

# LEHETŐSÉGEK A BÁNYÁSZATI HULLADÉKOK HASZNOSÍTÁSÁRA MAGYARORSZÁGON

*Dr. Bóhm József<sup>1</sup>, Dr. Gombkötő Imre<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> CsC, PhD; intézetigazgató, egyetemi docens; <sup>2</sup> PhD; egyetemi adjunktus  
<sup>1,2</sup> Miskolci Egyetem, Nyersanyagelőkészítési és Környezeti Eljárástechnikai Intézet

## ÖSSZEFOGLALÓ

Európában, így Magyarországon is egyre nehezebb az új bányák nyitása. Ennek oka a készletek kimerülése, a kedvezőtlen jogszabályi-gazdasági változások és nagymértékben a növekvő lakossági ellenállás. Társadalmi-gazdasági érdek a jelenleg működő bányák ásványvagyonának teljes körű hasznosítása, e mellett a korábbi bányászati területeken lévő meddőhányók anyagának feldolgozása. Magyarországon jelenleg 5-6000 meddőhányó található a korábbi és mai bányahelyeken, amelyek közül mintegy 2000 felmérése már megtörtént. Az elvégzett kutatások alapján a bányameddők teljes mennyisége 1 Mrd tonnára becsülhető. Ez a mennyiség nem tartalmazza a jelenleg is működő lignit külfejtéseken folyamatosan kitermelt és a bánya területén elhelyezett meddőanyagot.

Több projekt keretében és megbízások alapján vizsgálatokat végeztünk a meddőhányók feldolgozására, a benne található hasznos alkotók hasznosítására. Kőbányászati meddők hasznosítására laboratóriumi és félüzemi kísérletek alapján kidolgoztuk az előkészítési technológiát, amely alkalmazásával a kőbányászati meddők értékes anyagának jelentős része hasznosítható.

Vizsgálatokat végeztünk korábbi vasércbánya meddőhányójának feldolgozására is. A kidolgozott előkészítési technológia alkalmazásával a meddőhányó cementipari adalékanyagként, szigetelőanyagként és építőipari alapanyagként hasznosítható.

A tanulmány részletesen ismerteti a vizsgált meddőhányók főbb jellemzőit, a kőbányászati és a vasércbányászati meddők feldolgozására kidolgozott és félüzemi szinten már alkalmazott előkészítési technológiákat, az anyagmérlegeket és az előállított termékek minőségi jellemzőit.

## BÁNYÁSZAT HELYZETE ÉS LEHETŐSÉGEI MAGYARORSZÁGON

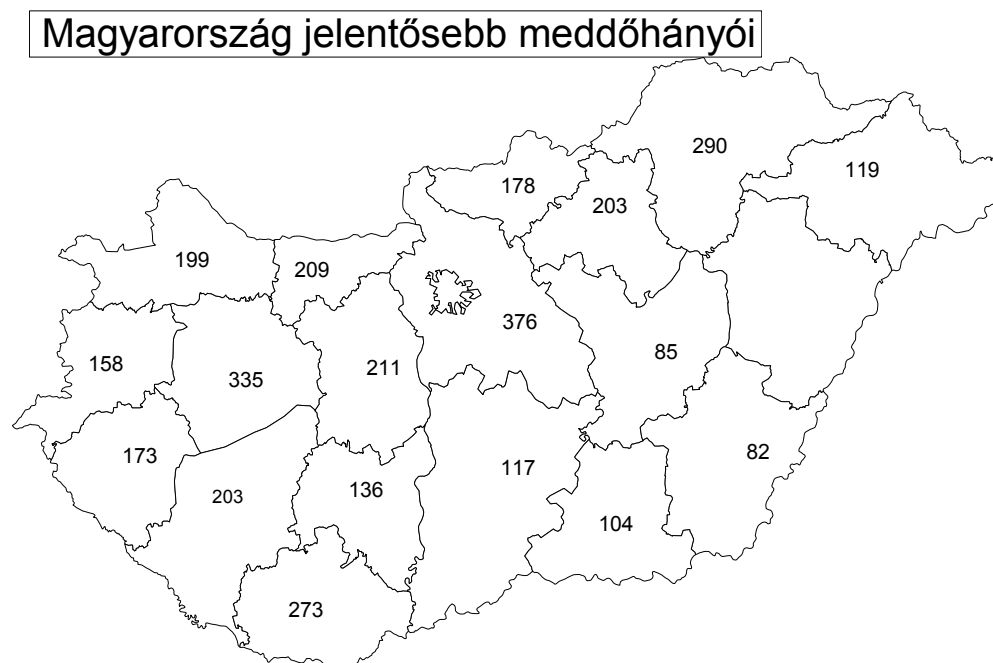
Magyarországon a bányászat, az Európában tapasztalható folyamatokhoz hasonlóan jelentősen csökkent ill. átalakult. A teljes bányászati termelés az elmúlt húsz évben közel jelentősen mérséklődött és a korábban meghatározó széntermelés, részben érctermelés bányászaton belüli részesedése is jelentősen csökkent. 1980-ban a teljes bányászati termelés közel 50%-át a szén és lignitbányászat jelentette, jelenleg ez az arány nem éri el a 20 %-ot. Az érctermelés a mangán és bauxittermelést kivéve gyakorlatilag megszűnt. Az építőanyag termelés, a kő és kavicsbányászat jelentőség ezen idő alatt felértékelődött a korábbi 25-30%-os részesedési arány mára 60-70%-ra növekedett.

Jelentősen megszigorodtak a bányászatot szabályozó rendelkezések, a társadalomban kialakult egy „bányászat ellenesség” a megerősödő zöld mozgalmak mindent megtesznek annak érdekében, hogy bárhol az országba új bánya nyitására kerüljön sor. Jelenleg az ország teljes területének több mint 20%-a tartozik a NATURA 2000 besorolás alá és különböző indokok alapján további területeket vontak védelem alá. A magyarországi vulkáni kőzet előfordulások döntő része természetvédelmi területen (Balaton felvidék, Tokaj környéke stb.) található így azok kitermelésére jelenleg nincs lehetőség.

Az ásványnyersanyag-kitermelő iparban keletkező hulladékok kezeléséről elfogadott 2006/21/EK irányelvek magyarországi alkalmazása további nehézségeket jelent a bányászati iparág számára. Ezek a körülmények indokolják, hogy nyersanyagok felhasználást takarékosabban valósítsuk meg, és a bányászat során már korábban kitermelt, s ez ideig nem hasznosított anyagok, bányászati meddők és maradványanyagok minél nagyobb mennyiségben kerüljenek feldolgozásra.

## **BÁNYÁSZATI MARADVÁNY ANYAGOK, BÁNYAMEDDŐK MENNYISÉGE**

Az elvégzett kutatások alapján Magyarországon a bánya meddők teljes mennyisége meghaladja 1 Mrd tonnát és ez a mennyiség nem tartalmazza a szén- és lignit külfejtések letakarítása során kitermelt takaróanyagot, amelyet általában felső rétegekben helyeznek el.



**1. ábra:** Magyarországon található és felmért meddőhányók száma

A meddőhányók 5-6000 korábbi és mai bányahelyen találhatóak ld. 1. ábra, amelyek közül csak mintegy 2000 felmérése történt meg, s amelyeken a meddőanyag zöme található. A többi közel 3000 kis méretű, néhány száz, esetleg néhány ezer m<sup>3</sup> anyagot tartalmazó meddőhányó.

A meddőanyag mennyiségének nagyságrendjét jól jellemzi, ha összevetjük a magyar bányászat teljesítményével, ami évtizedes átlagban évente 80-90 Mt.

## **BÁNYÁSZATI MARADVÁNY ANYAGOK, BÁNYAMEDDŐK, MÁSODNYERSANYAG KÉSZLETEK**

A meddőhányókat ásványvagyon gazdálkodási szempontból is jelentős másodnyersanyag forrásnak kell tekinteni. Ebben a vonatkozásban nem csak a meddőközetekről van szó, hanem egyéb, a bányászat során felszínre hozott anyagokról is (víz, termálvíz, gáz stb.). Közismert a hulladékgazdálkodásnak azon alapelve is, ami a hulladékok újra hasznosítására (nyersanyagok körfolyamban tartásának elve), újra felhasználására vonatkozik. Ebben az értelemben nagy a hasonlatosság a két ágazat között. A ma még nem műre való, vagy gazdaságosan nem feldolgozható és hasznosítható, bányászati meddőanyagokban, meddőhányókban lekötött nyersanyagkészletek a technikai, technológiai fejlődés és gazdasági változások eredményeként a jövőben értékes nyersanyagforrások lehetnek. Jelenleg első sorban a fém, nemesfémtartalmú meddők hasznosítására, feldolgozására létesülnek vállalkozások. A meddőhányók jövőbeni hasznosíthatósága nagymértékben függ attól, hogy azok megfelelő nyilvántartása, kezelése segítse az ismételt kitermelést és feldolgozást. A meddőhányók anyagának értékesítése azokban az esetekben, amikor szennyeződésektől mentes, "tiszt", nem ütközik különösebb akadályba. Nem ennyire egyszerű a helyzet, ha bármilyen szennyezőanyag található a meddőben akár vele együtt kitermelt, akár később az előkészítési eljárások során belekerült anyagokról, akár felelőtlenül belekevert veszélyes anyagokról van szó. Ilyen esetben már külön vizsgálatra lehet szükség, ami alapján eldönthető az értékesíthetőség, ill. annak a feltételei. A bányai meddők, bányászati maradványanyagok felhasználása alapvetően gazdasági, technológiai, jogi-szabályozási kérdés.

Ma a nyersanyagok árát a kitermelési, előállítási és a szállítási költségek döntően befolyásolják, amelyek a lelőhelyek elszegényedése és a növekvő szállítási költségek miatt is jelentősen emelkednek. A kialakult nyersanyagárak ma még nem ösztönöznek a takarékosabb nyersanyagfelhasználásra és nem elégségesek a környezeti hatások ellensúlyozására fordítandó költségek elviselésére.

Egyes szerzők ezért azt javasolják, hogy a "nemzetgazdasági szempontból" helyes árak a termelési és szállítási költségeken felül tartalmaznia kellene egy ún. szűkülési, továbbá környezeti és hulladék-komponenst. E többletnek fedeznie kellene azon externális költségek, mint a nyersanyag szűkössé válásából következő alkalmazkodási nehézségeket, környezetbe való beavatkozásából adódó,

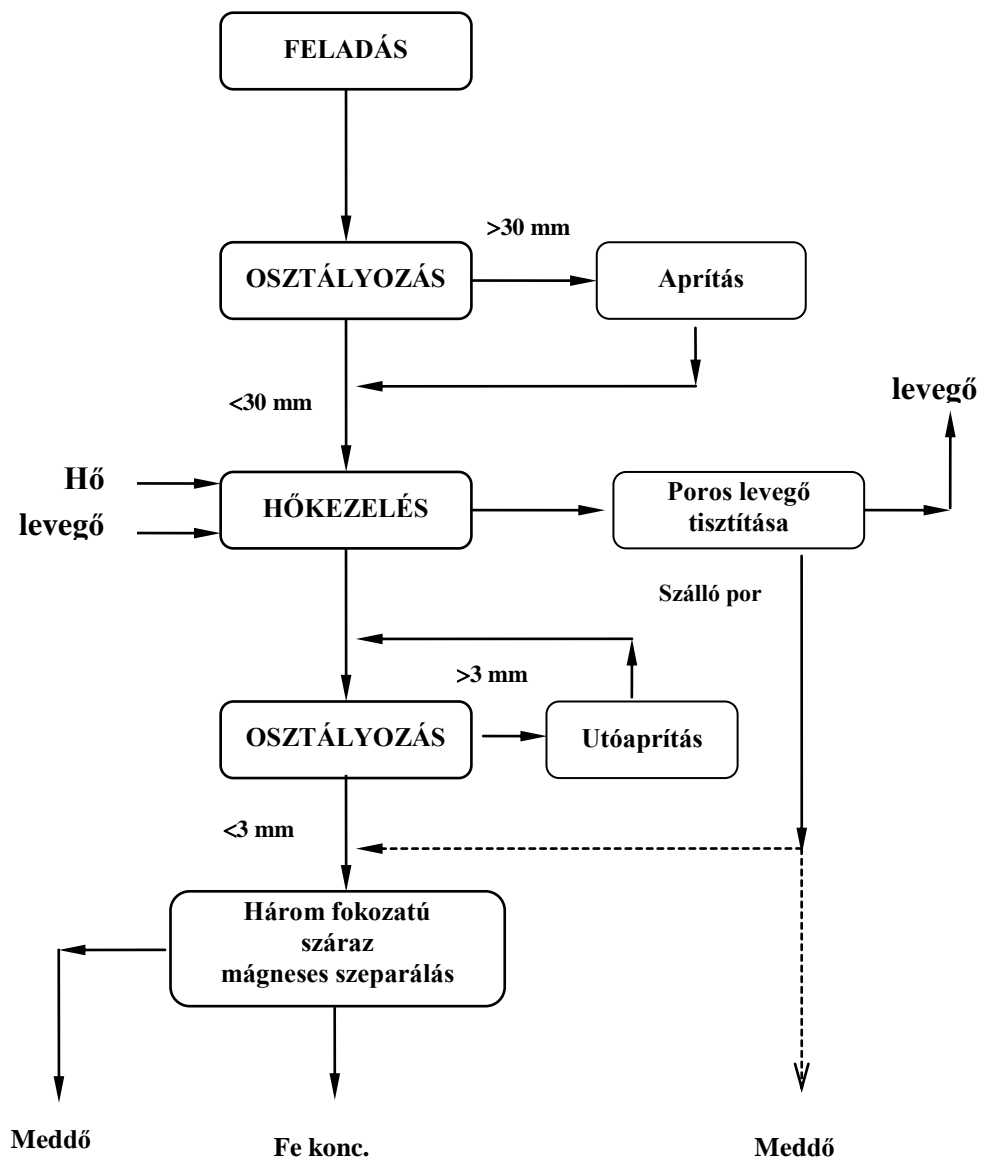
valamint a hulladék lerakás és újrahasznosítás fejlesztésével kapcsolatos nemzetgazdasági többletköltségek figyelembe vételét az árképzésnél.

A bányászati maradvány anyagok, termelési hulladékok, meddők hasznosíthatóságát, felhasználását azok fizikai, fizikai-kémiai tulajdonságai, végső soron kőzetek- és ásványok sajátosságai határozzák meg. A hazai nyersanyag előfordulások kitermelése során maradványanyagként, meddőként jelentkező kísérő kőzeteit az alábbi táblázat mutatja. Ebből kitűnik, hogy a kitermelés során meddőanyagként kezelt kísérő kőzetek-ásványok is hasznos alkotók -természetesen nem az elsődleges bányászati cél figyelembevételével - amelyek a gazdaságban széles körben hasznosíthatók.

### *VASÉRCBÁNYÁSZATI MEDDŐ ELŐKÉSZÍTÉSE, HASZNOSÍTÁSA*

Rudabánya Magyarország egyetlen jelentősebb vasércbányája volt egészen 1986-ig, az üzem bezárásáig. A területen évszázadok óta aktív bányászati tevékenység folyt korábban elsősorban ezüst és színes fémek kitermelésére, majd a második világháború után csak vasércre. A vasércbányászat előbb az oxidos-barnavasérc (limonitos érc) kitermelésére irányult, majd a karbonátos (sziderites) érc termelése folyt. Az oxidos érc a feldolgozás előtt nem igényelt jelentősebb előkészítést, csak 1964-ben a karbonátos ércek feldolgozására létesült előkészítőmű. Az előkészítés során az ércet hőkezelés követően gyengemezős száraz mágneses dobszeparátorokkal dúsították. A feldolgozásra kerülő nyers érc átlagosan 24-26 % Fe tartalma a dúsítás eredményeként 46-48%-ra növekedett. Az előkészítés egyszerűsített technológiai törzsfáját a 2. ábra mutatja.

A nyersércben a hasznosításra kerülő vastartalom mellett jelentős mennyiségben volt barit, valamint réz oxidok és szulfidok esetenként ólom és cink ásványok is. Ezen alkotók a dúsítás során részben a koncentrátumba, részben a meddőbe kerültek. A barit a termikus kezelés hatására jelentős mértékben aprózódott és általában az 1 mm alatti mérettartományba került, ill. a szállóporral eltávolított. A leválasztott szállópor kisebb részben mágneses dúsításra, nagyobb részt közvetlen a meddőhányóra került. A feldolgozásra kerülő nyersérc és a mágneses szétválasztás során keletkezett meddő és a hőkezelésnél távozó és leválasztott szállópor átlagos összetételét az 1. táblázat tartalmazza. A bányászati üzem évszázados működése során nagymennyiségű bánya-meddő és dúsítási meddő került deponálásra, ennek becsült összes mennyisége 150 -200 kt és több mint 250 ha területet fed le a térségben.



**2.ábra:** Rudabányai vasérc-előkészítőmű egyszerűsített törzsfája

alkotórész	alkotórész tartalom[%]			
	nyers érc	Dúsítási meddő	szállópor	vizsgált minta
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2-5	3-6	20-35	6,65
FeO	25-30	6-7	4-8	15,42
CaO	6-8	15-20	8-12	18,13
MgO	8-10	6-8	6-8	7,60
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2-4	0,6-0,8	2-4	0,70
MnO <sub>2</sub>	n.a.	n.a.	n.a.	1,28
SiO <sub>2</sub>	5-10	8-10	10-12	9,78
<b>BaSO<sub>4</sub></b>	<b>5-10</b>	<b>10-15</b>	<b>22-28</b>	<b>17,90</b>
<b>össz.Fe</b>	<b>20-30</b>	<b>8-12</b>	<b>20-25</b>	<b>12,10</b>
Fe <sup>2+</sup>	18-22	n.a.	n.a.	7,45
Mn	0,5-1,5	n.a.	n.a.	0,81
Cu	0,1-0,2	0,1-0,2	0,2-0,3	0,123
Pb	n.a.	n.a.	n.a.	0,06
Zn	n.a.	n.a.	n.a.	0,07
Izz. Veszt.	25-30	n.a.	n.a.	22,44

**1. táblázat:** A rudabányai érc, dúsítási meddő, szállópor és a vizsgálatoknál felhasznált minta átlagos kémiai összetétele

Még az üzem működésének idején kísérletek történtek a meddő barit és színesfém tartalmának hasznosítására, de ezek az előállított termékek minőségi problémái és gazdaságossági okok miatt nem vezettek gyakorlati megvalósításra alkalmas eredményekre. A meddő barit tartalmát mélyfűrési, papír-ipari és festékipari felhasználásra kívánták hasznosítani, de a flotációs dúsítási eljárás során nyert koncentrátum nem volt megfelelő minőségű. A felhasználás követelte minőség eléréséhez kémiai fehérítés, és termikus deszorpció alkalmazására lett volna szükség, de a költségek az eljárást gazdaságtalanná tették. A színesfém ásványok flotációs dúsítása során az érc előzetes termikus kezelése okozott problémákat és az előállított koncentrátum minősége sem volt megfelelő. Ezek miatt a problémák miatt a meddőhasznosítás korábban nem volt megoldható. A térség környezetvédelmi problémáinak megoldására biztosított támogatások és befektetői szándékok lehetővé tették a rudabányai meddő, elsősorban a dúsítási meddő hasznosítási lehetőségeinek ismételt vizsgálatát.

## A RUDABÁNYAI MEDDŐ HASZNOSÍTÁSÁRA IRÁNYULÓ ÚJABB KUTATÁSOK

A meddőhasznosításra irányuló újabb kutatások elsősorban a vastartalom és a barit tartalom alacsonyabb minőségi igényeket kielégítő hasznosítását, ill. az anyag egy részének építőanyagként való felhasználását tűzték ki célként, azzal a feltétellel, hogy a hasznosítás lehetőleg a teljes mennyiségre kiterjedő legyen. Megfogalmazódott az a követelmény is, hogy a meddőhasznosítása a környezetvédelmi problémák felszámolása mellett, gazdasági eredmény is hozzon a vállalkozóknak, befektetőknek.

A laboratóriumi vizsgálatokhoz a meddőhányó mintavételezésével több száz kg minta vételére került sor. A minta laboratóriumi vizsgálata kiterjedt a meddő szemcseméret, kémiai összetétel, alkotórész-tartalom meghatározására, a hasznosítható alkotók feltárására irányuló vizsgálatokra. Az aprítás - őrlés - osztályozást követően szétválasztási vizsgálatok végeztünk hidrociklonnal, erős és gyengemezős nedves és száraz mágneses szeparátorokkal.

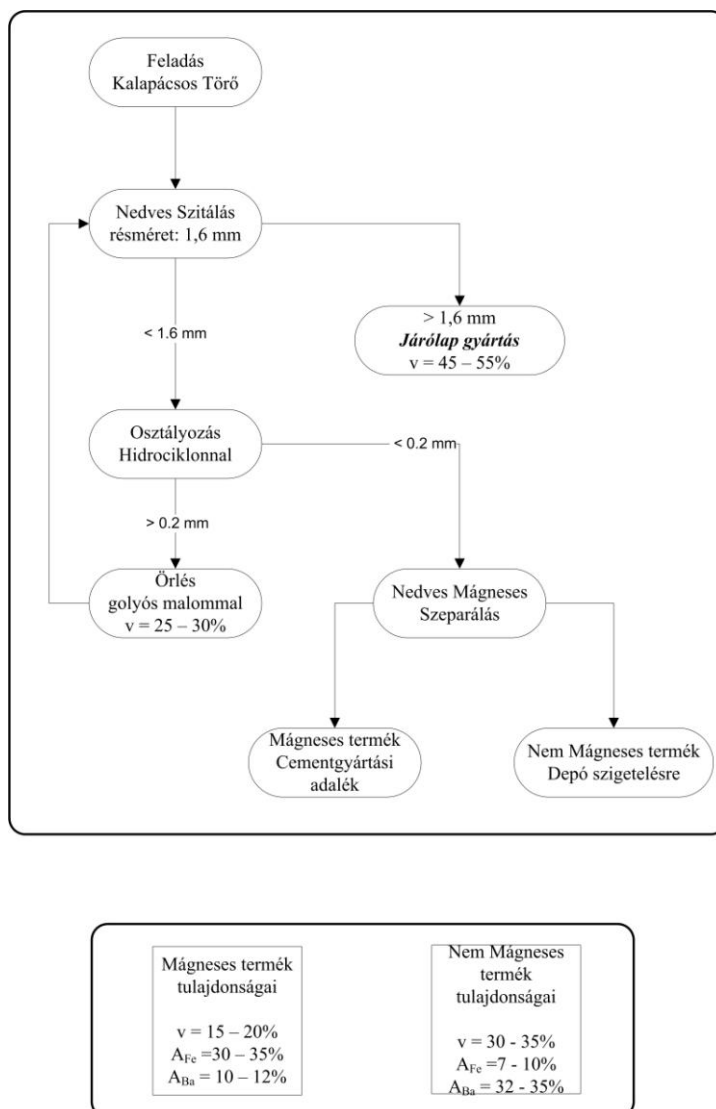
A betétes kalapácsos törővel 2mm alá aprított anyagot 0,25 - 2,0 mm (töret 53,4%-a) és <0,25 mm-es frakciókra (töret 46,6%-a) bontottuk. A durvább frakciót száraz mágneses szeparátoron, a 0,25 mm alatti részt gyengemezős nedves mágneses dobszeparátoron dúsítottuk. A száraz mágneses szétválasztás eredményeit, a szétválasztott termékek összetételét a 2. táblázat tartalmazza. A nedves mágneses dobszeparátorral elvégzett szétválasztás eredményei a 3. táblázatban láthatók

I [A]	$\Delta m$ [%]	v [%]	BaSO <sub>4</sub> [%]		Fe [%]	
			A <sub>Ba</sub>	k <sub>Ba</sub>	A <sub>Fe</sub>	k <sub>Fe</sub>
0,1	55,30	55,30	9,58	43,15	16,50	76,05
0,25	6,01	61,31	10,03	4,91	9,20	4,61
0,5	12,40	73,71	15,20	15,35	7,00	7,23
1,0	10,27	83,98	16,04	13,42	5,70	4,88
2,5	7,77	91,75				
5,0	3,75	95,50				
10,0	1,88	97,38	16,57	18,08	5,40	6,03
NM	2,62	100,0	23,86	5,09	5,50	1,20
<b>összesen</b>	<b>100,0</b>	-	<b>12,28</b>	-	<b>12,00</b>	-

**2. táblázat:** A Rudabányai meddő száraz mágneses szétválasztási eredményei

termék	$\Delta m$ [%]	$\rho$ [kg/dm <sup>3</sup> ]	BaSO <sub>4</sub> [%]	Fe [%]
Mágneses (M)	38,52	3,3845	13,89	31,0
nem-mágneses (NM)	61,48	3,3081	33,26	8,1
<b>összesen</b>	<b>100</b>		<b>20,45</b>	<b>16,92</b>

**3.táblázat:** A gyengeműzős nedves mágneses dobszeparátoron elvégzett kísérlet eredményei



**2.ábra:** A vasércbányászati meddő hasznosítására javasolt eljárás technikai rendszer



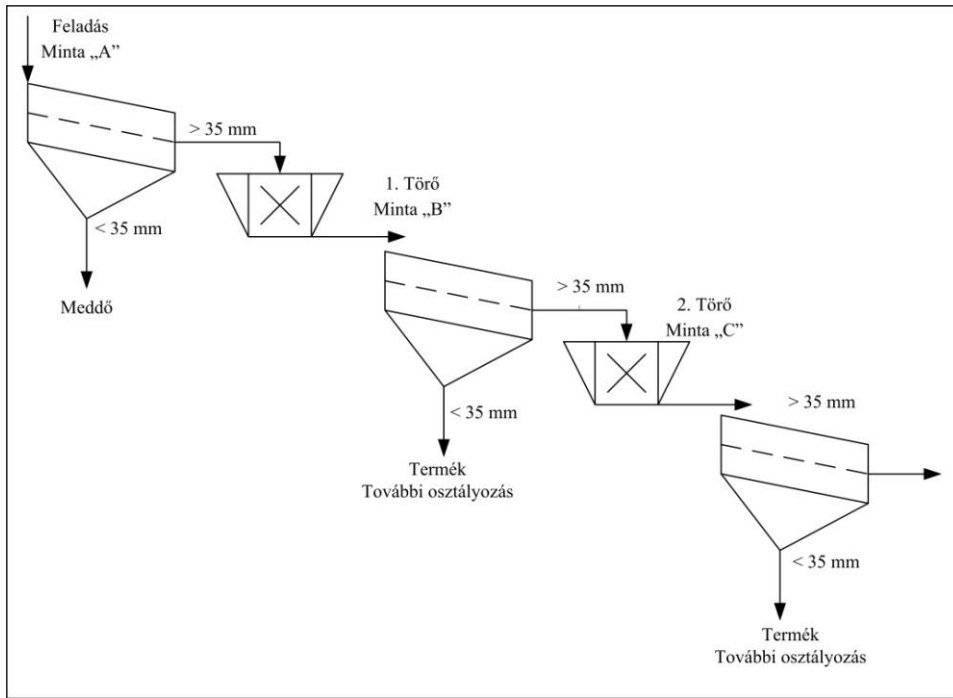
Az alapvizsgálatok eredményei alapján kidolgozásra került a meddőhasznosításra alkalmas előkészítési technológia, amely szerint külfejtési módszerekkel kitermelt, részben már kötött meddőt kalapácsos törőn felaprítjuk 8 mm alá, majd nedves osztályozással az 1,6 mm-nél nagyobb méretű részt építőiparban használjuk fel (ld. 2. ábra). Az 1,6 mm-nél kisebb méretű rész hidrociklonnal zárt körfolyamban dolgozó golyósmalomban 0,2 mm alá őrölve, majd nedves mágneses dobszeparátoron szétválasztva magas Fe tartalmú cementipari adalékanyag, valamint magas barit tartalmú környezetvédelmi célokra alkalmas takaróanyag állítható elő, s így a meddőhányók teljes egészében feldolgozhatóak és hasznosíthatók.

### *KŐBÁNYÁSZATI MEDDŐANYAGOK ELŐKÉSZÍTÉSE ÉS HASZNOSÍTÁSA*

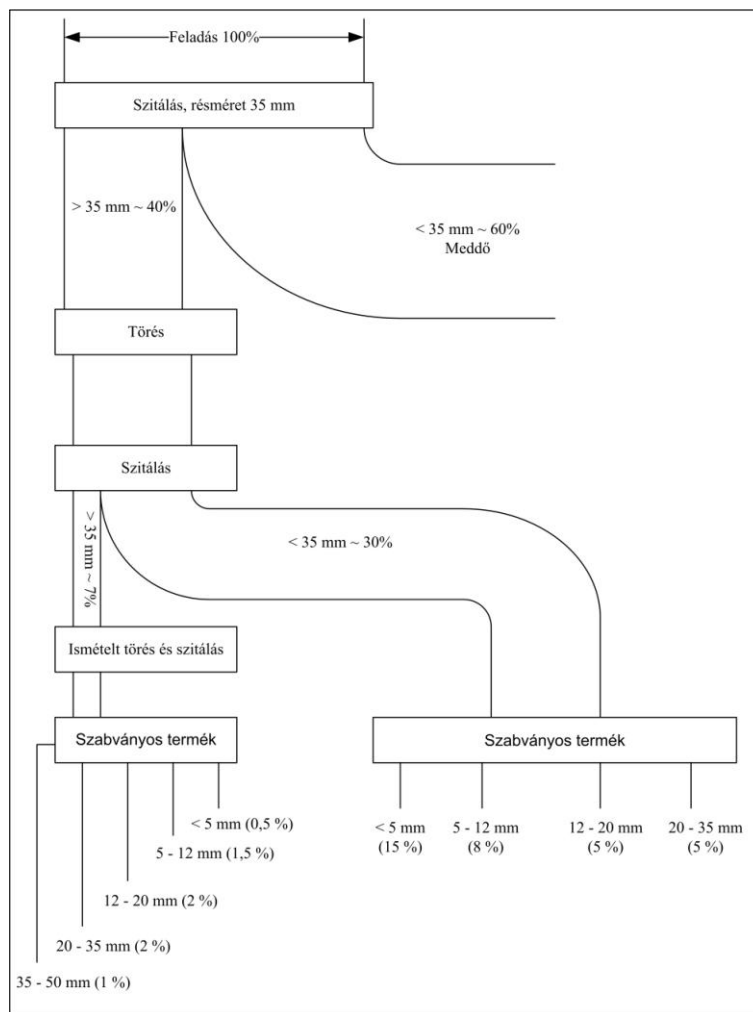
A kőbányászat során jelentős mennyiségben deponálnak olyan meddőanyagot, amely még jelentős mennyiségben tartalmaz hasznosítható kőanyagot. Különösen az új bányák nyitásának problémái miatt egyre nagyobb igény jelentkezik a kitermelt, már ledeponált kőanyag-tartalmú meddők feldolgozására, alacsonyabb minőségű termékek iránti igények meddőhányókból történő kielégítésére. A kőbányászati előkészítési technológiák első lépéseként, vagy egy, vagy kétfokozatú elő-törést követően 50 vagy 80 mm-nél leválasztják a gyengébb szilárdságú aprózódott meddőanyagot. Magyarországon az egyik legnagyobb kőbányában a letakarítás során deponálásra kerülő anyagban a föld/kő arány 20/80%. Az előtörést követően a meddőleválasztás során kiválasztott anyag kőanyag tartalma is 70-80%. A bányában évente megmozgatott 1 500 kt anyag 60-70%-a meddőanyagként deponálásra kerül. A különböző meddőhányókon a bányában jelenleg deponált meddő mennyisége meghaladja a 10.000 kt mennyiséget.

Ennek a meddőnek a felhasználása (autópálya építési útalap, útpadka feltöltés, területfeltöltés, árvízi védekezés stb.) korlátozott mértékben jelenleg is folyik. Az évente keletkező meddő legfeljebb 20-30 %-a értékesíthető feldolgozás nélkül. Az országban számos helyen, több 10 Mt -ás mennyiségben, található régi kőbányászati meddőhányók, amelyek hasznosítására feldolgozás nélkül nincs lehetőség.

Egy régi 1904 és 1983 között működő andezit bánya meddőanyagának hasznosítására történt kezdeményezés. A bánya még nem került végleges bezárásra, jelenleg tartósan szünetel a termelés. A laboratóriumi és fülüzemi kísérletek céljára a meddőhányót szabály szerint megmintázva kb. 2 t mintaanyagot vettünk a helyszínen. A laboratóriumban elvégzett szemcseméret elemzés, törés és osztályozási kísérletek eredményeit felhasználva dolgoztuk ki a fülüzemi technológiát. A kidolgozott technológia kísérleti megvalósítására (ld. 3. ábra) egy működő bánya előkészítő berendezéseinek használatával került sor. A kísérleti feldolgozás során megvalósult anyagmérleget a 4. ábra mutatja.



3. ábra: Kőbányászati meddőanyag kísérleti feldolgozásának rendszere



4. ábra: A kőbányászati meddőanyag feldolgozásának anyagmérlege

Az egyes törési fokozatoknál keletkező B és C jelű anyagáramokból vizsgálatok céljára mintát vettünk, és szabvány szerinti méretfrakciókat állítottunk elő és vizsgáltuk a szemcsék alakját, a „termékek” közetfizikai paramétereit, a Deval, a Los-Angeles és fagyállósági tesztek elvégzésével.

A laboratóriumi és füzemi kísérletek alapján az alábbi főbb megállapítások tehetők:

- A vizsgált kőbányászati meddőanyagban (általában a kőbányászati meddőkre is igaz) 40-45% útépitési célra hasznosítható kőanyag van.
- A meddőanyagból a 30-35 mm-nél nagyobb részt leválasztva, több fokozatú töréssel és osztályozással előállított útépitési kőanyag szemcsealak szempontjából jó minőségű
- Az előállított termékosztályok Deval és Los-Angeles minősítése A vagy B, tehát jó minőségű
- Az előállított termékek időállósága szulfátkristályosítási vizsgálat alapján nem minősíthet, vagy D minőségű

Az elvégzett laboratóriumi és füzemi vizsgálatok alapján látható, hogy a kőbányászati meddők feldolgozásával lehetőség van arra, hogy a deponált kőbányászati meddők 40-60 %-a kőbányászati terméként kerüljön felhasználásra, beépítésre, de csak olyan helyeken ahol a fagyállóság nem kritérium.

A földtani készletek csökkenésével, kimerülésével a jelenleginél differenciáltabb termékskála előállításával lehetőség lenne arra, hogy a kőanyagok hasznosítása a jelenleginél hatékonyabb legyen. Erre vonatkozóan Magyarországon már történtek fejlesztések.

## **KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS**

*A tanulmány/kutató munka a TÁMOP-4.2.1.B-10/2/KONV-2010-0001 jelű projekt részeként – az Új Magyarország Fejlesztési Terv keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg*