

Mikoviny Sámuel Földtudományi Doktori Iskola

A doktori iskola vezetője:
Dr. h.c. mult. Dr. Kovács Ferenc
egyetemi tanár, a MTA rendes tagja

**MEDDŐHÁNYÓK ÉS ZAGYTÁROZÓK KIHORDÁSI
TULAJDONSÁGAINAK VIZSGÁLATA,
KÜLÖNÖS TEKINTETTEL A REKULTIVÁCIÓRA**

Doktori értekezés tézisei
PhD fokozat elnyeréséhez

Kutatóhely: Miskolci Egyetem
Műszaki Földtudományi Kar
Bányászati és Geotechnikai Intézet
Bányászati és Geotechnikai Intézeti Tanszék

Készítette: **Szarka Györgyi** okl. környezetmérnök

Tudományos vezetők: **Dr. Buócz Zoltán**
a műszaki tudomány kandidátusa
egyetemi docens

Dr. Debreczeni Ákos
a műszaki tudomány kandidátusa
egyetemi docens

Miskolc, 2007.

A kutatási téma célja és indoklása

A kutatómunka célja megalapozni a bányászati tevékenységhez kapcsolódó megbontott felszínek, tárolóterek, rekultivációs területek porveszélyének számszerűsíthető értékelését. A mélyművelésű bányákban a meddő kőzetekben történő vágathajtás, aknamélyítés, majd a folyamatos üzemelés során termelnek olyan anyagokat, amelyek meddőhányóra kerülnek. Az érc- és ásványbányászatban a kitermelt anyagból az ásványelőkészítés során nagy mennyiségű meddőközetet választanak le, amit a hasznos komponensek kinyerése érdekében törnek, őrölnek többnyire mikrométeres mérettartományra. Ércbányáknál gyakran a felszínre hozott teljes kőzetmennyiség 95-98%-a a meddőhányóra ill. zagytározóba kerül. Szénbányákban ez a hányad a termelés 15-25%-a, eltüzelés után további 15-25%-nyi salak és pernye kerül a felszíni tárókba, általában zagytárolóba, folyamatos porveszélyt okozva.

A külfejtésekben folyamatosan zajlik a letakarítás, ezzel párhuzamosan a hányóképzés, ahol esetenként több 10 ha-os területek maradnak fedetlenül, állandó porveszélyt jelentve a környezetre. Ezeknek a bányaiüzemeknek, lerakóknak a környékén, nemcsak a termelés fázisában, hanem gyakran azt követően évtizedekig jelentős porterheléssel küzdenek.

A különféle talajok kiporzásának kérdéseivel nagy terjedelmű szakirodalom foglalkozik, jelentős kutatóintézetek, egyetemi tanszékek folytatnak vizsgálatokat. A kutatások döntő hányada azonban mezőgazdasági területek deflációjával, valamint sivatagi területek kiporzásával és a sivataggal határos peremterületek porterhelésével foglalkozik.

A szakirodalom az ipari, bányászati területek porveszélyét és az elhárítás kérdéseit alig érinti. Különösen kevés figyelmet kap az ott található anyagok kiporzási hajlandóságának értékelése, amire nem is találtam általánosan alkalmazható összefüggést.

A fentiek miatt határoztuk el a Bányászati és Geotechnikai Tanszéken ennek a témának a kutatását. A kutató munka során elért első eredményeimet foglaltam össze az értekezésben, ami elsősorban a vizsgált területek kiporzási hajlandóságának a meghatározását jelenti.

A kutatás módszertana

A kutatási munka első fázisában olyan területek mintáival végeztem kísérleteket, amelyek jól reprezentálják a hazai problémákat (gyöngyösoroszi ércbányászati zagytározó, visontai ligniterőműi salak és pernye, zagytározói kevert anyag, uránbánya zagytározójának lefedésre használt lösz, kavicstermelésből származó osztályozott homok).

Az anyagok szél hatására történő kihordását, deflációját számos tényező befolyásolja, amelyek között az anyagi tulajdonságok is szerepelnek. Ezeket a jellemzőket részben magam, részben más tanszékek segítségét igénybe véve meghatároztam (szemcseeloszlás, átlagsűrűség, belső súrlódási szög). Szakirodalom alapján meghatároztam a szemcsék kihordását befolyásoló egyéb tényezőket, amelyek közül a szélesebbesség és szélirány, a felületek dőlése, a szemcsék felületen történő eloszlása (osztályozódása), a nedvesség hatása tűnt vizsgálatra érdemesnek. A szemcsék kihordásának – elméleti összefüggéseken alapuló – egzakt meghatározása a kihordást befolyásoló tényezők sztochasztikus jellege miatt ismereteink jelenlegi szintjén nem lehetséges. Ezért kísérletsorozatot terveztem annak érdekében, hogy a kihordást befolyásoló tényezők hatását számszerűen meghatározhassam. A minták maximális szemcseméretének fokozatos csökkentésével a szemnagyságnak a kihordásra gyakorolt hatását kívántam tisztázni, a légsebesség változtatásával pedig a légáram erősségének hatását vizsgáltam.

A kísérleti eredmények alapján – dimenzió nélküli korrekcióval bővített – regresszió analízissel meghatároztam azt a függvényt, amely a legfontosabb tényezők figyelembevételével, vízszintes sík felületeknél megadja a kihordási hajlamot jellemző tömegarány (m) közelítő értékét a vizsgált anyagok bármelyikére.

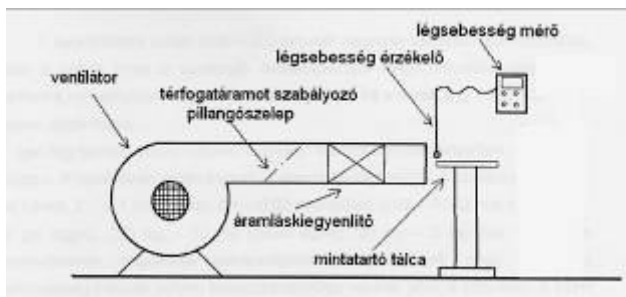
A vizsgálatot dőlt felületekre is elvégeztem, itt nem találtam megbízható függvényszerű kapcsolatot, egyedi elemzéssel azonban a legfontosabb tulajdonságok és a kihordási hajlam várható értéke (m) az egyes anyagtípusokra megadható.

Vizsgáltam a kiporzás csökkentési lehetőségeit is. Ennek kapcsán a nedvesség és darabos anyagokkal való fedés hatását elemeztem és megadtam a csökkenés várható mértékét a nedvesség nagysága és a darabos anyaggal való fedettség függvényében.

A kísérleti eredmények értékelésének egzaktabbá tétele érdekében elemeztem a szemcsékre ható azon erőket, amelyek a kihordás során fellépnek és befolyásolják annak mértékét. Mivel az értékelés alapvetően a kísérletekre támaszkodik, az erőhatások elemzése közelítő jellegű, s csak a fő hatások kimutatását szolgálja.

Mérőrendszer leírása

A kiporzási hajlam meghatározásához speciális mérőrendszert állítottam össze a Miskolci Egyetem műhelycsarnokában (lásd ábra).



A mérésekhez használt rendszer

A légáramlást létrehozó radiális ventillátorhoz 6 m hosszú, 0,5 m átmérőjű fém légszórakat csatlakozik, amelyben egy légáramlás rendező elem található. A légsebességmérő műszerek hitelesítésére használt rendszerben szabályozható a légáram nagysága, a kívánt légsebesség beállítható volt. A légsebesség méréséhez hődrótos anemmetert használtunk, amelynek a kérdéses tartományban a mérési pontossága 0,5 %.

A pormintát tartalmazó tálcat a légszórakat végétől 20 cm-re helyeztük el a csőátmérő keresztmetszetének középsíkjában, ahol a tálca teljes szélességében azonos légsebesség uralkodott. A tálca forgatható, dönthető állványon helyezkedett el.

A kutatási eredmények

A kutatási eredményeimet röviden a következő tézisekben foglalom össze.

1. tézis

1.1 A porszemcsékre ható erők elemzése alapján megállapítottam, hogy az értekezésben vizsgált deflációs jelenségek értelmezését arra a pillanatra kell koncentrálni, amikor a szemcsék az elmozdulás határán vannak. A kihordás mérőszámának, a függvényyszerű kapcsolat alakulásának pontosítása, a folyamatok ezen mozzanatánál fellépő erők figyelembevételével lehetséges.

1.2 Az elemzés rávilágít arra, hogy a szemcsékre ható erőknek a szemnagyság függvényében maximuma van, a gyakorlatban elterjedt felfogással ellentétben tehát nem a legkisebb szemcsék emelkedhetnek a legkönnyebben a levegőbe.

1.3 A dinamikus felhajtóerőre kapott összefüggés alapján a különféle tényezők függvényében megadható az a szemnagyságtartomány, amelyre még hat függőlegesen felfele mutató eredő erő.

2. tézis *A kihordást jellemző tényezők számbavétele és a deflációs folyamatok elemzése alapján megállapítható, hogy a jelenségeket és a folyamatokat befolyásoló tényezők nagy száma és a véletlenszerű hatások miatt, azok csak sztochasztikus módszerekkel vizsgálhatók.*

Mivel sztochasztikus jelenségekről, folyamatokról van szó, elkerülhetetlenek a kísérleti vizsgálatok, amelyek alapján a véletlenszerű jelenségek jellemzői meghatározhatók.

3. tézis *A kísérleteim alapján igazoltam, hogy a hányókon és zagytereken uralkodó tényleges kiporzási hajlandóság meghatározásánál az ott észlelhető in situ szemcseeloszlást kell figyelembe venni.*

Ennek meghatározására egy „kíméletes” szítálási eljárást dolgoztam ki.

Az in situ eloszlásokat csakúgy, mint a többi vizsgált tényezőt, sztochasztikus adatként kell kezelni.

4. tézis *A kísérletileg meghatározott kiporzási hajlandóság tekintetében a gyöngyösorosi minták közötti eltérések részben azok összetételének különbözőségével, részben az eltérő in situ szemcseeloszlásukkal magyarázhatók. Az egymáshoz képest kis távolságban vett minták közötti jelentős különbségek alapján megállapítottam, hogy még a meddőhányók, zagytározók felszíne sem homogén, ezért tervszerű mintavételre van szükség a kiporzási hajlandóság kellő pontosságú meghatározásához.*

A hányók, zagytározók anyaga hosszabb idő alatt olyan fizikai, kémiai átalakulásokon mehet keresztül, ami a fent említett inhomogenitást növelheti.

5. tézis

5.1 *Az elvégzett regressziós elemzés alapján bebizonyítottam, hogy a kihordás mértéke (m) az átlagos szemnagyság (d_a) és a szélesség (v) függvényében közelítőleg becsülhető. A korrelációs index négyzetének értéke alapján ($I^2=0,78$) megállapítható, hogy ez a két tényező a kihordás mértékét csak 78%-ban befolyásolja, 22%-ot egyéb paraméterek határoznak meg.*

5.2 *Kísérleteim alapján megállapítottam, hogy a pontosabb becsléshez független változóként szükség van a belső súrlódási szög (φ), a szemcseelösztés szórásának (σ), valamint az eredő emelő erőnek (f) a figyelembevételére.*

5.3 Megállapítottam továbbá, hogy a felsorolt paraméterek és a kihordás közötti függvénykapcsolat dimenzió nélküli paraméterkorrekcióval pontosítható. A dimenzió nélküli paraméterek az átlagos szemmagyság értékét korrigálják az alábbi összefüggés szerint:

$$d_{kor} = d_a \cdot \left(\frac{9}{v}\right)^{2,5} \cdot \frac{\varphi}{34} \cdot \frac{2,64}{\rho} \cdot \left(\frac{\sigma}{d_a}\right)^{0,25} \cdot f$$

5.4 Vizsgálataim alapján bizonyítást nyert, hogy a kiporzási hajlandóságot a korrigált szemcseméret függvényében az alábbi exponenciális összefüggés határozza meg a legpontosabban:

$$m = 100 \cdot e^{-a \cdot d_{kor}^b}$$

5.5 A vizsgált 61 minta alapján meghatározott regressziós függvénnyel kielégítő pontossággal becsülhető a kiporzási hajlamot jelző tömegarány ($I=0,960$, $I^2=0,922$, $D_{\Delta y}=\pm 9,10\%$).

$$m = 100 \cdot e^{-2,97 \cdot d_{kor}^{1,32}}, \%$$

5.6 Bebizonyítottam, hogy pontosabb becslés akkor végezhető, ha a mintákat az előfordulási helyek ill. technológiák szerint csoportosítva határozzuk meg a regressziós egyenleteket.

Ezt bizonyítja a visontai mintákra külön illesztett regressziós egyenlet és annak szorossága ($I^2=0,97$, $D_{\Delta y}=\pm 4,45\%$).

6. tézis A kísérleteim alapján megállapítottam, hogy a visontai zagytározón a REA-gipsz égési maradékokkal együtt történő kiszállítása (deponálása) jelentős mértékben – kb. egyötödére – csökkenti a zagytározó felületének kiporzási hajlandóságát.

7. tézis A ferde tálcás kísérleteknél az eredmények értékelését segíti a szemcsékre ható erők vizsgálata. A ferde felületek deflációs jelenségeinek modellezése alapján

megállapítottam, hogy szembe és hátulról fújó szél esetén a szemcsék viselkedése eltérő.

7.1 *A szemből fújás esetére bizonyítottam, hogy adott szemnagyságú szemcsék a szélsébségtől és a dőlésszögtől függően elmozdulhatnak a lejtőn felfele is, de le is gurulhatnak. Szemből fújásnál meghatároztam a rézsű azon két határszögét, amelyek között az adott méretű szemcse nem mozdul. E tartomány alatti dőlésnél felfele mozdulnak, felette pedig lefele gurulnak a szemcsék.*

7.2 *Ebből következik, hogy a rézsűkön szembefújás esetén, ingadozó szélsébségnél nagyobb deflációval kell számolni, mint egyenletes erejű szélnél. Az erősebb széllokéseknél felfele mozduló finom szemcsék ugyanis szabaddá tesznek nagyobb szemcséket, melyek az adott szélsébségnél jellemzően a nem mozduló tartományba esnek, és ennek következtében gyengülő vagy megszűnő szélnél lefelé gurulnak a csökkenő tapadásnak, beágyazódásnak köszönhetően. Ez a felszín anyagának osztályozódását is eredményezi, aminek a rézsű állékonyságára is hatása lehet.*

8. tézis Hátulról fújó szél esetén a kísérletek és az elméleti megfontolások alapján az alábbi megállapítások tehetők:

8.1 *Egy adott dőlésű rézsű esetén a koronaéltől való távolság növekedésével egyre csökken az eredő emelő erő nagysága, és csak egyre kisebb szemcsék képesek felfelé mozdulni. Az eredő erőre kapott összefüggés alapján meghatározható egy adott távolságnál az a szemcseméret, amelyre a legnagyobb eredő emelő erő hat.*

8.2 *Egy adott szemcseméret esetén, növekvő dőlésszögnél a koronavonalhoz egyre közelebbi pontokban jelentkezik csak felfele ható eredő emelő erő.*

8.3 *A koronaéltől egy adott távolságra, a szemcseméret csökkenésével ugyan csökken az eredő erő nagysága, de nagyobb dőlésnél is jelen van.*

8.4 *Durvább frakció esetén, ha a légáramlás sebessége nem elegendő a szemcse felemeléséhez, a kisebb szemcsék távozása következtében csökkenő beágyazódás miatt, a lejtős felületen a szemcsék legurulnak a rézsű aljára. A felületen lévő szemcsék átrendeződésének következtében újabb deflálható szemcsék válnak szabaddá.*

9. tézis

9.1 *A kísérleteim alapján megállapítottam, hogy a lejtős felületeken a kihordás mindig nagyobb, mint a sík terepen. A vizsgálatok alapján nem tudtam szoros függvényyszerű kapcsolatot kimutatni. A mért adatok és az elemzések alapján*

azonban a szemcseeloszlás, a szélesség és irányok, valamint a dőlésszög függvényében egyedi kalkulatív elemzéssel becslés adható a kihordási hajlandóságra.

9.2 A vizsgálatok bizonyították, hogy a finom szemcsés anyagok ($d_a < 1\text{mm}$) esetén a szemből fújó szél több anyagot szállít el, mint a hátulról fújó. A durva szemeloszlású anyagoknál ($d_a > 2\text{mm}$) fordított a helyzet, a hátulról fújó szél okoz nagyobb kihordást.

10. tézis A kihordás elleni nedves védekezési eljárásra vonatkozóan megállapítottam, hogy a felületi rétegek szükséges és elégséges víztartalma 3-4%, mivel ez a víztartalom töredékére csökkenti a kiporzást.

A védekezéshez szükséges víztartalom a kidolgozott módszertannal tetszőleges anyagra kísérletileg meghatározható.

11. tézis A kísérletek alapján bizonyítottam, hogy a vizsgált anyagok esetén védekezési eljárásként alkalmazható a felületek durvaszemcsés borítása.

11.1 A finomabb szemcsés anyagok durva anyaggal történő borítása már akkor is hatásos, ha a felületi fedettség eléri a 30-40 %-ot.

11.2 A szükséges borítottság közelítő pontosságú meghatározása a fedettség és a kihordás csökkenése között megállapított regressziós függvények alapján lehetséges.

12. tézis A heterogén szemcseeloszlású deponálandó anyag esetén a durva szemcsés borítás, magából az anyagból, adott szemnagyságnál történő szétválasztással is előállítható. A kihordás nagyságának csökkenése a szétválasztási szemnagyság és a fedettség mértéke alapján, az anyagi jellemzők ismeretében, a számított regressziós függvényekből meghatározható.

A hányókon a folyamatosan kiszállított anyag szétválasztásával és differenciált lerakásával folyamatos darabos fedettség alakítható ki.

Olyan esetben, amikor az anyag kihordása eredeti állapotban is alacsony, a szétválasztásos védekezés nem alkalmazható.

13. tézis Meghatároztam azokat a feltételeket, amelyek megléte mellett a felszíni réteg tömörítésével a durvaszemcsés borítás védőhatása javul:

- az anyag jól tömöríthető,

- *a rétegek között az anyagmozgás korlátozott,*
- *az anyag hajlamos az összetapadásra.*

Kisebb mértékben ront a durvaszemcsés-borítás védőhatásán a felszíni réteg tömörítése akkor, ha az alsó réteg finomszemcsés és gyengén tömöríthető.

Ez azzal magyarázható, hogy a felső réteg nagyobb szemcséi benyomódnak a finomabb alsó rétegbe, és csökken azok szélárnyékoló hatása.

A témában közreadott publikációk

Gy. Szarka, M. Vadász: Consideration over Recultivation after the Mining (Megfontolások a bányászati tevékenység utáni rekultivációról)

VI. Bányászati Kohászati Földtani Konferencia, Petrosény, 2004. május 20-23.

Konferenciakiadvány: pp. 81.

Gy. Szarka: Environmental Changes and Consequences Resulting from Abandoning Mines, the Necessity of Rekultivation

Amireg2004, 1st International Conference, Advances in Mineral Resources Management and Environmental Geotechnology, Hania, 7 - 9 June 2004

Konferenciakiadvány: pp. 467-471.

Gy. Szarka: Deflációs jelenségek meddőhányókon és zagytereken

Doktoranduszok Fóruma, Miskolc, Miskolci Egyetem, 2004. nov. 4-9.

Konferenciakiadvány: pp. 40-46.

Gy. Szarka, V. Márai: Investigation of dusting-intensity of Gyöngyösorszi flotation waste dump

MicraCAD 2005 International Scientific Conference, Miskolc

Konferenciakiadvány: B szekció: Energiagazdálkodás és környezetvédelem, pp. 69-74

Szarka Gy.: Meddő anyagok szemeloszlásának vizsgálata a kiporzás szempontjából (Investigation of grain-size distribution of dead material point of view the dusting)

VII. Bányászati Kohászati Földtani Konferencia, Nagyvárád, 2005. III. 31.-IV. 3.

Konferenciakiadvány: pp. 40.

Gy. Szarka: Analysis of dusting of bulk materials

XIII International Scientific & Practical Conference „Information Technologies: Science, Engineering, Technology, Education, Health” MicroCAD, 19-20 May 2005, Kharkiv
Konferenciakiadvány: pp. 187-190.

Buócz Z., Szarka Gy.: Lejtős felületek kiporzási tulajdonságának vizsgálata

„The 12th Symposium on Analytical and Environmental Problems”, Szeged, 2005. szeptember 26.

Konferenciakiadvány: pp. 306-310

Buócz Z., Szarka Gy.: Meddőhányók és zagy tározók kiporzása, és a védekezési lehetőségek

Geotechnika 2005., Ráckeve, Savoyai kastély, 2005. október 18-19.

<http://www.konferenciairoda.hu/geotechnika2005/indexmagyar.htm>

Gy. Szarka: Lignittüzelésű erőmű égéstermékének kiporzás vizsgálata

MicroCAD 2006 International Scientific Conference, Miskolc, 16-17 March, 2006

Konferenciakiadvány: C szekció Környezetvédelem-Hulladékgazdálkodás (Environmental Protection-Waste Management) pp. 107-116.

Gy. Szarka: Dusting Investigation of Deposited Slag-Scale-Rea Gypsum Materials; *Bányászat és Geotechnika A Miskolci Egyetem Közleménye A sorozat, Bányászat* 68. kötet, Miskolci Egyetemi Kiadó 2006 pp.113-118

F. Kovács Dr, B. Mang Dr, Gy. Szarka.: Dusting Investigation of Deposited Slag-Scale-Rea Gypsum Materials

XIV International Scientific & Practical Conference „Information Technologies: Science, Engineering, Technology, Education, Health”, 18-19 May 2006, Kharkiv
Konferenciakiadvány: pp. 286-291

Dr. Z. Buócz – Gy. Szarka: Egyes anyagok kiporzási értékeinek előrejelzése regressziós vizsgálat alapján

MicroCAD 2007 International Scientific Conference, Miskolc, 22-23 March, 2007

Konferenciakiadvány: megjelenés alatt