Kőszenek minőségére ható tényezők vizsgálata elsősorban karotázs módszerekkel való kimutathatóság céljából

*Dr. EGERSZEGI PÁL**

*TÓTH BÉLA***

A tanulmány tárgyalja azokat a biotikus és abiotikus tényezőket, melyek befolyásolják a szenesülés folyamán a szén szerkezetének és anorganikus alkotóinak kialakulását, valamint a hamuképző komponenseknek és a víznek megjelenési formáit és ezeknek a hőmérsékletváltozás hatására beálló változásait.

A továbbiakban foglalkozik az organikus és anorganikus komponensek, a laboratóriumban meghatározható paraméterek, valamint a karotázs-szelvényekből meghatározható adatok közötti összefüggésekkel és ezek alapján minősíti a borsodi aknák által termelt szeneket.

Работа рассматривает те биотические и абиотические факторы, которые в процессе обугливания влияют на структуру угля и образование его неорганических составных, а также на формы проявления зол еобразующих компонентов и воды и их изменение, наступающее под влиянием изменения температуры.

Далее занимается зависимостями между органическими и неорганическими компонентами, параметрами лабораторных определений, а также данными, определяемыми по каротажным диаграммам и на ие основании оценивает угли, добываемые из боршодских шахт.

Biotic and abiotic factors influencing during carbonization the structure and the formation of anorganic components of coal, as well as the forms of appearence of ash production and of water and the variations of these owing to temperature changes are dealt with.

Furthermore, the paper treats the connections between the organic and anorganic components, the parameters determined at the laboratory as well as data gained from well loggings. Basing on these, coal types produced in the pits of Borsod are classified.

Az ásványi szén nem a carbon egy másik fajtája, mint a grafit vagy a gyémánt. A szén szerves kémiai anyagok komplex keverékéből áll, mely tartalmaz carbont, hidrogént és oxigént, valamint kisebb mennyiségben ként és nitrogént. A szén carbon-, hidrogén- és oxigéntartalmának ismerete nem mond semmit a kémiai szerkezetéről.

A szén valójában egy kövület, melyet főképpen a hőmérséklet hatása alakított ki növénymaradványokból származó szerves anyagokká, és amely mindig társul vízzel és különböző szervetlen ásványi anyagokkal.

A mikroorganizmusok szerepe a szén keletkezésében

Az elhalt növények (és állatok) a mikroorganizmusok tevékenységei folytán elbomlanak, ill. átalakulnak. A trópusi őserdőkben a talaj kevés növényi maradványt tartalmaz (a humusztartalma minimális), pedig a növényzet elha-

* okl. bányamérnök, geofizikus

** okl. vegyészmérnök (Borsodi Szénbányák, Miskolc)

lása és újratermelődése – az ideális klímaviszonyok miatt – rendkívül intenzív. Ez azért van, mert az éghajlati viszonyok rendkívül kedvezőek az aerob baktériumok szaporodásának és élettevékenységük működéséhez. Az aerob baktériumok a növényi maradványokat széndioxidra és vízre bontják le.

A mérsékelt égövben az aerob baktériumok szaporodási sebessége kisebb, és itt nagyobb szerep jut az anaerob baktériumoknak.

A mikroorganizmusoknak élettevékenységük viteléhez szerves anyagra – mint táplálékra –, energiatermelésükhöz pedig oxigénre van szükségük. Az utóbbihoz az aerob baktériumok a levegő oxigénjét, míg az anaerob baktériumok kémiailag kötött oxigént használnak fel.

A szenesülésben kizárólag anaerob baktériumoknak van szerepük. Az anaerob baktériumok fajainak száma több ezerre tehető, melyek ugyanazon növényekből más és más szerkezetű és kémiai tulajdonságú vegyületeket hagynak maguk után.

Az anaerob baktériumoknak két nagy csoportját lehet megkülönböztetni: az egyik az ős szerves anyagot alkohollá, a másik szerves savvá alakítja. Hogy melyik típusú mikroorganizmus élettere van meg, azt az abiotikus tényezők határozzák meg. Itt elsősorban a hidrogénion-koncentrációnak van szerepe. Ha a $pH < 7$, akkor azoknak a mikroorganizmusoknak van biztosítva az élettere, melyek enolos (alkoholos) funkciós csoportot hoznak létre a szerves magon.

Ha $pH > 7$, akkor fenolos hidroxil- és karboxilgyökök keletkezésének a hányada nagyobb.

Az, hogy hány értékű alkohol, ill. sav keletkezik, azt az anaerob baktérium típusa határozza meg.

A szén organikus komponensei

Közismert, hogy a lipoid-típusú szeneknél a viasz- és a gyantatartalom magas. A viasz nem egyéb, mint egyértékű, nagy szénatomszámú alkoholnak kétértékű karbonsavval alkotott észtere. A gyanták aromás alkoholok, aldehidek és fenolok, főleg az abietinsavval (hidro-fenantrén-karbonsav) alkotott addíciós kondenzátumai.

A fenantrénvázas aromás maghoz paraffin-szénhidrogén-láncok is kapcsolódnak. A paraffinok és a hidrociklusos vegyületek hidrogénben gazdagok, ezért nem véletlen, hogy a lipoid típusú szeneknek magas a hidrogéntartalma.

A huminoid típusú szenek karboxil- és hidroxilgyököket tartalmaznak, paraffin-szénhidrogén-tartalmuk minimális, csak metil (CH_3-) gyök kapcsolódik a szerves maghoz.

$pH = 7$ értéknél lipo-huminoid, ill. humino-lipoid szénféleségek alakulnak ki.

Az *1. táblázat* magyarázatot ad arra, hogy a borsodi és a közép-dunántúli barnaszenek miért huminoid típusú szénféleségek: rendkívül magas az alkálikus kémhatású szervetlen komponens. A mecseki kokszolható szenek a szenesülés korábbi fázisában minden bizonnyal lipoid típusú barnaszenek voltak. A szászvári szén szenesülési foka megegyezik a kokszolható szenekével (az oxigén-, hidrogén-, az illó- és nedvességtartalom ugyanaz), a sülőképessége mégis nagyon rossz. Ez a huminoidokra jellemző térhálós szerkezeti felépítés miatt van. A táblázatban szereplő két NDK barnaszén szenesülési foka megegyezik (mindkettő miocén-korú lignit). Az egyik lipoid típusú, a huminoidtartalma 10%

1. táblázat

Bánya neve	Szénfajta	Hamutartalom bázikus komponenseinek %-a						
		CaO	MgO	CaO+ +MgO	K_2O	Na_2O	K_2O+ +Na_2O	Alk.+ +F. alk.
Borsodi Szb.								
Közp. Oszt. 1	k–db	8,5	2,7	11,2	1,7	1,0	2,7	13,9
Közp. Oszt. 2	kocka	10,7	2,4	13,1	1,0	0,8	1,8	15,7
Közp. Oszt. 3	dió	7,5	2,6	10,1	1,4	0,9	2,3	12,4
Közp. Oszt. 4	dara	9,0	2,2	11,2	1,9	0,7	2,6	13,8
Lyukóbánya 5	k–db	18,4	2,7	21,1	0,8	0,2	1,0	22,1
Edelény 6	k–db	18,0	3,0	21,0	1,2	1,8	3,0	24,0
Putnok 7	k–db	12,8	2,2	15,0	1,2	0,8	2,0	17,0
Putnok 8	dió	12,5	2,2	14,7	1,2	1,0	2,2	16,9
Királd 9	k–db	14,3	2,9	17,2	1,3	0,8	2,1	19,3
Királd 10	dió	15,9	3,0	18,9	1,0	0,7	1,7	20,6
Farkaslyuk 11	k–db	14,0	3,4	17,4	1,4	0,5	1,9	19,3
Farkaslyuk 12	dió	9,2	3,0	12,2	1,8	0,5	2,3	14,5
Egercsehi 13	k–db	9,0	1,8	10,8	1,6	2,4	4,0	14,8
Egercsehi 14	dió	6,8	1,6	8,4	2,0	2,0	4,0	12,4
Mecseki Szb.								
Pécs 1	koksz	1,5	0,9	2,4	2,0	0,5	2,5	4,9
Szászvár 2	akna	16,2	6,0	22,2	1,5	0,5	2,0	24,2
Komló 3	koksz	0,9	0,7	1,6	2,7	0,4	3,1	4,7
Középdunántúli Szb.								
Balinka 1	k–db	17,5	4,8	22,3	0,5	2,9	1,4	23,7
Balinka 2	dió	13,2	3,4	16,6	0,8	1,9	2,7	19,3
Dudar 3	k–db	18,1	4,1	22,2	0,8	0,7	1,5	23,7
Dudar 4	dió	15,2	3,5	18,7	1,0	0,6	1,6	20,3
Ajka 5	k–db	20,0	3,9	23,9	0,3	0,2	0,5	24,4
Ajka 6	dió	30,2	3,2	33,2	0,2	0,2	0,4	33,6
NDK kokszolható barnaszén		1,7	0,3	2,0	0,9	0,6	1,5	3,5
NDK nem kokszolható barnaszén		7,2	2,6	9,8	2,1	1,4	3,5	13,3

alatt van, a másik lipo-huminoid típusú, a humionidtartalma 50% körül van. A szenesülés során keletkező szerves anyagok milyenségére az abiotikus tényezők (alkalikus komponensek mennyisége) által meghatározott élettér (a biotóp) a felelős.

A borsodi és a közép-dunántúli szénféleségek huminoidtartalma eléri a 90%-ot.

A szén anorganikus komponensei

A szén anorganikus anyagokat is tartalmaz, úgymint szervetlen ásványokat (hamuképző komponensek) és vizet. A hamuképző komponensek egy része nem épül be a szervesanyag molekulaszerkezetébe, a szénnel egy inhomogén keveréket alkot, mely a metamorfózis során szennyezőanyagként keveredett a szerves anyag közé. Ez a hányad adja a hamu nagyobbik részét. Az anorganikus

anyagok egy része viszont ionos, ill. kelátkomplex-kötésben részt vesz a molekula szerkezeti felépítésében. Itt a karboxilkötések játsszák a főszerepet, ezek képesek a fenti kötést létrehozni.

A huminoid szenek ezért eleve nem lehetnek hamumentes szenek. A lipoid típusú szénféleségeknek a hamutartalma – általában – ezért kisebb.

A szén hamutartalma általában kisebb, mint a hamuadó ásványok menynyisége. A hamu és a hamuképző között kémiai és fizikai (tömeg) különbség van. A hamuadó ásványok a szén égetése során (hamumeghatározás) termikus bomlást szenvednek. Elvesztik kristályvizüket, a kéntartalom nagyrészét, karbonáttartalmukat és a kloridtartalmukat. A szénben szóba jöhető agyagásványok – a kaolinit, halloizit és a montmorillomit – szerkezeti vizét 400 – 550 °C közt adja le. 800 – 830 °C között az anyagásványok égetése során millut keletkezik, ami szintén súlycsökkenéssel jár. A gipsz molekulánként két mól kristályvízzel rendelkezik, 128 °C-on anhidritté alakul, miközben 1,5 mól kristályvizet veszít. 400 °C-ig a teljes víztartalmát elveszti. A limonit az egy mól kristályvizét 300 – 320 °C-on adja le, miközben hematitté alakul. A szén pirolízisénél felszabaduló redukáló gázok a hematitot 620 – 650 °C-on magnetitté redukálják, 800 – 850 °C-on a magnetit kétértékű vasoxiddá redukálódik. A vasszulfid-ásványok (pirit, markazit, melnikorit) a kéntartalmuk egy részét 450 és 700 °C között elvesztik. A borsodi barnaszéntelepekre nagyon jellemző kétértékű vasszulfát jelenléte a kísérő kőzetet zöldes színűre festi, mely a levegő oxigéntartalmának hatására megszürkül, mivel bázikus vas(III)szulfáttá alakul. A vas(II)szulfát 7, a vas(III)szulfát 9 mól kristályvízzel rendelkezik. Az előbbi kristályvizét 300 °C-on, az utóbbi 440 °C-on adja le. A karbonát-ásványok közül az aragonit 825 °C-on, a kalcit 1025 °C-on, a magnezit 510 °C-on, a dolomit pedig 700 °C -on fémoxidra és széndioxidra bomlik.

Az organikusan kötött hamualkotó komponensek – doppleritben a kalcium, pigotitben az alumínium, zittavitben a vas – a pirolízis során tömegben növekednek, mivel a karboxilgyökhöz ionosan vannak kötve, az elégés után viszont oxidos alakban vannak.

Az organikus kén elégésekor keletkező kéndioxid a kalcittal reakcióba lép és kalciumszulfit, ill. kalciumszulfát keletkezik. 700 °C körül a kalciumszulfit kalciumszulfiddá redukálódik. A kalciumszulfát és a kalciumszulfid 850 °C-on olvadó eutektikumot ad.

Az agyagásványok égetésük során reakcióképessé válnak, miközben 750 °C-on kalciumaluminát, ill. kalciumszilikát és kalcium-alumíniumszilikát keletkezik. Ezek összeolvadása salakosodáshoz vezet. Különösen alacsony olvadáspontú salak keletkezik mész- és szulfátgazdag szenekben, továbbá a vas-, kalcium-, magnézium-, kálium és nátriumoxid-tartalom jelenlétében.

A magyar szénhamuknál – a komponensek egymáshoz való viszonya alapján – megkülönböztetnek szilikátos (kovasavas és agyagos) és meszespirites típust. Az előbbi a nógrádi és a borsodi szenekre jellemző, az utóbbi a dorogi, tatabányai és a közép-dunántúli barnaszenekre. Szilikátos típusú a mecseki liászkorú kőszenek hamufajtái is. A hamu jellegét nem a földtani kor, hanem a láp egykori környezetének kőzettani jellege határozza meg. Magmás, metamorf vagy homokos-homokköves környezetben a hamu kovasavas-szilikátos jellegű, meszes dolomitos környezetben pedig meszes szulfidos jellegű.

A hamuadó elegyrészek túlnyomó része az egykorú környezet lepusztulásából származó finom mechanikai elegyrész. Található ezenkívül a szénben rendszerint kisebb mennyiségben az eredeti ősnövényzet anorganikus anya-

gából származó, továbbá a láp vízéből kémiailag, valamint már a szénülés közben diagenezis, ill. epigenezis folyamán kivált anyag is.

A sávféleségek közül legkevesebb – kb. 1% körüli – hamut a vitrit tartalmaz. Ez főleg ősnövény eredetű. A vitrit a főleg lipoid típusú szénféleségekből alakul ki a metamorfózis során. Ha nagy a hamutartalom, nagyobb a valószínűsége annak, hogy az anorganikus anyag bázikus komponenst tartalmaz, ami eleve kizárná a vitrit kialakulásának körülményeit.

Legtöbb hamut a sávféleségek közül a durit tartalmaz, mivel ez huminoid típusú szénféleség. Itt éppen az utólag lerakódott szervetlen komponensek határozták meg azt, hogy az ősnövényzetből huminoid típusú szenek jönnek létre.

Az anorganikus elegyrészek közül mirkoszkóppal a következők mutathatók ki: homokos elegyrészek, agyagos elegyrészek, dolomit, kalcit, sziderit, pirit, markazit és kovásodott szénféleségek.

A homokos elegyrészek főleg finomszemű kvarc, földpát, 5–70 μm szemnagysággal.

Az agyagos elegyrészek főleg szericit-, muszkovit-, kaolinit- és montmorillonitféleségekből tevődnek össze. Rendszerint finom pikkelyes alakban jelennek meg, a rétegzéssel párhuzamos elrendeződésben. Szemnagyságuk 10–100 μ m nagyságrendű.

A szén jellege és az agyagásvány milyensége között összefüggés van. A kaolin savanyú közegben keletkezik, a montmorillonit pedig lúgosban. Így nem véletlen, hogy a borsodi szén anorganikus komponensében az agyagféleségek közül a bentonité az uralkodó szerep.

A kalcit a szénkőzetekben igen különböző formában fordul elő.

A dolomit feltételezhetően tengervízből származik, mely vízből való kicsapódásakor még amorf volt, ezt az átkristályosodott gélekre jellemző sugaras szerkezet is igazolja.

Míg a dolomit a széntelepen belül található, addig a sziderit a széntelepek közti meddő, fedü és feküjében jelenik meg.

A limonit feltehetőleg a kőszén keletkezésének a termékе, vasszulfátból képződhetett, ahol az anaerob baktériumok az anionokat felhasználták és a fennmaradó vas az oxidáció következtében limonitté alakult.

A pirit és a markazit a szén gyakori elegyrészei. A kőzethasadékok, réteglapok mentén fémes bevonatok, de néha gumók alakjában szabad szemmel is látható alakban jelennek meg. Létrejöttükben szintén az anaerob baktériumok tevékenysége rejlik.

A pirit és a markazit legtöbbször igen apró 1–40 μm-es szabályos gömbök, vagy ezek halmazai alakjában található, rendszerint a rétegzéssel párhuzamosan.

A kovásodás a borsodi szénmedence gyakori jelensége, a II-es telepnek állandó kísérője, de Ormosbányán az V-ös telepben is megtalálható. A vulkánikus kovasavas hévíz vízoldható nátriumszilikátot tartalmaz (vízüveg, lúgos kémhatású), melyből savanyú közegben a szilikagél kicsapódik. A savanyú kémhatást a szén szabad huminsavtartalma biztosítja. A nátriumszilikát nátrium ionja a karboxilgyök hidrogénjének helyére lép. A nátriumhumát lúgos kémhatású, ezért ez megakadályozná a további kicsapódást, de az alkáli humátok 7,5–12 pH között a fémionokkal Ca, Mg, Al, Fe humátokat képeznek (így jön létre a dopplerit, zittavit, pigotit stb.), ezáltal a lúgos kémhatás megszűnik, a további gélesedést a szabad huminsavtartalom biztosítja. A kovásodás

feltétele továbbá, hogy a szén fölött ne legyen vízzáró agyagréteg, hogy a nátriumszilikátos víz hozzájuthasson a humifikálódott növényi maradványokhoz. Ez akkor következik be, ha egyes helyeken nagy mennyiségű fatörzs halmozódik fel, és a lápban leülepedett agyagréteg ezeket nem tudja befedni. Tehát a kovás széntelep nem azért vastagabb, mint a környezete, mert kovás, hanem azért kovás, mert vastagabb a széntelep. A kovás széntelep fölött homokos fedü található.

Törésvonalak mentén is keletkeznek kovás szenek, mivel itt a kovaoldatoknak a szénhez való hozzáfolyása biztosított.

Ormos-bányán a kovásodás a kőszéntelep teteje közelében jelenik meg, ott, ahol a fedü homokos.

A szén víztartalma

A barnaszenekben a víz kötésének növekvő erőssége szerint háromféle vizet lehet megkülönböztetni: durván kötött, kapillárisan kötött és adszorpciósan kötött vizet. E háromféle víz mennyisége jól elkülöníthető, ha a gőznyomási izotermákat, vagyis a kondenzált víz mennyiségének a vízgőznyomással való változását ábrázoló görbéket logaritmikusan ábrázoljuk. Ekkor ugyanis két töréspont jelentkezik, ami a háromféle víz mennyiségét elkülöníti.

A nedvességtartalom a szén külső és belső felületétől, szénülés mértékétől, szabad funkciós csoport ekvivalens mennyiségétől, ill. annak milyenségétől függ.

A durván kötött víz mennyiségét túlnyomórészt a szén külső felülete határozza meg, de a mikroszkópikus üregekben levő vizet is ide kell sorolni. A borsodi barnaszén nedvességtartalmának nagyobb hányadát ez a vízféleség adja, a hamumentes szénre számolva mintegy 22%-ot tesz ki, az összes víztartalomnak pedig 64%-át. A szén- és a vízmolekulák közötti kohéziós erők tartják a szénhez kötve. Ez a víz tartalmazhat oldott sókat, de az ionok mozgását a szén szerkezeti felépítése miatt jelenlevő szigetelő falak megakadályozzák, ezért a vezetőképességük alacsony.

A kapilláris víz a szubmikroszkópikus üregekben, kapillárisokban helyezkedik el. Valószínűleg a funkciós csoportok kondenzációja során felszabaduló vízmennyiségből származik. A borsodi hamumentes barnaszénnek 7%-át teszi ki, az összes víztartalomnak pedig 22%-át. Az adszorpciós víz elsősorban a COOH gyök hidrátburkában helyezkedik el. A borsodi huminites szén szabaz huminsavtartalma 8–10%-nál nem nagyobb, ezért ez a gélvízmennyiség a össznedvességhez viszonyítva a legkisebb, mintegy 18%-ot tesz ki.

A kapilláris és adszorpciós víz Van der Waals erőkkel kötődik a szénhez, ezért szobahőmérsékleten (25 °C-on) nem távozik el, csak 105 °C-on. A kapillárvíz is eredetileg gélvíz volt, ezért kémiai és fizikai tulajdonságaik megegyeznek. Oldott ionokat nem tartalmaznak, mert a szén keletkezése során jelenlevő vízben oldott sók ($CaHCO_3$, $Ca(NO_3)_2$, $CaSO_4$ stb.) nagy szerepet játszottak a szén – mint vegyület – kialakulásában. Az anion oxigéntartalmát az anaerób baktériumok használták fel, így alakultak ki az oxicsoportok. A nitrogén és a kén beépült a szerves anyag molekulájába. A kation pedig ionos, ill. kelátkötésben kapcsolódott a szerves anyaghoz.

Ha egy szénmezőhöz tartozó (azonos genetikai egység) szénösszlet különböző hamutartalmú mintáinak hamu- és nedvességelemzési mennyiségeit de-

rékszögű koordinátarendszerben ábrázoljuk, akkor a szén és a hamualkotó komponensek nedvességértékeire sokatmondó görbét kapunk. Ugyanis, ha a görbét a nedvességtengelyig extrapoláljuk, megkapjuk a szén nedvességtartalmát, míg ha a hamutengelyig extrapoláljuk, akkor a tiszta hamuadó elegyrészek nedvességtartalmát kapjuk meg.

A borsodi terület egyes aknái hamuképző komponenseinek átlagos nedvességtartalma az *1. ábrán* látható.

Karotázs-méréseket befolyásoló fizikai paraméterek

A paraméterek meghatározásánál laboratóriumban mért, illetve karotázs szelvényekből statisztikusan meghatározható és irodalmi adatokat használtunk fel.

Laboratóriumban meghatározott adatok:

égésmeleg (É) kcal/kg-ban, hamu (h) %, nedvesség (n) %, térfogatsúly (ts).

Karotázs-szelvényből statisztikusan meghatározott és irodalmi adatok:

vezetőképesség (σ), agyag térfogatsúlya (ts_a), csak pórusvizet tartalmazó meddő vázának térfogatsúlya (ts_k).

A laboratóriumi adatokból a térfogatsúly, hidrogén-koncentráció és vezetőképesség meghatározásához szükség van a

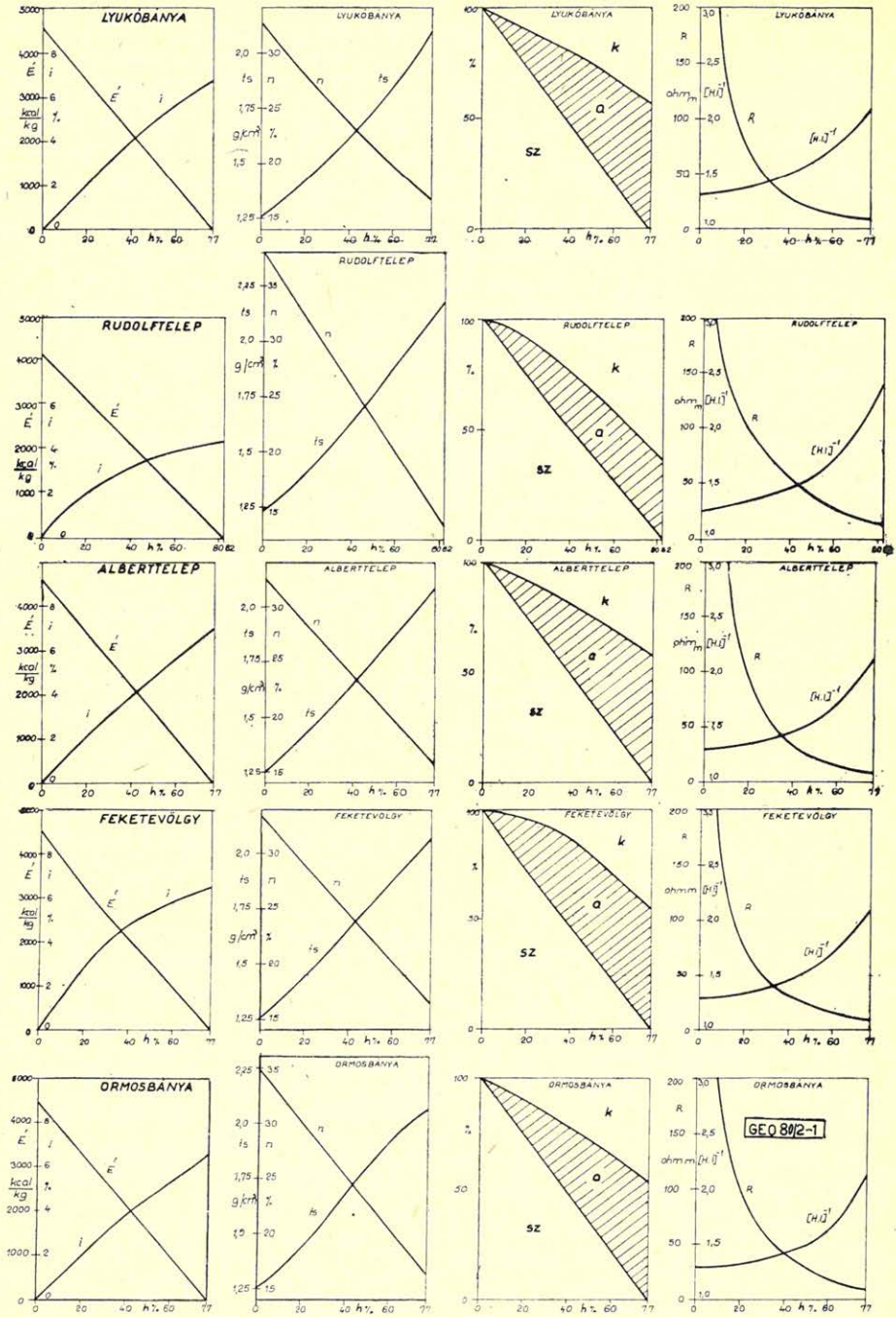
szerves éghető (é) %, szervesanyag-nedvesség (n_{sz}) %, szervetlenanyag-nedvesség (n_m) %, szervetlenanyag izzítási veszteség (i) %, izzítási veszteséggel rendelkező meddő (a) % és csak pórusvizet tartalmazó meddő (k) % ismeretére.

Térfogatsúly

Az egyes aknák szeneinél fajsúlyintervallumokra meghatározták a hamutartalmat, nedvességtartalmat és égésmeleget. A hamutartalom és fajsúlyintervallumok ismeretében felállítható egy hamutartalom-térfogatsúly összefüggés $h < 50\%$-ra. Maximális hamutartalom mellett olyan feltételezéssel lehet a térfogatsúlyt meghatározni, hogy a csak pórusvizet tartalmazó meddő szilárd vázának fajsúlya 2,66 g/cm^3, míg az izzítási veszteséggel rendelkező meddő elegyrész – mely 0% szerves anyag mellett már agyagnak tekinthető – térfogatsúlya 2,1 g/cm^3. Így (a)% és n_k ismeretében a meddő térfogatsúlya (ts_m) meghatározható. $h = 50\%$ és maximális hamutartalom között interpolálással határozhatjuk meg a térfogatsúlyértékeket. Az 1. ábrán látható az egyes aknákra vonatkozó $h\% - ts$ összefüggés.

Az egyes komponensek [szerves anyag (sz), (a) és (k)] térfogatsúlyát a következőképpen határoztuk meg:

ts_{sz} meghatározása a $ts - h\%$ grafikonból elvégezhető. ts_k meghatározható a váz térfogatsúlyából és a csak pórusvízzel rendelkező meddő nedvességtartalma (n_k) alapján. ts_{sz}-t és ts_k-t állandónak vettük minden $h\%$ mellett. ts_a változik a hamutartalom függvényében. A rendelkezésre álló adatok analízise azt eredményezte, hogy az izzítási veszteséggel rendelkező meddő térfogatsúlya nő a hamutartalom csökkenésével, amit a vasszulfát-tartalom növekedése okoz.



1. ábra. A szén komponenseinek, valamint laboratóriumban és karotázs görbékből meghatározható adatainak változása a hamutartalom ($h\%$) függvényében

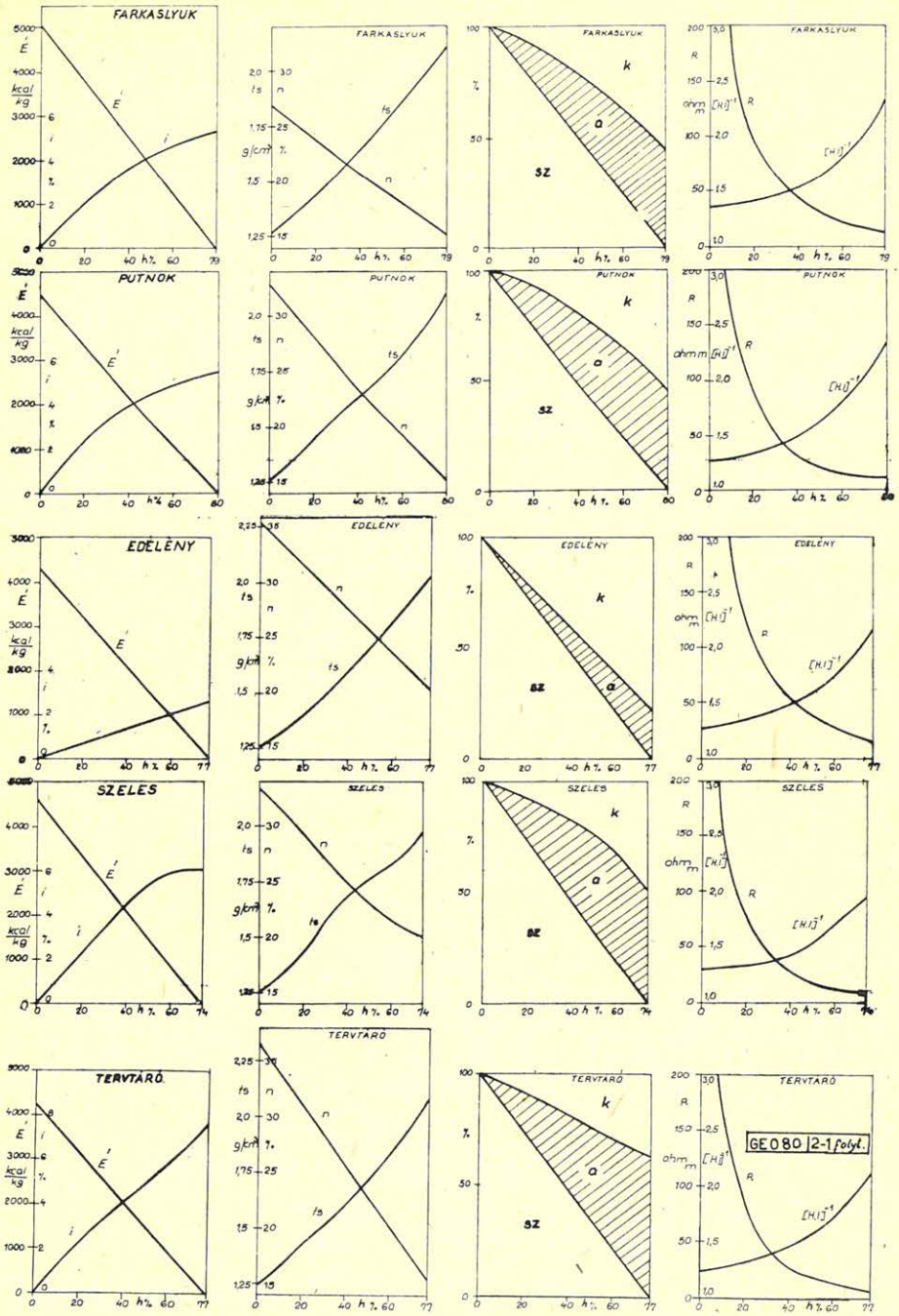


Рис. 1. Изменение компонентов угля и данных, определенных на основании лабораторных данных и каротажных измерений, в зависимости от содержания золы (h%).

Fig. 1. Variation of coal components as well as of data as determined in laboratory and from well loggings in the function of ash content (h%)

Elektromos vezetőképesség

Ahhoz, hogy meghatározhassuk a vezetőképesség hamutartalom szerinti változását, ismerni kell a három komponens térfogatszázalék szerinti összetételét.

$$sz = é + n_{sz}$$

$$é = \frac{É}{\text{tiszta szén égésmeleg (TÉ)}}$$

TÉ-t úgy határozzuk meg, hogy az égésmeleget felhordjuk a hamutartalom függvényében és $h = 0\%$-ra extrapoláljuk, ami nedves szénre adja TÉ-t ($TÉ_{sz}$). Ebből

$$TÉ = \frac{TÉ_{sz}}{n_{sz}}$$

n_{sz} értékét úgy kapjuk meg, ha a nedvességtartalmat (n) a hamutartalom függvényében hordjuk fel és $h = 0\%$-ra extrapoláljuk.

TÉ$-h\%$, és $n-h\%$ összefüggések az 1. ábrán láthatók.

A szerves éghetőtartalom ismeretében meghatározhatjuk az anorganikus anyag izzítási veszteségét:

$$i = l - é - h - n.$$

Az 1. ábrán látható az izzítási veszteség $h\%$ függvényében. Feltételezve, hogy (a) % izzítási vesztesége állandó,

$$(a) = \frac{i}{0{,}12}.$$

(a) és sz ismeretében k meghatározható

$$k = l - sz - (a)$$

A három komponens változása a hamutartalom függvényében az 1. ábrán látható.

A térfogatszázalékra történő átszámítás a következő formula alapján történik:

$$sz(\text{térf.}\%) = sz\frac{ts}{ts_{sz}}.$$

A másik két komponensnél hasonlóan történik az átszámítás.

Az eredő elektromos vezetőképesség

$$\sigma = sz \cdot \sigma_{sz} + (a)\,\sigma_a + k\,\sigma_k,$$

ahol a szerves anyag vezetőképessége (σ_{sz}) = 0,001 mho/m, az izzítási veszteséggel rendelkező meddő vezetőképessége (σ_a) a vasszulfáttartalom függvényében 0,1 és 0,17 mho/m között változik és a csak pórusvízzel rendelkező meddő vezetőképessége (σ_k) a nedvességtartalomtól függően 0,02 és 0,04 mho/m között változik.

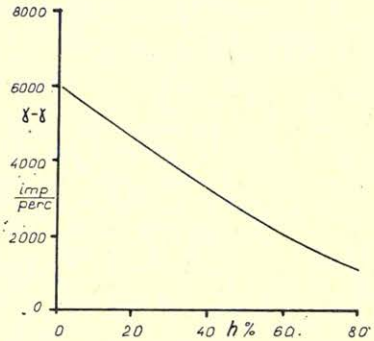
n, $é$ és i ismeretében számítható a szén hidrogéntartalmának megfelelő víz térfogat %, a hidrogénindex (HI).

$$(\mathrm{HI}) = (9 \cdot 0{,}048 \cdot é + n + i)\, ts$$

a 0,048 szorzó faktor laboratóriumban, a borsodi szeneken meghatározott érték.

Fizikai paraméterek változásának felhasználása a karotázs-mérésnél és minőségmeghatározásnál

A három fizikai paraméter meghatározásához geofizikai módszereket alkalmazhatunk. Így a térfogatsúlyt $\gamma - \gamma$, a vezetőképesség reciprokát, a fajlagos ellenállást (R) ellenállás, míg a HI reciprokát $n - n$ szondával mért értékekből határozhatjuk meg. Az 1. ábrán láthatjuk az $R - h\%$ és $(\mathrm{HI})^{-1} - h$ % összefüggéseket.



GBC 80/2-2

2. ábra. $(\gamma - \gamma) - h\%$ összefüggés Sajómercse 108. 2. telepére

Рис. 2. Зависимость $(\gamma - \gamma) - h\%$ для пласта Шайомерче 108. 2.

Fig. 2. Connection: $(\gamma - \gamma) - h\%$ for the Sajómercse 108. 2. bed.

Vizsgáljuk meg ezeknek a méréseknek pontosságát és felbontóképességét. E célból felhasználjuk a Putnok akna diagramjait és Sajómercse 108. sz. kutatófúrás karotázs-szelvényeit. Mivel a diagramok készítésénél csak a művelt 2. telep adatait használtuk fel, így a karotázs-szelvényből is csak a 2. telepnek megfelelő szakaszt vizsgáltuk.

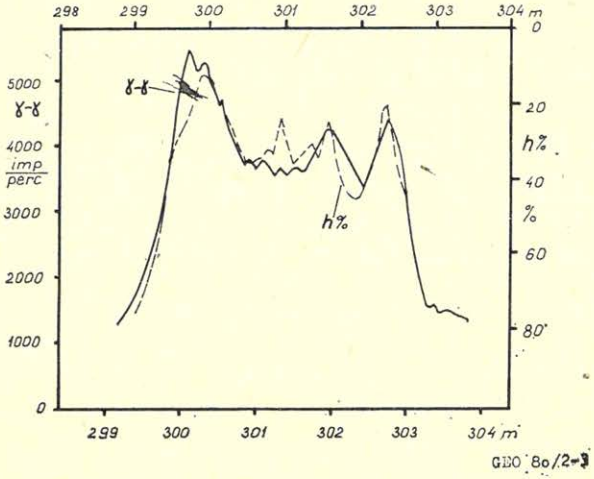
Térfogatsúly $-(\gamma - \gamma)$ és térfogatsúly $-h\%$ összefüggések alapján számítható a $(\gamma - \gamma) - h\%$ összefüggés, mely a Sajómercse 108. sz. kutatófúrás 2. telepére vonatkozólag a *2. ábrán* látható. Ebből leolvashatjuk a mérés érzékenységét is: 1% hamutartalom-változás 80 imp/perc $(\gamma - \gamma)$ intenzitásváltozásnak felel meg, ami megegyezik a statisztikus ingadozás nagyságával, így tehát a kimutathatóság alsó határa $\gamma - \gamma$ módszerrel 1% hamutartalom. A felbontóképessége, azaz hogy karotázsmérésnél milyen vastag réteg átlagát méri a $\gamma - \gamma$ szonda, 0,5 m-ben adható meg. Példaképpen felhordtuk a hamutartalom 0,5 m-es átlagaiból számított görbét a felvett 38 cm szondahosszúságú $\gamma - \gamma$ szelvénnyel együtt *(3. ábra)*. Az egyezés feltűnően jó. Két helyen eltérés mutatkozik, mely az átlagképzésnél teljesen eltűnik. Az ábra felső szélén jelöltük

a fúrómagok által, míg az alsó szélén a karotázsmérés alapján megadott mélységléptéket. A kettő között 40 cm eltérés van, ami a fúrómagok mélységének a hibája. 3 m-es összlettel számolva a laboratóriumi adatokból

$$h_{\text{átl.}} = 28{,}4\%$$

míg a karotázs-szelvényből

$$h_{\text{átl.}} = 28{,}5\%$$



3. ábra. Laboratóriumi és karotázs adatok összevetése Sajómercse 108. 2. telepére

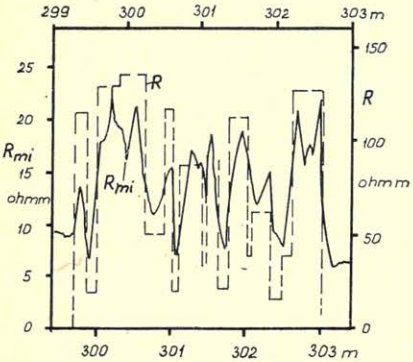
Рис. 3. Сравнение лабораторных и каротажных измерений для пласта Шайомерче 108, 2.

Fig. 3. Comparison of laboratory and well logging data for the Sajómercse 108. 2. bed.

Az elektromos vezetőképességnek a reciprokértékét mérjük ellenállásszondával. Ez a mért érték azonban csak látszólagos fajlagos ellenállás, amit erősen befolyásol az iszap és az iszappal átitatott zóna alacsony fajlagos ellenállása. A valódi fajlagos ellenállás meghatározásához laterológ vagy mikrolaterológ szondával kellene mérni. Jelenleg a karotázs-szelvényen 0,1 m-es potenciál, 2 m-es gradiens, valamint mikro-normál és mikro-inverz szondával felvett fajlagos ellenállásértékekkel rendelkezünk. A 0,1 m-es potenciál szondánál túl nagy az iszap hatása, a gradiens szondát nehéz értelmezni vékony változó fajlagos ellenállású rétegek esetében. Felbontóképesség és értelmezhetőség szempontjából a mikro-ellenállásgörbe használható legjobban a szenes összlet felbontására. A *4. ábrán* az 1. ábra $R-h\%$ diagramja alapján felhordott valódi fajlagos ellenállásszelvény (R) látható a 3,75 cm hosszúságú mikroinverz szondával felvett látszólagos fajlagos ellenállásgörbével (R_{mi}) együtt. A 40 cm-es eltérés itt is megfigyelhető. Szembetűnő a mikroszonda nagy felbontóképessége, ami 0,1 m körüli. Mikroellenállás $-h\%$ görbét szerkesztettünk a mért görbe alapján *(5. ábra)*. A mikroszondával felvett látszólagos fajlagos ellen-

állásgörbe jól kiegészíti a $\gamma-\gamma$ görbe által adott információkat, mert 10 cm-es felbontással megadja a meddő-betelepüléseket, ami a $\gamma-\gamma$ görbén az átlagoló jellege miatt nem mutatkozik. Ha a 3 m-es szakaszra számítjuk az átlag fajlagos ellenállást, akkor az 5. ábra grafikonja alapján

$$h_{\text{átl.}} = 28{,}0\%\text{-nak adódik.}$$

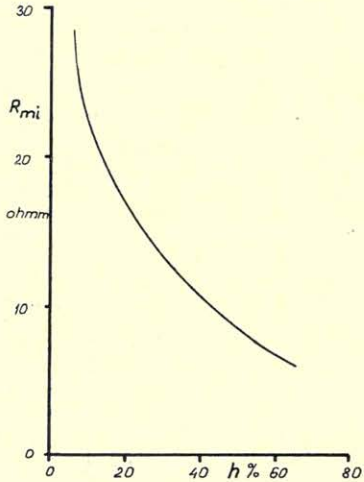


GEO 80/2-4

4. ábra. Számított fajlagos ellenállás (R) és mért mikroellenállás (R_{mi}) összehasonlítása Sajómercse 108. 2. telepére

Рис. 4. Сравнение расснитанного удельного сопротивления (R) и измеренного микросопротивления (R_{mi}) для пласта Шайомерче 108, 2.

Fig. 4. Comparison of computed specific resistivity (R) and of measured microresistivity (R_{mi}) for the Sajómercse 108. 2. bed.



GEO 80/2-5

5. ábra. $R_{mi}-h\%$ összefüggés Sajómercse 108. 2. telepére

Рис. 5. Зависимость $R_{mi}-h\%$ для пласта Шайомерче 108,2

Fig. 5. Connection: $R_{mi}-h\%$ for the Sajómercse 108. 2. bed.

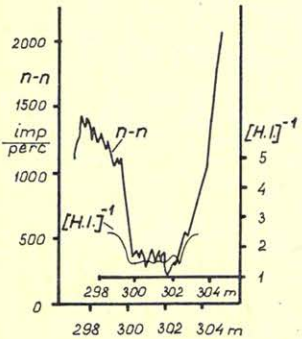
A hidrogénindex, mely a hidrogénkoncentrációra jellemző, két részből tevődik össze: a szén víztartalmából és az éghető szerves rész hidrogéntartalmából. A hidrogénindex reciprok értékének a hamutartalomtól való függése az 1. ábrán látható. Az R és $(\text{HI})^{-1}$ görbe a kőzeteknél általában hasonló lefutású, kivéve a szenet, mert itt a legnagyobb fajlagos ellenállású komponens tartalmaz legtöbb hidrogént. Szén esetében tehát a $(\text{HI})^{-1}$ görbe az elektromos vezetőképesség görbéjével hasonló lefutású. A *6. ábrán* felhordtuk a Sajómercse 108. sz. fúrás 2. telepével szemben felvett $n-n$ görbét, illetve a fúrómagok laboratóriumi elemzéséből számított $(\text{HI})^{-1}$ értékek 0,5 m-es átlagait.

A két görbe összehasonlításából látszik, hogy magas hidrogén koncentrációnál (HI > 0,6) a $n-n$ intenzitás a HI reciprokával arányos, míg alacsonyabb HI értékeknél (HI < 0,6) nagy az eltérés a reciprokérték és a $n-n$ intenzitás között. A 7. *ábra* szemlélteti féllogaritmikus léptékben a $(HI)^{-1}$ és a $n-n$ intenzitás közötti eltérést különböző hidrogénkoncentrációknál. Közelítőleg mondhatjuk, hogy

HI > 0,6-nál reciprokos, míg

HI < 0,6-nál logaritmikus az összefüggés a HI és a $n-n$ intenzitás között.

Az ábrán feltüntettük a $n-n$ intenzitás hamutartalomtól való függését is. Ebből látható, hogy a hamutartalom növekedésével nő a $n-n$ módszer érzékenysége. A megfelelő léptékben (1000 imp/perc = 7 cm) felvett $n-n$ görbe arra alkalmas, hogy kijelölje azt a szakaszt, ahol 0,5 m-es átlagokat tekintve a

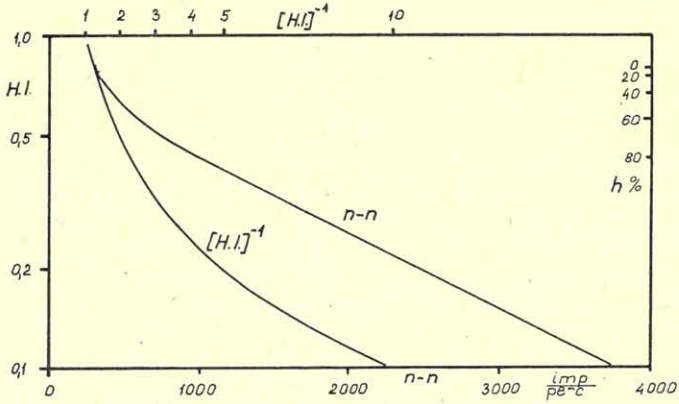


GEO 80/2-6

6. ábra. Számított hidrogén-index (HI) reciprokértéke és mért $n-n$ görbe összevetése Sajómercse 108. 2. telepére

Рис. 6. Зависимость между обратной величиной рассчитанного водородного индекса (HI) и измеренной кривой $n-n$ для пласта Шайомерче 108. 2.

Fig. 6. Comparison of reciprocal value of computed hydrogen-index (HI) and of the measured $n-n$ curve for the Sajómercse 108. 2. bed.



GEO 80/2-7

7. ábra. $(HI)^{-1}$ és $n-n$ értékek közötti eltérés különböző hidrogén koncentrációknál Sajómercse 108. 2. telepére

Рис. 7. Расхождение между $(HI)^{-1}$ и величинами $n-n$ при различных концентрациях водорода для пласта Шайомерче 108. 2.

Fig. 7. Difference between $(HI)^{-1}$ and $n-n$ values in case of different hydrogen-concentrations for the Sajómercse 108. 2. bed.

szén hamutartalma $< 40-45\%$. Jelentősebb a szerepe azoknál a szeneknél, ahol a hamu karbonátot tartalmaz, mint például a kréta-korú ajkai szén. Átlag hamutartalmat nem számíthatunk a $n-n$ görbéből, csak azt állapíthatjuk meg, hogy 3,3 m-es szakaszon 0,5 m-es átlagban a hamutartalom $< 45\%$. Nagy hidrogénkoncentráció mellett az is lerontja a $n-n$ görbe megbízhatóságát, hogy a statisztikus ingadozás mértéke meghaladja, illetve $30-40\%$ hamutartalom mellett megközelíti a minőség változásából adódó különbséget.

A geofizikai mérési eredmények és a laboratóriumi adatok összehasonlításából következik, hogy a szén minőségének meghatározására kutatófúrásban a kompenzált $\gamma-\gamma$ szondával történő mérés a legmegfelelőbb, mivel a lyukfal közeli bizonytalanságok kisebb hatással vannak erre a mérési rendszerre, mint a szelektív $\gamma-\gamma$ módszerre, ugyanis a kompenzált $\gamma-\gamma$ behatolása többszöröse a szelektív $\gamma-\gamma$-ének. Bányában történő gyors minőségmeghatározásnál méréstechnikai és biztonsági okokból a lágy sugarak alkalmazása előnyösebb, így a szelektív $\gamma-\gamma$ eljárással kellene falhoz szorítva kísérleti méréseket végezni.

A fajlagos ellenállás- és $n-n$ mérés a kutatófúrásokban kiegészítő adatokat szolgáltat a szénminőség-változás, illetve alapadatokat szolgáltat a fedő és fekü közet jellemzőinek meghatározásához.

Felbontás szempontjából kutatófúrásban is előnyösebb volna a szelektív $\gamma-\gamma$ alkalmazása, de a fentebb említett okok miatt kvantitatív adatok meghatározásához alkalmatlan. A szenes összlet felbontására a mikro-ellenállásszelvény alkalmas a kompenzált $\gamma-\gamma$ kiegészítéseként.

Borsodi szenek osztályozása paramétereik alapján

A vizsgálat tárgyát képező 10 akna szeneinek paramétereit a *2. táblázat*ban foglalhatjuk össze.

A táblázatban h_{max}-mal jelöltük a meddő hamutartalmát, $h_{átl.}$-gal az aknaszén átlagos hamutartalmát, $h_{-1,8}$-del az 1,8 alatti fajsúlyú szén átlagos hamutartalmát és $h_{m.\,gy}$-vel a maximális gyakoriságú hamutartalmat. A fajlagos ellenállást (R_h) a maximális gyakoriságú hamutartalomra adtuk meg.

$TÉ_{sz}$ értéke a szerves anyag minőségére jellemző szám.

A pH értékeket is figyelembe véve rangsorolhatjuk az egyes szenek szerves anyagát (*sz*). Így legjobb minőségűnek a farkaslyuki, míg leggyengébb minőségűnek a tervtárói adódik.

2. táblázat

Akna megnevezése	Telepszám	TÉ	n_{sz}	n_m	ts_m	h_{max}	$h_{átl.}$	$h_{-1,8}$	$h_{m.\,gy}$	R_h
		kcal/kg	%	%	g/cm³	%	%	%	%	ohm/m
Farkaslyuk	2	6910	26,8	15,0	2,10	79	24,8	14,2	12	145
Putnok	2	6790	33,0	15,0	2,10	80	22,5	15,0	12	145
Edelény	II.	6730	35,4	20,2	2,03	77	17,8	8,1	6	300
Szeles	IV.	6840	33,5	20,0	1,97	74	26,4	18,0	13	120
Tervtáró	IV.	6620	36,5	15,4	2,08	77	25,1	17,8	15	125
Lyukóbánya	IV.	6800	32,5	16,6	2,09	77	29,8	18,0	12	135
Rudolftelep	IV.	6750	38,0	13,2	2,16	82	13,2	10,7	9	155
Alberttelep	IV.	6850	32,5	15,6	2,08	77	27,7	18,8	15	130
Feketevölgy	IV.	6830	33,4	16,3	2,06	77	20,4	17,0	12	125
Ormosbánya	V.	6850	34,8	16,3	2,06	77	24,0	14,8	12	165

A szenesülés fokára jellemző a TÉ, de ez önmagában nem dönti el a szén minőségét. Közrejátszik még a hamu- és nedvességtartalom (n_{sz}).

A *3. táblázat* 6 akna szenére adja meg a szén nedvességtartalma és pH értéke közötti összehasonlítást. Jobb összefüggést kapunk azonban, ha a pH értékeket a nedves szénre vonatkozó tiszta szén égésmeleggel ($TÉ_{sz}$) vetjük egybe.

3. táblázat

Akna megnevezése	pH	n_{sz} %	$TÉ_{sz}$ kcal/kg	a %
Farkaslyuk	6,55	26,8	5050	14
Putnok	6,97	33,0	4550	16
Lyukóbánya	7,00	32,5	4600	15
Alberttelep	–	32,5	4600	17
Szeles	–	33,5	4550	16
Feketevölgy	–	33,4	4550	20
Ormosbánya	–	34,8	4450	12
Edelény	7,05	35,4	4350	3
Rudolftelep	7,55	38,0	4200	10
Tervtáró	7,82	36,5	4200	17

A szervetlen anyagtartalmat figyelembe véve az edelényi akna szene ad kiugró értéket. Az edelényi szén, mely II. telep, igen kis mennyiségben tartalmaz izzítási veszteséggel rendelkező meddőt, viszont a meddő nedvességtartalma ennek ellenére magas (1. ábra). $h_{-1,8}$ hamutartalom mellett a meddő izzítási veszteséget tartalmazó részének (a) súly %-át ugyancsak a 3. táblázat szemlélteti. E szerint a „legagyagosabb" szénnek a feketevölgyi tekinthető, míg „leghomokosabb"-nak az edelényi.

Amint azt már az előbbiekben említettük, a meddő térfogatsúlya változik a hamutartalom függvényében a vasszulfát-tartalom változása miatt. Ezt figyelembe kell venni, ha a fajsúllyal arányos mennyiség alapján akarunk a hamutartalomra következtetni ($\gamma-\gamma$ karotázs). Ez a hatás legkisebb az edelényi, míg a legnagyobb a feketevölgyi szén esetében.

Meg kívánjuk jegyezni, hogy a 2. táblázatban Szeles akna meddőre vonatkozó adatai (n_m és ts_m) megbízhatatlanok. Ez látszik az 1. ábra $ts-h\%$ és $n-h\%$ görbéjén is. Ez azonban nem befolyásolja a szenekre vonatkozó megállapításainkat. Szeles akna esetében is megbízhatók viszont a szerves anyagra vonatkozó adatok.

IRODALOM

Romwalter A.: Ásványszén kémia 1952.

Szádeczky-Kardos E.: Szénkőzettan 1952.

Winnacker-Küchler: Kémiai technológia 1962.

Roselt G.: Die Entstehung der Weichbraunkohlen, Ursache der Kohlenqualitäten. Neue Bergbautechnik. 8. Jg. H. 4. 1978.

Gibson J.: The 1977 Robens Coal Science Lecture: The constitution of coal and its relevance to coal conversion processes. Journal of the Institute of Fuel, 1978. jun.

Skljar M. G.: A szén szerkezete és a sülés mechanizmusa. Előadás, „Szeneknek mint koksz- és formakokszgyártási alapanyagoknak értékelési módszerei." Iskolaszeminárium, Moszkva 1979.

Egerszegi P.: Szénkarotázs információs anyagának bányászati célra történő feldolgozása. Magyar Geofizika XX. évf. 5. sz.