

A bükkábrányi bányáüzem belső hányója mozgásmérési eredményeinek komplex kiértékelése

Complex evaluating the results of monitoring of movement of the inner waste rock dump in Bükkábrány Mine

DR. HAVASI ISTVÁN

intézetigazgató, tanszékvezető egyetemi docens
Miskolci Egyetem Geofizikai és Térinformatikai Intézet,
Geodéziai és Bányaméréstani Intézeti Tanszék

KLEIBER MÁRK,

a Mátrai Erőmű Zrt. Bükkábrányi Bányáüzemének volt technológusa



A tanulmány a Miskolci Egyetem 2020. évi Felsőoktatási Intézményi Kiválósági Program (FIKP) keretében elnyert pályázat részeként íródott. A kutatómunka a meddőhányókra, szűkebb értelemben pedig a meddőhányók mozgásmérésére, az ehhez kapcsolódó korszerű mérési technikákra, a mérési eredmények feldolgozására, kiértékelésére irányult. Mintaterületként a Bükkábrányi Bánya belső meddőhányója lett kiválasztva, amelyhez kötődően, a létesített monitoring pontrendszer vonatkozásában, az üzemben már évek óta rendszeresen végeznek GPS-észleléseket. Cikkünkben a 2018–2020 időszak évenkénti komplex adatfeldolgozási eredményeink alapján rövid összehasonlító értékelést is végeztünk azért, hogy a meddőhányó egyik mozgásvizsgálati zónáján (II.) a fellépő mozgásjelenség természetét a lehető legmegbízhatóbban megismerhessük.

The study was written as part of a gained project in the frame of the University of Miskolc's 2020 Higher Education Institutional Excellence Program (HEIEP). The research work focused on a waste rock dump, in narrower sense, on monitoring of movements of the waste rock dump; the related modern survey techniques; and the processing and evaluation of the measuring results. The inner waste rock pile of Bükkábrány Mine was selected as a test area, in connection with which, relating to the established monitoring point system, GPS observations have been regularly carried out in the mine for years. In our article, based on our annual complex data processing results for the 2018–2020 periods, we also performed a short comparative evaluation in order to get to know the nature of the motion phenomenon occurring in one of the motion test zones (II.) of the waste dump as reliably as possible.

Now let's look at the content of our study in a little more detail! During the general presentation of waste rock piles, we reviewed their occurrence and appearance, and briefly touched on erosion and the risk of landslides. We examined the domestic legal environment for waste dumps and several alternatives for their recyclability. This was followed by a concise description of the working process of monitoring of movements and the survey techniques that can be used for it, which are already routinely used in mine surveying practice, and the new ones which will be introduced as a result of technological development as well.

Then we turned to the main body of our study on monitoring of movements carried out in the test area, presenting waste rock pile surface itself and its design; the survey method (GPS technique) used for the research; the motion test zones created in the waste rock dump; and the monitoring points included in them.

To the complex processing of monitoring of movements we used a graphical procedure on the one hand, and a statistical analysis on the other hand. For both test methods, we used the determined coordinates of all measured points included in the research work in all three years. The two evaluation procedures were completely similar in that they focused on the relationship between change (possible movement) and time. In the graphical process, we created an Excel table for each test point, which contains coordinate changes / relevant motion characteristics. Using the data contained in it, four types of graphs were made as a function of time. In the second part of the complex evaluation, we used a statistical analysis/test, following the individual steps required for its practical implementation.

Summarizing our study the following can be briefly stated about its results. At the beginning of our article, we dealt with waste rock dumps and monitoring of movements in general. After that, we turned to the main body of our research work, the motion analysis of the technically arranged area of the inner waste rock pile of the Bükkábrány, Mine Mátrai Power Station Ltd. Taking the results of the carried out complex evaluation based on regular GPS measurements of the monitoring points established on the waste rock dump into consideration, we made decisions regarding immobility and motion. The aggregated results of his statistical tests of the studied monitoring points for 2018–2020 years with the marked annual changes and the combined evaluation of their graphic processing functions showed how the decision about the movement phenomenon changed in relation to which monitoring point and which coordinate.

A meddőhányókról általában

A meddőhányókat gyakorta a bányászati tevékenység melléktermékeként szokás emlegetni [1]. Azok kapcsán a kitermelt nyersanyag lehet pl. szén, valamilyen érc vagy a számunkra értékes anyagot fedő, illetve azt bizonyos mértékben még tartalmazó, de a kitermelés szempontjából az adott technikai színvonalon gazdasági szempontból már értéktelen kőzetanyag felhalmozódása. Előfordulási formájukban meredek dombokról beszélhetünk. Az imént említett hányóbeli hasznos anyag(ok) azonban idővel (technikai fejlődéssel és más gazdasági környezetben) még hasznosításra alkalmassá válhatnak. A meddőhányók lehetnek kúposak, laposak és lapultak; elhelyezkedésük és megjelenésük lehet tájba illő (rekultivált) és tájidegen. Sokszor több millió tonnás halmok is képződnek, amelyek a különböző környezeti hatásoknak (pl. napsugárzás, csapadék stb.) vannak kitéve. A felmelegedés például megnehezíti azokon a növényzet megtelepedését, így az erózió hatása a lejtősíkjaink instabilitását eredményezheti. Az erózió jelensége azonban geotextíliákkal az egyszerűbb vegetáció megjelenéséig kezelhető. A meddőhányókon fennáll a rézsűcsúszás veszélye, amely működő bányában esetleg üzemzavart, megrongálódást vagy ritkán balesetet is előidézhet. Szénbányászati meddőknél a hányó belsejében öngyulladásal parázslás, sőt akár felszíni tűz is kialakulhat.

Tekintettel arra, hogy az ásványi nyersanyagok kitermelése együtt jár jelentős mennyiségű meddőanyag keletkezésével, ma már a bányásztól elvárás az ún. környezetbarát tevékenység, és a rendelkezésre álló készletek csökkenésével, a nyersanyagokkal való takarékosabb gazdálkodás is. Napjainkban is gyakorta olvashatunk róla, de a jövőben egyre inkább előtérbe fog majd kerülni a meddőhányók szerepe, a másodlagos nyersanyagok kinyerésének kérdése. Ehhez figyelembe kell venni a változó jogi, gazdasági és technológiai feltételeket. Az is ismert, hogy a bányabeli meddők olyan melléktermékek, amelyek nem tartalmazzák a bányatelek védnevében megjelölt azon nyersanyagot/nyersanyagokat, amely(ek) kinyerése céljából az adott bányüzemben a termelést végzik. Példaként említhető meg itt a csökkentett érctartalmú kőzet, a nem megfelelő minőségű építőkö, a széntelepbe ékelődött éghető anyagtartalom nélküli agyagos, agyag-márgás kőzetréteg stb. Eszerint tehát most a bányaművelésből keletkező, a felhasználható anyagok kitermelése után visszamaradó felhalmozott anyagtömegről van szó. A bányavállalkozó előtt ez esetben két választási lehetőség van. A meddőanyagot vagy tájrendezésre (rekultivációra) használja fel, vagy pedig abból meddőhányót épít [2]. Egy külfejtéses bánya nyitásakor kényszerűségi okból meddőhányót kell létesíteni. Ha már a bányaművelés a szük-

séges mélységet elérte, és azt a visszatöltés már nem akadályozza, akkor a meddő a bányagödörben is elhelyezhető (pl. Bükkábrányi Bányászati Üzem).

A hazai gyakorlatban a meddőhányókat általában mint bányászati hulladékkezelő létesítményeket emlegetik, amelyekre a 14/2008.(IV.3) GKM rendelet előírásai az irányadóak. Minden bányatelekhez tartozó (rajta és rajta kívül található) meddőhányóhoz az illetékes bányahatósághoz jóváhagyásra hulladékgazdálkodási tervet kell készíteni [2].

A meddőhányók újrahásznosításának többféle alternatívája van. Beszélhetünk geotechnikai módszerről és tájba illesztésről/rekultivációról kiegészítve az utóbbit egyéb hozamlehetőséggel (erdőgazdálkodás, mezőgazdaság, szőlészet/borászat, sportsí/szán és szabadidő-tevékenység). A geotechnikai újrahásznosíthatóság kapcsán példaként ragadható ki az építőipar területe (tömedékelés, töltés, útalapozás, pályatestépítés, védőrétegek kialakítása stb.). Világszerte található olyan régi meddőhányók is, amelyek építési célokra alkalmatlanok, ugyanakkor jelentős ökológiai értéket hordoznak, és emiatt gondozói felügyeletet igényelnek.

A mérnökgeodéziai mozgásvizsgálatokról általában

A felszínmozgások mérése és kiértékelése mind a hazai, mind a nemzetközi szakmai gyakorlatban komoly háttérrel rendelkezik, amelyet annak igen jelentős számú szakirodalmi is igazol. Különösebb indoklást nem igényel az, hogy e problémakör – jellegeből adódóan – állandó aktualitással bír, és ezért folyamatos kutatást igényel, köszönhetően a felhasználható műszeres technológia és a kiértékelési eljárások dinamikus fejlődésének.

A különböző mozgásvizsgálatok végrehajtása során a következők tisztázására, megfontolására oda kell figyelni: modellválasztás (szükséges-e a mozgáskiváltó okok feltárása), munkafolyamat, mozgásmezőt jellemző mennyiségek, mérési pontrendszer kialakítása, pontossági kérdések, mérési módszer és az ahhoz szükséges mérőeszközök, az idő szerepe, a mérési eredmények feldolgozása, a fellépő változások értelmezése [3]. Egyes mozgásméréseknél az ok-okozati összefüggések feltárása is nélkülözhetetlenné válhat. Ezt azonban a gyakorlatban sokszor megnehezíti az, hogy a mozgások, esetleges károsodások kialakulásában akár több előidéző tényező is szerepet játszhat. Ebben az esetben a helyes fizikai értelmezéshez az ok-okozati rendszer tisztázását feltétlenül meg kell tenni. Ami pedig a munkafolyamat általános vezérfonalát illeti, a tervezést és az alpméréseket el kell végezni, majd pedig azokat a mozgásmérések és feldolgozások követi, zárásként pedig jön a mozgásjelenség értelmezése és a deformációk számítása. Az idő kapcsán fontos

megvizsgálni a mozgás időbeli lefolyását, a mérési időpontok megválasztását (időszakos méréseknél), az egyes mérések időigényét [3]. A mozgás időbeli lefolyása ugyanis befolyásolja a mérési módszer megválasztását is. Időszakos méréseknél a mérési időpontok meghatározása történhet akár tapasztalati, akár matematikai alapon. Mozcásvizsgálatoknál a mérési pontrendszer létesítése – annak sajátos jellegéből adódóan – különleges tervezési stratégiát igényel. Eszerint foglalkozni kell az egyes mérési pontok rendeltetésével (stabil alappontok, mozgásnak kitett észlelési pontok), számuk, helyük és állandósítási módjuk, valamint az ahhoz kapcsolódó esetleges problémák meghatározásával. Emellett még át kell tekinteni a várható mozgási hatásterületeket, mozgászónákat is.

A felszínmozgások mérése egyrészt végrehajtható az ismert, a gyakorlatban is már rutinszerűen alkalmazott mérési módszerekkel és eszközökkel (pl. hagyományos geodézia, fotogrammetria, mérőállomás, GPS), másrészt a technológiai fejlődés eredményeképpen bevezetett új technikákkal (földi radarberendezések, lézershakennerek, drónok felhasználásával). Nyilvánvaló az is, hogy az egyes módszerek kiválasztásánál mindig célszerű figyelembe venni a mozgásvizsgálat jellegét, a mérésekkel szemben támasztott pontossági elvárásokat, valamint a mozgásvizsgálat helyszíni és technológiai adottságait. Napjainkban a hazai bányamérési gyakorlatban az olyan mérési technikák, mint a drónos, lézershakenneres vagy a LIDAR mozgásmérési célú alkalmazása egyáltalán nem tekinthető még általánosan elterjedtnek. Ezek kapcsán egyelőre inkább csak kísérleti jellegű vizsgálatokról beszélhetünk. Ugyanakkor az e célra számításba vehető GPS mérési technikák felhasználása már mindennaposá vált. A GPS mérési módszerek alapvetően az adott országban/helyen igénybe vehető GNSS technológiára támaszkodnak. Ennek az egyik lényegi összetevője maga a műholdas alaprendszer. A műholdas helymeghatározás kapcsán manapság már négy ílyet is szokás meg-

említeni. Ezek az amerikai NAVSTAR-GPS, az orosz GLONASS, az európai Galileo és a kínai Kompassz. Az első kettő már jól ismert, azok évek óta teljes kiépítettséggel üzemelnek. A másik kettő közül a Kompassz is kiépült 2020-ban, továbbá a Galileo kialakítása is záró szakaszba jutott, és 2022-ig várhatóan az is eléri majd a teljes műholdas konfigurációt azért, hogy azok az érintett felhasználók számára a mostani rendszerekkel együtt és mellett, a helymeghatározási feladatok a GPS-technika mozgásmérési célú felhasználása kapcsán szélesebb alternatívát kínáljanak.

A mozgásmérési eredmények feldolgozása szoros összefüggésben van a megválasztott matematikai modellel és mérési módszerrel. Minden időszakos mozgásvizsgálatnál, így számos felszínmozgásnál is a legnehezebb feladatot a következő kérdés megválaszolása jelenti. Miből adódik a vizsgált pontok egyes mérési alkalmak között meghatározott koordinátáinak változása (koordinátakülönbségek)? A kérdésre két lehetséges válasz is adható. Az egyik szerint az eltérések csak az elkerülhetetlen mérési hibák következményei, a másik szerint pedig azok nemcsak az előbb említetteket foglalják magukba, hanem a létrejött mozgásjelenséget is. A mozgás tényének megállapítása különösen nehéz akkor, amikor a változások nagyságrendje közel azonos a fellépő hibák nagyságával. Ilyenkor megoldást jelenthet például egy jól/célszerűen megválasztott statisztikai próba vagy a dolgozatunkban használt komplex kiértékelési eljárás.

Mozgásmérések a kutatási mintaterületen

Bükkábrány Bányában a meddőanyag irányított lerakását (1., 2. ábra) három meddős gépláncon három hányóképző gép végzi. Az eltérő szinteken, a közel legyezőszerű hányótöltési technológia következtében, folyamatosan újabb és újabb hányóterületek kerülnek az aktív töltési részeken kívülre, amelyeken később aztán megkezdődhet a technikai, majd pedig a biológiai rekultiváció.



1., 2. ábra. Képek a mélyoldali hányóképzésről a Bükkábrányi Bányauzemben

A teljes hányófelület *nagyjából 450 hektárt* tesz ki. Ebbe beletartozik az aktívan, napi szinten változó és töltés alatt álló hányórész, a „felhagyott”, rekultiváció előtti és a technikailag rendezett, esetlegesen már más felhasználási folyamatok alá eső terület is.

Maga a hányótömeg az eltérő vizsgálati pontokon más és más mozgási tulajdonságokkal rendelkezik. A meddőanyag lerakását követően minden esetben beáll egy ideiglenes vagy viszonylag állandó nyugalmi állapot köszönhetően az ülepedési folyamatoknak. Természetesen sok más körülmény befolyásolhatja e folyamatok időbeni lefolyását, gyorsaságát, és az előre nem megjósolható, csúszási, mozgási tényezők megállapításához annak folyamatos figyelemmel kísérése mindenképpen szükséges.

A Bükkábrányi Bányüzemben mind a hányófelmérésre, mind pedig a hányóállékonyság vizsgálatára *GPS mérési technikát* használnak. Általánosan megállapítható, hogy a bányászati folyamatok különböző süllyedési, állékonysági problémákat idéznek elő, akár a víztelenítés miatt a bánya környezetében, akár a bányatérben belül.

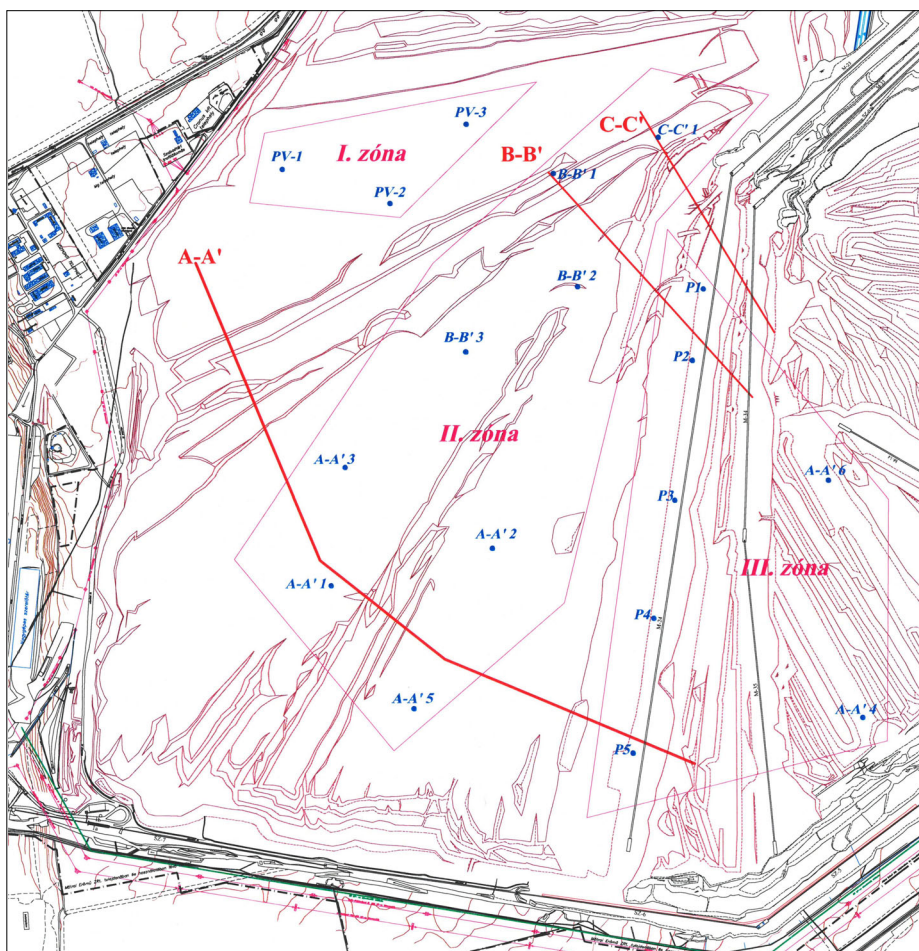
Most az utóbbira koncentrálna, elmondható az, hogy a belső hányók képzésekor folyamatosan/rendszeresen ellenőrizni kell a meddőhányó stabilitását, tekintetbe véve a bányabeli állandó és biztonságos munkavégzés fenntartását [4, 5]. Egy esetleges hányótönkrementel/hányócsúszás egyaránt veszélyeztetné mind a bánya berendezéseit, infrastruktúráját, mind pedig annak dolgozóit. Tekintettel arra, hogy a meddő letakarítása, a szén lefejtése és a meddőhányó építése is különböző szinteken történik, ezért minden egyes munkaszinten nyomon kell követni a felhalmozott meddőanyag esetleg bekövetkező mozgását. A fellépő mozgások (vízszintes elmozdulás, süllyedés) alakulásáról az egyes rézsűszintek metszetei mentén állandósított mérési pontok (itt fakarók) ismételt mérése és a kapott eredmények rendszeres

értékelése alapján lehet megállapításokat tenni. Az időszakos mérések gyakorisága a monitoring pontok többségénél korábban kb. 3 hónap volt. Ami pedig az elmúlt kettő évet illeti, 2019-ben csupán három, 2020-ban pedig csak egy alkalommal végeztek méréseket. A vizsgálati pontok elhelyezése, azok száma megfelelően kell, hogy reprezentálja az esetlegesen jelentkező hányómozgásokat. Az is előfordul, hogy a technológiai mozgások, egyéb hatások következtében egyes kihelyezett pontok megsérülnek, a hányóépítés során meddő alá kerülnek, ezáltal pedig mérésre alkalmatlanná válnak. Ebben az esetben új pont vagy új pontok létesítésére kerül sor, természetesen ezek helyének első bemért adatát, a továbbiakban mint kiindulási koordinátát kell kezelni. Az alkalmazott GPS észlelési eljárás a FÖMI hálózatára támaszkodik, és a néha előforduló jelárnyékolás ellenére is megbízható eredményeket szolgáltat. Az egyes mérési pontokon a GPS-vevő másodpercenként 1 percig gyűjti az adatokat (60 mérés), majd pedig mind a vízszintes, mind a magassági koordinátákat eltárolja (3., 4. ábra). A különböző mérési időpontokban a bemért pontok koordinátáit táblázatban rögzítik, a pontonkénti koordinátaváltozásokat grafikusan szemléltetik. Jelen kutatási munka fő céljának az volt tekinthető, hogy az üzemi illetékes kollégával együttműködve átnézzük és értékeljük a meddőhányó aktuális mozgásmérési rendszerét, hogy egy komplexebb kiértékelés végrehajtását követően a mozgásjelenség természetét jobban megismerve – és ha szükséges – akkor változtatási javaslatokat tegyünk. A korábbiaknál megalapozottabb kiértékelés és az ennek eredményeképpen megtett esetleges változtatások hozzájárulhatnak majd a bányabeli biztonságosabb munkavégzéshez.

Az évenkénti komplex adatfeldolgozást a Miskolci Egyetem elnyert FIKP-i keretében 2018-ban kezdtük el, és azóta is végeztük.



3., 4. ábra. Hányóvizsgálati monitoringpont bemérése GPS-vevővel



5. ábra. A belső hányóterület mozgásmérési pontrendszere és a kialakított zónák (2018)

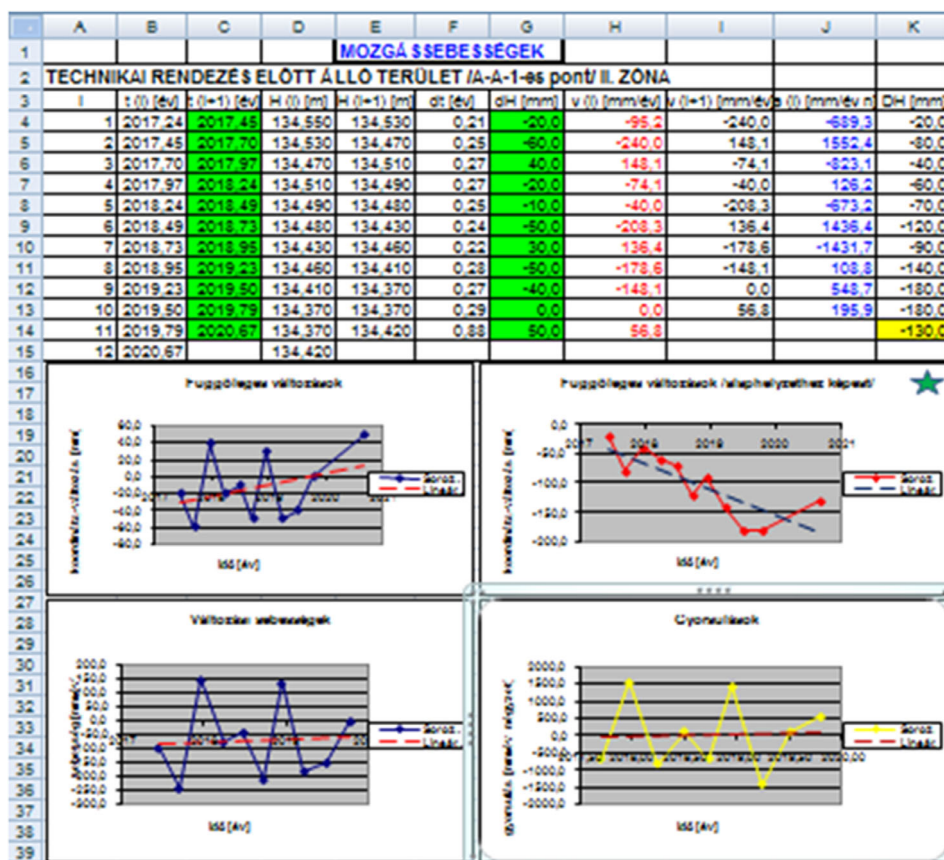
A meddőhányó mozgásvizsgálatai pontrendszerének bemutatása

2018 szeptemberében az üzemi mérnökségen egy bányatérképen áttekintettük az akkori állapot szerinti hányófelmérés mozgásmérési pontrendszerét és a belső hányók kialakítási folyamatát. Az egyes monitoring pontok helyét is szem előtt tartva mozgásvizsgálatai zónákat alakítottunk ki. Eszerint közel a szelvényvonalak mentén fakaróval állandósított 18 db mérési pontot akkor három ilyen zónába foglaltuk bele: a technikailag rendezett terület figyelpontjai, a technikai rendezés előtt álló, viszonylag nyugalomban lévő hányóterület figyelpontjai (A-A-1,2,3,5; B-B-1,2,3; C-C-1) és az aktív hányótöltési területen kihelyezett pontok. Mindezt egy bányatérképrészleten szemléltetjük is (5. ábra). Tekintettel arra, hogy az előző években még rendszeresen mért monitoring pontok egy része – a bányabeli technológiai folyamatok következményeként – megsemmisült, a komplex adatfeldolgozások összehasonlító értékelésekor most a technikai rendezés előtt álló, viszonylag nyugalomban lévő hányóterület figyelpontjain eddig elvégzett műholdas mérések eredményeit vettük csak figyelembe.

A mozgásvizsgálatai eredmények komplex feldolgozásáról

A bükkábrányi belső meddőhányó vizsgált hányóterülete mozgásmérési eredményeinek komplex feldolgozásához egyrészt grafikus eljárást, másrészt pedig statisztikai elemzést alkalmaztunk [6, 8]. Mindkét vizsgálati módszerhez mindhárom évben az összes vizsgálatba bevont mérési pont minden rendelkezésünkre álló meghatározott koordinátáját felhasználtuk. A két kiértékelési eljárás teljesen hasonló volt abból a szempontból, hogy azoknál a hangsúlyt a változás (esetleges mozgás) – idő kapcsolatra helyeztük. Így hát mélyebben nem vizsgáltuk a mozgásjelenségeket kiváltó okokat. Az erre vonatkozó kapcsolatok feltárása végett ugyanis különböző fizikai paraméterek mérése is szükséges lett volna, amelyeket azonban az üzemben nem végeztek. A grafikus feldolgozás egyszerűsítése, de sokkal inkább a végrehajtott statisztikai próbák miatt is, az egyes mérési időpontokat az eredeti dátumformátumról számformátumra alakítottuk át, természetesen figyelembe véve – ott ahol szükséges volt – az esetleges szökőéveket is.

A grafikus eljárás során minden egyes vizsgálati pontra összeállítottunk egy Excel táblázatot, amely



6. ábra. Az A-A-1 pont z irányú mozgásjellemzői

tartalmazza a koordinátaváltozásokat/vonatkozó mozgásjellemzőket. Az abban foglalt adatok felhasználásával az idő függvényében *négyféle grafikon* is készült. Ezek a függvények szemléltetik a síkbeli y és x irányú, valamint a függőleges z irányú változásokat az alaphelyzethez/alapméréshez képest; a *változási sebességeket* és végül pedig a *gyorsulásokat*.

A továbbiakban – tekintettel a tanulmány ésszerű terjedelmére – példaként az Excel táblát és a már említett diagramokat most csupán csak az A-A-1 pont egy kiválasztott koordinátatengely (z) irányú változása kapcsán mutatjuk be. A 6. ábrán ez látható, és a szembeutó változás kiemelése végett a grafikonokon a lineáris regressziós egyenest is berajzoltuk. Az ilyen vonal segítséget nyújthat a trendszerű (jellegzetes és folyamatos) és az időszakos változások elkülönítésében. Időszakos változást mutató görbe utalhat például a hányóanyag duzzadására/szikkadására, amelyet akár a vizsgált területre hulló csapadék mennyisége is előidézhethet.

A komplex kiértékelés második részében *statisztikai elemzést/próbát* alkalmaztunk. A statisztikai próbák gyakorlati végrehajtásakor a következő lépéseket szükséges követni [7]:

1. a kérdés megfogalmazása,
2. a nullhipotézis felállítása,
3. a megfelelő statisztika kiválasztása,

4. a statisztika kiszámítása a mérési és számítási adatok alapján,
5. a statisztika szignifikancia szinttől függő elméleti értékének meghatározása,
6. döntéshozatal a nullhipotézis elfogadásáról, vagy elvetéséről.

Konkrét esetünkben az 1. pont a feladat típusbesorolását jelenti. Itt most az egyes mérési pontokra végzett tesztek során mindig meghatároztuk a két változó (a monitoring pont valamelyik koordinátája és a mérési időpont) kapcsolatát jellemző tapasztalati korrelációs együtthatót (r_{iy} , r_{ix} , r_{iz}). Azt is szem előtt tartottuk, hogy két változó akkor és csak akkor volt független, ha azok korrelálatlanok voltak. A függetlenség vizsgálatokor – betartva az előző megállapítást a tapasztalati korrelációs együtthatóra – a következő nullhipotézist állítottuk fel:

$$H_0 : r = 0.$$

A megfelelő statisztika kiválasztásakor pedig az alábbi mellett döntöttünk:

$$t = \sqrt{n-2} \frac{r}{\sqrt{1-r^2}}.$$

Erre a statisztikára ugyanis igaz az, hogy az egy $f = (n - 2)$ szabadságfokú és t -eloszlású.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Technikai rendezés előtt álló terület /A-A-1-es pont/, II. ZÓNA, 773767,08							
2	i	t /év/	Y /m/	t-a(t) /év/	y-a(y) /mm/	t-a(t) négyzet /év négyze	[y-a(y)] négyzet /mm négyzet	[t-a(t)]*[y-a(y)] /év mm/
3	1	2017,24	7,080	-1,42	-30,0	2,0259	900,00	42,700
4	2	2017,45	7,120	-1,21	10,0	1,4722	100,00	-12,133
5	3	2017,70	7,090	-0,98	-20,0	0,9280	400,00	19,267
6	4	2017,97	7,120	-0,69	10,0	0,4807	100,00	-6,933
7	5	2018,24	7,100	-0,42	-10,0	0,1792	100,00	4,233
8	6	2018,49	7,130	-0,17	20,0	0,0300	400,00	-3,467
9	7	2018,73	7,110	0,07	0,0	0,0044	0,00	0,000
10	8	2018,95	7,110	0,29	0,0	0,0822	0,00	0,000
11	9	2019,23	7,150	0,57	40,0	0,3211	1600,00	22,667
12	10	2019,50	7,130	0,84	20,0	0,7000	400,00	16,733
13	11	2019,79	7,120	1,13	10,0	1,2694	100,00	11,267
14	12	2020,67	7,060	2,01	-50,0	4,0267	2500,00	-100,333
15	Összeg	24224	85,32	0,00	0,0	11,5199	6600,00	-8,000
16	Átlag	2018,66	7,110					
17	Szórás /hiba	1,023	24,495					
18	Kovariancia	-0,55						
19	Korrelációs együttható		-0,02					
20	Statisztika (t) számítása		0,9998	-0,069				
21	Táblázat: f = 10 és p = 0,90; 0,80; 0,		1,812	1,372	1,093			
22	Nullhipotézis: r = 0 ?	Igen	0,069 < 1,812	gen 0,069 < 1,372	Igen 0,069 < 1,093			

7. ábra. Az A-A-1 pont y irányú változásaira végrehajtott próba eredményei

TECHNIKAI RENDEZÉS ELŐTT ÁLLÓ TERÜLET (2018)			
A-A-1 /z, x/	r(t,z) = -0,83 Mozog	r(t,y) = 0,45 Nem mozog! $p_{min} = 0,734$	r(t,x) = -0,80 Mozog
A-A-2 /z, y, x/	r(t,z) = -0,99 Mozog	r(t,y) = -0,69 Mozog	r(t,x) = -0,81 Mozog
A-A-3 /z/	r(t,z) = -0,96 Mozog	r(t,y) = -0,32 Nem mozog	r(t,x) = -0,35 Nem mozog
A-A-5 /z, x/	r(t,z) = -0,99 Mozog	r(t,y) = -0,41 Nem mozog	r(t,x) = 0,69 Mozog
B-B-1 /z, y, x/	r(t,z) = -0,90 Mozog	r(t,y) = 0,67 Mozog	r(t,x) = 0,96 Mozog
B-B-2 /z, y, x/	r(t,z) = -0,97 Mozog	r(t,y) = 0,60 Mozoghat! $p_{min} = 0,875$	r(t,x) = -0,95 Mozog
B-B-3 /z/	r(t,z) = -0,79 Mozog	r(t,y) = 0,22 Nem mozog	r(t,x) = -0,50 Nem mozog! $p_{min} = 0,787$
C-C-1 /z/	r(t,z) = -0,82 Mozog	r(t,y) = -0,20 Nem mozog	r(t,x) = 0,18 Nem mozog

8. ábra. A 2018-as év összesített eredményei

TECHNIKAI RENDEZÉS ELŐTT ÁLLÓ TERÜLET (2019)			
A-A-1 /z, x/	r(t,z) = -0,94 Mozog	r(t,y) = 0,62 Mozog!	r(t,x) = -0,81 Mozog
A-A-2 /z, y, x/	r(t,z) = -0,99 Mozog	r(t,y) = -0,70 Mozog	r(t,x) = -0,83 Mozog
A-A-3 /z/	r(t,z) = -0,96 Mozog	r(t,y) = 0,03 Nem mozog	r(t,x) = -0,31 Nem mozog! $p_{min} = 0,704$
A-A-5 /z, x/	r(t,z) = -0,98 Mozog	r(t,y) = 0,77 Mozog!	r(t,x) = 0,81 Mozog
B-B-1 /z, y, x/	r(t,z) = -0,90 Mozog	r(t,y) = 0,67 Mozog	r(t,x) = 0,96 Mozog
B-B-2 /z, y, x/	r(t,z) = -0,97 Mozog	r(t,y) = 0,60 Mozoghat! $p_{min} = 0,875$	r(t,x) = -0,95 Mozog
B-B-3 /z/	r(t,z) = -0,93 Mozog	r(t,y) = -0,07 Nem mozog	r(t,x) = -0,38 Nem mozog! $p_{min} = 0,751$
C-C-1 /z/	r(t,z) = -0,85 Mozog	r(t,y) = -0,25 Nem mozog	r(t,x) = -0,34 Nem mozog! $p_{min} = 0,758$

9. ábra. A 2019-es év összesített eredményei

TECHNIKAI RENDEZÉS ELŐTT ÁLLÓ TERÜLET (2020)			
A-A-1 /z, x/	r(t,z) = -0,85 Mozog	r(t,y) = 0,02 Nem mozog!	r(t,x) = -0,87 Mozog
A-A-2 /z, y, x/	r(t,z) = -0,98 Mozog	r(t,y) = -0,89 Mozog	r(t,x) = -0,83 Mozog
A-A-3 /z/	r(t,z) = -0,91 Mozog	r(t,y) = 0,08 Nem mozog	r(t,x) = -0,55 Mozog!
A-A-5 /z, x/	r(t,z) = -0,95 Mozog	r(t,y) = 0,58 Mozog	r(t,x) = 0,09 Nem mozog!
B-B-2 /z, y, x/	r(t,z) = -0,95 Mozog	r(t,y) = 0,74 Mozog!	r(t,x) = -0,98 Mozog
B-B-3 /z/	r(t,z) = -0,93 Mozog	r(t,y) = -0,41 Mozoghat! $p_{min} = 0,808$	r(t,x) = -0,04 Nem mozog!
C-C-1 /z/	r(t,z) = -0,65 Mozog	r(t,y) = -0,53 Mozog!	r(t,x) = -0,58 Mozog!

10. ábra. A 2020-as év összesített eredményei

Ezek után az egyes vizsgálati pontoknál, a megválasztott statisztika segítségével, a rendelkezésünkre álló mérési és számítási adatok alapján meg tudtuk határozni a t -statisztika számértékét.

Ezt követően pedig különböző szignifikancia szintek esetén (0,90, 0,80 és 0,70) a megfelelő táblázatból kikeresztük a statisztika elméleti értékét.

Végezetül pedig összevetettük a statisztika számított és táblázatbeli elméleti értékeit az egyes szignifikanciaszinteken azzal a céllal, hogy döntést hozzunk a nullhipotézis megválasztott szignifikancia szinten történő elfogadásáról vagy esetleges elvetéséről. Mínthogy két változó függetlenségére (azaz a mozdulatlanságra) írtuk fel a nullhipotézist, annak nem teljesülése esetén mozgást kellett feltételeznünk. Ezt az ilyen esetekben azért bizonytalanabb megállapításokkal fogalmaztuk meg, mert azt az alacsonyabb szignifikanciaszinten elvégzett statisztikai próbák eredményei indokolták. Ha ugyanis a statisztikai próba csak viszonylag alacsony 0,70 körüli szignifikanciaszinten teljesült, akkor abban az esetben a mozdulatlanság tényét már nem tekinthettük elfogadhatónak. Ilyenkor meghatároztuk azt a minimális szignifikanciaszintet is, amelynél még a próba teljesült, és az értékelést/döntést pedig csak ezután hajtottuk végre.

Most pedig példaként a *II. mozgásvizsgálati zóna A-A-1* pontjának y koordinátájára megadjuk az elvég-

zett statisztikai próba Excel táblázatos eredményeit (7. ábra):

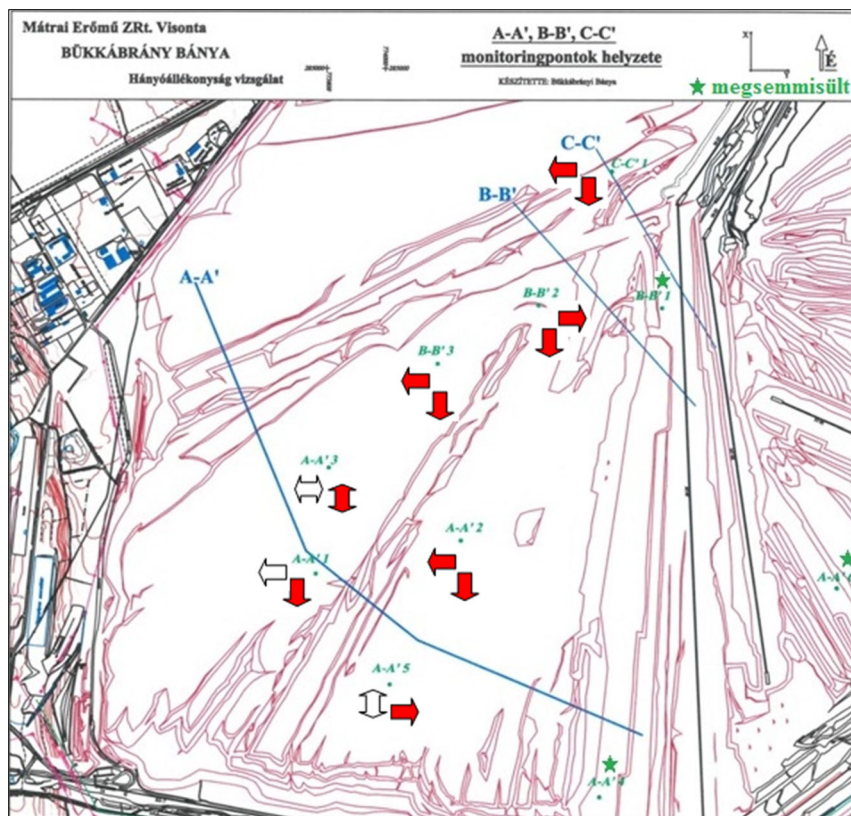
Mindezek után elvégezve az összes monitoring pontra mind a grafikus eljárást, mind a statisztikai próbákat, a kiértékelési vizsgálatokat az előzőekben már bemutatott formájú Excel táblákba foglaltuk össze. Egyrészt tehát rendelkezésünkre álltak a *II. mozgásmérési zóna egyes vizsgálati pontjai grafikus feldolgozásának eredményei*, másrészt pedig *e mérési pontokra vonatkozó statisztikai próbák eredményei*.

A 8–10. ábrákon ugyanakkor szemléltetjük még a *technikai rendezés előtt álló hányóterület egyes monitoring pontjainak z, y és x irányú kiértékelését és azok mozgására/mozdulatlanságára a próbákra alapozottan meghozott döntésünket* a 2018–2020 évekre (adott helyeken sárgával megjelölve a bekövetkezett változásokat is).

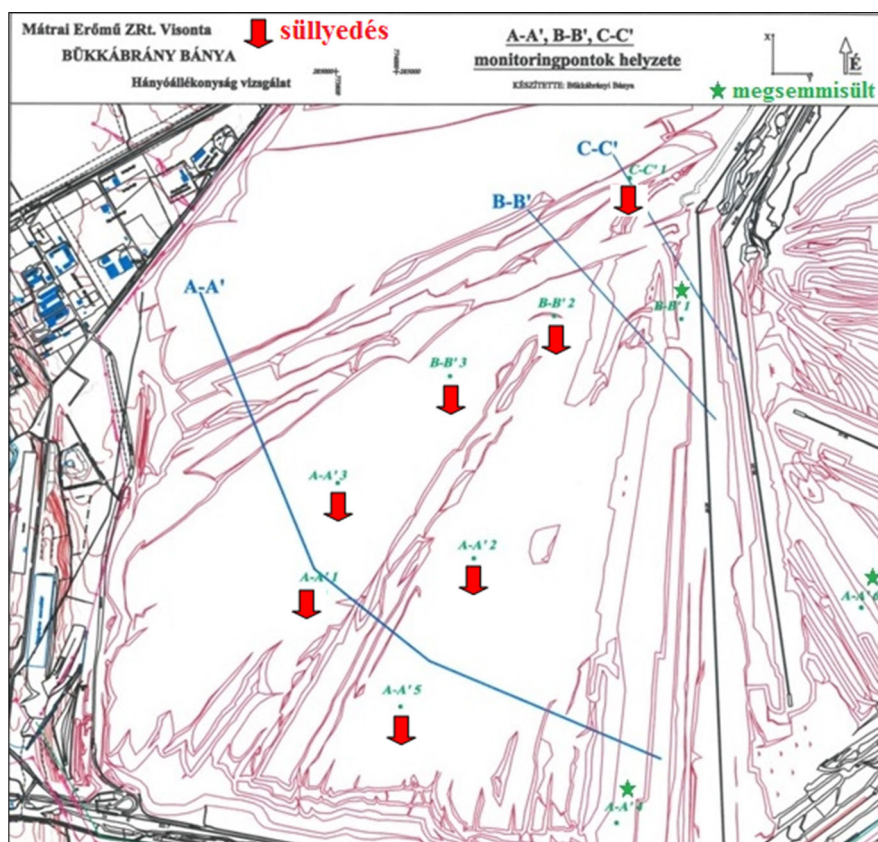
A 10. ábra következtetései és a grafikus eljárás függvényei felhasználásával a 11., 12. ábrán bemutatjuk az egyes mérési pontok mozgásvizsgálati értékelését, és erre alapozottan – a vizsgálati időszakra – a hányóterületre jellemző mozgásjelenséget (y -ra, x -re és z -re).

Összefoglalás (a 2018–2020. évek rövid összehasonlító értékelése)

Tanulmányunk elején a meddőhányókkal és a mérnökgeodéziai mozgásvizsgálatokkal általánosan fog-



11. ábra. A komplex kiértékelés 2020. évi eredménye, mozgásiránytrendek. (Lásd színezett [mozog] és üres [nem mozog] nyilak!)



12. ábra. A komplex kiértékelés 2020. évi eredménye, mozgásiránytrendek. (Lásd színezett [mozog] nyilak!)

lalkoztunk. Ezután tértünk rá kutatómunkánk érdemi részére, a Mátrai Erőmű Zrt. Bükkábrányi Bányája belső hányójának *technikailag rendezett terület* mozgásvizsgálatára. A hányóterületen létesített monitoring pontok rendszeres GPS mérése alapján végrehajtott komplex kiértékelés eredményeire támaszkodva *hoztunk döntéseket a mozdulatlanságra*, illetve a *mozgásra* vonatkozóan. A vizsgált monitoring pontok a 2018–2020. évekre eső statisztikai próbáinak összesített eredményei a megjelölt éves változásokkal (8–10. ábrák) és azok grafikus feldolgozási függvényeinek együttes értékelése megmutatták, hogy mely monitoring pont, melyik koordinátája kapcsán hogyan változott meg a *mozgásjelenség* megítélése.

Köszönet

A szerzők e szakmai anyag elkészülése érdekében nyújtott támogatásukért köszönetüket fejezik ki a *Bükkábrányi Bánya* illetékes vezetőinek.

A tanulmány/kutatómunka a 2020. évi ME-FIKP természeti erőforrások optimalizálása korszerű anyagtechnológiákra alapozva: energetikával, vízzel, anyagfejlesztéssel és smart technológiákkal kapcsolatos kutatások részeként valósult meg.

IRODALOM

- [1] <https://hu.wikipedia.org/wiki/Medd%C5%91h%C3%A1ny%C3%B3>
- [2] Végh Viktor: Meddő vagy haszonanyag? Bányajog blog, 2017. szeptember 29.
- [3] Dr. István Havasi: Monitoring and evaluation of ground and building movements. Training and research working paper, Miskolc, 2002, Bolyai János Scholarship (1999–2002).
- [4] Kleiber Márk – Dr. Havasi István – Konkoly Ádám: Bányamérési munkák a Mátrai Erőmű Zrt. Bükkábrányi Bányáüzemében. Bányászati és Kohászati Lapok, 2015, 148(2), 7–14.
- [5] Kleiber Márk: A MERT Zrt. Bükkábrányi Bánya geodéziai felmérésének és a mérések feldolgozásának egymást kiegészítő tevékenységi szakaszai. Diplomamunka, 2016. Konzulens: Dr. Havasi István – Konkoly Ádám
- [6] Dr. Havasi István – Csörgits Péter: A hasznosi völgyzárógát magassági értelmű mozgásvizsgálata. A Miskolci Egyetem Közleményei, Bányászat, 79. kötet, Miskolci Egyetemi Kiadó, 2010, 155–163. HUISSN 1417-5398
- [7] Dr. Detrekői Ákos: Geodéziai mérések matematikai feldolgozása. Egyetemi jegyzet, BME, 1987.
- [8] Dr. Havasi István – Kleiber Márk: Meddőhányó mozgásvizsgálata a Mátrai Erőmű Zrt. Bükkábrányi Bányáüzemében, Műszaki Tudomány az Észak-kelet Magyarországi Régióban Konferencia, Konferencia kötet, Debrecen 2019., ISBN 978-963-7064-38-8.