

A mérnökgeomorfológia szerepe az előtervezésben és a környezetvédelemben

SCHWEITZER FERENC

Az emberi alkotásoknak minden korban voltak társadalmi következményei, amelyek korábban inkább csak lokális hatásokként jelentek meg. Századunk második felében a felgyorsult műszaki fejlődéssel párhuzamosan egyre több az olyan emberi alkotás, aminek társadalmi hatásai nem csupán helyi, hanem regionális szinten is megnyilvánulnak. Egyidejűleg arra is fel kell figyelniünk, hogy míg korábban a nagy műszaki munkálatoknak (pl. a hazai folyószabályozásoknak) elsősorban ökológiai hatásai voltak, s a társadalom alkalmazkodott a megváltozott természeti viszonyokhoz, addig az újabb létesítményeknek, beavatkozásoknak a társadalomra gyakorolt környezeti hatásai és következményei kezdenek erősödni. Erre jellegzetes példaként az atomerőműveket, a radioaktív-hulladék lerakóhelyeket, a vízi erőműveket lehet említeni. Létesítésükből is táplálkoznak a különböző típusú lokális és regionális, sőt országos és nemzetközi méretű politikai mozgalmak.

Írásos emlékek szerint már Dareios király (i.e. 522–482) törvényileg rendelkezett a folyók tisztasága érdekében. Az i.e. 46. évből ismerjük a települések zajártalom elleni védelmére irányuló első intézkedést is, amikor Julius Caesar kitiltotta Róma belvárosából a csőrömpölő kocsikat. I. Edward király 1273-ban korlátozta a levegő tisztasága érdekében a Londonban használható tüzelőanyagok fajtáit. A 25 millió áldozatot követelő nagy európai pestisjárvány (1347–1351) után minden országban és településen szabályozták a szemét- és hulladékelhelyezést.

A mérnökgeomorfológia és az építési előtervezés kapcsolata

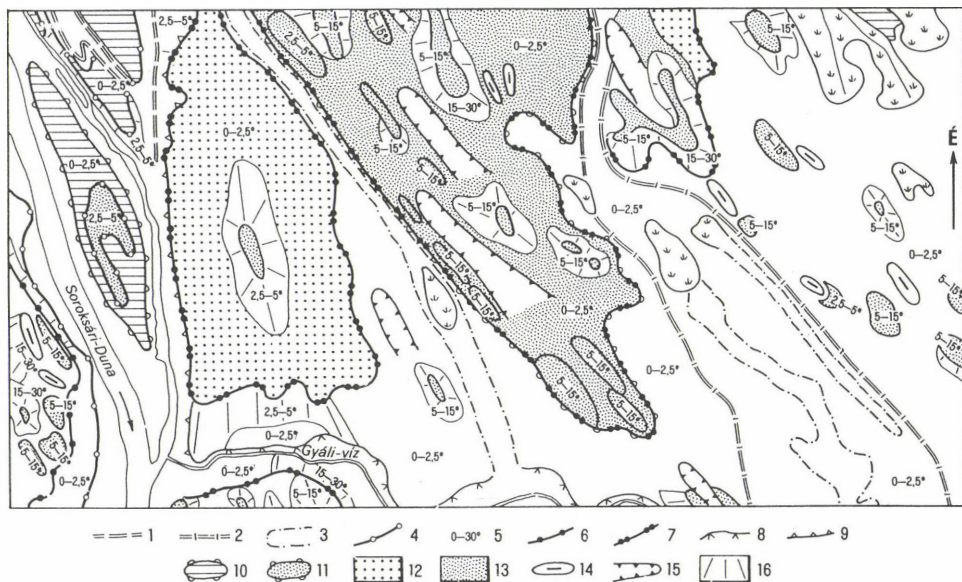
Az emberiség történelme során mindig felismerte (bár legtöbbször későn) az általa okozott környezeti szennyezéseket, ártalmakat, károkat, és egészségének védelme érdekében megkísérelt társadalmi szinten érvényt szerezni a szabályozott környezetvédelemnek.

Az MTA FKI tudományos tevékenysége során az 1960-as évek közepétől vált gyakorlattá az a kutatási irányzat, amely a földrajzi környezet különböző tényezőit (domborzat, vízhálózat, talaj stb.) tematikus térképeken ábrázolta és az értékelő szintézist térképmagyarázatokban adta meg (ÁDÁM L. 1969; MAROSI S. 1969; MAROSI S.–SZILÁRD J. 1963, 1967, 1969, 1971; GÓCZÁN L.–MAROSI S.–SZILÁRD J. 1972, 1974). Ehhez a tevékenységhez kapcsolódik a mérnökgeomorfológiai térképezés is, amelynek fejlődése szorosan összefügg az MTA FKI-ben folyó geomorfológiai kutatásokkal (PÉCSI M. 1963, 1970, 1971, 1979; SZILÁRD J. 1972; ÁDÁM L. 1985; ÁDÁM L.–PÉCSI M. 1985; PÉCSI M.–JUHÁSZ Á.–SCHWEITZER F. 1976; HEVESI A.–JUHÁSZ Á. 1973; JUHÁSZ Á. 1987). A mérnökgeomorfológiai térképezés nem csak új irányzat volt, hanem a kutatási eredmények közlésének és felhasználhatóságának új módszere is. Feladatát PÉCSI M. körvonalazta az 1960-as évek elején. A mérnökgeomorfológiai kutatás és térképezés az előkutatásnak, előtervezésnek olyan speciális ágazata, amely az ipari és egyéb telephelyek, vonalas létesítmények (utak, vasutak) műszaki tervezése szakaszában nélkülözhetetlen és

amelynek hiánya – erre az elmúlt 40 év nagyberuházásai intő példák (Komló, Dunaújváros, Oroszlány, M3-as autópálya Gödöllő–Bag közötti szakaszának útvonalvezetése, Ófalu problematikája, Bős–Nagymarosi Vízlépcső, Paksi Atomerőmű stb.) – lehetetlenné teszi, hogy komplex építési előtervezésről beszéljünk.

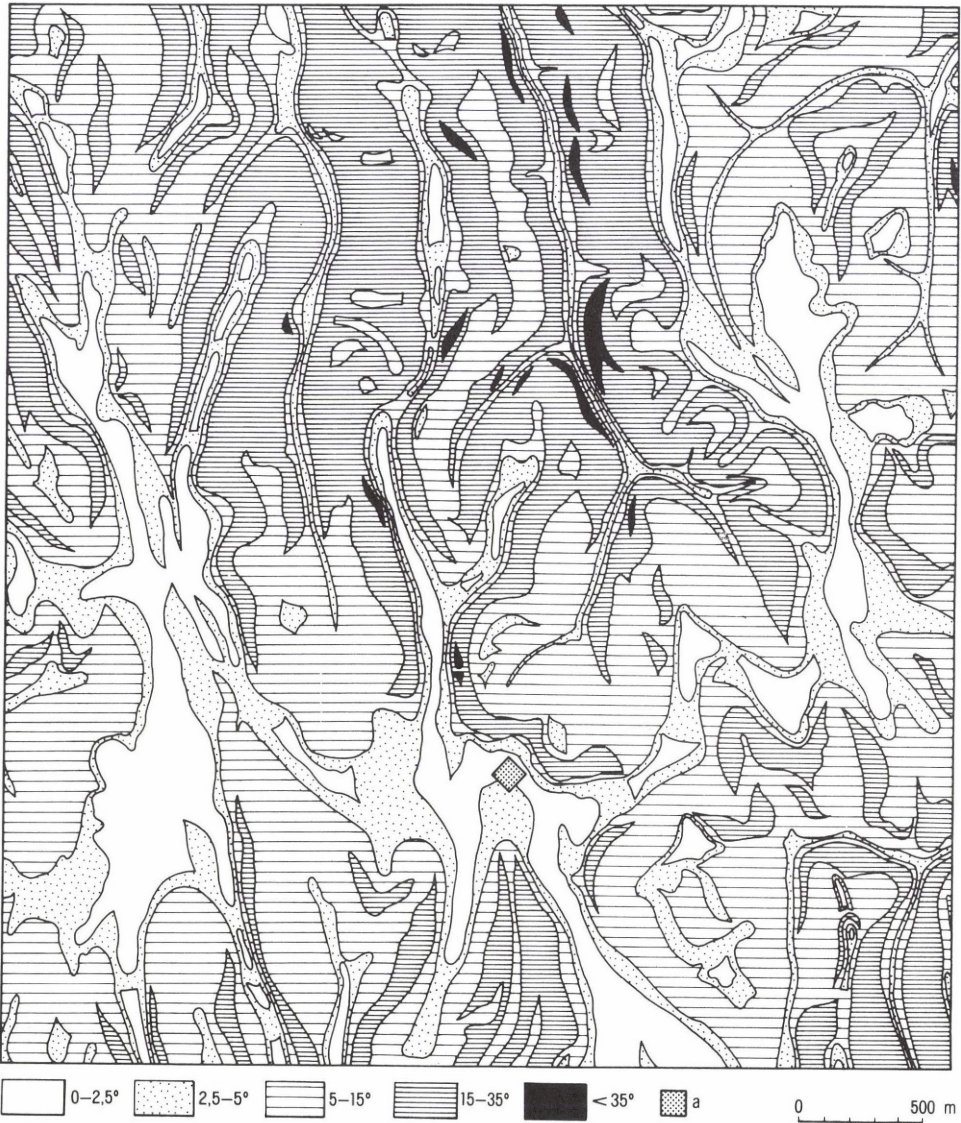
Az ősföldrajzi viszonyokat is értelmező mérnökgeomorfológiai térképek, ill. céltérképek felhasználása a telephely kijelölésében és a területrendezés tervezésében nem csupán az optimális területfelhasználást segíti műszaki és gazdasági szempontból (vagyis nem csak azt, hogy az építményeknek minél biztonságosabb terepet választhassunk ki), hanem segítségével az alkalmatlan beépítési adottságú területeket is kiszűrhetjük.

Egyes speciális térképeken a sajátos cél kerül előtérbe. Pl. összefüggő lakótelepek kialakításának előkészítése során építési célú *alkalmazott geomorfológiai térkép* (1. ábra), a lejtőviszonyokat ábrázoló lejtőkategória (2. ábra), ill. a lejtők állapotát



1. ábra. Budapest mérnökgeomorfológiai térképe. Részlet a Pesti-síkság D-i részéről, Soroksár (Szerk.: SCHWEITZER F. 1976). – 1 = a Duna holocén medermaradványai; 2 = a Duna pleisztocén végi medermaradványai; 3 = részben eltemetett folyómeder; 4 = magas ártéri szint; 5 = lejtőkategória; 6 = II.a. Dunaterasz; 7 = II.b. terasz; 8 = eróziós völgyek pereme; 9 = inaktív magas partok (10–15 m); 10 = teraszsziget; 11 = homokleppel takart teraszsziget; 12 = löszös homokkal borított felszínek; 13 = félig kötött futóhomokos terület; 14 = széllyuk; 15 = szélbarázdák; 16 = stabil lejtők

Engineering geomorphological map of Budapest. Detail about the S-part of Pest Plain, Soroksár (Ed. by F. SCHWEITZER, 1976). – 1 = aggraded former Holocene branches of the Danube; 2 = remnants of Pleistocene river beds; 3 = partly buried Holocene river beds; 4 = high flood plain; 5 = slope categories; 6 = Terrace II a of the Danube; 7 = Terrace II b of the Danube; 8 = valley bottom margin; 9 = inactive steep high banks; 10 = meander spurs, cut-offs; 11 = meander spurs covered with blown-sand; 12 = more compact loessy-sand surfaces; 13 = blown-sand dunes; 14 = blow-holes; 15 = wind-furrows; 16 = stable slopes



2. ábra. Az Ófalu mellé tervezett radioaktív-hulladék temető környezetének lejtőkategória térképe (Szerk.: BALOGH J. 1990)

Slope category map of the environs of the radioactive waste disposal site planned to Ófalu (Ed. by J. BALOGH 1990)



3. ábra. Az Ófalu mellé tervezett hulladék lerakóhely környezetének geomorfológiai térképe (Szerk.: SCHWEITZER F. 1990). – 1 = stabil lejtő; 2 = régi csuszamlásos felszín (csuszamlásveszélyes lejtők); 3 = barázdás eróziós lejtő; 4 = alacsony fennsík (250–300 m a tszf.); 5 = alacsony gerinc (200–250 m a tszf.); 6 = völgyközi hát (230–280 m a tszf.); 7 = lejtőpihenő; 8 = nyereg; 9 = eróziós vízmosások (1–5 m); 10 = eróziós árkok (5–10 m); 11 = deráziós völgy; 12 = eróziós-deráziós völgy; 13 = csuszamlások halmaza; a = tervezett lerakóhely

tükröző *felszínmozgásos* (3. ábra) térkép vált elengedhetetlenné. A különböző tervezések során a felszínen bekövetkezett változások értékelése esetén pl. *antropogén hatásokat* (4. ábra) ábrázoló térképeket készítettünk. Ezek a részletes térképek az állapotfelmérés mellett arra is támpontot adnak, hogy az antropogén hatások és az általuk befolyásolt geomorfológiai folyamatok a domborzatot milyen mértékben és módon változtatják meg.

E témakörhöz kapcsolódott Budapest, Esztergom, Eger, Pécs, Paks és Szekszárd településkörnyezetének településfejlesztési és településrendezési célú térképezése. A domborzat felszínmozgásos szempontú értékelésével és térképezésével különösen a dunai és a balatoni magaspartok térségében kellett foglalkoznunk. Az antropogén hatások vizsgálatával kapcsolatban többek között Dorog, Komló, Ózd, Oroszlány, Ajka, Dudar területén, főként az alábányászott területeken kialakult felszínűnyledések, depressziós felszínformák kialakulásával kapcsolatban végeztünk előkutatásokat. A pincerendszerek – Eger, Szekszárd, Noszvaj, Nagymaros stb. – feltérképezésében való részvétel során a beépítésre alkalmatlan területek egészének térképi ábrázolásával tettünk ajánlásokat az építési gyakorlat számára (SCHWEITZER F.–SZILÁRD J. 1975; HÉVESI A.–JUHÁSZ A. 1973).

Mérnökgeomorfológiai térképezéseink során speciális feladatokat is megoldotunk pl. a budai Várhegy, a budai Rózsadomb, ill. az egi Várdomb és az esztergomi Várhegy esetében (SCHWEITZER F. 1988; SCHEUER GY.–SCHWEITZER F. 1991; 5., 6., 7. ábra). Az előbbieknél a feltételezett barlangjárat-rendszerek felkutatására, ill. valószínűsített helyeire adtunk szempontokat az édesvízi mészkövek, ill. édesvízi mészkőszintek alapján, míg az egi és az esztergomi vár esetében a rekonstrukciós munkálatok céljára készítettünk térképeket.

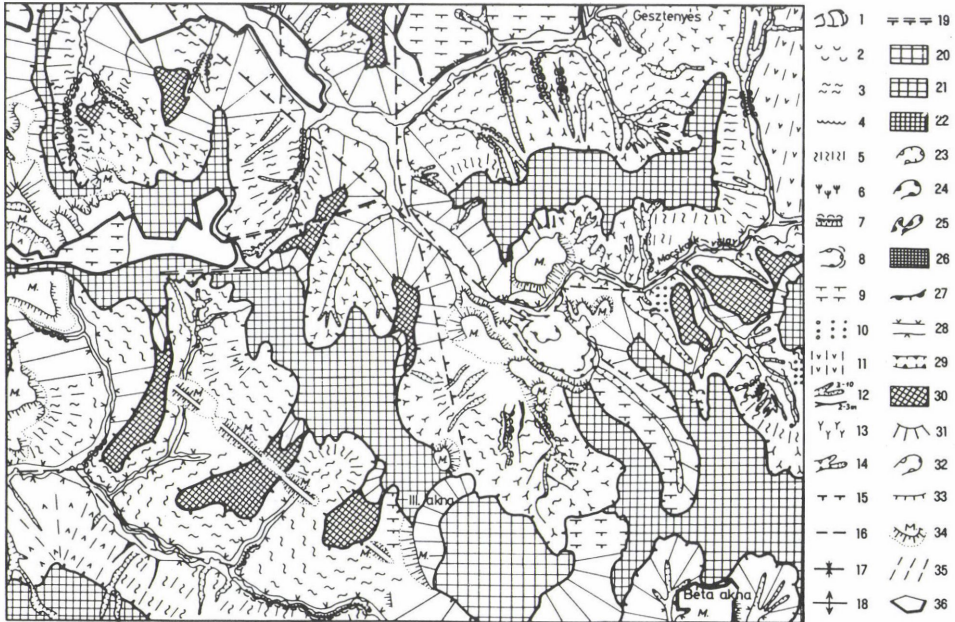
A mérnökgeomorfológiai kutatások eddigi eredményei alapján remélhetjük, hogy a beépítésre váró területek domborzata várható alakulásának feltárásával az adottságoknak az építési tervezés során való gondosabb figyelembevételével hozzájárulhatunk a beruházási és egyéb kiadások csökkentéséhez.

A mérnökgeomorfológia, az energetika és a környezetvédelem kapcsolata

Minden áramtermelő rendszer, amely mai szintű technikát alkalmaz, a felhasznált üzemanyag fajtájától függetlenül (beleértve a nukleárist is) képes arra, hogy az emberi egészség és a környezet érdekeinek megfelelően viszonylag alacsony kockázattal termeljen villamos energiát. Kivétel azonban az ásványi tüzelőanyag égetésénél

Fig. 3

Geomorphological map of the environs of the waste disposal site planned to Ófalu (Ed. by F. SCHWEITZER, 1990). – 1 = stable slope; 2 = surface with old slumps (slopes with landslide hazard); 3 = slope with rill erosion; 4 = low plateau (250–300 m above sea level); 5 = low ridge (200–250 m above sea level); 6 = interfluvial ridge (230–280 m above sea level); 7 = gentle slope segment; 8 = col; 9 = erosion gullies (1–5 m deep); 10 = erosion gorges (5–10 m deep); 11 = derasional valley; 12 = erosional-derasional valley; 13 = landslide heap; a = the projected disposal site



4. ábra. Részlet Komló és környéke felszínmozgásos geomorfológiai térképéből. Készítették: JUHÁSZ Á.–SCHWEITZER F. 1973. – I. *Tömegmozgásos formák*. Fosszilis suvadások és csuszamlások: 1 = stabilizálódott fosszilis csuszamlások és suvadások halmaza; 2 = fosszilis csuszamlásos lejtők általában. Recens csuszamlások és suvadások: 3 = időleges nyugalomban levő lejtők; 4 = aktív, jelenleg is állandó mozgásban levő lejtők; 5 = csuszamlásveszélyes lejtők; 6 = lassú mozgású, kúszó lejtők. Rogyásos-roskadásos formák: 7 = omlásos-csuszamlásos meredek partok; 8 = felszíni alábányászás hatására kialakult omlások; 9 = mélyműveléses bányászat következtében létrejött roskadásos formák. Egyéb felszínmozgásos jelenségek és formák: 10 = törmelékmozgásos lejtők; 11 = barázdás erózióval veszélyeztetett lejtők; 12 = eróziós árkok; 13 = árkos erózióval veszélyeztetett területek; 14 = eróziós szakadékvölgyek. II. *Szerkezeti formaelemek*: 15 = törésvonalak; 16 = feltételezett törésvonalak; 17 = szinklinális tengely; 18 = antiklinális tengely; 19 = feltolódás. III. *Egyéb formátípusok*: 20–22 = egykori hegyláb felszín-maradványok; 23 = erózióval átformált deráziós páholyok; 24 = deráziós páholyok; 25 = deráziós völgyek; 26 = deráziós tanúhegy; 27 = eróziós-deráziós völgyek; 28 = szerkezeti előrejelzett eróziós völgyek; 29 = rövid, nagy esésű eróziós völgyek; 30 = eróziós völgyközi háta; 31 = stabil lejtők. IV. *Antropogén formák*: 32 = kőfejtők, bányagódrők; 33 = terepegyengetéssel kialakított antropogén teraszok; 34 = meddőhányók; 35 = antropogén létesítményekkel fedett felszínek; 36 = település határa

Detail from the surface-movement geomorphological map of Komló and environs. Completed by Á. JUHÁSZ-F. SCHWEITZER F. 1973. – I = *Mass movement forms*: Fossil slumps and landslides: 1 = stabilized fossil landslides and slumps; 2 = fossil landslide slopes in general. Recent landslides and slumps: 3 = slopes temporarily stable; 4 = active mobile sliding slopes; 5 = slopes threatened by sliding; 6 = slowly sliding creeping slopes. Crumbling-collapsing forms: 7 = steep banks characterized by downfalls and landslides; 8 = downfalls caused by surface undermining; 9 = collapsing slopes due to deep mining. Other surface movement phenomena and forms: 10 = slopes with sliding detritus; 11 = slopes threatened by furrow erosion; 12 = gullies; 13 = areas threatened by gully erosion; 14 = big gully. II. *Structural form elements*: 15 = fracture lines; 16 = supposed fracture lines; 17 = synclinal axis; 18 = anticlinal axis; 19 = upthrusting. III. *Other form types*: 20–22 = remnants of former foothill surfaces; 23 = derasional niche remodelled by erosion; 24 = derasional niche; 25 = derasional valleys; 26 = derasional remnant hill; 27 = valleys caused by erosion and derasion; 28 = structurally controlled derasional valleys; 29 = short erosional valleys with high inclination; 30 = erosional inter-valley ridges; 31 = stable slopes. IV. *Antropogénous forms*: 32 = quarries, mine pits; 33 = antropogénous benches formed by levelling the ground; 34 = waste rock piles; 35 = surfaces covered with antropogénous establishments; 36 = border line of settlement

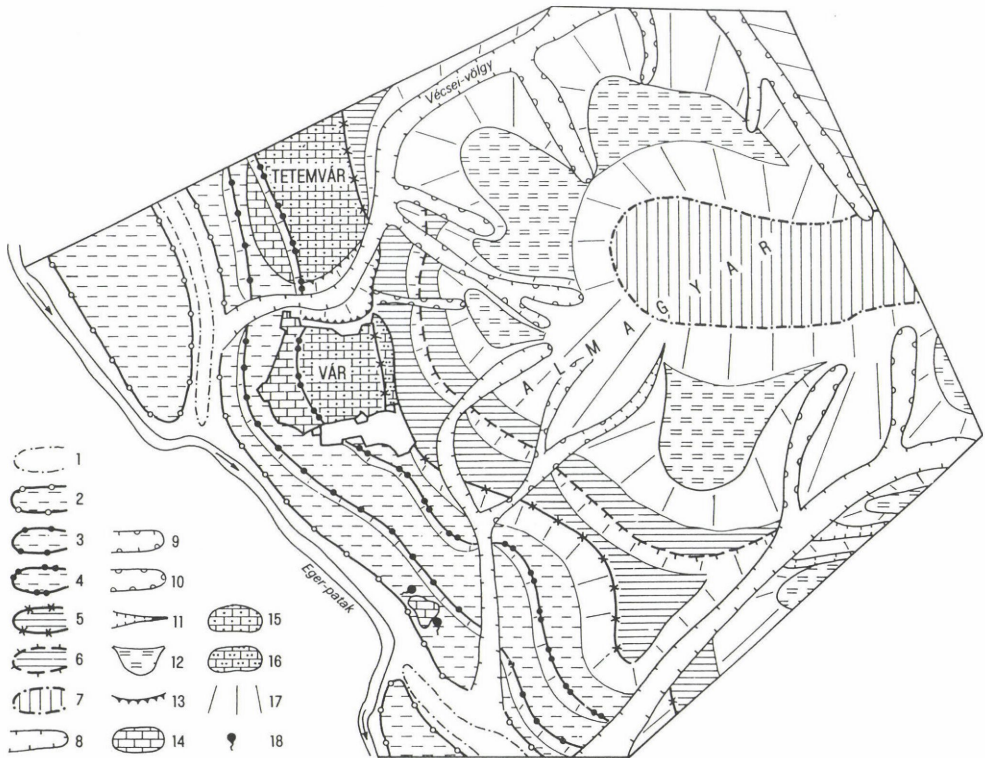


5. ábra. A Rózsadomb mérnökgeomorfológiai térképe (Szerk.: SCHWEITZER F. 1988). – 1 = sasbérc; 2 = nyereg; 3 = alacsonyabb helyzetű (220–260 m a tszf.) heglábfelszín; 4 = völgyközi hát; 5 = lejtőpihenő, teraszszerű szintek; 6 = magasabb helyzetű (270–330 m a tszf.) heglábfelszín, hegláblejtő; 7 = törmelékkúp; 8 = eróziós árok, vízmosás; 9 = az Ördög-árok patak elhagyott medrei; 10 = az Ördög-árok patak teraszai; 11 = mesterséges tereplépcső; 12 = eróziós-deráziós völgy; 13 = eróziós völgy; 14 = deráziós völgy; 15 = édesvízi mészkő-szintek; 16 = fontosabb feltárt barlangok és járatok; 17 = stabil lejtő; 18 = instabil lejtő; 19 = nyugalomban lévő csuszamlásos lejtő; 20 = a Duna II. a. sz. terasza; 21 = a Duna magasártéri szintje; 22 = a Duna elhagyott medrei; 23 = felhagyott bányá

Engineering geomorphological map of the Rózsadomb (Ed. by F. SCHWEITZER, 1988). – 1 = horst; 2 = col; 3 = pediment is lower position (220–260 m above sea level); 4 = interfluvial ridge; 5 = gentle slope segment, terrace-like platforms; 6 = pediment, mountain slope in higher position (270–330 m above sea level); 7 = debris fan; 8 = gully and gorge; 9 = abandoned channels of the Ördög-árok stream; 10 = terraces of the Ördög-árok stream; 11 = man-made scarp; 12 = erosional-derasional valley; 13 = erosional valley; 14 = derasional valley; 15 = travertine horizons; 16 = major explored caves and passages; 17 = stable slope; 18 = unstable slope; 19 = temporarily stable slope with landslide hazard; 20 = Terrace II a of the Danube; 21 = higher floodplain level of the Danube; 22 = abandoned channels of the Danube; 23 = abandoned mine

keletkező CO₂ kibocsátása a légtérbe. Ezt el lehet kerülni, ha urán az energiahordozó. Napjainkban a környezetvédelem legfőbb problémája, hogy hogyan lehet korlátok közé szorítani a CO₂ kibocsátást.

A nemzetközi felmérések azt támasztják alá, hogy a villamosenergia-fogyasztás jelentős visszafogásával a vízerőművek mellett az atomerőművi kapacitás kiépítése



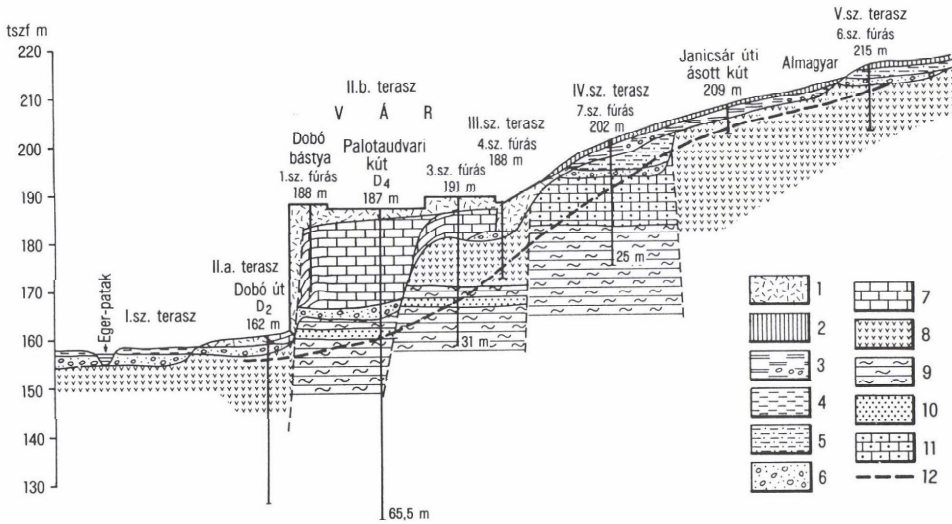
6. ábra. Az egeri Várdomb és környékének mérnökgeomorfológiai térképe (Szerk.: SCHWEITZER F. 1986). – 1 = vízfolyások elhagyott medrei; 2 = I. b. terasz; 3 = II. a. terasz; 4 = II. b. terasz; 5 = III. terasz; 6 = IV. terasz; 7 = V. terasz; 8 = közepes mélységű eróziós völgy; 9 = eróziós-derázsiós völgy; 10 = derázsiós völgy; 11 = eróziós vízmosás; 12 = lejtőpihenő; 13 = magaspárt; 14 = a II. a. teraszt befedő édesvízi mészkő; 15 = a II. b. teraszt befedő édesvízi mészkő; 16 = a III. teraszt befedő édesvízi mészkő; 17 = lejtők; 18 = forrás

Engineering-geomorphological map of the Castle Hill of Eger and of its environs (Ed. by F. SCHWEITZER, 1986). – 1 = abandoned beds of water courses; 2 = Terrace I b; 3 = Terrace II a; 4 = Terrace II b; 5 = Terrace III; 6 = Terrace IV; 7 = Terrace V; 8 = erosion valley of medium depth; 9 = erosion-derasion valley; 10 = derasion valley; 11 = erosion ravine; 12 = slope break; 13 = bluff; 14 = travertine overlying Terrace II a; 15 = travertine overlying Terrace II b; 16 = travertine overlying Terrace III; 17 = slopes; 18 = spring

teszi lehetővé a CO₂-kibocsátások csökkenését. A nemzetközi adatokat itt most mellőzve, a magyarországi villamosenergia-termelésből eredő légszennyezési hatások összehasonlítását szeretném bemutatni (MARÓTHY L. 1991).

1990-ben Magyarországon 8,6 TWh–1 TWh (terawatt/óra) = 1 000 000 000 kWh villamos energiát állítottak elő széntüzelésű erőművekben, amelynek során 410 000 t kéndioxid (SO₂), 41 000 t nitrogén-dioxid (NO_x), 71 000 t por és pernye, 28 000 t szénmonoxid, 15 378 000 t széndioxid (CO₂) és 600 t illékony szerves szennyező anyag került a levegőbe.

A számítások szerint mindehhez 11 415 300 t oxigént használtak fel.



7. ábra. Ny–K-i irányú földtani geomorfológiai szelvény az egri váron keresztül (Szerk.: SCHEUER GY.–SCHWEITZER F. 1986). – 1 = feltöltés; 2 = recens talaj, nyirok; 3 = szoli-flukciós úton áttelepült lejtőüledék, olykor kavicsos; 4 = iszap, agyag; 5 = iszapos homok; 6 = terasz kavics; 7 = édesvízi mészkő; 8 = riodácit tufa; 9 = márga; 10 = homok; 11 = homokkő; 12 = nyugalmi vízszint

Geological-geomorphological profile of W–E direction across the Eger Castle (Eds. by GY. SCHEUER–F. SCHWEITZER 1986). – 1 = filling; 2 = recent soil alluvium; 3 = slope sediment redeposited by solifluction, sometimes with gravels; 4 = silt and clay; 5 = silty sand; 6 = terrace gravel; 7 = travertine; 8 = rhyodacite tuff; 9 = marl; 10 = sand; 11 = sandstone; 12 = water level at rest

Ezzel szemben a Paksi Atomerőmű 1990-ben 13,7 TWh villamos energiát állított elő és működése során 665 000 t kéndioxid (SO₂), 65 000 t nitrogénoxid (NO_x), 113 000 t por és pernye, 45 000 t szénmonoxid, 24 500 000 t széndioxid (CO₂), 1050 t illékony szerves szennyező anyag kibocsátását mellőzte, továbbá 18 185 ezer t oxigént „takarított meg”.

Egy 1000 MW-os korszerű szénérőmű 7000 t szénét fogyaszt naponta (RÓSA G. 1991. U.I.C. /1991/). Évi kibocsátása: 6 500 000 t CO₂, 4500 t NO_x, 900 t SO₂, 400 t nehézfém (As, V, Cd, Pb).

Ezzel szemben egy 1000 MW-os atomerőmű naponta 80 kg uránt használ fel és 30 t nagy aktivitású radioaktív hulladék keletkezik benne évente, amely feldolgozás után csak 6 m³ térfogatú.

– Az atomerőművekben használatos anyagokból évente kb. 300 m³ kis- és közepes aktivitású hulladék (elhasznált védőeszközök, szerelési hulladékok, légszűrők stb.) keletkezik, amelynek elhelyezése sürgető feladat.

Ezeknek az anyagoknak a sugárzása kb. 600 év alatt csökken a megengedett érték alá. Ezután már nem hat a szervezetre. A feladat tehát nagyon jelentős. A veszélyes – és köztük radioaktív – hulladékok úgy kell elhelyezni, hogy több évtizedre, évszázadra kizárt legyen a külszíni környezetbe kerülés. Az anyagokat tehát úgy kell tárolni, hogy védve legyenek a felszíni és a talajvizektől, vagy nagy mélységben való elhelyezése esetén a karsztvizektől, mivel a radioaktív hulladékok a víz feloldhatja és nagy távolságra el is szállíthatja.

Az utóbbi időben sokat hallottunk, olvastunk Paks és Ófalu kapcsolatáról, az atomerőműben keletkezett és ott feldolgozott kis- és közepes aktivitású radioaktív hulladékok elhelyezési gondjairól. A beruházók és a lakosság között kialakult széles körű vitában a döntéshozók a létesítmény ellenzőinek adtak igazat. A vélemények és ellenvélemények alátámasztására számos tudományos munka született, amelyek jól példázák – még a megvalósítás híján is –, hogy egy-egy nagyberuházást megelőző döntéshozatalhoz milyen sokoldalú megkutatottság, ismeretanyag lenne szükséges.

Az MTA Földrajztudományi Kutató Intézet munkatársai – sajnos, kicsit későn – 1988-ban kapcsolódtak be a radioaktivitás szempontjából veszélyes hulladéklerakóhely területének mérmőkéomorfológiai vizsgálatába, egyidejűleg a gazdaság- és társadalomföldrajzi környezet komplex értékelésébe.

Ez utóbbira annál is inkább szükség van, mert egy veszélyes hulladéklerakóhely területének felelősségteljes kijelöléséhez ma már nem lehet figyelmen kívül hagyni olyan – eddig többnyire elhanyagoltnak ítélt – tényezőt, mint pl. a *gazdaság- és társadalomföldrajzi környezet*. Ennek alapvonásai (a településhálózat sajátosságai, a lakónépesség szerkezete, a gazdasági tevékenység jellege, az infrastruktúra fejlettségi szintje és állapota stb.) ugyanis – bár általában közvetett módon – hosszú távon erősen hatnak a tárolóhely üzemeltetési körülményeire, az ott dolgozók életviszonyaira és a településkörnyezet használati módjára (BALOGH J.–SCHWEITZER F.–TINER T. 1990; SCHWEITZER F. 1988).

A hulladéklerakó számára kijelölt területen viszonylag részletes, ám nem átfogó vizsgálatok folytak, amelyek eredménye a terület feladása volt. A hulladék elhelyezés egyre égetőbb problémája viszont a mai napig él. Megoldásán – az MTA FKI-val együtt – több szakirányú intézet és kutatócsoport jelenleg is dolgozik.

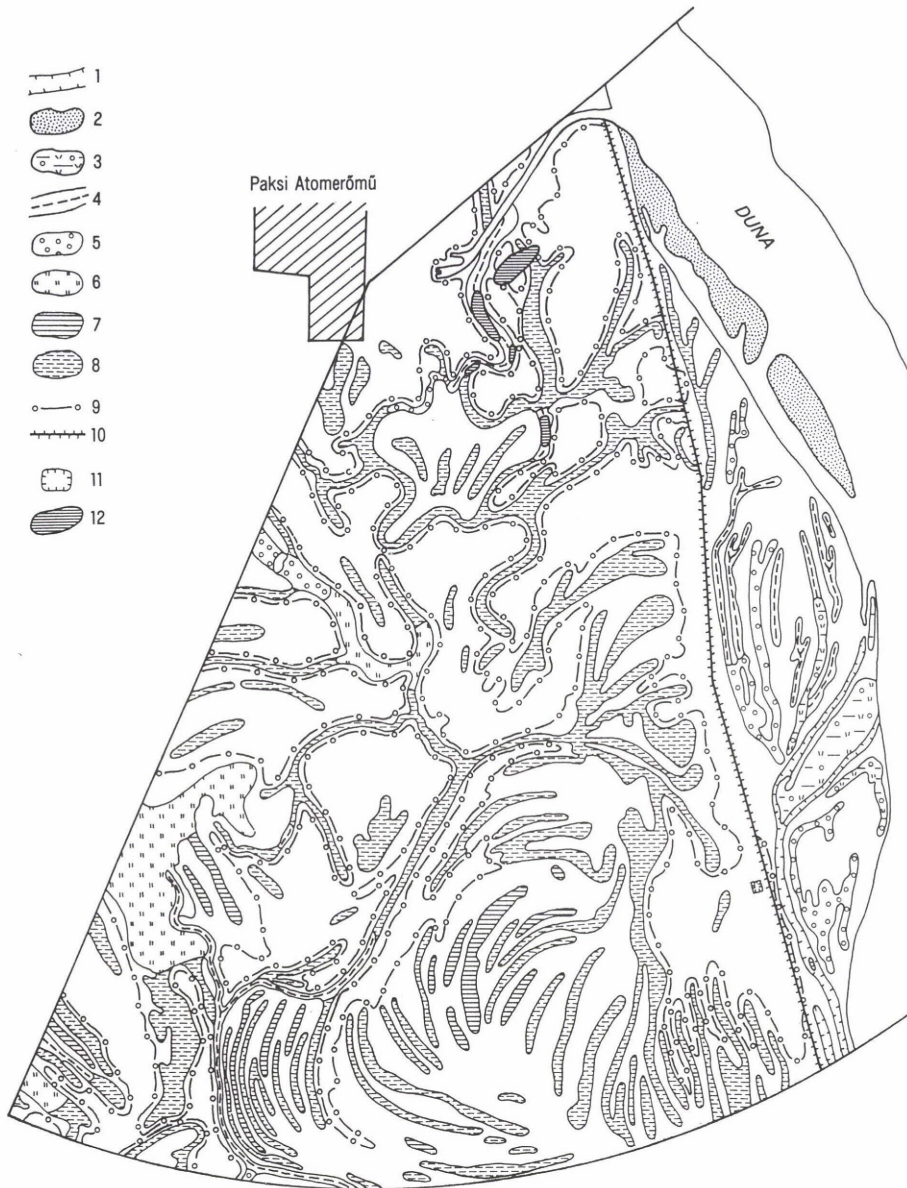
A Paksi Atomerőmű reaktorainak aktív zónájában az energiatermelő folyamatok során igen jelentős mennyiségű radioaktív (sugárzó) izotóp keletkezik. Ennek egy része a primerköri hőhordozóban található. A hőhordozó közeg víztisztítási és gázatlanítási folyamatai következtében folyékony, ill. gáz halmazállapotú radioaktív közegek maradnak vissza, amelyek – rendkívül szigorú sugárvédelmi ellenőrzés mellett – kis részben kibocsátásra kerülnek.

Az atomerőmű normál¹ üzemelése során a légtérbe a szellőző kéményeken keresztül jut ki a radioaktív anyag. Ennek döntő hányadát a radioaktív nemesgázok képviselik. A nemesgázokhoz képest jóval kisebb mennyiségben kerül ki a trícium és radioaktív szén (C¹⁴), míg a radioaerosolok és jódok kibocsátása az előbbieknél is sokkal kevesebb (GERMÁN E. 1989).

Ehhez a problémakörhöz kapcsolódik kutatásaink új próbálkozása, a *domborzati viszonyok térképezése*, a radionuklidok eloszlásának és várható mozgásának értékelése a Paksi Atomerőmű környékén. Az erőmű tágabb körzetében olyan felszínalaktani jellemzőket foglaltunk össze, ill. térképeztünk, amelyek az előzetes elképzelések szerint hatással lehetnek a légköri szennyező anyagok – főként a radioezüst, a radiocézium, a kobalt stb. koncentráció – leülepedésének térbeli eloszlására. Az eddig végzett vizsgálatok elsősorban az erőmű normál üzemű légköri kibocsátásából eredő radioezüst környezeti viselkedésére és a lakossági sugárterhelés járulékmeghatározására irányultak. A közelmúltban megkezdett kutatásokat az Országos Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Kutató Intézet együttesen végezte a környezetgeomorfológiai és geoökológiai jellemzők alapján.

A vizsgálatok a lehetséges radioaktív szennyezettsgű helyek kijelölésére, a kimosódási, a tranzit és a felhalmozódási helyek térképezésére és mérésére irányultak. Ezeknek a *geomorfológiai felszíneknek* a térképi ábrázolását azért tartjuk fontosnak, mert egy esetleges üzemzavar vagy baleseti erőművi kibocsátást követően az *összeomrodási, felhalmozódási helyeken radioaktív szennyeződési dúsulások alakulhatnak*

¹ Normál üzemelésnek azt tekintik, amikor a kéményen át történő radionuklid kibocsátás nem haladja meg az engedélyezett normál üzemi határértéket.



8. ábra. A Paksi Atomerőmű Vállalat területének geomorfológiai fáciestérképe (Szerk.: BALOGH J.–JUHÁSZ Á.–SCHWEITZER F. 1991).– 1 = hullámtéri élő mellékágak; 2 = zátónyszigetek; 3 = időszakos vízborítású hullámtéri medrek náddal, sással, erdővel fedve; 4 = meanderek időszakos vízhatás alatt; 5 = lefűzött medermaradványok ligeterdőkkel; 6 = meandermaradványok rétekekkel; 7 = alacsony ártéri egykori zátónyszigetek; 8 = meander mezőgazdasági művelés alatt; 9 = magas ártér; 10 = település; 11 = bányagödör; 12 = mesterséges tó

ki (8. ábra). Ezért ezeknek a felszínrészleteknek az alapszintű felmérése, ill. a mérések időszakonkénti ismétlése, geomorfológiai szempontú értelmezése *nem csak a nagyobb kibocsátások, hanem az esetleges hosszabb időszak alatti összemosódások vizsgálata szempontjából is fontos lehet.*

Az alkalmazott módszerekkel a csernobili balesetből eredő radiocéziumokat és a paksi erőműből származó radioezüstöt sikerült kimutatni (GERMÁN E. 1989; KANYÁR B.–SCHWEITZER F. 1991). Közös kutatásaink alapján megállapíthatjuk:

1. A feltételezett üzemzavari kibocsátás esetén – eltérő geomorfológiai alkatuknál fogva – más kezelést igényelnek a hullámterek és medrek, az alacsony, ill. a magas árterek.

2. Az esetleges felhalmozódás potenciális térszínei a lefolyástalan medermaradványok, meanderek, amelyeknek semmiféle kapcsolatuk sincs szomszédságukkal. A lefolyástalan meanderekben a felhalmozódást elősegíti az állandó vagy időszakos vízborítás. Ez a morfofációs típus „csapdaként” viselkedik.

3. A lokális izotópcsapdák felmérésének kezdetén még kevés az adatok száma és a 20–70%-os mintavételezési és mérési hibák miatt az eltérések elemzése is korai lenne. Mindenesetre az érzékeny eljárásokkal sikerült radioezüstöt kimutatni geomorfológiai módszerekkel kijelölt területeken a talaj felső néhány cm-es rétegében, 0,1 Bq/kg koncentrációban. Ez egy közel 1 Bq/m² felületi szennyezettségnek felel meg (GERMÁN E. 1989; KANYÁR B. et al. 1990).

4. Emellett vizsgáltuk a mohás fakérget, a háborítatlan helyekről származó füves és sás növényzetet és ezekben is mértünk 0,4–0,5 Bq/kg (száraz súlyban) radioezüst koncentrációt (KANYÁR B.–SCHWEITZER F. 1991; 1. táblázat).

5. Hangsúlyozni szeretnénk, hogy a szennyeződések sugáregészségügyi szempontból elhanyagolhatók, a belőlük eredő lakossági sugárterhelés járulék legfeljebb tízezredrése a 20–30%-kal ingadozó természetes háttérnek. A Paksi Atomerőmű körzetében végzett üzem- és hatósági ellenőrzések eredményei azt bizonyítják, hogy a kibocsátott radioaktív anyagok messze alatta maradnak a tervezett kibocsátás értékeinek. A normális üzemvitel mellett kibocsátott légnemű és folyékony radioaktív anyagok mennyisége és aktivitása olyan csekély, hogy kimutatásuk a környezetben kifejezetten nehéz (SZTANYIK B.L.–FEHÉR I.–RÓSA G. /szerk./ 1987; GERMÁN E. 1989). Viszont az atomerőműből eredő környezeti radioezüsttel kapcsolatban szerzett tapasztalat jól használható egy esetleges üzemzavari kibocsátás hatásának felméréséhez szükséges mintavételi program megvalósítása során.

←
Fig. 8.

Geomorphological facies map of the environs of the Paks Nuclear Power Plant Company (Eds. by J. BALOGH, Á. JUHÁSZ and F. SCHWEITZER 1991). – 1 = active river branches in the flood plains; 2 = backswamps; 3 = intermittently inundated flood plain channels under reeds, sedges and forest; 4 = meanders affected by water intermittently; 5 = meander remnants with gallery forests; 6 = meander remnants with meadows; 7 = former backswamps in lower flood area; 8 = meander under cultivation; 9 = higher flood plain; 10 = levee; 11 = quarry pit; 12 = artificial lake

1. táblázat. Növényi minták (fakéreg, fű, sás) jellemzői² és az aktivitásmérések eredményei

Minta	Tömeg/geom. g	Mintavétel		Kitermelés	Ag-110 m konc. (Bq/kg)		Cs-137 (Bq/kg)
		helye	ideje		r-spekt.	β-mérés	
Fakéreg, mohás	405/VKP70 405/ALU30	I/8-4,9	03.27.	0,60	<0,20 0,12±40%	0,32±20%	115
Fakéreg	715/VKP100 715/ALU30	I/8-4,9	03.27.		<0,30 0,70		
Fakéreg, mohás	460/VKP50 460/ALU30	II/7-4,1	03.27.	0,69	<0,40 0,22±30%	0,31±17%	125
Fakéreg, mohás	610/SKP150 610/ALU30	II/7-4,1	05.28.		<0,30 0,17±38%		
Fakéreg	865/VKP100 865/ALU30	II/7-4,1	05.28.	0,90	<0,40 <0,10	0,12±23%	54
Fakéreg	860/SKP100 860/ALU30	III/7-2,7	03.27.		<0,10 0,07±39%		
Fakéreg	460/VKP70 460/ALU30	V/3-3,2	03.27.	0,86	<0,20 0,10±50%	<0,11	11
Fakéreg	1400/VKP100 1400/ALU30	VI/13-0,7	05.28.		<0,40 0,69		
Fű	230/SKP100 230/ALU30	I/8-4,9	03.26.	0,83	<0,60 0,16±57%	0,45±23%	<5
Sás	170/VKP100 170/ALU30	IV/7-1,4	03.27.		<0,30 0,23±52%		

²Előkészítés: hamu leválasztás után

IRODALOM

- ÁDÁM L. 1969. A Tolnai-dombság kialakulása és felszínalaktana. – Földrajzi Tanulmányok, 10. Akad. K. Bp. 186 p.
- ÁDÁM L. 1985. A mérnökgeomorfológiai térkép jelkulcsának magyarázója. – Elmélet–Módszer–Gyakorlat, 33. MTA FKI, Bp. pp. 7–15.
- ÁDÁM L.–PÉCSI M. (szerk.) 1985. Mérnökgeomorfológiai térképezés. – Elmélet–Módszer–Gyakorlat, 33. Bp. 185 p.
- BALOGH J.–SCHWEITZER F.–TINERT. 1990. Az Ófalu mellé tervezett radioaktív hulladéktemető földrajzi környezete. – Földr. Ért. 39. pp. 103–131.
- GERMÁN E. 1989. A Paksi Atomerőmű környezetének sugárvédelmi ellenőrzése. – Paksi Atomerőmű Vállalat kiadv., Paks, pp. 178–179.
- GÓCZÁN L.–MAROSI S.–SZILÁRD J. 1972. A mezőgazdaság természeti erőforrásainak agroökológiai elemzése kelet-kisalföldi típusú területek példáján. – Földr. Ért. 21. pp. 13–42.
- GÓCZÁN L.–MAROSI S.–SZILÁRD J. 1974. Ökologische Kartierung von agrogenen Gebieten. – Földr. Ért. 23. pp. 207–218.
- HEVESI A.–JUHÁSZ Á. 1973. Eger és környékének mérnökgeomorfológiai térképezése. 3 db 1:10 000 méretarányú térkép. MTA FKI, Bp.
- KANYÁR B. et al. 1990. Az atomerőmű normálüzemi légköri kibocsátásából származó radioezüst megjelenése a szárazföldi környezetben és az ebből eredő sugárterhelés. – OKKFT. G 11/1. 41. 03. sz. témajelentés. PK-1. 32. OSSKI

- KANYÁR B.–SCHWEITZER F. 1991. A radioizotópok földfelszíni mozgását meghatározó folyamatok, izotópdúsulási lehetőségek a PAV környékén. – Kézirat, készült a PAV megbízása alapján az MTA FKI-ban és az OSSK-ban. Budapest, 45 p.
- MAROSI S. 1969. A természetföldrajz időszerű kérdései Magyarországon. – Földr. Közl. 17. (93.) pp. 359–362.
- MAROSI S.–SZILÁRD J. 1963. A természeti földrajzi tájértékelés elvi-módszertani kérdéseiről. – Földr. Ért. 12. pp. 393–417.
- MAROSI S.–SZILÁRD J. 1967. Új irányzatok az MTA Földrajztudományi Kutató Intézet természeti földrajzi kutatásaiban. – Földr. Közl. 15. (91.) pp. 1–24.
- MAROSI S.–SZILÁRD J. 1969. A lejtőfejlődés néhány kérdése a talajképződés a talajképződés és a talajpusztulás tükrében. – Földr. Ért. 18. pp. 53–67.
- MAROSI S.–SZILÁRD J. 1971. A Külső-Somogyi-dombság északnyugati részéről szerkesztett 1:100 000 méretarányú geomorfológiai térkép és magyarázója. – Földr. Ért. 20. pp. 105–120.
- MARÓTHY L. 1991. Szén vagy atom? – Összeállítás a VEIKI 56.91–035–212 Kutatói Jel. adatai alapján, Paksi Atomerőmű Vállalat
- U.I.C. Newsletter 7., 8. 1991. Ausztrália
- PÉCSI M. 1970. A mérnöki geomorfológia problematikája. – Földr. Ért. 19. pp. 369–380.
- PÉCSI M. 1971. Geomorfológia mérnökök számára. – Tankönyvkiadó, Bp. 241 p.
- PÉCSI M. 1979. A földrajzi környezet új szemléletű értelmezése és értékelése. – Geonómia és Bányászat. 7. pp. 193–198.
- PÉCSI M.–JUHÁSZ Á.–SCHWEITZER F. 1976. Magyarországi felszínmozgásos területek térképezése. – Földr. Ért. 25. pp. 223–235.
- PÉCSI, M.–SCHEUER, GY.–SCHWEITZER, F. 1979. Engineering geological and geomorphological investigation of landslides in the loess bluffs along the Danube in the Great Hungarian Plan. – Acta Geol. Hung. 22. pp. 327–333.
- RÓSA G. 1991. Atomenergiával a tisztább környezetért. – Paksi Atomerőmű Vállalat Tájékoztatói iroda. Kiadv.
- SCHEUER GY.–SCHWEITZER F. 1991. Az esztergomi hévforrások paleokarszt-hidrologiai viszonyainak vizsgálata. – Hidrológiai Tájékoztató, 4. pp. 46–49.
- SCHWEITZER F. 1988. A budai Rózsadomb geomorfológiai fejlődéstörténete. – Földr. Ért. 37. pp. 77–86.
- SCHWEITZER F.–JUHÁSZ Á.–BALOGH J. 1990. A Paksi Atomerőmű tágabb környezetének tájtipológiai és környezetgeomorfológiai vizsgálata. – Témavezető SCHWEITZER F. Készült az MTA FKI-ban a PAV megbízása alapján, Kézirat. 53 p.
- SCHWEITZER F.–SZILÁRD J. 1975. Pécs város geomorfológiai térképezése. – Témavezető: SZILÁRD J., MTA FKI, Bp. Megbízó: FTV. 13 p.
- SZILÁRD J. 1972. A mérnökgeomorfológiai térképezés az építési előtervezés szolgálatában. – Földr. Közl. 20. (96.) pp. 228–333.
- SZTANYIK B.L.–FEHÉR I.–RÓSA G. (szerk.) 1987. A Paksi Atomerőmű hatása a környezeti sugárzási helyzetre (1983–1985). – Prodinform, Bp. 113 p.

ENGINEERING GEOMORPHOLOGICAL SURVEY FOR PHYSICAL PLANNING
AND ENVIRONMENTAL PROTECTION

by *F. Schweitzer*

S u m m a r y

A common methodological approach to investigations performed by the Geographical Research Institute Hungarian Academy of Sciences has been thematic mapping of the components of the geographical environment (relief, hydrography etc.) accompanied by explanatory notes presenting general syntheses. This way environmental geomorphological maps and maps on settlements' environmental features were compiled primarily, serving for the purposes of environmental geology, settlement development and of decision making. Topographical suitability with regard to forest management and agriculture was investigated (Balaton Upland, Bakony and Szigetköz) and this topic also included engineering geological survey at Budapest, Pécs, Eger and Paks. Mass movement hazard was mapped in towns Komló, Dörög and on the high bluffs along the Danube and Lake Balaton. Extended cellar systems were surveyed (Eger, Novaj, Noszvaj, Nagymaros, Szekszárd) and areas unsuitable for construction singled out.

A complex investigation into the physical and social geographical environment has been considered indispensable for decision making as to large projects, among others in site selection for hazardous and communal waste disposal (Ófalu). A recent trend of research is the mapping of landforms to predict distribution and migration of radionuclides in the immediate vicinity of the Paks Nuclear Power Plant. In the wider environment of the nuclear power station geomorphological features are mapped those presumably affecting deposition from the atmosphere and concentration in the soil of pollutants of radioactive origin, mainly Ag, Cs, Co. Thematic map series can be instrumental in the identification of landform units with different extent of liability to contamination.

Translated by L. BASSA

Baker, V.R.–Kocheb, R.C.–Patton, P.C. (eds.): Flood Geomorphology. (Az árvizek geomorfológiája). – John Wiley and Sons, New York – Chichester, 1988. 503 p.

A 80-as évek végén az angolszász országokban rendkívüli mértékben megsaporodtak a folyóvizek geomorfológiájával foglalkozó tanulmánykötetek. Az amerikai geomorfológusok nem találták elegendőnek a földrajzi folyóiratok nyújtotta publikációs lehetőségeket sem, ezért a neves folyóvízi geomorfológus, M. MORISAWA 'Geomorphology' címmel új folyóiratot alapított. A folyami rendszerek tanulmányozásával éppoly szívesen foglalkoznak a rendszerelméleti megközelítést alkalmazó elméleti szakemberek, mint a gyakorlati problémák megoldásán fáradozó kutatók, akik között az angolszász országokban hagyományosan sok a mérnök.

„Az árvizek geomorfológiája” jórészt egyetemi tananyagként is felhasználható tanulmányok gyűjteménye. Szerkesztőinek egyik fő célja az volt, hogy rámutassanak a hidrológusok által kedvelt, leegyszerűsítő matematikai modellezés elégtelenségére a vízügyi problémák megoldásában. A természeti környezet tényezőinek legszélesebb körét figyelembe vevő földrajzi szemlélet szükségessége mellett törek lándzsát. (A hazai szakmai közönség is szembekerült ezzel a problémakörrel a bős–nagymarosi vízlépcső vitájával kapcsolatban.)

Az egyik „babona” tehát – amely ellen ez a kötet felveszi a harcot – az az elképzelés, hogy matematikai képletekkel minden természeti jelenség leírható, megmagyarázható. A másik pedig, amelyre V. BAKER a bevezető tanulmányban felhívja a figyelmet, az a hagyományos felfogás, hogy a természeti rendszerek fejlődésében az állandó vagy gyakran tapasztalható hatótényezőknek sokkal fontosabb szerepük van, mint a ritkán előforduló, de rendkívüli méretű eseményeknek. Számtalan konkrét vizsgálat szolgált bizonyítékot arra, hogy a folyók életében az árvízkatasztrófák meghatározó jelentőségűek lehetnek. Az ökológiából átvett szemlélettel ezeket „rendes” hatásoknak kell tekinteni, nem szabad csupán szokatlan statisztikai „eltéréseként” kezelni, állítja a vezető szerkesztő.