KARSZTFEJLŐDÉS III.
Szombathely, 1999. pp. 153-167.

A HOLOCÉN TALAJ ALATTI KARSZTOSODÁS FELTÉTELEI A VILLÁNYI-HEGYSÉGBEN

CZIGÁNY SZABOLCS

Janus Pannonius Tudományegyetem, Természetföldrajzi Tanszék,
7624 Pécs, Ifjúság u. 6.

Abstract: The aim of our investigations was to contribute our knowledge about the spatial and temporal differences of karstic processes in the Villány Hills. The most important factors of these processes are the biological activity, the stratigraphy of the limestone, the thickness of loess deposits covering the limestone, the precipitation and the climate-type. Three different environmental types can be distributed according to the role of the factors mentioned above. In the case of the first type - the one covered by thick loess or 'agriculturally involved landscape' - the conditions of karstic processes are really poor because the limestone covered by thick layers of loess deposits. This type can be found on horst elevated into low altitudes and in the southern foreground of all horsts. This area is agriculturally highly involved mainly by wine-producing. The second type is the surfaces covered by forests. These are not suitable for agriculturing, i.e. they are situated on slopes with steep angle, and thus it is highly effected by erosion. As a result in these areas limestone covered by thinner layers of loess. Consequently they are more influenced by karstic processes. These types occur mainly on the northern slopes and in smaller patches on the southern slope of the Villány Hills. The third type is the open-karst resided on the steep southern slopes. The most famous example of this type is the 'ördögszántás' (devil's ploughing) karst surface found on the highest summit of the hills called Szársomlyó. Those types have undergone changes during the Holocene and transformed into each other. The effects of the karstic processes encreased during the Holocene, i.e. the climate has become more humid since the last glacial period. The influence of man-made activities also enhance the erosion of soils and loess deposits.

Bevezetés, célkitűzés

A Villányi-hegység geoökológiai folyamataival és a holocén eróziós folyamatokkal eddig viszonylag szerényebb számú publikáció foglalkozott. A témakör vizsgálata az 1970-es években kezdődött (*LOVÁSZ GY. 1973, 1974, 1977)* nevéhez fűződnek. Geoökológiai tárgyú kutatások folytak a későbbiekben a hegység egész területére vonatkozóan *(LEHMANN A. 1979)*, ill. annak szűkebb K-i részén is *(TENGLER T. 1997)*. Saját vizsgálataim eddig főként az anyagmozgások típusainak elemzésével foglalkoztak *(CZIGÁNY SZ.-PARRAG T.-LOVÁSZ GY. 1997, CZIGÁNY SZ. 1998b, 1998c)*. Ezek alapvető célja volt a Villányi-hegységben lejátszódó geoökológiai ill. anyagmozgás folyamatok egy részének mennyiségi-minőségi elemzése. Ezek alapján kiemelkedő fontosságot tulajdonítunk az antropogén indíttatású eróziós folyamatoknak. A vizsgált terület - az intenzív szőlőművelés következtében - nagymértékű társadalmi-gazdasági befolyásoltság alatt áll. Az eddigi vizsgálataink során a természetes geoökológiai folyamatok közül elsősorban az erózió és a társadalmi-gazdasági aktivitás kölcsönös hatását vizsgálták.

A térbeli különbségek megítéléséhez szükséges a hegység területén előforduló környezettípusok lehatárolása. Kétségtelen, hogy a lehatárolás szubjektív, mivel minden típus lehatárolásnal figyelembe kell venni, hogy milyen szempontból kívánjuk a területet vizsgálni.

A geoökológiai folyamatok egy komplex, többfaktorú rendszer együttes működésének eredményei. Ebben a rendszerben egymásra hatást gyakorol a geológiai domborzat (relief), a litológiai háttér a talajminőség, a növényzet, a csapadék, stb. Ezeket a faktorokat tehát összefoglaló néven a karsztökológiai folyamatok - pl. az anyagmozgás és a karsztosodás - feltételrendszereinek nevezhetjük *(KEVEINÉ BÁRÁNY I.* 1992, 1994, 1998*)*. Az együttes hatás következménye az általunk legfontosabbnak ítélt anyagvándorlás és - többek között - a karsztosodás is. Így tehát szoros kapcsolat áll fenn- a geoökológiai faktorok megítélése alapján - a jelenkori anyagmozgások és a karsztosodás között. A jelenkori karsztosodás ill. ennek feltételei ui. a lepusztulási folyamatok függvényében érvényesülnek. Természetesen ezek nem stabilak, azaz mind időben, mind térben differenciáltságot mutatnak. Emiatt szükséges a feltételrendszerek kronológiai és térbeli vizsgálata is. Ezek intenzitását a felsorolt faktorok együttesen befolyásolják ill. szabályozzák. Ennek megfelelően mind az anyagmozgás, mind a karsztosodás feltételeinek megítélésében a fent említett faktorok szerepét meg kell vizsgálni. A dolgozat - a címben jelzetteknek megfelelően - az utóbbi folyamat feltételrendszereivel kíván foglakozni. A címre visszautalva hangsúlyoznánk, hogy ebben az elemzésben csak a talaj ill. a lösz alatt fekvő mészkőfelszín oldási folyamatainak feltételrendszerével foglakozunk. Nyilvánvaló ui., hogy a mélybe szivárgó víz kémiája és ennek megfelelően az oldási folyamat intenzitása is jelentősen változik *(JAKUCS L.* 1973*)*.

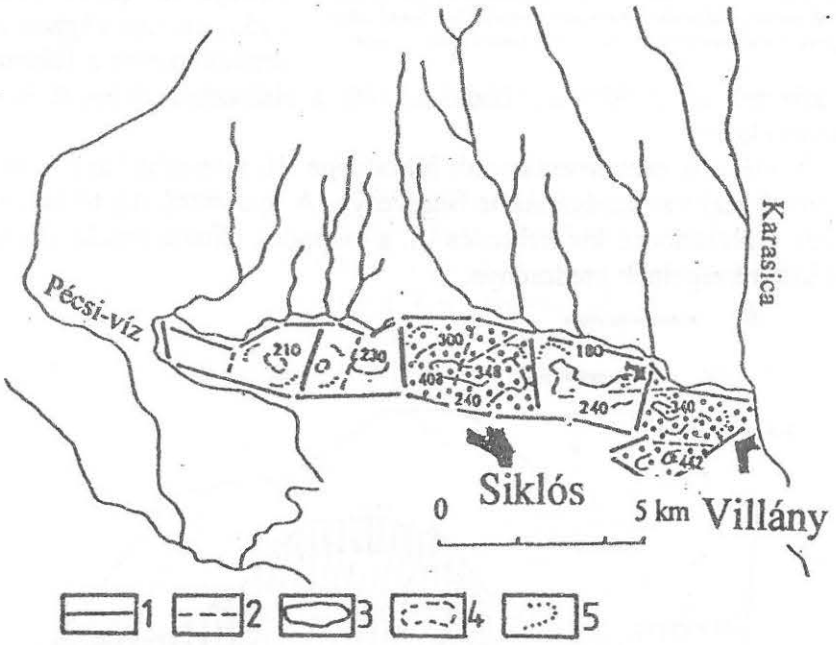
Eredmények

Ha az egyes feltételrendszer-faktorokat figyelembe vesszük, nyilvánvaló, hogy a karsztosodást nagy mértékben befolyásolja az a kőzet, amelyben a folyamat lejátszódik. A karsztosodó kőzet a vizsgált területen elsősorban a mészkő, kisebb részben a kevésbé jól karsztosodó dolomit. Kétségtelen, hogy $CaCO_3$ tartalmánál fogva a lösz is karsztosodhat de ennek mértéke a mészkőhöz viszonyítva elenyészőnek tekinthető, egyéb vizsgálatát nem tekintettük célunknak. Emiatt elsősorban a mészkő karsztosodásának feltételeit kívántuk vizsgálni.

A hegység mintapéldája a pikkelyes szerkezetnek. Területén öt darab É-ÉNy-i vergenciájú pikkely különböztethető meg *(STRAUSZ L.* 1953, *WEIN GY.* 1967*)*. Ezek valószínűleg az ausztriai orogén fázis mozgásai során keletkeztek, D-ről érkező és lemeztektonikai folyamatokkal összefüggő

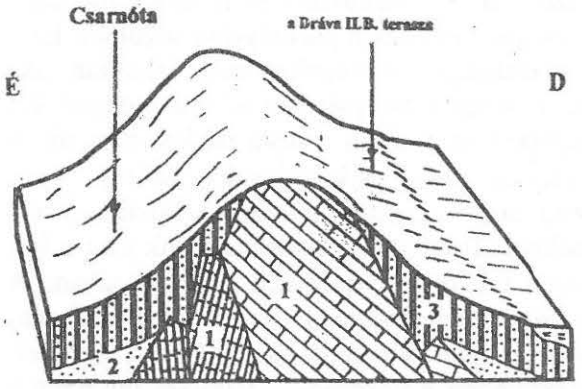
nyomás hatására. Ezt követően azonban - feltehetően a pannon kiemelkedés során - É-D-i törések érték a hegységet, amelyek a pikkelyeket tagolják. Ez a geomorfológiai szintek jelentős magasságkülönbségében megbízhatóan tükröződik. Ezen szerkezeti mozgások során a hegységben tulajdonképpen két szerkezeti irány jött létre. Az egyiket az É-ÉK-i irányú pikkelyhatárok, a másikat pedig a fiatalabb É-D- szerkezeti vonalak képviselik *(1. ábra)*.

A Panon kiemelkedés során zajló tektonikai mozgások hozták létre a kölönböző mértékű kiemelkedéseket, s így meghatározó szerepük volt a holocén korábbi és mai karsztosodás feltételrendszereinek kialakításában. A hegységben a holocén korábbi és mai karsztosodásának feltételeit a karbonátos felszínhez való közelsége, a domborzat jellege, a csapadék évszakos eloszlása, valamint a fentiek függvényében a növényi és talajélet intenzitása képezi *(KEVEINÉ BÁRÁNY I., 1998)*



1. ábra: A posztpannonban nagyobb mértékben kiemelt felszínek (pontozott területek) a Villányi-hegységben (Lovász Gy. 1977)
Jelmagyarázat: 1. fő törésvonal, 2. melléktörésvonal, 3. felső-pliocén-ópleisztocén felszín, 4. középső-pleisztocén felszín, 5. újpleisztocén eleji felszín
Figure 1: Plateau areas in the Villány Hills uplifted after the Pannonian (LOVÁSZ GY. 1977)
Legend: 1. main faultlines, 2. secondary faultline, 3. Upper-Pliocene-Lower Pleistocene surfaces, 4. Middle Pleistocene surface, 5. surface of the beginning of the Upper-Pleistocene

A karsztosodásban elsődleges szerepe természetesen a karbonátos kőzeteknek, ill. azok fekvésének és szerkezetének (rétegződés) van. A képződmények nagymértékben D-re billentek és nagyon gyakran vékonypados kifejlődésűek. E két tényező nagy szerepet játszik abban, hogy a felszíni víz könnyen a mélybe szivárogahat. oldva a kőzetet.

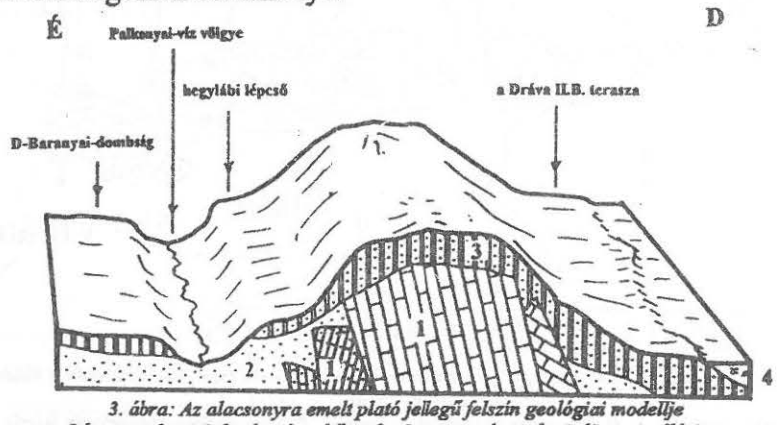


2. ábra: Az alcsonyra emelt széles hát geológiai modellje
Jelmagyarázat: 1. karbonátos kőzetek, 2. pannon homok, 3: lösz
Figure 2: Geological modell of a moderately uplifted broad ridge
Legend: 1. carboniferous rocks, 2. Pannonian sand, 3. loess

A szerkezeti-geológiai tényező (mint a holocén karsztosodás feltételrendszerének egyik tagját) értékelve, általánosságban megállapítható, hogy a pikkelyes szerkezet és a gyakori vékonypados kifejlődés - az egyéb feltételek teljesülése esetén - kedvez az oldási folyamatok létrejöttének.

A részletes geológiai térképezés (*STRAUSZ L.*, 1953) alapján végzett számításaink szerint a felszín alatt fekvő kőzetek közel 60%-a mészkő és 40%-a elsősorban dolomit és egyéb (pl. márga) kőzet.

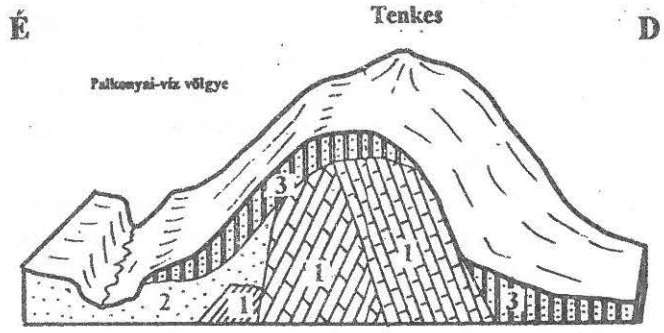
A mészkő karsztosodásának lehetősége ill. intenzitásának mértéke a fedőkőzet (lösz) vastagságának is függvénye. A löszvastagság térbeli különbözősége a pleisztocén kiemelkedés ill. a csapadék okozta areális denudáció lokális különbségeinek eredménye.



3. ábra: Az alacsonyra emelt plató jellegű felszín geológiai modellje
Jelmagyarázat: 1. karbonátos kőzetek, 2. pannon homok, 3. lösz, 4. alluvium
Figure 3: Geological modell of the moderately uplifted plateau-type surfaces
Legend: 1. carboniferous rocks, 2. Pannonian sand, 3. loess, 4. alluvial sediments

A hegység területe a tszf. magasság és relief jellegének figyelembevételével két típusba sorolható *(CZIGÁNY SZ.-LOVÁSZ GY.-PARRAG T., 1997)*. Az első az alacsonyabbra kiemelt térség, ahol a kis relief miatt a lejtő teljes hosszában folyamatos a lösszel való borítottság. Ennek a típusnak két változata ismerhető fel a hegységben. Az egyik - amely Csarnótától Ny-ra jellemző - alacsonyra emelt széles hát *(2. ábra)*. A karbonátos kőzet csak a hát közvetlen térségében kerül a felszínre ill. annak közelében.

A másik - a mely a hegység középső részén alakult ki Siklós-Kisharsány között - szintén alacsonyra emelt, de plató jellegű térség. A lejtők itt is lösszel vastagon fedettek, de a platón is - megfigyeléseink szerint - több méter vastag a lösz *(3. ábra)*.



4. ábra: A magasra emelt felszín geológiai modellje
Jelmagyarázat: 1. karbonátos kőzetek, 2. pannon homok, 3. lösz
Figure 4: Geological modell of the highly uplifted surfaces
Legend: 1. carboniferous rocks, 2. Pannonian sand, 3. loess

A második típus a magasra kiemelt felszínek területe. Itt a 165-175 m tszf. magasság mentén éles lejtőtörés figyelhető meg. Ezen a tszf. magasság felett jelentősen megnő a relief, ami mind az areális, mind a lineáris erózió munkavégző képességének növekedését eredményezi. Emiatt a lösz elvékonyodik, ill. lepusztul a lejtőről. Ennek eredményeként jelentős területeken el is tűnik és előbukkan a karbonátos alapkőzet *(4. ábra)*. Ezek a domborzati viszonyok legjellegzetesebben Máriagyűd - Siklós között, ill. ezek É-i térségében tanulmányozhatók a terepen. Újabb előfordulása a hegység K-i részén, ill. azaz a Palkonya - Nagyharsány közötti szerkezeti vonaltól K-re rajzolódik ki. A D-i lejtővidék itt már szerkezetileg zavart, ezért a jellegzetes lejtőtörés csak néha figyelhető meg a terepen.

Ennek a típusnak egyik változataként kell megemlítenünk az ismert Nagyharsányi-hegy (Szársomlyó) D-i lejtőjét, ahol az intenzív emelkedés és az erdő kiirtása következtében a lösz nagy területeken teljesen lepusztult, és így a vékonypados karbonátos kőzetek gyakorlatilag a felszínen karsztosodnak (karrok).

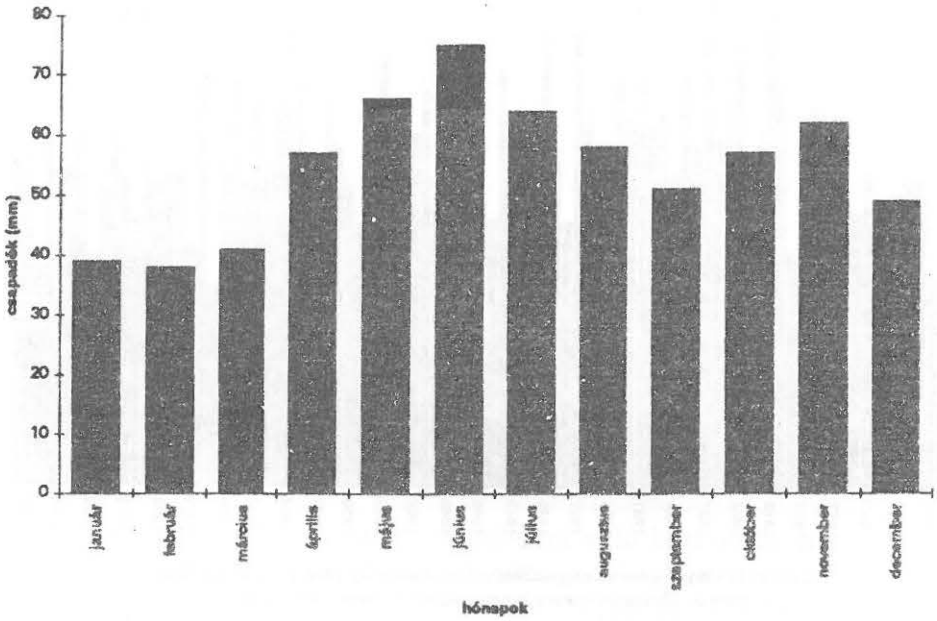
A hegylábi területek ezen a típuson is vastag, a lejtőről áthalmozott lösszel fedettek. A lösszel vastagon borított területek mindkét pikkelytípus hegylábi előterében megtalálhatóak. Kihangsúlyozandó azonban, hogy ezek a megállapítások csak a D-i lejtővidékre érvényesek, ui. az É-i lejtő szinte teljesen erdővel fedett, ez pedig jelentősen mérsékli az eróziót. Amint a *3.* és *4. ábrán* illusztráltuk, a hegység középső és K-i részének É-i lejtővidékén az általános geológiai felépítés és a geomorfológiai viszonyok jelentősen különböznek a D-i oldaltól. Ebben a térségben ui. a karbonátos kőzetek felett vastag lösz és valószínűleg pannon rétegekből formálódott pleisztocén geomorfológiai szintek (hegylábi lépcsők) vannak.

Nyilvánvaló, hogy a felszínre hulló csapadék eróziós hatását ill. annak mértékét módosítja a növényzet is. Ez viszont szoros korrelációt mutat a területen előforduló genetikai talajtípussal is. Látható, hogy ezek a faktorok komplexen érvényesítik hatásukat, azaz ezek együttes és komplex vizsgálata elengedhetetlen vizsgálataink során. A növényzet nem csak a felszíni borítottsága révén fejt ki jelentős hatást a karsztosodás intenzitására, hanem a gyökerek és a mikrobiális bontás CO_2 termelése révén is. A karsztosodás intenzitásának mértéke ui. főként a biológiai aktivitás függvénye *(JAKUCS L. 1971)*.A korábban jelentősebbnek ítélt csapadék szerepe a növényzethez mérten szerényebbnek ítélhető. A mészkő oldódása ui. a csapadékból származó - tulajdonképpen desztillált víznek tekinthető - víz hatására viszonylag kis mértékű kopár felszíneken. A beszivárgó víz savanyosodását a továbbiakban elősegítik a különböző savas kémhatású humuszanyagok, úgy mint a himatomelánsav, huminsav és főként a fulvósavak.

Amint fentebb említettük a CO_2 oldódásához vízre van szükség. Emiatt figyelembe kell vegyük a terület vízháztartását és főként csapadékjárását. Ennek jellemzésére szerintünk legalkalmasabb a P/C ariditási index, melynek értéke a területen 1,0 körül mozog kisebb térbeli és jelentősebb évszakos ingadozással. Ennek eredményeként alacsony hőfokon ugyanolyan csapadékmennyiség mellett a klíma humidusabbá válik azaz az index nagyobb mértékben tolódik 1 alá. Jelentős szerepet játszik a csapadék térbeli eloszlása ill. annak intenzitása is. A melegfronti eredetű, mérsékeltebb intenzitású csapadék ui. jobban képes hasznosulni a karsztosodás szempontjából. Az ilyen származású csapadék nagyobb része szivárog a talajba, s kisebb része vész el a felszíni lefolyás miatt mint az intenzív nyári csapadékok vize. A területre jellemző csapadékjárás enyhe mediterrán-szubmediterrán jellegű amit az őszi másodmaximumnak mutat *(5. ábra)*. A terület átlagos évi csapadéka 650 mm körül mozog *(6. ábra)*. Ennek értéke a vizsgált időszakban elhanyagolható mértékben emelkedett. Mivel a hegység D-i lejtővidéke az ország egyik legmelegebb területe, ezért konvekcióscsapadékok is gyakoriak a rövid idő alatt nagy mennyiségű csapadékkal a nyári félévben. Ezek hatása a felszínközeli kőzetek oldására elenyészőnek tekinthető, mivel gyér növényzet esetén a csapadék legnagyobb része lefolyik, kevés beszivárgás mellett. A mikrocsapadékok hatása inkább felszínre kibukkanó mészkő esetében tekinthető jelentősebbnek. Így szerepe - főleg térbelileg - csak korlátozottnak tekinthető.

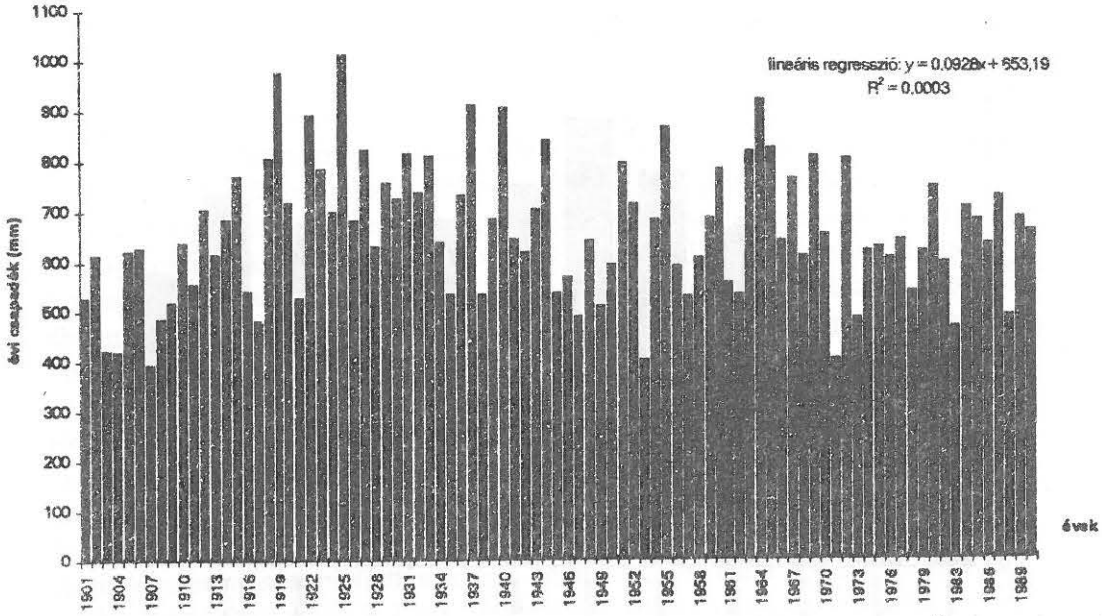
Jelentős szerep tulajdonítható a mészkő oldódása esetében a környező levegő hőmérsékletének is. A túl alacsony hőmérséklet ui. alsó határt szab a növényi aktivitásnak, valamint fagypont alatt nem teljesül a karsztosodás egyik alapfeltétele, a folyékony halmazállapotú víz jelenléte. A fentiek következménye az, hogy a legnagyobb mértékű karsztosodás a trópusi területe-

ken figyelhető meg. Itt ui. a dús növényzet következtében a meleg ellenére is igen intenzív a mészkő oldódása.

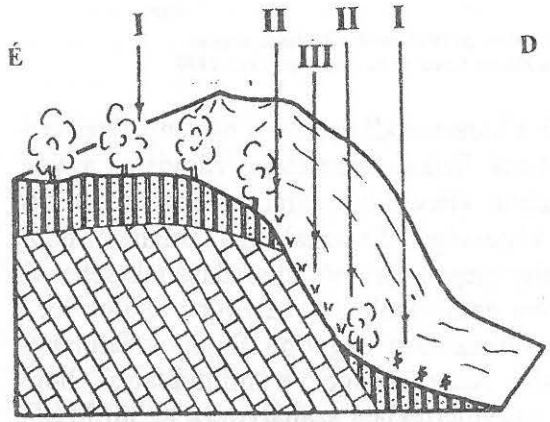


5. ábra: Villány havi csapadékeloszlása az 1901-1990. évi adatok alapján
Figure 5: Monthly precipitation in Villány based on the data from 1901-1990

Fontos szerep tulajdonítható a karsztosodás során a növényzettel szoros korrelációt mutató talajoknak. Ezek fizikai összetétele, vagyis az agyag, a lösz és a homokfrakció egymáshoz viszonyított aránya nagymértékben befolyásolja a talaj vízadszorbeáló képességét. Ez azzal magyarázható, hogy a víz adszorpcióját ill. egy adott talajrétegen történő áthaladásának sebességét a fajlagos felület nagy mértékben befolyásolja. A vályogos talajok ui. a kisebb szemátmérő dominancia következtében nagyobb fajlagos felülettek rendelkeznek mint pl. egy homoktalaj. Azaz összegezve elmondhatjuk, hogy az egyes talajok fizikai összetétele nagymértékben szabályozza az infiltráció mértékét ill. annak időbeli lefutását. Másfelől a talaj típusa ill. összetétele meghatározza a rajta megtelepedő növénytársulás faji összetételét. Mivel az egyes növényfajok CO_2 termelő képessége nagy különbségeket mutat, ezért az egyes társulások CO_2 termelését azok faji összetétele határozza meg *(JAKUCS 1973)*.



6. ábra: Villány évi összes csapadékainak alakulása az 1901-1990 időszakban
Figure 6: The mean annual precipitations between 1901-1990



7. ábra: Az egyes típusok elhelyezkedése a D-i lejtővidéken
Jelmagyarázat. I. lösszel vastagon fedett típus, II. erdős-karszt típus, III. nyílt-karszt típus
Figure 7: The localization of the different types of surfaces on the southern slopes
Legend: I. surface covered by thick loess, II. surface covered by thin loess, III. non-covered karst

Összességében tehát úgy ítélhetjük meg, hogy a jelenkori karsztosodás legfontosabb faktorának a fent vázolt löszvastagság - relief - növényzet komplex faktor tekinthető. E három tényező között ui. szoros minőségbeli korreláció figyelhető meg.

Ezek területi differenciáltságának ismeretében szükségesnek ill. praktikusnak éreztük környezettípusok elkülönítését. Ezeket a feltételtípusokat a kialakító tényezők sajátos rangsor variációja alakítja ki. Természetes, hogy ezeket a környezettípus-lehatárolásokat a karsztosodás feltételei szempontjá-

ból ítéltük meg. Azaz azt vettük figyelembe, hogy a intenzív karsztosodás lehetőségei ill. feltételei milyen térbeli differenciáltságot mutatnak. Ezek alapján az alábbi három fő környezettípust találtunk célszerűnek elkülöníteni. Ezeket talán - a karsztosodási feltételrendszereikre hivatkozva - karszttópoknak is nevezhetjük.

1. *Lösszel vastagon fedett-típus:* Leggyengébbek a karsztosodás feltételei a *lösszel vastagon fedett* térségekben. Amint azt fentebb említettük, ez a típus az alacsony rögök tetőrégiójában és lejtőin kis lejtőszög (relief) esetében jellegzetes, valamint mindkét fő pikkelytípus D-i előterének hegylábi felszínén is megtalálható.

Az ilyen típusú térségekben a mészkő a felszínhez viszonyítva mélyen helyezkedik el, ugyanis helyenként 8-10 m lösszel is fedett. Emiatt a beszivárgó víznek már csak töredéke éri el a karsztosodásra alkalmas mészkövet. Így annak oldódása csak mérsékelt formában, vagy egyáltalán nem valósul meg. A növényzet viszont a jelentősebb termőrétegvastagság következtében dúsabb. A termelődő CO_2 viszont a vízben történő oldódása ellenére sem képes elérni a fent tárgyalt okok következtében a mészkőfelszínt.

Továbbá az is megfigyelhető, hogy ezek a területek intenzív antropogén befolyásoltság alatt állnak. A terület kedvező klimatológiai adottságai következtében főként a szőlőművelés honosodott meg a löszön kialakult jó minőségű talajon. A szőlővel való borítottság nem folytonos a területen, néhol szántóterületek ill. parlagon hagyott területek tagolják azt. Mivel ennek következtében eltérő a növényzettel való fedettség a vizsgált környezettípuson belül, ezért kisebb lokális eltérések valószínűsíthetők a karsztosodás mértékét illetően. Természetesen ez a típus a holocén korábbi időszakában nem volt kultúrtájnak tekinthető. A mezőgazdasági befolyásoltságról csak kb. az utóbbi 2000 év folyamán beszélhetünk *(FEYÉR P. 1970)*.

2. *"Erdőskarszt" típus vagy rejtett-nyílt karszt:* Erdővel borított, az előbbihez képest vékonyabb lösztakaróval fedett térségek környezettípusa *(JAKUCS L. - KEVEINÉ BÁRÁNY I., 1984)*. Ennél a típusnál - az előzőhöz képest - nagyobb reliefről beszélhetünk. Ez a megnövekedett lejtőszög már nem tette alkalmassá a területet mezőgazdasági művelésre. Az erdőket ui. csak ott hagyták meg ahol a talajtakaró jelentős része lepusztult és a terület szőlőtermelésre alkalmatlanná vált. Emiatt az eróziós - anyagmozgásos folyamatok jelentősebb hatást gyakorolnak a felszínre. Ennek eredménye lösztakaró elvékonyodása. Itt már jobbak a mészkő oldódásának feltételei, mivel a beszivárgó víznek vékonyabb löszrétegen kell átjutnia. Másfelől pedig - a kultúrtájhoz viszonyítva - nagyobb a növényzettel való borítottság ami megnövekedett CO_2 termelést valószínűsít. Emiatt úgy véljük, hogy ezen környezettípus esetében a karsztosodás feltételei az előzőhöz viszonyítva kedvezőbbek. Ilyeneket tehát a közepesen meredek lejtőjű, erdővel borított lejtőkön

feltételezhetünk. Ilyenek főként a Tenkes-, a Csukma-pikkely ill. a Palkonyai- hegy (Siklósi-pikkely része) esetében figyelhetünk meg. Megítélésünk szerint ennek kiterjedése a D-i lejtővidéken szerényebb, viszont uralkodónak tekinthető az É-i lejtővidék esetében.

3. *Nyílt-karszt-típus:* A legmeredekebb lejtők ritkás karsztbokorerdővel ill. sziklafüves lejtősztyeppel borított térsége. Itt a karbonátos alapkőzet már a felszínre bukkan, azaz löszös fedő már nem látható. A talaj réteg szintén nagyrészt lepusztult, csak lokális, foltszerű talajok (rendzina) figyelhető meg. Ezek mindössze néhány (max. 5-10) centiméter vastagságban borítják a felszínt. A termőréteg hiánya miatt csak alacsony, kistermetű fákból (virágos kőris-molyhos tölgy) *(LEHMANN A. 1975)* álló karsztbokorerdő képezhet fás társulást. A tápanyaghiány következtében inkább a lágyszárú fajok dominanciája jellemző jelentős számú mediterrán fajjal. Mivel a mészkő rétegfejek közvetlenül kibukkannak a felszínre, ezért a csapadékvíz oldó hatását könnyen ki tudja fejteni. Másfelől a kedvező mikrodomborzat vízgyűjtő hatása következtében a csapadékhasznosulás mértéke a három feltétel-típus közül itt a legjobb. Ennek eredménye a számos mikrokarr-forma, főként madáritatók említhetők. Nyilvánvaló, hogy nagy szerepet kaphatnak a mikrocsapadékformák is, mivel közvetlenül a mészkőfelszínnel érintkezhetnek. Azaz a ritkább növényzet csökkent CO_2 termelését jól kompenzálja a csapadék direkt hatása. Véleményünk szerint a felsorolt három típust figyelembe véve ennek a típusnak a feltételrendszerei igen alkalmasnak ítélhetők az intenzív karsztosodást tekintve.

Kihangsúlyozandó, hogy ez utóbbi típus csak a hegység D-i lejtővidékén fordul elő. Ezt legtipikusabban a Szársomlyó "*ördögszántásos*" D-i lejtőjén figyelhetjük meg. Teljesen hasonló típusú kibukkanások fedezhetők fel a Csarnótai-, a Tenkes- valamint Csukma-pikkely esetében is.

Természetes, hogy ezek a környezet- ill. vegetációtípusok nem tekinthetők időben sem stabilisnak. Az alábbiakban a holocén klímaváltozásokat ismertető irodalom tükrében egyfajta rekonstrukcióját kiséreljük meg a holocén karsztosodás intenzitásának *(JÁRAINÉ KOMLÓDI M. 1966, KORDOS L. 1979, JÁRAINÉ KOMLÓDI M.- KORDOS L. 1988)*. Az időbeli változások a löszképződés befejeződése óta követhetők. A löszképződés a würm glaciális végére, tehát a felső-pleniglaciális ill. a Dryas idején szűnt meg. A würm végén tehát a hegységet egységes lösztakaró boríthatta, a meredekebb lejtőket vékonyabb, a kisebb relieffel rendelkezőket pedig vastagabb. A karsztosodás feltételei közül egyik legfontosabbnak ítélt löszvastagság a pleisztocén vége - holocén eleje óta vélhetően folyamatosan vékonyodik. Ezzel párhuzamosan a természetes növénytakaró faji összetétele is változik, ill. ahogy fentebb is említettük - a lösz fokozatos vékonyodásával ill. eltűnésével gyérebbé válik. Így feltételezhetjük, hogy a felső-pleniglaciális

száraz és hideg klímája idején az általunk elsőként tárgyalt "*vastag lösszel fedett*" környezettípus uralhatta a tájat, természetesen emberi behatástól szinte teljesen mentesen. Ez azért is valószínűsíthető, mivel ebben a nagy futóhomok mozgási időszakban a kevés csapadék következtében az erózió ill. az anyagmozgás mérsékelt lehetett. Ez a karsztosodás szempontjából viszont kedvezőtlen feltételnek tekinthető.

Az időszak - amely egyben a würm leghidegebb időszaka is volt - növényzete valószínűleg a mai tundra területek vegetációjával mutathat párhuzamot. Természetesen az expozíciótól befolyásolt mikroklimatikus okokra visszavezethetően ez a vegetáció kismértékű területi differenciát mutathatott, főleg a faji összetételében. A mérsékelt növényzettel való borítottság következtében a CO_2 termelés viszonylag szerényebb mértékű lehetett.

A würm végét követő Dryas időszak tulajdonképpen átmenetnek tekinthető a holocén felé. Ez az időszak viszonylag rövidebb időtartamú - de az előző időszakhoz képest - nagyobb mértékű klimaoszcillációkkal jellemezhető. Ennek következtében a már fás (fenyő és nyír) vegetációval rendelkező Böllingi és Alleröd fázisok (interstadiálisok) idején a lejtőkön felerősödhetett és megkezdődhetett a lösztakaró elvékonyodása ill. a leszállított anyag akkumulálódása a hegylábi felszíneken. Ekkor tehát kisebb törmelékkúpok képződhettek az ekkor még főként deráziós és csak kisebb részben eróziós eredetű völgyek alsó elvégződésénél.

A holocén kezdetén a praeboreális (fenyő-nyír) fázis idején a Dryas melegebb fázisaihoz hasonló éghajlattal és növényzettel lehetett jellemezhető a táj. Ez a főleg nyitvatermőkből álló hidegtűrő fás vegetáció még részben mérsékelhette a felszíni lefolyást ill. az areális eróziót. Ekkora már teljesen megszűnt a löszképződés. A kismértékű párolgás még humidus klímát feltételez, ezért az eolikus erózió még csekély mértékű lehetett. A relatíve kis mennyiségű és feltételezhetően kis intenzitású csapadék még nem fejthette ki jelentősebb eróziós hatást. Erősebb szerepet tulajdoníthatunk viszont az olvadékvízből származó pluvioniális deráziós és eróziós folyamatoknak. Mivel a lösz lepusztulása még csak ekkor indult meg, emiatt a karsztosodás intenzitása kissé mérsékeltebb lehetett, s döntően az általunk "*vastag lösszel fedett*" és erdőskarszt környezettípusok uralhatták a tájat.

Az éghajlat ezt követő szárazodása (mogyoró/boreális fázis) az ország jelentős részén futóhomok képződést ill. mozgást eredményezett. Az eddig uralkodóan fás vegetáció helyett cserjés-bokros és lágyszárúakból álló növényzet jelent meg. Ez a növénytakaró kevésbé volt képes megóvni a talajt és a lösztakarót a felszíni lepusztítástól. A szállítóközeg sokkal inkább eolikus eredetű lehetett, a fluviatilis szállítás alárendelt szerepet játszott. A pollenanalízis eredmények szerint ui. a csapadék mennyisége - előző időszakhoz viszonyítva - jelentősen lecsökkent, az ariditási index értéke pedig

jóval 1 fölé emelkedett. Az aridus klíma következtében tehát mérsékelt lehetett a mészkő oldódása. Tovább ronthatta a karsztosodás lehetőségét a még viszonylag vastag lösztakaró ami nem tette lehetővé a víz lejutását a karbonátos alapkőzetig. A még összefüggő lösztakaró alól csak a legmeredekebb lejtőkön bukkanhatott ki helyenként a mészkő. Ezek a megállapítások főleg a D-i lejtőn érvényesülhettek, az É-i lejtővidéket a maihoz hasonló - főleg hárs, szil, juhar, kőris fajokból álló - fás vegetáció boríthatta. A két lejtőterület közti különbség az expozícióból fakadó mikroklimatikus különbségekre vezethető vissza.

A boreális fázist követő atlantikus fázisban viszont - minden valószínűség szerint - jelentősen javulhattak a karsztosodás feltételei ill annak intenzitása. Ez az időszak ui. a holocén klímaoptimumaként jellemezhető. Ekkor ui. a meleg és csapadékos klíma következtében a hegységet és környékét uralkodóan melegkedvelő - főleg tölgyfélék - fafajokból álló társulás boríthatta. A tölgy jó fényáteresztő lombkoronaszintje ill. a humidus éghajlat lehetővé tette az alsó szinteken élő fajok elterjedését, ami dús aljnövényzet kialakulásához vezetett. Ezt tanúsítja az ebből az időszakból gyűjtött pollenminták faji összetétele is. Az intenzív növényi élettevékenység megnövelhette az egységnyi területre jutó CO_2 produktumot. A sok csapadék következtében viszont bőségesen rendelkezésére állt a CO_2 oldószere, a víz. Ez a víz pedig egyre könnyebben juthatott át az egyre vékonyodó lösztakarón. Így tehát valószínűsíthető, hogy az atlantikus fázis idején a biológiai aktivitás megnövekedése eredményeként jelentősen javultak a karsztosodás feltételei. Mind elterjedtebbé válhatott az un. erdőskarszt-típus, s növelhette területi részarányát a nyílt karszt is a lösszel vastagon fedett környezet rovására. A meredek D-i lejtőket (pl. Szársomlyó) ui. a túl nagy relief következtében már nem boríthatta összefüggő fás vegetáció, így itt már jelentős területeken teljesen lepusztulhatott a lösz. Ez jelentősen elősegíthette a terület karsztosodását.

A bükk I. fázis jelentős klímaromlást eredményezett az előző időszakhoz képest. Ez az óceáni hatás megerősödésével jellemezhető, azaz az éghajlat hűvösebbé és csapadékosabbá vált. Emiatt szerintünk a karsztosodás feltételei tovább javultak az időszakban amely leginkább a lösz fokozódó elvékonyodásának következménye. A megnövekedett csapadékmennyiség következtében ui. felélénkültek az anyagmozgásos folyamatok. Ennek eredményeként a tovább vékonyodott lösztakarón a beszivárgó (ínfiltrálódó) víz könnyebben átjutott. Erre a fázisra datálható ui. a hegység előterében megfigyelhető akkumulációs formák képződésének fő időszaka. Az évi átlagos csapadékmennyiség növekedése és a hőmérséklet csökkenése következtében az ariditási index (P/C) jóval 1 alá került. Ez tovább javíthatta a karsztosodás feltételeit. Az alacsonyabb hőmérséklet eredményeként a CO_2 jobban tudott

oldódni, ami a vizet agresszívebbé alakította. A nedves éghajlat miatt a növényzet - bár fajösszetétel változáson esett át - még mindig dús maradt, ami fenntartotta az atlantikus fázisban tapasztalt nagymértékű CO_2 termelést. Ez pedig meggyorsította mészkő ill. kisebb részben a dolomit oldódását. Azaz az erdős-karszt és a nyílt-karszt területi részaránya vélhetően tovább növekedett.

A bükk II. fázis kismértékű, de szinte folyamatos klímajavulást eredményezett, ami a csapadék csökkenésében és a hőmérséklet emelkedésében jelentkezett. Ezen jelenleg is tartó időszak alatt folyamatosan alakult ki a fent tárgyalt környezettípusok mai rendszere.

Ekkor már jelentős és egyre fokozódó antropogén behatásról beszélhetünk. Ez főként az erdőirtásokban ill. az eredeti természetes környezet kultúrtájjá való alakításában nyilvánul meg. Ez természetesen megnövelte ill. ma is növeli a lefolyási koefficiens értékét. Ez ill. a fokozódó szántóföldi művelés valamint szőlő és gyümölcstermesztés pedig az areális és főként a lineáris eróziós folyamatok felélénkülését vonja maga után. Ez az antropogén indíttatású folyamat helyenként több méter vastag lösz lepusztulását eredményezte a történelmi idők folyamán. Ilyen jelenség figyelhető meg pl. már kis relieffel rendelkező területeken is ahol egyes löszmélyutak alján előbukkan a mészkő (pl. Csukma-pikkely, Máriagyűd határában).

Összefoglalás

Kutatásaink a Villányi-hegység területén a karsztosodás feltételeinek idő- és térbeli rendszerét illetően próbálták áttekinteni. Megállapításunk szerint, a legfontosabb feltételek a vizsgált területen a biológiai aktivitás, a mészkő település módja, annak felszíntől számított mélysége (löszvastagság) és a csapadék ill. klímajelleg tekinthető.

A feltételek a mészkőoldódásra gyakorolt hatásának mértékét figyelembe véve három fő környezettípust különítettük el.

Az első - általunk lösszel vastagon fedett v. kultúrtájnak - nevezett típus esetében a karsztosodás feltételei nagyon gyengék. Itt a mészkő lösszel vastagon fedett. Ilyen típusok találhatók az alacsonyra kiemelt pikkelyeken, ill. minden pikkely D-i hegylábi előterében. Ez a típus intenzív antropogén befolyásoltság - szőlőművelés - alatt áll.

A második típus - erdőskarszt - a mezőgazdasági művelésre már nem alkalmas, nagyobb lejtőszögű típus, amely vékony lösszel borított. Itt a karsztosodás feltételei az első típushoz viszonyítva kedvezőbbek. Ilyen található az É-i lejtő túlnyomó részén ill. kisebb foltokban a D-i lejtőn.

A harmadik típus a lösszel nem fedett karrmezők, nyílt-karsztként értelmezhetők. Igen meredek D- lejtőkön figyelhetők meg, leghíresebb példája a Szársomlyón található karros felszín.

Ezek a környezettípusok a holocén folyamán egymásba átalakultak, s a elvékonyodása következtében nagy mértékben javították a karsztosodás feltételeit. A lösz elvékonyodása ill. a karsztosodás feltételeinek és lehetőségének további javulása figyelhető meg a növekvő antropogén behatás következtében is.

IRODALOM

CZIGÁNY SZ. - LOVÁSZ GY. - PARRAG T.: A quantitative approach to man - induced geomorphic processes in the Villány Hills, South Hungary. - Abstract. SWCS Conference, San Diego, USA, 5-9 July, 1998

CZIGÁNY SZ. (1998b):Adatok a pleisztocén végi-holocén lepusztulásfolyamatokhoz a Villányi-hegység D-i részén. - Földr. Ért. 1998. pp. 123-128.

CZIGÁNY SZ. (1998c):Paleoenvironmental implications of a loess profile in S-Trans-danubia, Hungary. - Geografia fisica e dinamica quaternaria, Pisa. Supplemento II. 1998. pp. 15-17.

FEYÉR PIROSKA: (1970): Szőlő és borgazdaságunk történetének alapja. Bp. Akad. Kiadó

JÁRAINÉ KOMLÓDI M.: (1966): Adatok az Alföld negyedkori klíma és vegetációtörténetéhez I. - Bot. Közl. 53. 3. Bp., pp. 191-201.

KEVEINÉ BÁRÁNY I. (1992): Geological system of karsts, Acta Carsologica, XXVII/1,pp.14-25.

KEVEINÉ BÁRÁNY I. (1994-95): Karst soils as indicators of karst development in Hungarian karsts, Z. Geomorph. N. F. Suppl.-Bd. 85 pp. 101-110.

KEVEINÉ BÁRÁNY I. (1998): Geological system of karsts, Acta Carsologica, XXVII/1,pp.14-25.

KEVEINÉ BÁRÁNY I. (1998): The geo-ecology of three Hungarian karsts, Cave and karst science, Vol. 25, No. 3, pp. 113-117.

LEHMANN A. (1975): A nagyharsányi Szársomlyó-hegy és növényzete - Földr. Közl. 20. szám., MTA Dunántúli Tud. Int., Pécs, pp. 2-75.

LEHMANN A. (1979): A Villányi-hegység földrajzi jellemzői - Földr. Közl. 4. szám, MTA Dunántúli Tud. Int., Pécs, pp. 2-68.

LOVÁSZ GY.(1973): Geomorphological Development of the Villány Mountains, Studia Geomorphological Carpato-Balcanica, Krakow pp. 29-39.

LOVÁSZ GY.(1974): Délkelet-Dunántúl felszínfejlődése, (in: LOVÁSZ GY. szerk.: DK-Dunántúl geológiája és felszínfejlődése) Baranya megye monográfia sorozat, Baranya Megyei Levéltár, Pécs pp. 118-136.

LOVÁSZ GY.(1977): Baranya megye természeti földrajza - Baranya Megyei Levéltár, Kiadása, Pécs pp. 92-108.
TENGLER T.(1997): A természeti környezet antropogén változásai Villány térségében. Közlemények a JPTE TTK Természetföldrajz Tanszékéről, 4 szám, Pécs
WEIN GY.(1967): Délkelet-Dunántúl hegységszerkezete, Földt. Közl. pp. 372-395.