

EUROKÓD 7 JAKO RÁMEC DOBRÉ PRAXE PRO NÁVRH A REALIZACI PRŮZKUMNÝCH PRACÍ

EUROCODE 7 AS A FRAMEWORK FOR GOOD PRACTICE IN THE DESIGN AND EXECUTION OF SITE INVESTIGATIONS

Ivan Poul

¹Projekce iGEO s.r.o., nám. 28. října 1899/11, 602 00 Brno, e-mail: ivan.poul@igeo.cz

Abstrakt: Článek popisuje možnou spolupráci mezi profesemi (geotechnika, inženýrské geologie) pomocí společně užívané normy ČSN EN 1997-2. Text je zaměřen na diskusi a popis přírodního prostředí, mechanické testování v terénu a v laboratoři a vyhodnocení dat tak, aby byly plně využitelné pro projektování staveb.

Abstract: The article describes possible cooperation between the professions of geotechnical engineering and engineering geology through the jointly used standard EN 1997-2. The text focuses on the discussion and description of the natural environment, mechanical testing in the field and laboratory, and the evaluation of data to ensure their full applicability for geotechnical/structural design.

Klíčová slova: Eurokód 7, geotechnika, mechanika zemin, terénní testování, zakládání, spolupráce

Key words: Eurocode 7, geotechnical engineering, soil mechanics, field testing, foundation design, cooperation

1. Úvod

Česká inženýrská geologie vyrůstá z tradice, v níž se poznání geologického prostředí přirozeně prolínalo s technickými otázkami hornictví a těžby, výstavby a původně se tato věda jmenovala stavební geologie. To umožňovalo uvažovat o stavbě a horninovém prostředí jako o jednom propojeném problému. V současné praxi však už není možné spoléhat pouze na neformálně sdílené porozumění mezi geologem a projektantem. Je nutné pojmenovat rozhraní mezi inženýrskou geologií a geotechnikou, zejména kvůli vymezení odborné odpovědnosti, zadávání veřejných zakázek a očekávání objednatelů vůči výstupům průzkumných prací.

Je přitom nutné zabránit tomu, aby se s přesnějším vymezením odpovědnosti ztratila návaznost a komunikace mezi oběma obory. Smyslem není oddělit inženýrskou geologii od geotechniky, ale lépe popsat, jak se poznání horninového prostředí převádí do technicky použitelných podkladů pro návrh stavby. Právě zde mohou být Eurokód 7 (ČSN EN 1997-2, díle jen EC7-2) a současné technické standardy užitečné: poskytují rámec pro zadávání, provádění a vyhodnocování průzkumných prací ve vztahu k účelu stavby.

Nynější inženýrská geologie vznikla transformací z „buržoazní“ stavební geologie v 50. letech. Stejně jako dříve čerpá z poznatků základního geologického výzkumu, ale sama o sobě není čistou vědou v akademickém smyslu. Je to aplikovaná disciplína, jejímž základním úkolem není poznávat horninové prostředí samo o sobě, ale posoudit jeho význam pro konkrétní lidskou činnost – nejčastěji pro stavbu. To nevylučuje vědeckou hodnotu inženýrskogeologických poznatků; výsledky průzkumných prací mohou zpětně doplňovat geologické poznání. Základní směr je však jiný: od poznání prostředí k rozhodnutí, jak s tímto prostředím bezpečně a hospodárně pracovat.

Právě proto je u inženýrskogeologického průzkumu rozhodující účel. Průzkum není výzkum. Výzkum se může ptát široce: jaké je horninové prostředí a jak vzniklo? Průzkum se musí ptát cíleněji: co z tohoto prostředí je podstatné pro konkrétní stavbu, jaká nejistota může ovlivnit návrh a jakými metodami ji lze snížit. Bez této vazby na účel stavby se průzkum může změnit v popis prostředí bez jasné technické použitelnosti.

Tento příspěvek je ohlédnutím za dosavadní praxí a jejím kritickým zhodnocením. Soustředí se především na to, jak průzkum zadáváme, jak volíme metody a zda jeho výstupy skutečně odpovídají účelu, pro který jsou pořizovány. Druhá generace Eurokódů má v českém prostředí začít tvořit účinný normový rámec od října 2027; Eurokód 7 (2gen) rozdělený na 3 díly se v této generaci průzkumnými pracemi zabývá podrobněji a může přispět k přesnějšímu pojmenování některých zde probíraných otázek. Podstatná část problému je však přítomná už v současné praxi.

2. Zjednodušení přirozené variability horninového prostředí pro návrh

Geotechnický nebo statický návrh nemůže pracovat s horninovým prostředím v celé jeho přirozené složitosti. Základová půda, horninový masiv, navážka ani násyp nejsou výrobky s garantovanými vlastnostmi. Stavební inženýři jsou zvyklí pracovat s materiály, jejichž vlastnosti jsou ověřené a do značné míry předvídatelné (například s betonem, ocelí nebo kamenivem určité frakce). Zeminy a horniny jsou jiné. Jejich vlastnosti jsou výsledkem vzniku a následného vývoje: sedimentace, diagenese, zvětrání, tektonického porušení, svahových procesů, ledovcových vlivů, antropogenních zásahů nebo dlouhodobých změn vodního režimu.

Právě proto nestačí základovou půdu pouze popsat. Pro návrh stavby je nutné rozlišit, které části přirozené variability horninového prostředí jsou pro daný záměr rozhodující a které lze přiměřeně zjednodušit. Jiný typ informace je potřebný pro mělké založení jednoduchého objektu, jiný pro pilotové založení, hlubokou stavební jámu, násyp na měkkých sedimentech nebo stavbu ve svahu. Každé z těchto zadání klade jiné otázky, například kde jsou rozhodující rozhraní, jaké jsou přetvárné a pevnostní vlastnosti prostředí, jak se může změnit napjatostní stav, vodní režim nebo stabilita území.

V tomto spočívá klíčová role inženýrského geologa: z geologické stavby území, proběhnuvšího geologického vývoje vybrat to, co je pro plánovanou konstrukci rozhodující. Musí umět říct, kde je prostředí dostatečně známé, kde je nejistota pro návrh ještě přijatelná a kde je naopak nutné ji cíleně snížit vhodnou metodou, jiným typem sondy, polní zkouškou, laboratorním programem nebo monitoringem. Potkává se zde přírodovědné a technické myšlení.

V českém prostředí je tato otázka o to naléhavější, že máme velmi dobré výchozí podklady: kvalitní geologické mapy (jedny z nejlepších na světě), hustou síť archivních průzkumných vrtů a relativně snadný přístup k archivním údajům. Nový průzkum by proto neměl sloužit jen k potvrzení očekávané stratigrafie. Už při jeho plánování by měla existovat pracovní představa o geologickém modelu, předběžná úvaha o způsobu založení nebo jiném zásahu do horninového prostředí a jasně formulované otázky, které má průzkum zodpovědět. Pokud tyto otázky chybí už na začátku, průzkum se snadno zredukuje na mechanicky sestavený soubor položek soutěžený jen optikou nejnižší ceny. Poté je výsledkem zpráva, která je po formální stránce bezchybná, ale pro návrh stavby neposkytuje odpovědi.

3. Kombinace metod podle účelu průzkumu a vlastností prostředí

Skladba průzkumných metod se odvíjí od dvou základních otázek: jaké informace jsou potřebné pro navazující projektování stavby a jaké metody jsou v daném horninovém prostředí skutečně použitelné. Projektanta je proto nutné se ptát, jakým způsobem bude konstrukci navrhovat a jaké podklady k tomu potřebuje (jaký geotechnický model je třeba vytvořit). Současně je třeba vycházet z geologické stavby lokality, protože ne každá metoda poskytuje ve všech typech zemin a hornin spolehlivý výsledek.

Neexistuje univerzální metoda ani univerzální rozsah průzkumných prací použitelný pro každý záměr. Vrt, CPT, DPH, vrtulková zkouška, geofyzika nebo laboratorní zkouška mají smysl tehdy, pokud dokážou dodat požadovaný typ informace, například o stratigrafii, ulehlosti, konzistenci, pevnosti, stlačitelnosti, propustnosti nebo režimu podzemní vody, a současně jsou v daném prostředí proveditelné tak, aby získaná data nebyla zásadně zkreslená. Metoda, která je pro určitý typ úlohy a prostředí vhodná, může být v jiných podmínkách málo vypovídající nebo prakticky nepoužitelná.

Význam vhodné volby metod je dobře patrný na jednoduchých praktických příkladech. Z nesoudržného šterku nelze běžně odebrat neporušený vzorek. Pevné jíly mohou komplikovat provedení dynamické penetrace ulpíváním zeminy na soutyči a zkreslením naměřeného odporu. CPT nemusí překonat uhlý hrubozrnný šterk a snadno se zastaví o navětralou skálu. Vrtná technologie vhodná pro zeminy není vhodná pro skalní horninu, neboť nezíská použitelné vzorky ale drť. Tyto příklady nejsou provozní detaily, ale připomínka, že návrh průzkumu je odborná činnost. Dobrý průzkumný program nevzniká poskládáním obvyklých a dostupných položek, ale výběrem metod, které ve vzájemné kombinaci odpovídají geologickému modelu, typu konstrukce, návrhové metodě a otázkám, na které má průzkum odpovědět (viz tab. 2.1 EC7-2).

Další otázkou je hloubka sond. Nemá se odvíjet od toho, co je obvyklé nebo technicky nejjednodušší, ale od očekávané změny napětí v podloží, tvaru konstrukce, způsobu založení a vlastností základové půdy. Stejně tak se volba metod nemá řídit tím, co je snadno dostupné nebo ekonomicky výhodné, ale tím, jaké nejistoty je třeba pro

daný návrh snížit (hloubky sond viz EC7-2 příloha B). Náklady jsou součástí zadání, neměly by však nahradit odborný úsudek ani vést k průzkumu, který je pro dané prostředí nebo navazující návrh fakticky nepoužitelný.

4. Česká praxe navrhování a provádění průzkumných prací

V české praxi byla tradičně silná osa vrt – popis – vzorek – klasifikační zkouška (očekávané geologické práce). Problém nastává tehdy, pokud se tento postup stane automatickým standardem i tam, kde charakter stavby a prostředí vyžaduje odlišnou kombinaci metod. Eurokód 7-2 posiluje návrhově orientované pojetí průzkumu, v němž mají význam také polní zkoušky poskytující kvantitativní nebo spojitá data o chování horninového prostředí (viz přílohy EC7-2). Neznamena to opuštění kvalitativního geologického popisu, ale jeho doplnění o měřitelné údaje.

Ani kvantitativní metody však nejsou bez interpretace. CPT_u (CPTM) je pro to dobrý příklad: prvotní záznam dat je zdánlivě objektivnější a spojitější než popis vrtu, ale převod na typ zeminy a její parametry je korelační a musí být čten v geologickém kontextu. Jinak se pouze nahradí subjektivita popisu subjektivitou interpretace. Přiměřené je proto používat jednotlivé metody jako vzájemně se doplňující zdroje poznání: popis, dostupné podklady z map, vrtů, polní zkoušky, laboratorní zkoušky, geofyziku a monitoring.

Příkladem může být terénní vrtulková zkouška. Nejde o novou nebo experimentální metodu, ale o dlouhodobě používaný způsob stanovení neodvodněné smykové pevnosti jemnozrnných zemin in situ, samostatně zakotvený v EC7-2 a navázaný na EN ISO 22476-9. Přesto bývá v české praxi vnímána jako méně obvyklý prvek průzkumného programu a její zařazení bývá zpochybňováno, pokud se s ní objednatel nebo projektový tým běžně nesetkává. Právě na takových příkladech je vidět, že normově zakotvená metoda nemusí být v praxi samozřejmou součástí úvahy o vhodném průzkumném programu.

5. Od naměřené hodnoty k technicky použitelnému podkladu

Volba vhodné metody je pouze první krok (pro laboratorní analýzy tab. 2.2 a 2.3 EC7-2). Stejně důležité je, jak se s výsledkem zkoušky dále pracuje. Eurokód 7 v tomto směru dobře ukazuje postupné abstrahování od konkrétního měření k hodnotě použitelné pro návrh. Na začátku stojí výsledek zkoušky, tedy naměřený údaj získaný konkrétní metodou v konkrétních podmínkách v souladu s platnou normou. Z něj může být odvozena hodnota vlastnosti zeminy nebo horniny, která již zahrnuje korekce, kalibrace, korelace, zkušenost a geologický kontext. Na další úrovni se stanovuje charakteristická hodnota jako obezřetný odhad hodnoty ovlivňující výskyt mezního stavu. Návrhová hodnota pak vstupuje do výpočtu po uplatnění příslušných bezpečnostních postupů.

Pro inženýrskogeologický průzkum je zásadní rozhraní mezi výsledkem zkoušky a odvozenou hodnotou. Právě zde se ukazuje, že naměřené číslo není samo o sobě vlastností horninového prostředí. Jeho výpovědní hodnota závisí na způsobu odběru nebo provedení zkoušky, na typu zeminy či horniny, na porušení vzorku, měřítku zkoušky, drenážních podmínkách, geologické stavbě a srovnatelné zkušenosti. Interpretace výsledků je nezbytným krokem mezi pouhým měřením a zaznamenáváním dat a technicky použitelným podkladem.

6. Data ze zkoušek nejsou bez kontextu úplná

Inženýrský geolog rozumí přírodním podmínkám. Umí číst, co se v krajině dělo, a odhadnout, co se v ní může dít dál. Vychází ze znalosti geologického vývoje, geomorfologie, hydrogeologie a procesů, které utvářely současné horninové prostředí. Mocná vrstva holocenních fluvialních sedimentů není pouze stratigrafická informace; může upozorňovat na záplavové riziko, vysokou stlačitelnost, proměnlivý režim podzemní vody nebo problematické zakládání. Svah není jen morfologický tvar, ale systém, který může reagovat na přetížení, odvodnění, vsakování, erozi nebo změnu využití území.

Stejně důležité je uvažovat opačným směrem: nejen jak prostředí ovlivní stavbu, ale i jak budoucí konstrukce ovlivní prostředí. Stavba se dvěma suterény může změnit proudění podzemní vody a lokálně zvýšit hydraulické gradienty; v nepříznivých podmínkách může dojít k vynášení jemnozrnných částic a k následným deformacím nebo propadání zemin. Přetížení koruny svahu silničním násypem nebo těžkou stavbou může aktivovat svahový pohyb. Vsakování dešťové vody do podloží v místě zástavby může změnit režim nasycení a stabilitu zemin. To nejsou okrajové poznámky ani formální úvod průzkumné zprávy. Jde o přírodovědnou část inženýrskogeologické interpretace, bez níž nelze správně pochopit význam jednotlivých dat ze sond a zkoušek.

Širší geologický kontext nemá být v závěrečné zprávě samoúčelným popisem prostředí v celé jeho složitosti (od vzniku Země, přes dinosaury až po lovce mamutů). Je nástrojem výběru toho, co je pro stavbu podstatné. Pomáhá rozhodnout, která data jsou významná, které nejistoty mohou ovlivnit návrh a kde by mechanické zjednodušení prostředí mohlo být zavádějící. Úkolem zprávy není pouze zaznamenat, co bylo zastiženo terénními pracemi, měřeními a laboratorními zkouškami, ale vysvětlit, co zastižené prostředí znamená pro plánovanou stavbu, její realizaci a dlouhodobé fungování.

7. Komu patří mechanika zemin a hornin?

Kam vlastně spadají technické normy a testování mechanických vlastností základové půdy? Je to ještě popis přírodního prostředí, nebo už technická disciplína? Tato otázka je nepohodlná, ale nelze se jí vyhnout (mechanika zemin a hornin např. není předmětem zkoušky odborné způsobilosti podle vyhl. č. 206/2001 Sb., současně není požadovaná ani státní zkouška nebo jiná zkouška podobného zaměření absolvovaná během studia na VŠ). Mechanika zemin a hornin je technické zkoumání vlastností přírodních materiálů. Nedá se jednoduše přiřadit jen jedné profesi. Geotechnický návrh s mechanickými vlastnostmi zemin a hornin pracuje jako s technickými parametry, k jejich proměnlivosti je však nutné přistupovat v přírodovědném kontextu nebo matematicky a v souladu s EC7-2 odst. 2.4.2.4.

Inženýrský geolog nemusí umět počítat únosnost pilot. Potřebuje ale vědět, jaké vlastnosti se do takového výpočtu zadávají, pokud je objednávka na průzkum stavby založené na pilotách (pro mezní stavy). Bavíme se o stlačitelnosti, smykové pevnosti, konzistenci, ulehlosti a objemové tíze. Eurokód 7 dává návod, jakými typy zkoušek se k těmto hodnotám lze dostat a jak s nimi dále pracovat.

U hornin je hranice mezi popisem přírodního prostředí a technickým hodnocením obzvlášť dobře vidět. Orientace, rozevření a četnost puklin jsou popisem horninového prostředí. Jakmile ale popisujeme drsnost puklin, výplň, přítomnost vody, pevnost bloků, zvětrání nebo použitelnost klasifikací horninového masivu, pohybujeme se už v prostoru technických metodik a norem, jejichž cílem je popsat prostředí se zřetelem k jeho mechanickému chování. Geologický zákon a prováděcí vyhlášky tento technický rozměr výslovně nerozpracovávají. Právě proto není znalost technických norem, včetně metodiky interpretace a vyhodnocení polních zkoušek podle EC7-2 kap. 4, pro inženýrského geologa vnějším doplňkem, ale podmínkou toho, aby jeho popis prostředí mohl být technicky správně interpretován.

8. Spor o názvosloví

Česká debata o inženýrskogeologickém a geotechnickém průzkumu se často redukuje na spor o názvosloví. Ve skutečnosti však nejde pouze o terminologii. Podstatná je otázka, jak má být rozdělena odborná odpovědnost mezi průzkum a návrh průzkumu (typy a délky sond, odběry vzorků a analýzy) a kdo má formulovat technický význam výsledků průzkumných prací. Potkává se zde pojetí geotechnického návrhu podle Eurokódu 7, samostatný právní režim geologických prací a praktická potřeba objednatele získat použitelný podklad pro rozhodování.

Není možné, aby geolog přebíral odpovědnost za návrhové rozhodnutí projektanta. Projektant však potřebuje interpretovaný podklad, ze kterého může vytvořit geotechnický model, zvolit parametry a provést návrh.

Neochota k interpretaci ze strany geologa mnohdy vychází z nedostatku odbornosti, snahy se vyhnout zodpovědnosti ale také z obavy, že interpretace bude chápána jako krok k návrhovému rozhodnutí. Tato obava je pochopitelná zejména tam, kde není jasně nastavena hranice mezi odpovědností autora průzkumu a odpovědností projektanta. Řešením však nemůže být rezignace na interpretaci a pouhé předání naměřených dat (např. počet úderů dynamické penetrace, hodnoty q_c a f_s z výsledků statické penetrace). Řešením je interpretaci provádět otevřeně: uvést, z čeho vychází, jaké předpoklady používá, jaké má limity, jaké alternativy připouští a které nejistoty zůstávají pro návrh podstatné. Pokud daný řešitel neumí vyhodnocovat složité mechanické analýzy, může si najmout experta jehož závěrečnou zprávu umístí do příloh (viz vyhl. 369/2004 Sb.). Mechanické vlastnosti od jednotlivých expertů mohou být statisticky zpracovány díky možným znalostem matematiky zpracovatele nebo moderního využití AI.

Pokud se geologové budou držet tvrzení, že jejich úkolem je pouze popsat přírodní prostředí a dodat data, vzdávají se důležité části své práce. Takto předané výsledky jsou pro projektanta obtížně použitelné. K požadovanému výsledku však nelze dojít ani bez jasného zadání, sdělení návrhového záměru a spolupráce projektanta s autorem průzkumu. Pokud potřebné podklady chybí, je nutné se doptat objednatele, projektanta nebo osoby odpovědné za zadání průzkumu.

Spor o vztah inženýrskogeologického a geotechnického modelu je důležitý, ale neměl by zastínit podstatnější otázku: jak odborně zjednodušit přírodní prostředí, tak, aby nebyla ztracena geologická podstata problému a současně vznikl podklad použitelný pro návrh. Modely jsou totiž dva: jeden je 3D rozložení vrstev, jejich zvětrání, přítomnost zlomů, saturace vodou volná hladina podzemní vody... a model numerický, který jednotlivým vrstvám dává mechanické a fyzikální vlastnosti. Nemůžeme zde rozhodnout, kde přesně má končit odpovědnost geologa a začínat odpovědnost projektanta. Je však zřejmé, že mezi výsledkem průzkumné práce a návrhovým rozhodnutím existuje nezbytný interpretační krok. Právě tento krok je pro inženýrskou geologii klíčový.

9. Závěr

Pokud se budou geologové k aplikovaným metodikám a technickým postupům stavět zdrženlivě a zůstanou především u popisu přírodního prostředí, v němž jediným numerickým zhodnocením základové půdy bývá převzatá tabulková hodnota (ze 16 roků zrušené normy ČSN 73 1001 pro plošné zakládání), mohou se postupně ocitnout v profesně slabé pozici. Při dalším vývoji legislativy a technických standardů může být rozhodování o technickém významu průzkumných dat přesunuto mimo inženýrskou geologii a její výstupy se pro projektanty stanou snadno nahraditelnými.

Eurokód 7 proto není vhodné vnímat jako ohrožení oboru, ale jako metodický rámec, který pomáhá porozumět testování zemin a hornin, práci s odvozenými hodnotami a převodu geologického poznání do podkladů použitelných pro návrh. Symbolická shoda výročí spojovaných s Quidem Zárubou a Karlem Terzaghim připomíná, že porozumění geologickému prostředí a jeho technické zjednodušení pro návrh stavby nejsou dvě oddělené oblasti, ale dvě strany téhož problému.

Právě zde může inženýrská geologie posílit svoji roli: ne tím, že se vzdá své geologické podstaty, ale tím, že ji dokáže uplatnit v technickém rozhodování o stavbě.

Poděkování: Příspěvek byl připraven ve spolupráci s mojí manželkou Mgr. Magdou Poulovou, MSc.

Seznam literatury

ČSN 73 1001 – Zakládání staveb – Základová půda pod plošnými základy (*Norma byla v roce 2010 zrušena a nahrazena koncepcí Eurokódů, zejména ČSN EN 1997-1 a ČSN EN 1997-2.*)
ČSN EN 1997-2 – Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí – Část 2: Průzkum a zkoušení základové půdy (*Eurocode 7: Geotechnical design – Part 2: Ground investigation and testing*)
ČSN EN ISO 22476-9 – Geotechnický průzkum a zkoušení – Terénní zkoušky – Část 9: Zkouška vrtulkovou sondou (*Geotechnical investigation and testing – Field testing – Part 9: Field vane test*)

Vyhláška č. 206/2001 Sb., Vyhláška Ministerstva životního prostředí o osvědčení odborné způsobilosti projektovat, provádět a vyhodnocovat geologické práce.

Vyhláška č. 368/2004 Sb., o geologické dokumentaci

Vyhláška č. 369/2004 Sb. Vyhláška o projektování, provádění a vyhodnocování geologických prací, oznamování rizikových geofaktorů a o postupu při výpočtu zásob výhradních ložisek