

MŰSZAKI FÖLDTUDOMÁNYI KÖZLEMÉNYEK

A Miskolci Egyetem közleménye
86. kötet, 1. szám (2017)



MISKOLCI EGYETEMI KIADÓ
2017

A kiadvány főszerkesztője:

DR. KOVÁCS FERENC
az MTA rendes tagja
a Műszaki Földtudományi Kar Szerkesztőbizottságának elnöke

Szerkesztő:

DR. GOMBKÖTŐ IMRE
egyetemi docens
Miskolci Egyetem
Nyersanyagelőkészítési és Környezeti Eljárástechnikai Intézet

ISSN 2063-5508

TARTALOMJEGYZÉK

<i>Kovács Ferenc:</i> Köszöntő	5
<i>Faitli József:</i> Kontinuitási elmélet diszperz anyagrendszerek különféle berendezésekben való eltérő viselkedésének a jellemzésére.....	11
<i>Debreczeni Ákos:</i> Gondolatok a biztosítószerkezetek célszerű beépítési idejéről és a pótbiztosítások szerepéről.....	23
<i>Szabó Roland–Mucsi Gábor:</i> Lignittípusú, pernyealapú, geopolimer habok előállítására és tulajdonságai.....	30
<i>Mádai Ferenc–Hámor Tamás:</i> A nyersanyagkutatás engedélyeztetésének hatékonysága az EU tag- államaiban a MINLEX-tanulmány adatainak tükrében	40
<i>Magyar Tamás–Horváth Ágnes–Gombkötő Imre</i> Elhasznált nyomtatott áramkörtáblák mechanikai előkészítése az értékes fémek visszanyerése érdekében	50
<i>Turai Endre–Ilyés Csaba–Szűcs Péter:</i> Talajvízszint-adatok spektrális feldolgozásának eredményei	60
<i>Zákányi Balázs–Szűcs Péter–Kántor Tamás–Székely István–Farkas Géza:</i> Egy perlitbánya meddőhányójának megcsúszását kiváltó hidro(geo)lógiai okok vizsgálata	69
<i>Zákányiné Mészáros Renáta–Vadászi Marianna:</i> A szénhez kötött metán (CBM) mint nem hagyományos energiaforrás – Általános helyzetkép.....	80
<i>Molnár József–Tompai Richárd:</i> A bányászati tervezés Bányászati és Geotechnikai Intézetben kialakított számítógépes módszerei	87
<i>Horváth Ágnes–Gombkötő Imre–Nagy Sándor:</i> Másodnyersanyag gazdálkodás az elektronikai hulladékok vonatkozásában, valamint két példa mechanikai úton történő dúsításra	95
<i>Nyíri Gábor–Zákányi Balázs–Szűcs Péter:</i> Parti szűrési rendszerek hidrodinamikai modellezése az MNV2-modul segítségével.....	107
<i>Vadászi Marianna–Zákányiné Mészáros Renáta:</i> A szénhez kötött metán környezeti hatásai	118

<i>Galyas Anna Bella–Szunyog István–Tihanyi László:</i>	
Az egységes európai gázminőségi előírások hatása a hazai földgázellátó rendszerbe betáplált gázminőségekre	129
<i>Gombkötő Imre–Debreczeni Ákos–Bárányné Frucht Éva–Böhm József:</i>	
Talajvíz uránmentesítésére használt reaktív gát hosszútávú működésének vizsgálata	138
<i>Magyar Tamás–Virág Zoltán:</i>	
Elektronikai hulladékok kritikus elemeinek primer fellelhetősége.....	145
<i>Majoros Livia:</i>	
Toxikus fémek dúsulásai és azok földtani háttere tokaji-hegységi rekultivált hulladéklerakó helyeken.....	154
<i>Tihanyi László–Szunyog István:</i>	
Szén-dioxid-kibocsátás – Tények és remények	171
<i>Túrai Endre–Szilvási Marcell:</i>	
Rekultivált hulladéklerakó szennyezettségének vizsgálata.....	181
<i>Mucsi Gábor–Szutorcsik Lilla–Gombkötő Imre–Csöke Barnabás:</i>	
Különböző módon előkészített mészkő minták örölhetőségi és kőzetfizikai jellemzői.....	193
<i>Bokányi Ljudmilla:</i>	
Kétparaméteres flotáláskinetikai modell szemcsék kölcsönhatásával	206

EGY PERLITBÁNYA MEDDŐHÁNYÓJÁNAK MEGCSÚSZÁSÁT KIVÁLTÓ HIDRO(GEO)LÓGIAI OKOK VIZSGÁLATA

ZÁKÁNYI BALÁZS¹–SZÚCS PÉTER²–KÁNTOR TAMÁS³–
SZÉKELY ISTVÁN⁴–FARKAS GÉZA⁵

Absztrakt: Az esettanulmányunkban bemutatjuk egy perlitbánya meddőhányójának megcsúszását kiváltó hidrogeológia okok feltárását, annak menetét. A cikkünk első részében ismertetjük a vizsgált területen elvégzett fúrásokkal vett minták laboratóriumi vizsgálatainak eredményeit. Ezekre azért, volt szükség mivel a meddőre és a terület általajára vonatkozóan nem álltak rendelkezésre információk. A laboratóriumi mérések során nyert adatokat felhasználtuk a hidrogeológia számításainknál, amelyekkel a vízgyűjtő területről érkező víz, a meddő felületén beszivárgó, illetve a meddőn átszivárgó víz mennyiségét határoztuk meg különböző esetekben. A vizsgálataink befejeztével a bánya részére több javaslatot is megfogalmaztunk a meddőhányó újraépítéséhez.

Kulcsszavak: meddőhányó, megcsúszás, hidrológia, hidrogeológia

1. ELŐZMÉNYEK

A vizsgált perlitbánya meddőhányója 2015. november 10-én csúszott meg, amelynek következtében a meddőhányó rézsúje először lezökkent, majd pedig a völgy felé indult meg. Szerencsére személyi sérülés nem történt, illetve nem veszélyeztetett lakott területet a mozgás. A Miskolci Egyetem Műszaki Földtudományi Karának munkatársai először november 20-án tartottak terepbejárást, majd március 9-én (1. ábra) újabb bejáráson vettünk részt.

¹ Zákányi Balázs
Miskolci Egyetem, Környezetgazdálkodási Intézet
hgzb@uni-miskolc.hu

² Szűcs Péter
Miskolci Egyetem, Környezetgazdálkodási Intézet
MTA-ME Műszaki Földtudományi Kutatócsoport

³ Kántor Tamás
Miskolci Egyetem, Környezetgazdálkodási Intézet

⁴ Székely István
Miskolci Egyetem, Környezetgazdálkodási Intézet

⁵ Farkas Géza
Perlit-92 Kft, ügyvezető igazgató

A bejárás egyik célja az volt, hogy a cégnek szüksége lenne hidrogeológia szakvéleményre annak érdekében, hogy megtudja hogyan és miért történt a megcsúszás. A bánya jövőbeli célkitűzései a következők:

- Szeretnék újraépíteni a meddőhányó rézsúját kisebb lépcsőkkel (5 m magas és 10 m széles).
- Rekultiválni szeretnék a területet.

Ehhez azonban mindenképpen tisztázni akarják a megcsúszás okait, hogy a jövőben a mostani esethez hasonló probléma ne forduljon elő.



1. ábra: A március 9-ei bejáráson készült fotó a meddőhányó 3. szintjéről

A bejárás másik célja pedig az volt, hogy ehhez a hidrogeológiai szakvéleményhez gyűjtsünk adatokat, információkat; miért történhetett a rézsúcsúszás. Azonban a meddő területére földtani és hidrogeológiai adatok nem álltak a rendelkezésünkre, illetve a rézsú anyagára vonatkozóan sem voltak információk.

2. TEREPI MINTAVÉTEL ÉS LABORATÓRIUMI VIZSGÁLATOK ÉS EREDMÉNYEIK

Annak érdekében, hogy az esettanulmányt megfelelően el tudjuk készíteni, a következő feladatokat végeztük el a területen:

- terepbejárás,
- feltárás és mintavételezés (1. táblázat),
- laboratóriumi vizsgálatok (1. táblázat).

Szemeloszlás vizsgálata: Méréseink során 28 db mintát vizsgáltunk meg, melyek fúrásokból, a leszakadt meddőből, és a leszakadt meddő feletti részből, valamint a Csemetekert mellől származnak. A vizsgálatainkat a Magyar Szabványok alapján készítettük.

Az eredményekből megállapítható, hogy a vizsgált területen döntően kavicsos homok osztályba sorolható anyagok találhatók. Tisztán homokot a T2-es fúrásban 10 és 20 cm-nél találtunk. Iszapos homok az F2-es fúrásban és CSM1 mintavételi pontban található. Homokos iszap az F2-es fúrás 140–160 cm-es szakaszában fedeztünk fel.

1. táblázat

A hidrogeológia szakvéleményhez készített vizsgálatok

Tevékenység megnevezése	Megjegyzés	Mennyiség	Mennyiség egység
Feltárás			
Mintavételezés			
Kutatófúrás		5	db
Talajminta vétele	nem akkreditált	25	db
Meddő anyagából mintavétel	nem akkreditált	20	db
Laboratóriumi vizsgálatok			
Konzisztencia határok (Folyási [Casagrande]-, sodrási-, zsugorodási határok, plasztikus index)	nem akkreditált	25	db
Szemeloszlási görbe felvétele (kombinált)	nem akkreditált	35	db
Mintaszivárgási tényező meghatározása (merev falú)	nem akkreditált	20	db
Mintaszivárgási tényező meghatározása (flexibilis falú) - csak az agyag rétegekből	nem akkreditált	5	db
Minta vízfelvevő képességének meghatározása (Enslin) - csak az agyag rétegekből	nem akkreditált	5	db
Hidro(geo)lógiai vizsgálatok			

Szivárgási tényező vizsgálata: Méréseinket összesen 24 db mintán végeztük el (2. és 3. táblázat), melyek a T1 és T2-es fúrásból, valamint a leszakadt meddőből és a leszakadt meddő feletti részből származnak. A méréseinkhez merevfalú permebimétert alkalmaztunk.

2. táblázat
Meddőből származó minták
merev falú permeabiméterrel mért szivárgási tényezője

Minta neve	Felszíni		0,5 méter	
	k (cm/s)	k (m/s)	k (cm/s)	k (m/s)
LCS	0,000586	$5,86 \cdot 10^{-6}$	0,000567	$5,67 \cdot 10^{-6}$
MF1	0,000406	$4,06 \cdot 10^{-6}$	0,000388	$3,88 \cdot 10^{-6}$
MF2	0,000104	$1,04 \cdot 10^{-6}$	0,000101	$1,01 \cdot 10^{-6}$
MF3	0,000583	$5,83 \cdot 10^{-6}$	0,000575	$5,75 \cdot 10^{-6}$
MF4	0,000393	$3,93 \cdot 10^{-6}$	0,000415	$4,15 \cdot 10^{-6}$
LM2	0,00171	$1,71 \cdot 10^{-5}$	0,00160	$1,60 \cdot 10^{-5}$
LM3	0,000176	$1,76 \cdot 10^{-6}$	0,000174	$1,74 \cdot 10^{-6}$
LM4	0,00176	$1,76 \cdot 10^{-5}$	0,00183	$1,83 \cdot 10^{-5}$

3. táblázat
Fúrásokból származó minták
merev falú permeabiméterrel mért szivárgási tényezője

Minta neve	k (cm/s)	k (m/s)
T1/20 cm	0,00147	$1,47 \cdot 10^{-5}$
T1/40 cm	0,00138	$1,38 \cdot 10^{-5}$
T1/60 cm	0,0107	0,000107
T1/80 cm	0,0105	0,000105
T2/10 cm	0,000182	$1,82 \cdot 10^{-6}$
T2/20 cm	0,000184	$1,84 \cdot 10^{-6}$
T2/35 cm	0,000117	$1,17 \cdot 10^{-6}$
T2/50 cm	0,000114	$1,14 \cdot 10^{-6}$

A mért szivárgási tényezők 10^{-5} és 10^{-6} m/s értékűek, melyek szintén a finom szemcséjű homokokra jellemző. Az itt kapott eredmények megerősítik a szitálási vizsgálat által nyert eredményeinket miszerint a vizsgált területünket döntően homok osztályú anyagok alkotják.

A gépi fúrásokból származó 3 db agyagminta szivárgási tényezőjét flexibilis falú permeabiméterrel határoztuk meg. Ezek eredményei 10^{-9} m/s és 10^{-10} m/s közé adódtak, a részletese eredményeket a laboratóriumi mérési jegyzőkönyv tartalmazza. Elmondható ezekről, hogy közel vízzáró rétegekről beszélünk.

Konzisztencia határok vizsgálata: Vizsgálatainkat 20 db mintán hajtottuk végre (4. táblázat). Méréseinket az F1, F2, F3, fúrások mintáin és a Csemete kert mellől származó felszíni mintáinkon végeztük el.

4. táblázat

Konzisztencia határok összefoglaló táblázata

Minta neve	Folyási határ [w _i %]	Sodrési határ [w _p %]	Plasztikus index [I _p %]	Relatív konzisztencia in- dex [I _c]	Természetes víztartalom [w %]	Talajnem	Talaj állapot
F1/0–50	27,9	19,7	8,1	1,01	19,68	Homokos iszap	Kemény
F1/60	40,9	20	20,9	1,06	18,6	Közepes agyag	Kemény
F2/0–30	42,2	20,7	21,5	0,83	24,4	Közepes agyag	Merev
F2/30–80	40,5	23,7	16,8	0,48	32,4	Sovány agyag	Puha
F2/270–350	30,6	17,7	12,9	0,03	30,3	Iszap	Nagyon puha
F3/0–40	55,2	24	31,2	1,18	18,4	Kövér agyag	Kemény
F3/40–80	40,2	18,1	22	0,78	23	Közepes agyag	Merev
F3/90	52,8	19,6	33,1	0,88	23,7	Közepes agyag	Merev
F3/90–180	44,9	19,4	25,5	0,88	22,5	Közepes agyag	Merev
F3/180–250	37,7	20,6	17,1	0,26	33,3	Sovány agyag	Puha
F3/250–320	40,3	22,6	17,6	0,27	27,8	Sovány agyag	Gyúrható
F3/320–400	35	18,2	17,7	0,27	30,05	Sovány agyag	Puha
CSM2	45,4	19,5	25,8	0,89	19,5	Közepes agyag	Merev
CSM3	45,9	23,2	22,6	1,17	19,3	Közepes agyag	Kemény
CSM4	52,3	21,9	30,4	0,97	22,9	Kövér agyag	Merev
CSM5	52,9	16,6	36,3	0,84	22,4	Kövér agyag	Merev
CSM6	51,5	18,8	32,3	0,87	22,9	Kövér agyag	Merev
CSM7	66,6	23	43,6	0,98	26,1	Nagyon kövér agyag	Merev
CSM8	39,3	14,9	24,3	0,86	18,4	Közepes agyag	Merev
CSM9	50,1	16,6	33,5	0,5	33,1	Kövér agyag	Puha

Minták között 8 közepes, 6 kövér, 4 sovány, egy-egy iszapos és homokos iszapmintát találtunk, ezek a minták többsége merev állapotú volt. Fontosnak tartjuk megjegyezni, hogy az F2 és F3 fúrásból származó minták alapkőzet feletti rétegei puha

állapotúak voltak, amely arra utalhat, hogy ez a réteg nem csak a felszínről kapja közvetlenül a nedvességet.

Vízfelvevő képesség vizsgálata: Az Enslin-mérést 4 mintán hajtottuk végre (5. táblázat). A mérési eredményekből a rétegek agyagásvány tartalmára lehet következtetni.

5. táblázat
Enslin-mérés összefoglaló táblázat

Minta neve	Vízfelvétel
T1/120–140 cm	54,5 %
F2/40–160 cm	50,8 %
F3/90–180 cm	57,8 %
LM1	98,9 %

Az LM1-es márgás mintánknak a legnagyobb a vízfelvevő képessége, így a vizsgált anyagok közül a márgás mintánknak változik legnagyobb mértékben a súlya vízfelvétel hatására. Ez különösen azért fontos, mert LM1-es mintát a meddőből vettük, jelentős mértékű csapadék esetén nagy mennyiségű vizet képes felvenni, melynek következtében nagymértékben megnövekedhet az anyag súlya és térfogata, amely csúszó felületként szolgálhat.

Az agyagásványtartalom szempontjából a közepes agyagokra jellemező értéket kaptunk az első három mintánál, míg az LM1 minta a kövér agyag kategóriába sorolható. Összességében elmondható a laboratóriumi mérések alapján, hogy:

- A szemeloszlási vizsgálatok alapján a meddőhányó területen döntően kavicsos homok osztályba sorolható anyagok találhatóak,
- A mért szivárgási tényezők 10^{-5} és 10^{-6} m/s értékűek, melyek szintén a homokokra jellemző, amely megerősíti az előző pontban leírtakat.
- A gépi fúrásokból származó 3 db agyagminta szivárgási tényezői 10^{-9} m/s és 10^{-10} m/s közé adódott.
- A maximális vízfelvevő képesség alapján a legnagyobb agyagásvány tartalma a LM1-es mintának volt, amely szintén gyengítheti a meddőhányó állékonyosságát.

Ezeket az eredményeket a további számításainknál figyelembe vettük.

3. A HIDRO(GEO)LÓGIAI SZÁMÍTÁSOK

3.1. Lefolyó víz mennyiségének számítása

Vízháztartási egyenlet: A vízkörforgás valamely térrészre és időszakra eső folyamatainak jellegét és mennyiségi jellemzőit a vízháztartási egyenlet fejezi ki, amelyet a bevételek és a kiadások egyenlegeként írhatunk fel (MARTON 2009).

A vízháztartási egyenlet általában azt rögzíti, hogy a kérdéses részrendszerbe egy adott T időszak alatt belépő I (input) vízmennyiségek összegének és a részrendszert

ugyanezen T időszak alatt elhagyó Q (output) vízmennyiségek összegének a különbségével a részrendszerben tárolt S vízkészlet ΔS értékkel megváltozik (növekszik, vagy csökken) (JUHÁSZ 2002).

A vizsgált terület terepviszonyainak sajátosságait figyelembe véve a vízháztartási egyenlet kilépő oldalánál leginkább a lefolyást kell figyelembe venni. Éppen ezért a következőkben csak erre koncentrálnunk, hiszen a meddőanyag megcsúszásában ennek volt leginkább szerepe.

A lefolyás számítása: A lefolyási értékére hatással van az összegyülekezést befolyásoló minden körülmény, a domborzat, a talaj és a vegetáció jellemzői, s ezen kívül a csapadékviszonyok sajátosságai, a mennyiség, az intenzitás, a csapadékesemények eloszlása (FREEZE-CHERR 1979).

A terepről lefolyó esővízhozam meghatározására több módszert dolgoztak ki. Az időegység alatt lefolyó vízmennyiség meghatározásának lényege, hogy a területre hulló csapadék „i” (mm/óra) intenzitását a „A” (ha) teljes területre vonatkoztatjuk, miközben megszorozzuk a területre jellemző „ α ” lefolyási tényezővel (GOMBOS 2011).

$$Q = i \cdot A \cdot \alpha$$

A lefolyási tényező értéke (α) 0 és 1 közé esik, a 0 azt jelenti, hogy nincs lefolyás, az 1 pedig azt, hogy a teljes vízmennyiség lefolyásra kerül. Ha ez az érték pl. 0,5, az azt jelenti, hogy a lehulló csapadék 50%-a folyik le. Az α tényező értékét becsléssel adhatjuk meg [4].

Az évi átlagos lefolyási tényező ennek megfelelően:

$$\alpha = \alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3.$$

A vizsgált területünkre a topográfiai, földtani és a vegetációs viszonyokat figyelembe véve a lefolyási tényező egyes komponenseire a következő értékekkel számoltunk:

$$\alpha_1 = 0,21 - 0,3,$$

$$\alpha_2 = 0,11 - 0,3,$$

$$\alpha_3 = 0,03 - 0,05,$$

így a teljes lefolyási tényező értéke $\alpha = 0,35 - 0,65$ között alakulhat. Számításaink során ennek az intervallumnak a szélsőértékeket vettük figyelembe.

A csapadékadatok havi csapadékmennyiségek voltak a sárospataki csapadékmérő állomásról, a számításainknál ezeket nem tudtuk figyelembe venni. Ezért a csapadékindenzitás értékeire a Tokaji-hegység jellemző lehetséges értékeit vettük fel a 6. táblázat alapján.

6. táblázat
A számításainknál figyelembe
vett csapadékinintázás értékek

Csapadékinintázás (mm/óra)		
10 mm/óra	0,01	m/óra
15 mm/óra	0,015	m/óra
20 mm/óra	0,02	m/óra
25 mm/óra	0,025	m/óra
30 mm/óra	0,03	m/óra

A meddőhányó feletti vízgyűjtőterület-nagyság $A = 0,521 \text{ km}^2 = 521\,000 \text{ m}^2$. Ezek alapján az esővízhozam értékeit a két lefolyási tényező figyelembevételével a 7. táblázat mutatja.

7. táblázat
A számított esővízhozam értékek
a meddőhányó feletti vízgyűjtőterületről

$Q_1(\alpha = 0,35)$		$Q_2(\alpha = 0,65)$	
$\text{m}^3/\text{óra}$	m^3/s	$\text{m}^3/\text{óra}$	m^3/s
1823,5	0,506	3386,5	0,940
2735,25	0,759	5079,75	1,411
3647	1,013	6773	1,881
4558,75	1,266	8466,25	2,351
5470,5	1,519	10159,5	2,822

Az értékekből jól látszik, hogy jelentős vízmennyiségek érkehetnek a vízgyűjtő terület irányából a meddőhányó felé.

3.2. Meddőbe beszivárgó víz mennyisége a szivárgási tényezők figyelembevételével

A beszivárgás folyamata: A beszivárgás és a talaj legfelső rétegében kialakuló szivárgás közvetlen hatással van a vízháztartás más elemeire. Ha a beszivárgás intenzitása nagy, akkor csökken a lefolyás lehetősége és a párolgás is csak a nedves talajfelszínről történik. Ha a beszivárgás lehetősége kisebb, akkor felszíni vízállások keletkezhetnek, amelyből nagyobb lehet a párolgás aránya és felszíni lefolyás is kialakulhat (FREEZE–CHERRY 1979).

A meddő által vertikálisan elszállítható hozam meghatározása: A meddőhányó esetében a lehulló csapadék egy része lefolyik (a lejtés kialakítás miatt a bányagödör felé, ahol kiszivattyúzzák), másik része beszivárog a meddőbe. A számításainknál a párolgási értékeket 10–20% nagyságrendre becsültük, amelyeknek értékét későbbi mérések segítségével pontosítani lehet (GOMBOS 2011).

A beszivárgási tényező (κ) értékét, úgy határozzuk meg, hogy az előző fejezet alapján meghatározzuk a lefolyási tényező (α) értékét, majd a kapott értéket kivonjuk egyből (GOMBOS 2011).

Tehát

$$\alpha = \alpha_1 (0,06 - 0,11) + \alpha_2 (0,06 - 0,1) + \alpha_3 (0,26 - 0,3) = 0,38 - 0,51,$$

ennek ismeretében

$$\kappa = 1 - \alpha = 0,49 - 0,62.$$

A κ értékét csökkentve a párolgási mértékével kapjuk a következő értékeket:

$$\kappa = 0,29 - 0,42.$$

Ezek a beszivárgási tényező értékhatárok azt jelentik, hogy a meddőhányóra lehulló csapadék jelentős része beszivárog a meddő anyagába és az alatta lévő rétegekbe. A számításainkat különböző beszivárgási tényező értékek mellett végeztük el (8. táblázat).

A 2. fejezetben láttuk, hogy a meddő anyagának szivárgási tényező értéke $1,83 \cdot 10^{-5}$ m/s és $1,01 \cdot 10^{-6}$ m/s között változik, ezért a számításainknál a 8. táblázat értékeit vettük figyelembe.

8. táblázat

A vertikálisan elszállítható vízhozam meghatározásához használt szivárgási tényező és beszivárgási tényező értékek

Szivárgási tényező (k) [m/s]		Beszivárgási tényező (κ) [-]
k_1	$1,8 \cdot 10^{-5}$	0,3
k_2	$5 \cdot 10^{-6}$	0,35
k_3	$1 \cdot 10^{-6}$	0,4

A következő képlet segítségével kiszámolhatjuk a vertikálisan a meddőn átszivárgó vízhozamot.

$$Q = A \cdot k \cdot \kappa$$

Az eredményeket a 9. táblázat mutatja, amik egy tartósabb esős időszakban előállhatnak.

9. táblázat

A szivárgási tényező figyelembevételével a meddőn átszivárgó víz hozamértékei különböző beszivárgási tényezők mellett

$Q_1 (I = 0,3)$		$Q_2 (I = 0,35)$		$Q_3 (I = 0,4)$	
m^3/s	$m^3/óra$	m^3/s	$m^3/óra$	m^3/s	$m^3/óra$
0,74	2663,3	0,863	3107,16	0,9864	3551,04
0,206	739,8	0,24	863,1	0,274	986,4
0,045	162,76	0,053	189,882	0,0603	217,008

Ehhez a közelítő maximummennyiségekhez korábban még hozzáadódott a vízgyűjtőről lefolyó csapadékhozam is, amely mind a meddőhányót és az alatta lévő rétegeket terhelte, amely nagymértékben hozzájárulhatott a csúszás kialakulásához.

4. ÖSSZEFOGLALÁS, JAVASLATOK

A meddőhányó feletti területre geoinformatikai módszerek segítségével meghatároztuk a vízgyűjtő terület nagyságát, valamint a meddő felületét.

Számítási módszerrel meghatároztuk a vízgyűjtőről érkező lefolyó csapadékhozam értékét, amelyről megállapítható, hogy viszonylag jelentős vízmennyiség juthatott le a meddőhányóig és nagymértékben hozzájárulhatott az állékonysági problémák kialakulásához.

A meddő anyagának szivárgási tényező értékeit figyelembe véve számításokat végeztünk arra vonatkozóan, hogy hosszantartó esős időszakban elméletileg milyen maximális vízmennyiséget képes a meddő anyagán keresztül átvezetni. A kapott eredmények alapján megállapítható, hogy csapadék jelentős része nem lefolyik a meddőről, hanem beszivárog abba. Ezt alátámasztják a laboratóriumi mérések is. A vízgyűjtőről és a meddőről érkező nagymennyiségű csapadék átáztatta a meddőt és az altalajt – amely leginkább agyagos rétegekből áll – és feltehetően utóbbi okozta a 2015. novemberi eseményeket.

A vizsgálataink alapján bebizonyosodni látszott az, hogy a meddőhányó alatti természetes településű rétegek közül egy gyengébb nyírószilárdságú, feltehetően átázott réteg(ek)en/réteg(ek)ben történt a mozgás és a meddőhányó lezökkenése csak ennek a rétegcsúszásnak a következménye, a rétegcsúszás mintegy „kihúzta” a talajt a meddőhányó alól. A mozgás oka nem függetleníthető a meddőhányó jelenlététől, hiszen nagy valószínűséggel szerepe volt a gyenge réteg átnedvesedésében, valamint felszíni terhelésként elősegíthette a mozgás megindulását.

A hidrogeológia szempontjából megállapíthatjuk, hogy a vizsgált területen az összefüggő talaj-, vagy hasadékvíz szintje a meddőhányó fekvő szintje alatt jelentősen mélyebb helyzetben található. Így a felszín alatti vizeknek a kialakult havária helyzet kialakulásában szerepük nem volt.

A jövőbeli problémák elkerülése érdekében a következő javaslatokat tesszük:

- Az övások kialakítása a meddőhányó feletti területen mindenképpen egy jó megoldás volt, mert így a vízgyűjtő területről összegyülekező lefolyó vízmennyiséget ez el tudja vezetni. A kialakított mederszelvény még a legnagyobb vízhozamot is képes elvezetni. Fontos azonban ennek a folyamatos karbantartása.
- Másik megoldandó probléma a meddőbe beszivárgó vizek mértékének csökkentése és elvezetésének megoldása.
- Az előző pontban leírtakat az is indokolja, hogy a tervezett kisebb lépcsőkkel kialakított új meddőhányónak a tömege valószínűleg nagyobb lesz, mint a 2015. novemberi állapotban volt. Így ez tovább növelheti a további mozgások esélyét.

- Az újonnan kialakított meddőhányó létesítése előtt célszerűnek tartanánk magfúrások létesítését a meddőhányó területén, amelyeken végzett laboratóriumi mérésekből pontosabban meghatározható a meddő alatti rétegek geotechnikai szempontból fontos paraméterei.
- Véleményünk szerint a jövőben célszerű lenne egy felszín alatti víz-, és egy mozgásmegfigyelő-monitoring rendszernek a kialakítása is, ami szintén növelhetné a biztonságot a meddőhányón.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A tanulmány a Miskolci Egyetemen működő Fenntartható Természeti Erőforrás Gazdálkodás Kiválósági Központ GINOP-2.3.2-15-2016-00031 azonosítójú INNO-VÍZ projektjének részeként valósult meg.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] FREEZE, R Allan–CHERRY, John A: *Groundwater*. Prentice Hall, 1979.
- [2] GOMBOS Béla: *Hidrológia – hidraulika*. Digitális Tankönyvtár, 2011.
- [3] JUHÁSZ József: *Hidrogeológia*. Akadémiai Kiadó, Budapest, 2002.
- [4] MARTON Lajos: *Alkalmazott hidrogeológia*. ELTE Eötvös, 2009.