

## Interaktív, 3D-s barlangi információs rendszer a világhálón

Dr. Mucsi László<sup>1</sup> – Balog Attila<sup>2</sup> – Juhász Géza<sup>1</sup>

<sup>1</sup>SZTE Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék

<sup>2</sup>Csongrád Megyei Önkormányzat

### 1. Bevezetés

A barlangok térképi ábrázolásakor az egyik legnehezebb feladat a térbeli kiterjedés megjelenítése. A hagyományos barlangtérképek mellett mára a térinformatikai rendszerekkel előállított térképek is elfogadottá váltak, noha ezek szerkesztése és megtekintése csak az adott szoftverkörnyezetben lehetséges. Jelen dolgozatunkban tájékoztatást kívánunk adni arról az általunk kidolgozott, nyílt forráskódú programokra épülő eljárásról, mellyel a digitális barlangtérképek térinformatikai rendszerbe ágyazva az Interneten keresztül szemlélhetők.

### 2. Hagományos barlangábrázolások

Magyarország karsztvidékei, a felszíni és felszín alatti természeti ritkaságok méltán világhírűek. Az egyik legismertebb hazai karsztvidék, az aggteleki karszt területe 1995-ben az UNESCO világörökség része lett. A karszt mélyében található barlangok mérnöki ábrázolása már a XVIII. század elején megkezdődött. A Deményfalvi-barlang *Mikoviny Sámuel* (1719) által készített metszetét, *Bucholtz György* felmérése alapján, *Bél Mátyás* 1723-ben megjelent *Prodromus* című könyve tartalmazza [1]. A XIX. sz. végéről ismert a Baradla-barlang első és egyben a világ első, mérnök – *Sartory József* – által szerkesztett barlangtérképe. Később (1802) *Raisz Keresztély*,

Gömör vármegye földmérője készített térképet a barlangról. Egyik legismertebb barlangtérképünk *Vass Imre* (1829) Baradla térképe (AZ AGGTELEKI BARLANGNAK TALP ÉS HOSSZÁBA VALÓ ÁLT VÁGÁSA' RAJZOLATJA úgy a régen esmért, valamint az 1825dik Esztendőben fel fedezett, s' azonnal fel mért Üregeiben).

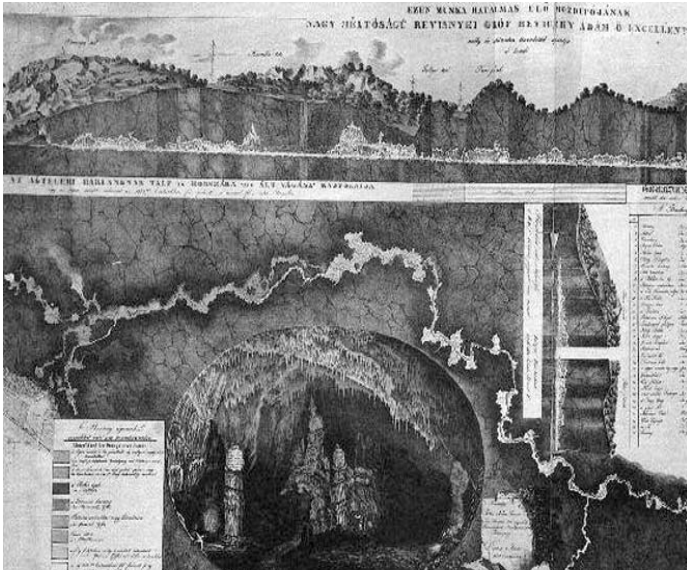
A barlangok ábrázolásakor a legnagyobb kihívást a térbeli szerkezet mind szemléletesebb megjelenítése, illetve a barlang és a felszíni domborzat együttes bemutatása jelenti.

Leggyakrabban a barlangok alaprajzi térképe készül el, nagyobb függőleges kiterjedés (zsombolyok, aknabarlangok) esetén a függőleges sík(ok)ra vetített metszetet is megrajzolják.

A barlang ábrázolható axonometrikusan is, ilyenkor általában a 120°-os, ún. „izometrikus” axonometriát használják, ezek az izometrikus térképek. Az ábrázolás módszere, hogy a barlangjáratokat hasábokkal helyettesítik, segítve ezzel a megfigyelő térlátását (2. ábra).

Lehetőség van a járatok alakhű ábrázolására is (3. ábra). A térszerűséget ebben az esetben az egyenletes távolságokban elhelyezett keresztmetszeti vonalak érzékeltetik [3].

A barlang és a felszín együttes megjelenítése legtöbbször úgy történik, hogy a barlang alaprajzát egy topográfiai térképre vetítik, de tömbszelvények is készíthetők, ahol a tömbszelvény oldal-síkján a barlang hossz-szelvénye látható (1. ábra felső része).



1. ábra Vass Imre Baradla-barlang térképe [2]

Mindezek az ábrázolások a gyakorlott barlangkutató számára sok mindent elárulnak, mutathatják egy feltételezhető, új barlangi terem valószínű helyét, a szomszédos barlang(ok)kal való összefüggést vagy egy még nem ismert bejárat helyét. Ettől függetlenül az összetett barlangi formák síkban nehezen ábrázolhatók, bonyolultabb (több szintes) barlangok esetében a térképek nehezen olvashatók. Ezért vizsgálatunknál olyan felület fejlesztését tűztük ki célul, mely a világhálón keresztül is biztosítja a dinamikus, 3D-s megjelenítést és az interaktivitást (a barlang poligonjának tetszés szerinti mozgását), valamint összekapcsolja a térbeli és a leíró jellegű adatokat. Így együttesen támogatható vele a tudományos kutatás és az ismeretterjesztés.

### 3. Barlangi információs rendszerek

Különbséget kell tenni az elsősorban bemutatási célokra készült szoftverek, ill. a mérési adatok feldolgozására, kezelésére és vizsgálatára kifejlesztett szoftverek között.

Elmondható, hogy a komplex barlangi információs rendszerek alapjai a barlangi mérésekből származó adatok feldolgozását végző szoftverek, de az utóbbi években az tapasztalható, hogy ezen szoftverekhez egyre több

prezentációs komponens, 3D-s böngészőket kapcsolnak [5].

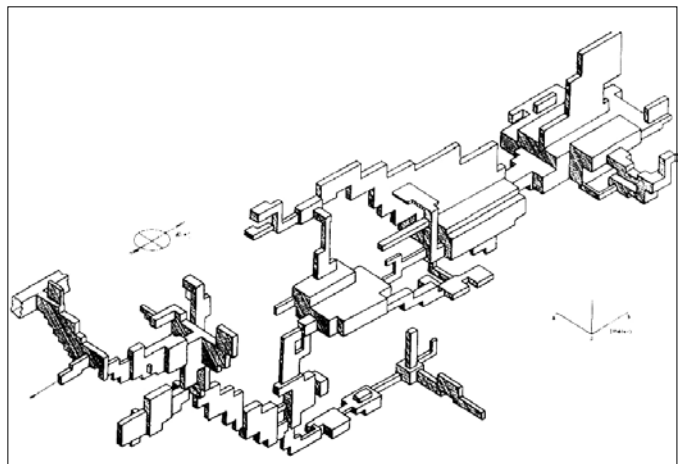
Ennek tükrében megfogalmazhatjuk, hogy ha a barlangtérképet olyan térinformatikai rendszerbe helyezük, mely valós idejű szemléltetési képességgel is kiegészül, illetve a keretrendszer biztosítja az interaktivitást és az attribútum adatokkal való kapcsolatot, akkor a rendszert barlangi információs rendszereknek nevezzük.

A rendszer tervezésekor figyelembe vettük a hasonló munkák, ill. kutatások eredményeit, tapasztalatait. Hazai gyakorlati példával egyelőre csak elvétve találkozhatunk, de nemzetközi (főleg német és svájci) működő rendszerekről bőséges szakirodalom mutatkozik, melynek egy része a weben is elérhető.

Az első barlangtérképező szoftverek mintegy 30 évvel ezelőtt készültek. A legismertebb ezek közül a *Martin Heller* fejlesztésében készült „Toporobot” [6].

Ezen kívül számtalan szoftver van a piacon (néhányat elérhetőségükkel együtt az Irodalom után felsorolunk), melyek alkalmasak a barlangi mérésekből származó adatok feldolgozására és megtekintésére. A programok logikája általában a „Toporobot”-ét követi.

Vizsgálva, hogy mi várható a jövőben, azt mondhatjuk, hogy egyre inkább a topológiával rendelkező adatstruktúrát használó szoftverek ter-



2. ábra A Mátyás-hegyi-barlang Tűzoltó-ágának izometrikus térképe; készítette: Kárpát József [3]

jednek el, hiszen ilyen adatstruktúra nélkül egyáltalán nem vagy csak részben valósíthatók meg összetett térbeli vizsgálatok, elemzések.

#### 4. Adatgyűjtés

A dokumentumok, ill. a munkához kapcsolódó információk összegyűjtése után azokat felhasználhatóságuk szerint kiválogattuk. Meg kellett határozni, hogy a rendelkezésre álló elemek közül melyek legyenek a rendszer részei, továbbá a szükséges dokumentumokat digitálissá kellett alakítani.

Munkánk során az alábbi információforrások álltak rendelkezésünkre:

- szintvonalas topográfiai térkép, ill. légifotó a környező területről,
- digitális domborzatmodell,
- barlangtermek, járatok azonosító pontjainak térbeli koordinátái,
- publikációk, dokumentumok, képi adatok.

#### 5. Modulok

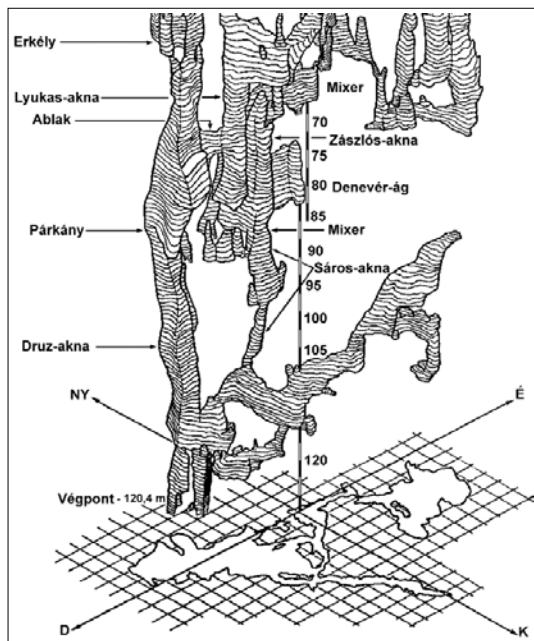
A rendszer elvi felépítésénél fontos szempont volt az áttekinthetőség, a logikus felépítés, valamint a moduláris szerkezet, mely már a fejlesztés során is hasznos, de egyúttal a rendszer használatát is megkönnyíti.

A felhasználó az adott fülre kattintva a következő modulokat érheti el:

- Berepülés modul,
- Térképszerver modul,
- 3D modul,
- Profil modul,
- Adattár modul,
- Képtár modul.

A fenti modulokon kívül kiegészítő funkciók lehetővé teszik az elektronikus levél küldését közvetlenül a weblapról, valamint további információval is szolgálnak a rendszerről, a készítőkről, a kapcsolódó honlapokról. A Hajnóczy-barlang Információs Rendszere a következő címen érhető el: <http://www.geo.u-szeged.hu/PRO/geoinfo.html>

A rendszer Interneten történő használata miatt, a HTML (Hypertext Markup Language) szabvány nyújtotta lehetőségeket kellett felhasználni a megvalósítás folyamán. A HTML nyelv lehetővé teszi ugyan mindezt, azonban a különböző böngészők, illetve ezek eltérő verziótípusai sokszor különféleképpen vagy egyáltalán nem tudnak értelmezni bizonyos nyelvi elemeket. A rendszer futtathatóságának biztosítása érdekében minimális feltételként az Internet Explorer böngésző 5-ös verzióját



3. ábra Részlet a Baglyok Szakadéka (Szabó-Pallagi zsomboly) térhatású térképéből [4]

adtuk meg, elsősorban a mozgóképek beágyazása miatt.

##### 5.1 A Berepülés modul

A bevezetőben említett „barlangi információs rendszerek” a barlangok elérhetőségét, a felszíni domborzat és a barlang kapcsolatát 2D-s térképeken, alaprajzban vagy keresztmetszetben adták meg. A digitális adatok, pl. domborzatmodell (DDM), ortokorrigált légifelvétel, a barlang térképe stb. alkalmazása egy térinformatikai rendszerben biztosítja, hogy a térbeli kapcsolatrendszer bemutatható és elemezhető legyen.

A digitális domborzatmodell elkészítésekor az 1:10000 méretarányú topográfiai térkép szintvonalait digitalizáltuk be, majd elkészítettük a mintaterület 5 m-es geometriai felbontású domborzatmodelljét. A DDM-et felhasználtuk a Magyarország digitális ortofotóprogramja [7] során készített légifelvétel ortokorrekciójához, melyet megkönnyített, hogy voltak általunk mért ellenőrző pontok a területről. A Hajnóczy-barlang alaprajza 1:500 méretarányban állt rendelkezésre, melyet digitalizáltunk, és beillesztettük az EOVS rendszerbe. Így együtt volt kezelhető a raszteres DDM, a légifotó és a vektoros barlangtérkép. Az alapadatok előállításához az ARC/Info és ArcView szoftvereket használtuk.



4. ábra A Berepülés modul induló képe az információs rendszerben

A térbeli adatok 3D-s megjelenítésére (pl. repülés szimulációhoz) az ERDAS Imagine 8.4. Virtual GIS modulját használtuk fel. A DDM-re „ráfeszítettük” a légifelvételt és a barlangtérképet, majd megterveztük a repülési útvonalat. Itt olyan paraméterek beállítását kellett megoldani, melyek valós körülményekhez hasonló feltételeket teremtenek, pl. repülési magasság, látószög stb.

A szimuláció során rögzített képet AVI tömörítetlen formátumban tároltuk, majd szintén AVI-ba tömörítettük. A kb. 0,5–1 Gbyte méretű, 2–3 perces repülések anyagai 6–13 Mbyte-ra voltak tömöríthetők, ezáltal lehetővé vált a repülés szimuláció weblapra történő elhelyezése és kliens-oldali letöltése, megtekintése (408\*344 pixel méretű felületen), méghozzá elfogadható időtartamon belül.

## 5. 2. Térképszerver-modul

A térbeli adatokat térképként tudjuk legszemléletesebben bemutatni, ám a térképkezelést megvalósító szoftverek (pl.: AutoCAD Mapguide Server, ArcIMS) ára meglehetősen borsos, ezen kívül sokszor valamilyen „plug-in” telepítésére van szükség, ami a kevésbé hozzáértő felhasználót akár el is térítheti az internetes térkép használatától. Jó alternatívát jelent azonban az Interneten megtalálható ingyenes, nyílt forráskódú programok felhasználása, továbbfejlesztése, igényeinknek megfelelővé alakítása.

A kiszolgáló gépen futnia kell egy web-szerver programnak, amely biztosítja a térképszerver által generált adatok, térképek elérését a felhasználók

számára. Szerencsére ismertünk egy ingyenes, rendkívül jól telepíthető és beállítható, professzionális web-szervert, az Apache programot.

A PHP (Hypertext Preprocessor), egy szerver oldali HTML-be ágyazott szkript nyelv. Ez a meghatározás azt jelenti, hogy a PHP kód a szerveren fut, és a program futásának eredménye adódik át a kliensoldali böngésző programnak. A MapScript bővítés telepítése is elengedhetetlen, mert segítségével kezelhetjük többek között a térképszerver konfigurációs fájljában beállított értékeket. Előre definiált osztályokat, függvényeket használhatunk a PHP szintaktikájának megfelelően, így a PHP

környezet alkalmassá válik térképi rétegek kezelésére.



5. ábra Haglüttsch-barlang (Berni Kanton, Svájc) 3D-s megjelenítése Toporobot programmal [9]

A Rosa2000 egy Java applet<sup>1</sup>, melynek felhasználásával növelhetjük szerveroldali webes alkalmazásunk funkcionalitását. Az applet lehetővé teszi:

- kép (GIF, JPEG) megjelenítését,
- a képen pont, téglalap, ellipszis vagy törtvonal rajzolását,
- kezelőgombok elhelyezését,
- a gombokhoz funkciók rendelését.

A térképszerver készítésénél szem előtt tartottuk, hogy a felépítés kövesse az asztali térinformatikai programoknál (pl. ArcView) megszokott elrendezést, azonban az Internet szabta korlátok (pl.: sávszélesség), valamint a felhasználók várható sokszínűsége miatt a viszonylagos egyszerűség és a könnyű kezelhetőség is fontos szempont maradt.

### 5. 3. 3D modul

A 3D modul fejlesztésekor figyelembe vettük az alábbi szempontokat:

- a rendszerhez mindenképpen 3D-s szemlélet lehetővé tevő szoftvert akartunk használni;
- a rendszernek a bemutatáson túl nyitottnak kell lennie a későbbi fejlesztések, további információk rendszerhez történő, minél egyszerűbb csatolására.

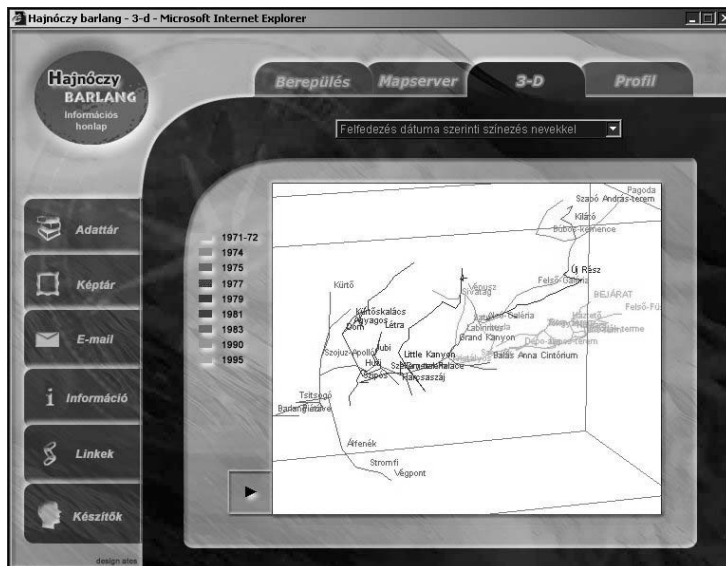
A tesztelések után a CaveRenderer [8] nevű program mellett döntöttünk.

A program biztosítja az elkészített barlangmodell 3D-s ábrázolását, animáció készítését, valamint az animáció weblapba illesztését egy Java applet segítségével.

Természetesen a barlangmodell felépítése a legidőigényesebb feladat a következők miatt.

- A felmért barlangi azonosító pontok rendelkeztek X, Y EOV koordinátákkal, azonban a Z értékeket a bejárat magasságához viszonyítva kellett meghatározni.
- A virtuális térben minden egyes pont helyzetét egy referenciaponthoz képest határozzuk meg, a referenciaponttól számított távolság és az irányszögek

1) Az applet olyan Java nyelven megírt programot jelent, amelyet HTML oldalba (honlap) ágyaztak be. Ezek végrehajtását a Java nyelvet értő, az appleteket futtatni képes, böngészőprogramok végzik.



6. ábra 3D modul animáció kezdőképe – felfedezés ideje szerinti színezéssel

(hajlásszög, azimut) alapján. Mivel a fenti adatokkal nem rendelkezünk, a beépített számítógép számolta ki az értékeket az abszolút koordináták, valamint a relatív magassági értékek felhasználásával.

A barlangmodell elkészülte után a program lehetővé teszi különféle kivágatok, metszetek, 3D megjelenítés, animáció készítését a barlang vázáról. Szabályozhatjuk azt is, milyen tájékoztató jellegű megírások jelenjenek meg a vázpontok attribútum-táblájából.

### 5. 4. Profil modul

A CaveRenderer szoftver a 3D modellből interaktívan képes metszeteket létrehozni (beállítható a metszet iránya, nézőpontváltás stb.), ami 2D-ben is lehetővé teszi a barlang szemléletes bemutatását. A barlangról készített térképek hagyományait megtartva, a weblapon a felülnézeti, illetve a Kelet-Nyugat oldalnézeti metszetet lehet megtekinteni. Nézetváltás a legördülő menüből lehetséges.

A webes lehetőségek korlátjai miatt egy átnézeti indextérképről választható ki a kinagyítandó terület. A tájékozódást megkönnyítendő a térképet szektorokra osztottuk, az első számjegy a szektor sorát, a második 1–2 számjegy a szektor oszlopát jelöli. Szintén az egyszerűbb tájékozódást segíti a térkép szélén található „navigátor”, amely jelzi az éppen kinagyított területet.

A barlangi azonosító pontokhoz sok esetben képi információ is tartozik, ezek az adatok az „image mapping” eljárással a pontokhoz rendelhetők, így a

pontok melletti lámpa szimbólumra kattintva megtekinthetők. Amennyiben a jel felett megállítjuk az egeret, elolvasható a pont által reprezentált objektum és az objektumról készített fénykép neve is.

### 5. 5. Adat és képtár modul

A barlanggal kapcsolatos szakdolgozatok, publikációk, leírások, egyéb kapcsolódó dokumentumok itt találhatóak meg.

Az adott dokumentum a legördülő listából választható ki, ahol a szerző neve, valamint a dokumentum címe segít a választásban.

A Hajnóczy József Gimnáziummal közösen elkészítettük a Hajnóczy-barlang és Ódorvár bibliográfiáját. A korábbi elképzeléseket messze meghaladta az irodalom nagysága, ezért a weblapon történő elhelyezése még további hosszabb munkát igényel. Az irodalom feldolgozásának aktuális eredményei a weblapon már megtalálhatók.

A Képtár modul a barlangról, a környező területről készített fényképek gyűjteménye.

A képek kicsinyített ún. index képeit külön kellett elkészíteni, a mellettük elhelyezett információt „php”-függvény generálja. Az indexképre kattintva a teljes méretű képet is megnézhetjük. A felnyíló ablakban megjelenő képre kattintva bezárhatjuk az ablakot.

## Összefoglalás

A Hajnóczy-barlang Információs Rendszerének fejlesztése során kialakított interaktív, 3D megjelenítést biztosító eljárások révén a barlang térbeli elhelyezkedése, a felszínnel meglévő kapcsolata könnyebben értelmezhető. Az Interneten megtalálható ingyenes, nyílt forráskódú programok felhasználása, továbbfejlesztése, igényeinknek megfelelővé alakítása a fent bemutatott módszerekkel lehetővé teszi, hogy egyre több barlangról készüljön hasonló jellegű, dinamikusan továbbfejleszthető adatbázis

Munkánkat az „Ódorvár karsztja természeti érték adatbázis...” c. KAC (ny. sz.: 042539-01/2001) program támogatásával végeztük.

A rendszer fejlesztése és feltöltése az SZTE Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszéken, az adatgyűjtés, az analóg adatok digitalizálása a tiszaföldvári Hajnóczy József Gimnázium Barlangkutató Csoportjával közösen történt.

## IRODALOM

1. *Dénes Gy.*: A magyar barlangkutatás története: A barlangjárás alapjai (szerk.: *Németh T.*–

*Rose Gy.*) [freeweb.interware.hu/bajnap/oktatas/alapfoku/15.htm](http://freeweb.interware.hu/bajnap/oktatas/alapfoku/15.htm)

2. *Vass Imre*: Baradla-barlang térképe – reprint kiadás, OKTH, 1990

3. *Németh T.*: Térképezési ismeretek in: A barlangjárás alapjai (szerk.: *Németh T.*–*Rose Gy.*) [freeweb.interware.hu/bajnap/oktatas/alapfoku/7.htm](http://freeweb.interware.hu/bajnap/oktatas/alapfoku/7.htm)

4. *Elekes B.*–*Nyerges A.*–*Nyerges M.*–*Rose Gy.*: A Szabó-Pallagi zsomboly (Baglyok Szakadéka) kutatásának újabb eredményei – Karszt és Barlang, 1992. évf. I–II. füzet, Budapest, térkép [freeweb.interware.hu/bajnap/terkep/bag\\_trk.htm](http://freeweb.interware.hu/bajnap/terkep/bag_trk.htm)

5. *Kummert Á.*–*Szekeres Zs.*: Barlangkataszter Térinformatika 2002/7. sz. p. 23–24.

6. *M. Heller*: Toporobot <http://www.geo.unizh.ch/~heller/toporobot/>

7. *Winkler P.*: Magyarország digitális ortofotóprogramja (MADOP) és nagyfelbontású domborzatmodell (DDM) az ország teljes területére – Geodézia és Kartográfia 2003. 12. szám

8. CaveRenderer – Höhlenpläne unter Windows – DAV Höhlengruppe Frankfurt/Main <http://caverender.de/caverend/caverend.htm>

9. <http://www.geo.unizh.ch/~heller/Diatoporama/Gallery/Haglaetsch/Hagf4.html>

## Interactive 3D information system for caves on the WEB

*L. Mucsi*–*A. Balog*–*G. Juhász*  
Summary

Almost all of the cave maps represent the horizontal or vertical section of the cave. Maps of spatial quantities, like isometric maps, try to show the spatial extension. Maps, which are drawn by CAD-like softwares, could be seen and browsed by running the specific software.

In the frame of presented project supported by the Ministry of Environmental Protection, KAC-programme a so called Cave Information System was developed. The base of this project was the utilization of open-source software, which guarantees the interactivity and 3D visualization. Apache software was used as WEB-server programme, the functionality of our server-side WEB application was increased by the utilization of Rosa2000 Java applet. The base of 3D modul was the cave-polygon edited in CaveRenderer software for plotting different cross sections. Text and image data were linked to the maps.