

Kriteria geomorfologického hodnocení lokalit výstavby a provozu jaderně energetických zařízení

Dlouhodobým úkolem řady oborů věd o Zemi je zjišťování a sledování současných geodynamických pochodů v lokalitách výstavby a provozu jaderně energetických zařízení, zejména s cílem zvýšení jejich bezpečnosti vzhledem k životnímu prostředí. V závazných a doporučených ustanoveních Mezinárodní agentury pro atomovou energii jsou tato geomorfologická kritéria jedním ze základních a detailně sledovaných podkladů při zajišťování bezpečného provozu jaderných elektráren a výtopen.

Geomorfologie je samostatná věda v souboru věd o Zemi, která se zabývá studiem tvarů, geneze a stáří reliéfu pevného tělesa naší planety (georeliéfu). Georeliéf je plocha, na níž dochází ke vzájemnému styku vnitřních (endogenních) pochodů působících v nitru Země a vnějších (exogenních) pochodů, jejichž působení je podmíněno hlavně zářivou energií Slunce. Rozborem tvarů georeliéfu lze proto získat poznatky jak o geologické stavbě území a současných pochodech probíhajících v zemské kůře, tak o důsledcích změn podnebí nebo intenzivní činnosti člověka. Geomorfologickou analýzou se získávají i závažné údaje o rychlosti eroze, o hodnotách současných tektonických zdvihů a poklesů, i o katastrofických jevech v geologické minulosti. Velký význam má též určování relativního a absolutního stáří povrchových tvarů, které umožňuje zjistit období zvýšené tektonické aktivity ve sledovaném území.

Při zjišťování současné tektonické aktivity mají výsledky měření přístroji (např. seismicity, tepelného toku, gravimetrické, nivelační, triangulační ap.) zcela odlišný charakter než pozorování současných morfostrukturních změn georeliéfu. Přímá geofyzikální, geodetická, či jiná měření endogenní aktivity zemské kůry poskytují často velmi cenné informace o kinetice a některých rysech dynamiky sledovaných pochodů, avšak pouze ve velmi krátkém časovém intervalu, maximálně několika minulých desítek let. Naproti tomu geomorfologická identifikace současných tektonických pochodů spočívá zejména v určení jejich průběhu v delším období několika tisíc let nebo i celého kvartéru. Při identifikaci a hodnocení současných geodynamických pochodů v lokalitách jaderně energetických zařízení používají geomorfologové zejména morfostrukturní analýzu (Jakál a kol., 1988, Kalvoda a kol., 1988). Jde o soubor metodických postupů, jejichž cílem je objasnění přímých nebo nepřímých vazeb mezi povrchovými tvary a stavbou zemského nitra.

Nejllepším zajištěním bezpečnosti provozu jaderně energetických zařízení je důsledná snaha předcházet možným rizikovým situacím či havarijnímu stavu. Z hlediska věd o Zemi je to zejména nutnost prohlubovat poznatky o tom, do jaké míry tektonické pochody probíhající v zemské kůře i reliéfortvorné pochody (klimatomorfo-genetického a antropogenního původu) mohou ovlivňovat fyzikální děje probíhající v materiálech a technologických systémech jaderně energetických zařízení.

Geomorfologický výzkum spojený s jadernými elektrárnami a výtopnami se uplatňuje již v první etapě průzkumných prací, které směřují k výběru stavenišť. Podle mezinárodních předpisů a doporučení i československých státních norem (Šimůnek, 1987) existují spolu s geologickými a seismologickými kritérii také základní geomorfologická kritéria, která vylučují, nebo podmíněně vylučují výstavbu jaderně energetického zdroje v určité lokalitě. Nebezpečné geomorfologické pochody a jevy lze rozdělit podle hlavních (ve smyslu převažujících) příčin jejich výskytu ve sledovaném území na endogenní, exogenní a antropogenní (tab. 1).

Výstavba jaderně energetického zdroje je nemožná, nebo jen podmíněně možná v oblastech kvartérní vulkanické nebo postvulkanické činnosti, v oblastech s výskytem bahenních sopek, nebo v územích, v nichž nacházíme seismogenní tvary kvartérního stáří (např. srážky). Vylučujeme i území s výrony plynů (např. CO₂) a minerálních vod, které svědčí o přítomnosti aktivních zlomů v zemské kůře. Jadernou elektrárnu nelze stavět v místech s výskytem zlomových svahů, nebo složených zlomových svahů vázaných na zlomy, na kterých byly prokázány opakované pohyby v kvartéru, nebo nejméně jeden pohyb v posledních 35 000 letech. Naše zkušenosti ukázaly, že často i velké regionální zlomy nebyly v kvartéru oživovány v celé délce. Nezřídka oživily pouze některé úseky v délce několika kilometrů, nebo několika desítek kilometrů. Proto je nutná podrobná morfostrukturní analýza

Tab. 1. Základní geomorfologická kritéria vylučující nebo podmínečně vylučující ve sledovaném území výstavbu jaderně energetického zařízení

Reliéfotvorné procesy a jevy:		
<p>— endogenního původu</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. kvartérní vulkanická a postvulkanická činnost 2. bahenní sopky 3. výrony plynů a minerálních vod 4. kvartérní seismogenní tvary 5. morfotektonicky prokázané pohyby na zlomech opakované v kvartéru nebo nejméně jednou za posledních 35 000 let 6. deformace zarovnaných povrchů v kvartéru 7. změny říční sítě v kvartéru 8. deformace kvartérních říčních teras 9. území s vysokou členitostí a sklony svahů 	<p>— exogenního původu</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. svahové pohyby, především sesuvy, skalní řízení a hlubinné ploužení 2. ztekucování, bobtnání a prosedání hornin či zemin 3. vytlačování měkkých zemin a hornin 4. bahenní a blokově bahenní proudy 5. povrchy s mocnými pokryvy zvětralin a nerovnou bazální zvětrávací plochou 6. zatápěná a zbahnělá území 7. krasová území s četnými krasovými jevy 8. území s vysokou členitostí a sklony svahů 	<p>— antropogenního původu</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. poddolovaná území 2. území s deformacemi při těžbě a skladování plynu, ropy a vody

jednotlivých tektonických poruch. Vylučujícím kritériem je zjištění deformace zarovnaných povrchů (parovin, holorovin, pedimentů) v kvartéru, případně deformace říčních teras kvartérního stáří. Důkladně je třeba analyzovat změny říční sítě, zejména přeložení toku velkých řek, opuštěná říční údolí a pod. Pozornost se musí věnovat i náhlým změnám spádu v podélném profilu údolí, které mohou identifikovat pohyby ker nebo megaantiklinální vyklenutí území.

Nevhodnými místy pro výstavbu jaderně energetických zdrojů jsou plochy postižené katastrofickými svahovými pohyby jako např. sesuvy nebo hlubinné ploužení. Nesmí se stavět na citlivých jílech, které ztekucují, nebo na bobtnavých a prosedavých zeminách. Nevhodná jsou území postižovaná bahenními, nebo blokově bahenními proudy, dále pak zatápěná a zbahnělá území. Obtížná je výstavba na površích s mocnými zvětralinami, spočívajícími na velmi zvláště bazální zvětrávací ploše. Nestejnorodost zvětralin i „kořeny“ zvětralin zasahující podél poruchových zón do hloubek několika desítek metrů jsou také limitujícími činiteli. Rovněž krasová území, zejména se značným výskytem povrchových a podzemních tvarů (např. jeskyní) jsou nevhodná stavenišť.

Z antropogenních geomorfologických činitelů vylučujících umístění stavenišť jsou to zejména poddolovaná území. Nevhodná jsou i území s podzemními zásobníky plynu a místa, kde těžba plynu, ropy a podzemní vody deformuje povrch terénu.

Hlavní geomorfologické problémy při zajištění bezpečné výstavby a provozu jaderně energetických zařízení pak spočívají v možnostech (Kalvoda a kol., 1989):

- a) časové a prostorové interference při aktivaci některých geodynamických jevů a procesů, které jsou klasickými přístupy sledovány a v prognostickém obraze hodnoceny odděleně,
- b) poměrně rychlých změn geologického prostředí při porovnání se stavem přírodního prostředí v etapě výběru lokality a přípravy projektu jaderného díla.

V odůvodněných případech je proto nutné při výstavbě a provozu jaderně energetického zařízení dlouhodobě komplexně sledovat současné geomorfologické a další geodynamické pochody, operativně vyhodnocovat výsledky i průběžně interpretovat terénní pozorování a měření. K dílčím, zejména lokálním výsledkům přístrojových měření s kvalitativně odlišnou metodikou a k jejich víceborovému propojování je třeba přistupovat opatrně. Současné geodynamické pochody jsou velmi složité a v jednotlivých lokalitách se vyznačují rozmanitými fyzikogeografickými, geomorfologickými, geologickými a ekonomickými rysy. Diagnostika těchto typů ohrožení výstavby a zejména provozu jaderně energetických zařízení by měla být systémově spojena s modernizací jaderných elektráren a výtopen, s jejich projekční činností i údržbou.

Významným výsledkem geomorfologického výzkumu pro jadernou energetiku jsou různé typy geomorfologických map a morfostrukturních profilů. Vedle obecných geomorfologických map se sestavují i dílčí mapy (např. mapy sklonitosti georeliéfu, intenzity jeho rozčlenění, hustoty říční sítě a pod.) a mapy speciální (např. morfostrukturní, stability georeliéfu). Umožňují zjistit tvar jednotlivých částí georeliéfu a geomorfologických jevů, jejich prostorové rozmístění,

dále pak stanovit vztahy mezi nimi a provést regionalizaci.

V současné době je třeba věnovat při mapování hlavní pozornost geomorfologické indikaci kinematiky zlomů v různých geologických strukturách a geodynamických podmínkách. Geomorfologové jsou schopni určit zlomy i v geologicky monotónních územích, provést jejich kategorizaci, zjistit jejich zvodnění a dynamiku v neotektonické etapě vývoje georeliéfu, případně v kvartéru. Přirozeně nejvhodnější je kombinace geomorfologických metod s opakovanými měřeními různého typu jak na větších územích kolem stavenišť, tak i na geodynamických polygonech. Cílem je typizace zvláštností projevů současné geodynamiky v georeliéfu v závislosti na mechanismu deformací geologické struktury. Podstatné je oceňování úlohy aktivních zlomů při rychlých geomorfologických katastrofách (velkých sesuvech, skalních říčních a pod.), a při krátkodobé i dlouhodobé prognóze seismických událostí.

Pozornost zasluhují i pomalé exogenní pochody, které však při překročení prahu vlivem vnitřních nebo vnějších podnětů mohou vést ke katastrofickým jevům. Stanovení dynamiky a vývoje těchto exogenních pochodů vyžaduje vedle mapování i přístrojová měření v delších časových úsecích (řádově kolem 10 let). Kvantitativních měření exogenních geomorfologických pochodů, významných pro zjišťování současných změn a pohybů zemského povrchu, je zatím málo (Demek, 1986). Přitom náhlá změna intenzity pomalého exogenního geomorfologického procesu může indikovat nejen změnu vnějších podmínek, ale i změnu endogenního režimu území.

Poznatky o současné dynamice zemské kůry poskytnou podklady pro volbu opatření směřujících k maximální bezpečnosti provozu jaderně energetických zařízení a tím i k ochraně životního prostředí. Přispívají též k vytváření vědeckých předpokladů diagnostiky a prognóz nebezpečných endogenních a exogenních pochodů v lokalitách velkých technických děl. Je proto třeba zajišťovat průběžný geomorfologický výzkum dynamiky zemské kůry v kvartéru, zaměřený na sledování a hlubší objasnění současných geodynamických pochodů. Touto cestou získané poznatky lze spolu s poznatky geologickými a geofyzikálními využívat ve prospěch průzkumných a bezpečnostních systémů v lokalitách výstavby a provozu jaderně energetických zařízení. K metodice korelací geofyzikálních, geologických, geodetických a geomorfologických dat poznamenáváme, že na rozdíl od obvyklých pracovních postupů je třeba důsledně prosazovat mezioborový přístup a stále propojování výzkumu ve všech jeho etapách.

Získané metodické poznámky lze aplikovat rovněž na spolehlivost a bezpečnost provozu plynovodů, ropovodů a horkovodů. Podle našeho názoru je nutné systematicky sledovat pohyby zemského povrchu

rovněž na těchto trasách, což prakticky omezí rizika vzniku trhlin ve svárech či zvýšené koroze potrubí změnami v ohybech, nebo prohnutí.

Upřesněním a sledováním stupně geodynamického ohrožení výstavby a provozu jaderně energetických zařízení historicko-geneticky zaměřeným výzkumem georeliéfu lze bezprostředně přispět k poznání dynamiky zemské kůry v čase 10^0 až 10^6 let, tedy v širším slova smyslu ke geologicko-tektonickému posouzení uvažovaného stanoviště jaderně energetického zdroje. Vzdálenějším cílem řešení problematiky je přispět ke komplexnímu výzkumu zemské kůry, zaměřenému na sledování a hlubší poznání současných geodynamických procesů, které v ní probíhají.

Literatura

- Demek, J., 1986: Kvantitativní výzkum svahových pohybů ve Vnějších Západních Karpatech. Geografický časopis 38 (2—3): pp. 178—185, Bratislava.
- Jakál, J., Stankoviánsky, J., Lacika, J., Urbánek, J., Čillag, L., Feranec, J., 1988: Morfostruktúrna analýza Malých Karpát a príslahých oblastí s ohľadom na neotektonický vývoj. — Závěrečná správa KE O1, SPZV II-7-1, Geografický ústav SAV, 103 pp. 11 příloh, Bratislava.
- Kalvoda, J., Stemberk, J., Vilínek, V., Zvelebil, J., 1988: Geomorfologická expertíza na lokalitě jaderné elektrárny Jaslovské Bohunice. — Výzk. zpr. ÚGG ČSAV, 128 pp., 2 příl., Praha.
- Kalvoda, J., et al., 1988: Kvartérní morfotektonika lokality výstavby jaderné elektrárny Blahutovice. — Výzk. zpr. ÚGG ČSAV, 388 pp., Praha.
- Šimůnek, P., 1987: Postupy provádění geologických a inženýrsko-seizmologických průzkumů pro potřeby projektů přípravy, výstavby a provozu jaderných elektráren a výtopen v ČSSR. — Bezpečnost jaderných zařízení (ČSKAF) 1: p. 4—32, Praha.

