

## 4. PRÁCE STAVEBNĚ-GEOLOGICKÉHO (IG, GT) PRŮZKUMU

Sestávají z následujících položek:

- Podrobná rekognoskace zkoumaného území
- Archivní šetření a rešerše
- Nové mapovací práce
- Geofyzikální prospekce
- Odkryvné práce (a jejich dokumentace)
- Doplnkové práce při pracech odkryvných
- Terénní zkoušky a měření
- Měřické práce
- Laboratorní práce

### 4.1 PODROBNÁ REKOGNOSKACE ZKOUMANÉHO ÚZEMÍ

je nezbytnou podmínkou zahájení stavebně-geologického (SG – případně GT, IG) průzkumu. Pouze osobní obchůzkou, prohlídkou a pozorováním v terénu lze komplexně zachytit charakter místa v kterém bude probíhat další činnost. Prakticky pouze rekognoskací lze pochopit stávající vazby na bližší i širší okolí. Není zcela od věci snaha „vcítit se“ do problému. Velmi důležitá je terénní prohlídka, pokud má být realizován vážnější stavební zásah do (životního) prostředí.

Při rekognoskaci je vždy nutné studovat indikace vedoucí k identifikaci **inženýrských sítí a vedení**; zjevných (nadzemní vedení – zde především elektro, komunikace a překážky v nich, příkopy a strouhy, apod.), ale i skrytých (kanalizační vpusti a šachtice, poklopy vodovodních šachtic, hydranty a uzávěry vody a plynu apod.) a ty porovnávat s údaji v situacích a mapách. Velmi vhodnou součástí rekognoskace bývají i rozhovory s místními občany, především pamětníky, kteří mohou uvést významné informace k historii předmětného území (takto získané údaje je však nutné nicméně hodnotit opatrně a kriticky).

### 4.2 ARCHÍVNÍ ŠETŘENÍ A REŠERŠE

mají za úkol maximálně využít údaje které již byly o dané lokalitě (či o jejím širším okolí) v minulosti na různých úrovních získány a učinit tak nový průzkum co nejhospodárnější. Obvykle se do této fáze průzkumu řadí:

- Využití výsledků základního a aplikovaného výzkumu studiem (víceméně) běžně přístupné odborné literatury, která se daným územím či problémem zabývá (či zabývala). Standardně sem náleží publikace zabývající se regionálně-geologickým členěním území případně jeho geomorfologií
- Studium stávajících map (geologických, geomorfologických, IG, HG, nerostných surovin apod.) včetně podrobných vysvětlivek k těmto mapám
- Využití údajů uložených v archívu **České geologické služby – Geofondu**

*[Základním účelem a předmětem činnosti organizační složky státu „České geologické služby – Geofondu“ je podle zřizovací listiny:*

- vykonávat funkci archivního, dokumentačního, informačního a studijního centra státní geologické služby v České republice ve smyslu § 17 odst. 2 zákona ČNR č. 62/1988 Sb., o geologických pracích a o Českém geologickém úřadu, ve znění zákona č. 543/1991 Sb. a zákona č. 366/2000 Sb.
- jeho úkolem je zejména shromažďovat, trvale uchovávat, odborně zpracovávat a zpřístupňovat výsledky provedených geologických prací a umožňovat jejich využití pro potřeby vědy, ochrany a rozvoje nerostných zdrojů, pro péči a tvorbu životního prostředí i pro územní plánování
- v působnosti informačního centra státní geologické služby poskytovat odbornou podporu orgánům státní správy a samosprávy
- dalším úkolem je zpracovávat českou produkci geologických dokumentů do národních a mezinárodních systémů a zprostředkovávat jejich využívání]

**Česká geologická služba – Geofond - <http://www.geofond.cz>**

Adresa Praha: Kostelní 26 170 06 Praha 7 Tel: 233 371 190; Fax: 233 373 806;

E-mail: [geofond@geofond.cz](mailto:geofond@geofond.cz)

Adresa Kutná Hora: Dačického náměstí 11 284 01 Kutná Hora Tel: 327 512 220;

Fax: 327 512 220; E-mail: [geofond@sendme.cz](mailto:geofond@sendme.cz)]

- Využití údajů uložených v archívech stávajících nebo bývalých průzkumných firem a organizací. Stávající průzkumné organizace (v Brně např. GEOTest Brno a.s.) příp. (často privatizované) archívy bývalých průzkumných organizací (v Brně např. archiv bývalého s.p. Stavoprojekt) s uloženými daty zacházejí komerčně, běžně formou vypracování archivní rešerše pro předmětnou lokalitu.

## 4.3 NOVÉ MAPOVACÍ PRÁCE

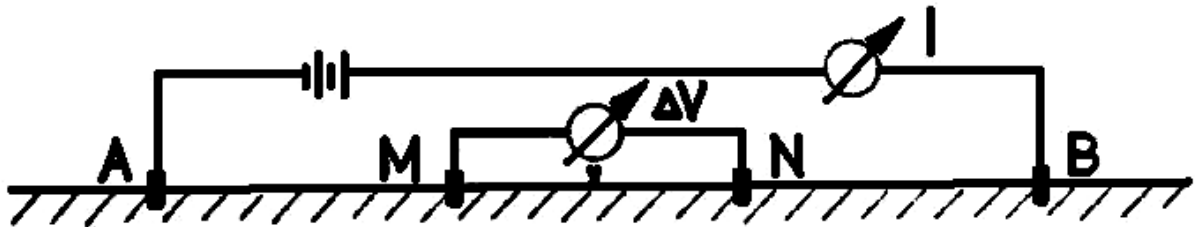
Provádějí se obvykle pouze pro významné stavební záměry (dálnice; nové těleso rychlé železnice; vodní dílo – VD; významná podzemní stavba – především pro oblast jejich portálů apod.). Mapování provádějí často specialisté (mapéři) podle směrnic České geologické služby. Vznikají tzv. **účelové geologické mapy**, standardně podrobných až velmi podrobných měřítek.

## 4.4 GEOFYZIKÁLNÍ PROSPEKCE

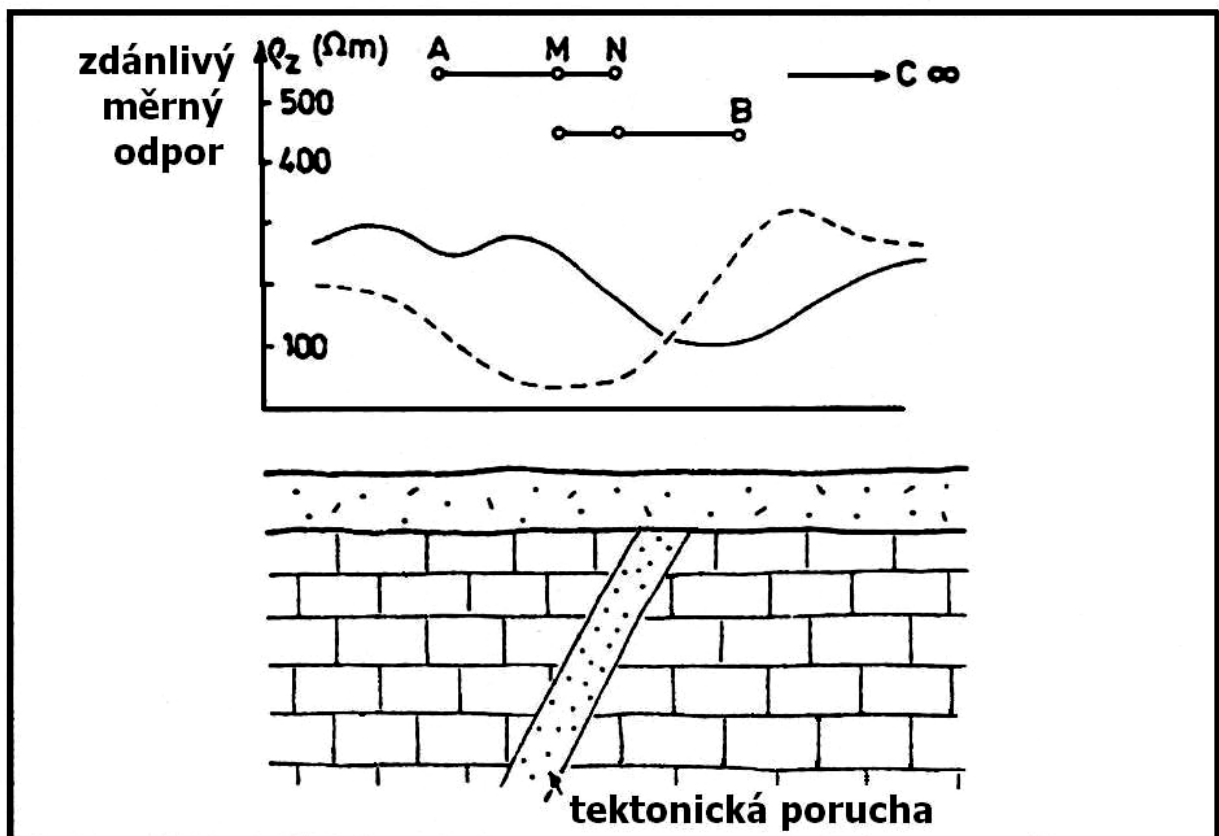
Zabývá se průzkumem země prostřednictvím zjišťování fyzikálních dějů (občas nad povrchem), běžně pak na povrchu a uvnitř masívu. Využívá všech možných fyzikálních principů. Pracuje především následujícími metodami:

- **GEOELEKTRIKA** – měří elektrické parametry horniny, především **měrný** (též **specifický, zdánlivý**) **odpor  $\rho_z$** . Obecně a velmi zjednodušeně lze konstatovat, že se **zvyšující se kvalitou vrstvy horniny měrný odpor geologického prostředí stoupá** (tato závislost je přitom ovlivněna i tlakem, stavem napjatosti masívu, teplotou, vodou, obsahem různých minerálů případně i dalšími vlivy). Standardně se geoelektrické metody nasazují ve dvou základních variantách, a to jako:

o **Odporové profilování** (obvykle jako „symetrické odporové profilování“ – **SOP**), při kterém jsou elektrody umístěny ve stejné vzdálenosti – profilování má tedy přibližně stálý hloubkový dosah. Odporové profilování se nejčastěji provádí metodou podle Wennera s konstantní vzdáleností elektrod (zavádějících elektrický proud  $I$  i elektrod měrných, snímajících potenciálový rozdíl  $\Delta V$ ) – obr. 4.1 a 4.2.

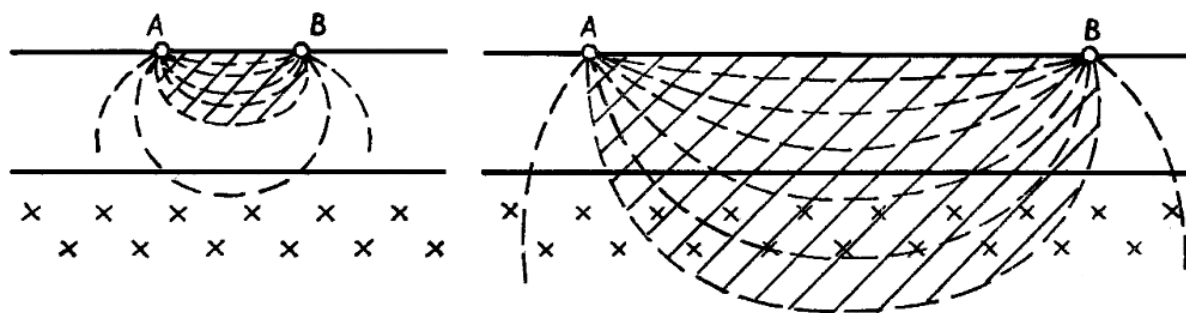


Obr. 4.1 Symetrické uspořádání elektrod při odporovém profilování podle Wennera. A,B – proudové elektrody zavádějící proud  $I$ ; M,N – měřicí elektrody snímající potenciálový rozdíl  $\Delta V$ . Zdánlivý měrný odpor  $\rho_z = k \Delta V / I$  (kde  $k$  = koeficient uspořádání závislý na vzdálenostech mezi elektrodami) (J. Pašek, M. Matula a kol., 1995)



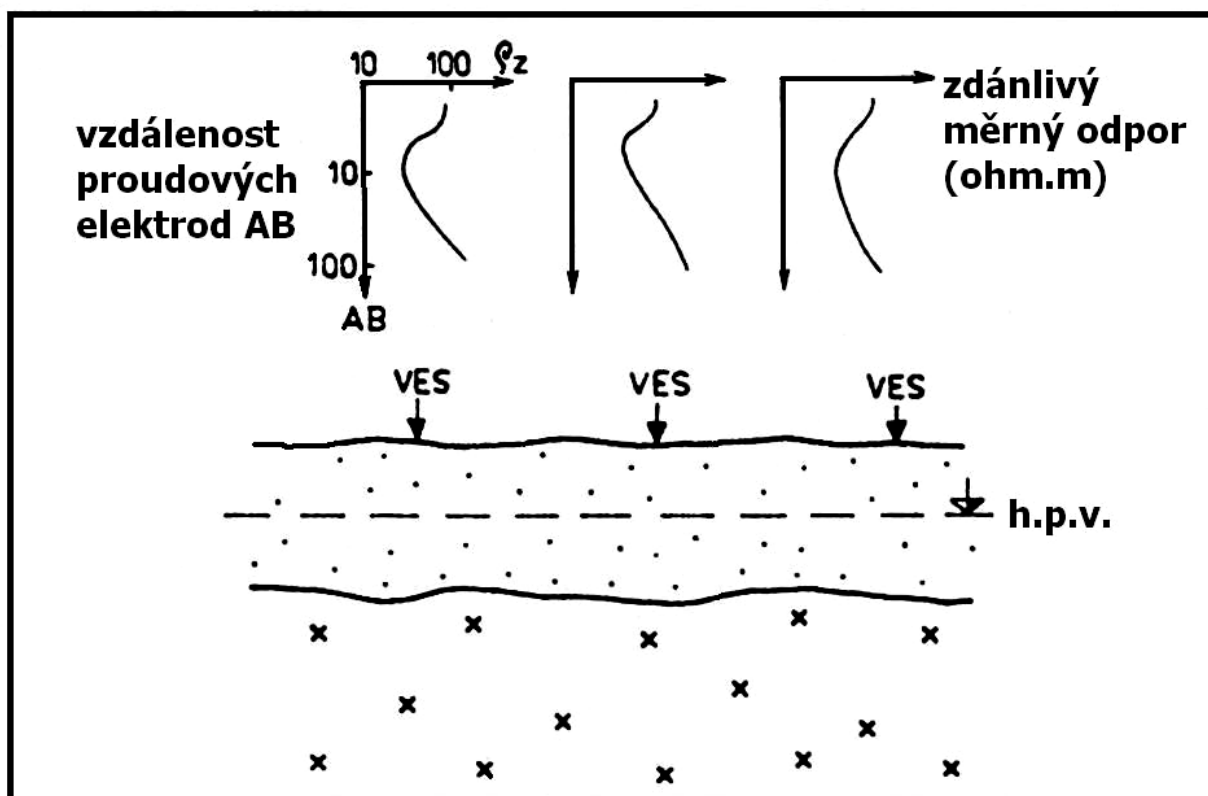
Obr. 4.2 Schéma měření odporovým profilováním (podle K. Müllera in J. Pašek, M. Matula a kol., 1995)

o **Elektrické sondování** (obvykle jako „vertikální elektrické sondování“ - **VES**), při kterém jsou elektrody zavádějící proud postupně vzdalovány od fixního měrného místa – hloubkový dosah sondy se potom postupně mění ( $\Rightarrow$  zvyšuje); obr. 4.3; 4.4.



**VES - závislost hloubkového dosahu na vzdálenosti proudových elektrod**

Obr. 4.3 (J. Pašek, M. Matula a kol., 1995)



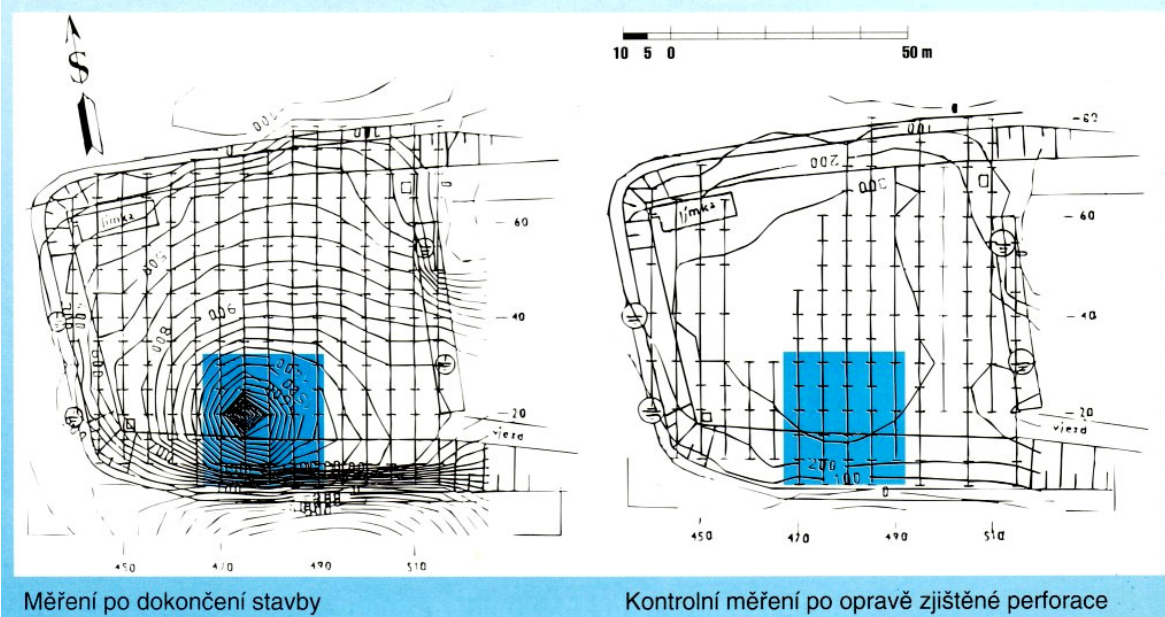
Obr. 4.4 Schéma měření odporovým sondováním (podle K. Müllera in J. Pašek, M. Matula a kol., 1995)

Jak odporové profilování, tak elektrické sondování mají v IG obecně i ve stavebně-geologickém (SG) průzkumu zvlášť významné místo.

Elektrickými metodami lze ověřit řadu geologických údajů (litologii vrstev v podloží, jejich stupeň navětrání, zvětrání či porušení, h. p. v., tektoniku a oslabené zóny, prostorové omezení svahových deformací ap.) a dále například i funkci přírodních nebo umělých těsnících geobariér (obr. 4.5).



## CHARAKTER GEOELEKTRICKÉHO POLE NA SKLÁDCE ŠTERNBERK



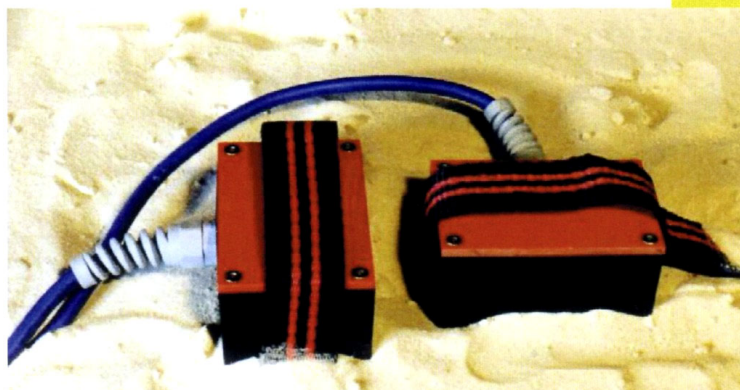
Obr. 4.5 Kontrolní geoelektrický systém funkce izolačních a těsnících vrstev skládky (fy Geofyzika a.s. Brno, 1994)

- **SEISMIKA** – využívá šíření **pružných vln** v geologickém prostředí. Jedná se o vlny podélné a příčné, vyvolané řízeným **vzruchem** na povrchu či pod povrchem. Doběh pružných vln způsobených vzruchem do určitého místa je registrován **geofony**.

*Vzruch může být vyvolán **odstřelem** (pro potřebu standardního stavebně-geologického průzkumu často postačí i velmi lehká náložka – běžná ženijní 100gramovka nebo i rozbuška – palník). Další možností pro vnesení vzruchu je výkonný **vibrátor** (systém „VIBROSEIS“) nebo pouhý **úder** (řada postupně se načítajících úderů) těžkým kladivem nebo palicí na povrch prostředí (=> lehká úderová seismika).*

***Geofon** je zařízení umožňující přeměnit kmity geologického prostředí vyvolané příchodem seismických vln na kmity elektrické. Pro pozemní měření se používají především geofony indukční (pohyb cívky v magnetickém poli). Pro měření na vodní hladině se používají piezoelektrické geofony = hydrofony (využívající změny piezoelektrických vlastností některých materiálů působením tlaku vyvolaného seismickou vlnou ve vodě). Viz obr 4.6.*

Horizontal Geophone directed as H1 or H2 receiver



Obr. 4.6 Geofon (fy Geotomographie Neuwied, SRN, 2003)

Seismické vlny se odrážejí a lámou na (litologickém, geologickém) rozhraní a běží ke geofonu, či se k němu vracejí. Je známa vzdálenost mezi místem vzruchu a geofonem, pomocí geofonu resp. měřicí aparatury na něj napojené registrujeme čas doběhu pružné vlny. Lze potom dopočítat rychlost šíření seismických vln. Obecně lze konstatovat, že **čím kvalitnější je geologické prostředí, tak tím vyšší je rychlost šíření seismických vln.** Seismická měření se běžně realizují jako:

o **Metoda přímých vln** (též **seismického prozařování, seismická karotáž**) – obr. 4.7; 3.8

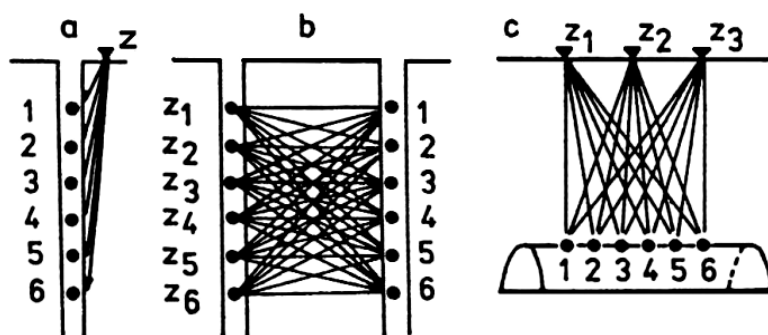
o **Metoda refrakční** (metoda **lomených vln - MLV**) – obr. 4.9

o **Metoda reflexní** (reflekční, metoda **odražených vln - MOV**) – obr. 4.10

o Méně často mohou být realizována jako prostorová – ve formě tzv. **seismické tomografie**. Význam tomografie v současné době velmi vzrůstá.

Seismická měření jsou v IG a ve stavebně-geologickém (SG) průzkumu velmi významná.

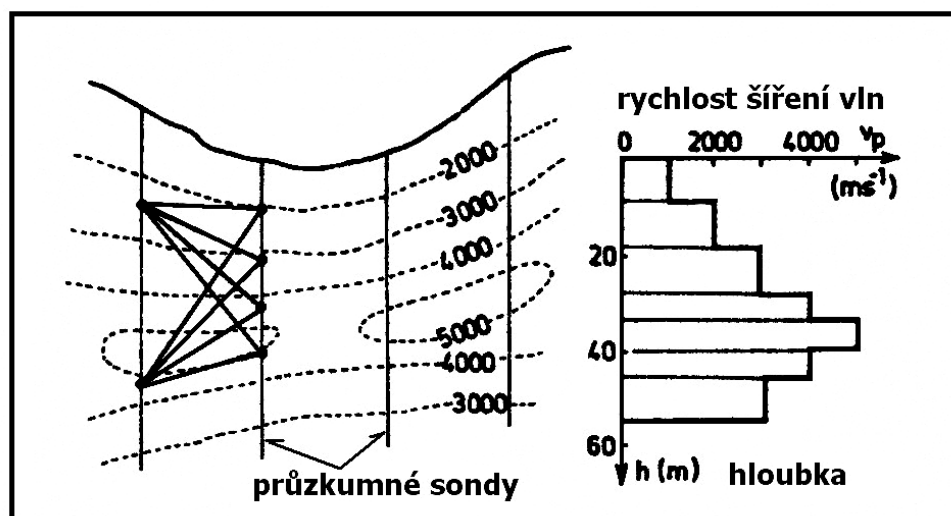
Seismickým měřením lze vedle geologických údajů (ověření litologie vrstev v podloží, jejich stupně zvětrání či porušení, h. p. v., tektonika atd.) rovněž ověřit i některé vlastnosti prostředí (seismický modul pružnosti  $E_{seis}$ ; seismické Poissonovo číslo  $\nu_{seis}$  – viz dále mechanika hornin).



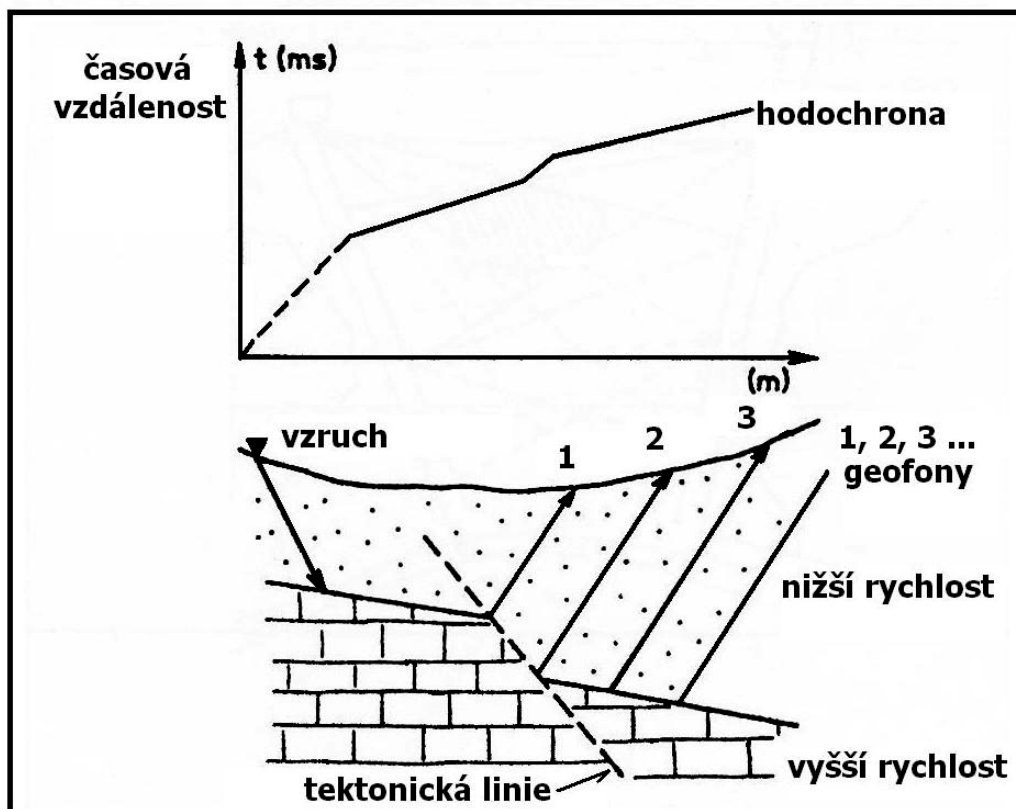
Varianty měření metodou přímých vln - seismické prozařování

a – seismická karotáž, b – prozařování mezi vrty, c – prozařování mezi průzkumnou štolou a povrchem,  $z_1$ – $z_6$  – zdroje vlnění, 1–6 – geofony

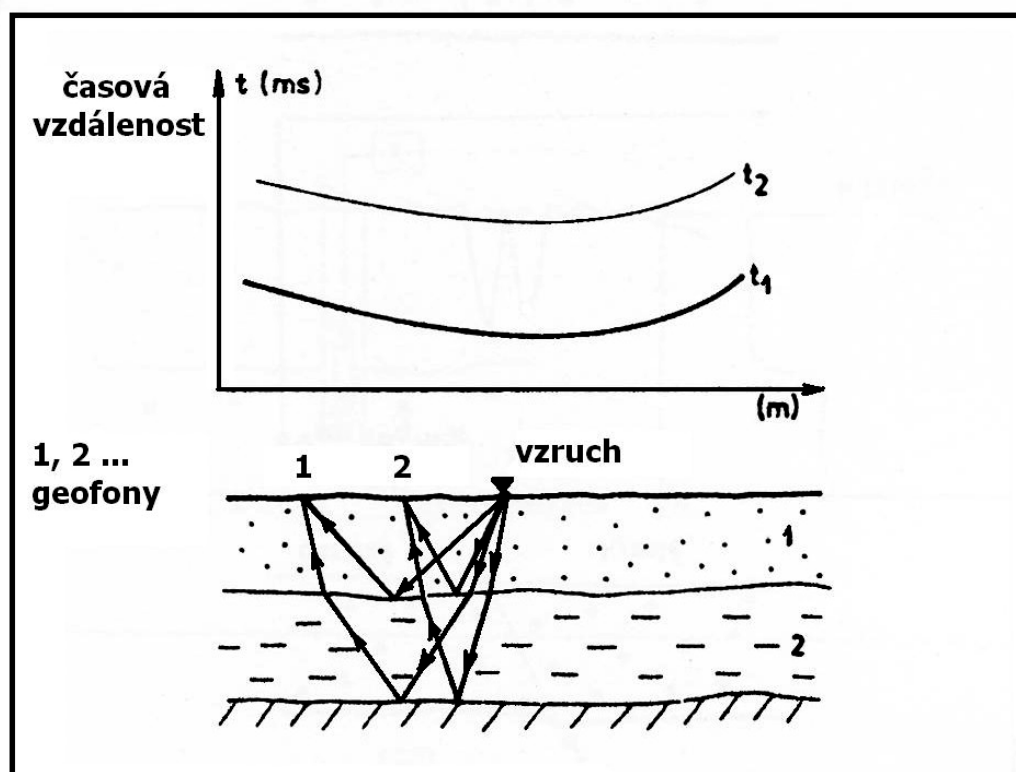
Obr. 4.7 (J. Pašek, M. Matula a kol., 1995)



Obr. 4.8 Schéma měření seismickým prozařováním či karotáž (podle K. Müllera in J. Pašek, M. Matula a kol., 1995)



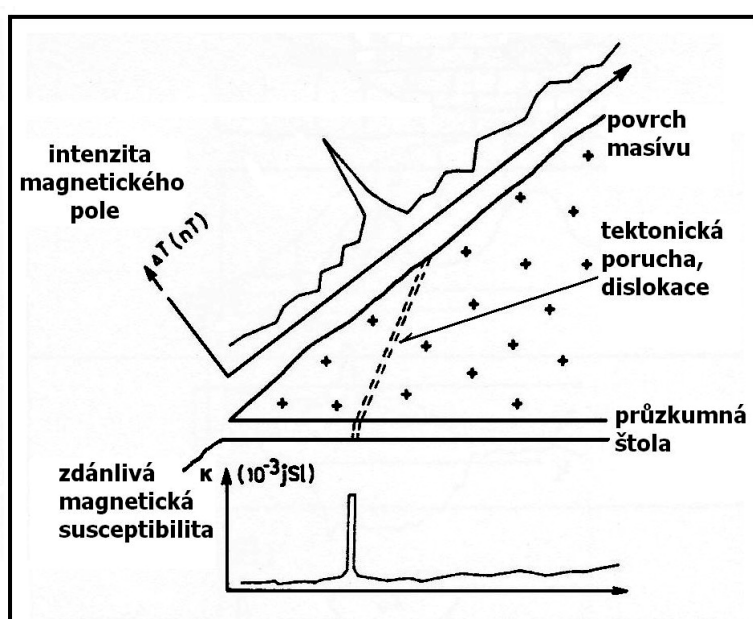
Obr. 4.9 Schéma měření metodou refrakčně seismickou (podle K. Müllera in J. Pašek, M. Matula a kol., 1995)



Obr. 4.10 Schéma měření metodou reflexně seismickou (podle K. Müllera in J. Pašek, M. Matula a kol., 1995)

- **MAGNETOMETRIE** - měří magnetické charakteristiky geologického prostředí (horizontální a vertikální složku magnetického pole země, jeho gradient a deklinaci). K měření se používají přístroje různých konstrukcí zvané **magnetometry** (obr. 4.12). Účelem magnetometrických měření je především regionální geologické mapování (tj. ověření zakrytých geologických těles větších rozměrů; vyhledávání ložiskových areálů především feromagnetických hornin; prospekce roponosných struktur). Původně pozemní magnetometrie je dnes nahrazena převážně aeromagnetometrií, když pozemní magnetometrie se používá převážně pro měření v detailu.

V IG a SG průzkumu není magnetometrie obvykle příliš významná. Je vhodná např. pro mapování tektonických poruch a dislokací (obr. 4.11) nebo ověřování kontaktů mezi kyselými a bazickými horninami. Významu nabývá například v archeologickém průzkumu nebo při vyhledávání staré (nevybuchlé) munice v bývalých vojenských prostorech (obr. 4.13) případně podzemních vedení a sítí.

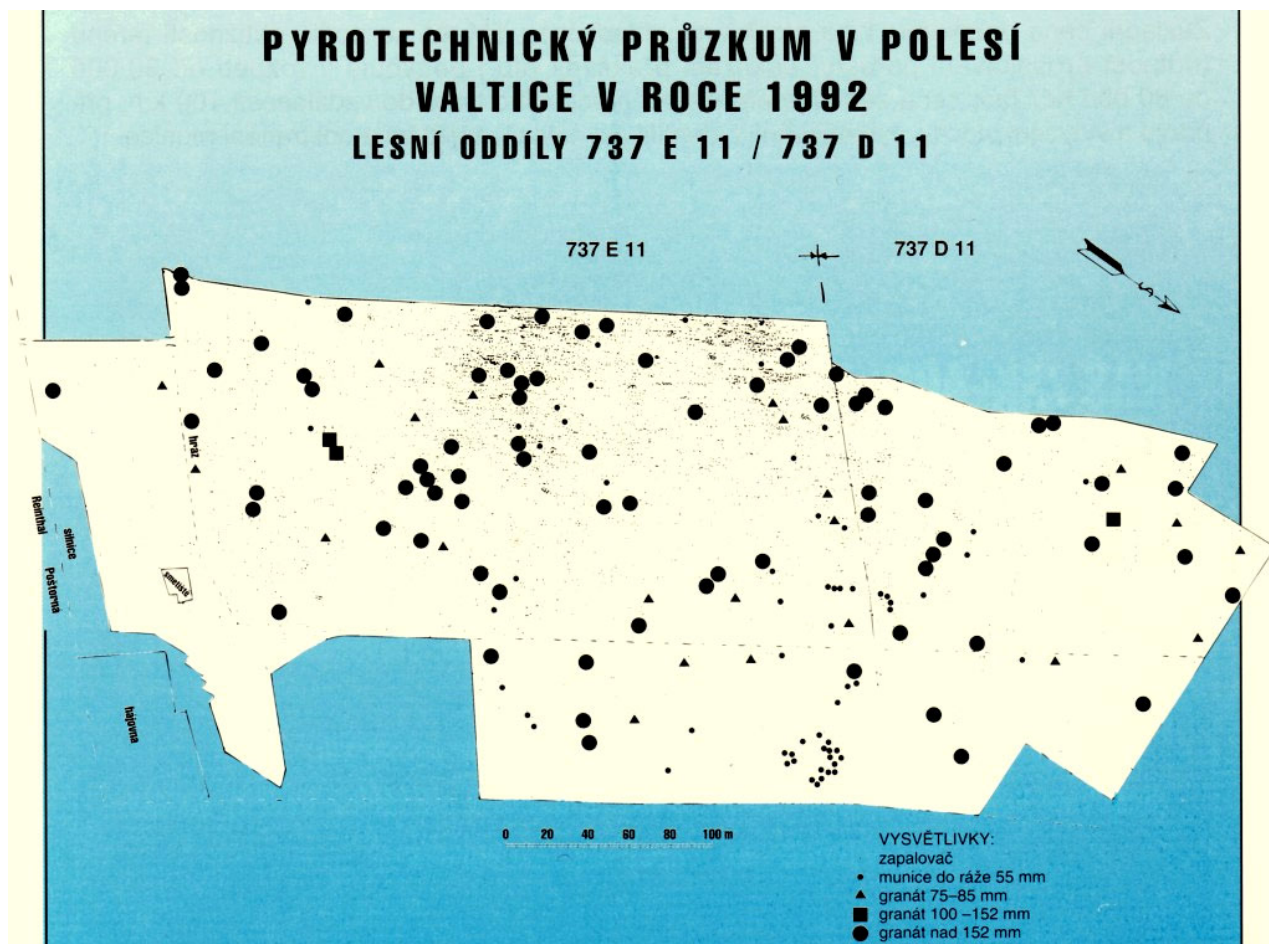


Obr. 4.11  
Magnetometrické měření – schéma (podle K. Müllera in J. Pašek, M. Matula a kol., 1995)



Obr. 4.12  
Magnetometr na lehké kolové lafetě (fy Geonics Limited, Missassauga, Ontario, Kanada, 2003)





Obr. 4.13 Magnetometrie použitá pro pyrotechnický průzkum (fy Geofyzika a.s. Brno, 1994)

- **RADIOMETRIE** – se zabývá měřením přirozené či vyvolané radioaktivity. Podle druhu detekovaného záření se dělí na metody:
  - o Alfa
  - o Beta
  - o Gama

Podle způsobu měření záření se dělí na:

- o **Metody měření úhrnné aktivity**
- o **Měření spektrometrická**

V oboru geologie jsou objektem měření přirozené radioaktivní prvky podmiňující radioaktivitu v horninách, vodách a půdním či atmosférickém vzduchu. Měřením radioaktivity lze vyhledávat radioaktivní suroviny, mapovat a charakterizovat geologické struktury, určovat poruchové linie a v příznivých případech provádět průzkum i neradioaktivních surovin. Pro ověření radioaktivity prostředí se používají **detektory** (ionizační komory, Geiger-Müllerovy počítací trubice, detektory neutronů ap.) a **radiometrické přístroje** (dozimetry, počítače impulsů ap.). Radiometrie se realizuje jako pozemní i jako letecká.

Role radiometrie v IG a SG průzkumu není příliš významná, s výjimkou tzv. **radonové prospekce** pro stanovení „**radonového rizika**“ (= množství radonu obsaženého v půdním vzduchu příp. v p. v.; jedná se o polní měření **emanace** - tzv. **emanometrii**) – obr. 4.14.

Otázka sledování objemových aktivit radonu a jeho dceřinných produktů v půdním vzduchu a v obytných prostorách je u nás, ale i ve světě, stále aktuální. Radon tím, že se hromadí v budovách, přispívá významnou měrou k celkové expozici člověka ionizujícím zářením. Průměrná roční ekvivalentní objemová aktivita radonu v budovách smí být podle Vyhl. 76/91 Sb. 100 Bq/m<sup>3</sup> pro novou výstavbu, pro starou zástavbu je povolena hodnota 200 Bq/m<sup>3</sup>.

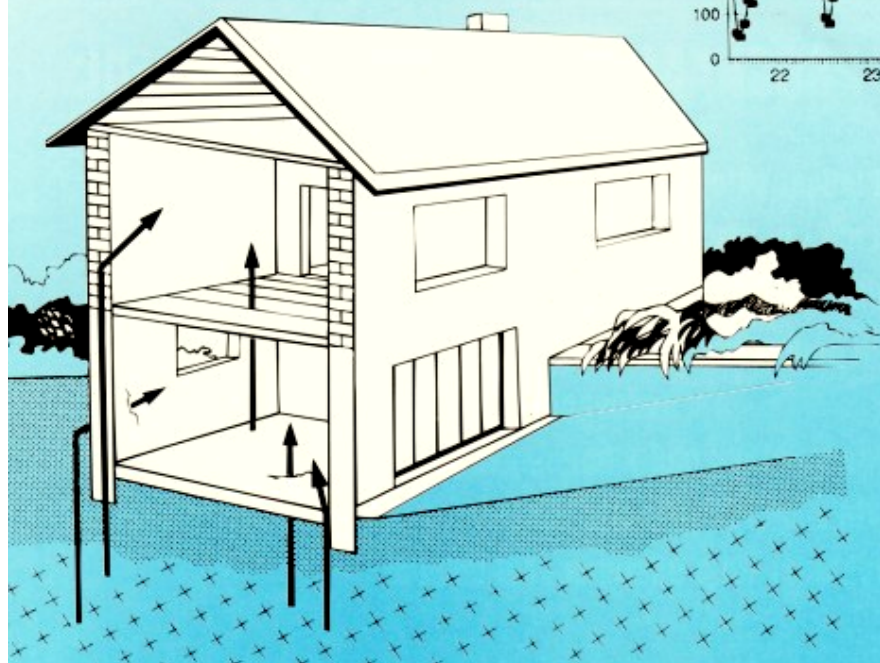
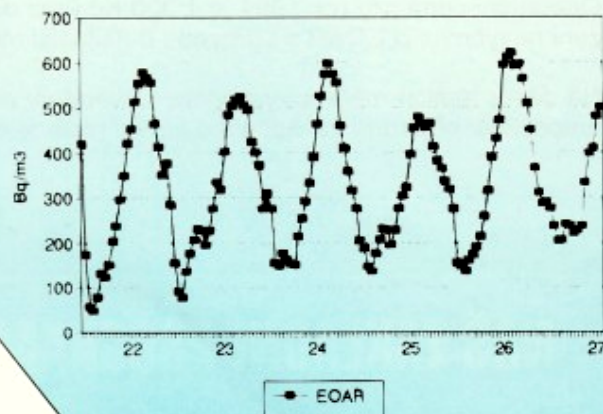
Za hlavní zdroje radonu můžeme považovat zemní vzduch, stavební materiály a vodu.

Vzduch z půdy obsahující radon se může dostat do domu jakýmkoliv otvorem mezi domem a podlažím. Nejčastěji se to děje podlahou nebo stěnami, které jsou ve styku se zemí, netěsnostmi kolem prostupů instalačních vedení, dále prasklinami a otvory procházejícími přímo do země. Tyto otvory mohou být často téměř nezřetelné. Tlak vzduchu uvnitř domu je nižší než tlak půdního vzduchu, takže půdní vzduch je často dovnitř domu nasáván.

Stavební materiály, jako cihly, tvárnice, panely a kámen, ale i materiály na výrobu betonu a omítek (především písky), také mohou obsahovat určitá množství uranu a produkovat radon.

Určitý význam má přínos radonu vodou.

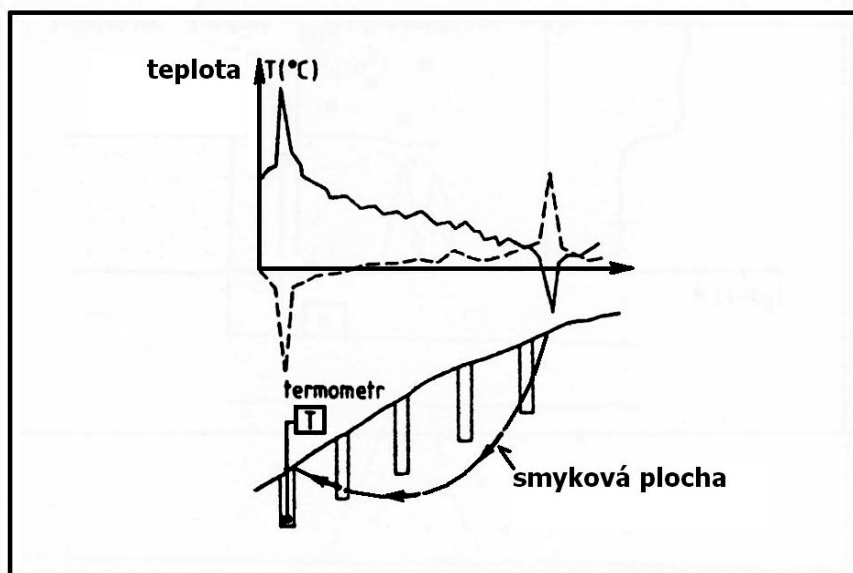
Radon uvolňovaný z vody se koncentruje především v místech, kde se taková voda ve větší míře používá (koupelny, kuchyně, apod.)



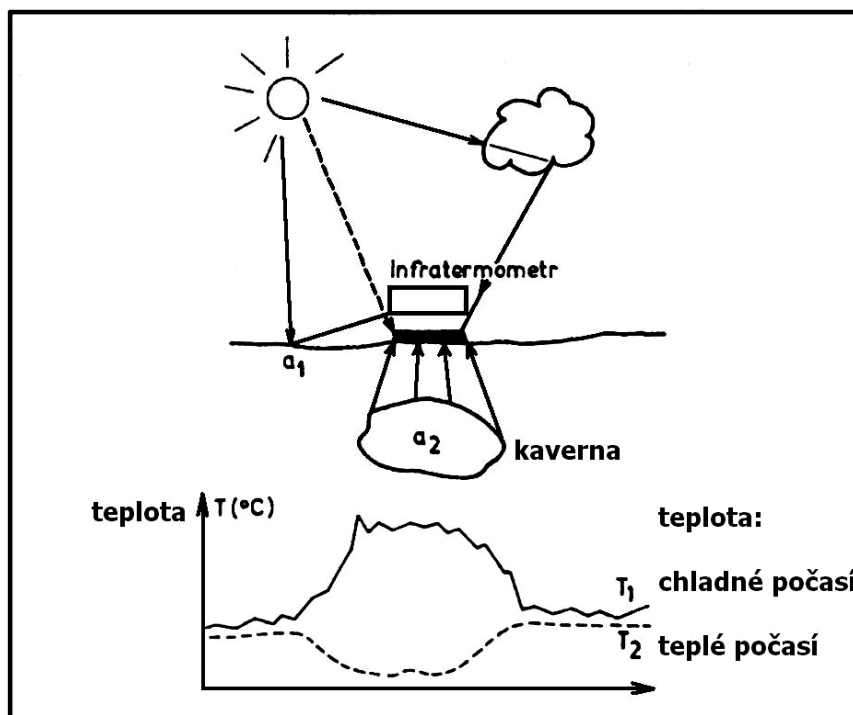
Grafická prezentace týdenního měření koncentrace radonu v rodinném domku (Letkovice). Na diagramu jsou vidět cyklické změny v režimu den a noc, způsobené výkyvy teplot.

Obr. 4.14 Stanovení stupně radonového rizika (Geofyzika a.s. Brno, 1994)

- **TERMOMETRIE** – měří přirozené tepelné pole, jeho gradient, tepelnou vodivost a tepelný tok. Termometrie je důležitou metodou u velmi hlubokých vrtů, vrtů určených pro využití geotermální energie nebo při průzkumu pro hluboce umístěné podzemní stavby – tzv. bazové tunely, příp. pro hluboká podzemní úložiště odpadů především radioaktivních (zde všude je nutné respektovat tzv. geotermální stupeň v hodnotě cca 33 m; tj. vzrůst přirozené teploty horninového masívu o cca  $1^{\circ}\text{C}$  na každých 33 m hloubky). Měření se provádí teploměry => **termometry** ( $^{\circ}\text{C}$ ) nebo **diferenciálními termometry** ( $^{\circ}\text{Cm}^{-1}$ ) přičemž se neměří přímo teplota hornin, ale teplota kapaliny ve vrtu (karotážní termometrie).



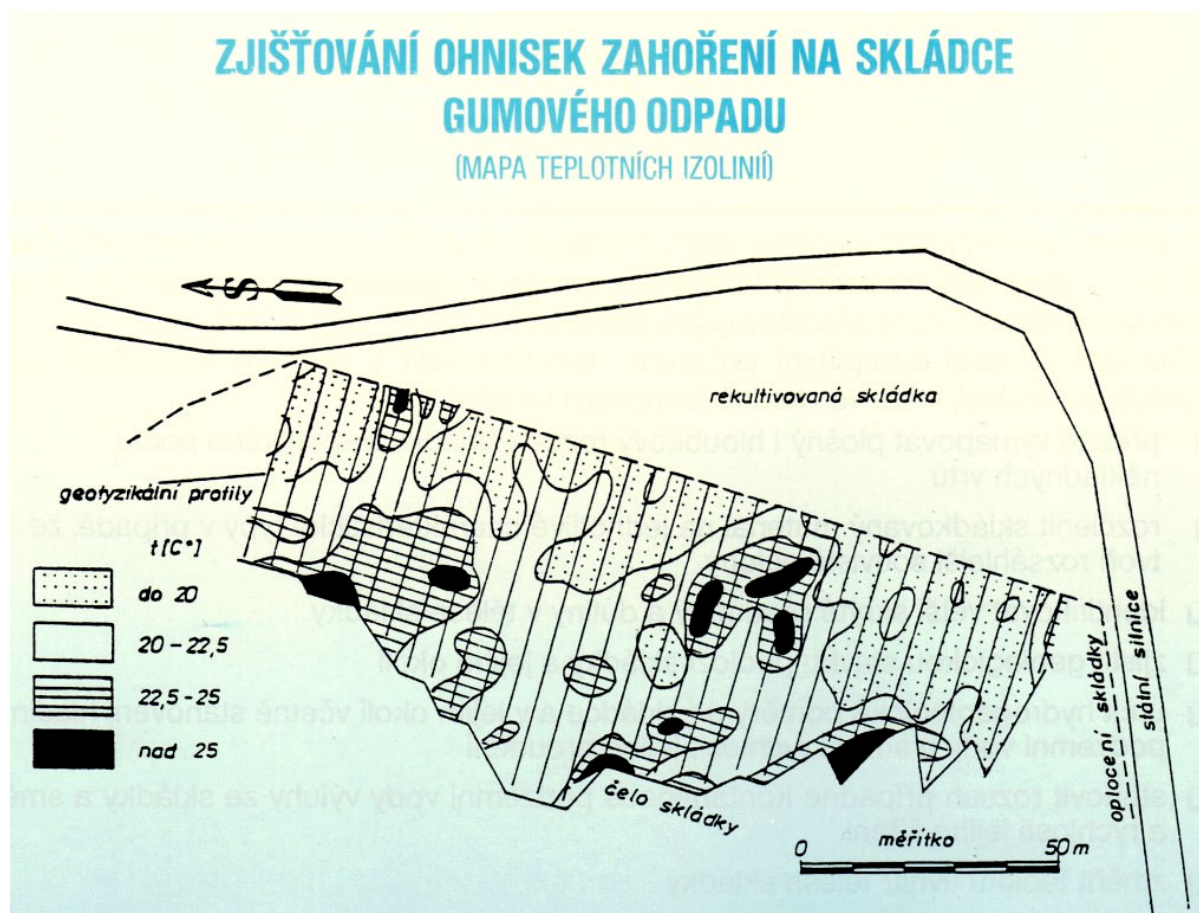
Obr. 4.15 Schéma termometrického kontaktního měření pro vymezení smykové plochy sesuvu (podle K. Müllera in J. Pašek, M. Matula a kol., 1995)



Obr. 4.16 Schéma termometrického bezkontaktního měření pro mapování mělkých dutin, kaveren a dislokací (podle K. Müllera in J. Pašek, M. Matula a kol., 1995)



Termometrie s použitím přesných termometrů (kontaktních, bezkontaktních) se v poslední době využívá v IG a SG průzkumu k měření na smykových plochách sesuvů (pohybem hmot podél smykové plochy se vyvíjí teplo – obr. 4.15) nebo při indikaci podzemních prostor, dutin či kaveren (zde se jedná se o velmi vhodnou metodu, pokud je mezi dutinou a okolním prostředím dostatečně velký teplotní kontrast – obr. 4.16). Termometrie je použitelná i při zjišťování ohnisek zahoření ve skládkách a haldách (obr. 4.17).

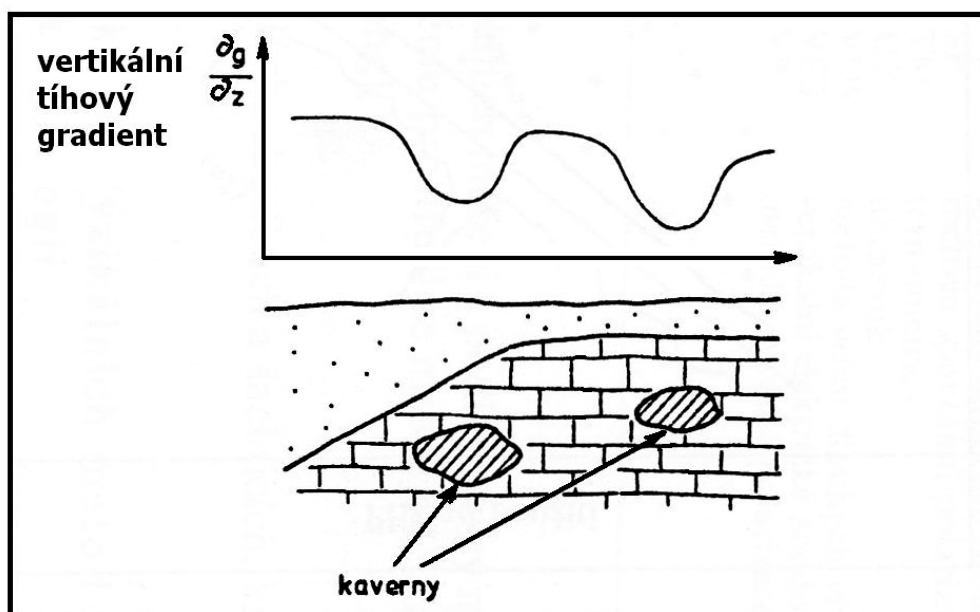


Obr. 4.17 Termometrie použitá pro zjištění ohnisek požáru ve skládce (fy Geofyzika a.s. Brno, 1994)

- **GRAVIMETRIE** – se zabývá měřením tíhového pole země. Lze tak vymezit horninové celky s odlišnou objemovou hmotností a potažmo i původem (např. vyvřeliny [objemová hmotnost  $\rho = 2\,600$  až  $3\,000\text{ kgm}^{-3}$ ] versus sedimenty [objemová hmotnost  $\rho = 2\,200$  až  $2\,400\text{ kgm}^{-3}$ ]); obdobně lze stanovit poruchová pásma (s výrazným snížením objemové hmotnosti horniny  $\rho$ ) nebo vymapovat neznámé podzemní prostory, dutiny či kaverny. Měření se provádí **gravimetry (mikrogravimetry)** na principu srovnání tíhy s elastickou silou, kterou dovedeme přesně změřit (plynové gravimetry s tlakem plynu; mechanické gravimetry s pružinami) – viz obr. 4.18.

Metoda zaznamenala v IG (SG) v poslední době jistou renesanci především v souvislosti s nasazením nové generace **mikrogravimetrů**. Velmi úspěšně byla gravimetrie (mikrogravimetrie) použita pro vyhledávání kaveren vytvořených během povodní v l. 1997 a 2002, především pod komunikacemi ve městech.





Obr. 4.18 Schéma gravimetrického měření pro mapování dutin, kaveren a kontaktů hornin s různou objemovou hmotností (podle K. Müllera in J. Pašek, M. Matula a kol., 1995)

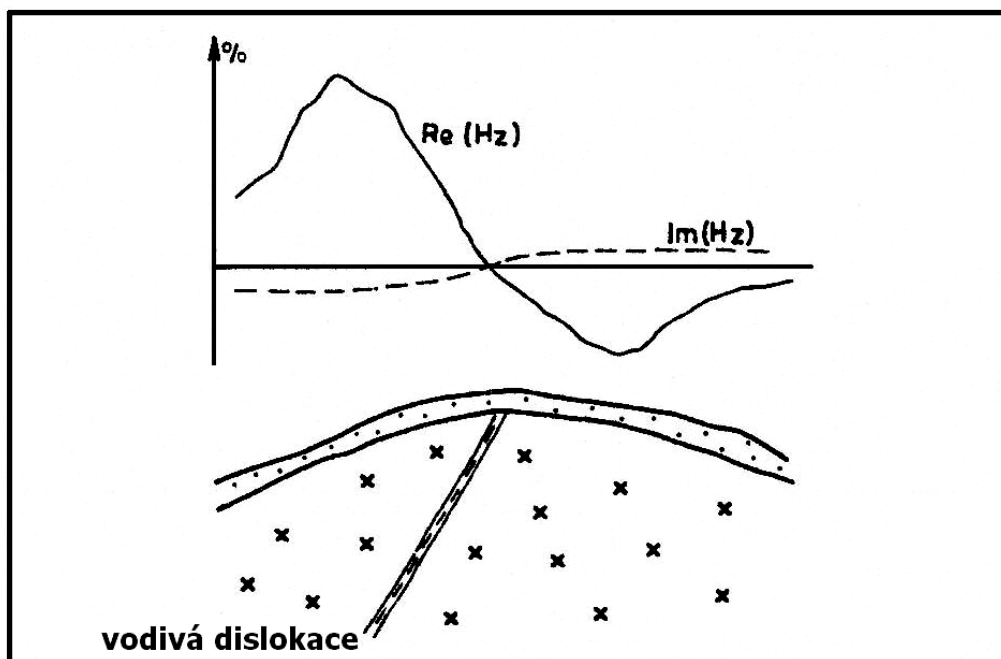
- **METODA VELMI DLOUHÝCH VLN (VDV)** – je pozoruhodným vedlejším produktem využití elektromagnetického pole velmi silných navigačních a spojových radiostanic, sloužících především jako pojítka ponorkám (vlnové délky 12 až 30 km; frekvence 10 až 25 kHz). Elektromagnetická vlna je v horninovém prostředí tlumena na vlnu rovinnou a je-li v území vodivá zóna (např. tektonická linie nebo dislokace zaplněná jílem či vodou), vzniká indukcí sekundární elektromagnetické pole s vysokým gradientem. To pak lze přímým měřením vysledovat a vymapovat (obr. 4.19).

Metoda je velmi jednoduchá a rychlá; slouží však především základnímu geologickému výzkumu a průzkumu.

*[Borisovova skupina má dvacet čtyři lidi, z toho jsou čtyři geologové. Na břehu řeky stojí pec na chleba, právě roztápějí černou baňu pro koupel, na kraji tábora je stáj. Pro mapování mají k dispozici dvacet koní. Jedno z pěti děvčat je kuchařka. Co si můžou prospektoři v horách přát? Mapují do map 1:50 000, to je nejlepší měřítko. Žádné detaily. V padesátitisícovce si člověk nejlépe porozumí s územím, které zkoumá. Někteří z nich jsou geofyzici. Na základě fotogeologických prací dělají magnetometrická měření po liniích vzdálených čtyři sta metrů od sebe.*

*„Taky používáme metodu velmi dlouhých vln,“ říká malý geolog Jurij. To je jedna z nejmodernějších a nejsvráznějších geofyzikálních metod, v poslední době se používá i v Československu. Geolog nese na konci tyče po krajině malou plechovou krabičku. Tam, kde se v podzemí skrývají dlouhé struktury, tady například pegmatitové žíly, ve kterých se křišťál nachází, ozve se ve sluchátkách tón. Lineární struktury totiž v podzemí fungují jako antény, které odrážejí dlouhé vlny vysílané někde o tisíce kilometrů dál vysílači, používanými některými ze států pro řízení ponorek. Výrobce radiokeepu, jak se přístroj jmenuje, dokonce k výrobku dodává seznam, parametry a vysílací časy těchto stanic. Koně a ponorky – není to opravdu krásná praktická geologie?*

*O. Štěrba – J. Štětina: Od pramenů k oceánu. Panorama. Praha. 1987].*

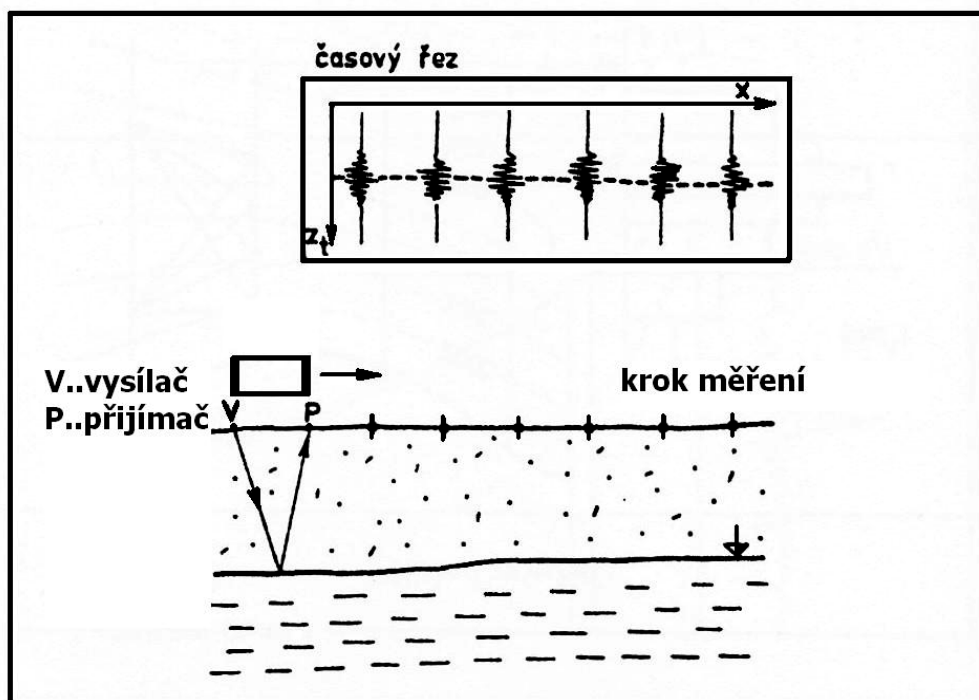


Obr. 4.19 Schéma měření metodou VDV pro mapování kontaktů odporově odlišných hornin a vodivých dislokací (podle K. Müllera in J. Pašek, M. Matula a kol., 1995)

- **RADIOLOKAČNÍ SONDOVÁNÍ (GEORADAR)** – je velmi moderní a prudce se rozvíjející metodou geofyzikálního průzkumu. Využívá odrazu elektromagnetických impulsů vysoké frekvence (řádově ve stovkách MHz) od rozhraní vrstev s rozdílnou poměrnou permitivitou. Měřicí aparatura sestává z **vysílače** a **přijímače**, může být přenosná i pojízdná (na podvozku). Hloubkový dosah stávajících *běžných* aparatur není příliš vysoký – max. do cca 10 m. V IG a SG průzkumu se standardně používá pro detailní měření varianta pozemní (nejnověji i ve vrtech jako karotážní); pro radiolokační prospekci velkých území je úspěšně používán i letecký či kosmický georadar. Viz obr. 4.20 až 4.22.



Obr.4.20 Pojízdné georadary (fy Sensors & Software a fy Noggin, Missassauga, Kanada)



Obr. 4.21 Schéma měření radiolokační metodou – georadarem (podle K. Müllera in J. Pašek, M. Matula a kol., 1995)

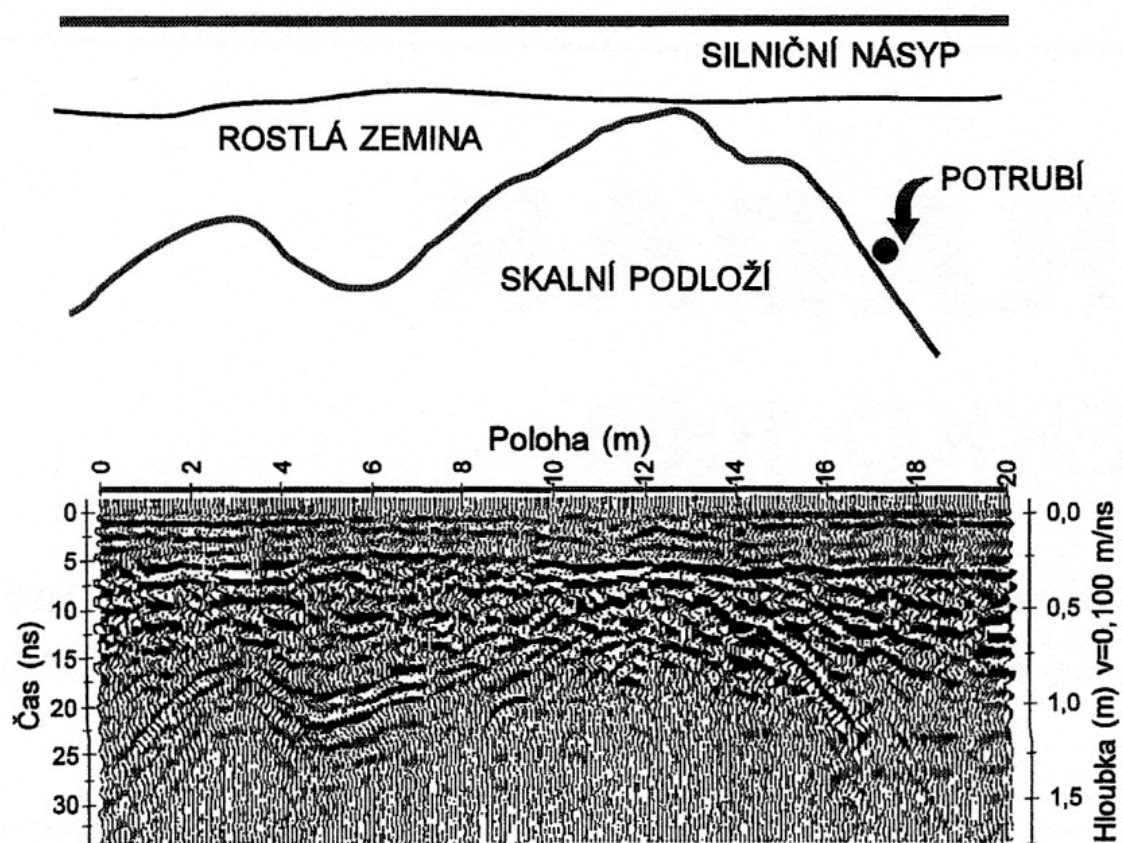


Obr. 4.22 Pojízdný a přenosný georadar (fy RADAR Systems, Inc., Riga, Latvia)

Metoda radiolokačního sondování se v IG a SG průzkumu využívá pro stanovení litologického profilu v podloží, pro určení h. p. v. a nalezení podzemních prostor, dutin či kaveren a zbytků starých konstrukcí v podzemí, jako i přesnou lokalizaci inženýrských sítí uložených pod povrchem. Prakticky nenahraditelná je tato metoda při průzkumu pro trasy těchto sítí, prováděných především v intravilánu **mikrotunelováním**. Velmi úspěšně byly georadary nasazeny při vyhledávání kaveren a dutin vytvořených po povodních v l. 1997 a 2002, především pod komunikacemi (obr. 4.23 až 4.25).

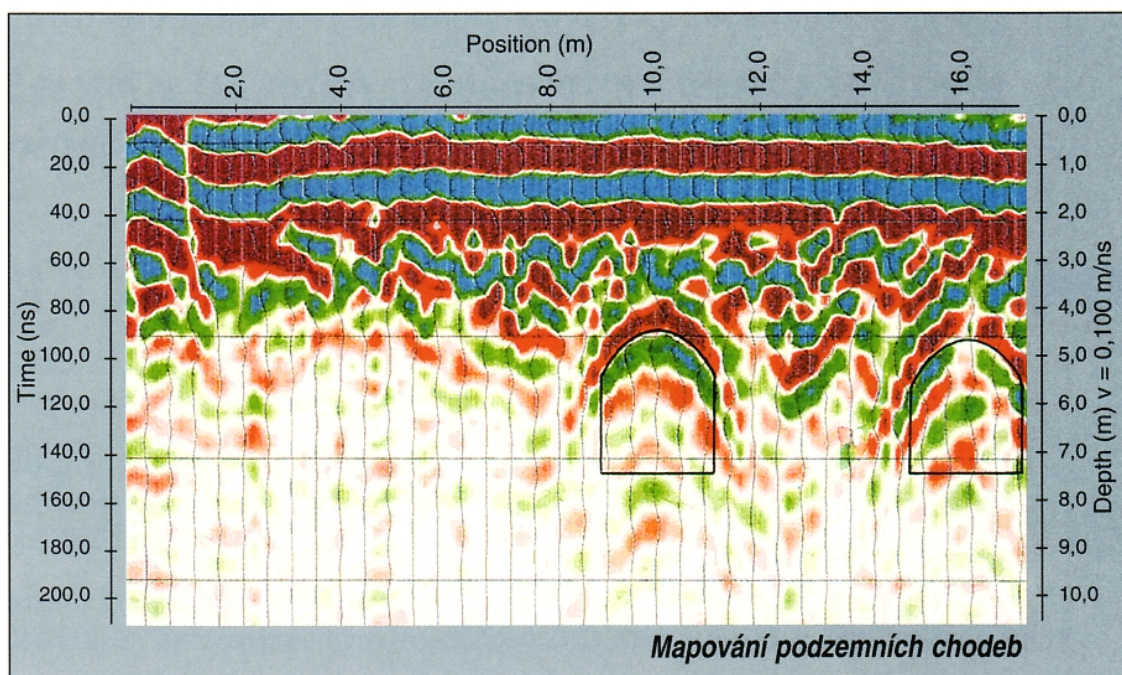
Georadar je relativně novou geofyzikální průzkumnou metodou. Jeho význam postupně narůstá. Pro jeho nasazení je nezbytná kombinace moderního vysoce sofistikovaného hardware a především vyhodnocovacího a zobrazovacího software. Výsledky měření jsou potom k dispozici v reálném čase.





*Určení hloubky a průběhu skalního podloží  
(popř. i umístění potrubí) pomocí georadaru.*

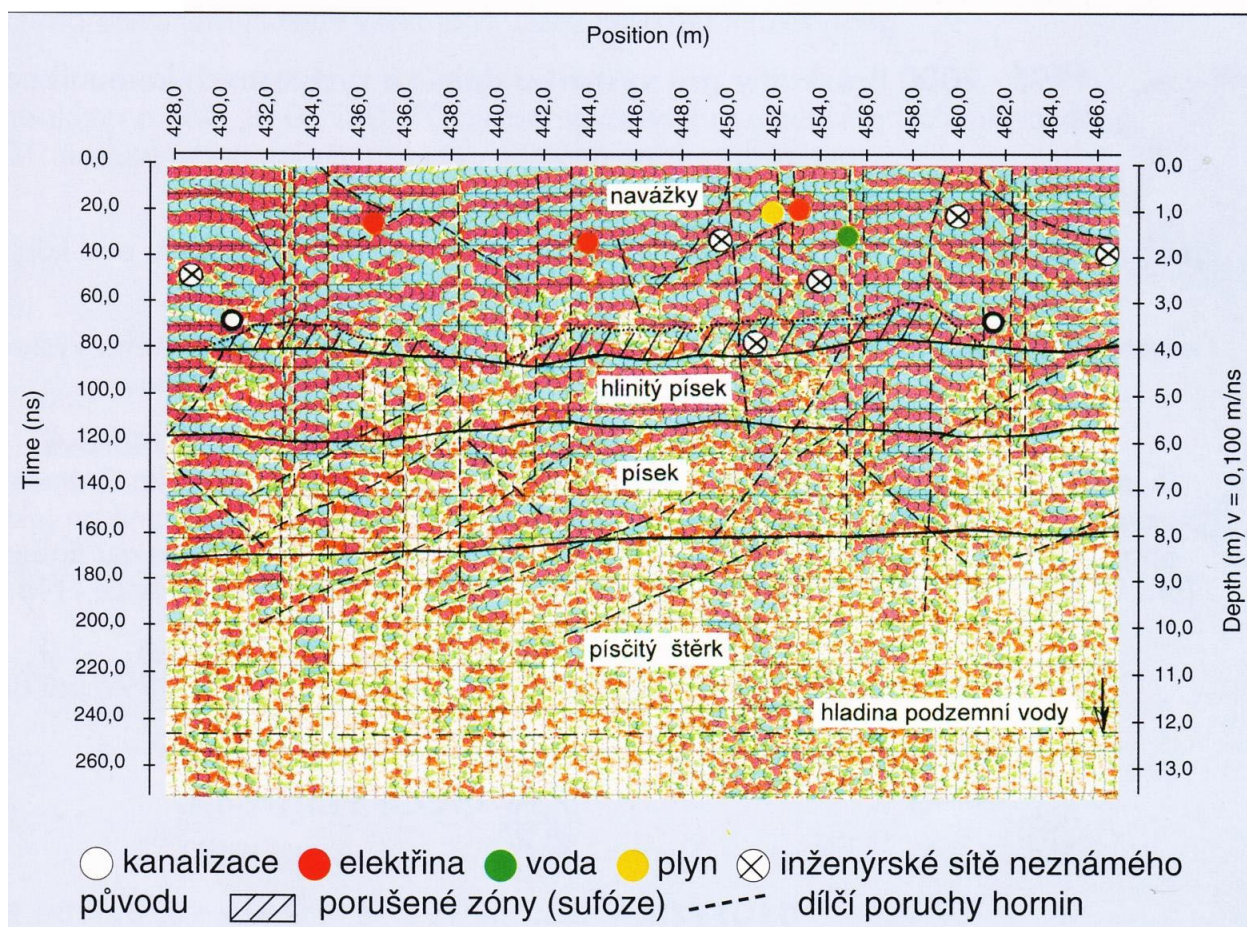
Obr. 4.23 (fy Stavební Geologie GEOTECHNIKA a.s. Praha)



Obr. 4.24 (fy Geofyzika a.s. Brno)



## INTERPRETOVANÝ RADAROVÝ ŘEZ Z LOKALITY PRAHA - PANSKÁ ULICE - TRASA KOLEKTORU



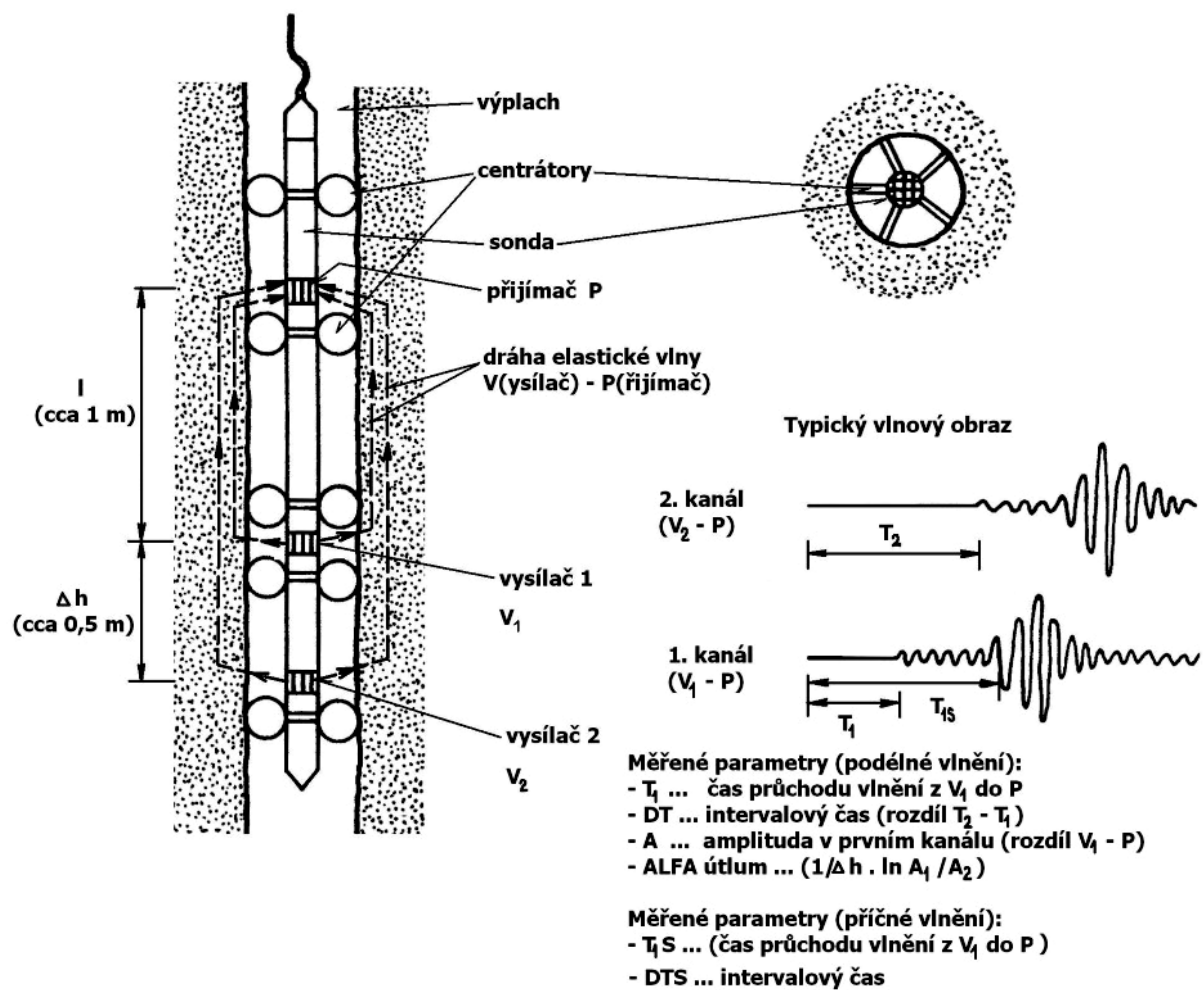
Obr. 4.25 (fy Geofyzika a.s. Brno)

- **KAROTÁŽNÍ MĚŘENÍ** jsou měření realizovaná **ve vrtech**. Nejčastěji se ve vrtech používají právě **měření geofyzikální**.

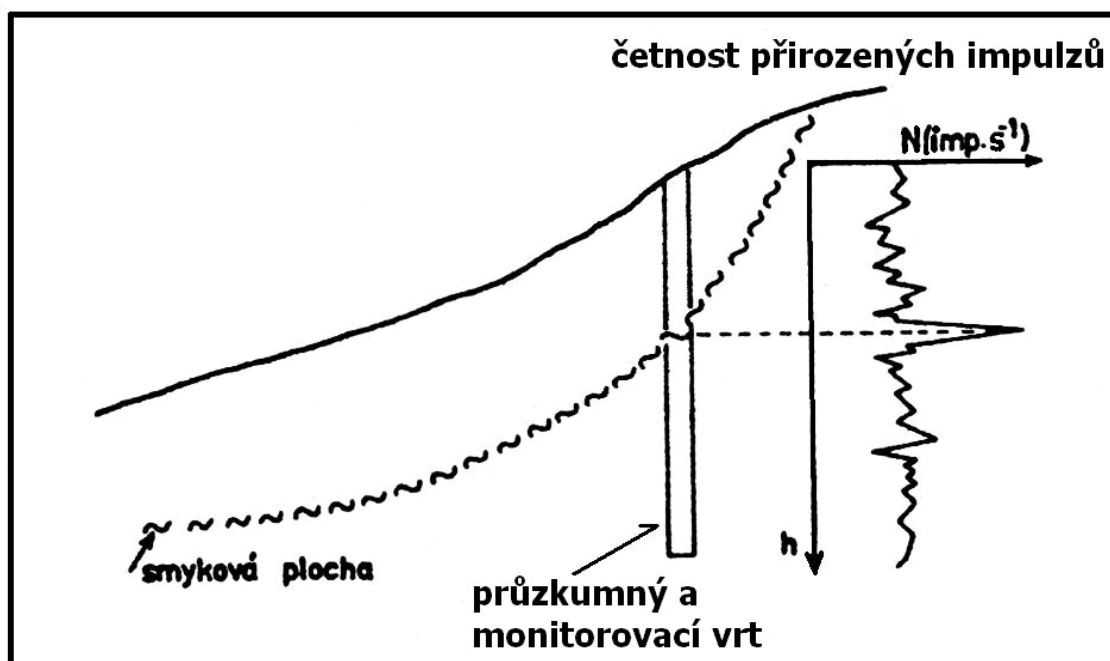
Ke geofyzikálním karotážím se často přiřazují i měření, která *nejdou geofyzikální*; zde se pak jedná o **proměření geometrických charakteristik vrtu** (**kavernometrie**, méně často i **inklinometrie**) a dále **prohlídka vrtu** (optickou sondou => **periskop** či dnes víceméně standardně **TV sonda**).

Z geofyzikálních karotáží se nejčastěji používají:

o **Akustická (seismoakustická) karotáž** = karotážní varianta seismické metody. Měření se provádí obvykle ultrazvukovou sondou vybavenou vysílačem vln a jedním nebo více přijímači těchto vln. Měří se rychlost lomené (refrakční) vlny po stěně vrtu příp. tzv. průběhový čas vyjadřující rozdíl časů příchodu vlny mezi dvěma přijímači (obr. 4.26). Slouží ke stanovení pórovitosti zemin a hornin, jejich vrstevnatosti či puklinatosti. Používá se též pro ověření stavu napjatosti masívu, případně pro identifikaci **geodynamických jevů** (sesuvy, řícení) resp. jejich aktivních smykových zón (obr. 4.27).

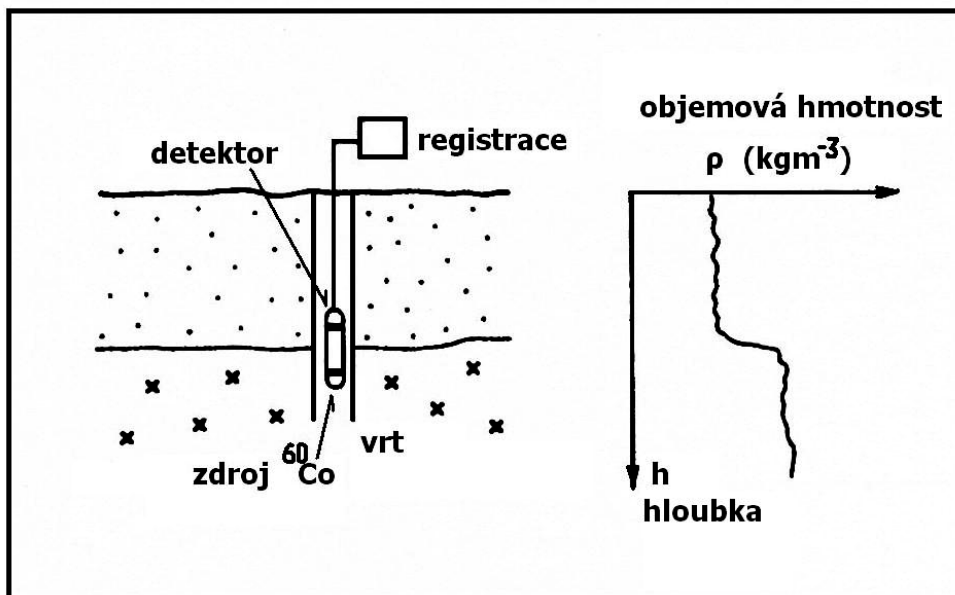


Obr. 4.26 Schéma sondy pro (seismo)akustickou karotáž (podle M. Šamalíkové a I. Trávníčka, 1984)

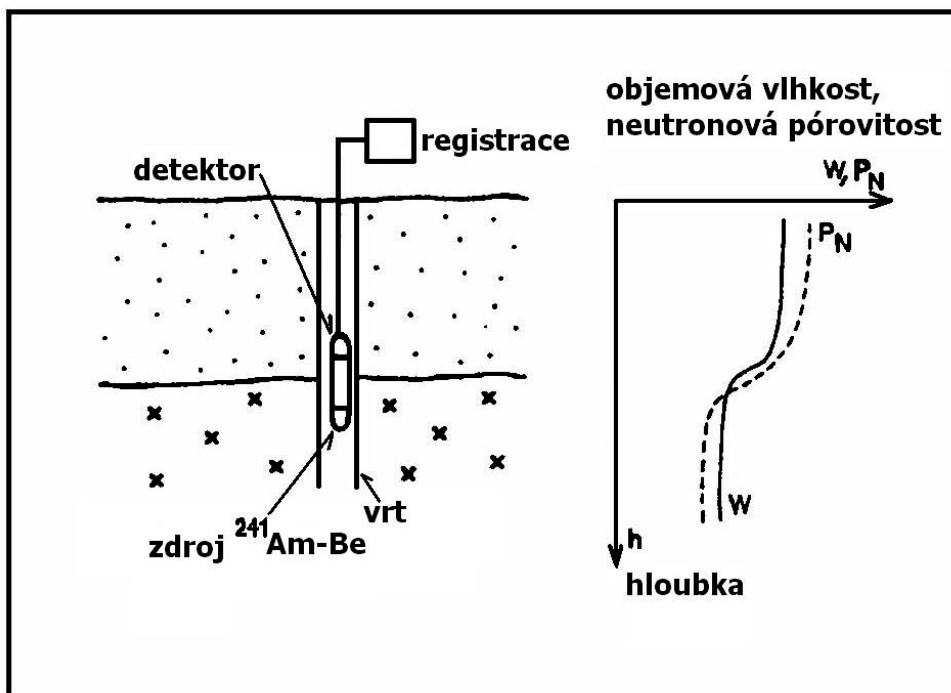


Obr. 4.27 Schéma (seismo)akustického měření pro nalezení smykové plochy sesuvu (podle K. Müllera in J. Pašek, M. Matula a kol., 1995)

- o **Radiometrická karotáž** je karotážní variantou radiometrie. Slouží ke stanovení fyzikálních vlastností zemin a hornin (hustota  $\rho_s$ , objemová hmotnost  $\rho$ , vlhkost  $w$  atd.) a ověření přítomnosti či proudění podzemní vody. Dělí se na:
- **pasívní** = **gama karotáž**, registrující přirozené záření hornin
  - **aktivní** = **gama-gama karotáž**, **neutron-gama k.**, **gama-neutron k.** a **neutron-neutron k.**, kdy je radiační pole uměle vyvoláno a následně měřeno (obr. 4.28 a 4.29)
  - **aktivační**, nejčastěji aktivační neutronová karotáž, kdy je umožněn vznik vyvolaných radioaktivních izotopů, které jsou následně měřeny.



Obr. 4.28 Schéma metody gama-gama karotáže v hustotní modifikaci (podle K. Müllera in J. Pašek, M. Matula a kol., 1995)



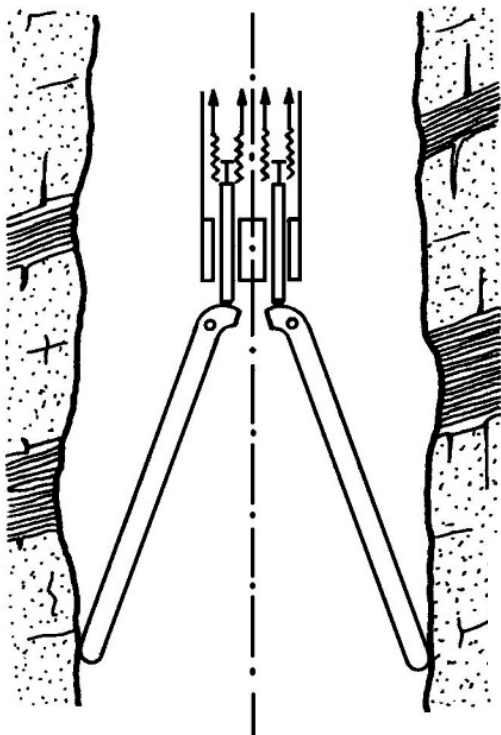
Obr. 4.29 Schéma metody neutron-neutron a neutron-gama karotáže (podle K. Müllera in J. Pašek, M. Matula a kol., 1995)



o **Georadar do vrtů** od  $\varnothing$  40 mm (viz georadar) s max. dosahem cca 10 m. Doporučuje se k nasazení tam, kde povrchové antény nejsou vhodné, k lokalizaci nehomogenit a výrazných puklinových systémů v okolí vrtů, v předpolí podzemních staveb (především ražených tunelovacími stroji – TBM), pro diagnostiku pilot a pro **příčnou tomografii** mezi vrtů (zejména v kombinaci se **seismickou tomografií**).

Z metod proměřování geometrických charakteristik vrtů jsou nejčastějšími:

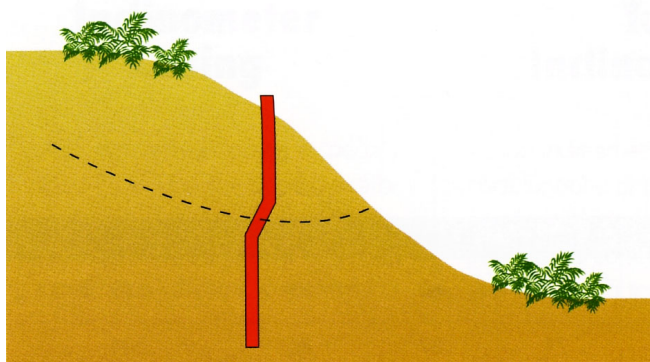
o **Kavernometrie**, standardně považovaná za jednu z geofyzikálních metod je určena k proměření profilu ( $\varnothing$ ) vrtů, tvaru jejich stěn a ke stanovení případného kavernování (velmi významné v krasových oblastech). Provádí se **kavernometrem** pracujícím na principu elektrické indukce nebo odporu – obr. 4.30.



Obr. 4.30  
Schéma odporového kavernometru (podle M. Šamálíkové a I. Trávníčka, 1984)

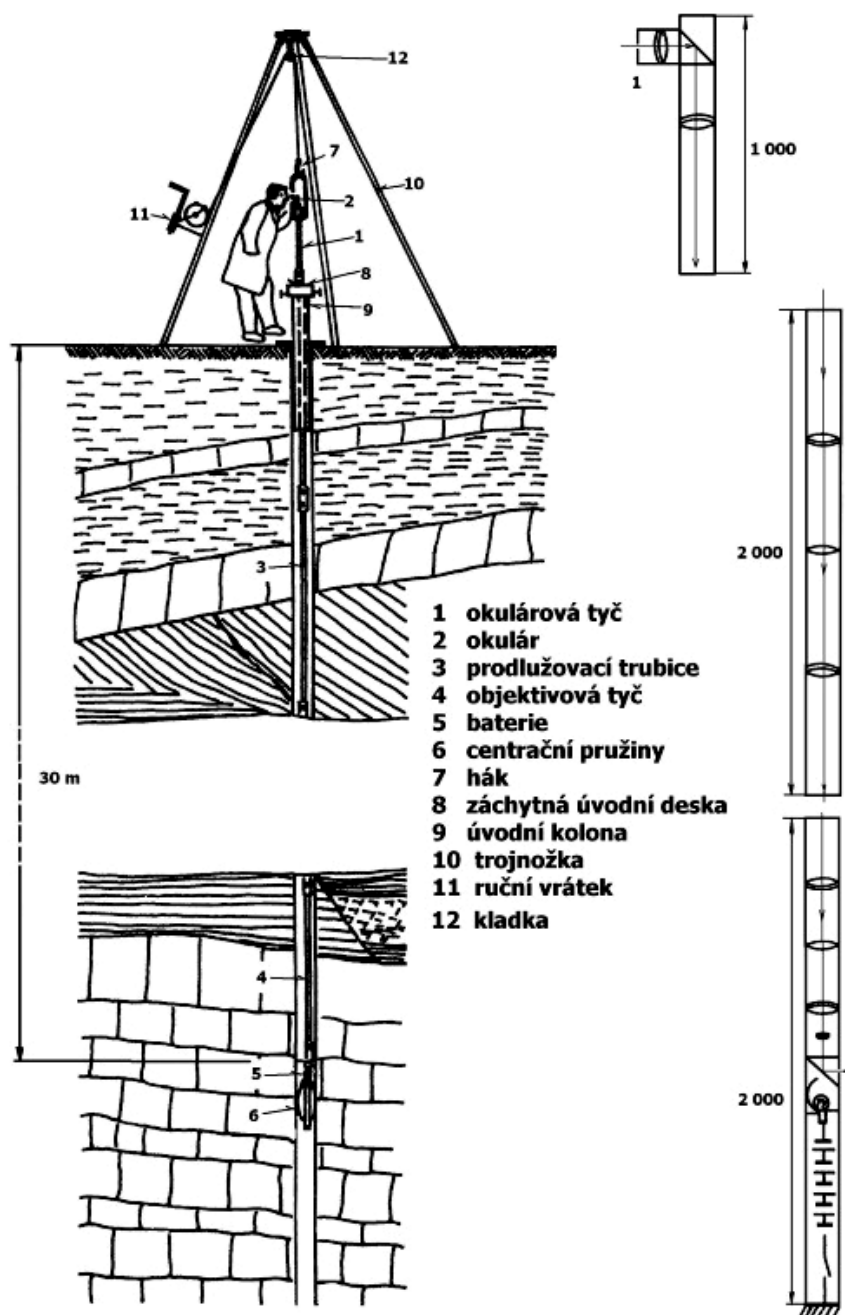
o tzv. „**provozní inklinometrie**“ (řazená k „Doplňkovým pracem při pracech odkryvných“ - viz dále).

o Poněkud odlišnou je **inklinometrie** realizovaná jako jedna z metod **instrumentace a monitorování chování konstrukce** - zemního svahu nebo skalní stěny - (viz dále v odstavci zabývajícím se sesuvy) – obr. 4.31.



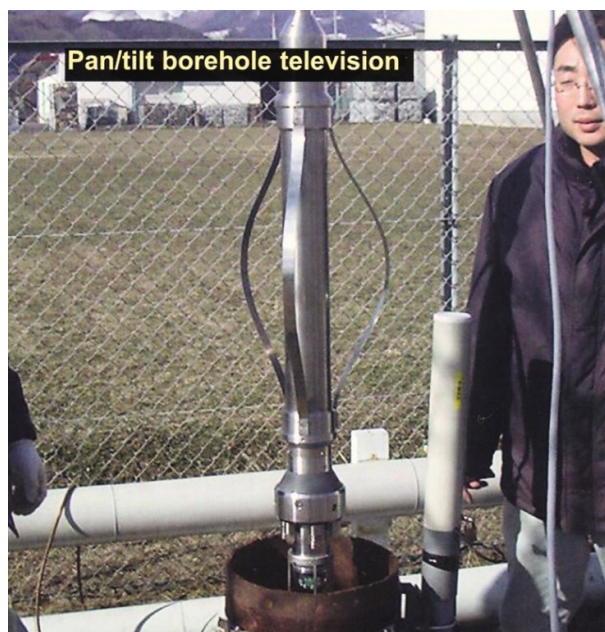
Obr. 4.31  
Princip monitorování sesuvu inklinometrem (fy Sireg S.p.A., Arcore, Italy)

o **Prohlídka vrtu periskopem nebo TV sondou** je velmi dobrou metodou pro přímé ověření kvality vrtu. V nezapažené sondě pak slouží přímému studiu geologické stavby prostředí, rozpukání a stavu ploch nespojitosti, vývěřů vody na puklinách a dalších geologických dat. Ve vystrojených vrtech se používá ke kontrole stavu výstroje, vyhledávání jejích netěsností, koroze nebo bioznečištění. Starší pomůckou byl **optický vrtný periskop** pro vrty  $\varnothing$  80 až 350 mm (obr. 4.32) s možností foto-záznamu. V současné době se téměř výlučně nasazují neustále modernizované **TV-sondy** (s min.  $\varnothing$  až pod 45 mm) vybavené citlivými čipy CCD s krátkou ohniskovou vzdáleností. Je možný axiální nebo radiální pohled TV kamery, u nejnovějších typů lze objektiv(y) kamery natáčet (obr. 4.33 – 4.35). Sonda má vlastní osvětlení, pro její orientaci je možné připojit geologický kompas na kardanově závěsu. Vrtu jsou prohlíženy v reálném čase na připojeném notebooku-PC nebo TV-monitoru, s možností záznamu na CD nebo VHS pro pozdější kamerální zpracování. Je-li v prohlíženém vrtu p. v., hrozí nebezpečí jejího zakalení zapouštěnou či těženou sondou.



Obr. 4.32

Princip měření a pozorování ve vrtu optickým periskopem BP-34 (podle M. Šamalíkové a I. Trávníčka, 1984)



Obr. 4.33 – 4.35

TV sonda do vrtů. Zapouštění sondy. Natáčecí objektivy sondy s CCD čipy. TV záznam horninového zlomu (fy Robertson geologging Ltd., Deganwy, Conwy, U.K.)



Geofyzikální metody nasazované v IG a SG průzkumu jsou relativně **jednoduché, rychlé a laciné**. Jsou používány pro prospekci především **velkých území** či **linií** a dávají navíc **kontinuální informaci**.

Pro jejich nasazení je často nutné pořídit **nákladné hardware** a **software** obsluhované vysoce kvalifikovanými pracovníky.

Geofyzikální metody jsou obecně velmi **citlivé na** možné **parazitní jevy** (elektrická a sdělovací vedení jako i ostatní inženýrské sítě a dále dynamické účinky především dopravy resp. i další vlivy zejména v intravilánu) a **na počasí** (déšť, mráz, sněhová pokrývka). Velmi často se proto realizují (např. ve městech) měření v době relativního klidu – v noci. Aby se odstranil vliv vzájemně nerovnovážných parazitních faktorů u jednotlivých metod, provádí se geofyzikální měření standardně jejich **komplexem** (např. seismika – elektrika, gravimetrie – georadar apod.). Takový postup, jakkoliv účinný, však může negativně ovlivnit cenu a dobu provedení průzkumu.

Jedná se naprosto převážně o metody nepřímé, kdy obzvláště náročnou je **interpretace naměřených geofyzikálních dat na údaje geologické** (inženýrskogeologické, geotechnické). Zde opět nabývá na významu kvalifikace a zkušenost osoby interpretátora, jako i nasazení kombinace různě účinných geofyzikálních metod v jednom komplexním průzkumu. Velmi často (spíše obvykle) bývají k interpretaci naměřených kontinuálních geofyzikálních dat využity přímé (zde tzv. **opěrné**) bodové odkryvné geologické práce (**vrty, penetrační sondy, šachtice**...), realizované v zájmovém území. Stejně tak slouží v opačném gardu geofyzikální měření k zahuštění těchto odkryvných prací.

Přestože se, jak je výše uvedeno, setkáváme při realizaci geofyzikálních prací s některými problémy, jsou dnes nedílnou součástí souhrnného IG resp. SG průzkumu. V současné době je bez těchto metod dále nemyslitelný např. i průzkum archeologický a stavebně-historický. Význam geofyziky stoupá i u diagnostiky konstrukcí. Geofyzikální prospekci se zabývají vysoce specializované firmy se speciálně školenými a zkušenými odborníky.

Výsledky geofyzikálních prací realizovaných při průzkumu lokality bývají obvykle shrnuty a jako **samostatná příloha** (příp. **přílohy** či **zprávy**) přiloženy ke „Zprávě (Závěrečné zprávě, Dílčí zprávě) o výsledcích SG (IG, GT) průzkumu“.

## 4.5. ODKRYVNÉ PRÁCE

Pro posouzení geologické skladby a studium fyzikálně-mechanických vlastností hornin na vyšetřovaném staveništi je základním postupem přímé pozorování úložných poměrů jejich vrstev, jejich vzhledu, stavu a chování. Tuto možnost do jisté míry umožňuje i příroda, zcela nahodile na **přírozených odkryvech** (např. v nárazových obloucích vodních toků, ve dnech mělkých potoků, ve stěnách erozních rýh...). Další možností jsou odkryvy umělé, určené nicméně jiným účelům než primárně průzkumu – stěny lomů a cihelen, komunikační zářezy, stavební výkopy apod.. Takovéto odkryvy většinou nepostačují k tomu, aby geolog či geotechnik mohl řešit odpovědně daný úkol. Je proto nutné zřizovat **řízené odkryvy umělé** pouze za účelem získání geologických (IG, GT) informací pro vyšetření konkrétního staveniště. Odkryvné práce tedy umožňují nahlédnout pod povrch území. Dělí se na:

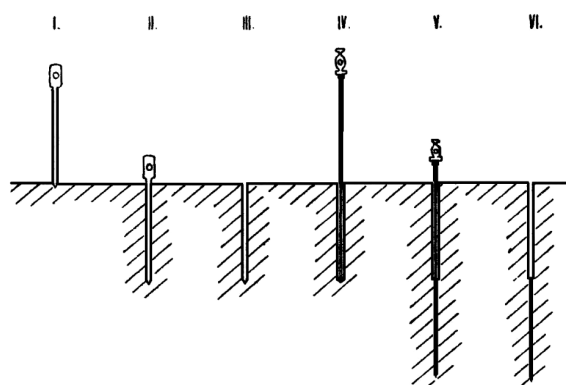
- **Přímé**, kam náleží:
  - *Práce vrtné*
  - *Práce kopné a báňské (hornické)*
- **Nepřímé** jako zvláštní kategorie; jedná se současně i o **polní zkoušku**. Zde se uvádí:
  - *Penetrační sondování*

### • PRÁCE VRTNÉ

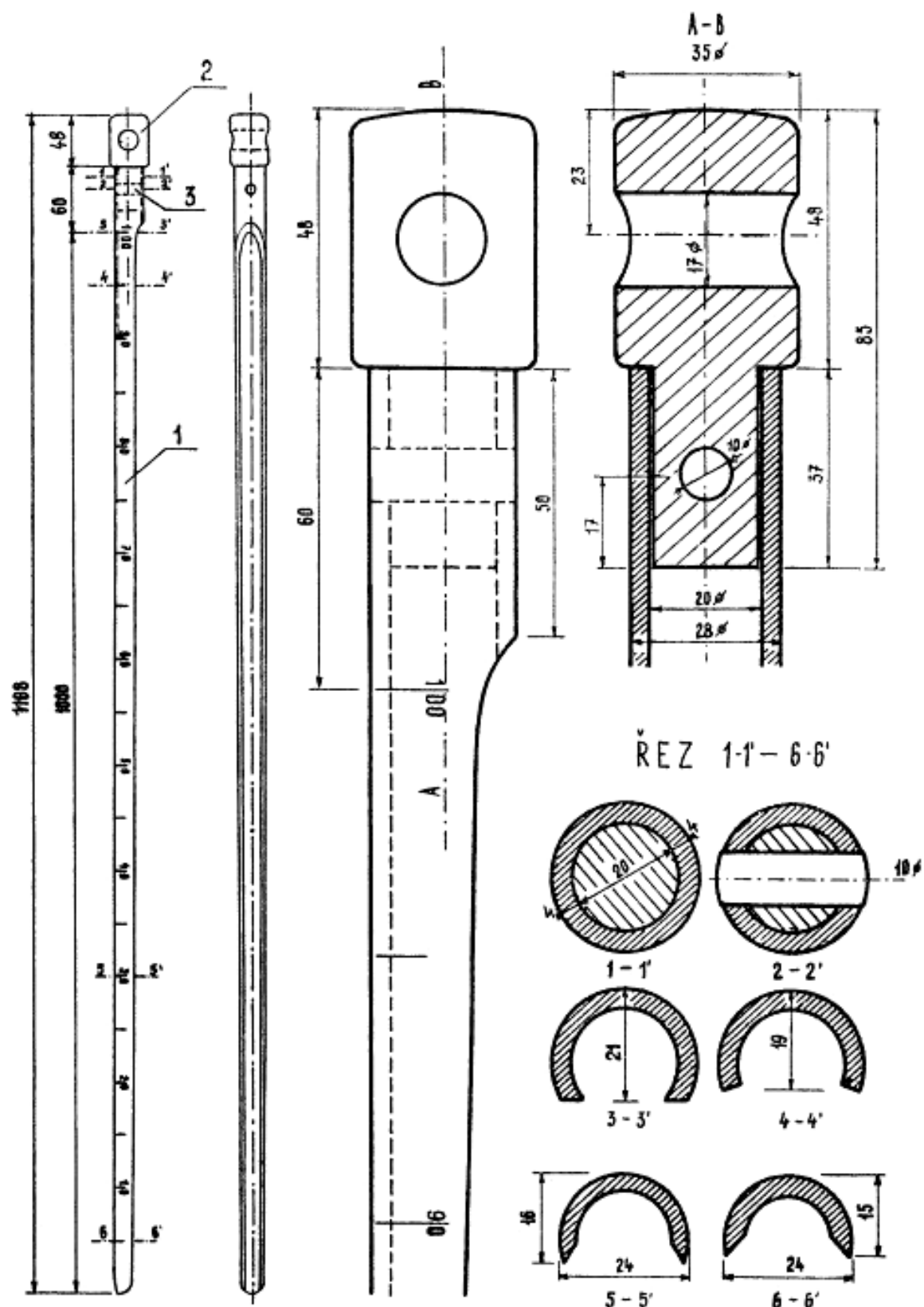
a) **PŘÍRUČNÍ SONDA nebo VPICH** (symbol pro označení typu sondy **S**) – používá se především pro průzkum malého až velmi malého rozsahu. Umožní získání (malého množství) dokumentačního poloporušeného (se zachováním vlhkosti) či porušeného vzorku z podloží. Tento vzorek je makroskopicky popsán a případně i podroben základnímu rozboru v laboratoři MZ (mechaniky zemin).

o **VPICH** se provádí zarážením sondovací tyče vyrobené z po délce profrézované trubky resp. kulatiny (obr. 4.37.1 a 4.37.2). Zarážení probíhá ve dvou krocích do hloubky obvykle 2 m [1 + 1 m] (viz obr. 4.36), po zarážení je se sondou rotováno. Vpich se dá použít do jemnozrnných či písčitých zemin, které mají pouze nevelkou příměs drobného šterku (zrna větší než je drážka mohou náradí poškodit nebo zničit). Vpichem je získán litologický profil k makroskopickému popisu a současně minimální množství materiálu v optimálním případě použitelného k základnímu laboratornímu rozboru. Vpichy byly nasazovány standardně do 60. let XX. stol., jak pro vlastní průzkum, tak především pro potřeby geologického mapování. V současné době se používají pouze zřídka. Mohou být velmi dobrou či improvizovanou pomůckou pro průzkum v jednoduchých geologických poměrech pro nenáročné konstrukce (1. geotechnická kategorie).

Schema postupu práce při výzkumu sondovací tyčí 1m a 2m



Obr. 4.36  
Postup průzkumného vpichu  
sondovací tyčí dlouhou 1 a 2 m (K.  
Žebera, 1947)

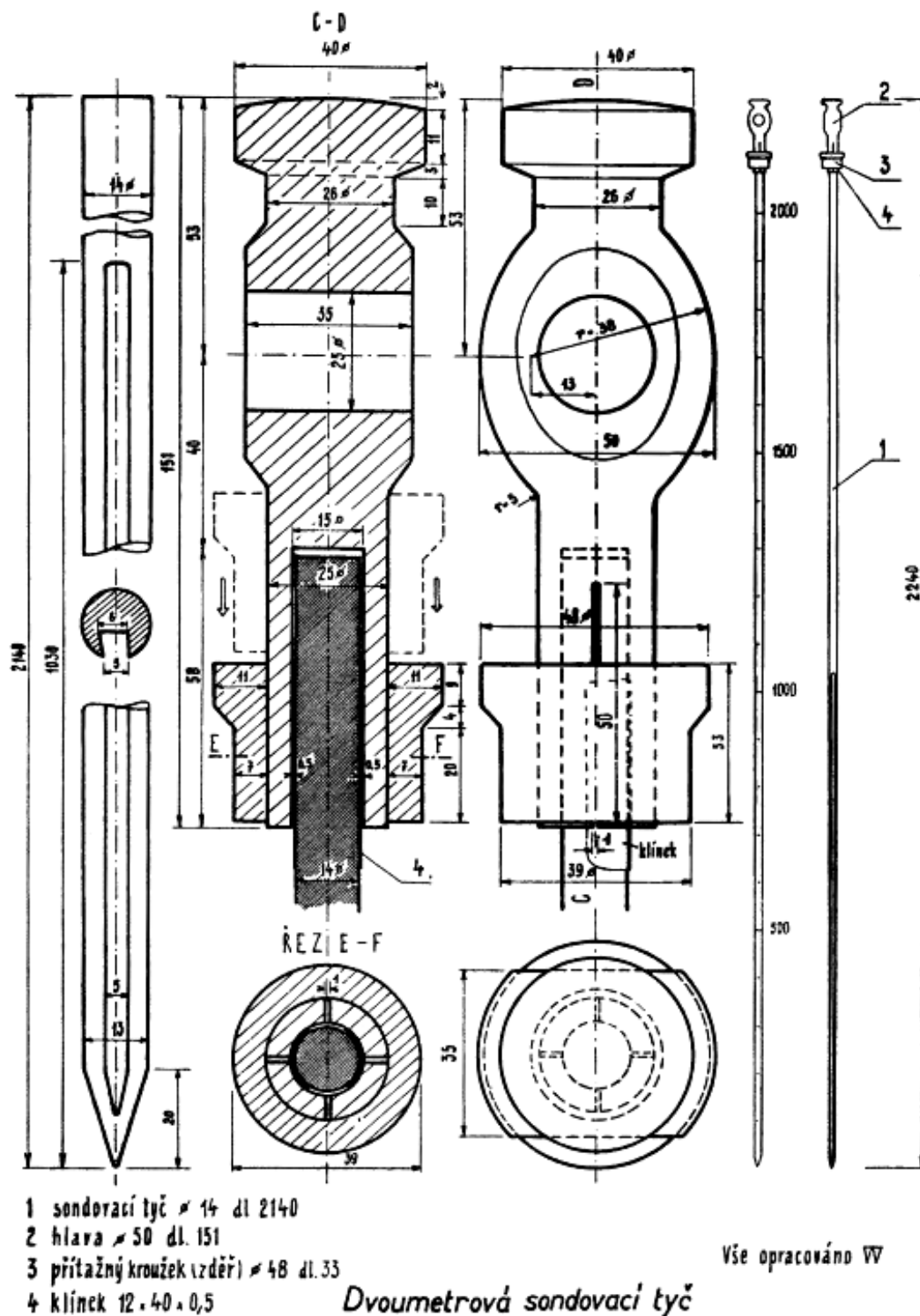


- 1 trubka  $\varnothing 28/20$  dl 1060
- 2 hlava  $\varnothing 35$  dl 85
- 3 poj. kolík  $\varnothing 10$  dl 30

### Jednometrová sondovací tyč

Obr. 4.37.1 Jednometrová sondovací tyč pro průzkumný vpich (K. Žebera, 1947)



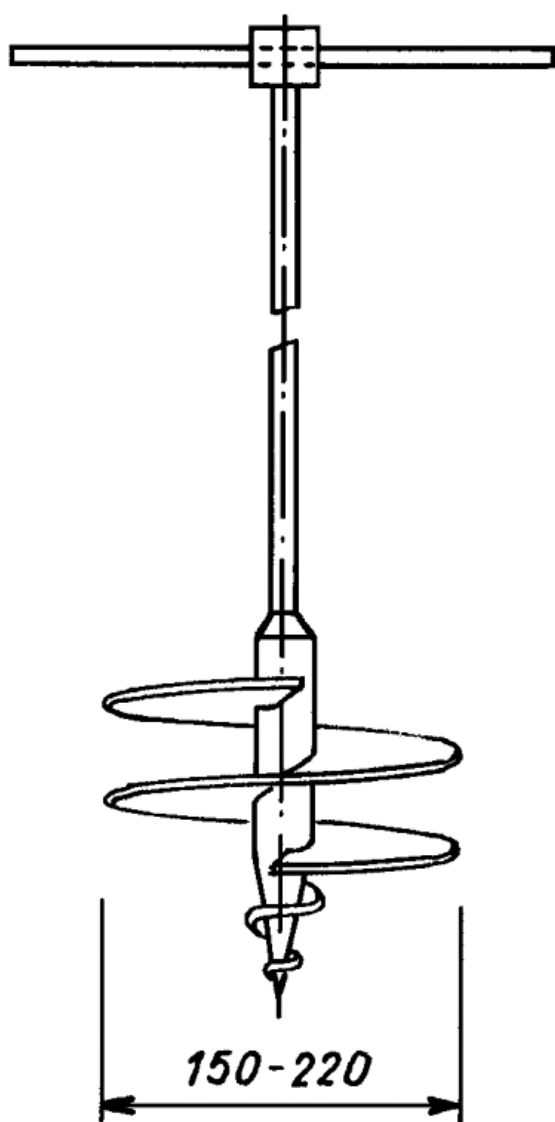


Obr. 4.37.2 Dvoumetrová sondovací tyč pro průzkumný vpich ( K. Žebera, 1947)

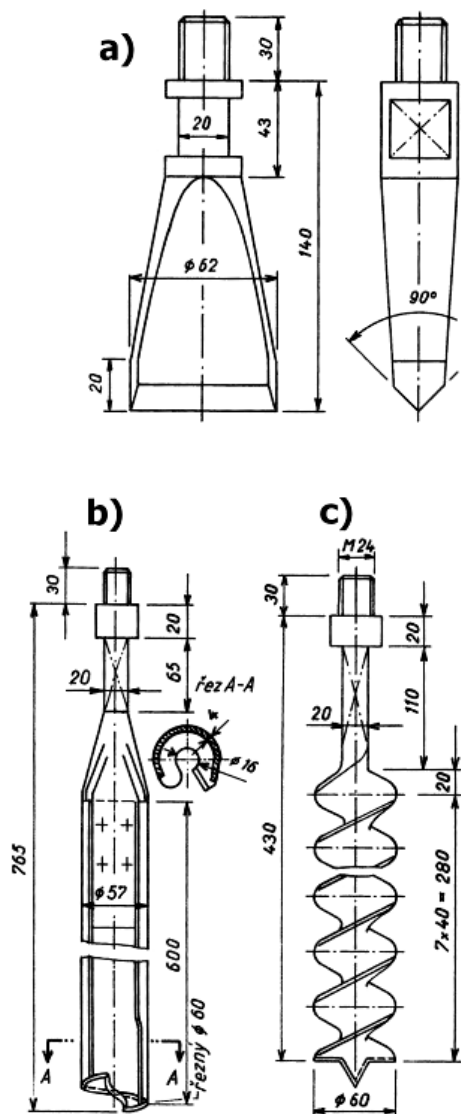
**TALÍŘOVÝ VRTÁK** patří k nejjednodušším zařízením svého druhu. Vrták je upevněn na tyči opatřené vratidlem pro otáčení. Vrtá se postupně, po návrtech délky rovnající se výšce vrtáku, s následným vytěžením návrtu. Zemina je makroskopicky popisována, se současným získáním porušeného (poloporušeného) vzorku pro laboratorní

rozbor.  $\varnothing$  sondy je 150 až 220 mm, hloubkový dosah (podle délky soutyčí a typu zeminy) v měkčích zeminách až max. 5 m. Při hloubkách více než 1 m výkon vrtání silně klesá, při velmi vysoké fyzické námaze (obr. 4.38).

**o PŘÍRUČNÍ SONDA G10** sestává z nářadí  $\varnothing$  60 mm (= spirálový nebo lžicový vrták – obr. 4.39 b,c)), soutyčí (vrtné tyče délky 1 m) a vratidla, které umožňuje nářadím ručně rotovat za současného svislého přtlaku. Rovněž těžení jednotlivých návrtů (na délku nářadí – vrtáku) je ruční. Teoretická hloubka vrtání měla být až 10 m (viz označení soupravy G10). Praktická hloubka vrtání je nejvýše 4 až 5 m, spíše však cca 2 až 3 m, podle typu a stavu zeminy v podloží. Maximální zrna zeminy by měla být menší než je stoupání vrtáku. Při nasazení lžicového i spirálového vrtáku je nezbytné pečlivě kontrolovat hloubku vrtu odpovídající vytěženému dokumentačnímu vzorku. Pro případ uvíznutí sondy na větším valounu nebo úlomku horniny v podloží může být nasazeno dláto (obr. 4.39 a)). Práce s nářadím (zavrtávání, ale především těžení návrtu) je velmi fyzicky náročná. V ČR se užívá větší množství těchto lehkých ručních vrtných souprav.

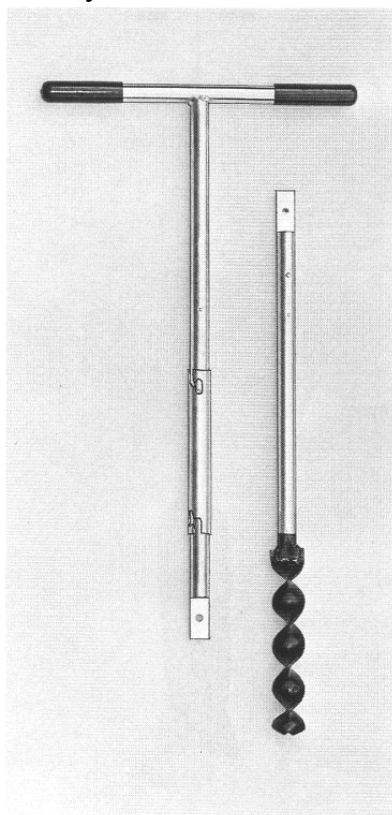


Obr. 4.38 Talířový vrták  
(Z. Tkaný, 1966)

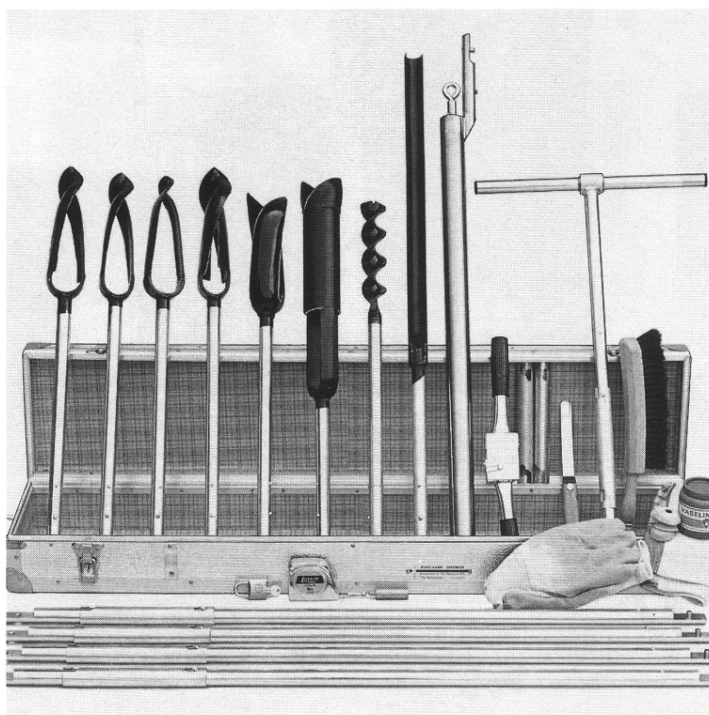


Obr. 4.39 Nářadí soupravy G 10  
(Z. Tkaný, 1966) a) Dláto b) Lžicový vrták c) Spirálový vrták

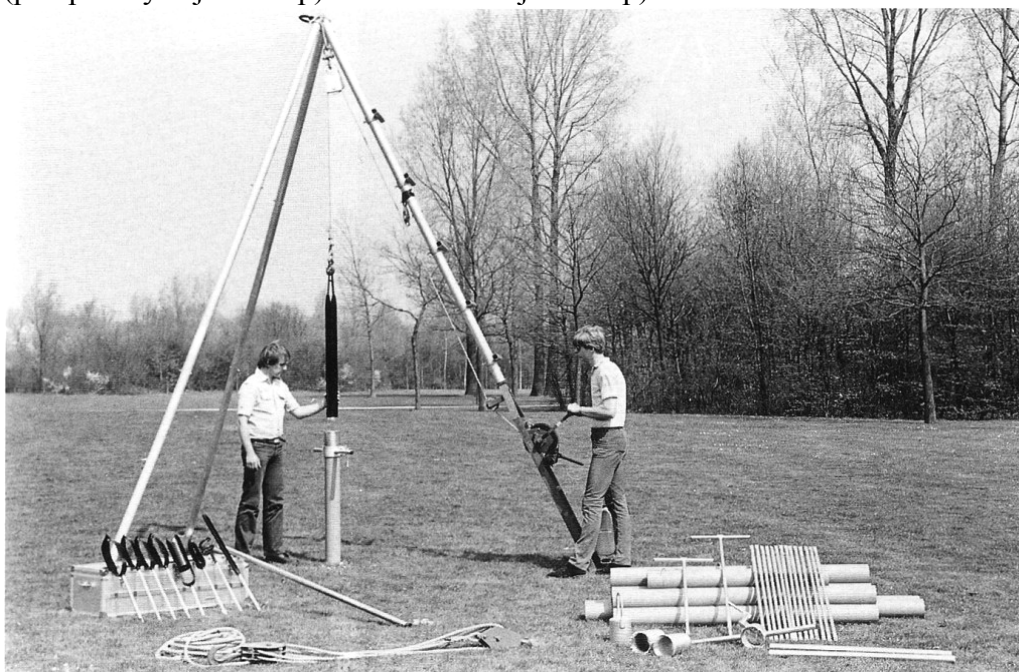
Příruční sondy různých výrobců jsou v zahraničí používány mnohem častěji než v ČR. Jejich nasazení bývá často dále usnadněno použitím jednoduchého motorového pohonu rotace sondy (pro zavrtávání) jako i lehké trojnožky s kladkou pro těžení nářadí s návrtem zeminy (viz obr. 4.40 až 4.42). Ruční svislý přítlak může být nahrazen kladením ocelových zátěží na osu vrtání nad vratidlem.



Obr. 4.40 Vrták pro ruční sondování se soutyčím a vratidlem (prospekt fy Eijkelkamp)

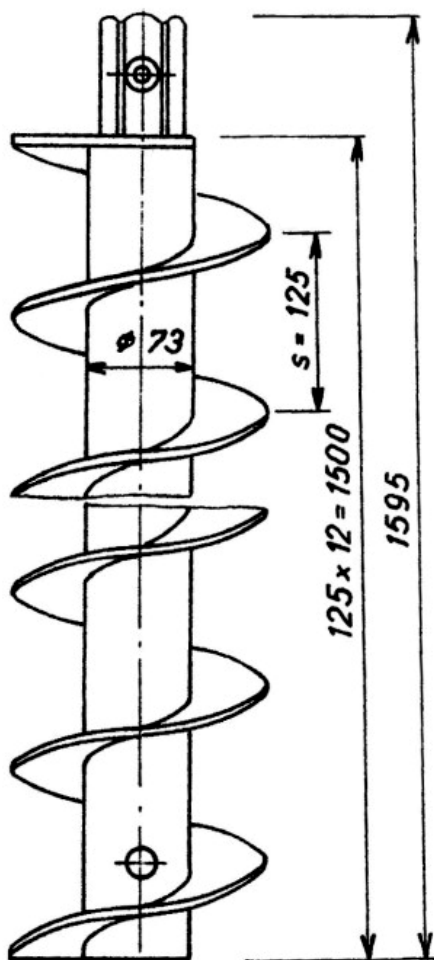


Obr. 4.41 Souprava pro ruční sondování s různými nástroji a přepravní bednou (prospekt fy Eijkelkamp)

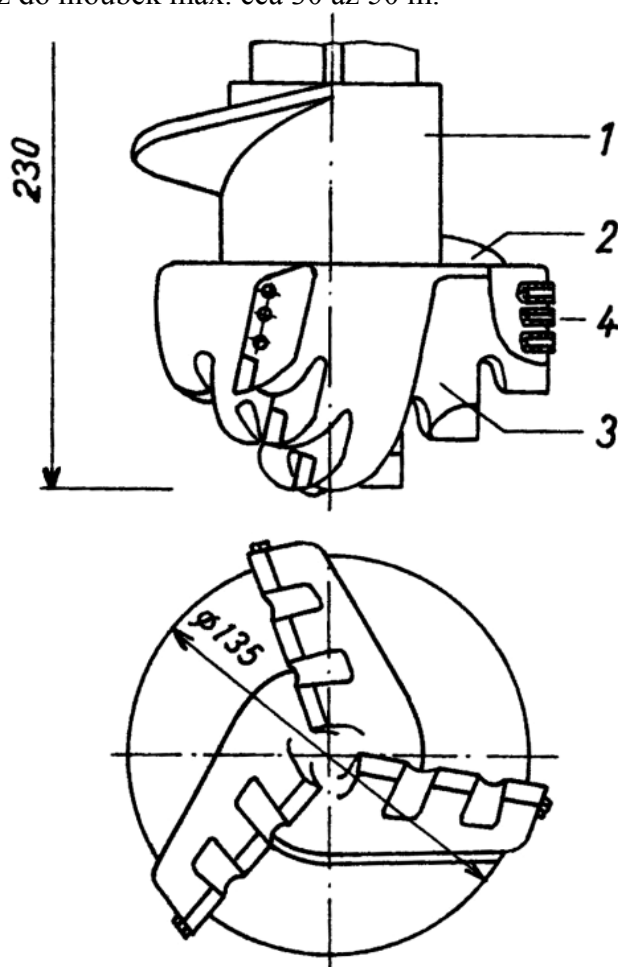


Obr. 4.42 Trojnožka s kladkou a vrátkem pro těžení ručního průzkumného nářadí (prospekt fy Eijkelkamp)

b) **NÁRAZOVOTOČIVÉ VRTY** (symbol pro označení typu sondy  $V$ ) – se používají pro průzkumné vrtání poměrně často, i když z pohledu geotechnika je toto vrtání k určení litologických rozhraní i stavu vrstev značně nepřesné. Častěji je tato technologie používána pro vrtání hydrovrtů (studní) nebo tzv. „provozních vrtů“ (vrtý určené pro odstřely v lomech, pro kotvení, pro geofyzikální měření apod. – tedy takové, u kterých je důležitým produktem vlastní vrt = otvor). Tato technologie vrtání umožní získání dostatečného množství poloporušeného (se zachováním vlhkosti) či porušeného vzorku z podloží, jeho makroskopický popis a rozbor získaného vzorku v laboratoři MZ. Nárazovotočivé vrtání se často **musí** použít pokud kvalitativně vyšší technologie vrtání (jádrování) selže (např. při překonávání horizontů nesoudržných zemin – písků, štěrků). Vrtání je realizováno strojně (obr. 4.45), soupravy jsou běžně pojízdné (automobilový podvozek terénního typu) a pro urychlení procesu vrtání bývají vybaveny věží, zařízením pro pažení a odpažování (pažicí stůl) a často i zařízením umožňujícím čistit vrt výplachem (výplachovou hlavou). Standardním nástrojem je zde **spirálový vrták** (tzv. „šnek“ – obr. 4.43) zaváděný do počvy vrtu dlátem (rybinovým, třílistým aj. – obr. 4.44, 4.46). Šnekový vrták tvoří ve vrtu současně dopravník vynášející k terénu materiál rozrušený dlátem; nahrazuje tak vrtné tyče. Tato technologie vrtání je použitelná pro zeminy soudržné i nesoudržné (u těch je nutnost zajistit prováděný vrt pažením). U šnekového vrtáku je nezbytné pečlivě kontrolovat hloubku vrtu odpovídající vytěženému dokumentačnímu vzorku. Tato technologie se dá použít až do hloubek max. cca 30 až 50 m.



Obr. 4.43 Šnekový vrták  
( Z. Tkaný, 1966)



Obr. 4.44 Zaváděcí třílisté dláto  
1 – tělo dláta, 2 – šnek, 3 – list  
dláta, 4 – řezné hroty (Z. Tkaný, 1966)



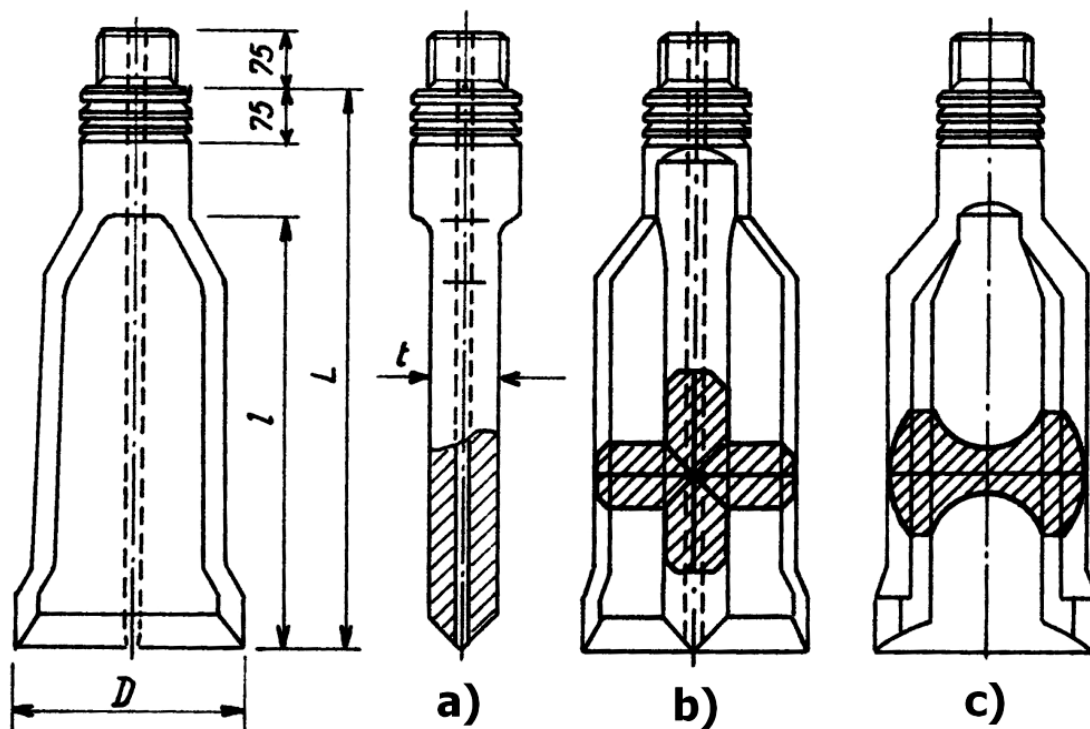


Obr. 4.45 Strojní vrtání šnekem  
(prospekt fy Eijkelkamp)



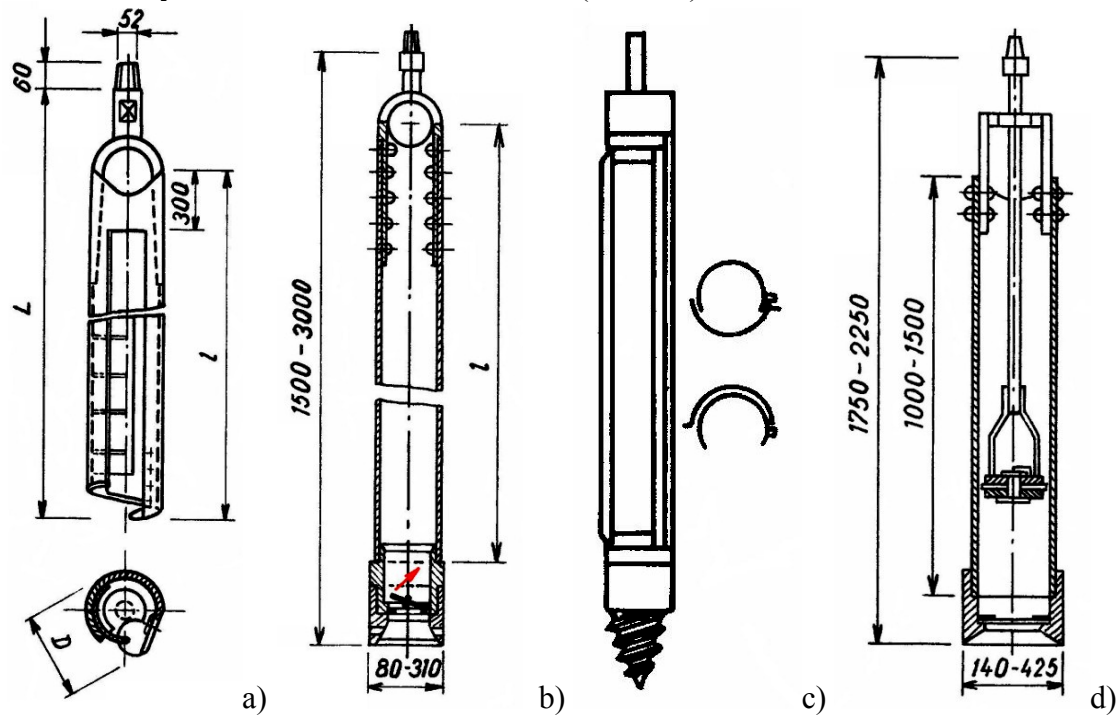
Obr. 4.46 Šneky se zaváděcími dláty  
(prospekt fy Eijkelkamp)

Pro případ uvíznutí vrtného nástroje na zpevněné vrstvě poloskalní nebo skalní horniny nebo častěji na větším úlomku či balvanu může být nasazeno **dláto** a vrtání přechází z režimu točivého do režimu nárazového. Nárazové vrtání je nejstarším typem vrtání vůbec; principem je srovnatelné s přiklepovým vrtáním ručními nástroji. Na počvu vrtu je spouštěno volným pádem dláto vysoké hmotnosti (obr. 4.47), které svým břitkem rozrušuje horninu; dláto je po dopadu zachyceno, vyzdviženo, pootočeno a opět spuštěno. Vrt musí být čištěn (obvykle **výplachem** nebo **lžicovým vrtákem**). V poslední době je nárazové vrtání nahrazováno jinými technologiemi bezjádrového či jádrového vrtání (vrtání valivými dláty, ponorná kladiva, vrtání jádrové roubíkovou nebo diamantovou korunkou apod.).



Obr. 4.47 Dláta: a) ploché, b) křížové, c) pennsylvanské (Z. Tkaný, 1966)

Pokud se vrt dostane do prostředí tekoucího nebo zcela nesoudržného (bahno, rašelina, hnilokal, tekoucí písek = kuřavka, kyprý písek pod hladinou podzemní vody ap.) je nutné nasadit další speciální vrtné nástroje (**lžicový vrták**, **kalovku** [pro oba tyto nástroje je v praxi používán výraz „šapa“], **komorový vrták** [ten především pro průzkum rašelinišť], **pískové čerpadlo** – obr. 4.48). I v takových případech je nezbytné vrt zajistit **pažením**, které musí být osazeno trvale nad ústím vrtu (viz dále).

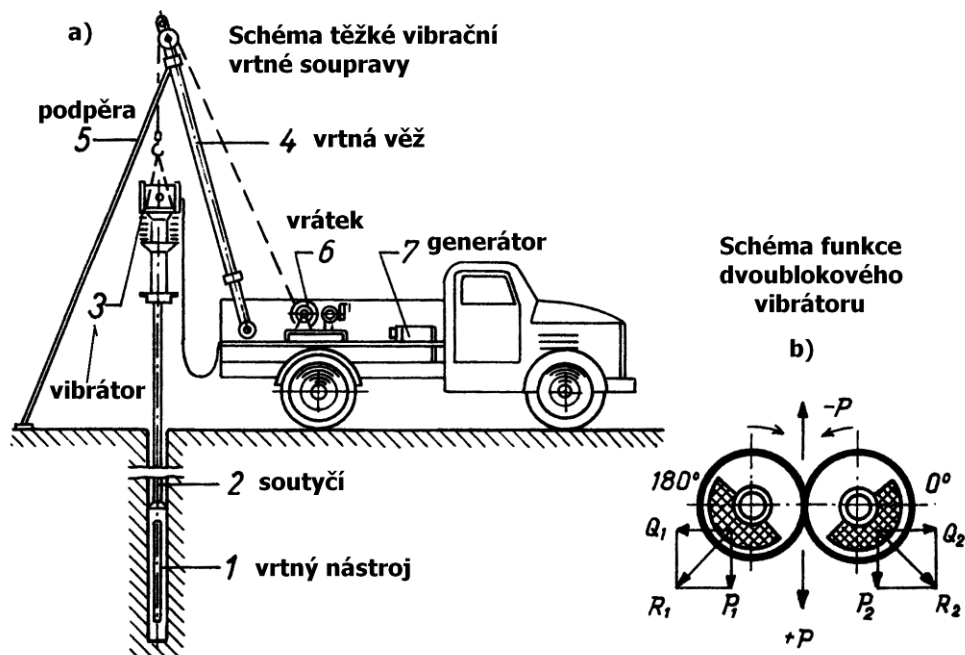


Obr. 4.48 Speciální vrtné nástroje: a) Lžicový vrták (šapa), b) Ventilový vrták (šapa), c) Komorový vrták, d) Pískové čerpadlo (Z. Tkaný, 1966 a S. Chamra, 1990)

- c) **VIBRAČNÍ VRTY** (symbol pro označení typu sondy **W**) – při této technologii vrtání je do podloží vháněn speciální upravený nástroj (trubka = jádrovnice, s břitem), na jehož horním konci je upevněn vibrátor, často značné hmotnosti (150 až 400 kg, maximálně 2 500 až 3 000 kg), frekvence kmitů 1,5 až 3 kHz (obr. 4.49). Vibrace působí na zaráženou trubku jako beran; mimo to mění působením chvění od vibrátoru přirozené vlastnosti zemín v okolí nástroje tak, že porušuje zeminu lokálně smykem a jádrovnice se ponořuje do zeminy, která současně vniká do její dutiny. Po zavibrování nástroje na jeho délku (= návrt) je nástroj vytěžen a zemina je makroskopicky popsána. Pro popis je zvláště výhodná jádrovnice s podélným výřezem nebo jádrovnice dělitelná (obr. 4.50). Současně je získán poloporušený (se zachováním vlhkosti) či porušený vzorek zeminy pro rozbory v laboratoři MZ. Vibrační vrtání je oproti jiným způsobům vrtání v zemínách poměrně rychlé a laciné; udává se, že jím lze vrtat do hloubek max. až 30 m. Velkou výhodou je, že na rozdíl od nárazového či rotačního vrtání lze v soudržných a někdy i sypkých zemínách získat dokumentační vzorek, na kterém lze dobře studovat zachované texturní znaky – tj. barevné přechody, zrnitostní změny, zvrstvení apod. Jistou nevýhodou je, že dokumentační vzorek obvykle v jádrovnici poněkud zkrátí svou délku (setrese se, zhutní se), což je nutné zohlednit. Vibračním vrtáním lze vrtat převážně v zemínách jemnozrnných nebo písčitých, nejvýše s nevysokým obsahem drobnějšího štěrku. Při nárazu na větší valoun příp. tvrdší vložku může dojít k poškození či zničení břitu nástroje, vzniku prázdných hnízd v jádrovnici nebo k uvíznutí vrtu. Z těchto důvodů bývají často

soupravy pro vibrační vrtání vybaveny i dalšími technologiemi pro překonání takových překážek (rotační vrtání na jádro, nárazovotočivé vrtání).

V zahraničí (dnes již i v ČR) se používá řada lehkých ručních vibračních souprav určených pro sondování do hloubky okolo 6 m. Vrtná kolona sestává často z nástrojů s postupně se zmenšujícím profilem – vrtá se „teleskopicky“ (např. souprava Gamboo postupně  $\varnothing$  100; 76; 60; 48 a 38 mm – obr. 4.50). Místo vibrátoru se zde používá ruční těžké bourací kladivo (Cobra, Kango apod.) poháněné výbušným motorem nebo elektricky (agregátem) – viz. obr. 4.51.



Obr. 4.49 Vibrační vrtání těžkou pojízdnou soupravou (Z. Tkaný, 1966)



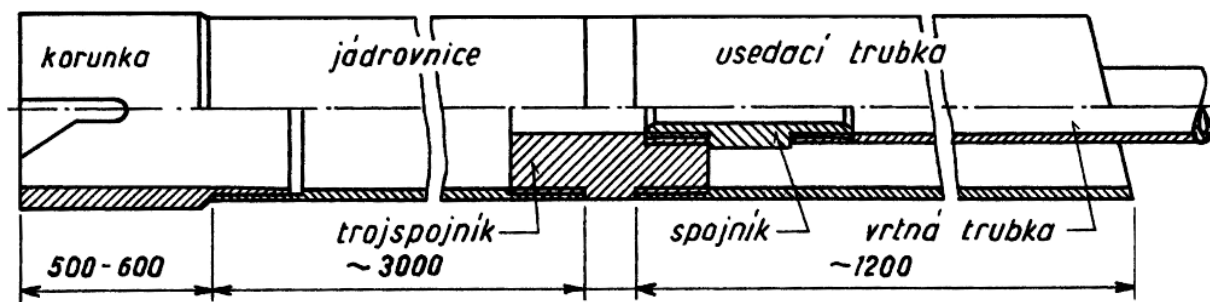
Obr. 4.50

„Teleskopická“ souprava jádrovnic s podélným výřezem a vrtná tyč pro lehké vibrační vrtání soupravou Gamboo (fy SGS Praha s.r.o.)



Obr. 4.51  
Lehká ruční vrtná vibrační  
souprava poháněná bouracím  
kladivem  
(prospekt fy Eijkelkamp)

d) **ROTAČNÍ JÁDROVÉ VRTY** (symbol pro označení typu sondy **J**) – jsou poměrně starou technologií vrtání (poprvé r. 1862). V současnosti patří k nejrozšířenějšímu způsobu vrtání, zejména pro potřeby geologického a stavebně-geologického průzkumu. Často je nasazováno i při přímém průzkumu stavebních konstrukcí („vrtání do konstrukce“). Při jádrovém vrtání je hornina rozrušována vrtným nástrojem, jehož příčný řez má tvar mezikruží. Tento nástroj se nazývá **jádrová korunka**. Rotačním pohybem a působením osového přitlaku vrtá korunka prstencovou dutinu, ve které zůstává neporušený válcový sloupec horniny – **jádro**, zasouvané do **jádrovnice**, která jej chrání během vrtání i těžení (vytahování) – obr. 4.52. Jádro se při dalším vrtání buď samovolně odděluje podle přirozených ploch odlučnosti (puklin) nebo je uměle odlamováno (trháno) a vytahováno na povrch. Při jádrovém vrtání se nejčastěji (spíše pravidelně) pracuje **s výplachem**. Pouze zeminy (obvykle soudržné) nebo velmi choulostivé poloskalní horniny (jílovce, jílovité břidlice, prachovce) mohou být vrtány jádrově nasucho.

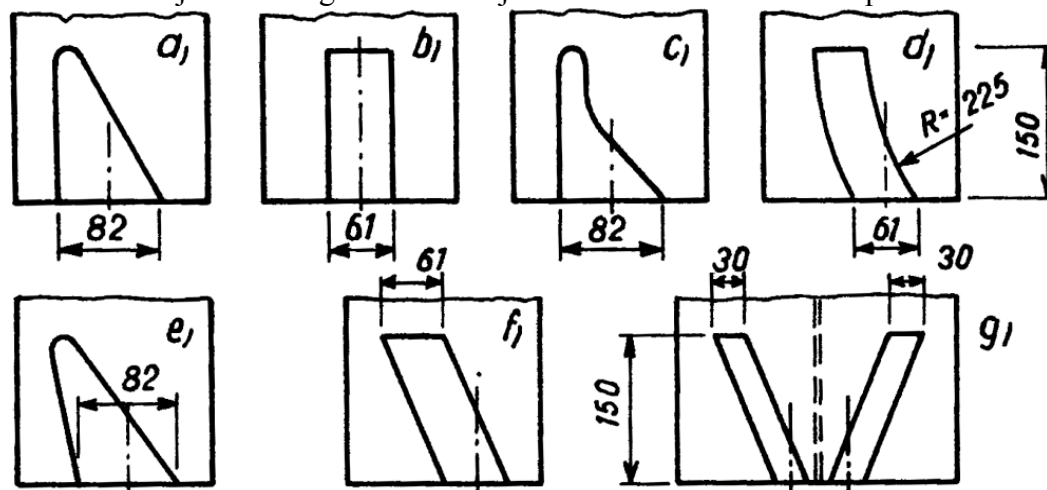


Obr. 4.52 Sestava nástrojů pro rotační jádrové vrtání. Zde se šrotovou korunkou a jednoduchou jádrovnicí (Z. Tkaný, 1966)

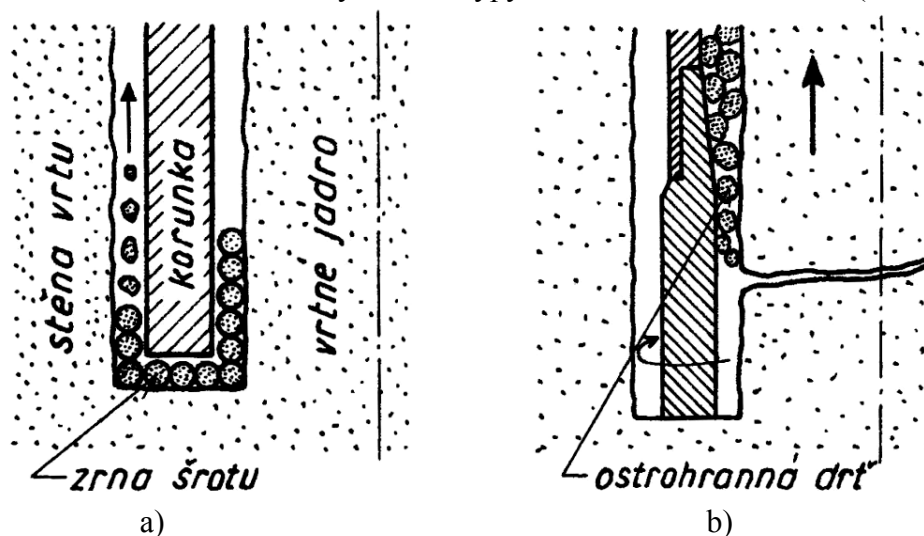
**Vrtací korunka šrotová** se dříve používala pro průzkumné vrtání ve tvrdých horninách. Rotační pohyb je přenášen soutyčím na korunku, která je upevněna na jádrovnicí (stejně jako u ostatních typů rotačního vrtání). Na dno vrtu je společně s výplachem (standardně voda) nebo přímým vhazováním do vrtu vpravován tzv. **šrot**. Šrot je litinový (šedá legovaná litina) nebo ocelolitinový – v podobě broků nebo drcený; může být i ocelový



sekaný (ocelová „sečka“ z drátů Ø 3 až 3,5 mm) případně ve formě tvrdokovové drtě (drcené opotřebované roubíky a destičky nebo odpad při jejich výrobě). Při rotaci speciální korunky s hladkým čelem a bočním výřezem (= zásobník šrotu) vyrobené z ocelové silnostěnné bezešvé trubky (obr. 4.53) se šrot valí po dně vrtu a v bodech dotyku rozrušuje horninu. Drtí se i samotný šrot, jehož ostrohranné úlomky dále působí na horninu. Šrot se opotřebovává, spotřebovává a jeho zbytky jsou vyplachovány z vrtu i s rozvrtanou horninou a buď se usazují v **usedací trubce** (obr. 4.52) nebo jsou vynášeny k ústí vrtu – obr. 4.54 a). Současně během vrtání dochází k intenzivnímu opotřebování vrtné korunky na její výšku. Vnitřní stěna korunky je v horní části (u závitů) upravena do kužele pro zaklínění jádra většími částicemi šrotu při vynášení jádra - obr. 4.54 b). Šrotovým vrtáním lze vrtat ve svislém směru a rovněž vrty ukloněné do 20° od vertikály. Vnější Ø vrtných šrotových korunek se pohybují od 78,5 mm (lépe 93 mm) do 274 mm; bylo vrtáno i profilem přes 300 mm. Při menších Ø dochází k přílišnému obroušování až drcení jádra a tím ke značnému snižování jeho výnosu. Vrtání šrotem nebylo obvykle příliš rychlé, kvalita jádra byla při zvládnutí technologie solidní. Jistým nedostatkem mohlo být ulpění (zadření) drobných částic vrtného šrotu na povrchu jádra či stěně vrtu. Hornina se tak stala uměle feromagnetická, což mohlo způsobit potíže při jejím analytickém rozboru nebo při nasazení některých karotážních metod do vrtu. V současnosti je technologie šrotového jádrového vrtání víceméně opouštěna.



Obr. 4.53 Šrotové korunky – různé typy zářezů – zásobníků šrotu (Z. Tkaný, 1966)

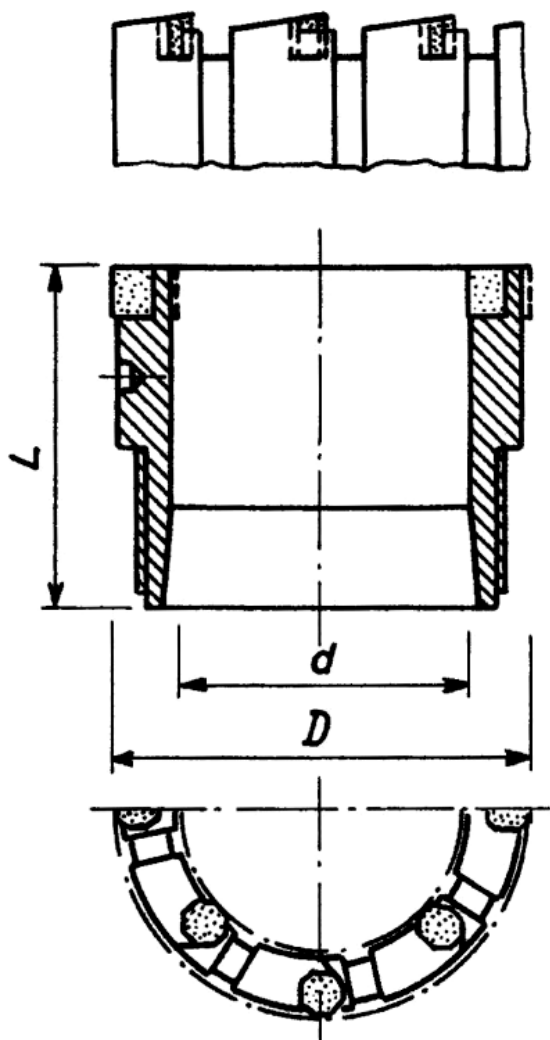


Obr. 4.54 a) Princip rozrušování horniny při vrtání šrotem b) Trhání jádra (Z. Tkaný, 1966)

### *Vrtací korunka zubová a roubíková*

**Korunka zubová** se nasazuje do hornin měkkých (I. a II. třídy). Na čele má vyfrézovány zuby s návary nebo destičkami z tvrdokovu (slnutých karbidů). Ty pak při rotačním pohybu a současném přitlaku rozrušují horninu. Tyto korunky bývají buď opatřeny na vnějším povrchu podélnými výplachovými drážkami nebo střídavým vyosením zubů vně a dovnitř vrtané diafragmy.

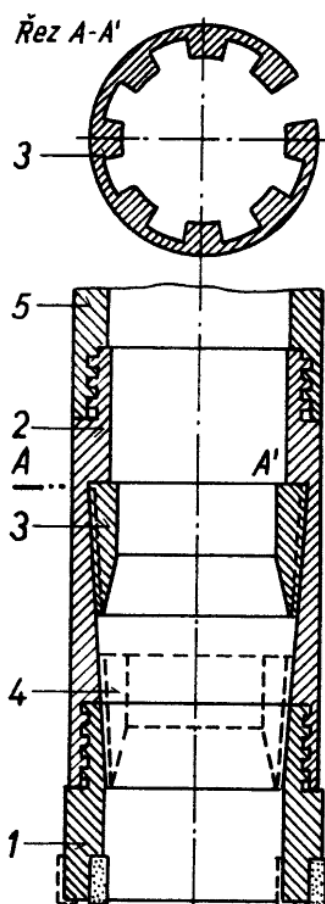
**Korunka roubíková** určená do hornin nejvýše středně tvrdých (II. až IV. třídy), málo abrazivních. Patří mezi základní a nejrozšířenější typy korunek. Na čele je osazena řeznými roubíky ze slnutých karbidů ve tvaru válečků, osmihranů, šestihranů nebo čtyřhranů. Mezi roubíky jsou zřízeny vnější výplachové drážky (obr. 4.55). Podle umístění řezných elementů na čele korunky rozeznáváme břity vnější, vnitřní, středové a boční. V těle korunky je vnitřní kónické rozšíření; jeho provedení má značnou důležitost, umožňuje totiž u hornin funkci trhače jádra – obr. 4.56. Pro zubové a roubíkové korunky jsou typické vyšší přitlaky a nižší až nízké rychlosti rotace nástroje.  $\varnothing$  zubových a roubíkových korunek se pohybuje cca mezi 38 až 245 mm.



Obr. 4.55

Roubíková korunka  $\varnothing$  175 mm.  
Osmihranné roubíky ze slnutých karbidů (Z. Tkaný, 1966, foto V. Horák)





Obr. 4.56

Jednoduchá jádrovací kolona pro rotační vrtání. Zde s roubíkovou korunkou. Trhač jádra a jeho funkce.

1 – roubíková korunka; 2 – pouzdro trhače; 3 – poloha trhače při vrtání; 4 – poloha trhače při trhání jádra; 5 – jádrovnice

(Z. Tkaný, 1966)

**Vrtací korunka diamantová** se nasazuje do tvrdých až velmi tvrdých (i nejtvrdějších) skalních hornin, vrtat lze v libovolném úklonu i do největších hloubek. Je nejstarším a současně i vysoce kvalitním typem jádrového vrtání (1862, Švýcarsko – tunel Mont Cenis). Do jedné korunky se vsazuje 7 až 50 karátů průmyslových diamantových zrn různých vlastností a mineralogického charakteru (převážně přírodního původu typů „karbony; ballasy; borty“; nyní i syntetických – viz obr. 4.58). Diamanty jsou v korunce umístěny v řezném věnci (obr. 4.57) tvořeném tzv. matricí, která je zhotovena z vhodné slitiny kovů (Cu+Be, W+Cu, bronzy, karbidy etc.). Podle způsobu umístění diamantových zrn v matrici se korunky dělí na:

- povrchově **osazované** (podle zvoleného systému)
- **impregnované** (vícevrstvé) s rozptýlením zrn v matrici; při vrtání jsou potom s postupným opotřebováním korunky uvolňovány stále nové a nové diamanty takže korunka je stále naostřena.

Pro vrtání diamantem jsou typické nízké přítlaky a vysoké otáčky. Nezbytné je použití **výplachu**. Jako výplach se při diamantovém vrtání používá nejčastěji voda.

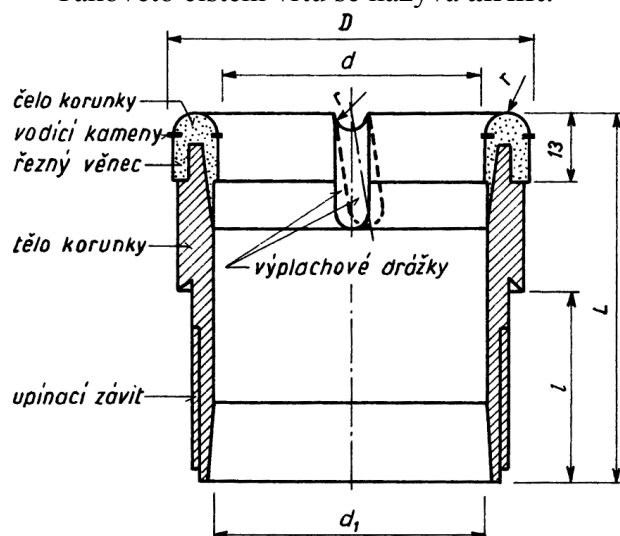
**Výplach** plní při vrtání řadu úkolů:

- čistí čelbu vrtu a vynáší od ní vrtnou drť (= vrtnou měl, vrtný kal)
- chladí a maže vrtný nástroj
- zajišťuje stabilitu vrtu hydrostatickým tlakem sloupce výplachu
- zpevňuje stěny vrtu vytvořením filtrační kůrky (při jílovém výplachu)
- chrání vrt před sedimentací pevných částic při vrtných přestávkách
- jako i další funkce (nadlehčuje nářadí, zlepšuje výnosy jádra, plní funkci pohonného média – např. při turbinovém vrtání apod.).

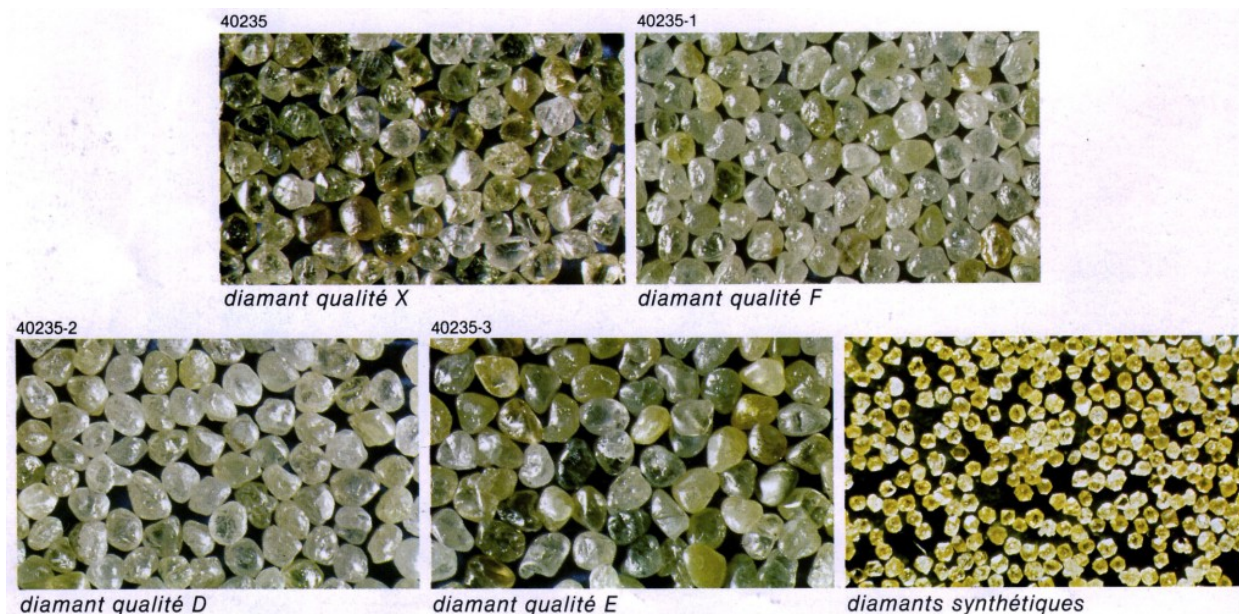
Podle druhu a účelu vrtání a podle překonávaného geologického prostředí se používají různé výplachy:

- **kapalně čiré** = voda. Jde o nejstarší a nejuniverzálnější výplachové médium. Pokud není možné použít vodu, nasazují se výplachy **kapalně husté** = suspenze. Z nich nejvýznamnější je výplach jílový (dalšími typy jsou např. sádrové, vápenaté, solné...). Hustý výplach snadněji unáší úlomky horniny a zpevňuje stěny vrtu v méně soudržných horninách (lze ušetřit pažení). Tíha tohoto výplachu se dá dále zvýšit přidáním jemně mletého těžkého materiálu (baryt, hematit apod.).
- **proplyněné** (pěnění, vzdušnění, pěnové)
- **vzdušné** smíšením běžného kapalného výplachu (obvykle jílového) se stlačeným vzduchem (účelem je nižší tlak na čelbu vrtu urychlující vrtání a lepší vyplachování vrtné drtě).

Zvláštním typem vyplachování vrtu je nasazení **stlačeného vzduchu** od kompresoru; je často používané tam, kde není k dispozici voda nebo při vrtání hornin na vodu citlivých. Takovéto čištění vrtu se nazývá **airlift**.



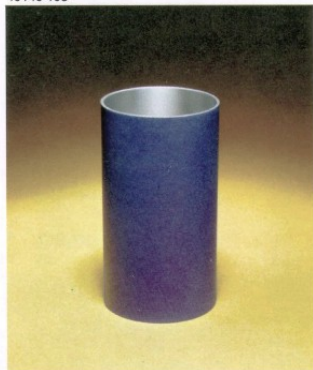
Obr. 4.57 Diamantová jádrovací korunka, trhač jádra (Z. Tkaný, 1966, foto V. Horák)



Obr. 4.58 Kvality diamantových zrn používaných jako vrtné médium vrtacích jádrovacích korunek (fy Atlas Copco Craelius AB, Stockholm, Sweden)

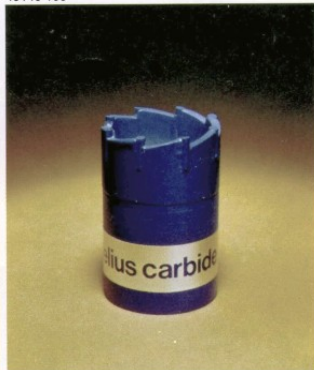


40140-108



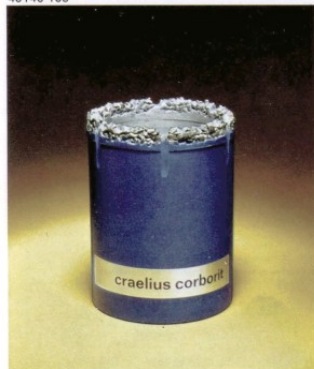
jednoduchá hladká korunka

40140-109



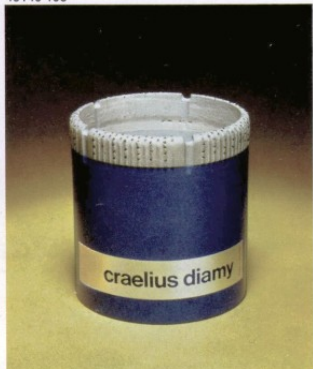
korunka s tvrdokovovými roubíky

40140-105



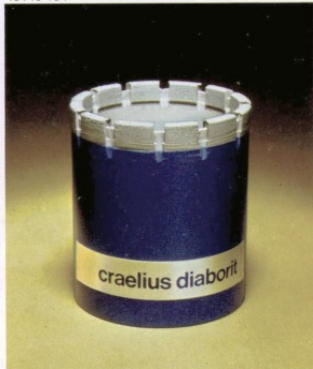
korunka osazená CORBORITem

40140-106



korunka impregnovaná zrnny DIAMY

40140-104



korunka impregnovaná DIABORITem

Obr. 4.59

Různé typy vrtacích  
jádrovacích korunek (fy  
Atlas Copco Craelius AB,  
Stockholm, Sweden)



Obr. 4.60

Vyjímání  
(vyklepávání)  
vyneseného  
vrtného jádra  
z jednoduché  
jádrovnice a jeho  
ukládání do  
normalizované  
vzorkovnice.  
Korunka je  
odejmuta. Ve  
vzorkovnici jsou  
prkénky odděleny  
jednotlivé návrty  
(fy. ECO-GEO a.s.  
Praha)

**Jádrovnice (jádrovka)** je nezbytnou součástí vrtného nářadí při vrtání na jádro (obr 4.52). Přenáší krouticí moment a přítlak od vrtných trubek na korunku, vede výplach pod korunku a přijímá a chrání jádro při vrtání a dopravě na povrch. Především ochrana jádra je velmi choulostivým úkolem, poněvadž během vrtání působí na jádro mnoho nepříznivých vlivů, které je mohou dezintegrovat – tj. rozbít, rozvrtat, rozmočit, odplavit. K těmto vlivům se řadí mechanické účinky výplachu tryskajícího ze soutyčí vnitřkem jádrovnice ke korunce, mechanické účinky otáčení a kmitání jádrovnice jako i tření vnikajícího jádra o jádrovnicí a v neposlední řadě také smáčení horniny výplachem. Základní typy jádrovnic lze rozdělit na:

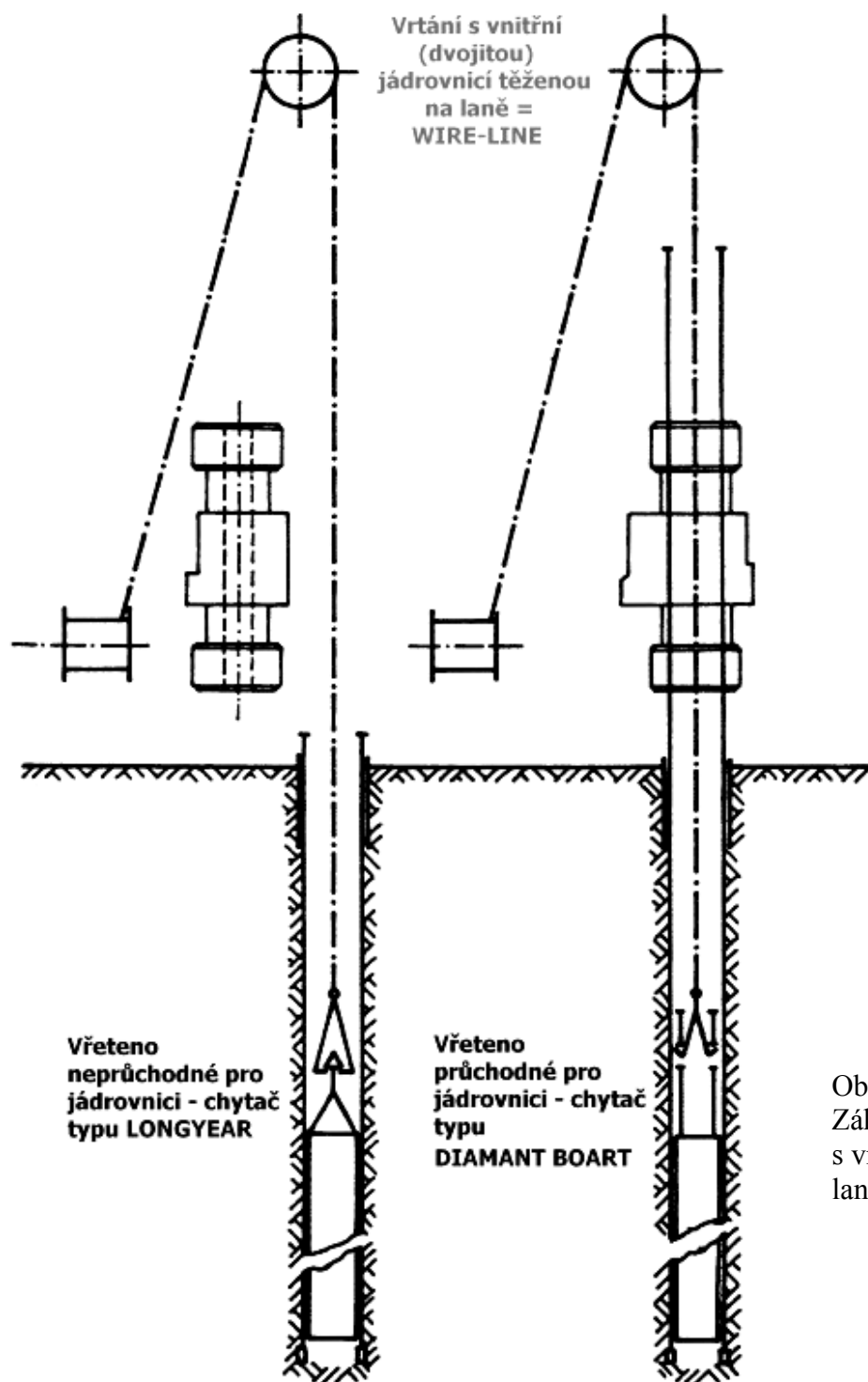
- **jádrovnice jednoduchá** v podstatě ocelová trubka opatřená na obou koncích závitem; dolním koncem se spojuje s vrtnou korunkou (obr. 4.52, 4.60). Jsou velmi konstrukčně a manipulačně jednoduché, ale jádro chrání jen minimálně. Hodí se především do pevných a odolných hornin. Používá se rovněž pro vrtání měkkých hornin a zemin bez výplachu tryskajícího – nasucho (obr. 4.61).
- **jádrovnice dvojité** sestávající ze dvou koncentrických trubkových kolon – vnější a vnitřní, při čem vnitřní má obepínat jádro tak těsně, že nemůže dojít k jeho mechanickému poškození a současně je chrání i tím, že výplach proudí pouze mezi vnitřním a vnějším pláštěm jádrovnice. Dvojitě jádrovnice se dále dělí podle své konstrukce resp. funkce na: *prosté* (s pevně spojenou vnitřní a vnější jádrovnicí); *točné* vnitřní jádrovnice je otočná na ložisku nezávisle na vnější; *neprodyšné* (v zásadě točné s vodotěsným a plynotěsným uzavřením jádra – u nás používané výjimečně, při prospekci uhelných slojí a roponosných resp. plynonosných struktur).

Vrtání do hornin resp. i do konstrukcí je prací výrazně cyklickou. Vrtný postup je silně zatížen neustálým opakováním časově a fyzicky velmi náročných pomocných operací: *zapouštění vrtného nářadí* (především při nastavování a spojování – stáčení, kuplování – vrtných tyčí) resp. po dokončení příslušného *návrtu* (rovnajícího se max. vnitřní délce jádrovnice) *těžení vrtného nářadí* (především odebírání – roztáčení, rozkuplování - vrtných tyčí). I proto jsou výkonné soupravy pokud je to možné opatřovány věží (umožňuje zapouštět a těžít co nejdelší sekce vrtných tyčí), nověji i zásobníky vrtných tyčí s jejich automatickým či poloautomatickým spojováním resp. rozpojováním. Velmi moderním trendem je u hlubších vrtů nasazení dvojitých jádrovnic (jádrováků) s možností vytěžit (zapustit) vnitřní jádrovnicí s jádrem na laně bez opakování cyklu pomocných operací. Jedná se o tzv. **systém wire-line** (obr. 4.62). Vrtání Wire-line velmi výrazně zvyšuje kvalitu a **výnos vrtného jádra**.



Obr. 4.61

Jednoduchá dělitelná jádrovnice s vytěženým vzorkem zeminy (fy Atlas Copco Craelius AB, Stockholm, Sweden)



Obr. 4.62  
Základní principy vrtání  
s vnitřní jádrovnicí těženou na  
laně – systém WIRE-LINE

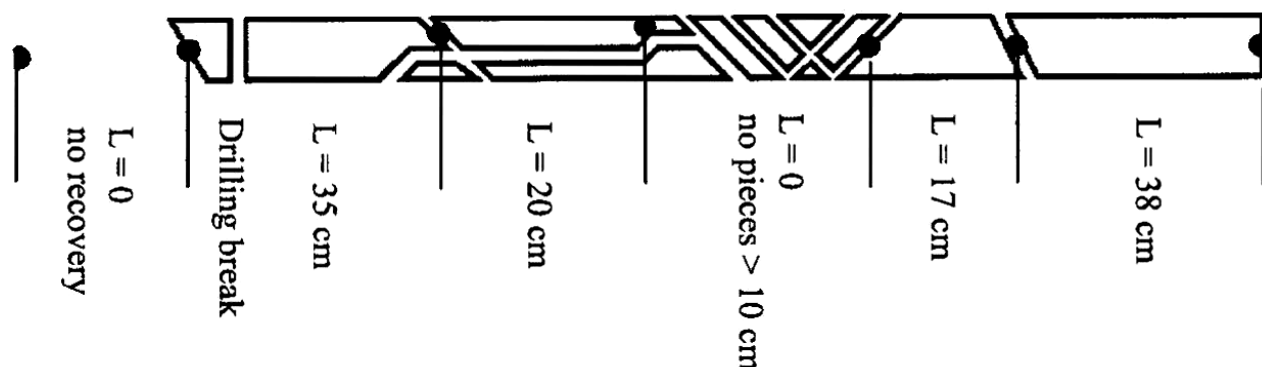
**Výnos jádra** = délka jádra vytěženého z vrtu  $[L]$  vztažená k délce příslušného návrtu  $[L_n]$ ;  $\text{výnos} = L/L_n \cdot 100$ . Vyčísľuje se v % délky pro každý návrt zvlášť. Nejsou-li známy délky návrtů, vyčísľuje se pro 1 bm vrtu. **Návrt** = úsek vrtu vyhloubený při jednom spuštění soutyčí s nástrojem; často odpovídá vnitřní délce jádrovnice. Pokud délka jádra neodpovídá délce návrtu, dochází ke **ztrátě jádra**. Podle hodnoty výnosu jádra můžeme usuzovat na míru porušení a rozpukání horniny. Výnos jádra je rovněž velmi významně závislý na použité technologii vrtání a zkušenostech a pečlivosti vrtné osádky (především **vrtmistra**). Výnos jádra při technologii rotačního jádrového vrtání by rozhodně neměl klesnout pod 70%. Stane-li se tak může být vrtání označeno za bezjádrové, případně lze vrt zmetkovat.



**Redukovaný výnos jádra RQD** (index *Rock Quality Designation* - D. U. Deere & J. Hendron, 1967) = délka úlomků a částí jádra délky 10 a více cm k délce příslušného návrtu. Jedná se o první moderní číselnou klasifikaci horninového masívu oceňující právě jeho rozpukání (obr. 4.63).

$$RQD = \frac{L_{10}}{L_n} 100 [\%]$$

kde  $L_{10}$ ...délka úlomků jádra 10 a více cm v příslušném návrtu  
 $L_n$  ...délka návrtu [cm]



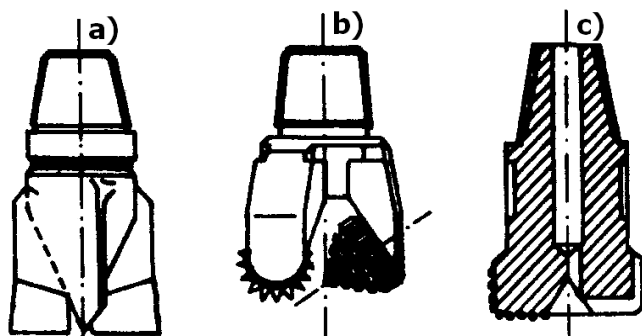
Obr. 4.63 Stanovení redukovaného výnosu jádra – indexu RQD (E. Hoek, 2000 podle D. U. Deere, 1989).

Délka návrtu  $L_n = 200$  cm. V počátku návrtu ztráta jádra (výnos  $L_1 = 0$ ); další úlomky:  $L_2 = 35$  cm (uměle přerušen utržením jádra);  $L_3 = 20$  cm;  $L_4 = 0$  (jádro je zde sice vyneseno, ale v úlomcích  $< 10$  cm; do RQD se nezapočítá, do celkového výnosu však ano);  $L_5 = 17$  cm;  $L_6 = 38$  cm.

$$RQD = \frac{35 + 20 + 17 + 38}{200} 100 = 55\%$$

- e) **BEZJÁDROVÉ VRTY** (symbol pro označení typu sondy není stanoven) – se pro SG (IG, GT) průzkum používají jen výjimečně. Časté jsou naopak tam, kde je důležitým produktem vrtání vlastní otvor = vrt (vrtání studní – tzv. vrtání „na vodu“, vrty pro odstřelování horniny, vrty pro některá geofyzikální měření, vrty pro kotvení či pro piloty apod.). Jako nástroje se zde používají vrtací kladiva nebo dláta se vzduchovým (u měkkých vrtů), vodním čirým nebo hustým výplachem. IG profil při tomto vrtání lze pouze dedukovat např. podle rychlosti postupu vrtání, podle kvality a barvy vynesené vrtné drtě nebo barvy a hustoty výplachu. Taková dedukce vyžaduje značnou zkušenost. Častá je zde technologie vrtání na plnou čelbu systémem **Rotary s listovými dláty** (2-, 3- i více-listovými), **valivými dláty** (nejčastěji 3-kuželovými příp. válečkovými [zubovými, roubíkovými, diskovými]) nebo **diamantovými dláty** (osazovanými, impregnovanými) – obr. 4.64, 4.65 a). Výhodou rotarového vrtání je vysoká rychlost postupu (u měkkých hornin 20÷80, výjimečně až 250 m/24 hod.; ve velmi tvrdých horninách 5÷6 m/24 hod.) a použití hustého výplachu, umožňujícího vrtat dlouhé úseky bez zapažení. Touto technologií jsou vrtány obvykle i hluboké až velmi hluboké vrty. Při zvyšující se hloubce vrtání vysoce narůstají energetické ztráty. Mimo to je enormně namáháno převodové soustavy, takže dochází k jeho deformaci a lomu (havárie vrtů jsou způsobeny ze cca 80 % poruchami soustavy). Proto může být pohonná jednotka umístěna co nejbližší vrtnému nástroji; potom ji tvoří vícestupňová turbína (o 100 až 200 stupních) poháněná proudem výplachové kapaliny. Pro **turbínové vrtání** se používají výhradně valivá dláta. Toto vrtání se používá pouze pro hluboké a velmi hluboké vrty.





Obr. 4.64

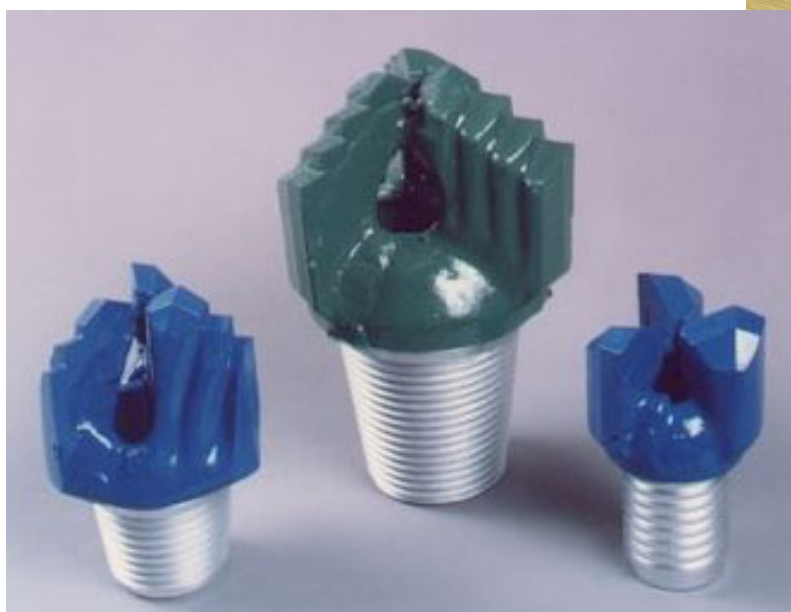
Vrtná dláta pro vrtání systémem Rotary

a) Listové    b) Valivé    c) Diamantové

(S. Chamra, 1990)

Valivé dláto, 3-kuželové, roubíkové (foto V. Horák)

3-listá dláta (fy Torquato, Old Forge, Penn., USA)



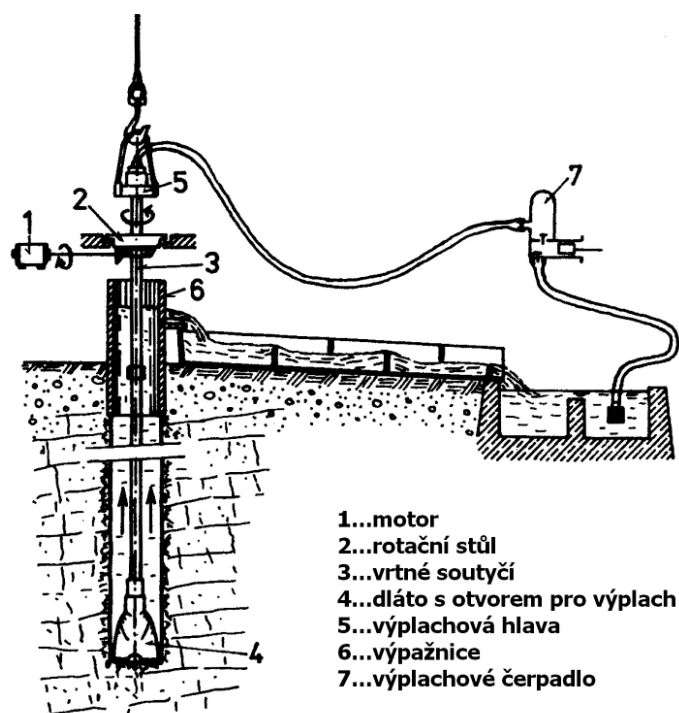
Vrtná turbína může být nahrazena ponorným elektromotorem, pracujícím v ochranné olejové lázni s pohonem kabelem procházejícím dutým výplachovým soutyčím.

Ze systému Rotary se vyvinulo **rotační nasávací vrtání**. Rozvrtaná hornina je zde nasávána čerpadlem připojeným na soutyčí – jde o obdobu sacího bagru. Vrt je nezapažený, stabilitu stěn zajišťuje pouze výplachová kapalina. Tento způsob vrtání se používá při hloubení hydrogeologických vrtů (studní) v drobnozrnných štěrkopíscích, píscích, hlínách a jílech.

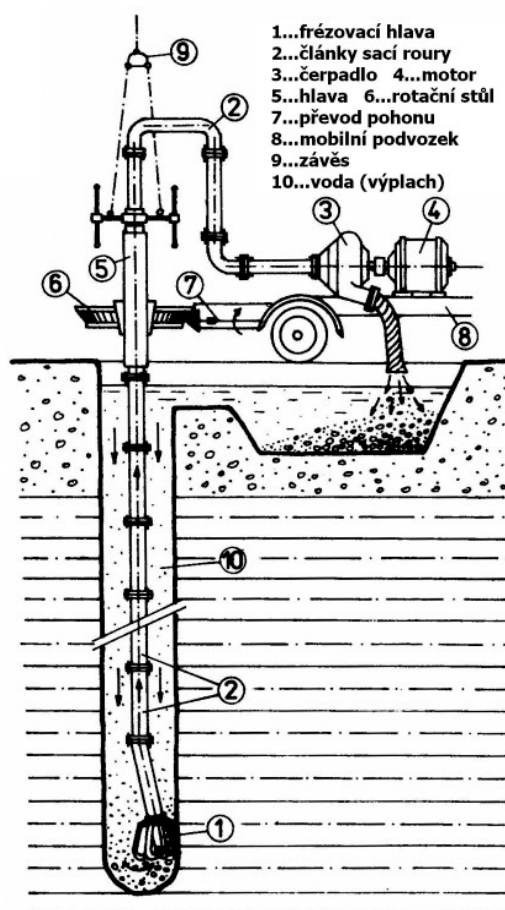
Bezjádrově lze vrtat i pomocí lehkých či těžkých **vrtacích kladiv**. Jedná se v zásadě o příklepové rotační vrtání. Jako nástroje jsou používány korunky s tvrdokovovými křížovými břity či kulovými roubíky (obr. 4.66). Kladiva jsou poháněna pneumaticky, hydraulicky příp. elektricky. Vrty se vyplachují vodou nebo vzduchem. Lehká pneumatická vrtací kladiva se používala např. pro průzkum stavu zdiva a polohy základové spáry u mostních objektů železničních koridorů.

Obr. 4.65

- a) Schéma rotačního vrtání systémem Rotary  
b) Schéma rotačního nasávacího vrtání  
(S. Chamra, 1990)



a)



b)



a)

Obr. 4.66

- a) Křížová korunka s tvrdokovovými břity pro nárazovotočivé vrtání (foto V. Horák)  
b) Vrtací kladiva s kulovými tvrdokovovými roubíky (fy Torquato, Old Forge, Penn., USA)



b)



Pro hloubení širokoprofilových vrtů hydrogeologických, balneologických, případně vrtů pro stavební účely v „měkkém“ horizontu (= nezpevněné sedimenty) do hloubek 15 až 20 m lze použít **vrtání drapákem**. V ČR pracuje řada souprav PVSD (= *Pojízdná Vrtná Souprava Drapáková* – obr. 4.67). K hloubení vrtu se používá jednolanový dvou- či tříčelistový drapák. Pro zkalibrování a zapažení vrtu slouží pažnicová kolona, která během hloubení vykonává prostřednictvím vrtného stolu oscilační pohyb. Drapákové vrtání se pro průzkumné účely používá spíše výjimečně. S úspěchem bylo nasazeno při průzkumu materiálových nalezišť šterkopísků a šterků, když bylo nutné získat větší množství materiálu pro jejich zkoušky.



Obr. 4.67 Drapáková vrtná souprava PVSD-R (fy GEOspol, Uhřínov)

## OZNAČENÍ PRŮZKUMNÝCH SOND

Vrty SG (IG, GT) průzkumu by měly být v zavedeném úzu označeny podle typu sondy písmenem (viz předchozí text: **S**, **V**, **W**, **J**) a pořadovým číslem průzkumného díla provedeného na dané lokalitě.

Např.: **J8** jádrový vrt na lokalitě v pořadí osmý  
**S4** příruční sonda na lokalitě v pořadí čtvrtá

Při dalších etapách průzkumu se upravuje číslování sond vyšším řádem příslušným dané etapě.

Např. **J103** jádrový vrt v pořadí třetí při 2. etapě průzkumu na příslušné lokalitě

**J1003** jádrový vrt v pořadí třetí při 3. etapě průzkumu na příslušné lokalitě

U vrtů, které mají další zvláštní využití, se přiřazuje k označení typu sondy písmeno charakterizující toto využití:

**P** vrt pozorovací; **H** vrt hydrogeologický (= jímací, studna); **B** vrt balneologický (= lázeňský)

Např. **HJ12** jádrový vrt, v pořadí na lokalitě dvanáctý, vystrojený jako studna (tj. určený pro jímání resp. čerpání vody)

**PHJ12** dtto, navíc určený k režimnímu pozorování stavu hladiny podzemní vody (h.p.v.)

Je-li vrt hlouben ze dna kopaného průzkumného díla (viz dále), je rovněž nutné tuto skutečnost reflektovat v označení sondy.

Např. **JK3** jádrový vrt hloubený ve dně kopané sondy K3.

**Vrtatelnost hornin** se jak o vlastnost horniny zabývá jejím chováním při vrtání (v zásadě jde o odpor proti vrtání, resp. množství práce potřebné k odvrtání jednotkového objemu horniny za stejných technických podmínek). Byla vytvořena řada klasifikací, z nichž dosud používanou je klasifikace vrtatelnosti hornin podle bývalých velkoobchodních ceníků platných v ČSR až do počátku 90. let XX. stol. Zatřídění zastižených hornin je obvykle velmi důležité z pohledu fakturace – tj. ceny realizovaných vrtných prací. Používají se 3-, 6- resp. 12-třídní klasifikace (viz tab. 4.I až 4.IVb)

## • PRÁCE KOPNÉ A BÁŇSKÉ (hornické)

Základní charakteristikou této skupiny odkryvů je jejich přístupnost pro dokumentátora s možností pozorovat horninu ve stěnách díla, odebírat zde vzorky, přímo testovat vlastnosti hornin (především mechanické), případně sledovat odolnost vrstev proti vlivu povětrnosti etc. Řadí se sem:

- a) **KOPANÁ SONDA** (symbol pro označení typu sondy **K**) jsou nejpoužívanějším typem této skupiny odkryvných prací. Jejich půdorys je obdélníkový nebo čtvercový, takových rozměrů, aby bylo možné sondu bezpečně hloubit a současně takový, aby ji bylo možné bezpečně a spolehlivě zdokumentovat. Pokud je sonda hlubší než 1,50 resp. 1,30 m, měly by být její stěny (podle ČSN 73 3050/1987) zapaženy. Pro průzkum znamená tento předpis značnou komplikaci, poněvadž zapaženou sondu nelze řádně zdokumentovat. Hloubení sondy může být (lépe) realizováno manuálně, není však vyloučeno ani nasazení mechanizace. Kopané sondy se standardně používají pro ověřování způsobu, hloubky a stavu založení (včetně podzákladí) stávajících objektů – především v souvislosti s jejich poruchami nebo rekonstrukcí; v takových případech je nutné sondu dostatečně přehloubit až pod úroveň základové spáry. Velmi významné je jejich nasazení pro skutečné ověření stavu v případě chybějící projektové dokumentace. V takovém případě bývají prováděny při obvodových zdech objektu (obr. 4.68). Při průzkumu vnitřních základů bývají hloubeny rovněž z úrovně suterénů staveb. Z počvy kopané sondy může odkryv pokračovat vrtem nebo penetrační sondou. Poměrně častá je takováto kombinace kopané sondy a vrtu v případech, kdy je nutné pro vrtné práce „předkopávat“ (s ohledem na ochranu stávajících inženýrských sítí – především v intravilánu).



**Klasifikace hornin pro jádrové vrtání (šestitřídní klasifikace)**

Tabulka 4.I

| Třída | Horniny                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| I.    | Nezpevněné a měkké sedimenty (věk nerozhoduje):<br>a) ornice; spraš; hlína; humus; lesní kořenová půda<br>b) hlína (svahová) s ojedinělými úlomky pevných hornin<br>c) rašelina<br>d) jíl; slín; hlinité (eluviální) jíly<br>e) písek; drobný štěrk; zajiňované písky<br>f) měkké nebo rozpadavé: pískovec; arkóna; droby; eluvium rozpadavých hornin<br>g) měkký nebo rozpadavý: jílovec; prachovec; slínovec<br>h) tuf; jílovitý tufit (bentonitický)<br>i) sekundární kaolín                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| II.   | Nezpevněné sedimenty s obsahem valounů. Pevné sedimenty druhohorní a třetihorní; měkké typy metamorfovaných hornin; hlíny s valouny pevných hornin do Ø vrtu:<br>a) štěrk; štěrkopísky do Ø 50 mm; suť; zahliněná suť s úlomky hornin do Ø vrtu<br>b) druhohorní a třetihorní: jílovec; slínovec; prachovec; málo porušené: slínovce a slinité vápence<br>c) druhohorní a třetihorní: pískovce; arkóna; droba; pískovce a tufitické pískovce s měkkým tmelem<br>d) slepence; brekcie s hlinitým nebo jílovitým kaolinitickým tmelem bez ohledu na věk<br>e) třetihorní pevný: tuf; tufit; třetihorní pevný sopečný aglomerát<br>f) opuka<br>g) uhlí: hnědé; černé; lignit<br>h) třetihorní vápenec; jemně rozpukaný dolomit; zokrovatělý magnezit Západních Karpat; travertiny<br>i) pelosiderit<br>j) primární kaolín; plastické, písčité a bentonitické jíly<br>k) cement (ve vrtu – při jeho cementaci)<br>l) anhydrit; sádrovec; sůl |
| III.  | Tvrdé sedimenty prvohorní; vyvřelé a metamorfované horniny převážně hrubozrnné a střednězrnné<br>a) prvohorní: jílovec; slínovec; prachovec<br>b) prvohorní: pískovec; arkóna; droba<br>c) slepenec; brekcie s karbonátovým a železitým tmelem; sopečné aglomeráty a andezitové, ryolitové a čedičové brekcie (neovulkanity Západních Karpat)<br>d) prvohorní tuf a tufit; porfyroidové tufy a tufity; andezitové tufy a tufity Západních Karpat<br>e) druhohorní a starší vápenec; dolomit a magnezit a přechody mezi nimi; neporušené siderity a ankerity<br>f) žula; syenit; diorit; gabro; granodiority; diabas; peridotit; pegmatit; aplit; melafyr; čedič; tefrit; basanit; ryolity; ryodacity<br>g) svor; fylit; rula; amfibolit; serpentinit; migmatit; greisen<br>h) prokřemenělé břidlice; grafitické, sericitické a chloritické břidlice; jiné kompaktní břidlice<br>i) štěrky Ø 50÷128 mm                                    |
| IV.   | Vyvřelé a metamorfované horniny převážně jemnozrnné nebo hrubozrnné a středně zrnité, prokřemenělé nebo zrudněné; sedimentární horniny porušené, zbřidličnatělé a zkrasovatělé<br>a) křemenné slepence s křemitým tmelem; slepence vulkanických hornin s křemitým tmelem<br>b) jemnozrnné typy vyvřelých a metamorfovaných hornin z III.f) a III.g)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

|     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|     | c) hrubozrnné a střednězrnné typy vyvřelých a metamorfovaných hornin III. třídy, pokud jsou prokřemenělé a zrudněné a hrubozrnné porfyroidy<br>d) spilit; porfyr; čedič; andezit; dacity;; jemnozrnné ryolity<br>e) skarn; eklogit; granulit; erlan; granátovec; prvohorní a druhohorní porušené, zkrasovatělé a zbřidličnatělé karbonáty; siderity; prokřemenělé a porušené ankerity<br>f) horniny III. třídy, pokud jsou výrazně usměrněné popř. tektonicky porušené: pískovce; prokřemenělé břidlice apod. |
| V.  | Amorfní typy křemitých a vysoce tvrdých hornin:<br>a) sklovitý čedič; bazaltoidní andezit; silně rozpukaný andezit<br>b) jemný a sklovitý porfyr; masivní prokřemenělé porfyroidy Západních Karpat<br>c) jemnozrnný granulit<br>d) křemenné žiloviny se zrudněním; lité kyzy; magnetity<br>e) grafitické skarny                                                                                                                                                                                               |
| VI. | Amorfní typy křemitých a vysoce tvrdých těžko vrtatelných hornin:<br>a) amorfní křemenec; rohovec; křemenec Západních Karpat<br>b) žilný křemen; bulžník; pyřity<br>c) sklovitý silně rozpukaný čedič; chalcedony<br>d) horniny vymykající se normální technologii vrtání (např. sloupcovité čediče)                                                                                                                                                                                                          |

#### Klasifikace hornin pro bezjádrové vrtání (šestitřídní klasifikace)

Tabulka 4.II

| Třída | Horniny                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| I.    | Ornice, spraš, všechny druhy půd kyprých, (rašelina), hlinitopísčité zeminy, písky volné mimo tekuté písky, písky jílovité ulehlé, nestmelené a neulehlé štěrky do průměru 20 mm, šterkopísky a valouny do 50 mm, hlíny a jíly, svahové hlíny a úlomky pevných hornin, slíny pevné konzistence, silty                                |
| II.   | Tekuté písky, neulehlé štěrky o velikosti valounů od 50 mm do ½ vrtu, šterkopísky ulehlé, pískovce s jílovitým nebo vápnitým tmelem, jíly a slíny s hojnými tvrdými konkrécemi, jílovce a slínovce zpevněné až silně diageneticky zpevněné, uhlí hnědé, měkké                                                                        |
| III.  | Tekuté písky vztlakové, štěrky nestmelené o velikosti valounů přes ½ vrtu, štěrky ulehlé o velikosti valounů do ½ vrtu, pískovce pevné až tvrdé s pevným tmelem, arkózy, droby a slepence, siltovce, jílovité břidlice tvrdé diageneticky zpevněné, břidlice chloriticko-sericitické, vápence krystalické, tufy a tufity, uhlí černé |
| IV.   | Stmelené štěrky, o velikosti valounů přes ½ profilu vrtu, pískovce s křemitým tmelem, fylity, pararuly zbřidličnatělé                                                                                                                                                                                                                |
| V.    | Droby křemité, žuly, ruly a orthoruly, syenit, granodiorit a znělec                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| VI.   | Slepence s křemitým tmelem a křemence, ruly kvarcitické, andezity, amfibolity a granodiority, gabra a čediče, křemen žilný, masivní kompaktní rohovec a bulžník                                                                                                                                                                      |

#### Klasifikace hornin pro mělké vrty (do 10 m) a do průměru 220 mm a pro vpichy

Tabulka 4.III

| Třída | Horniny                                                                                                                                                                   |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| I.    | Ornice, kypré hlíny, humózní hlíny, bažinaté půdy, rašelina, vlhké spraše, písky a drobné štěrky do průměru zrna 5 mm                                                     |
| II.   | Svahové hlíny, tuhé jíly, písky a štěrky se zrny do průměru 30 mm, zvodnělé soudržné písky, suché spraše                                                                  |
| III.  | Písčité jíly, pevné jíly, silně kaolinizované arkózy, písky a štěrky se zrny nad 30 do 100 mm, spraše s vápnitými konkrécemi, kaolinizované pískovce, hnědé uhlí, jílovce |

Klasifikace hornin podle vrtatelnosti pro hodnocení výkonových norem (dvanáctitřídní klasifikace)

Tabulka 4.IVa

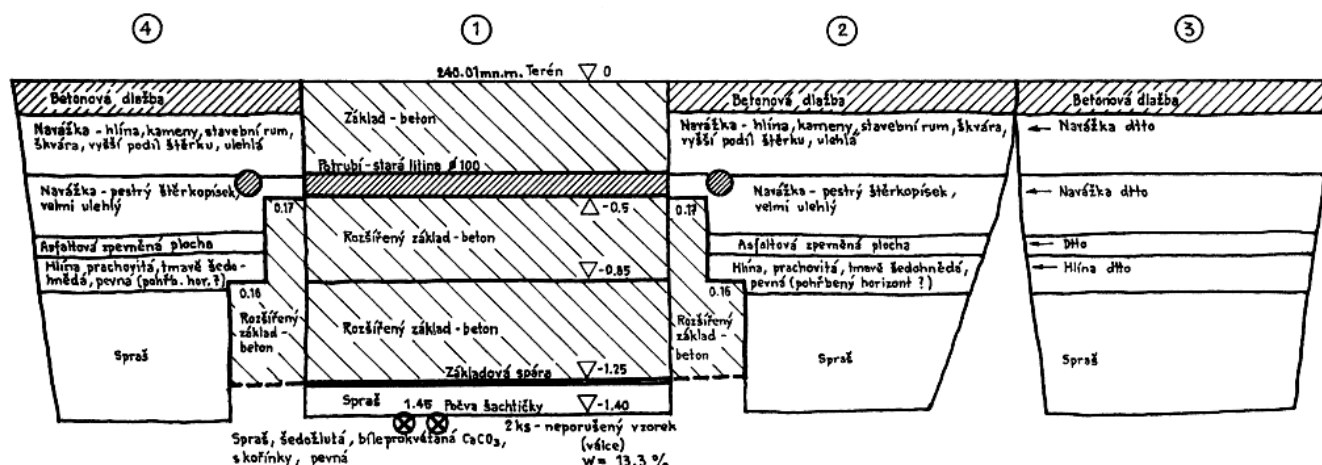
| <b>Třída</b> | <b>Horniny podle tvrdosti</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | <b>Třída</b> | <b>Horniny podle tvrdosti</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|--------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>I.</b>    | Ornice<br>Spraž<br>Hlína<br>Hlína s drobnými úlomky<br>pevných hornin<br>Rašelina                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | <b>V.</b>    | Jílovec prvohorní písčitý nebo<br>prachovitý<br>Slínovec prvohorní písčitý<br>nebo prachovitý<br>Prachovec prvohorní písčitý<br>nebo jílovitý<br>Jílovec druhoh. pevný kompakt.<br>Slínovec druhoh. pevný kompakt.<br>Prachovec druhohorní pevný<br>nebo kompaktní<br>Opuka<br>Štěrka s valouny o velikosti nad<br>Ø vrtu a četnosti nad 20 %<br>Sut s valouny o velikosti nad<br>Ø vrtu a četnosti nad 20 %<br>Pískovec druhohorní a třetihorní<br>s tvrdým tmelem<br>Slepenec druhohorní a třetihorní<br>slabě tmelený<br>Brekcie druhohorní a třetihorní<br>slabě tmelená<br>Aglomerát sopečný třetihorní<br>Vápenec slinitý<br>Vápenec jílovitý<br>Vápenec písčitý<br>Uhlí černé<br>Břidlice pevná<br>Fylit<br>Cement                                                   |
| <b>II.</b>   | Hlína (svahová) s úlomky pev.<br>hornin, velikosti do 5 cm a<br>četnosti nad 20 % z celkového<br>objemu jádra.<br>Jíl<br>Slín<br>Jílovec třetihorní písčitý<br>Jílovec měkký nebo rozpadavý<br>Slínovec měkký n. rozpadavý<br>Písek<br>Štěrčík<br>Pískovec měkký n. rozpadavý<br>Arkosa měkká nebo rozpadavá<br>Droba měkká nebo rozpadavá<br>Tufit jílovitý (bentonitický)<br>Uhlí hnědé mourovité<br>Kaolín sekundární                                                                                         | <b>VI.</b>   | Jílovec prvohorní, pevný,<br>kompaktní<br>Slínovec prvohorní, pevný,<br>kompaktní<br>Prachovec prvohorní, pevný,<br>kompaktní<br>Pískovec prvohorní s pevným<br>tmelem<br>Arkosa prvohorní s pevným<br>tmelem<br>Droba prvohorní s pevným<br>tmelem<br>Sut balvanitá s obsahem balvanů<br>nad 40 %<br>Slepenec druhohorní pevný<br>kompaktní<br>Slepenec prvohorní arkosový<br>nebo s měkkým tmelem<br>Brekcie druhohorní pevná<br>kompaktní<br>Brekcie prvohorní arkosová<br>nebo s měkkým tmelem<br>Tuf prvohorní pevný kompakt.<br>Tufit prvohorní pevný kompakt.<br>Pelosiderit<br>Vápenec krystalický hrubozrnný<br>a středně zrnitý<br>Dolomit krystalický hrubozrnný<br>a středně zrnitý<br>Magnezit krystalický hrubozrnný<br>a středně zrnitý<br>Syenit hrubozrnný |
| <b>III.</b>  | Hlína (svahová) jílu s úlomky<br>pevných hornin velikosti až do<br>průměru vrtu a četnosti nad 20<br>procent z celkového objemu jádra<br>Jíl vazný<br>Slín pevný<br>Jílovec třetihorní<br>Štěrka s valouny o velikosti<br>až do průměru vrtu<br>Štěrka s valouny o velikosti až<br>do průměru vrtu<br>Sut s valouny až do prům. vrtu<br>Pískovec s měkkým tmelem<br>Tuf třetihorní pevný kompaktní<br>Tufit třetihorní pevný kompaktní<br>Uhlí hnědé jílovité<br>Lignit<br>Kaolín primární                       |              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <b>IV.</b>   | Jílovec druhohorní písčitý nebo<br>prachovitý<br>Slínovec druhohorní písčitý<br>nebo prachovitý<br>Prachovec druhohorní písčitý<br>nebo jílovitý<br>Pískovec druhohorní a třetihorní<br>s pevným tmelem<br>Štěrka s valouny o velikosti nad<br>průměr vrtu a četnosti do 20 %<br>z celkového objemu jádra<br>Sut s valouny o velikosti nad<br>průměr vrtu o četnosti do 20 %<br>Tuf třetihorní druhoh. zpevněný<br>Tufit třetihorní druhoh. zpevněný<br>Břidlice jílovitá<br>Uhlí hnědé pevné<br>Opuka odvápnělá |              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |

Klasifikace hornin podle vrtatelnosti pro hodnocení výkonových norem (dvanáctitřídní klasifikace) - pokračování

Tabulka 4.IVb

| Třída | Horniny podle tvrdosti                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Třída | Horniny podle tvrdosti                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| VII.  | <p>Prachovec prvohorní silně prokřemenělý</p> <p>Pískovec druhohorní a třetihorní jemnozrný kompak. s čistým křemitým tmelem</p> <p>Pískovec prvohorní s tvrdým (křemitým) tmelem</p> <p>Arkosa prvohorní s tvrdým (křemitým) tmelem</p> <p>Droba prvohorní s tvrdým (křemitým) tmelem</p> <p>Slepenec prvohorní s pevným nebo tvrdým tmelem</p> <p>Brekcie prvohorní s pevným nebo tvrdým tmelem</p> <p>Zula hrubozrná a středně zrnitá</p> <p>Syenit středně zrnitý</p> <p>Diorit hrubozrný</p> <p>Granodiorit hrubozrný a středně zrnitý</p> <p>Diabas hrubozrný a středně zrnitý</p> <p>Gabro olivinické hrubozrné</p> <p>Peridotit</p> <p>Aplit žulový syenitový neb dioritový hrubozrný</p> <p>Melafýr</p> <p>Vápenec křemitý</p> <p>Dolomit křemitý</p> <p>Vápenec krystalický jemnozrný až celistvý</p> <p>Dolomit krystalický jemnozrný až celistvý</p> <p>Břidlice prokřemenělá</p> <p>Svor</p> <p>Amfibolit hrubozrný</p> <p>Rula hrubozrná a středně zrnitá</p> <p>Hadec</p> <p>Migmatit hrubozrný a středně zrnitý</p> | IX.   | <p>Rula jemnozrná</p> <p>Migmatit jemnozrný</p> <p>Greisen hrubozrný a střed. zrnitý</p> <p>Skarn pyroxenicko-amfibolitický hrubozrný a středně zrnitý</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|       | <p>Silně a velmi silně prokřemenělé horniny uvedené v VII. třídě s výjimkou prachovce, pískovců, arkosy, droby, slepence a brekcie.</p> <p>Slepenec s tvrdým (křemitým) tmelem a s valouny křemene o průměru nad 5 cm a četnosti nad 30 % z celkového objemu jádra</p> <p>Brekcie</p> <p>Zula jemnozrná</p> <p>Syenit jemnozrný</p> <p>Diorit středně zrnitý</p> <p>Granodiorit jemnozrný</p> <p>Diabas jemnozrný</p> <p>Gabro olivinické středně zrnité</p> <p>Troktolit</p> <p>Aplit žulový, syenitový neb dioritový střed. zrnitý a jemnozrný</p> <p>Pegmatit s obsahem křemene do 50 % z celk. obj. jádra</p> <p>Znělec</p> <p>Tefrit</p> <p>Basanit</p> <p>Amfibolit středně zrnitý</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |       | <p>Silně a velmi silně prokřemenělé horniny jmenovitě uvedené v VIII. třídě, s výjimkou slepence, brekcie a pegmatitu.</p> <p>Diorit jemnozrný</p> <p>Gabro olivinické jemnozrné masivní</p> <p>Pegmatit s obsahem křemene nad 50 % z celk. obj. jádra</p> <p>Andesit</p> <p>Porfyr žulový a syenitický</p> <p>Spilit</p> <p>Amfibolit jemnozrný</p> <p>Greisen jemnozrný</p> <p>Skarn pyroxenicko-amfibolitický jemnozrný</p> <p>Skarn granatický středně zrnitý</p> <p>Eklogit granatický</p> <p>Granulit hrubozrný a středně hrubozrný a středně zrnitý</p> |
| VIII. |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | X.    | <p>Křemenec zrnitý</p> <p>Cedič</p> <p>Gabro pyroxenické</p> <p>Porfyr křemenný</p> <p>Anortosit</p> <p>Granulit jemnozrný</p> <p>Skarn granatický velmi jemnozrný a zcela kompaktní</p> <p>Erlan</p> <p>Granátovec</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | XI.   | <p>Rohovec</p> <p>Cedič sklovitý</p> <p>Porfyr felsitický jemnozrný</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | XII.  | <p>Buližník</p> <p>Cedič sklovitý silně rozpukavý</p> <p>Křemenec amorfní</p> <p>Křemen žilný</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |

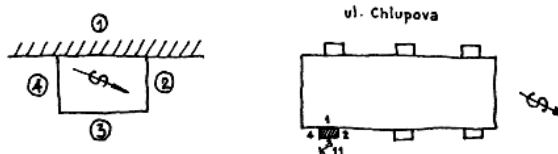




M 1:200

Hloubeno: 10.8.2003 (p.V. Horváth &amp; spol.)

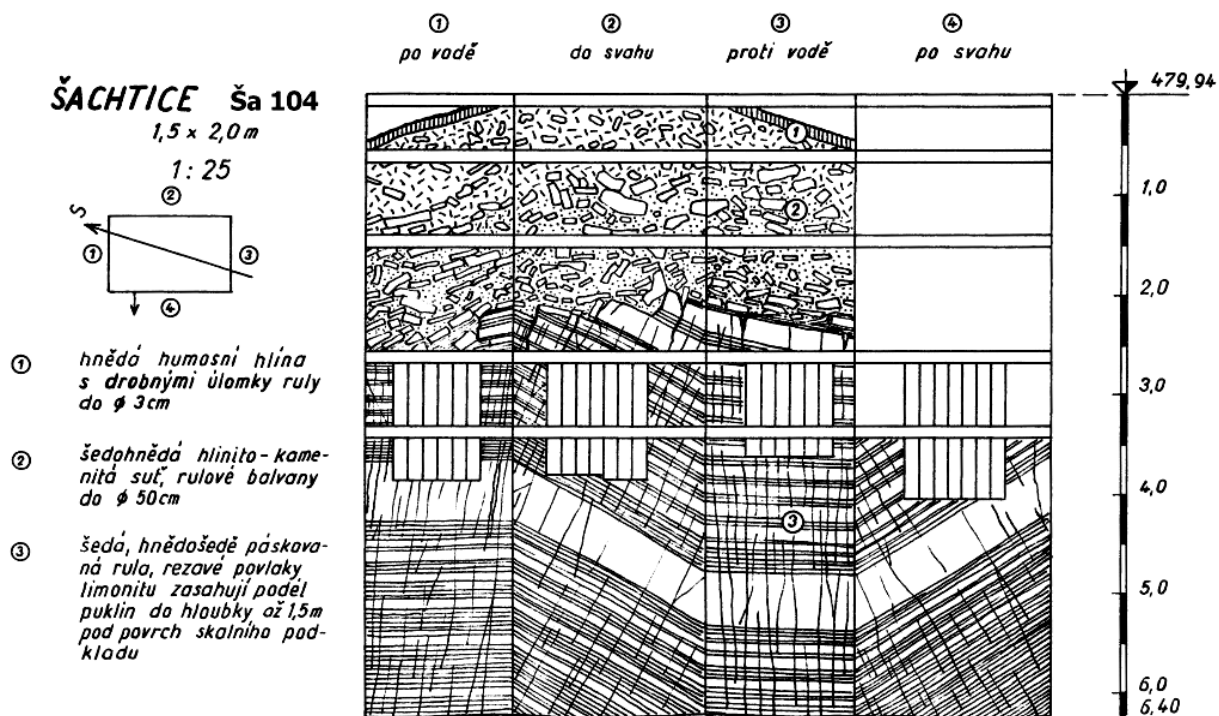
Dokumentováno: 10.8.2003 (Doc. V. Horák)



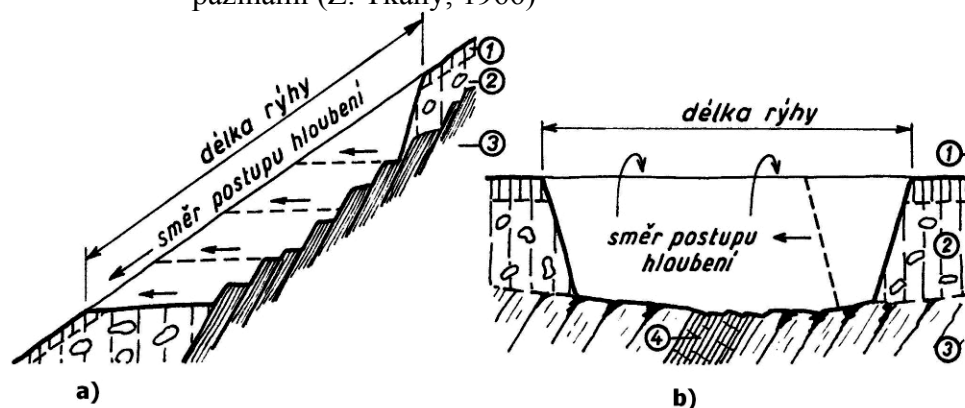
Obr. 4.68 Dokumentace kopané sondy provedené při průzkumu založení obytného domu postiženého poruchami konstrukce (V. Horák, 2003)

b) **ŠACHTICE ŠIROKÉHO PROFILU** (symbol pro označení typu sondy **Ša**) je průzkumné vertikální (převažuje hloubka) dílo podobné kopané sondě, dosahuje však podstatně větších hloubek, bývá i větších příčných rozměrů. Často bývají určeny i pro pozdější provozní (stavební) účely. Jejich profil je obvykle čtvercový nebo obdélníkový a je dělen na oddělení těžní, lezné a instalací. V oddělení těžním je instalováno zařízení pro těžení výkopku při hloubení, oddělení lezné je vybaveno žebříky pro vstup a výstup pracovníků a oddělení instalací vede potrubí pro přívod stlačeného vzduchu, vody, větrací lutny, vedení el. proudu, výtlačné potrubí od čerpadla apod. Šachtice je velmi závažné technické průzkumné dílo, proto v její ose bývá prováděn v předstihu průzkumný vrt. V SG (GT, IG) průzkumu se tento druh prací používá (obdobně jako průzkumné štoly) jen zcela výjimečně – např. v místě hráze pro zamýšlené vodní dílo (VD – obr. 4.74), velmi významnou podzemní stavbu (v oblasti portálů nebo budoucích šachet) apod. – obr. 4.69.

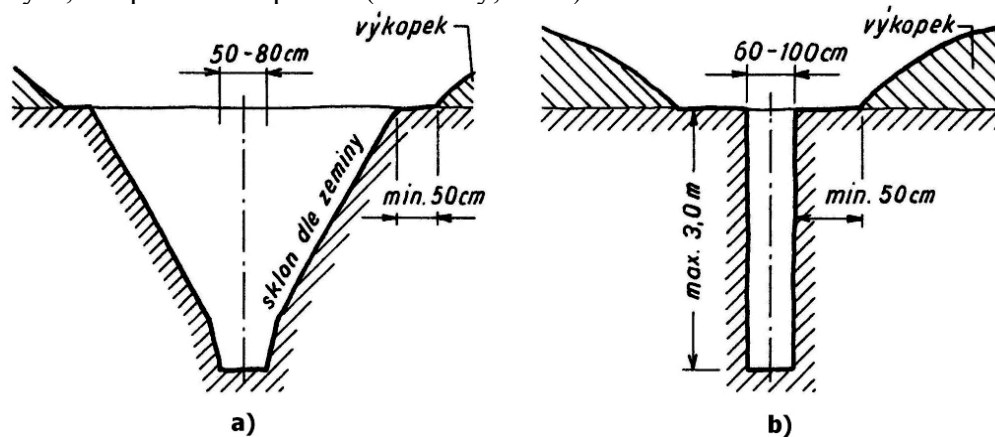
c) **RÝHA** (symbol pro označení typu sondy **R**) je otevřený sondový zářez u kterého převládá jako rozměr délka (ta musí být minimálně rovna hloubce). Šířka dna rýhy bývá 0,80 až 1,50 m, hloubka až 5 m (na svahu až 12 m, s otevřeným čelem). Rýhy se provádějí tam, kde je nutné studovat skladbu pokryvných útvarů, zvláště u svahových sedimentů nebo geologického (skalního) podloží (hráze VD, materiálová naleziště apod. – obr. 4.70 a 4.72). Stěny rýh mohou být provedeny jako kolmé, případně svahované (obr. 4.71). Obdobně jako u kopaných sond resp. šachtic by měly být rýhy často paženy. Pažení je však zásadní překážkou pro dokumentaci, vzorkování nebo zkušební činnost. Pažení může být potom prováděno jako příložné (vodorovné, svislé), zátažné, extrémně pak jako hnané. Pro alespoň základní vyřešení rozporu mezi předepsanou bezpečností a průzkumnou funkcí kopaného díla, by mělo být možné na nezbytně nutnou dobu dokumentace nebo zkoušky část pažení vyjmout.



Obr. 4.69 Příklad primární dokumentace šachtice. Šachtice je místy zapažena svislými pažinami (Z. Tkaný, 1966)



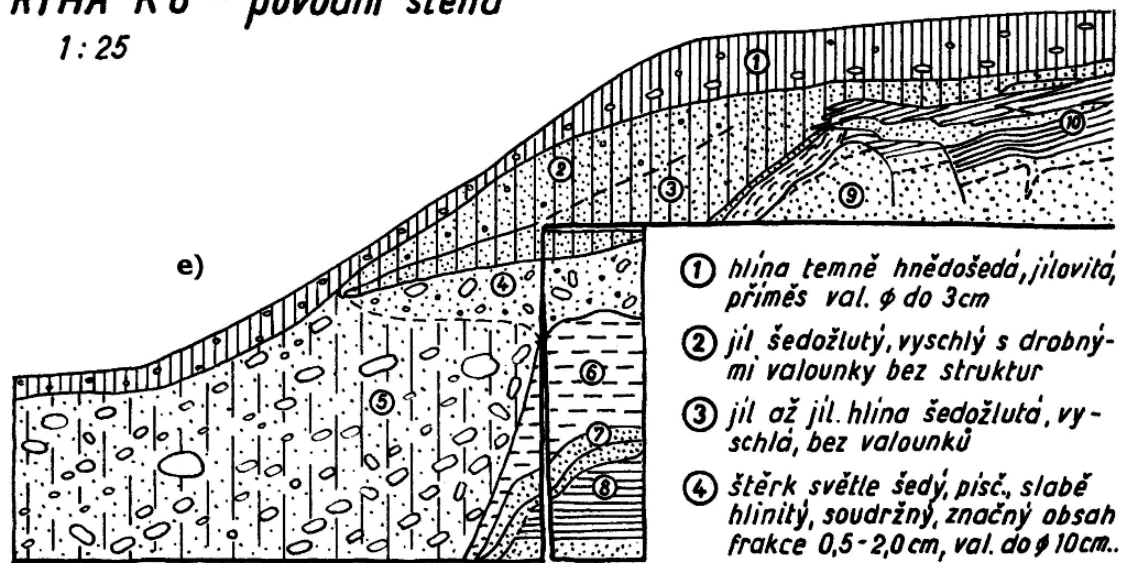
Obr. 4.70 a) Rýha hloubená ve svahu pro zjištění povrchu skalního podloží. Výkopek je vyvážen po spádu. 1 - humózní hlína; 2 - hlinitá svahová suť; 3 - skalní podloží. b) rýha hloubená v rovinném území pro sledování průběhu poruchového pásma. 1; 2; 3 - dtto co výše; 4 - poruchové pásmo (Z. Tkaný, 1966)



Obr. 4.71 Příčný profil nepaženými rýhami. a) Rýha se svahovanými stěnami v mírně soudržných horninách. b) rýha se svislými stěnami v soudržných zeminách (Z. Tkaný, 1966)

## RÝHA R 6 – povodní stěna

1:25

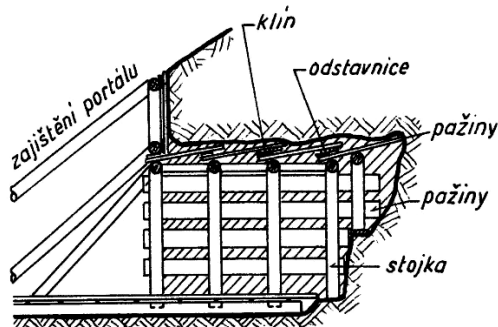


Obr 4.72 Příklad grafické dokumentace sondovací rýhy (Z. Tkaný, 1966)

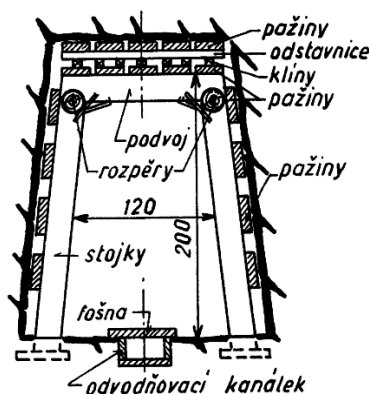
d) **ŠTOLA** (symbol pro označení průzkumného díla **Št**) je vodorovné nebo ukloněné liniové (převládá délka) podzemní dílo ražené v horninách od portálu (od povrchu terénu – do svahu). Příčný průřez štoly je běžně lichoběžníkový, obdélníkový nebo parabolický do 16 m<sup>2</sup>. Jedná se o mimořádné, technicky a ekonomicky velmi náročné průzkumné dílo, nasazované výhradně při průzkumu pro významná podzemní (liniová, plošná, halová) nebo vodní díla (obr. 4.74). Štola musí být obvykle opatřena s ohledem na zajištění stability jejího profilu **výstrojí**; pro potřeby průzkumu by výstroj měla být, pokud možno, minimalizována. Štoly slouží nejen podrobné geologické dokumentaci exploatovaného horninového masívu, ale bývá v nich rovněž realizován rozsáhlý program polních zkoušek a měření; současně slouží pro ověření technologie ražby a jako modelový případ pro posouzení chování masívu při ražbě a pro vyladění matematických modelů návrhu konstrukce. Polní zkoušky a měření bývají často prováděny v místech rozšíření štoly do bočních krátkých slepých chodeb – tzv. **rozrážek**. Zvláštním případem průzkumných štol jsou díla kruhového průřezu, realizovaná nasazením vrtacích strojů (TBM = Tunnel Boring Machine). O dalších souvislostech použití průzkumných štol bude pojednáno v předmětu „Podzemní stavby“.

Obdobou průzkumných štol jsou průzkumné **chodby**. Rozdíl mezi štolou a chodbou spočívá v tom, že chodba je ražena z jámy nebo jiného průzkumného díla (šachtice apod.) a nikoliv od povrchu jako štola.

a, podélný řez

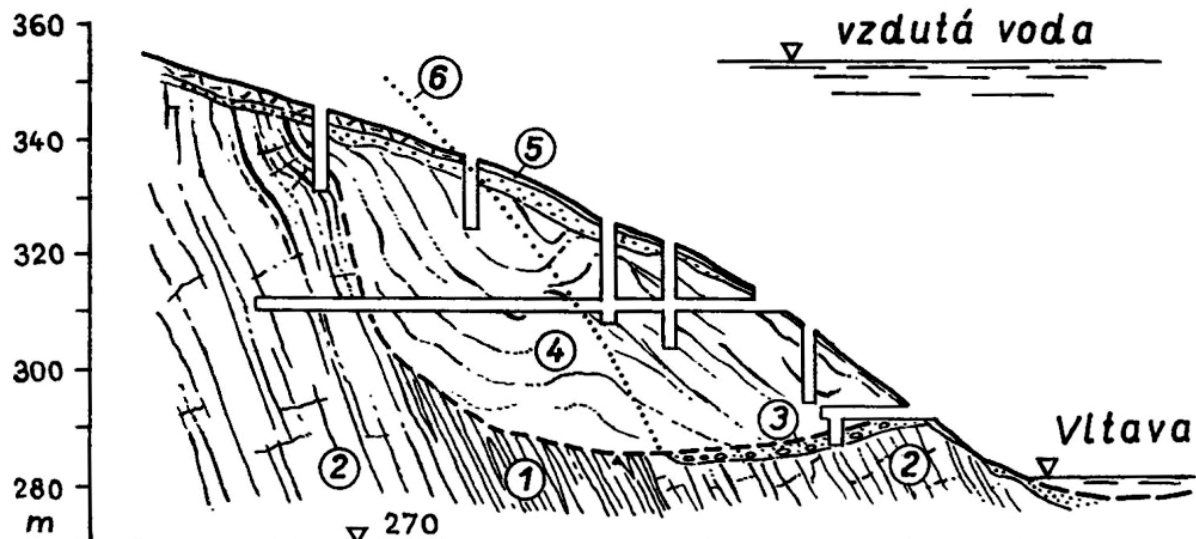


b, příčný řez



Obr 4.73 Příklad dřevěné výstroje průzkumné štoly – klasická  $\frac{3}{4}$  veřej, bez kolejové dopravy (Z. Tkaný, 1966)

- e) **VÝLOM** (symbol pro označení průzkumné sondy **O**) je drobnější důlní dílo, často sloužící vedle průzkumu i jiné funkci. Jde o krátkou slepou chodbu, sklad trhavin, prostor pro čerpadla apod. Za výlomy bývá označováno i očišťování výchozů horniny („na den“ - z německého „über Tag“).



Geologický profil levým svahem původního přehradního místa na Vltavě u Zlákovic (Zoubek 1953). 1 — porfyroidy jílovského pásma, 2 — epidiority, 3 — pleistocenní terasové štěrky, 4 — zřícené porfyroidy, 5 — kamenité svahové suti, 6 — průběh údolního svahu před sesutím

Obr. 4.74 Příklad nasazení kopných a báňských odkryvných děl (šachtic a štol) při průzkumu pro hráz VD (Q. Záruba, V. Mencl, 1974)

## • PENETRAČNÍ SONDOVÁNÍ

Jedná se o odkryvnou práci nepřímou – pod povrch terénu nahlédneme ne přímo nýbrž zprostředkovaně pomocí **smluvní sondy zaháněné do podloží smluvním způsobem, když měříme odpor proti vniku. VNIK = PENETRACE**. Penetrační sondování je použitelné do zemin či nejvýše poloskalních (resp. „slabých“) hornin (= pokryvů, měkkého horizontu). Mimořádný přínos těchto prací spočívá v tom, že se jedná současně i o **polní zkoušku** a sonda sleduje kontinuální profil. Rovněž ekonomický přínos je nezanedbatelný (penetrační sonda je ve srovnatelném prostředí standardně lacinější než sonda vrtaná). Některé penetrační sondy rovněž umožňují při použití speciálního nářadí i odběr alespoň minimálního poloporušeného vzorku zeminy. Podle ČSN P ENV 1997-3/2000 (*Navrhování geotechnických konstrukcí. Část 3: Navrhování na základě terénních zkoušek - předběžná norma, v revizi*) dělíme penetrační sondování do čtyř skupin:

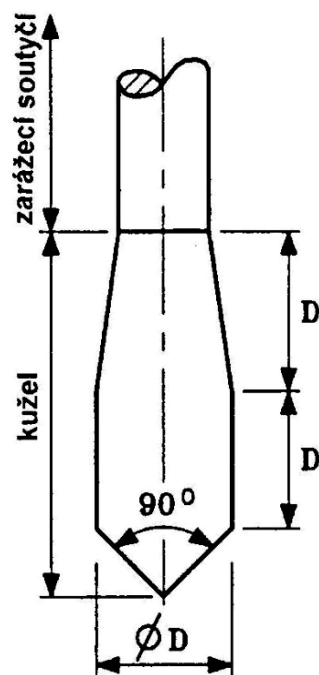
**A) DYNAMICKÁ PENETRACE** (symbol pro označení průzkumného díla **DP** = *Dynamic Probing Test*) spočívá v zarážení penetroměru (= sondy) do základové půdy dynamicky – pomocí beránku (strojně nebo ručně) nebo příklepové vrtné soupravy, s měřením odporu proti vnikání (například **počtem úderů** nebo časem, které jsou potřebné **na určitou hloubku penetrace** – obvykle 10 nebo 20 cm – obr 4.79). Souprava



sestává ze sondy, soutyčí, kovadliny, beránku, případně i ze zárazecího zařízení – obr. 4.77 a 4.78. DP je určena do zemin a poloskalních hornin. Používá se pro stanovení litologie a pro relativní porovnání vlastností či klasifikací stanovených jinými polními zkouškami případně makroskopicky popisem. Je výtečnou pomůckou pro stanovení pevnostních a přetvárných charakteristik zemin (především nesoudržných) pomocí vhodných korelací. Bez konkurence je (spolu s STP – viz dále) **při určování ulehlosti štěrků a písků**; tu nelze prakticky jiným způsobem pro tyto zeminy v uložení in situ stanovit! Je velmi vhodná pro kontrolu kvality uložení násypů. DP je výtečnou modelovou metodou pro návrh beraněných pilot. Pro výsledky DP jsou velmi důležité parametry hrotu sondy. Ve světě je používána celá řada penetračních hrotů ( $\Rightarrow$  různý úhel kužele, různá průřezová plocha  $A$ ) – obr. 4.75. V současné době je v ČR normován hrot podle DIN 4094 a ČSN P ENV 1997-3/2000 (obr. 4.76). Rozdělení výkonnějších typů DP podle ČSN P ENV 1997-3/2000, s ohledem na výkon soupravy, je uvedeno v tab. 4.V.



Obr. 4.75  
Různé typy hrotů  
používaných pro  
DP. Hroty pevné i  
ztratiné



Obr. 4.76  
Penetrační  
hrot pro DP  
s parametry  
podle DIN  
4094 (ČSN P  
ENV 1997-  
3/2000)

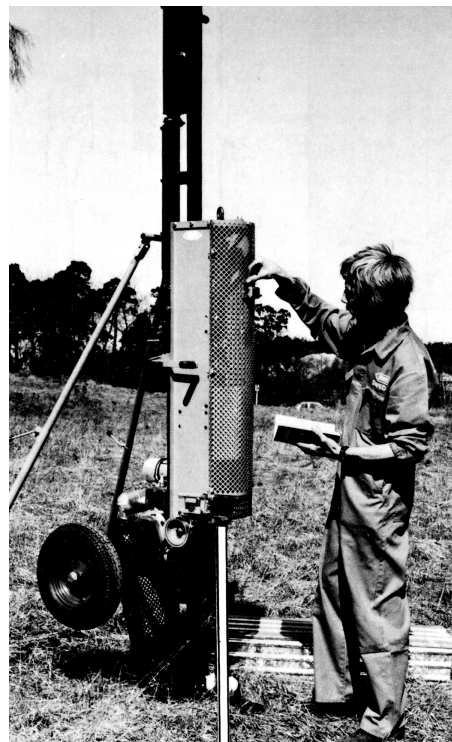
Typy DP podle ČSN P ENV 1997-3/2000

Tabulka 4.V

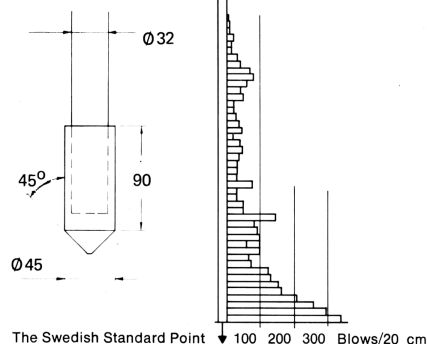
| Dynamická penetrace                                                | DPL<br>(lehká) | DPM<br>(střední) | DPH<br>(těžká) | DPSH (extrémně<br>těžká) |
|--------------------------------------------------------------------|----------------|------------------|----------------|--------------------------|
| <b>Zarážecí zařízení</b><br>Beránek $m$ (kg)<br>Výška pádu $h$ (m) | 10<br>0,5      | 30<br>0,5        | 50<br>0,5      | 63,5<br>0,75             |
| <b>Hrot - kužel 90°</b><br>Ø plocha $A$ (cm <sup>2</sup> )         | 10             | 10               | 15             | 20                       |
| <b>Zarážecí soutyčí</b><br>Vnější Ø (mm)                           | 22             | 32               | 32             | 32                       |
| <b>Měrná práce na úder</b><br>(kJ/m <sup>2</sup> )                 | 50             | 150              | 167            | 238                      |



Obr. 4.78  
Těžká strojní  
penetrační  
souprava DPH  
s histogramem  
množství úderů  
potřebných na  
vnik sondy 20  
cm (BORROS  
AB, Solna,  
Sweden)



Obr 4.77  
Lehká ruční  
penetrační  
souprava DPL



**B) STATICKÁ PENETRACE** (symbol pro označení průzkumného díla **CPT(U)** = **Cone Penetration Test** (s měřením pórového tlaku  $u$ )) spočívá ve vertikálním zatlačování nebo rotaci staticky zatěžovaného penetrometru (= sondy, hrotu) relativně pomalou a konstantní rychlostí. Souprava sestává ze soutyčí zakončeného penetračním hrotem (sondou) tvořeným kuzelem a válcovým dříkem, ze zatlačovací soupravy a ze snímacího zařízení. Obvykle se měří měrný statický penetrační odpor (na hrotu) a dále tření na plášti sondy pomocí manžety na válcovém dříku (odpor a tření je registrováno např. v kN – obr. 4.80, 4.81 a 4.87. CPT(U) je zkouška CPT umožňující měřit v průběhu penetrace pórový tlak (=  $u$ ) v jemnozrnných zeminách přes pórovité destičky (= filtr) vložené v hrotu. Hroty sondy CPT mohou být z pohledu funkce snímání mechanické nebo elektrické (obr. 4.80, 4.81, 4.82). V některých případech je hrot sondy vybaven i radioaktivním zářičem a sonda je schopná stanovit (přes řádnou korelaci) i některé další vlastnosti zemin obdobně jako při karotážním měření (např. vlhkost, objemovou hmotnost, pórovitost etc.). Zkouška se používá pro stanovení litologie, ke klasifikaci a kurčení řady vlastností zemin a poloskalních hornin (ve kterých ji lze nasadit). Je vhodná pro kontrolu násypů. Jedná se o

výtečnou modelovou metodu pro návrh pilotových základů (test identifikuje velikost a vzájemný poměr odporu na hrotu a tření na plášti sondy)! Jistým problémem je zachycení reakce statické tlačné síly – značnou hmotností nosiče (obr. 4.84) nebo přikotvením soupravy. V případě vyčerpání tlačné síly nebo uvíznutí sondy je nutné zkoušku ukončit.

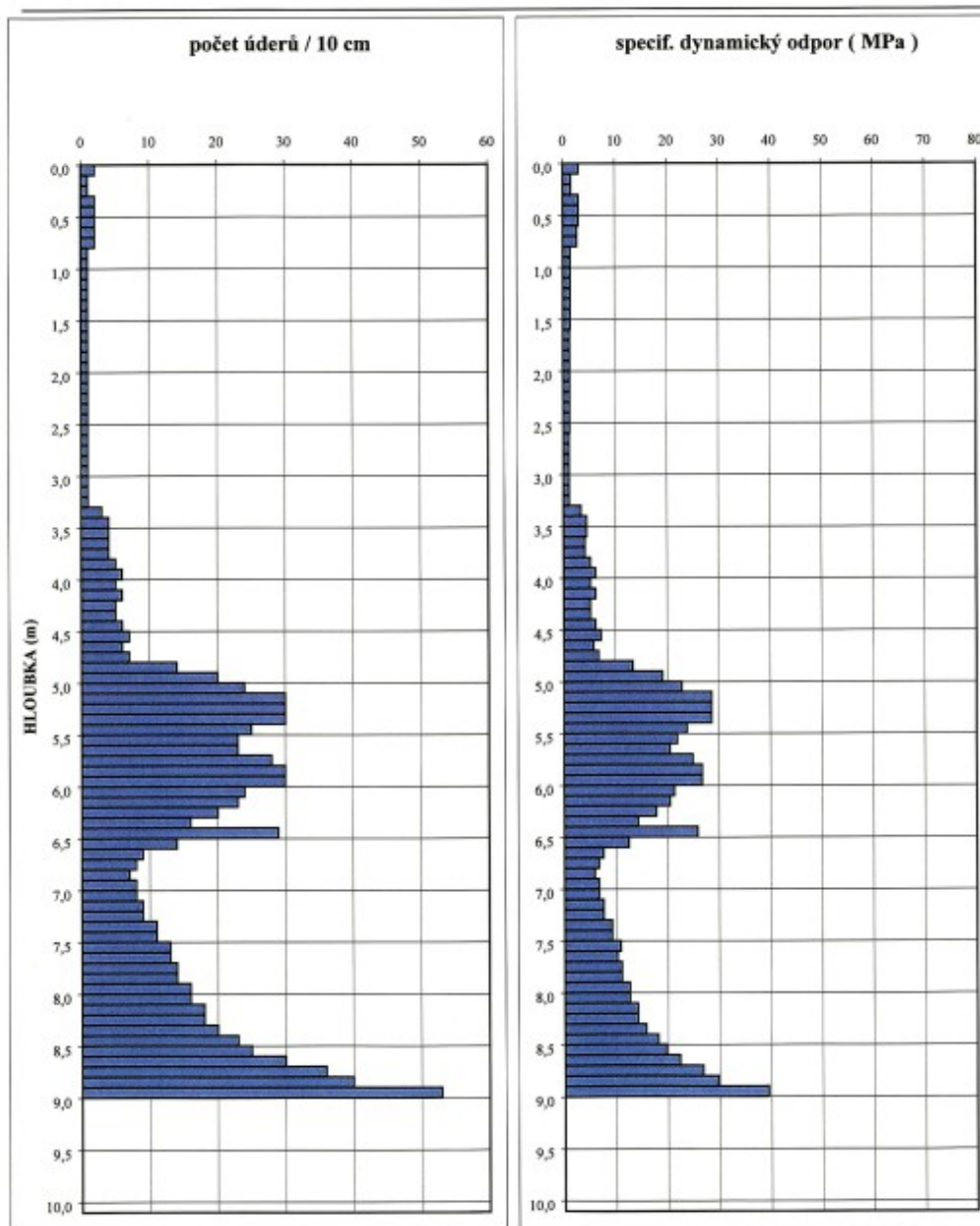
**GEOtest BRNO a.s.**

**DP 319**

**ZKOUŠKA DYNAMICKÉ PENETRACE - DIAGRAM POČTU ÚDERŮ A SPECIFICKÉHO DYNAMICKÉHO ODPORU**

Objednatel : **TOPGEO BRNO, spol. s r.o.**  
Akce : **Modřice - CTP I.**  
Zak. č. : **03 0431**

Datum : **11.11.2003**  
měřítko : **1 : 50**  
úroveň terénu : **neudáno**

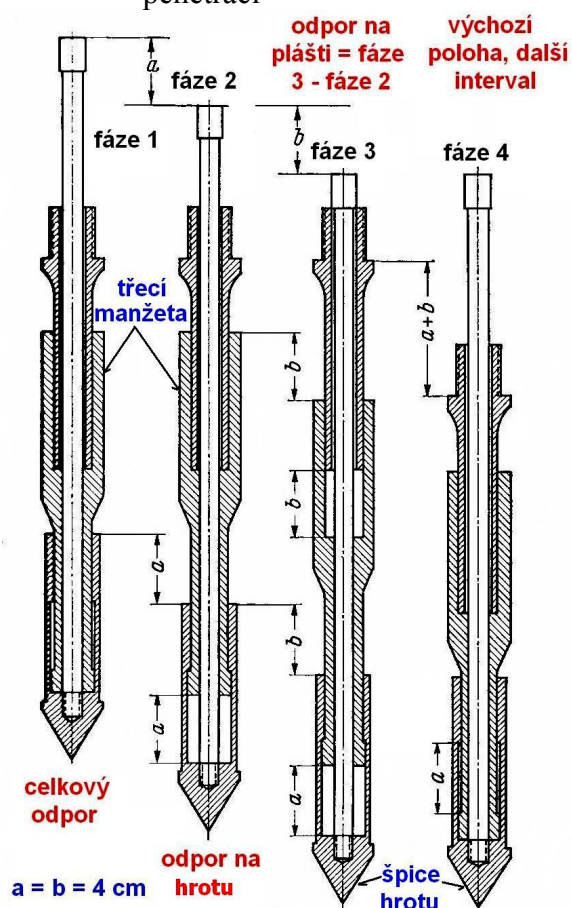


Obr. 4.79 Záznam těžké dynamické penetrační sondy DPH. Histogram množství úderů potřebných na vnik sondy o 10 cm a přepočtený specifický dynamický penetrační odpor  $q_{dyn}$  v MPa. Typická litologie v Brně: navážky – náplavové hlíny – písky a štěrky – tuhé a pevné neogenní jíly (GEOtest Brno a.s.)





Obr. 4.80 Mechanický (mechanicko-hydraulický) Begemannův hrot pro statickou penetraci

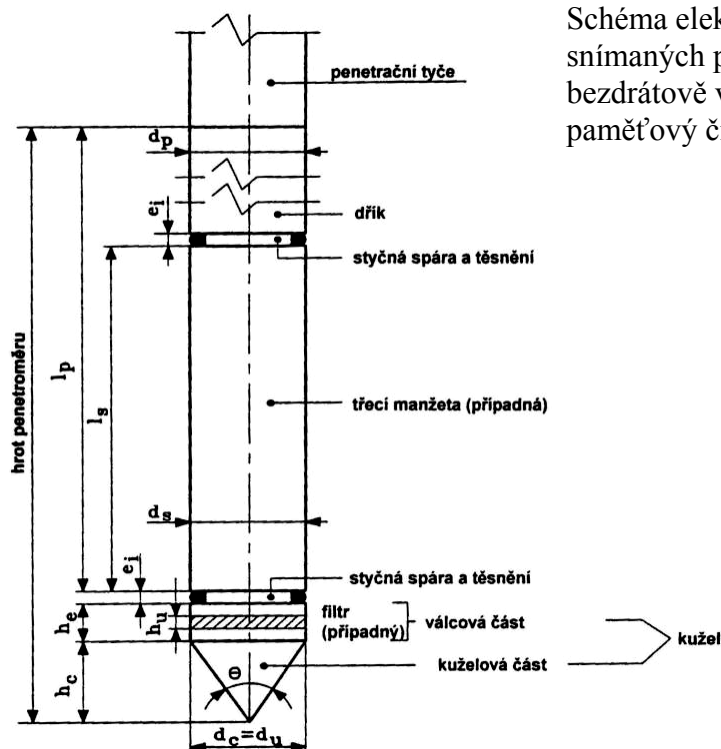


Obr 4.81  
Pracovní fáze Begemannovy  
mechanicko-hydraulické  
sondy CPT pro stanovení  
odporu na hrotu a odporu  
třením na plášti



Obr. 4.84  
Těžká mobilní  
statická penetrační  
souprava. Reakce  
tlačné síly je  
zachycena  
vysokou hmotností  
nosiče (Foto J.  
Šmíd)



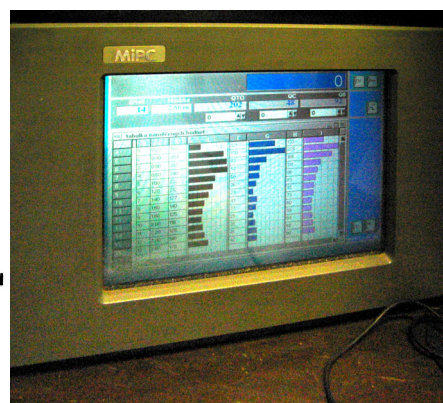


Obr. 4.82

Schéma elektrického hrotu sondy CPT(U). Přenos snímaných parametrů je běžně vodičem, dále i bezdrátově vysílačem, případně je v hrotu umístěn paměťový čip, přičtený po vytěžení sondy

Obr. 4.83

Záznam statické penetrační sondy na monitoru uvnitř skříně těžkého nosiče – viz obr. 4.84 (Foto J. Šmíd)

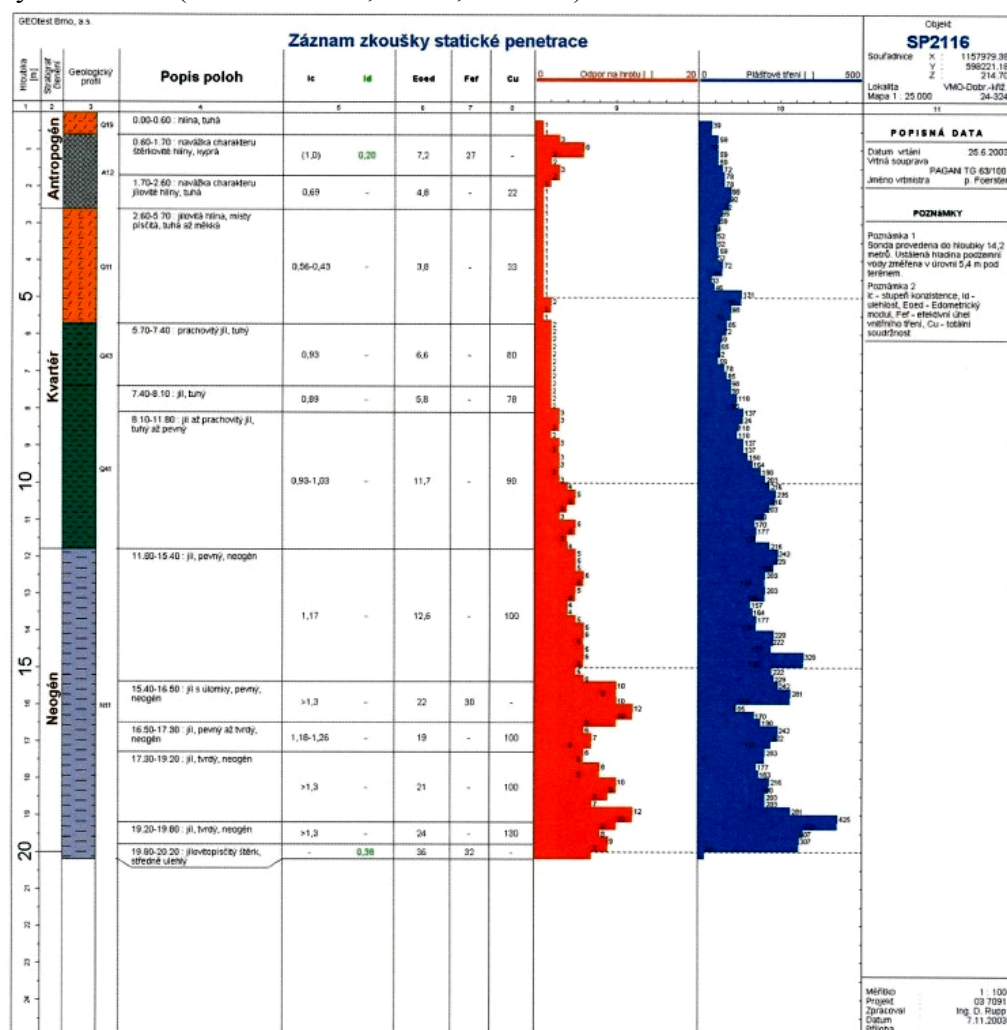


Obr. 4.85

Mobilní statická (a dynamická) penetrační a vrtná souprava fy PAGANI (GEOtest Brno a.s.). Protizátěž při CPT(U) je zajištěna přikotvením šnekovými kotvami

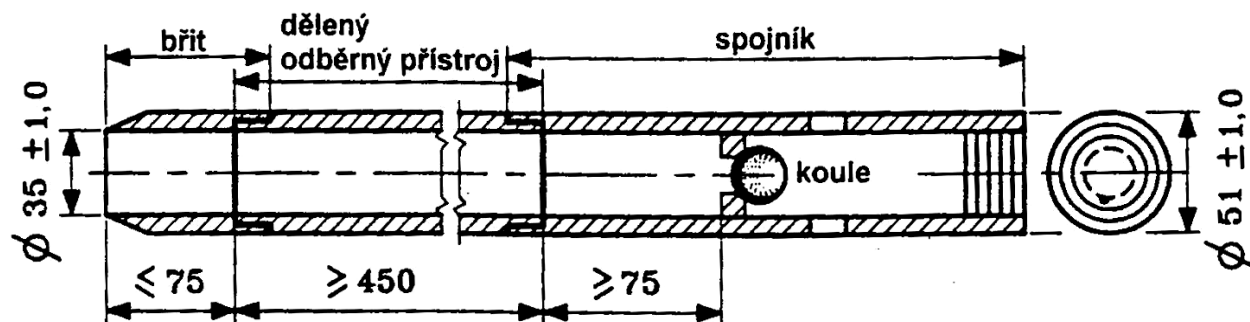


Obr. 4.86 Mobilní statická (a dynamická) penetrační vrtná souprava „POLHYDRILL“ fy BORROS (BORROS AB, Solna, Sweden)



Obr. 4.87 Záznam zkoušky statické penetrace. Litologický profil, histogramy odporu na hrotu a tření na plášti sondy (GEOtest Brno a.s.)

**C) STANDARDNÍ PENETRAČNÍ ZKOUŠKA** (symbol pro označení průzkumného díla **SPT** = **Standard Penetration Test**) je v zásadě dynamickou penetrací, při které tvoří sondu ocelová dělitelná trubka s břitem (= jádrovák) – obr. 4.88. Hlavní částí zařízení je tento jádrovák a dále beránek hmotnosti 63,5 kg (= 140 liber), dopadající z výšky 760 mm (= 2,5 stopy), stejně jako u DPSH. Penetrační odpor = počtu úderů potřebných pro zaražení sondy o 300 mm. Při zkoušce je získán (po vytěžení sondy zabraněné vždy o 2 x záběr 0,3 m) poloporušený vzorek zeminy pro testy v laboratoři. Zkouška je určena především pro stanovení litologie a dále pevnostních a přetvárných charakteristik nesoudržných zemin (především písků). Je však použitelná i pro ostatní typy zemin. Spolu s DP je výtečnou zkouškou pro stanovení **ulehlosti**. Je vhodná pro kontrolu násypů. V ČR není SPT prakticky používána. Naopak je velmi rozšířena především v anglosaských a anglofonních zemích.

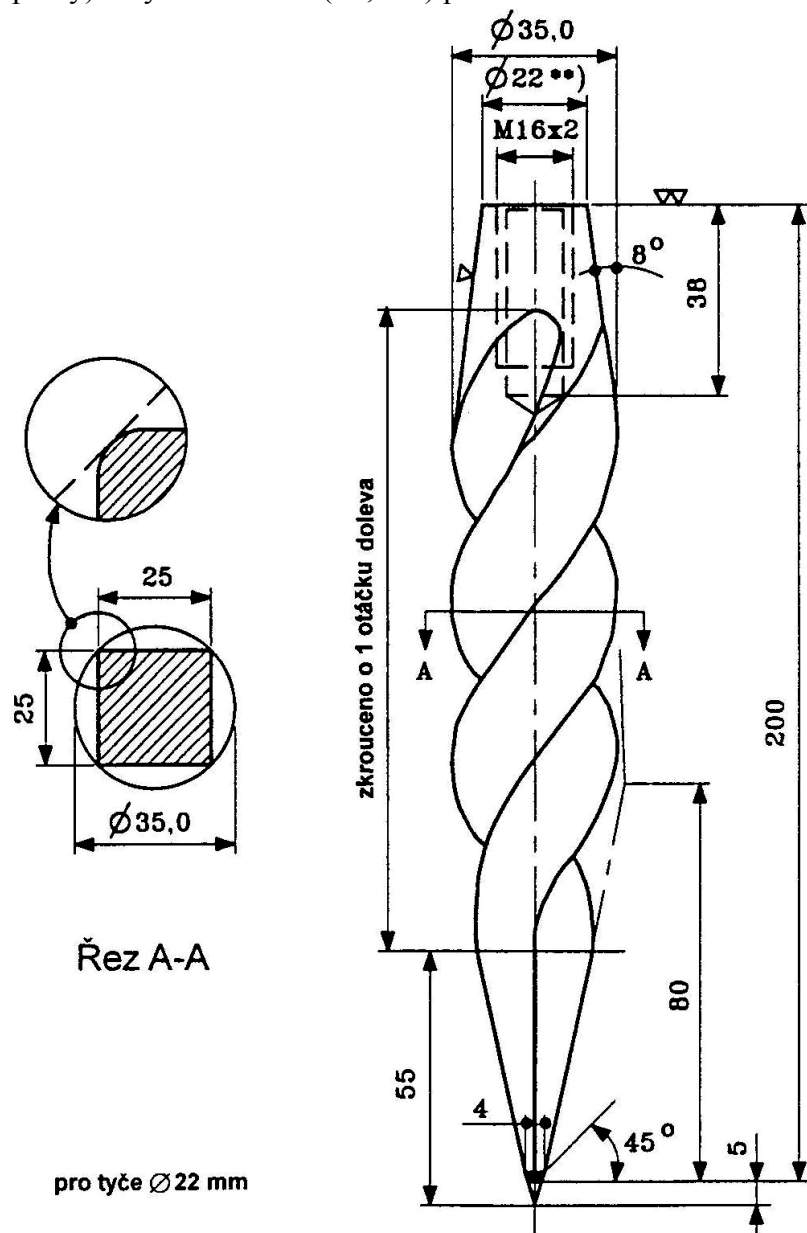


Obr. 4.88 Podélný řez normovanou penetrační trubkou – sondou, kádrovákem pro SPT

**D) TÍHOVÁ PENETRAČNÍ ZKOUŠKA** (symbol pro označení průzkumného díla **WST** = **Weight Sounding Test**) je v zásadě kombinací statické penetrace a bezjádrového zavrtávání. V měkkých zeminách se provádí jako statická penetrace (do penetračního odporu 1 kN); pokud přesáhne penetrační odpor 1 kN začíná se se zařízením ručně nebo strojně rotovat = zavrtávání. Při zavrtávání se zaznamenává počet půlotáček potřebných o vnik sondy o 20 cm. Zařízení sestává z kónickošroubového hrotu (sondy) – obr. 4.89, soutyčí, zátěží 50, 100, 250 N (celkem 1 000 N) a vratidla nebo rotačního zařízení pro otáčení sondou. Rychlost penetrace je předepsána cca 50 mm s<sup>-1</sup>. Zkouška je určena pro stanovení litologie, ulehlosti nesoudržných zemin příp. totální smykové pevnosti soudržných zemin. Dobře se uplatní i v tuhých až pevných jílech či ulehých písčích. V ČR není WST příliš používána. Je naopak velmi rozšířena v severských v severských (především skandinávských) zemích.

Technologický postup, nasazené prostředky a parametry vrtných, kopných a báňských prací i jejich výsledky jsou shrnuty do **Technické zprávy o odkryvných pracech**. Ta je potom součástí (přílohou) „Zprávy (Závěrečné zprávy, Dílčí zprávy) o výsledcích SG (IG, GT) průzkumu. Základním dokumentem pro vypracování „Technické zprávy“ je denní hlášení vrtmistra (štajgra).

Obdobně jsou výsledky penetračního sondování (včetně metodiky provádění a vyhodnocení) shrnuty do zvláštní **přílohy (zprávy)**; ta se stává součástí „Zprávy (Závěrečné zprávy, Dílčí zprávy) o výsledcích SG (IG, GT) průzkumu“.

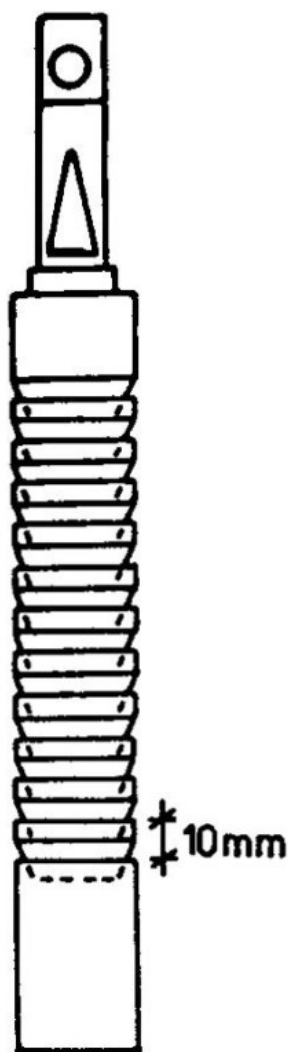


Obr. 4.89 Kónickošroubový hrot sondy WST



## 4.6 DOPLŇKOVÉ PRÁCE PŘI PRACÍCH ODKRYVNÝCH

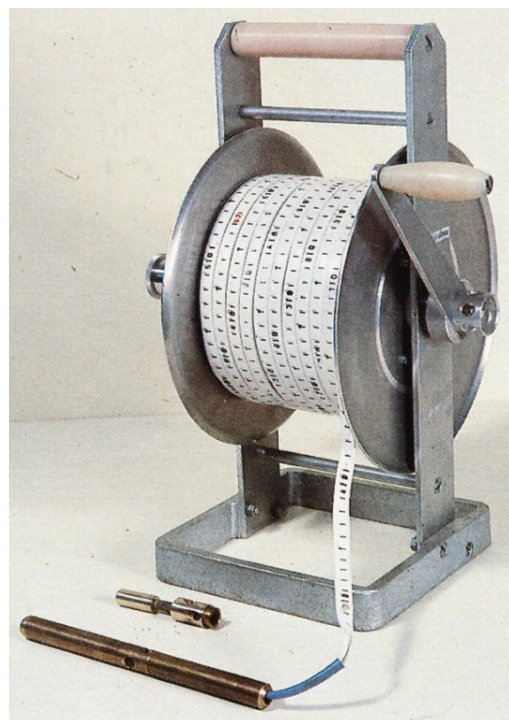
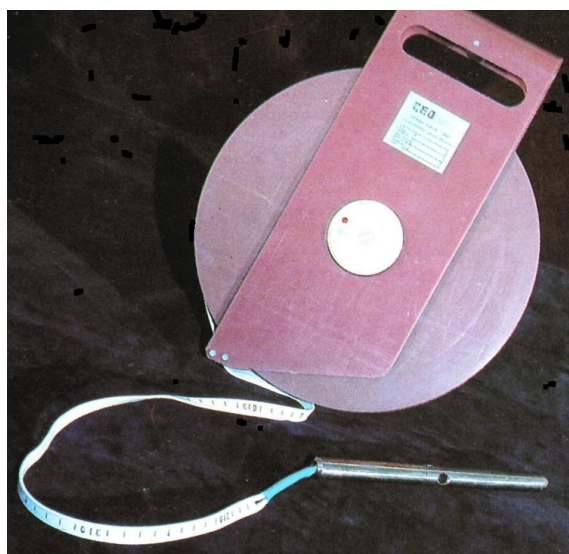
- **Měření hladiny podzemní vody (h. p. v.)** je velmi důležitou součástí IG (SG, GT) prací. Při prvním zjištění p. v. v průzkumném díle se zaznamenává h. p. v. **naražená (navrtaná)**, k níž se po určité době zaznamená h. p. v. **ustálená** (doba potřebná pro ustálení – obvykle 24 [48] hodin – se poznamená). Pokud není p. v. zastižena, je nutné tuto skutečnost výslovně zaznamenat – např.: „**h. p. v. nebyla zastižena**“. Hloubka hladiny se uvádí v metrech, obvykle od úrovně terénu, případně od okraje (zhlaví) pažnice, roubení studny, či jiného pevného bodu. Absolutní kóta h. p. v. se upraví podle výsledku nivelačního zaměření. H. p. v. se měřivala nejčastěji tzv. **vodoměrnou píšťalkou** (obr. 4.90, 4.91) spouštěnou do vrtu na pásnu. Vzduch uzavřený ve vnitřním válcovém otvoru píšťalky při jejím ponoření do vody uniká se zapískáním – odečte se hloubka opravená na délku píšťalky smocené ve vodě (voda se zachytí v mističkách vysoustružených po jejím obvodu à 1 cm). V současnosti se h. p. v. měří nejčastěji **hladinoměry**. Jedná se o elektrokontaktní přístroje napájené baterií, s kovovou sondou zavěšenou na vodivém pásmu (obr.4.92, 4.93). Ponořením sondy do vody se zapojí kontakt propojením okruhu; to je detekováno rozsvícením signálky, rozezněním bzučáku příp. vychýlením ručičky měřicího přístroje. Sonda hladinoměru může být vybavena i jako teploměrná (obr. 4.94).



Obr. 4.90 a 4.91  
Vodoměrná píšťalka  
(J. Pašek, M. Matula a kol., 1995;  
foto V. Horák)

Obr. 4.92 a 4.93

Elektrokontaktní hladinoměry G20 a G100.  
Číslo za označením typu přístroje G udává  
použitelnou hloubku (GEOspol Uhřínov)



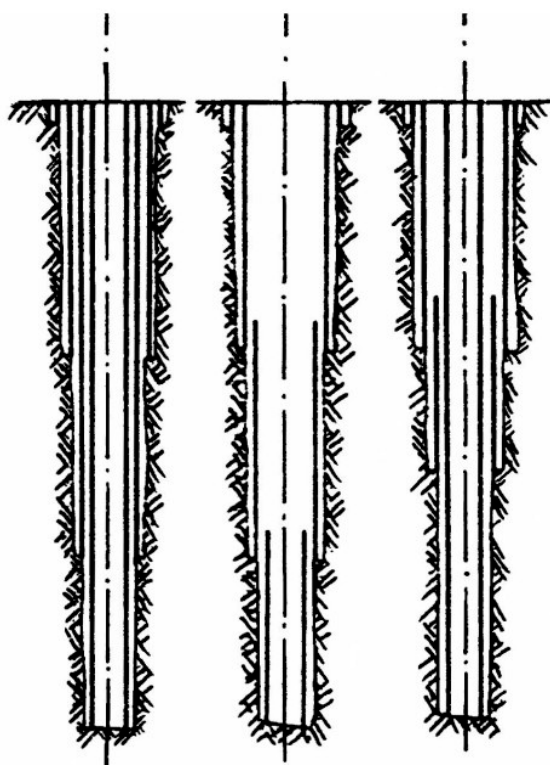
Obr 4.94

Elektrokontaktní hladinoměr s teploměrem  
GEOtherm (GEOspol Uhřínov)

Při mělké h. p. v. může k jejímu zaměření postačit i skládací metr. Má-li se zaměřit hladina artéské vody, musí být pažnice vytažena nad terénem. Při vyšších artéských tlacích je pažnice uzavřena a opatřena manometrem pro změření hydrostatického tlaku.

- **Pažení** je nejzákladnějším **vystrojováním** vrtů. Nasazuje se vždy, pokud hrozí zavalování vrtu. Především tedy v sypkém nebo tekoucím prostředí, v tektonicky velmi porušených horninách, tam, kde hrozí porušení stěn vrtu přítoky podzemní vody nebo otřesy vrtného

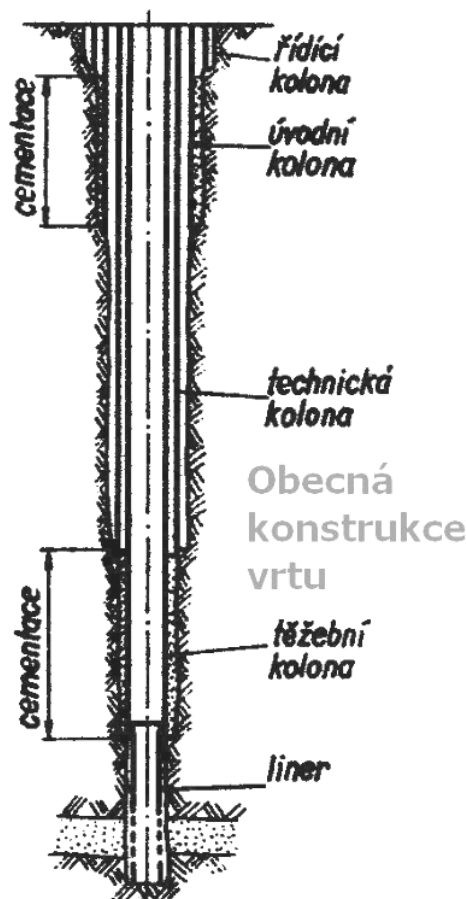
náradí, dále při oddělování jednotlivých zvodnělých horizontů, při vrtání v bobtnavých horninách – tzn. když je nebezpečí „zarůstání“ vrtu, pro zamezení ztrát výplachu, pro zajištění spolehlivého vedení vrtného nástroje apod.. Výpažnicové trubky se vyrábějí z ocelových (standardně bezešvých) rour a bývají obvykle spojovány na závit, někdy bajonetově nebo i jinak (např. pažnice dvouplášťové). Pata pažnice musí zasahovat vždy až do pevného a soudržného horizontu, o který se opírá celá zapaštěná kolona. Pod patou pažnice se pokračuje ve vrtání menším  $\varnothing$  (vrt je v průřezu „teleskopický“). Možné způsoby zapažení jsou patrné z obr. 4.95; obecná konstrukce vrtu s pažením pak z obr. 4.96.



**Zapažení vrtů:**

**úplné      teleskopické      smíšené**

Obr. 4.95 Způsoby zapažení vrtů (J. Vávra, 1974)



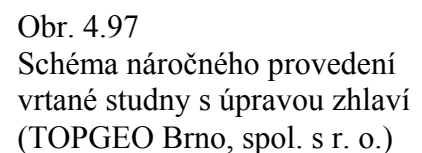
Obr. 4.96 Obecná konstrukce vrtu (J. Vávra, 1974)

Průzkumné vrty pro IG (SG, GT) průzkum bývají vybaveny (podle potřeby) obvykle pouze řídicí kolonou, případně krátkou technickou kolonou. Pažnice se do vrtu zapouští na pažnicovém výtažníku napojeném na pažnicový závěs. K uchycení pažnic se používají svěry několika typů, spodek pažnice je opatřen patou (řeznou, vodící nebo cementační).

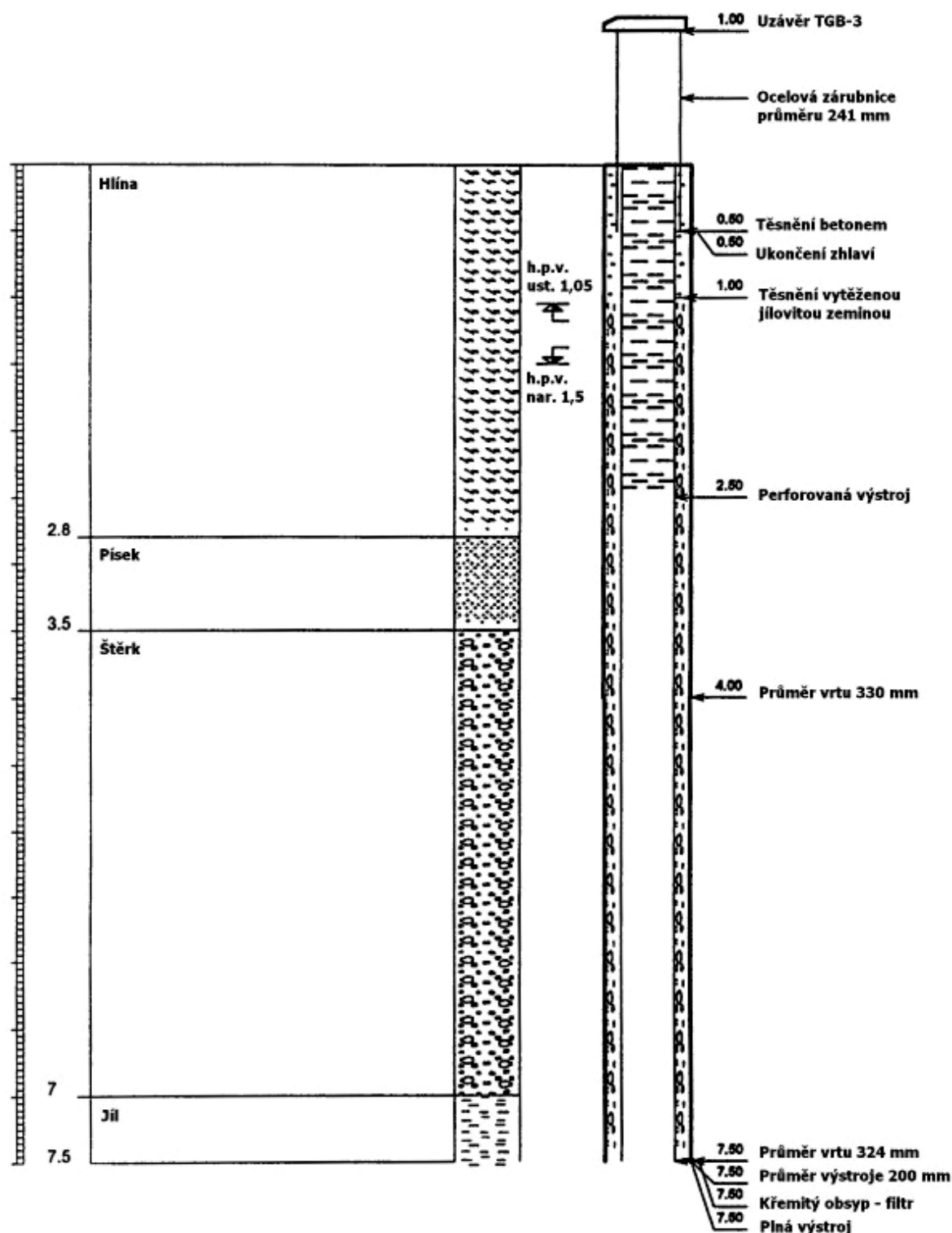
- **Vystrojování hydrovrtů – studní.** Nejobvyklejším prostředkem pro hydrogeologický průzkum, stejně jako pro jímání p. v. jsou **studny**. Podle účelu se dělí na **průzkumné**, **jímací**, **pozorovací** a **odvodňovací**. Aby sloužily spolehlivě svému účelu (tj. zastížení zvodnělé části kolektoru a zajištění trvalého přítoku vody z tohoto kolektoru do vrtu), musí být vhodně vybaveny. Výstroj HG vrtu tvoří vnitřní kolona trubek – tzv. **zárubnice**, která je v části nad a pod **zvodní** (= **kolektorem**, **vodonosnou vrstvou**) plná, a ve zvodni je opatřena otvory (filtry), umožňujícími vtékání vody. Zárubnice by měla být takového



## VRTANÁ STUDNA S ÚPRAVOU ZHLAVÍ





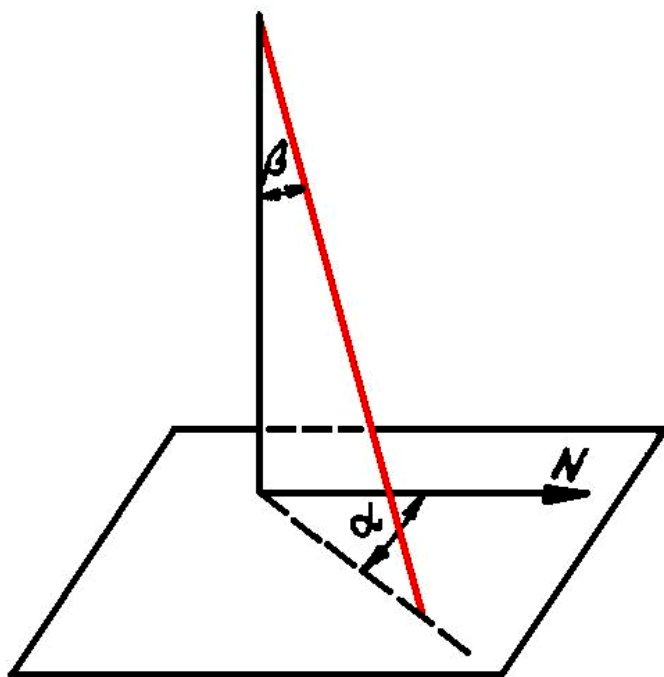


Obr. 4.98 Schéma standardního vystrojení hydrovrtu – studny (TOPGEO Brno, spol. s r.o.)

- **Oddělování a uzavírání zvodnělých horizontů**, případně utěsnění vrtů se provádí nejčastěji **cementací**. Je to současně považováno za jediný vhodný způsob *trvalého* utěsnění vrtu. Lze ji provést buď přímým nalitím cementové směsi do vrtu nebo formou tzv. malé cementace pažnicovou nebo vrtnou kolonou. Pro těsnící a izolační práce se zde používá obvykle 50ti procentní směs (hmotnostně: 1 kg cementu + 0,5 kg vody = 1,5 kg

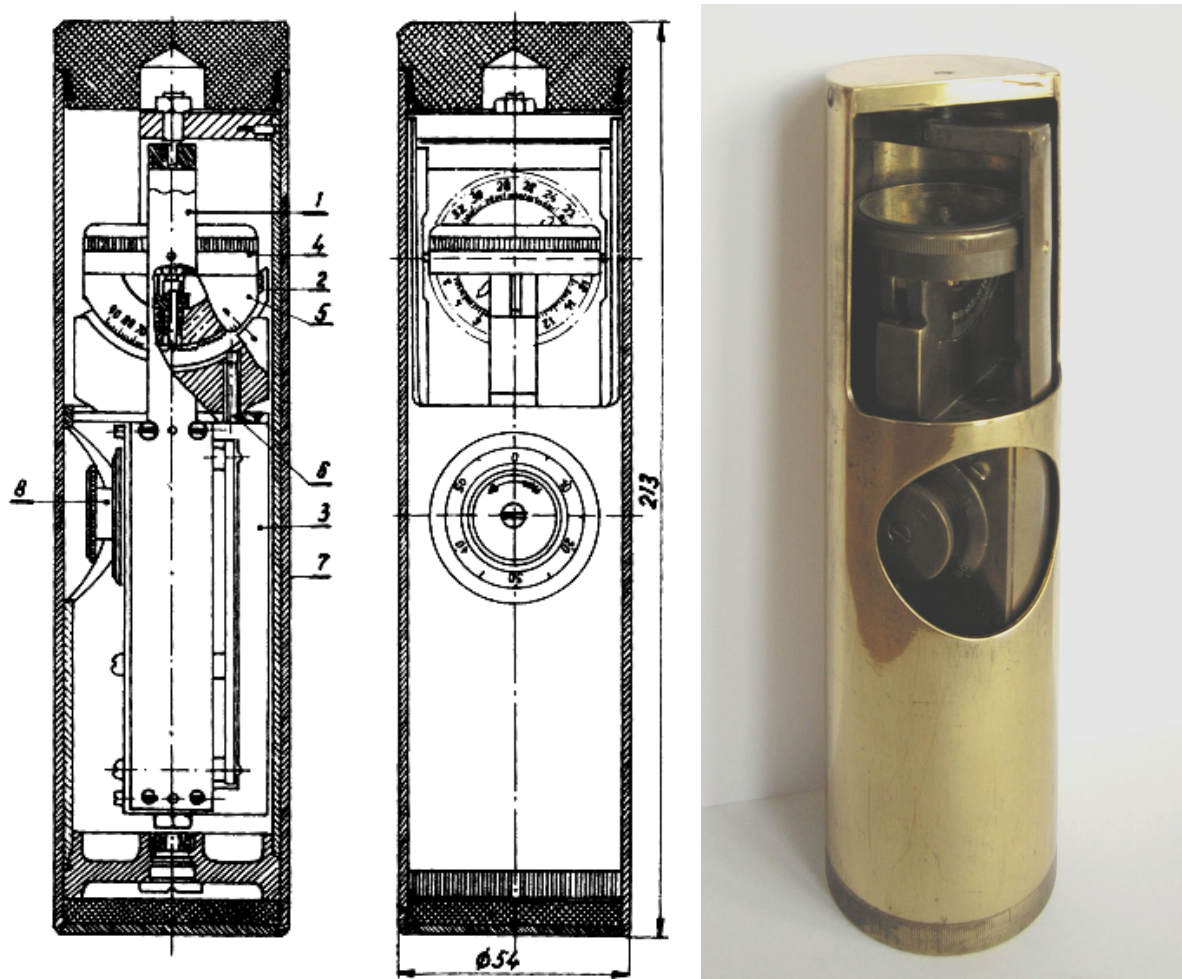
směsi; objemově: 0,318 l cementu + 0,5 l vody = 0,818 l směsi; objemová hmotnost směsi pak činí  $\gamma_c = 1,835 \text{ kg/l}$ ). Cementaci pažnicovou (vrtnou) kolonou lze provádět jako:

- o C. ústím – do vrtu se před zapažením nalije cementová směs a do ní se zapustí pažnice nebo se cementová směs nalije do mezikruží zapaženého vrtu. Tuto formu lze provádět pouze u mělkých vrtů bez výplachu (s řídicí kolonou do hloubky 3 až 5 m)
  - o C. patou (pažnicemi podle Perkinse; trubkami podle Scotta) s použitím speciální cementační paty na pažnici a cementační zátky tlačící směs nalitou do pažnice od paty nahoru resp. zvláštní trubkové vnitřní kolony vedené k patě, podobně jako u injektáže
  - o C. „oknem“ – otvorem ve stěně pažnice (od okna nahoru).
- **tzv. Provozní inklinometrie** se musí provádět u vrtů velmi hlubokých, šikmých (= úklonných) či takových, které mají být „přesné“ (např. vrtané v konstrukci pro její sanaci nebo jako průzkumné i konstrukční současně) tzn. musí být provedena u vrtů se zvýšeným rizikem křivení. Křivení vrtu nenastává jen v jedné rovině; osa vrtu je tvořena nepravidelnou prostorovou křivkou. Měření křivosti vrtů se provádí **inklinometrem**, zaznamenávajícím při známé metrži vrtu jeho sklon (= úklon od svislice, zenitní úhel) a směr sklonu (= azimut) – obr. 4.99. Starším typem, ale z hlediska funkce inklinometru velmi názorným zařízením je tzv. „časový“ inklinometr (typu „Poljakov“ – obr. 4.100, 4.101). Je tvořen mosazným válcovým pouzdrem ve kterém se ve spodní části na osovém závěsu otáčí hodinový strojek s excentricky uloženým protizávažím. V horní části je na dvou čepech zavěšen kompas s třmenem sklonoměru (klinometru) tak, aby byl při uvolnění vždy vodorovný. Hodinový strojek slouží k aretaci. Po jeho natažení na známý čas je kompas s třmenem klinometru uvolněn a pouzdro je spuštěno do známé hloubky vrtu (např. na cejchovaném lanku). Po proběhnutí nastaveného času hodinový strojek zaaretuje kompas a sklonoměr. Inklinometr je vytažen z vrtu, na kompasu je odečten směr – azimut vrtu a na klinometru odklon vrtu od svislice v dané metrži sondy. V současnosti se používají moderní elektrické inklinometry vybavené goniokompasy a sklonoměry s dálkovým a kontinuálním odečtem. Nebezpečí křivení vrtu lze předejít volbou správné technologie vrtání a především pečlivou a pozornou prací vrtné osádky.



Obr. 4.99

Prvky zakřivení vrtu.  $\alpha$  – směr, azimut,  $\beta$  – sklon, zenitní úhel (Z. Tkaný, 1966)



Obr.4.100 a 4.101 Časový inklinometr dle Poljakova. 1 – nosič; 2 – úhломěr (klinometr); 3 – závaží; 4 – kompas; 5 – oblouk se závažím; 6 – sedlo; 7 – mosazné pouzdro; 8 – hodinový strojek s aretací (Z. Tkaný, 1966; foto V. Horák)

Principiálně shodné, provedením poněkud odlišné je inklinometrické měření realizované na svazích nebo stavebních konstrukcích jako jedna ze základních monitorovacích metod (viz obr. 4.31, viz sesuvy).

- **Likvidace odkryvných prací** je nedílnou součástí této průzkumné činnosti. V IG (SG, GT) průzkumu často postačí předepsat a potažmo provést likvidaci vrtných nebo kopných prací **hutněným zásypem**. Tam, kde mohou být problémem průniky vody s povrchu nebo z mělké zvodně do podloží nebo kde hrozí výrony vody, plynů případně injekčních hmot (ve městech, v poddolovaném území, při podzemním stavitelství apod.) se předepisují **cementace** (viz výše) nebo **tamponáže**. Tamponáže se provádějí hutněným jílem nebo průmyslově připravenými tělisky (kuličky, válečky) jílu; ty se nasypou do sondy a zalijí vodou. Přijmou vodu, nabobtnají a uzavrou tak vrt. U průzkumných prací, které nelze reálně zlikvidovat v časovém horizontu zkoumané lokality, je nutné jejich znepřístupnění pro nepovolané osoby a techniku ve smyslu platných báňských předpisů (např. u průzkumných štol, které se mají v budoucnosti stát součástí podzemní stavby apod.). Likvidace resp. zajištění odkryvných prací je často neprávem podceňovanou nebo zcela opomíjenou činností, jejíž zanedbání může vést k značným újmám na zdraví osob či na majetku.

Výsledky měření hladiny podzemní vody, provozního inklinometrického měření, vystrojování vrtů pažením i způsob vystrojení hydrovrtů, stejně jako způsob likvidace realizovaných odkryvných prací jsou uváděny v *Technické zprávě* o provedených odkryvných pracech.

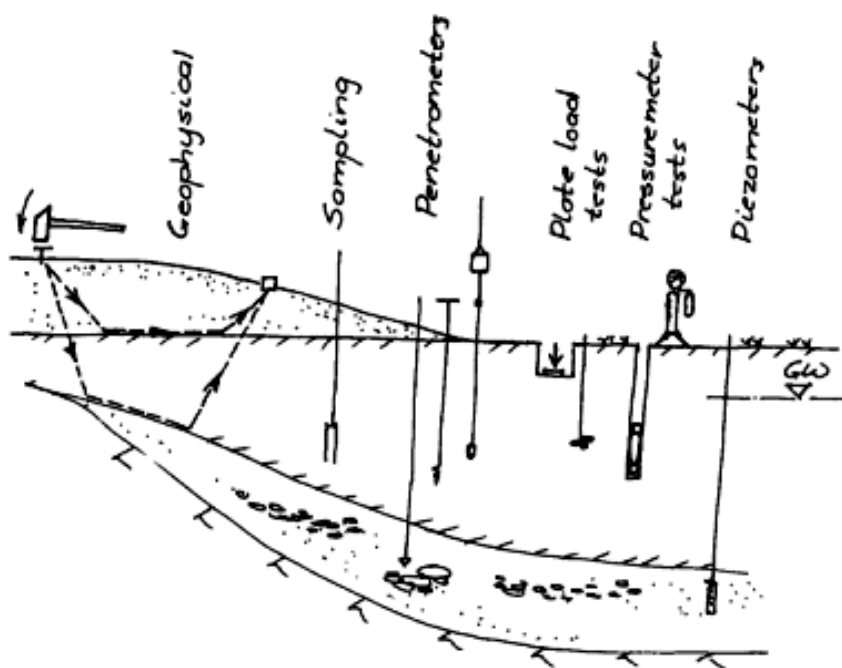
#### 4.7 TERÉNNÍ ZKOUŠKY A MĚŘENÍ (In situ investigations)

se velmi široce uplatňují v IG (SG, GT) průzkumu i další GT praxi. Nasazují se pro **zjištění charakteristik vystihujících chování a stav horninového i zeminového masívu i matérie v přirozeném uložení i v násypu**. Dále se používají pro **ověřování chování a stavu** již prováděné resp. i dokončené **konstrukce** a pro posouzení vestavované spolupůsobící konstrukce ve stavebních i provozních stádiích.

Polní zkoušky a měření **mechaniky zemin** lze shrnout do následujících (skupin) stanovení:

- ▶ Statická penetrační zkouška [CPT(U)]
- ▶ Dynamické penetrační sondování [DP]
- ▶ Standardní penetrační zkouška [SPT]
- ▶ Tíhová penetrační zkouška [WST]
- ▶ Presiometrická zkouška [PMT]
- ▶ Vrtulková zkouška [FVT]
- ▶ Zkouška plochým lisem [DMT]
- ▶ Zatěžovací zkouška deskou [PLT]
- ▶ Zatěžovací zkouška šroubovou deskou
- ▶ Seismické a dynamické zkoušky
- ▶ Reziduální napjatost zeminy
- ▶ Smyková zkouška v rámu
- ▶ Geofyzikální zkoušky a měření (včetně měření půdního radonu)
- ▶ Čerpací, nálevové a vsakovací zkoušky
- ▶ Měření pórových tlaků

[Označení písmeny je zkratkou příslušného testu podle ČSN P ENV 1997-3/2000]. Některé typické polní zkoušky nasazované v zeminách jsou patrné z obr. 4.102.



Obr. 4.102

Některé typické polní zkoušky nasazované v zeminách:

geofyzikální měření, vzorkování, penetrace, zatěžovací zkouška deskou, presiometrická zkouška, piezometry (B. B. Broms, 1998)



Polní zkoušky a měření **mechaniky hornin** lze shrnout do následujících skupin stanovení:

- ▶ **Zjišťování stavu napjatosti**
- ▶ **Přetvárnost**
  - Zatěžovací zkoušky deskou
  - Deformmetrické sondy ve vrtech
  - Ploché lisy v úzkých rýhách
  - Zkouška radiálními lisy (TIWAG)
  - Vodní tlaková zkouška („komorová“)
  - Seismické a dynamické zkoušky
  - Zkouška v kroucení (v kombinaci s tlakem)
- ▶ **Pevnost**
  - Smykové zkoušky
  - Jednoosá tlaková zkouška
  - Triaxiální zkouška
  - Jednoosá tahová zkouška
- ▶ **Indexové vlastnosti**
- ▶ **Hydraulické vlastnosti**
  - Vodní tlakové zkoušky (VTZ)
  - Presiopermeametr
  - Měření tlaku podzemní vody
  - Injekční zkoušky
- ▶ **Polní měření a monitoring**
  - Horninový masív a jeho analýza
  - Monitoring

Výsledky polních zkoušek a měření bývají shrnuty do **samostatné přílohy (příloh, příp. i zprávy)** a přikládány ke „Zprávě (Závěrečné zprávě, Dílčí zprávě) o výsledcích SG (IG, GT) průzkumu“.

Některé ze zkoušek a měření již byly v předchozím textu popsány, další pak budou zmíněny v textu následujícím.

## 4.8 MĚŘICKÉ PRÁCE

Každé průzkumné dílo (vrt, sonda, šachnice, štola, studna, profil, zkouška etc.) musí být včas a přesně polohově a výškově zaměřeno. Polohové zaměření se provádí v „Systému JTSK“ (= Jednotná Trigonometrická Síť Katastrální) se souřadnicemi **x** a **y**, výškové zaměření v „Systému **Balt po vyrovnání**“ (**B. p. v.**) se souřadnicí **z** (resp. nadmořskou výškou). Bez řádného zaměření má průzkumné dílo jen velmi omezený význam – nedá se s ním obecně pracovat, nelze je využít v databázích apod. Pouze u místně, objemově a časově omezených průzkumů lze výjimečně provést polohové zaměření drobnějšího průzkumného díla např. vztahením ke stávajícím (zaměřeným) objektům a výškové určení zhlaví sondy odečtem ze situace (mapy). O něco častější je pak případ, kdy měřiči použijí (u nepřítli rozsáhlého průzkumu a komplikovaného vedení nivelačního měření při vzdálených nivelačních bodech) místní výškový systém (např. se základnou 100,00 m). Nicméně oba výše uvedené případy je nutné považovat za krajní řešení.

V současnosti již může být použito k zaměření vrtu i technologie GPS. Lze předpokládat, že význam zaměření tímto způsobem bude nadále vzrůstat, a to především tam, kde je nasazení klasických postupů příliš náročné.

Výsledky zaměření průzkumných prací jsou měřickou skupinou nebo firmou zpracovány a předávány ve formě **Měřické zprávy (Zprávy o zaměření ...)**, tvořící jednu z příloh „Zprávy (Závěrečné zprávy, Dílčí zprávy) o výsledcích SG (IG, GT) průzkumu“.

## 4.9 LABORATORNÍ PRÁCE

V laboratořích jsou zpracovávány **zvláštní vzorky** odebrané během průzkumu. Teoreticky (a připadá to v úvahu pouze u velkých průzkumných firem) lze podle předmětu pracovního zájmu rozdělit laboratoře na:

- Laboratoř mechaniky zemin (= zeminy, poloskalní horniny)
- Laboratoř mechaniky hornin (= skalní a poloskalní horniny)
- Laboratoř chemismu vod (= podzemní a povrchová voda)
- Laboratoř analytickou (= rudní a nerudní suroviny)
- Laboratoř technologickou (= stavební hmoty; hlína a kámen)

Výsledky laboratorních prací jsou shrnuty do **samostatné přílohy (příloh, příp. i samostatné zprávy)** přikládané do „Zprávy (Závěrečné zprávy) o výsledcích SG (IG, GT) průzkumu“.