

ERDÉLYI MAGYAR MŰSZAKI TUDOMÁNYOS TÁRSASÁG
HUNGARIAN TECHNICAL SCIENTIFIC SOCIETY OF TRANSYLVANIA



XIV. BÁNYÁSZATI,
KOHÁSZATI
ÉS FÖLDTANI
KONFERENCIA

14th MINING,
METALLURGY
AND GEOLOGY
CONFERENCE

ARAD, 2012. MÁRCIUS 29. – ÁPRILIS 1.
ARAD, MARCH 29 – APRIL 1, 2012

Kiadó / Publisher

Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság – EMT
Hungarian Technical Scientific Society of Transylvania

A plenáris, a földtani és tudománytörténeti cikkeket,
illetve a poszter kivonatokat WANEK Ferenc lektorálta.

Plenary, geology and history of science papers and poster abstracts
were veted by Ferenc WANEK.

A bányászati és kohászati cikkeket Dr. GAGYI PÁLFFY András lektorálta.
Papers in mining and metallurgy were veted by Dr. András GAGYI PÁLFFY.

Nyomdai előkészítés / Desktop publishing

PROKOP Zoltán

Nyomda / Print

INCITATO, Kolozsvár / Cluj

Támogató / Sponsor

BETHLEN GÁBOR ALAPKEZELŐ Zrt. – Budapest / Budapesta



BETHLEN GÁBOR

Alap

ISSN 1842-9440

A konferencia szervezője

Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság – EMT
Bányászati-Kohászati és Földtani Szakosztály

Organizer

Hungarian Technical Scientific Society of Transylvania
Mining-Metallurgy and Geology Department

A konferencia elnöke / Chairman

WANEK Ferenc

A konferencia tudományos bizottsága / Scientific committee

WANEK Ferenc

az EMT Földtani Szakosztályának elnöke
president of Geology Dept. of EMT

Dr. GAGYI PÁLFFY András

az OMBKE ügyvezető igazgatója
general manager of OMBKE

Dr. VARGA Béla

az EMT Kohászati Szakosztályának elnöke
president of Metallurgy Dept. of EMT

Héjleválás vizsgálat a precíziós öntészetben Shell Separation Trial in a Precision Investment Casting Foundry <i>GYÖRI Imre</i>	49
Argonöblítés hatása a folyamatos öntés közben tapasztalt kagylószükülésre The Effect of Argon Stirring for Nozzle Clogging <i>HARCSIK Béla, KÁROLY Gyula</i>	54
BAMMERT 3000x900 típusú bányafelvonógép fékvezérlőegységének modernizálása Breaking Case Modernization in the Bammert Winding Engine Mounted in Livezeni Mine Shaft <i>JAKAB István, MÁRKOS Tibor, TÓTH Ferenc</i>	59
Barlangi gyógyhatásvizsgálat fizioterápiai eredményei Physiotherapeutical Results of Curative Power Research in Cave <i>JUHÁSZ Eleonóra</i>	63
Bányászati eredetű porterhelések modern műszeres vizsgálata Advanced Instrumental Analysis of Mine Related Dust Loading <i>KOVÁTS Péter</i>	68
Vákuum technológia alkalmazása a nyomásos öntészetben The Use of Vacuum – Technology on the High Pressure Die Casting (HPDC) <i>LESKÓ Zsolt</i>	73
Atomerőműi nyomáskiegyenlítő vezeték termikus igénybevételének szimulálása Thermomechanical Simulation of a Pressure Compensator Pipe in Nuclear Power Plants <i>MÁRKUS Róbert, BEREZKI Péter, TRAMPUS Péter</i>	79
Földalatti széndioxid tárolókban várható cementkorróziós problémák Cement Corrosion Hazard in Underground Carbon-Dioxide Disposal Reservoirs <i>MOLNÁR József</i>	84
Nyomásos öntészeti ötvözet (DIN 226) semi-solid rheoöntésnél keletkezett szövetszerkezetének és a hőkezelés hatásának vizsgálata a mechanikai tulajdonságokra Effects of Semi-solid Rheocasting and Heat Treatment on Microstructure and Mechanical Properties of DIN226 Alloy <i>NYEKSE László, BARKÓCZI Péter</i>	89
Kapilláris nyomás és relatív permeabilitás meghatározása új típusú ultra kőzetcentrifugával Determination of Capillary Pressure and Relative Permeability Curves with a Novel Ultra Rock Centrifuge <i>PINTÉR Ákos, BÓDI Tibor</i>	94
Üstmetallurgiai salak reoxidációs képességének vizsgálata Investigation of the Ladle Slag Reoxidation <i>SZATMÁRY László</i>	99
Nagymennyiségű metán leküzdése egy Livezény-i bánya esetében (esettanulmány) Coal Exploitation in a Mechanized Coal Face in the Conditions of Unexpected Occurrence of Methane (Case Study) <i>Cristian TOMESCU, Constantin LUPU, Ion TÓTH, Doru CIOCLEA</i>	103
A felszín alatti szénelgázosítás (UCG) technológiai folyamatainak áttekintése Review of the Technological Processes of Underground Coal Gasification (UCG) <i>TOMPA Richárd, KOVÁCS Ferenc</i>	108

A felszín alatti szénelgázosítás (UCG) technológiai folyamatainak áttekintése

Review of the Technological Processes of Underground Coal Gasification (UCG)

*TOMPA Richárd okl. bányá- és geotechnikai mérnök, Ph.D. hallgató
DR. hc. mult. DR. KOVÁCS Ferenc professor emeritus, MTA rendes tagja*

Miskolci Egyetem Bányászati és Geotechnikai Intézet
H-3515, Miskolc – Egyetemváros
bgtkf@uni-miskolc.hu, bgtr@uni-miskolc.hu

Abstract

Underground coal gasification (UCG) is a process to utilize the coal contained energy without using mining, coal-processing and combustion. The coal seam is gasified in-situ and the product gas, which is called synthesis gas, is extracted through production wells and used as source to produce other products like power generation, make liquid fuels and chemicals.

UCG has the potential to numerously increase the availability of traditional way unusable or inefficient coal resources. When syngas is made and after for utilizing power generation or liquid fuels, UCG can reduce the environmental impacts. In addition, removing carbon dioxide (CO₂) from syngas can be more cost efficient than carbon capture for other conventional fossil fuel technologies.

Kulcsszavak: UCG, felszín alatti szénelgázosítás, széntelep, CRIP, εUCG

1. Bevezetés

A Felszín alatti szénelgázosítás technológiájának fejlesztése már az XX. század első felétől zajlik. A legelső komoly eredményeket a volt Szovjetunióban érték el.

A fejlesztések lendületét az olaj árváltozásai nagymértékben befolyásolták, de napjainkra több ország is elkötelezte magát a további kutatások mellett világszerte.

A jelenlegi olajár helyzet, illetve Magyarország tekintélyes szénkészletei és energetikai függősége indokolja a hazai kutatásokat, valamint kísérleteket és a szénmezők alkalmasságának vizsgálatát.

A nagy beruházást igénylő mélyművelésű szénbányák telepítése helyett, az in situ helyzetben történő szén elégetése és a kitermelhető szintézisgáz további felhasználása kiutat jelenthet az egyoldalú energiafüggőségéből. Széles körű felhasználási és alkalmazási lehetőségei komoly potenciált jelenthetnek országunknak.

2. A felszín alatti szénelgázosítás rövid története

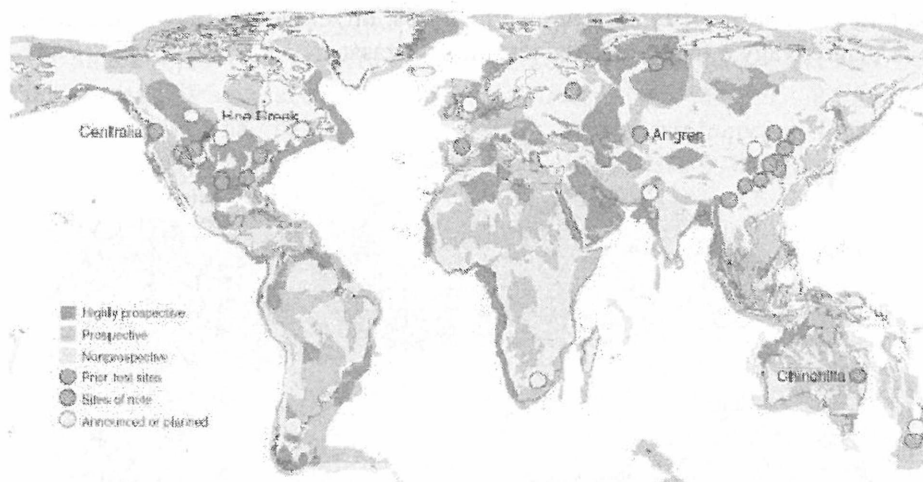
A felszín alatti szénelgázosítás fejlesztése és ipari méretű alkalmazása az egykori Szovjetunióban az 1930-as években kezdődött.

Az 1960-as években öt ipari méretű UCG gáztermelő lelőhely működött világszerte.

Az Egyesült Államok és több európai ország főleg az első olajválság - az 1970-es évek - óta fektetett jelentős összegeket a szénelgázosítási technológiák kutatásába, azonban a 80-as évektől a kőolaj és földgáz árak csökkenését követően ez a kísérleti munka lelassult, de Kína az óta is fejleszti a technológiát és ennek köszönhetően a világon ő rendelkezik a legnagyobb tapasztalattal a témában.

Belgium, Spanyolország és az Egyesült Királyság javaslatának támogatásával az Európai Unió a mélyebb szénrétegekben történő elgázosításra kíván összpontosítani.

A világon ma számos helyen végeznek szimulációs és laboratóriumi kísérleteket, valamint folynak UCG demonstrációs kísérletek, illetve 4 helyen ipari méretű UCG termelés (1. ábra). [1]



1. ábra

A világon jelenleg működő és tervezett UCG programok [1]

Magyarországon a Wildhorse Energy Kft. tervezi hasonló beruházások indítását. Jelenleg ezek kutatási fázisban vannak. [4]

3. A UCG folyamat leírása és műszaki feltételei

3.1. A kitermelésre váró széntelep paramétereit, helyszínválasztás

A földalatti szénelgázosítás technológiája az eddigi tapasztalatok alapján sokkal gazdaságosabb és kevésbé környezetszennyező, mint a hagyományos bányászat és erőművi elégetés/elgázosításon alapuló energiatermelés. Ez a hatékonyság csak növekszik azzal, hogy ha az eljárást összekapcsoljuk a CO₂ leválasztásával, tárolásával is (CCS). Egyes számítások szerint, a UCG által termelt szintézisgáz költsége így fele, negyede lehet a felszíni szénelgázosításnak. [5]

A modellezés után az első lépés az helyszíni kiválasztása. Eddig nem alakult ki nemzetközileg elfogadott és használt kiválasztási rendszer, bár több országban is kialakultak különböző minősítési módszerek, például az Egyesült Királyságban, Ausztráliában, az Egyesült Államokban.

Ha ezeket összevetjük, akkor a következő paraméterekkel kell rendelkeznie a területnek:

- telepvastagság 0,5 – 30 m
- telepdőlés 0° – 70°
- telepmélység 30 - 800 m
- fűtőérték 8,0 – 30,0 MJ/kg
- hamutartalom <40%
- megfelelő hidrológiai viszonyok
- megfelelő nyomásviszonyok kialakulása/kialakítása az égéstérben
- lehetőleg impermeábilis fedő
- széntelep permeabilitása

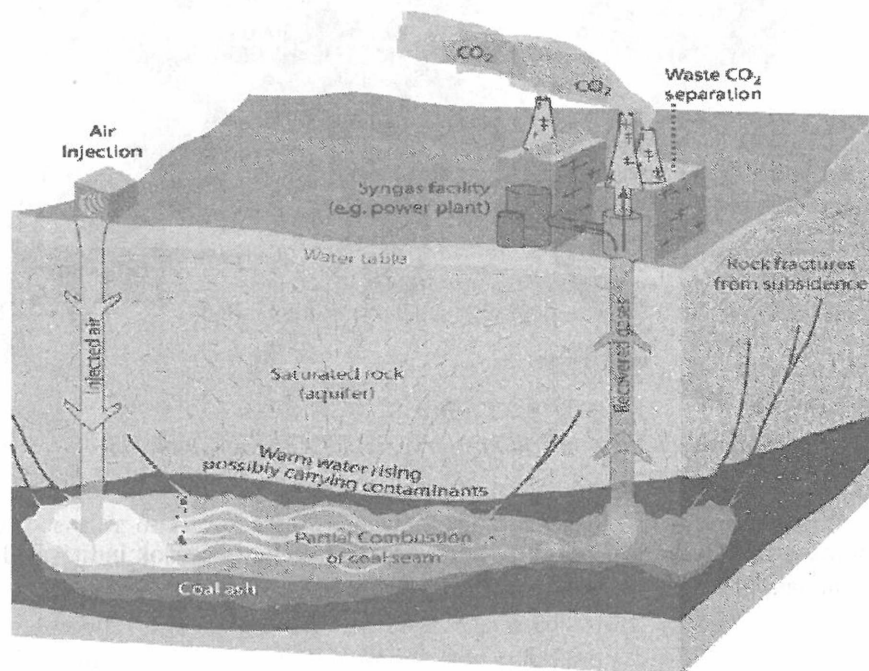
Természetesen a felszíni és felszín alatti létesítményektől való távolság is definiálva van egyes kritérium rendszerekben.

3.2. Felszín alatti létesítmények, a széntelep permeabilitásának növelése

Az UCG költségének egyik legjelentősebb részét a szénhez hozzáférő csövek adják. Ideális esetben a kútkiképzésnek, kútbélésének eltávolíthatónak, hogy újrahasznosíthatóak, a térköznek pedig optimálisnak kell lennie, hogy elgázosító lyukanként a maximális hozamot biztosítsa.

Az UCG működtetéséhez szükséges feltételek közé tartozik a betápláló- és termelőkút megépítése, amelyeknél olyan anyagok alkalmazása szükséges, melyek ellenállnak az UCG-vel járó rendkívüli hő-, vegyi-, mechanikai hatásoknak, mint a nagy nyomás, és hőmérséklet (1500°C), szulfidációs és oxidációs reakciók és az üregbeszakadás és az azzal járó rezgések, valamint felszínsüllyedés.

Fontos tényező a kútkiképzés esetén a cementezés, mivel megakadályozza a gázok kútfuraton keresztül való felszínre, vagy a fedőrétegekbe történő távozását.



A UCG vázlatos rajza (CCS nélkül) [2]

Hogy lehetővé váljon az áramlás a betápláló kúton keresztül az égési zónába, majd a termelő-kútnban, a két kút között, a szén in situ permeabilitását elősegítendő, kapcsolatot kell létesíteni. Ha a szén permeabilitása nagy, akkor természetes formában is létezik ez a csatorna, ha pedig alacsony, akkor a következő módokon kivitelezhető:

- égetés (ellenáramú vagy áramlásirányú)
- hidraulikus repesztés
- fúrás – vágathajtás
- elektromos összekapcsolás
- robbantásos repesztés

A permeabilitást növelő módszerek tekintetében egyelőre még nincs megfelelő mennyiségű tapasztalat abban, hogy melyik a legmegbízhatóbb és a legköltséghatékonyabb.

3.3. Az égetési folyamat és szabályozása

A telep begyújtását valamilyen vegyi (oxidáló) anyagok üregbe juttatásával, illetve egyéb magas hőmérséklet elérésére alkalmas módszerrel (plazma, lézer) végzik.

Az égés folyamatosságát gáz-gőz injektálásával biztosítják, amely elsősorban levegő, O₂ dús levegő, illetve gőz égéstérbe juttatását jelenti. Eddigi laboratóriumi kísérletek alapján a 80%-ra növelt O₂ tartalmú levegőt injektálva a gáz a legmagasabb hőértéket adja és a leghosszabb termelési időt.

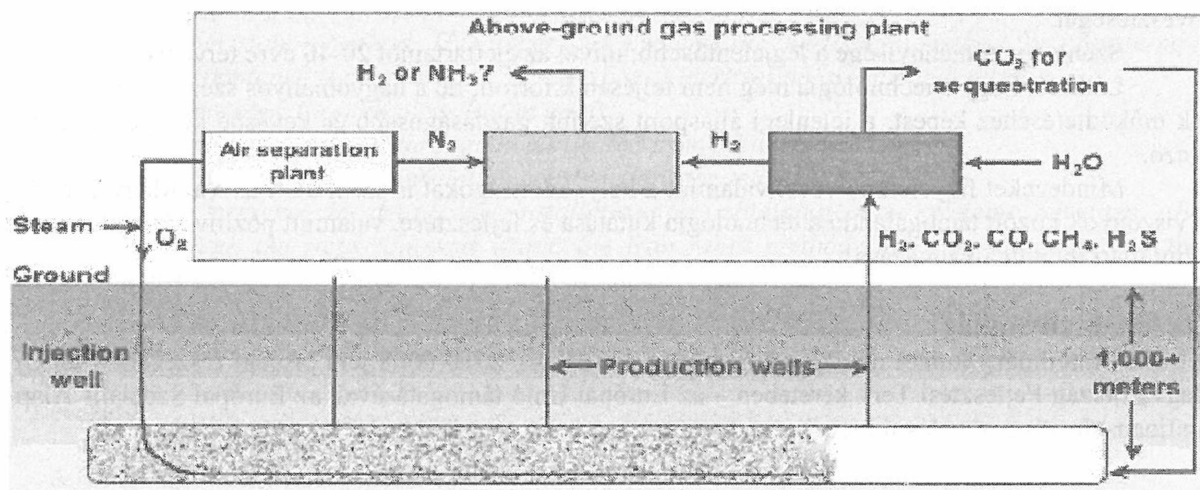
Az égetési folyamat során a lezajló fő kémiai reakciók a következők:

- | | |
|--|---------------------------|
| 1. Heterogén víz-gáz reakció (oxigéncsere) | $C + H_2O = H_2 + CO$ |
| 2. További átalakítás | $CO + H_2O = H_2 + CO_2$ |
| 3. Metánképzés | $CO + 3H_2 = CH_4 + H_2O$ |
| 4. Hidrogénes gázosítás | $C + 2H_2 = CH_4$ |
| 5. Részleges oxidáció | $C + 1/2O_2 = CO$ |
| 6. Oxidáció | $C + O_2 = CO_2$ |
| 7. Boudouard-reakció | $C + CO_2 = 2CO$ |

Az égetési folyamat szabályozására jelenleg két fő típust fejlesztettek ki. Az egyik az ϵ UCG (az Ergo-Exergy által kifejlesztve), melyről szakmai berkekben a titkossága miatt csak annyit tudható, hogy nagy hatékonyságú és kevesebb veszteséggel járó technológia, mint más technológiák. Modern fúrési módok széles skáláját használja, beleértve a nagy precizitású irányított fúrásokat, valamint a konvencionális függőleges és ferde fúrásokat is. A technológiai eszköztárában számos kútkapcsolási módszer van, képes különböző oxidáló anyagok (levegő, dúsított levegő, O_2/H_2O , CO_2/O_2 stb.) bejuttatására és változatos felszín alatti elgázosítási tervekkel is rendelkezik, így igen széles kondíciók között elhelyezkedő szénrétegekre alkalmazható.

A másik típus a CRIP (Continuous Retraction Injection Point - folyamatos visszahúzású injektálási pont), minek során a termelő kutat függőlegesen fúrják, a betáplálási kutat pedig a irányított fúrás technikák alkalmazásával képzik ki és összekötik a termelőkúttal. Mihelyt a csatorna elkészült, az elgázosító üreg kiképzése is megkezdődik a betápláló kút végén a széntelepben. [3]

Amint a szén az üreg körül elfogyott, az injektálási pontot visszahúzzák és egy új elgázosító üreg képződése kezdődik meg. Ily módon a gázosítás folyamata ellenőrizhetővé válik. [1]



A CRIP vázlatos modellje [3]

3.4. Szintézisgáz kitermelése, tisztítása, felhasználása

A szén felszín alatti elgázosítása során a kitermelhető haszonanyag a szintézisgáz.

Függetlenül attól, hogy mi a véghasználati cél, a gázt meg kell tisztítani, hogy feldolgozhatóvá váljon. A fő szennyezők elsősorban a kátrány és a szilárd részecskék, valamint a kéntartalmú vegyületek, mint a H_2S és a COS .

Az UCG kevesebb szilárd szennyezőt termel, mint a hagyományos erőművek.

A termelőkúton felszínre jött anyagok eltávolítására számos módszer létezik, mint a gyorsítók (centrifugálás), az elektrosztatikus csapadékképzők, a porleválasztók alkalmazása, stb.

A gáztermelés során kátrány, VOC, higany és kén is termelődik, bár jóval kisebb mértékben, mint a felszíni elgázosítás esetén. Ezzel összefüggésben a felszíni létesítményeket úgy kell kialakítani, hogy ezeket a termelés (és termék) tulajdonságait befolyásoló tényezőket megfelelően kezelni tudják.

A szintézisgáz főbb paraméterei:

- összetételét tekintve főleg vízgőz, CO , CO_2 , H_2S , N_2 , NO_x , H_2 , CH_4
- fűtőértéke $4,5 - 11 \text{ MJ/m}^3$ körül alakul
- szennyezők (S- vegyületek, Hg, VOC- vegyületek, PAH- vegyületek, szilárd szennyezők)

A termelt gázt több módon hasznosíthatjuk:

- elégetés kombinált ciklusú gázturbinában (CCGT)
- elégetés kazánban (gőzturbinák meghajtása)
- közvetlen, vagy átalakítás utáni betáplálás egy üzemanyagcellába (H üzemanyagcella)
- folyékony üzemanyagok, vagy vegyi alapanyagok előállítása (CTL/GTL, metanol, ammónia, műtrágyák)

4. Összefoglalás

Az eddigi tapasztalatok alapján a széntelepnek az alábbi feltételek szükségesek, hogy effektív és gazdaságos legyen a szintézisgáz-termelés:

Széntelep vastagság minimálisan 1,8 m-nek kell lennie, hogy a fedő és a fekvő által elvont hő ne csökkentse az égési hőmérsékletet.

Széntelep mélységét tekintve, annak minimális mélysége 60 m legyen, hogy a talajvizek minél kevésbé szennyeződjenek. A felszín süllyedés kockázatának mérséklődése kb. 200 m mélységtől jelentősebb. CO₂ tárolásra a 800 m alatti mélységtől alkalmazható (CCS) leginkább

Szénültési fok szempontjából a legjobb szenek a kis szénültési fokú nagy illó tartalmú nem összesülő fekete szenek.

Telepdőlés tekintetében maximum 20° a gázlecsapolás szempontjából előnyösebb, bár egyes vizsgálatok a meredek telepdőlésű zónák hatékonyságát bizonygatják.

Felszín alatti víz jellege szempontjából nagy tömegű tárolt sósvíz szükséges. A UCG során olyan nyomásviszonyok az optimálisak, amelyek az égési üreg felé terelik a rétegvíz áramlást. A rétegvíz beáramlás az elgázosító térbe egy gőzplánt hoz létre a reaktor körül, és ez csökkenti a hőveszteséget.

Szénvagyon mennyisége a legjelentősebb, mivel az élettartamot 20-40 évre tervezik.

Látható, hogy a technológia még nem teljesen kiforrott, de a hagyományos szénüzemű erőművek működtetéséhez képest, a jelenlegi álláspont szerint, gazdaságosabb és kevésbé környezetszennyező.

Mindezeket figyelembe véve, valamint a helyi adottságokat is szem előtt tartva, Magyarországi viszonyok között támogatandó a technológia kutatása és fejlesztése, valamint pozitív kísérletek után pedig ipari méretű alkalmazása.

Köszönetnyilvánítás

„A tanulmány/kutató munka a TÁMOP-4.2.2/B-10/1-2010-0008 jelű projekt részeként – az Új Magyarország Fejlesztési Terv keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.”

Irodalom

- [1] BURTON E., FRIEDMANN J., UPADHYE R. (2006): Best practices in underground coal gasification – A felszín alatti szénelgázosítás korszerű módszerei. p.115.
- [2] http://en.wikipedia.org/wiki/Underground_coal_gasification
- [3] http://www.netl.doe.gov/technologies/coalpower/gasification/gasifipedia/4-gasifiers/4-1-4-6_underground.html
- [4] http://www.wildhorse.com.au/images/stories/reports/2011/384680_10_CSA_CPR_-_Wildhorse_Energy_Limited_2_.pdf
- [5] FRIEDMANN S.J., UPADHYE R., KONG F.M. (2009): Prospects for underground coal gasification in carbon-constrained world. Energy Procedia 1, 4551-4557.



EMT

RO-400750 Cluj, O.P. 1, C.P. 140, Tel./fax: +40-264-590825, 594042

E-mail: EMT@EMT.RO, <http://www.EMT.RO>

ISSN 1842-9440