

LUBOMÍR DVOŘÁK

## VYUŽITÍ GIS ARC/INFO PŘI GEOMORFOLOGICKÉM VÝZKUMU SE ZAMĚŘENÍM NA MORFOSTRUKTURNÍ ANALÝZU ZVOLENÉ OBLASTI

L. Dvořák: *Application of the ARC/INFO GIS for Geomorphological Research with Special Attention to Morphostructural Analysis*. – Sborník ČGS, 100, 1, pp. 3 – 9 (1995). – Many different Geographical Information Systems (GIS) exist nowadays; geographers, however, have sometimes problems with GIS applications in their respective field. The use of GIS in geomorphological research is presented. Special attention is given to the connection between the ARC/INFO GIS and morphostructural analysis which belongs among modern methods of geomorphological research. The study area is located in the northern part of Zábřežská Highland, Bohemian Highlands, Czech Republic.

KEY WORDS: morphostructural analysis – ARC/INFO GIS – passive and active morphostructure.

### 1. Úvod

Existuje celá řada GIS používaných při geografickém výzkumu. Dílčí geografické disciplíny mají někdy problémy s využitím GIS ve svém oboru, protože se jedná o relativně velmi mladé odvětví geografie. Pokus o využití GIS při geomorfologickém výzkumu je motivován snahou přispět k rozšíření aplikací GIS v geomorfologii. Jako moderní metoda geomorfologického výzkumu byla vybrána morfostrukturní analýza. ARC/INFO bylo použito jako jeden z nejpokročilejších vektorových GIS. Severní část Zábřežské vrchoviny byla vybrána záměrně jako oblast aplikace, protože se jedná o území geomorfologicky neprobádané. Dokonce i geologové mají problémy se stanovením geologické struktury a neotektoniky této oblasti.

### 2. Morfostrukturní analýza

Již W.M. Davis zdůraznil, že georeliéf je funkcí struktury, procesu a času. Struktura hraje velkou úlohu ve vývoji georeliéfu. Řešením vztahu mezi strukturou a povrchovými tvary se zabývá strukturní geomorfologie (J. Demek, 1987).

Strukturní geomorfologie využívá jako hlavní metody morfostrukturní analýzy. Morfostrukturní analýza je soubor metodických postupů, jejichž cílem je objasnění přímých nebo nepřímých vazeb mezi částmi reliéfu současného povrchu Země a stavbou zemského nitra. Mezi vývojem reliéfu a strukturami zemské kůry totiž existuje těsné sepětí. Vycházíme-li z tohoto sepětí, můžeme pomocí morfostrukturní analýzy na základě geomorfologických příznaků zjistit řadu důležitých prvků geologické struktury na zkoumaném území (I. P. Gerasimov, 1970, str.5 in J. Demek, 1987, str.85).

Termín morfostruktura zavedl do literatury I.P. Gerasimov (1946) in J. Demek (1987). Pod pojmem morfostruktura rozumíme strukturně geologický základ reliéfu, který zahrnuje jak horniny, tak i vlivy starší tektoniky (rozpukání, vrásnění apod.) a na kterém pod vlivem neotektoniky a exogenních procesů vzniká georeliéf. Rozlišujeme pasivní morfostruktury, do nichž zahrnujeme horniny a vlivy starší tektoniky, a aktivní morfostruk-

tury, při nichž vycházíme z toho, že zemský povrch se neustále deformuje prostřednictvím pomalých a rychlých vlnovitých spojitých deformací různého tvaru a rozměrů, prostřednictvím zdvihů a poklesů jednotlivých částí zemské kůry omezených zlomy, vznikem a vývojem tektonických poruch různých rozměrů a rovněž horizontálními pohyby jednotlivých částí zemské kůry. Geomorfologicky se všechny tyto deformace projevují především postupným růstem strukturálních zdvihových (vysočinných) a poklesových (nížinných) oblastí. Vysočinné oblasti podléhají současně odnosu a nížinné oblasti zaplňování (akumulaci). Morfostrukturní analýza má nejen vědecký, ale i bezprostřední praktický význam při studiu rozmístění nalezišť nerostných surovin, katastrofických jevů (např. zemětřesení apod.), stavbě jaderných elektráren apod. (J. Demek, 1987).

## 2.1. Pasivní morfostruktura studované oblasti

### Proterozoikum

Morfostrukturně se převážná část studovaného území nachází na severní kře tzv. zábřežské série. Tímto názvem označil K. Urban (1934) soubor málo metamorfovaných hornin sedimentárního původu, prokládaných zejména v severní a severovýchodní části ložními žilami metabasitů – tonalitů neznámého stáří. Jak uvádí V. Zrůstek (1962), jsou pro zábřežskou sérii (Tietzeho „drobové ruly“) charakteristické přechody mezi jednotlivými petrograficky málo vyhraněnými typy a jejich časté střídání. Stanovení hranic mezi jednotlivými horninami je poněkud subjektivní a kartograficky těžko zachytitelné, a proto se dosavadní geologické mapy na území listu vzájemně dost liší (M. Opletal, v tisku).

Autor při studiu dané problematiky vycházel z Registrační geologické mapy 1:50 000 list 14-41 Šumperk (M. Opletal, v tisku), kterou získal v archivu ÚÚG v Praze:

V jižní části listu se převážně vyskytují biotické ruly migmatické proterozoického stáří, na jihovýchodě s vložkami kvarcitů. Severní část tvoří převážně intruze tonalitu neznámého stáří. Ty kontaktně metamorfofují okolní polohy krystalických břidlic. Vyskytují se zde i žilné intruze křemene, např. žilný křemen na levém i pravém údolním svahu Cotkytelského potoka. Tato oblast byla silně postižena starou tektonikou. Podle K. Urbana (1934) nejsou vyloučeny složité alpinotypní pochody. Směry jednotlivých vrstev jsou VJV-ZSZ až JV-SZ. Osy vrás jsou méně ukloněné (10 až 15°), a proto dochází k ponořování a vynořování pruhů hornin. Z geologických útvarů se v této části vyskytuje pouze algonkium a kvartér, kromě tonalitu neznámého stáří, pravděpodobně z doby asyntské nebo mladokaledonské orogeneze. Tyto magmatické horniny se vyskytují ve třech polohách:

1. Nejmenší žíla (granodiorit) leží mezi Drozdovem a Jedlím a směřuje na severozápad k Crhovu. Na pravém břehu Březné se noří do hloubky, protože je přerušena příčným zlomem.

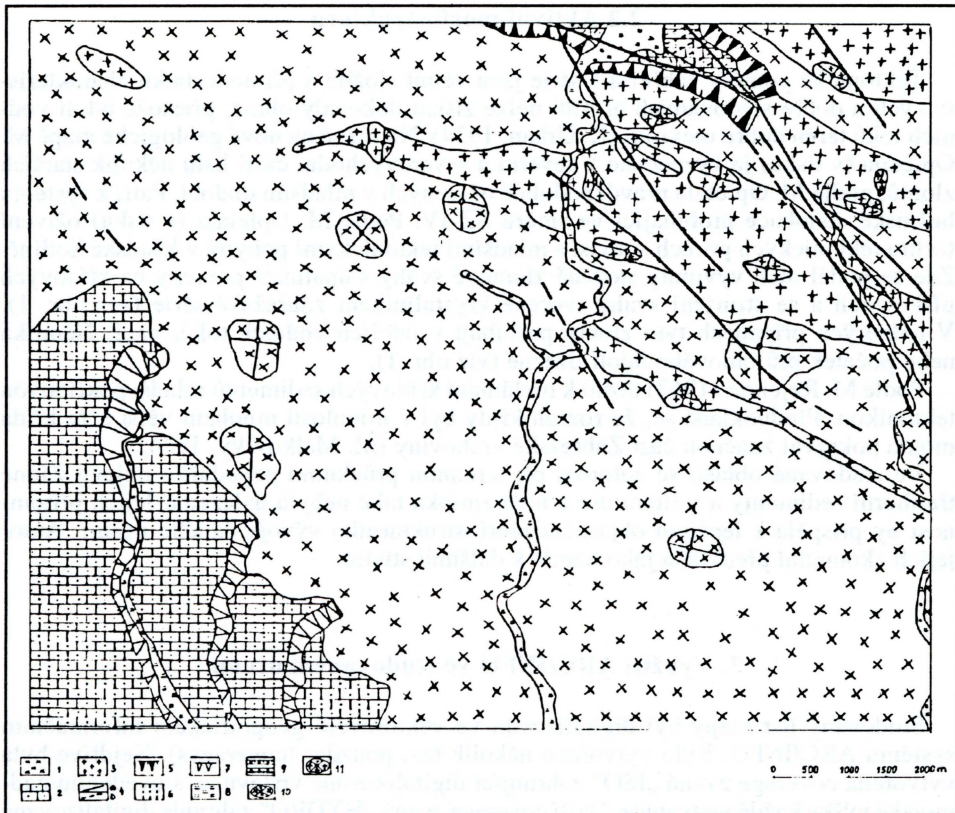
2. Nejmocnější těleso se vyskytuje severně od Jedlí a je protaženo ve směru V-Z. Bylo postiženo saxonskou tektonikou směru SZ-JV.

3. Na severovýchodě listu mezi Horními Studénkami a Zborovem ve směru VJV-ZSZ.

### Křída

Vyskytuje se na studovaném území ve dvou oblastech, a to:

1. V jihozápadní části listu svažující se do Podorlické pahorkatiny. Proterozoické horniny se v této oblasti noří pod křídovou výplň Boskovické brázdy, resp. Lanškrounské kotliny. Křídové usazeniny jsou tvořeny vrstvami pískovců svrchního, středního



Obr. 1 – Morfostrukturní mapa (autor). Vysvětlivky: 1 – proterozoické metamorfity (rula apod.), 2 – křídové pískovce, 3 – tonality neznámého stáří, 4a – zlomy (zjištěné), 4b – zlomy (předpokládané), 5 – zlomový svah, 6 – erozní glacis, 7 – kuesty, 8 – nivy, 9 – tektonické sníženiny (jižní část Kladské kotliny), 10 – tektonické klenby, 11 – ruwary.

i spodního tuřonu, jejichž uklonění k jihozápadu odráží synklinální prohnutí podložního krystalinika Českého masivu.

2. Ve výplni dna Kladské kotliny v severní části listu u Štítů. Úložné poměry křídové výplně dna Kladského prolomu u Štítů jsou patrná z obr. 1. Tvoří ji vodorovně uložené coniacké jemnozrnné pískovce a slínovce (M. Opletal, v tisku).

Křídové sedimenty měly původně větší rozlohu a byly odneseny (M. Malkovský, 1974). Autor ovšem zbytky křídových sedimentů ve vrcholových částech Zábřežské vrchoviny nenalezl.

### Kvartérní uložení

Vyskytují se na tomto území převážně:

1. V úzkých nivách Březné, Cotkytelského potoka, Hraničního potoka a Nemilky s menšími náplavovými kuželi v oblasti soutoků.
2. V úpatích haldách při úpatí údolních svahů.
3. Jako eolické sedimenty na dně Kladské kotliny.

## 2.2 Aktivní morfostruktura

Tektonické poměry zábřežské série jsou velmi složité a při nedostatku charakteristických a dobře sledovaných profilů nelze získat dokonalý obraz, přestože údolí vodních toků terén dobře otevírají (K. Urban, 1934). Nicméně na nové geologické mapě M. Opletala (v tisku) je vyznačeno v severní a severovýchodní části listu několik starších zlomů, podle M. Opletala pravděpodobně oživených v mladším období. Patří k systému bušínské dislokace probíhající ve směru SZ-JV. Podle M. Opletala (v tisku) oživení těchto tektonických poruch souvisí s mladšími tektonickými pohyby v Kladské kotlině. Zde se podél nich vyvinuly složené zlomové svahy s úpatními povrchy na křídových pískovcích a se strmými svahy tvořené krystalinikem zábřežské série (viz obr. 1). V některých případech tyto zlomy probíhají v údolích vodních toků, např. Nemilka nebo počátek průlomového údolí Březné (viz obr. 1).

Podle M. Rejchrt (1967) došlo k rozlámání křídových sedimentů mladší pokřídovou tektonikou. Předpokládá se, že rozsah křídý byl v minulosti mnohem větší a že křída mohla pokrývat značnou část Zábřežské vrchoviny (M. Malkovský, 1974).

Ve studované oblasti se autorovi při terénním průzkumu nepodařilo objevit žádné třetihorní sedimenty a v literatuře o nich zmínka také nebyla nalezena. Jejich přítomnost by přispěla k lepšímu objasnění morfostrukturního vývoje daného území. Autor jejich zkoumání předkládá jako námět k dalšímu studiu.

## 3. Využití ARC/INFO ve studovaném území

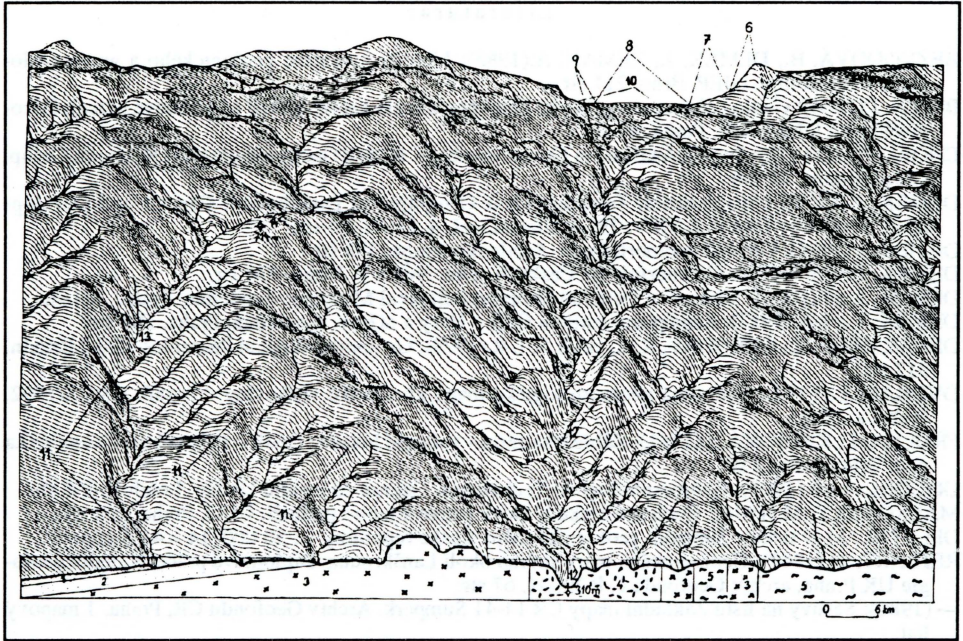
Studovaný list mapy byl digitalizován ve vektorovém geografickém informačním systému ARC/INFO. Bylo vytvořeno několik tzv. pouzder (coverages). Nejdříve byla vytvořena coverage zvaná „ISO“ zahrnující digitalizované vrstevnice s uvedením nadmořské výšky každé vrstvenice. Další coverage zvaná „HYDRO“ zahrnuje digitalizované vodní toky. Poslední coverage zvaná „VEGETATION“ zahrnuje digitalizované plochy o stejném vegetačním krytu.

V práci byla využita především coverage zvaná „ISO“, z níž se vycházelo při konstrukci mapy sklonitosti, kde jednotlivé kategorie sklonů byly brány podle mezinárodní legendy IGU (J. Demek a kol., 1972). Tento výsledek přispívá i k morfometrické analýze dané oblasti.

Dále bylo využito digitalizovaných vrstevnic při konstrukci 40 příčných údolních profilů a jejich lokalizaci na Základní mapě, což napomohlo nejen při morfoskulpturní analýze, ale i při řešení otázky symetrie a asymetrie údolních svahů.

Hlavním výsledkem počítačového zpracování studovaného území je využití coverages „ISO“ a „HYDRO“ ke konstrukci digitálního modelu georeliéfu (obr. 2). Tento trojrozměrný model georeliéfu se zobrazeným geologickým podkladem a vodními toky pomohl výrazně při morfostrukturní i morfoskulpturní analýze studovaného území (viz kapitola č.2). Na trojrozměrném modelu georeliéfu můžeme lehce rozlišit průlomové údolí Březné Zábřežskou vrchovinou, složené zlomové svahy u Štítů ohraničující Zábřežskou vrchovinu a Kladskou kotlinu s vyvinutými erozními glacisy, etchplén rozvodních hřbetů se suky a nízkými exfoliačními klenbami, údolí menších vodních toků a tři kuesty se subsekventními vodními toky a strukturálními povrchy.

Všechny výsledky využití GIS ARC/INFO pro geomorfologickou analýzu jsou uvedeny ve výše zmíněných přílohách a zaznamenány na disketách. Je tedy možná další aplikace GIS ARC/INFO, ale i jiného GIS kompatibilního s GIS ARC/INFO.



Obr. 2 – Trojrozměrný model severní části Zábřežské vrchoviny (autor, 15krát převýšeno). Vysvětlivky: 1 – pískovce středního turonu, 2 – pískovce spodního turonu, 3 – rula, 4 – fylity, 5 – kvarcicity, 6 – zlomový svah, 7 – glacis, 8 – dno Kladské kotliny, 9 – počátek průlomového údolí Břežné, 10 – Štítý, 11 – kuesty, 12 – řeka Břežná, 13 – Hraniční potok, 14 – Lázek (714 m).

#### 4. Závěr

Geografický informační systém ARC/INFO pomohl k objasnění morfostruktury zkoumaného území a potvrdil její závěry (srovnejte obr. 1 a 2). Využití získaných poznatků je následující:

1. Morfostrukturní analýza slouží jako podklad pro geologické výzkumy v dané oblasti, především co se týká geologické struktury a neotektoniky, s nimiž mají geologové zatím problémy. Na tuto složitost upozorňuje i M. Opletal (v tisku).

2. Z morfostrukturního hlediska je studovaná oblast vhodná pro jakékoliv stavby s výjimkou severní části v oblasti Štítů kvůli vlivu aktivní morfostruktury v podobě bušínské poruchové zóny. Ačkoliv erozní glacis svědčí o relativní neotektonické stabilitě. V této části autor doporučuje podrobná geotechnická měření před začátkem jakékoliv větší výstavby, např. dálnice, elektrárny apod.

3. Morfostrukturní analýza a morfostrukturní mapa (obr. 1) poskytují podklady pro další geomorfologický výzkum, např. morfoskulpturní analýzu, podrobné geomorfologické mapování apod. S použitím těchto nástrojů geomorfologického výzkumu je možné provést mnohem detailnější závěry pro teorii i praxi.

4. Závěry spojení morfostrukturní analýzy a GIS umožňují předcházet, popř. i zabránit, současným katastrofickým geomorfologickým procesům, např. zemětřesení, sesuvům zeminy, zrychlené erozi půdy apod.

5. Těchto poznatků lze využít jako metodiky pro jiné oblasti.

6. Existuje možnost dalšího využití digitalizovaných údajů.

## Literatura:

- BEZVODOVÁ, B., DEMEK, J., ZEMAN, A.(1985): Metody kvartérně geologického a geomorfologického výzkumu. UJEP, Brno, 211 str.
- BRÍŽA, J.(1964): Geologické a petrografické poměry zábřežské série u Jedlí (diplomová práce). Přírodovědecká fakulta UK, Praha, 49 str.
- CHORLEY, R.(1972): Spatial Analysis in Geomorphology. British Geomorphological Research Group. Great Britain, 393 str.
- DEMEK, J.(1969): Cryoplanation Terraces, Their Geographical Distribution, Genesis and Development. Rozpravy ČSAV, ř. MPV, 79, Academia, seš. 4, Praha, 80 str.
- DEMEK, J.(1988): Obecná geomorfologie. Academia, Praha, 478 str.
- DEMEK, J.a kol.(1965): Geomorfologie Českých zemí. NČSAV, Praha, 336 str.
- DEMEK, J. ed.(1972): Manual of Detailed Geomorphological Mapping. Academia, Praha, 344 str.
- DEMEK, J. a kol.(1987): Zeměpisný lexikon ČSR – Hory a nížiny. Academia, Praha, 584 str.
- DERBYSHIRE, E., GREGORY, K. J., HAILS, J. R.(1979): Geomorphological Processes. Great Britain, 312 str.
- DVOŘÁK, L.(1992): Podrobná geomorfologická mapa Zborovské vrchoviny. Sborník ČSG 1/1992, Praha, s. 15-25.
- FROLKA, J., KRUPSKÁ, J.(1981): Zábřežská série – vybrané lokality (Jedlí – Pálená hora). Geofyzika n. p. Brno, Brno, 7 str.
- GOUDIE, A. ed.(1991): Geomorphological Techniques. George Allen and Unwin, London, 456 str.
- MALKOVSKÝ, M.(1974): Geologie české křídové pánve a jejího podloží. ÚÚG, Praha, 264 str.
- OPLETAL, M.(v tisku): Základní geologická mapa České republiky 1 : 50 000, 14 – 41 Šumperk.
- REJCHRT, M.(1967): Geologické poměry širšího okolí Lanškrouna. Diplomová práce, Katedra geologie UK Praha, archiv Geofondu č. P 20051, 67 str.
- (1980): Sesuvy na listu Základní mapy ČR 14-41 Šumperk. Archiv Geofondu ČR, Praha, 1 mapový list.
- SOUKUP, J.(1955): Přehledná mapa krytá, list 4057/1,2,4 M-33-82-A,-C 1:250000. ÚÚG, archiv Geofondu ČR, č.P16410, P7823/13, Praha, 5 mapových listů.

## Summary

### APPLICATION OF THE ARC/INFO GIS FOR GEOMORPHOLOGICAL RESEARCH WITH SPECIAL ATTENTION TO MORPHOSTRUCTURAL ANALYSIS

The paper deals with the connection between the ARC/INFO GIS and morphostructural analysis – a modern geomorphological method introduced by I. P. Gerasimov in 1946 (in Demek, 1987). The basis of morphostructural analysis is described and passive and active morphostructures are defined. Morphostructural analysis of the northern part of Zábřežská Highland is shown in Fig. 1. The region under study was digitized using the ARC/INFO GIS and a 3-D model of relief has been created. It includes water courses and geological structure as well (Fig. 2). Fig. 2 confirms the conclusions of morphostructural analysis: cuestas, fault scarps, and glacis d'erosion are clearly seen at the 3-D model of relief (Fig. 2).

Theoretical and practical applications follow:

1) Morphostructural analysis has proved that any kind of constructions can be carried out in the area of study except in the northern section due to the influence of active morphostructure in the Bušín Fault System. Detailed geotechnical analysis is recommended in this northern part before any large-scale construction (highway, plant) is started, although the glacis d'erosion indicates a relative stability of this region during the neotectonics period.

2) Morphostructural analysis and morphostructural map (Fig. 1) can serve as a basis for further geomorphological research such as morphosculptural analysis, denudation chronology, computer analysis, and detailed geomorphological mapping. Complete analysis of the area under study and more detailed practical suggestions can be worked out with help of the research tools described.

Fig. 1 – The Morphostructural Map. 1 – Proterozoic crystalline rocks (gneiss, etc.), 2 – Cretaceous sandstones, 3 – tonalities (age unknown), 4a) faults (confirmed), 4b) faults (supposed), 5 – fault scarps, 6 – glacis d'erosion, 7 – cuestas, 8 – flood plains, 9 – graben (southern part of the Klodzko Graben), 10 – tectonic domes, 11 – ruwares.

Fig. 2 – 3-Dimensional Model of the Northern Part of the Zábřežská Highland (the vertical scale is exaggerated 15 times). 1 – Middle Turonian sandstones, 2 – Lower Turonian sandstones, 3 – gneiss, 4 – phyllite, 5 – quartzite, 6 – fault scarp, 7 – glacia, 8 – bottom of the Klodzko Graben, 9 – the beginning of the Březná River water gap, 10 – the town of Štítý, 11 – cuestas, 12 – the Březná River, 13 – the Hraniční Brook, 14 – the Lázek Hill (714 m)

*(Adresa autora: Nová 1814, 753 01 Hranice.)*

*Do redakce došlo 22.8.1994*

*Lektoroval Václav Král*