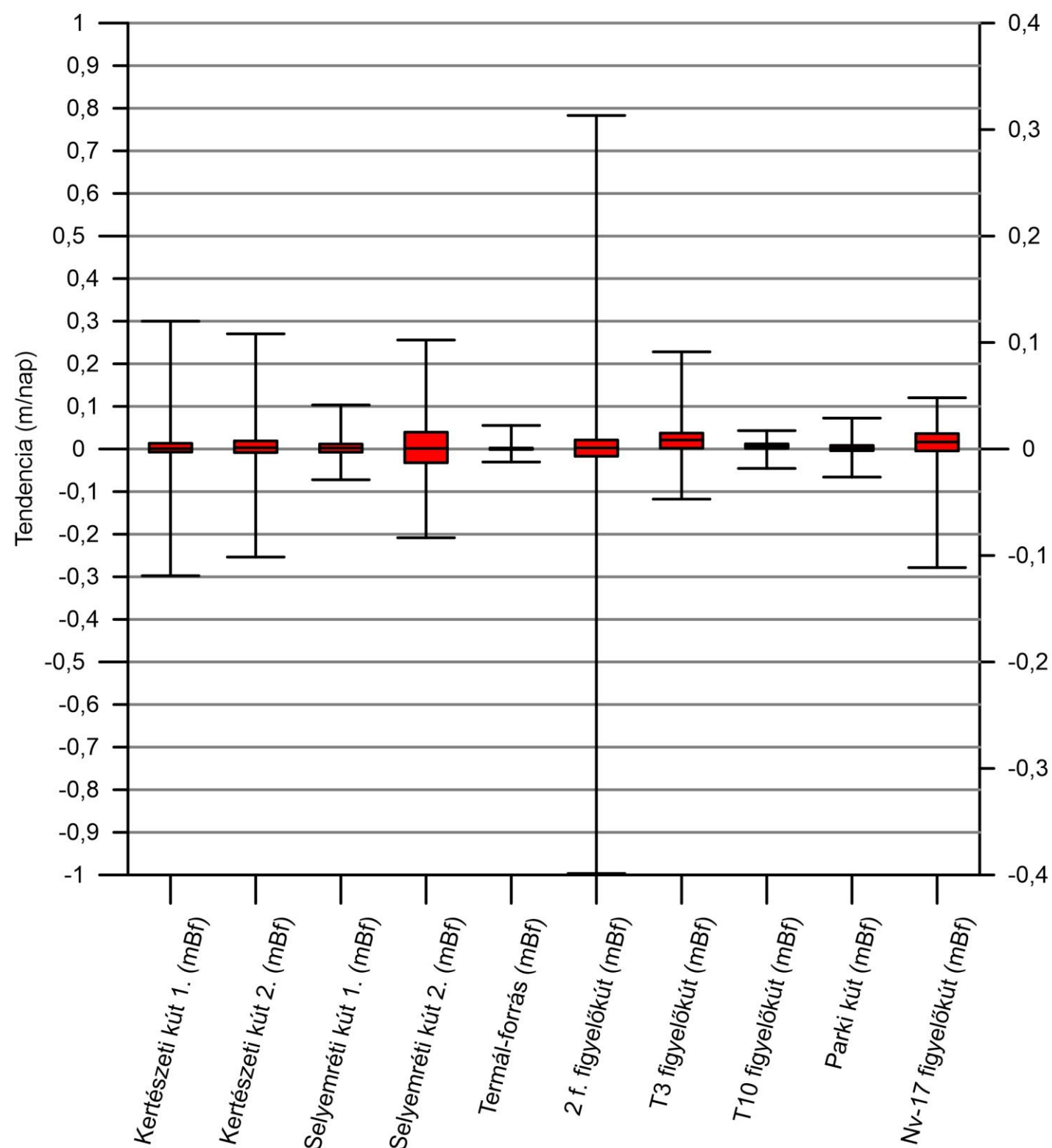
41. ábra. Az összes visszasajtolás és az Nv-17 figyelőkút hőmérséklete, $R^2=0,05$



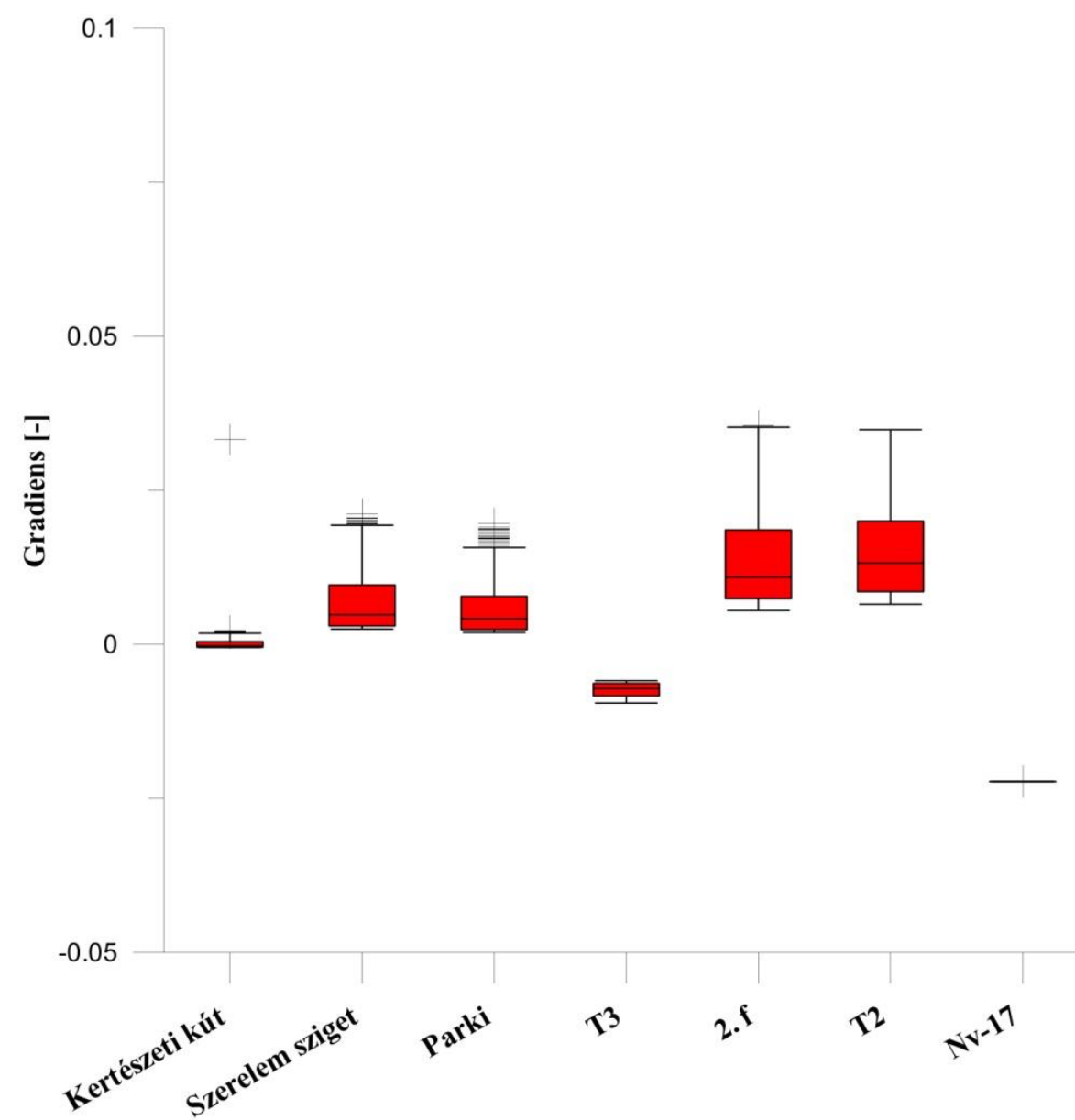
42. ábra. A monitoring pontokban észlelt vízszintváltozás tendenciája 2011-ben



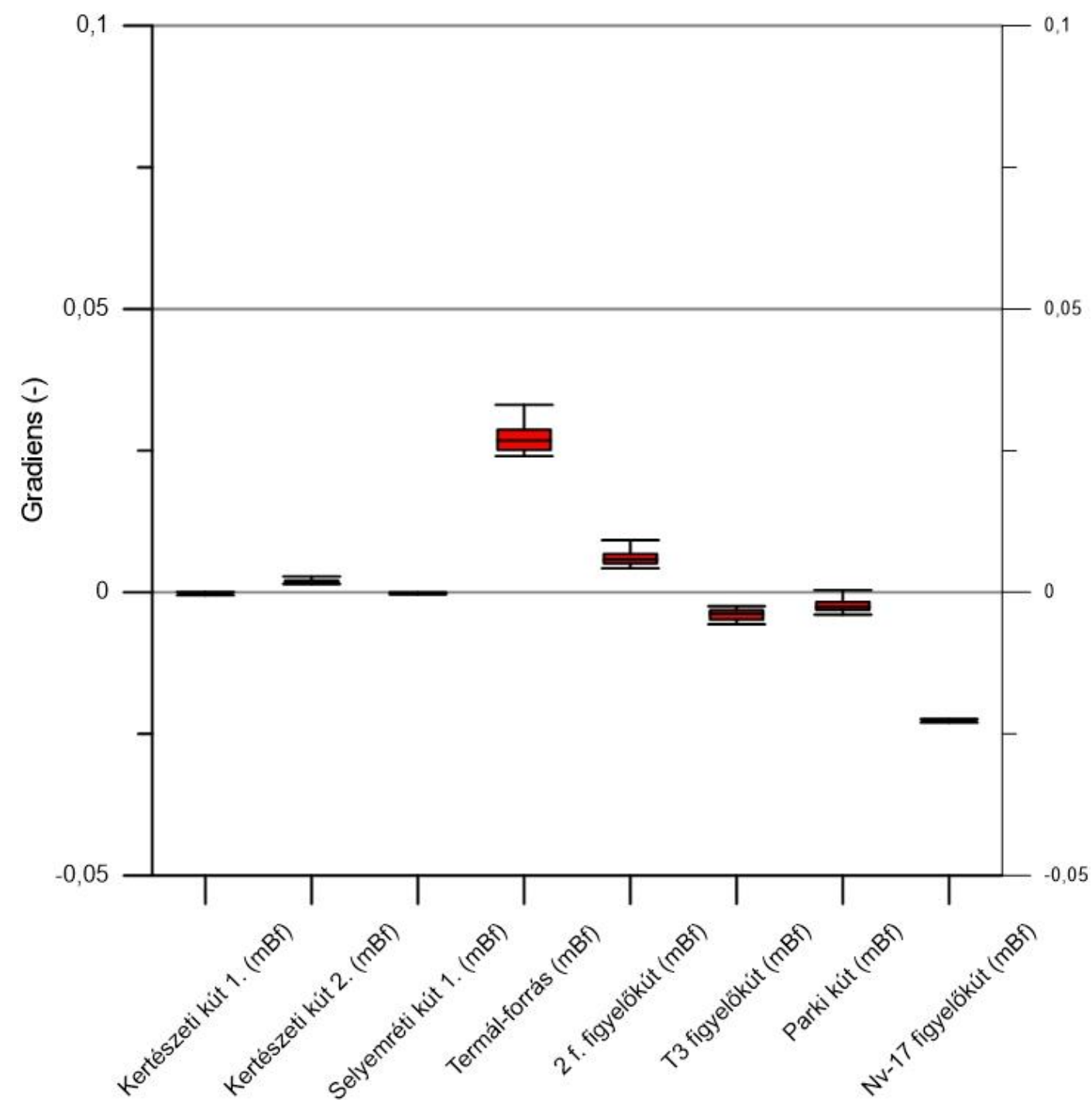
43. ábra. A monitoring pontokban észlelt vízszintváltozás tendenciája 2020. 04.01 – 2021. 03.31 között



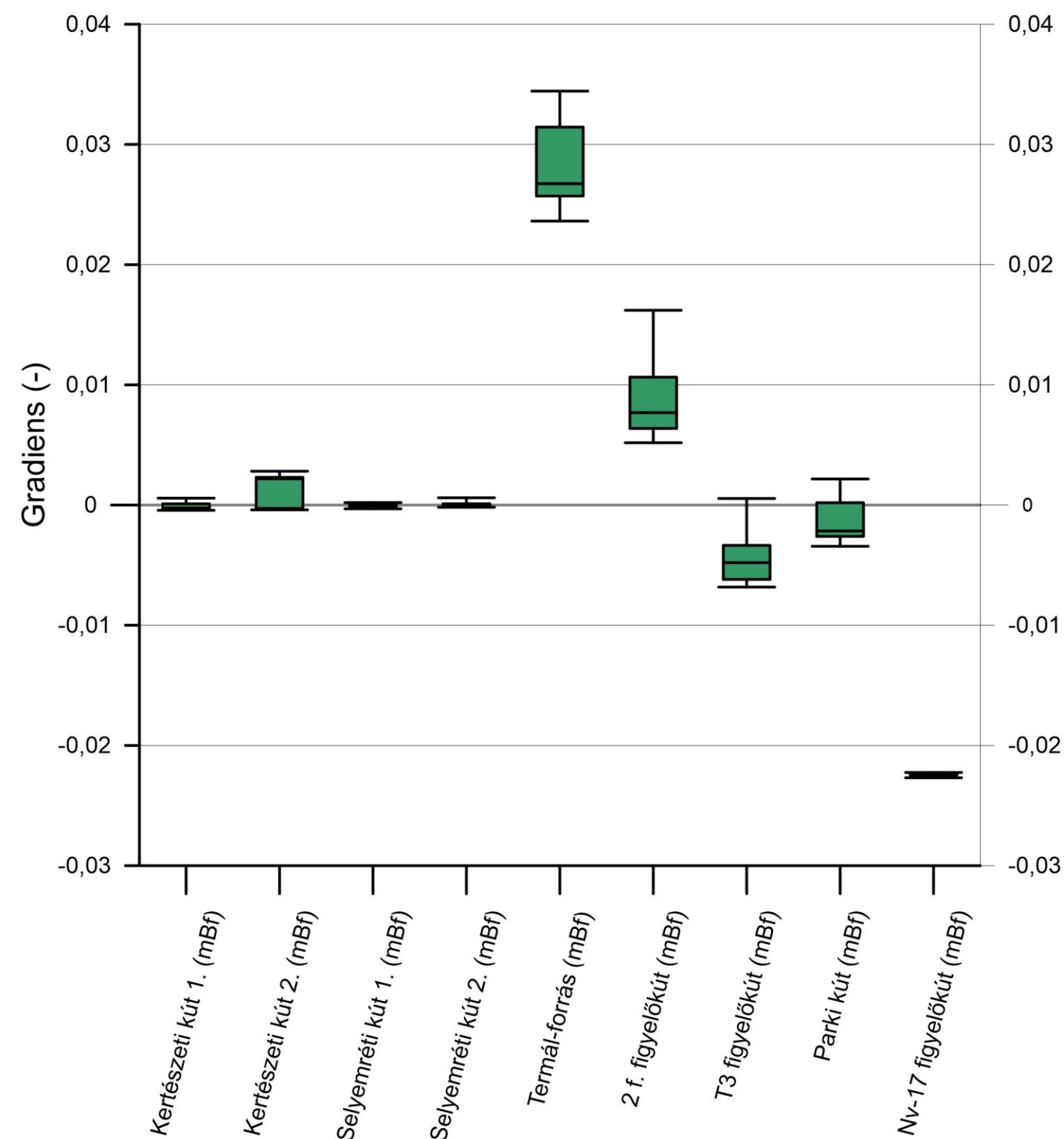
44. A monitoring pontokban észlelt vízszintváltozás tendenciája 2021. 04.01 – 2022. 03.31 között



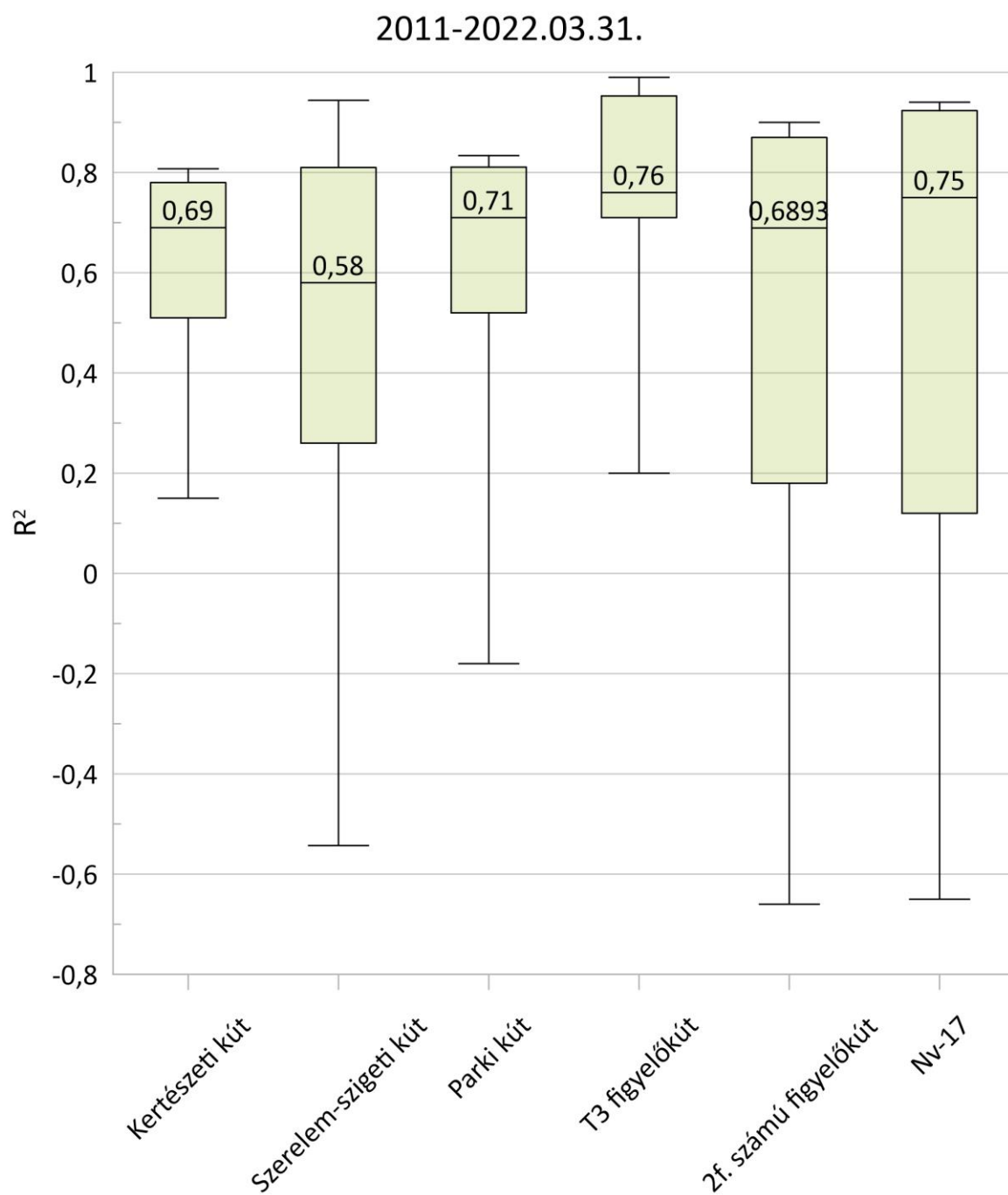
45. ábra. A T-10 figyelő kút és a monitoring pontok között számított gradiens értékei 2011-ben



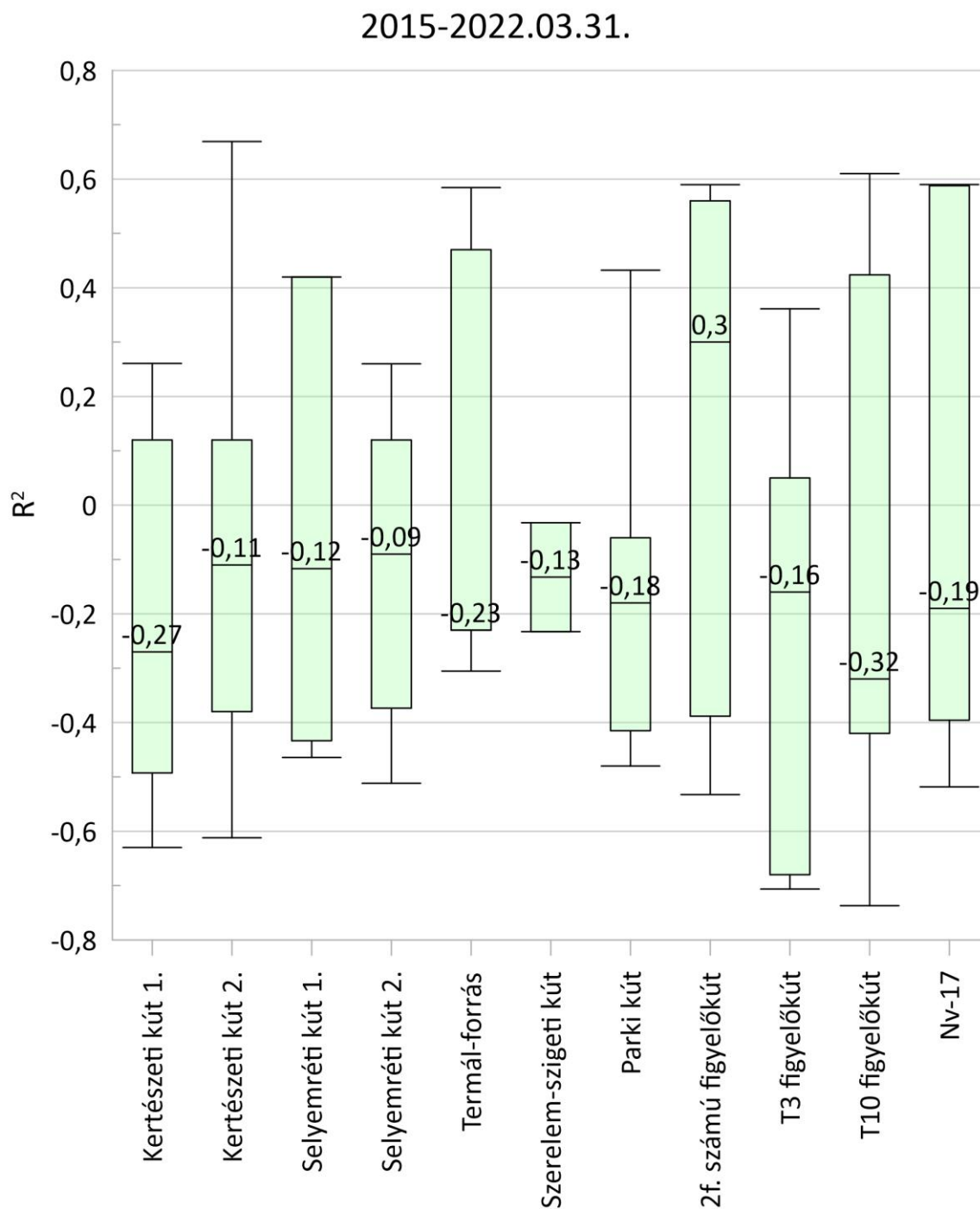
46. ábra. A T-10 figyelő kút és a monitoring pontok között számított gradiens értékei 2020.04.01 – 2021.03.31



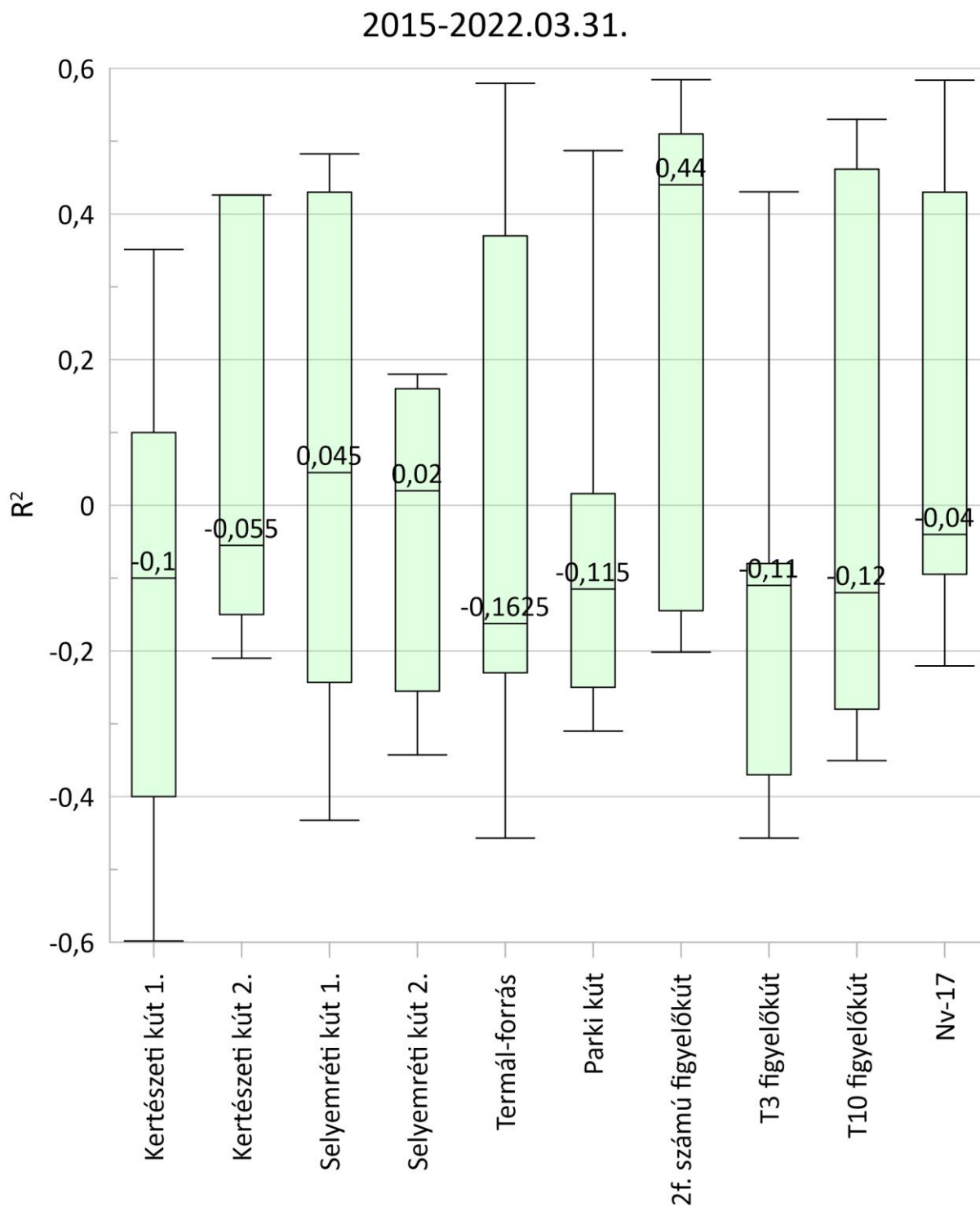
47. ábra. A T-10 figyelő kút és a monitoring pontok között számított gradiens értékei 2021.04.01 – 2022.03.31



48. ábra. A T-10 figyelő kút és a monitoring pontok között számított korrelációs együttható értékek 2011-2022.03.31 között, megadva a medián értékei is

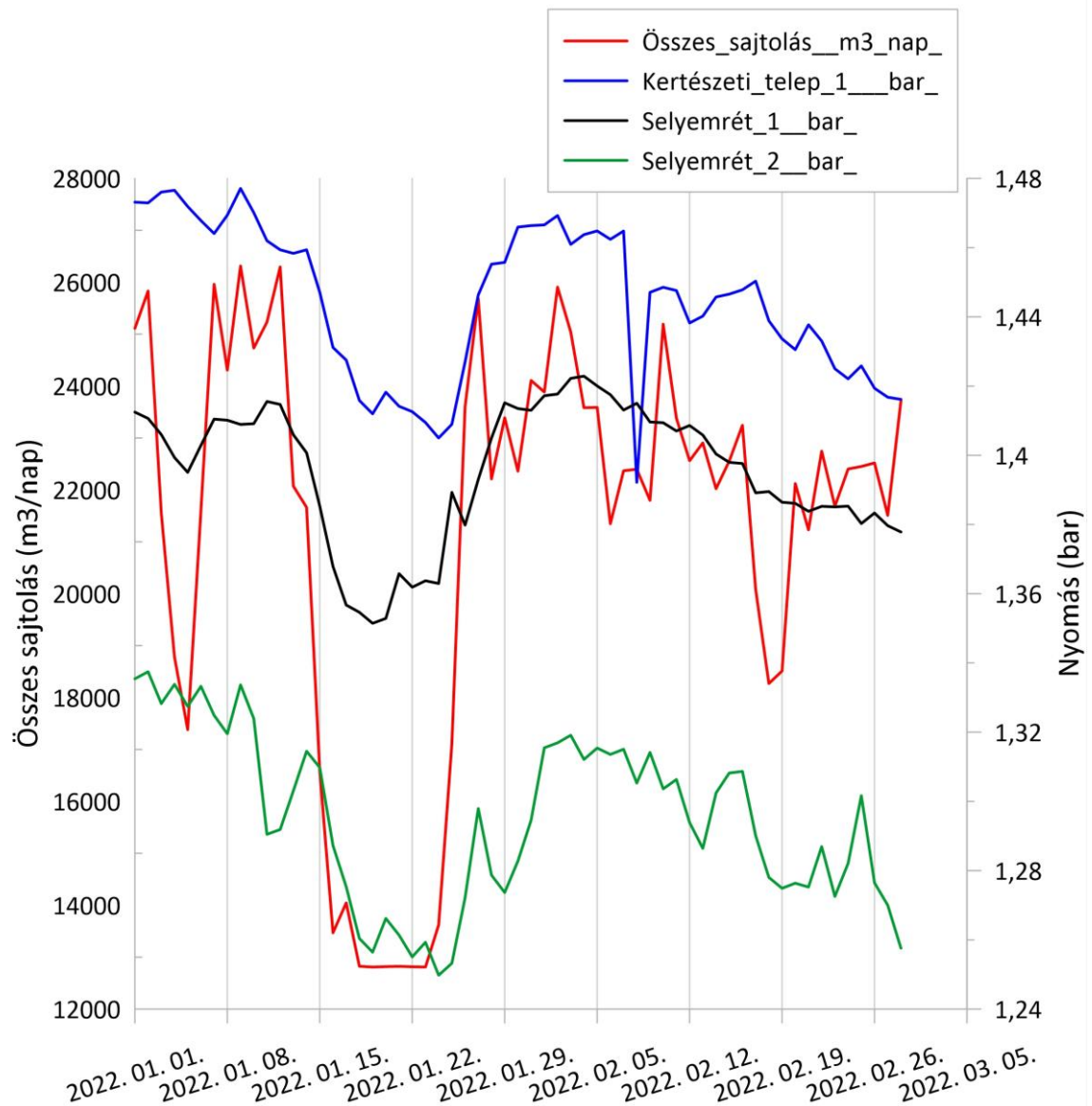


49. ábra. A monitoring kutakban észlelt vízszint és a visszasajtolás teljes hozama között számított korrelációs együttható értékek 2015-2020 között, megadva a medián értékei is



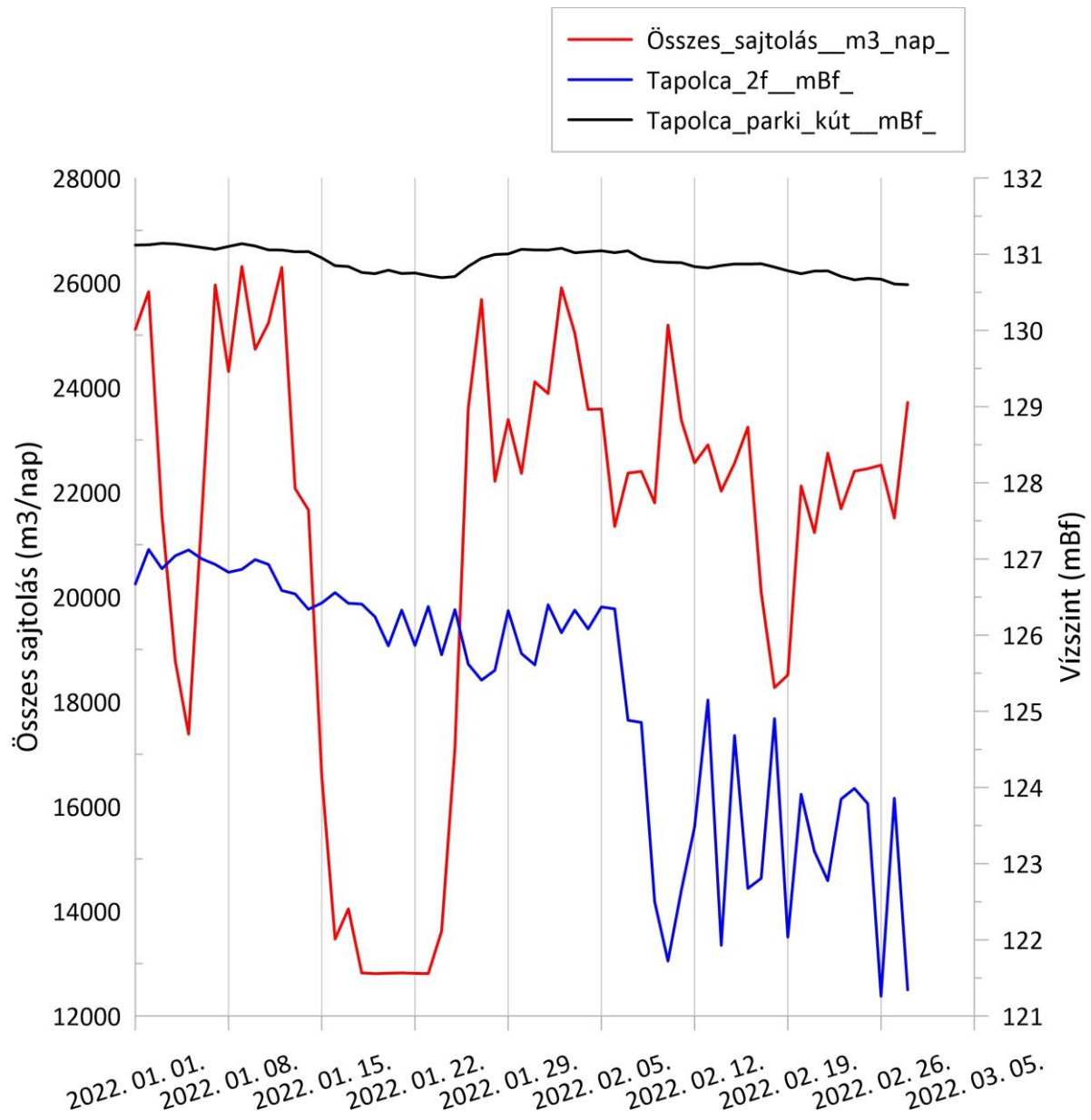
50. ábra. A monitoring kutakban észlelt vízszint és a visszasajtolási nyomás maximális értéke között számított korrelációs együttható értékek 2015-2022.03.31. között, megadva a medián értékei

10. melléklet – A visszasajtolás teljes hozama és a vizsgált megfigyelőkutak vízszint/nyomás adatai 2022.01.01 – 2022.02.28. között



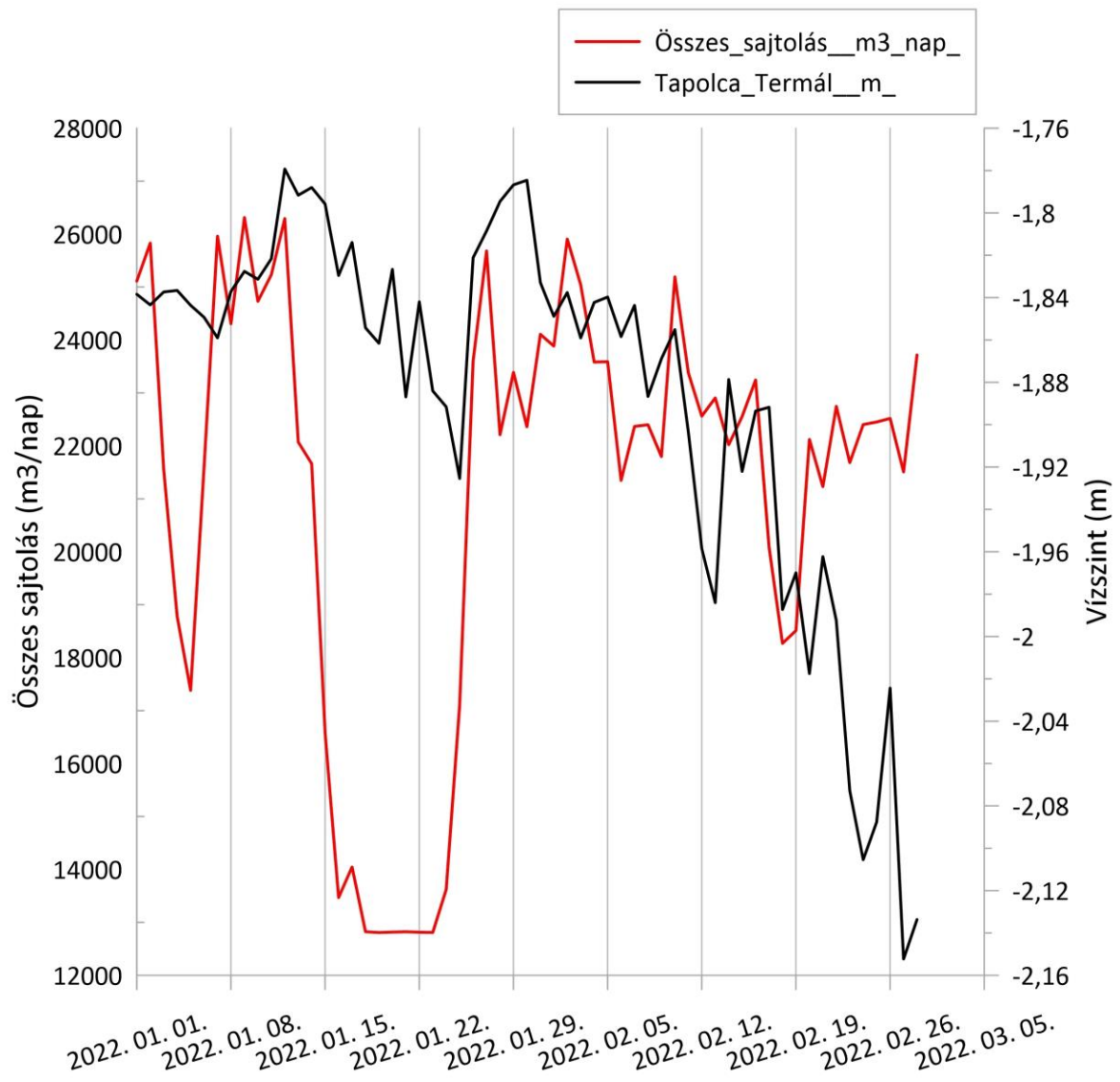
51. ábra. A visszasajtolás teljes hozama (m^3/nap) és a miskolci monitoring termálkutak nyomásszintjei 2022.01.01-2022.02.28. között (Kertészet 1.: $R^2=0,59$; Selyemrét 1.: $R^2=0,82$; Selyemrét 2.: $R^2=0,58$)

10. melléklet – A visszasajtolás teljes hozama és a vizsgált megfigyelőkutak vízszint/nyomás adatai 2022.01.01 – 2022.02.28. között



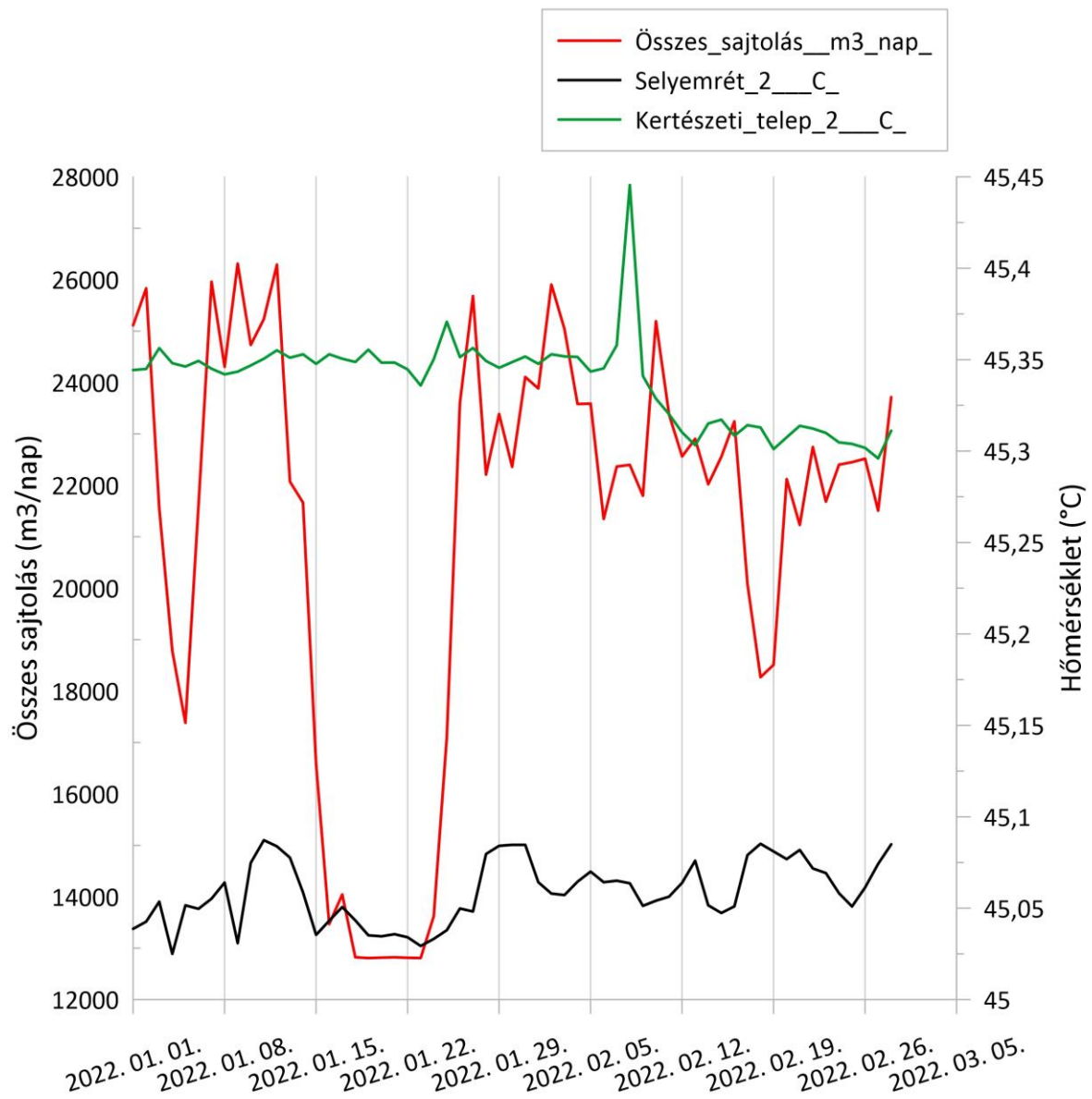
52. ábra. A visszasajtolás teljes hozama (m^3/nap) és a tapolcai monitoringpontok vízszintjei 2022.01.01-2022.02.28. között (2f. megfigyelőkút: $R^2=-0,14$; Parki-kút.: $R^2=0,48$)

10. melléklet – A visszasajtolás teljes hozama és a vizsgált megfigyelőkutak vízszint/nyomás adatai 2022.01.01 – 2022.02.28. között



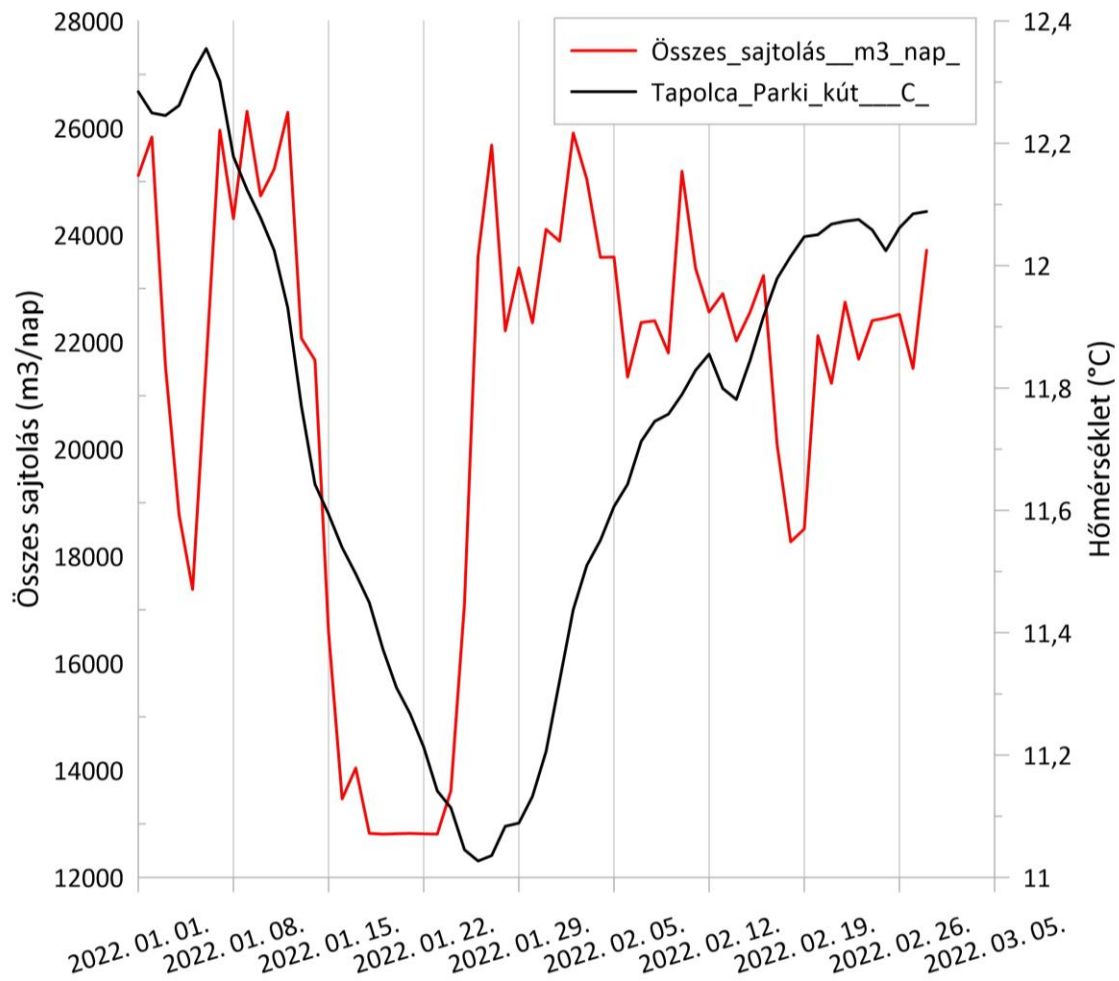
53. ábra. A visszasajtolás teljes hozama (m³/nap) és a Termál-forrás vízszintje 2022.01.01-2022.02.28. között ($R^2=-0,02$)

11. melléklet – A visszasajtolás teljes hozama és a vizsgált megfigyelőkutak hőmérsékletadatai
2022.01.01 – 2022.02.28. között



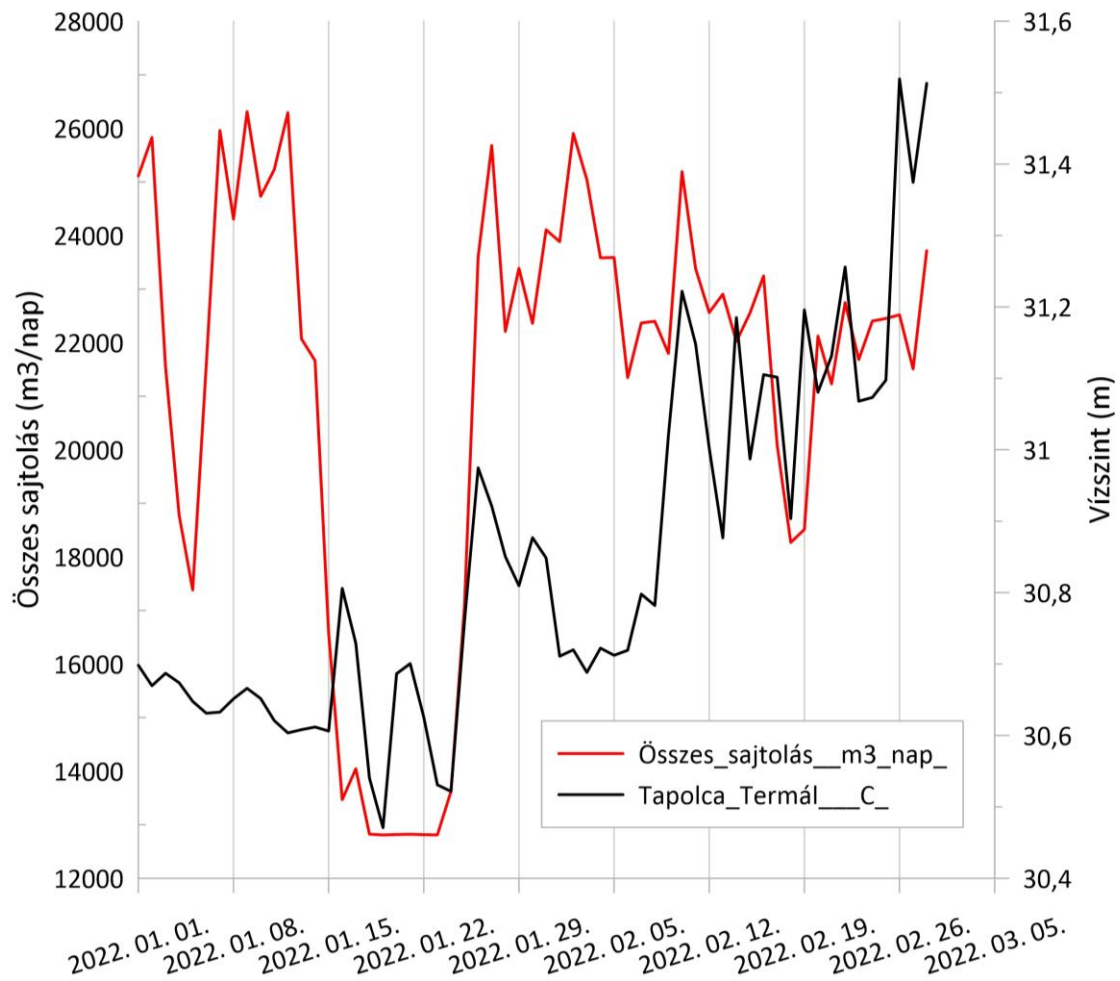
54. ábra. A visszasajtolás teljes hozama (m³/nap) és a miskolci monitoring termálkutak hőmérsékletadatai 2022.01.01-2022.02.28. között (Selyemrét 2.: $R^2=0,48$; Kertészeti 2.: $R^2=-0,08$)

11. melléklet – A visszasajtolás teljes hozama és a vizsgált megfigyelőkutak hőmérsékletadatai
2022.01.01 – 2022.02.28. között



55. ábra. A visszasajtolás teljes hozama (m³/nap) és a tapolcai Parki-kút hőmérsékletadatai 2022.01.01-2022.02.28. között ($R^2=0,36$)

11. melléklet – A visszasajtolás teljes hozama és a vizsgált megfigyelőkutak hőmérsékletadatai
2022.01.01 – 2022.02.28. között



56. ábra. A visszasajtolás teljes hozama (m³/nap) és a tapolcai Termál-forrás hőmérsékletadatai 2022.01.01-2022.02.28. között ($R^2=0,28$)