










survey - construction - engineering

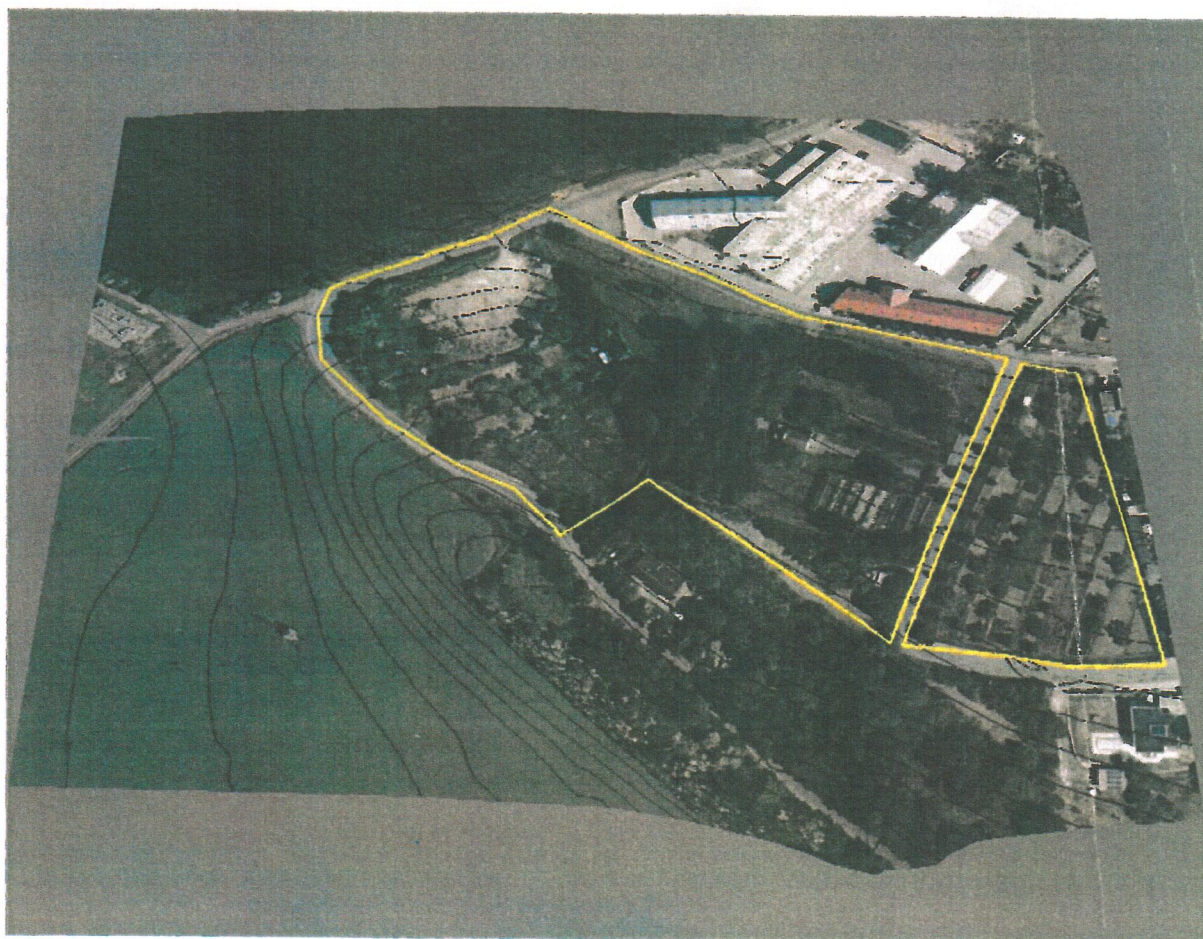
název díla:	HŘBITOV ČEJETICE ROZVOJ ÚZEMÍ MLADÁ BOLESLAV					
stavební objekt:	HORNINOVÝ MASIV					
 dodavatel (žl.s.druž.) Sídlo: Štýrsova 918/10 293 01 Mladá Boleslav e-mail: info@scecz.cz URL: http://www.scecz.cz	IČ: 648 63 348 DIČ: CZ04863348		tel: +420 326 780 357 fax: +420 724 344 637 gam: +420 724 344 637			
 dodavatel (žl.s.druž.) Centrum báňských projektů a moderních technologií Sídlo: Dr. Wbensekého 2674/1 415 01 Táplice e-mail: info@miningdesign.com URL: http://www.miningdesign.com	IČ: 647 47 313 DIČ: CZ04747313		tel: +420 417 570 985 fax: +420 608 958 262 gam: +420 608 958 262			
 objednatel: STATUTÁRNÍ MĚSTO MLADÁ BOLESLAV Komenského náměstí 61, 293 01 Mladá Boleslav						
zakázka č.: 00407035-52/2017	stupeň PD PaR	změna č.:	revize č.:	počet výřisků: 3 + elektr.	datum: 23.4.2017	

**PRŮZKUMY A ROZBORY
GEOFYZIKÁLNÍ PRŮZKUM ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ**

dokumentace je zpracována v souladu s příslušnými legislativními předpisy

hlavní inženýr projektu: Ing. Luboš Bouček, Ph.D.	geofyzika: RNDr. Jaroslav Bárta, CSc.	zpracoval: Ing. Marcel Brejcha	tech. kontrola: Ing. Mgr. Petr Zbíral	paré č. 3
				

**PROJEKT
ODBORNÝCH GEOFYZIKÁLNÍCH PRACÍ PŘI
PRŮZKUMU ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ
MĚSTSKÉHO HŘBITOVA ČEJETICE
V MLADÉ BOLESLAVI
2017**



DUBEN 2017

Akce:	MLADÁ BOLESLAV – HRBITOV ČEJETICE „PROJEKT ODBORNÝCH GEOFYZIKÁLNÍCH PRACÍ PŘI PRŮZKUMU ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ MĚSTSKÉHO HRBITOVA ČEJETICE – MLADÁ BOLESLAV“
Investor:	Statutární město Mladá Boleslav Komenského náměstí 61 293 49 MLADÁ BOLESLAV
Kraj:	Středočeský
Obec:	Mladá Boleslav
Katastrální území:	Mladá Boleslav - 696293
Objednávka:	Číslo: 2017/0185 ze dne: 27.2.2017
Dotčené území:	Pozemkové parcely: (p.p.č. 125/3, p.p.č. 126/1, p.p.č. 126/3) v katastrálním území Mladá Boleslav, městská část Čejetice
Hlavní inženýr projektu:	Ing. Luboš Bouček, Ph.D. Báňské projektování, těžba a úprava nerostných surovin Odborně způsobilá osoba pro hornickou činnost a činnost prováděnou hornickým způsobem Závodní lomu, technický dozor a bezpečnostní technik při HČ a ČPHZ
Autoři:	Ing. Marcel Brejcha Důlní měřictví a 3D digitální modelování terénu Mgr. Ing. Petr Zbíral Důlní měřictví RNDr. Jaroslav Bárta, CSc. Projektování, provádění a vyhodnocování geologických prací – obor geofyzika a zkoumání geologické stavby Mgr. Tomáš Belov Zpracování aplikovaných metod mělkého geofyzikálního průzkumu: MRRS - Mělká refrakční seismika MRXS - Mělká reflexní seismika ST - Seismická tomografie ERT - Elektrická odporová tomografie
Číslo zakázky:	SCE/BPK-02-2017
Datum zahájení:	9.3.2017, Teplice
Datum předání:	24.4.2017, Mladá Boleslav

OBSAH

- 1. ÚVOD (6)**
- 2. SOUČASNÁ LEGISLATIVA UPRAVUJÍCÍ ŘEŠENOU PROBLEMATIKU (6)**
 - 2.1 OBLAST HYDROGEOLOGIE
 - 2.2 OBLAST INŽENÝRSKÉ GEOLOGIE
 - 2.3 OBLAST GEOFYZIKY
 - 2.4 ZÁKON O POHŘEBNICTVÍ
- 3. CHARAKTERISTIKA A ROZSAH ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ (10)**
- 4. GEOLOGICKÉ A HYDROGEOLOGICKÉ POMĚRY (12)**
- 5. OBECNÉ CHARAKTERISTIKY ZEMIN (12)**
- 6. GEOTECHNICKÉ POSOUZENÍ (18)**
 - 6.1 TERÉNNÍ PRÁCE
 - 6.2 LABORATORNÍ PRÁCE
 - 6.3 VYHODNOCENÍ TERÉNNÍCH A LABORATORNÍCH PRACÍ
 - 6.4 ZÁVĚR Z GEOTECHNICKÉHO PRŮZKUMU
- 7. GEOFYZIKÁLNÍ METODY (22)**
 - 7.1 MĚLKÁ REFRAKČNÍ SEISMIKA (MRS) A REFLEXNÍ SEISMIKA (RXS)
 - 7.1.1 KRITICKÝ ÚHEL A ČELNÉ VLNY
 - 7.1.2 T-X DIAGRAM A HODOCHRONY
 - 7.1.3 VÍCE VRSTEV A GRADIENTOVÉ PROSTŘEDÍ
 - 7.1.4 UKLONĚNÉ ROZHRAŇÍ
 - 7.1.5 SKRYTÁ VRSTVA
 - 7.2 SEISMICKÁ TOMOGRAFIE (ST)
 - 7.3 ELEKTRICKÁ ODPOROVÁ TOMOGRAFIE (ERT)
- 8. PROJEKTOVÉ ŘEŠENÍ ÚKOLU A METODIKA GEOFYZIKÁLNÍCH PRACÍ (30)**
 - 8.1 POUŽITÁ APARATURA A GEOMETRIE MĚŘENÍ
 - 8.2 ZPRACOVÁNÍ DAT Z MĚŘENÍ (MRS, RXS, ERT)
 - 8.3 ZÁVĚR Z GEOFYZIKÁLNÍHO PRŮZKUMU
 - 8.4 VÝSLEDNÉ PARAMETRY Z (MRS) A JEJICH VZTAH K (IG) PARAMETRŮM HORNIN
 - 8.5 OPTIMALIZACE KROKU A HLOUBKY MĚŘENÍ
- 9. INTERPRETACE A LOKALIZACE GEOLOGICKÝCH ROZHRAŇÍ (34)**
- 10. ZÁVĚREČNÁ ZPRÁVA Z PRŮZKUMU (35)**

PŘÍLOHY

- Příloha 1 SITUACE ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ
- Příloha 2 SITUACE STOPY GF PROFILŮ
- Příloha 3 SITUACE MRS, ERT PROFILŮ, KOPANÝCH A VRTANÝCH SOND
- Příloha 4 RELIÉF SE SITUACÍ GF PROFILŮ, KOPANÝCH A VRTANÝCH SOND
- Příloha 5 MAPA IZOLINIÍ MOCNOSTÍ NÍZKORYCHLOSTNÍ VRSTVY
- Příloha 6 MAPA IZOLINIÍ REFRAKČNÍCH SEISMICKÝCH RYCHLOSTÍ
- Příloha 7 VERTIKÁLNÍ SEISMICKÝ ŘEZ (MRS) – PROFIL P1
- Příloha 8 VERTIKÁLNÍ SEISMICKÝ ŘEZ (MRS) – PROFIL P2
- Příloha 9 VERTIKÁLNÍ SEISMICKÝ ŘEZ (MRS) – PROFIL P3
- Příloha 10 VERTIKÁLNÍ ODPOROVÝ ŘEZ (ERT) – PROFIL P2
- Příloha 11 MOCNOSTI NÍZKORYCHLOSTNÍ VRSTVY – PROFIL P1
- Příloha 12 MOCNOSTI NÍZKORYCHLOSTNÍ VRSTVY – PROFIL P2
- Příloha 13 MOCNOSTI NÍZKORYCHLOSTNÍ VRSTVY – PROFIL P3
- Příloha 14 DETAIL PROSTOROVÉHO USPOŘÁDÁNÍ BODŮ NÍZKORYCHLOSTNÍ VRSTVY

1. ÚVOD

Tento projekt byl vypracován na základě požadavku města Mladá Boleslav s cílem provedení předběžného průzkumu lokality metodami mělké geofyziky, které budou při současném využití již provedených odborných prací charakterizovat náročnost budoucího záměru plošného rozšíření současného hřbitova, a to zejména z pohledu faktorů a rozhraní lokálního horninového prostředí, rozpojování hornin a existence podzemních vod.

2. SOUČASNÁ LEGISLATIVA UPRAVUJÍCÍ ŘEŠENOU PROBLEMATIKU

V rámci řešení problematiky průzkumu městského hřbitova v Čejeticích je nejprve zapotřebí definovat rozsah součinnosti jednotlivých odborných činností, které jsou vzájemně provázané a doplňují se, a to jak současnými legislativními požadavky pro výkon těchto prací, použitými metodami měření a způsobu jejich provedení, tak zadání investora k interpretačním výstupům pro vyhodnocení budoucího záměru. Jedná se zejména o následující legislativní požadavky pro provádění jednotlivých činností, které jsou upraveny právně závaznými předpisy:

- Zákon [č.62/1988 Sb.](#) o geologických pracích a o Českém geologickém úřadu ve znění pozdějších předpisů
- Vyhláška [č.369/2004 Sb.](#), o projektování, provádění a vyhodnocování geologických prací, oznamování rizikových geofaktorů a o postupu při výpočtu zásob výhradních ložisek
- Vyhláška [č.282/2001 Sb.](#), Ministerstva životního prostředí ČR o evidenci geologických prací a Vyhláška [č.368/2004 Sb.](#), Ministerstva životního prostředí ČR o geologické dokumentaci
- Vyhláška [č.206/2001 Sb.](#), Ministerstva životního prostředí ČR o osvědčení odborné způsobilosti projektovat, provádět a vyhodnocovat geologické práce.
- Dalším typem dokumentů souvisejících s hydrogeologickými pracemi v užším slova smyslu jsou báňské předpisy, především Zákon [č.44/1988 Sb.](#), o ochraně a využití nerostného bohatství, Zákon [č.61/1988 Sb.](#), o hornické činnosti, výbušninách a o státní báňské správě, Vyhláška ČBÚ [č.104/1988 Sb.](#), o hospodárném využívání výhradních ložisek, o povolování a ohlašování hornické činnosti a ohlašování činnosti prováděné hornickým způsobem.
- Zákon [č.254/2001 Sb.](#), o vodách a o změně některých předpisů (vodní zákon) je základním právním předpisem určujícím činnost hydrogeologů v této oblasti praktické aplikace výsledků hydrogeologických prací.
- Zákon [č.183/2006 Sb.](#) a související právní normy. Dalším významným právním dokumentem pro hydrogeologii v širším slova smyslu je stavební právo, především

právě zákon [č.183/2006 Sb.](#), o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon).

- Zákon [č.114/1992 Sb.](#), do kategorie právních předpisů, které musí při své práci respektovat hydrogeolog, patří i předpisy na ochranu životního prostředí. Mezi nimi má prioritní postavení zákon [č.114/1992 Sb.](#), o ochraně přírody a krajiny.
- Zákon [č.100/2001 Sb.](#) v hydrogeologické praxi hojně využívaným právním podkladem je právě zákon [č.100/2001 Sb.](#), o posuzování vlivů na životní prostředí a o změně některých souvisejících zákonů.
- Zákon [č.256/2001 Sb.](#) o pohřbnictví a o změně některých zákonů.

2.1 OBLAST HYDROGEOLOGIE

Praktické provádění hydrogeologických prací se neřídí pouze geologickými, případně báňskými předpisy, ale při jejich realizaci je nezbytné respektovat i celou řadu jiných předpisů z oboru vodního práva, stavebního práva, práva zabývajícího se ochranou životního prostředí apod. Těmto předpisům by měly být hydrogeologické práce přizpůsobeny nejen po stránce právní, ale i po stránce věcné. Jedná se o to, aby rozsah a výsledky hydrogeologických prací odpovídaly přesně tomu, co se v příslušných právních předpisech po hydrogeologické službě požaduje, a to v rozsahu, úrovni a výstupech, umožňujících posoudit stav věci, o němž nejsou důvodné pochybnosti.

V užším slova smyslu jsou hydrogeologické práce prováděny ve smyslu zákona [č.62/1988 Sb.](#), o geologických pracích a o Českém geologickém úřadu, který nabyl účinnosti 1.7.1988 a byl mnohokrát měněn a doplněn. Dle §2 tohoto zákona zahrnují geologické práce dotýkající se hydrogeologie vyhledávání a průzkum zdrojů podzemních vod, včetně přírodních vod léčivých, stolních minerálních a termálních, ověřování jejich využitelných zásob, zkoumání negativních vlivů na jejich jakost a množství, jakož i zpracování geologických podkladů pro jejich využívání a ochranu, dále zjišťování a ověřování hydrogeologických poměrů území zejména pro účely územního plánování, dokumentace a provádění staveb, zjišťování a hodnocení geologických činitelů ovlivňujících životní prostředí a zjišťování a odstraňování antropogenního znečištění v horninovém prostředí. V §3 je pak hydrogeologický průzkum charakterizován jako samostatná část geologického průzkumu. Členění hydrogeologického průzkumu na jednotlivé etapy je definováno ve vyhlášce [č.369/2004 Sb.](#), o projektování, provádění a vyhodnocování geologických prací, oznamování rizikových geofaktorů a o postupu při výpočtu zásob výhradních ložisek. Dle §3 této vyhlášky se hydrogeologický průzkum člení na etapu vyhledávacího, podrobného a doplňkového hydrogeologického průzkumu. Každá z těchto etap má nejen definovaný obsah, ale co je velmi podstatné, má i konkrétní vazbu na návazné správní řízení, při nichž jsou výsledky hydrogeologického průzkumu nezbytným dokladem. Vyhledávací hydrogeologický průzkum zahrnuje především soubor prací směřující k vyhledání přírodních zdrojů podzemních vod, k hodnocení jejich jakosti, ke specifikaci rizik antropogenního znečištění v podrobnostech potřebných pro posouzení možnosti jejich využití a ochrany a dále soubor prací směřujících ke zjišťování hydrogeologických poměrů konkrétního území. V takto definovaném rozsahu je většinou podkladem pro kompilační materiály typů územně plánovací dokumentace, posuzování vlivů

na životní prostředí, plánů rozvoje vodovodů a kanalizací, plánů oblasti povodí apod. Vzniklá technická díla, pokud nejsou využitelná např. pro monitoring stavů hladin, jakosti vody nebo pro jiné využití v další etapě průzkumných prací, je nutno ve smyslu §14 vyhlášky [č.369/2004 Sb.](#) likvidovat nebo zajistit. Protože protokol o likvidaci nebo zajištění průzkumného díla je dle uvedeného §14 součástí závěrečné zprávy o vyhledávacím hydrogeologickém průzkumu, je nezbytné tyto práce předjímat již v projektu prací, případně specifikovat v jeho dodatku a práce realizovat ještě před ukončením této etapy průzkumu. Jedná-li se skutečně o díla průzkumná prováděná v intencích geologických předpisů, odpovědnost za tuto situaci nese odpovědný řešitel geologických prací. Podrobný hydrogeologický průzkum zahrnuje zjišťování hydrogeologických poměrů území v podrobnostech potřebných pro územní rozhodování a pro povolování staveb nebo činností.

Zjednodušeně řečeno: tato etapa hydrogeologického průzkumu předpokládá získání takového souboru informací, na základě kterých je schopna osoba s autorizací pro vodohospodářské stavby zpracovat projekt vodního díla pro vydání územního rozhodnutí a stavebního povolení.

2.2 OBLAST INŽENÝRSKÉ GEOLOGIE

Zabývá zkoumáním geologických poměrů stavenišť a oblastí zasažených výstavbou , usměrňuje stavební postupy. Geologický průzkum zjišťuje vlastnosti základové půdy a navrhuje technická opatření k ekonomickému založení staveb v oblasti:

- Stabilitu staveniště jako celku
- Dovolené namáhání základové půdy (únosnost a stlačitelnost)
- Úroveň hladiny podzemní vody a její kolísání, zhodnocení vlivů podzemní vody a její chemické účinky na stavební materiál
- Přítok vody do staveniště
- Těžitelnost hornin ve staveništi a seizmickou pozici staveniště

Inženýrská geologie používá poznatky všech odvětví geologických věd, hlavně se opírá zejména o mechaniku zemin, (samostatný vědní obor). Základní požadavky a rozsah, a podrobnost geologicko-průzkumných prací jsou obsaženy v normě [\(ČSN 731001\): Základová půda pod plošnými základy, \(ČSN 730090\): Geologický průzkum pro stavební účely](#), Úkoly geologie při zemních a inženýrských stavbách. Při dopravních stavbách je nutno zabývat se stabilitou pláně, pro velké namáhání vozovek dálnic, silnic, letišť a železničního svršku a řešit úkoly:

- Posouzení výškové a půdorysné polohy trasy (stabilita svahů, odvodnění zemního tělesa, únosnost a mrazuvzdornost pláně, posouzení vlastností zemin při tvorbě násypů
- Návrh sklonů svahů a konstrukční řešení objektů. Při tunelových stavbách - tyto řešíme alternativně (velký význam geologických podkladů), vytvoříme tolik vrtů, sond a štol, aby bylo možno sestavit geologickou mapu širšího území a zkonstruovat geologické profily

- Zjistit geologické poměry území, úložné poměry vrstev, tektonické poruchy, petrografickou povahu hornin, stupeň zvětrání
- Vykonat hydrologický tunelu a zjistit chemické složení vody
- Posoudit rozpojitelnost horniny, při hospodářských stavbách - kolem je zjistit poměry území nejen vlastního staveniště, ale i celého zatopeného území
- Zjistit rozsah výskytu zvětralých hornin, průběh a charakter poruchové zóny a propustnost pevných hornin
- Ložiska stavebních látek
- Chemickou povahu povrchových a podzemních vod
- Stabilitu budoucích břehů nádrže. Při předběžném průzkumu se uplatňují i geofyzikální metody, jimiž je možno zpravidla určit tloušťku pokryvných útvarů, hloubku zvětrávání, přítomnost poruchových zón apod. Pro průzkum přehradních míst se používají vrty s velkým průměrem a průzkumné štoly

2.3 OBLAST GEOFYZIKY

Geofyzikální metody studují prostředí na základě kontrastu jeho fyzikálních vlastností, které ovlivňují měřená fyzikální pole. Charakter studovaného pole určuje metodu geofyzikálního průzkumu. Pro sledování stavu horninového masívu a jeho nadloží je u nás nejvíce využívána mělká refrakční seismika (MRS). Doba příchodu seismických signálů, které jsou většinou na povrchu generovány slabými náložemi nebo úderem kladiva, je registrována ve vzdálených bodech, v nichž je pomocí geofonů transformován mechanický vzruch na elektrické napětí registrované seismografy. Seismické vlny procházejí geologickým prostředím, odrážejí se od seismických rozhraní a lámou se na nich a přinášejí informace o mělké stavbě, zvláště pak o reliéfu pevnějšího podloží s vyššími rychlostmi seismických vln (přes $1000\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$). Nežpevněné pokryvné uloženiny, podobně jako antropogenní uloženiny (např. skládkový materiál) mají nižší rychlosti (stovky $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$).

Mělká reflexní seismika (RXS) se zabývá registrací a analýzou vln odražených od rozhraní pod povrchem. Jedná se metodu široce používanou pro hluboký průzkum naftových ložisek (díky čemuž je vybavena nejvyšší kvalitou softwaru), je však velmi perspektivní i v mělkém průzkumu.

Prozařování horninového bloku mezi vrty či důlními díly a povrchem je možné pomocí seismické tomografie (ST). Seismický signál je generován v řadě bodů na jedné straně zkoumaného bloku a na jeho druhé straně jsou v mnoha bodech měřeny časy příchodu signálu. Jednoduché zpracování využívá předpokladu přímého šíření vln, složitější programy umožňují respektovat skutečné zakřivené dráhy šíření. Výsledkem je řez seismických rychlostí ve studovaném bloku. Metoda ST je využívána zvláště pro speciální a detailní výzkum stavu a porušení horninového masívu, případně k lokalizaci dutin.

2.4 ZÁKON O POHŘEBNICTVÍ

Tento zákon stanoví podmínky pro zacházení s lidskými pozůstatky a s lidskými ostatky, práva a povinnosti související s provozováním pohřební služby, prováděním balzamací a konzervací lidských pozůstatků a s provozováním krematorií a pohřebišť. V §22 předmětného zákona jsou stanoveny pravidla pro ukládání lidských pozůstatků a jejich exhumace. Hroby pro ukládání lidských pozůstatků musí splňovat také následující požadavky na jejich hloubku (u dospělých osob a dětí od 10 let nejméně 1,5 m, u dětí mladších 10 let nejméně 1,2 m) a hladinu podzemní vody (dno hrobu nebo hrobky musí ležet nad úrovní kolísání hladiny podzemní vody, původně min. 0,5 m nad úrovní hladiny podzemní vody) a boční vzdálenosti mezi jednotlivými hroby musí činit nejméně 0,3 m.

3. CHARAKTERISTIKA A ROZSAH ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ

Zájmové území se nachází v Mladé Boleslavi, v městské části Čejetice je situován městský hřbitov (urnový háj). V současné době se uvažuje o jeho plošném rozšíření (viz obr.1). Hřbitov má i v budoucnu sloužit k ukládání uren, ale i ke klasickému pohřbívání do země a také by mohl být vybaven i loukou rozptylu. Plošný rozsah zájmového území je patrný ze snímku (viz obr.1), který je uzavřen polygonem v linii žlutou barvou.

Stávající hřbitov je aktivní, avšak využívá poměrně malé plochy z celkového možného rozsahu. Ze dvou současných základních způsobů pohřbívání (pozůstatků ze spalování žehem či přímé ukládání do rakví), se zde využívá pouze první případ a to pomocí náhrobních kamenů.

Zpracovatelé posudku byli na místě seznámeni s plánovaným rozšířením hřbitova i o sousední pozemky, které jsou převážně ve vlastnictví města, a v budoucnu by měl hřbitov sloužit pro celé město Mladá Boleslav s tím, že by též došlo k přemístění dosavadního hřbitova v Mladé Boleslavi (situovaného v přímém kontaktu s provozovny Škoda auto). Tím by vznikla potřeba využití obou základních způsobů pohřbívání, což ovlivňuje i požadavky z geotechnického pohledu, především na geotechnické vlastnosti podloží a hydrogeologické poměry.

Přehlednou situaci zájmového území v Čejeticích znázorňuje (obr.2). Detailnější situace je zřejmá z (Přílohy 2), kde jsou též vyznačeny průzkumné sondy, a to jak od samotných zpracovatelů posouzení, tak od předchozího průzkumu RNDr. J. Hejnáka, CSc. a další z archivu Geofondu. Z nich vyplývá, že nyní sledované území je významně větší, než kterému věnoval pozornost předchozí průzkum, který byl zaměřen pouze na současnou hranici hřbitova. Větší pozornost proto byla věnována západní části lokality (pozemky p.č. 126/1 a 126/3), když východní část (pozemek p.č. 125/3) byla prověřena jen částečně na jejím okraji, protože je v současnosti plně využívána zahrádkáři. Z tohoto důvodu se s ní uvažuje jako s další rezervou.



Obr.1 Přehledná situace zájmového území s vyznačením rozsahu budoucího záměru

Sklon terénu je poměrně jednostranný, jižním (jihozápadním směrem), když větší sklon terénu vykazuje západní část. Zde probíhala dřívější aktivita, spojená s těžbou cihlářské hlíny. V situaci v příloze 1 je patrný odkop pro zemník na pozemku p.p.č. 126/3. Výkop zemníku byl v severní části pozemku nahrazen zásypem neznámého typu, který je mírně navýšen nad okolní terén (viz obr.2). Výška této navážky činí v jihozápadním cípu až 6m.



Obr.2 Pohled na skládku na pozemku p.p.č. 126/3

Pro optimalizaci rozmístění průzkumných sond byly zajištěny dostupné podklady z Geofondu České geologické služby a dále IG průzkum pro vsakování srážkových vod v areálu firmy Benet, r. 2015. Využito bylo i hydrogeologického průzkumu hřbitova z r.2002.

4. GEOLOGICKÉ A HYDROGEOLOGICKÉ POMĚRY

Po geologické stránce je zájmové území tvořeno přípovrchovou kvartérní polohou, tvořenou do značné míry sprašovými hlínami. Pod touto polohou se nacházejí často jílové vrstvy (křída) a pískovce (křída, turon).

Zájmová lokalita je z regionálně hydrogeologického členění součástí hydrogeologického rajonu č. 4410 – Jizerská křída pravobřežní. Zvodnění je vázáno na pískovce středního turonu s volnou hladinou podzemní vody (HPV) zde v nadmořské výšce ca. +220m nm. až +215m nm. s generelním směrem proudění k drenážní bázi Jizery. Drenážní báze toku tvoří otevřenou odvodňovací hranici zvodněného kolektoru, a proto na zájmové lokalitě nedojde nikdy k takovému vzestupu hladiny podzemní vody, který by ohrozil pohřbívání. V detailu zde v turonské zvodni dochází ke vzniku rozvodnice podzemní vody procházející zájmovým územím ve směru SZ-JV a při severojižním směru toku Jizery tak část podzemní vody z území odtéká jihovýchodním směrem. Průtočnost pískovců je vysoká, koeficient průtočnosti (transmisivity) T je dokumentována v řádu $\times 10^{-3} \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$. V nejbližším infiltračním zázemí jsou pískovce zakryty sprašemi s výrazně nižší propustností a prosakující srážková voda tak povolna dotuje turonskou zvodně (západní část zájmového území). Pokud se na bázi spraše vyskytnou zahliněné štěrky nebo jíly (střední a východní část zájmového území), pak zde dochází ke vzniku mělké zavěšené zvodně, do které jsou zahloubeny domovní kopané studny v přílehlé zástavbě rodinných domů.

Při ukládání do hrobů je pro stanovení potřebné doby tlení důležitá hloubka hladiny podzemní vody a kapilární výška. V západní části lokality se bude muset upravit povrch terénu (stávající násyp a dosypání bývalého zemníku) a jeho kóta bude jistě vyšší než cca současných cca.+260m n.m. Lze tedy konstatovat, že hloubka HPV nebude mít vliv na běžnou dobu tlení lidských ostatků, neboť z hlediska pohřbívání se jedná o **lokality s trvale hluboko zakleslou hladinou podzemní vodou**. Požadavky pro ukládání lidských pozůstatků podle § 22 odst. 1 zákona o pohřebnictví **č. 256/2001 Sb.** budou v západní části zájmové lokality splněny. Pozornost bude třeba zaměřit na prováděný zásyp a možnost výskytu zavěšené kapilární třásně.

5. OBECNÉ CHARAKTERISTIKY ZEMIN

Velmi důležité pro inženýrsko-geologickou praxi jsou orientační posouzení některých charakteristik zemin pro určité vybrané účely, která budou v této kapitole postupně uvedena. Pro orientační posouzení některých charakteristik zemin jsou účelově využívány modelové či mezní křivky zrnitosti, pro orientační přiřazení parametrů jsou využívány tabulkové hodnoty - směrné normové charakteristiky nebo třídy těžitelnosti. Je důležité uvědomit si, že takto získané charakteristiky jsou pouze orientační a pro bližší určení je nutné provést laboratorní či terénní zkoušky. I přesto je účelné toto posouzení využívat, protože přináší řadu rychle, snadno a bezplatně získaných důležitých informací. Velké praktické využití mají zejména směrné normové charakteristiky **(součást ČSN 731001)**, které

uvádějí hodnoty nejdůležitějších fyzikálně-mechanických vlastností vybraných typů zemin (tříd základové půdy). Tyto hodnoty byly stanoveny na základě rozsáhlého souboru laboratorních i terénních zkoušek na celém území České a Slovenské republiky.

I po přijetí evropských norem (**ČSN EN ISO 14688-2: Geotechnický průzkum a zkoušení - Pojmenování a zařídování zemin - Část 2: Zásady pro zařídování**) je využívání směrných normových charakteristik stále účelné, protože jsou levným a zkušenostmi ověřeným zdrojem orientačních informací o fyzikálně-mechanických vlastnostech. Dále je důležité uvědomit si návaznost nově prováděných průzkumů na již provedené, protože tyto charakteristiky v nich byly použity.

Směrné normové charakteristiky jsou zpracovány zvláště pro jemnozrnné (viz tab.1) , písčité (viz tab.2) a šterkovité zemin (viz tab.3) a uvádí nejdůležitější fyzikálně-mechanické parametry zemin pro účely zakládání staveb. U písčitých a šterkovitých zemin se jedná o Poissonovo číslo n , přenosový součinitel β , objemovou tíhu γ , efektivní soudržnost c_{ef} , dále o modul deformace E_{def} a efektivní úhel vnitřního tření φ_{ef} , které závisí na relativní ulehlosti (hutnosti). Všechny parametry směrných normových charakteristik jemnozrnných zemin závisí na konzistenci a oproti písčítým a šterkovitým zeminám jsou rozšířeny o totální úhel vnitřního tření φ_u a totální soudržnost c_u .

Třída	Symbol	Charakteristika	Konzistence					
			měkká	tuhá	pevná		tvrdá	
					Sr>0,8	Sr<0,8	Sr>0,8	Sr<0,8
F1	MG	v, β, γ	$v=0,35; \beta=0,62; \gamma=19,0 \text{ kN.m}^{-3}$					
		E_{def} (MPa)	5*10	10*20	12*24	15*30		
		c_u (kPa)	40	70	70	70*80		
		φ_u (°)	0	0	10	12*15		
		c_{ef} (kPa)	4*12		8*16	16*32	16*24	
		φ_{ef} (°)	26*32					
F2	CO	v, β, γ	$v=0,35; \beta=0,62; \gamma=19,5 \text{ kN.m}^{-3}$					
		E_{def} (MPa)	4*8	7*15	10*12	15*25		
		c_u (kPa)	30	60	60	60*70		
		φ_u (°)	0	0	10	12*15		
		c_{ef} (kPa)	8*14		10*18	18*36	18*25	
		φ_{ef} (°)	24*30					
F3	MS	v, β, γ	$v=0,35; \beta=0,62; \gamma=18,0 \text{ kN.m}^{-3}$					
		E_{def} (MPa)	3*6	5*8	8*12	12*15		
		c_u (kPa)	30	60	60	60*70		
		φ_u (°)	0	0	10	12*15		
		c_{ef} (kPa)	8*16		12*20	20*40	20*25	
		φ_{ef} (°)	24*28					
F4	CS	v, β, γ	$v=0,35; \beta=0,62; \gamma=18,5 \text{ kN.m}^{-3}$					
		E_{def} (MPa)	2,5*4	4*6	5*8	8*12		
		c_u (kPa)	30	50	70	70*80		
		φ_u (°)	0	0	5	8*14		
		c_{ef} (kPa)	10*18		14*22	22*24	22*30	
		φ_{ef} (°)	22*27					
F5	ML MI	v, β, γ	$v=0,40; \beta=0,67; \gamma=20,0 \text{ kN.m}^{-3}$					
		E_{def} (MPa)	1,5*3	3*6	5*8	7*10	10*15	12*20
		c_u (kPa)	30	60	70	70*80	200	60*80
		φ_u (°)	0	0	5	8*14	0	15*20
		c_{ef} (kPa)	8*16		12*25	20*40	20*25	
		φ_{ef} (°)	19*23					
F6	CL CI	v, β, γ	$v=0,40; \beta=0,47; \gamma=21,0 \text{ kN.m}^{-3}$					
		E_{def} (MPa)	1,5*3	3*6	6*8	8*12	10*15	12*20
		c_u (kPa)	25	50	80	80*90	170	80*90
		φ_u (°)	0	0	0	4*12	0	14*16
		c_{ef} (kPa)	8*16		12*20	20*40	20*25	
		φ_{ef} (°)	17*21					
F7	MH MV ME	v, β, γ	$v=0,40; \beta=0,47; \gamma=21,0 \text{ kN.m}^{-3}$					
		E_{def} (MPa)	1*3	3*6	5*7	7*10	10*15	12*20
		c_u (kPa)	25	50	80	80*90	170	80*90
		φ_u (°)	0	0	0	4*12	0	14*16
		c_{ef} (kPa)	4*10		8*16	14*25	15*24	
		φ_{ef} (°)	15*19					
F8	CH CV CE	v, β, γ	$v=0,42; \beta=0,37; \gamma=20,5 \text{ kN.m}^{-3}$					
		E_{def} (MPa)	1*2	2*4	4*6	6*8	8*10	10*15
		c_u (kPa)	30	40	50	50*60	150	50*80
		φ_u (°)	0	0	0	3*10	0	12*16
		c_{ef} (kPa)	2*6		6*14	14*25	14*22	
		φ_{ef} (°)	13*17					

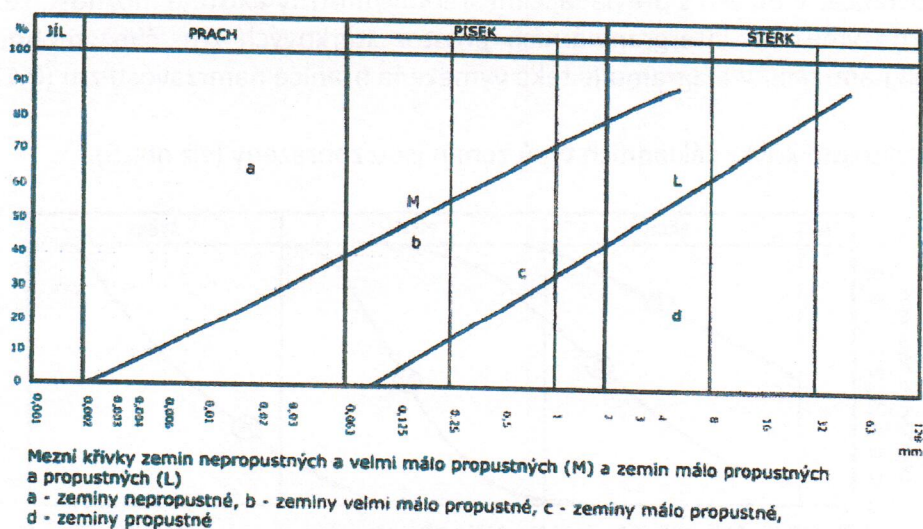
Tab.1 Směrné normové charakteristiky jemnozrnných zemin (**ČSN 731001**)

Křivku zrnitosti posuzované zeminy získanou z granulometrické analýzy lze porovnat s modelovými, případně obalovými křivkami specifickými pro danou charakteristiku. Na základě tohoto srovnání je možné zeminu z hlediska dané charakteristiky orientačně posoudit například dle:

- Propustnosti
- Koeficientu filtrace
- Namrzavosti
- Genetického typu
- Seizmických účinků způsobujících ztekucení zemin
- Vhodnosti zemin pro zemní hráze
- Metod zlepšování vlastností zemin
- Zrnitostního složení odpovídajícího optimálnímu složení směsi stabilizovaných zemin
- Vhodnosti pojiva pro stabilizaci
- Vhodné injekční směsi
- Možnosti použití injekční směsi metodou Soilcrete
- Možností zhutnění vibrací s doplňováním materiálu a vibroflotací
- Vhodnosti zemin pro zhutňování technologií Franki

Pro orientační posouzení propustnosti (viz obr.3) je využíváno dvou mezních křivek zrnitosti, které reprezentují hranici mezi nepropustnými a velmi málo propustnými zeminami (křivka M) a mezi málo propustnými a propustnými zeminami (křivka L).

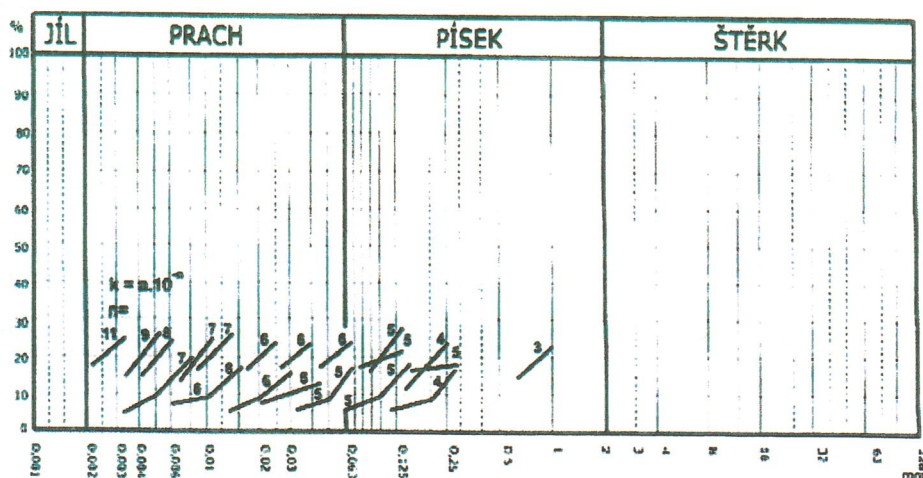
Z grafu je zřejmá všeobecně známá skutečnost, že s rostoucí velikostí zrn se zlepšuje propustnost dané zeminy.



Obr.3 Orientační posouzení propustnosti zemin podle zrnitosti

Pro posouzení koeficientu filtrace jsou využívány části modelových křivek umístěných na čáře odpovídající 10% nebo 20% hmotnostního podílu uvažované zeminy. Číslo u částí křivek pak reprezentují záporný exponent, jímž je umocněn koeficient filtrace (viz obr.4) posuzované zeminy.

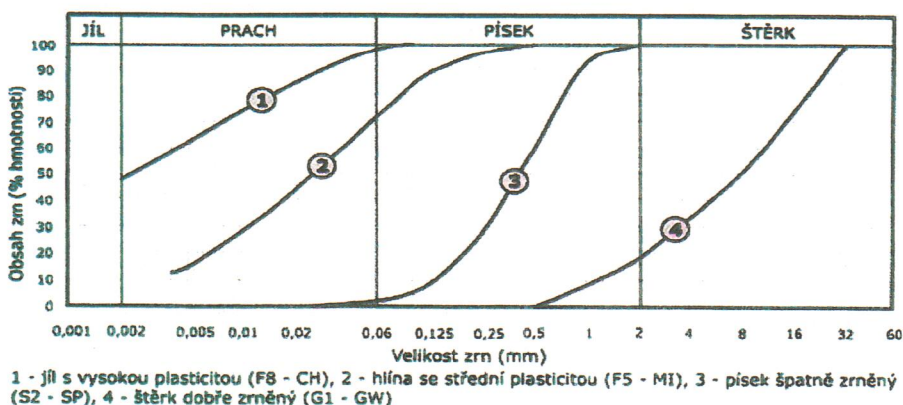
Toto orientační určování koeficientu filtrace je jedním z mnoha podle různých autorů. Nepropustná zemina je charakterizována koeficientem filtrace 10^{-9}m.s^{-1} a nižším, polopropustná 10^{-9}m.s^{-1} až 10^{-8}m.s^{-1} a propustná 10^{-8} a vyšším.



Obr.4 Orientační zjištění koeficientu filtrace k (m.s^{-1}) z průběhu křivek zrnitosti na d_{10} , popř. d_{20} (podle V. Mencla)

Pro orientační posouzení namrzavosti zemin se využívá diagramu (viz obr.5), který je rozdělen pěti mezními křivkami zrnitosti na šest oblastí s různou mírou namrzavosti. Voda obecně při zmrznutí zvětšuje svůj objem, což způsobuje mimo jiné snížení soudržnosti zemin. Nejvíce nebezpečná z hlediska namrzavosti je oblast s převládajícími jílovými a prachovými zrny vzhledem k velké přirozené vlhkosti, která však může být výrazně snížena v závislosti na stupni konzistence. V oblasti s převládajícími štěrkovými zrny existuje možnost, že se jílová a prachová zrna vmísí do intergranulárních prostor štěrkových zrn, čímž mohou způsobit zvýšení jejich namrzání. V diagramu je také vymezena hranice namrzavosti zrn (0,125mm).

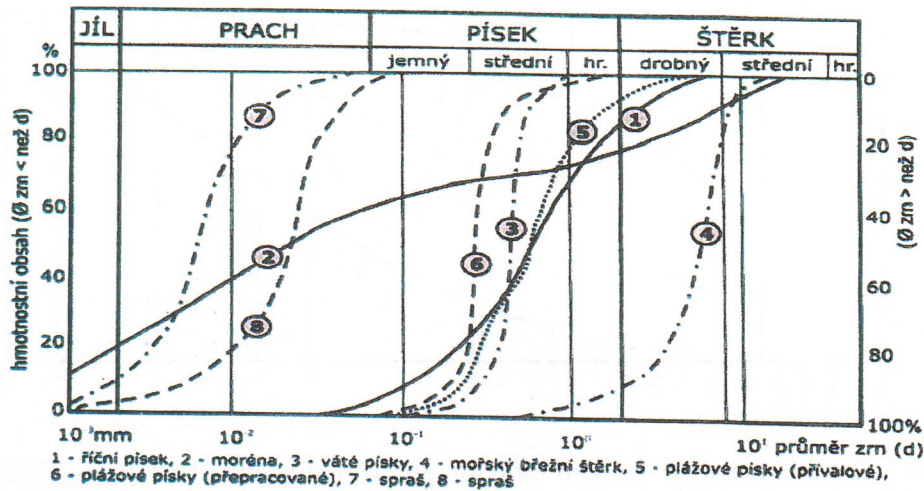
Modelové zrnitostní křivky základních typů zemin jsou zobrazeny (viz obr.5).



Obr.5 Modelové křivky základních typů zemin

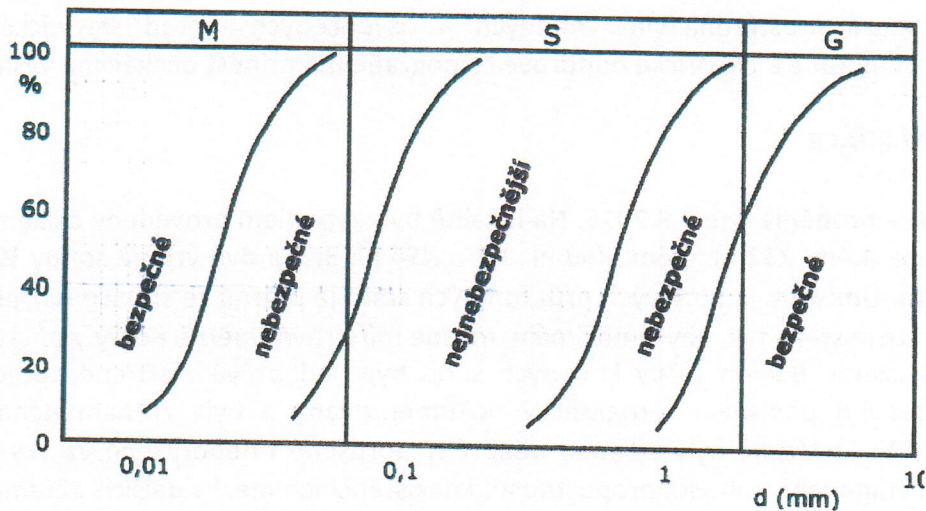
Modelové zrnitostní křivky určitých vybraných genetických typů zemin mají charakteristický tvar, který je patrný (viz obr.6). Je zřejmé, že granulometrické složení jednotlivých

genetických typů zemin může v určitém rozmezí kolísat, například zrnitostní křivka (7) i (8) na (obr.6) reprezentuje spraš.



Obr.6 Modelové křivky některých genetických typů zemin (Thompson, Bagnold, Tokarski)

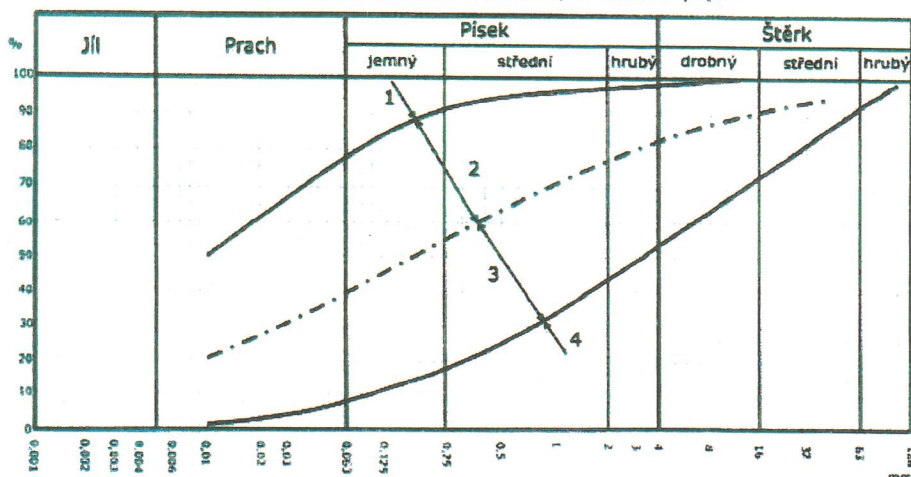
V důsledku seismických - dynamických účinků se výrazně snižuje efektivní napětí a zvětšuje neutrální napětí, což způsobuje snižování smykové pevnosti. Působení seismických účinků na štěrkovité nebo písčité zeminu nacházející se pod hladinou podzemní vody způsobuje jejich ztekucení (viz obr.7).



Obr.7 Zrnitostní složení zemin uložených pod hladinou podzemní vody z hlediska možnosti jejich ztekucení vlivem seismických účinků (Tsuchida, 1998)

Z hlediska orientačního posouzení vhodnosti zemin pro zemní hráze lze použít následující diagram (viz obr.8), rozdělený třemi mezními křivkami do čtyř oblastí. Každá vymezuje zeminu, vhodnou pro určitou část zemní hráze. Čára zrnitosti zemin vhodných pro těsnící část hrází by měla ležet v oblasti (1) a (2), pro stabilizační část v oblasti (3) a (4).

Čára zrnitosti zemín pro těsnící část nehomogenní hráze nebo pro homogenní hráz a pro návodní koberec má ležet v oblasti 2, příp. 1, pro stabilizační část má být v oblasti 3. příp. 4.



Obr.8 Orientační posouzení vhodnosti zeminy pro zemní hráze ([ČSN 736824](#))

6. GEOTECHNICKÉ POSOUZENÍ

Geotechnický posudek studie realizovatelnosti hřbitova byl vypracován na základě objednávky Statutárního města Mladá Boleslav v měsíci červnu 2016. Posudek byl zpracován také na podkladu původního hydrogeologického průzkumu ze srpna 2002. Veškerá data z terénních prací byly získány z jednotlivých sond realizovaných v tomto období. Rozsah těchto průzkumných prací byl však charakterizován pouze na vybraných stanovištích. Pro ucelený obraz o podpovrchové stavbě celého zájmového území byla zvolena mělká geofyzika, která prostřednictvím vhodných a osvědčených metod seismické refrakce, seismické tomografie a elektrické odporové tomografie má přinést očekávané výsledky.

6.1 TERÉNNÍ PRÁCE

Terénní práce proběhly dne 4.8.2016. Na lokalitě byly rypadlem provedeny celkem 4 kopané sondy **KS1** hl. 4,4m, **KS2** hl. 4,6m, **KS3** hl. 1,7 a **KS4** hl. 3,2, a dvě vrtané sondy **VS1** hl.3m a **VS2** hl. 2,7m. Umístění jednotlivých průzkumných sond je patrné ze situace (viz příloha 3,4). Sondy byly rozmístěny tak, aby v maximální možné míře rovnoměrně pokryly přístupná místa zájmového území. Během těžby kopaných sond byly jednotlivé zastižené podložní vrstvy zeminy (horniny) popisně i fotograficky dokumentovány a byla zaznamenána případně naražená HPV. Současně byly ze sond odebrány porušené i neporušené vzorky zemín pro laboratorní stanovení zrnitosti, propustnosti, konzistenčních mezí a dalších parametrů zemín včetně jejich klasifikace. Kopané sondy byly po dokončení dokumentace z bezpečnostních důvodů zasypány. Vrty **VS1** a **VS2** byly vyvrtány lehkou vrtnou soupravou LS 100 se šnekovým vrtákem $d=150$ mm a byly vystrojeny perforovanou HT trubkou DN 75mm. Spodní část trubky byla obsypána říčním štěrskem frakce 4-8 mm. Horní část byla obsypána nepropustnou zeminou. Zhlaví vrtů byla opatřena zátkou. Tyto vrty slouží jako pozorovací sondy pro sledování úrovně hladiny podzemní vody (viz obr.9).

Vytažené porušené jádro bylo popisně i fotograficky dokumentováno. Dále byla zaznamenána úroveň naražené a ustálené hladiny podzemní vody. Z vrtů byly odebrány porušené vzorky zeminy ze všech podstatných zastižených vrstev.



Obr.9 Pohled na vrtané sondy VS1 a VS2

6.2 LABORATORNÍ PRÁCE

Na neporušených vzorcích o průměru 120mm byly následně provedeny laboratorní zkoušky propustnosti v propustoměru s konstantním spádem. Dále byly stanoveny další charakteristiky jako objemová hmotnost, vlhkost vzorku, index konzistence a plasticity, stupeň nasycení.

Na vybraných porušených vzorcích byly provedeny zkoušky zrnitosti na sítích a hustoměrné zkoušky. Na jemných částicích pod velikost zrna 0,063mm byly u čtyř vzorků zjištěny konzistenční meze – mez tekutosti a mez plasticity. Dále byly vzorky klasifikovány v souladu s normou [\(ČSN 731001\)](#) a [\(ČSN EN ISO 14688\)](#).

6.3 VYHODNOCENÍ TERÉNNÍCH A LABORATORNÍCH PRACÍ

Výsledky průzkumných prací prokázaly, že svrchní kvartérní vrstva podloží se v zájmové lokalitě skládá z několika metrů mocných vátvých prachovitých sedimentů - spraší, místy sprašových přepravených hlín. Z hlediska velikosti zrn těchto zemin se jedná o převážně prachovité částice Si dle klasifikace [\(ČSN EN ISO 14688\)](#), které mají pevnou až tuhou konzistenci. Dle klasifikace z [\(ČSN 731001\)](#) se jedná o třídu **F6-CL** jílu s nízkou plasticitou, přičemž všechny odebrané vzorky spraší leží velmi těsně u čáry „A“ plasticitního diagramu. Pod sprašemi se především ve východní části zájmového území vyskytují polohy tuhého vysoce plastického šedého jílu s vápnitými konkrécemi - klasifikace **F8-CH**. Tato vrstva byla zastižena v sondách **KS1** a **KS4**.

V západní části lokality se pod kvartérními sprašemi nachází zvětralý rezavohnědý pískovec. Jedná se o svrchnokřídové (turon) pískovce jizerského souvrství. Toto skalní podloží bylo zastiženo v sondách *KS2*, *KS3* a *VS1*.

Hladina podzemní vody (HPV) není v zájmovém území souvislá. V průzkumných sondách byla zastižena pouze ve vrtu *VS1* v hloubce 2,4m (ustálená HPV) a v kopané sondě *KS1* v hloubce 3,2m (naražená HPV). Jedná se o plošně omezené zvodně, kdy infiltrovaná srážková voda dosáhne na méně propustné podloží (šedý jíl) a toto pak sleduje (*sonda KS1*), nebo o případ zvodněných propustnějších štěrkovitých vrstev (*sonda VS1*). V ostatních sondách nebyla hladina podzemní vody zastižena.

Pro znázornění jednotlivých vrstev podloží a HPV ve vztahu k současnému terénu, byly vytvořeny zájmovým územím čtyři řezy, které jsou uvedeny. Souhrnné výsledky laboratorních zkoušek na odebraných neporušených, respektive porušených vzorcích zemin uvádí (tab.5 a tab.6).

sonda	Hl. (m)	m (g)	m _{sat} (g)	m _d (g)	m _{wat} (g)	m _w (g)	w _{sat} (%)	w (%)	v (m ³)	ρ (kg.m ⁻³)	ρ _s (kg.m ⁻³)	ρ _{sat} (kg.m ⁻³)	SR (-)	k (m.s ⁻¹)
K1 V21	2,60	2048,07	2158,56	1732,57	425,99	315,50	24,59	18,21	0,001131	1810,89	1531,93	1908,59	0,74	3,18E-09
K3 V21	0,90	1835,48	2110,92	1721,38	389,54	114,20	22,63	6,63	0,001131	1822,92	1522,03	1866,46	0,29	5,82E-07
K4 V21	2,10	2217,45	2236,18	1852,41	383,77	365,04	20,72	18,71	0,001131	1960,66	1637,89	1977,22	0,95	5,8E-08

Tab. 5 Výsledky laboratorních zkoušek z odebraných vzorků

sonda	hloubka (m)	m _w (g)	m _c (g)	w (%)	F (%)	S (%)	G (%)	w _s (%)	w _p (%)	I _p (%)	I _c (-)	Klasifikace dle ČSN 731001	Klasifikace dle ČSN EN ISO 14888
K1 V22	4	301,89	427,9	23,78	94,71	5,29	0	88,14	30,3	37,64	2,18	F8=CH pevná konzistence	S1
K1 V23	1	88,84	443,33	20,26	93,01	6,99	0	34,03	22	12,03	1,14	F8=CL pevná konzistence	S1
K4 V22	2,9	81,14	368,97	21,99	93,8	6,2	0	NA	NA	NA	NA	NA	S1
V1 V21	1,1	114,6	548,27	20,90	95,43	4,57	0	39,03	22,5	12,53	1,13	F8=CL pevná konzistence	S1
V1 V22	2,5	222,67	1895,06	13,14	59,13	17,3	43,57	NA	NA	NA	NA	F1=MG	siGr
V2 V22	2,5	76,2	831,6	12,06	83,5	11,11	5,39	94,5	22	12,5	1,79	F8=CL pevná konzistence	S1

Tab. 6 Výsledky laboratorních zkoušek z odebraných vzorků

6.4 ZÁVĚR Z GEOTECHNICKÉHO PRŮZKUMU

Závěrem z geotechnického průzkumu zájmového území je konstatování, že lokalita je vhodná pro současné i budoucí využití jako hřbitova. S ohledem na morfologické, geotechnické a hydrogeologické poměry, by však bylo vhodné vyčlenění zón pro přednostní využití jednotlivých způsobů pohřbívání, a to především s ohledem na hydrogeologické poměry (Vaníček I., 2016).

Doporučujeme zachovat dnešní využití prostoru hřbitova o velikosti ca. 7200m² pro zde využívaný způsob pohřbívání, vycházející z pohřbu žehem, následně vyžadující povrchové uložení, ať již jde o povrchové náhrobní kameny, svislé zídky či volné rozprášení. Západní část lokality o celkové rozloze 12 900m² (p.p.č.126/1 a p.p.č.126/3) doporučujeme pro využívání pro ukládání v rakvích, ať již jde o volné ukládání do kopaných hrobů nebo ukládání do podzemních hrobek. V této části nebyla nikde zjištěna úroveň hladiny podzemní vody v úrovni, která by bránila tomuto způsobu ukládání pozůstatků. Nicméně s ohledem na budoucí změny klimatických poměrů, upřednostňujeme ukládání do hrobek, zřízených z vodostavebního betonu, či opatřených jinou formou izolace. Zajištění nepropustnosti je vždy výhodnější pro rozsáhlejší půdorys. Může být využit nejen pro uložení přemísťovaných pozůstatků, ale i pro následné jednoduché rozdělení příčkami na individuální hrobky (Vaníček I., 2016).

Západní část bude vyžadovat určité zemní práce, spočívající v urovnání stávajícího terénu, včetně zásypu bývalého pozemku cihelny. Složení a vlastnosti zde uloženého materiálu musí být detailně prozkoumány. V případě vhodnosti a nezávadnosti navážky může být materiál v rámci zemních prací použit. V opačném případě bude muset být odvezen na jinou lokalitu. To však již bude předmětem další fáze přípravy lokality pro realizovatelnost hřbitova.

Východní část lokality o rozloze ca. 7800m² pozemek p.p.č.125/3 může být ponechána jako možná rezerva pro rozšíření hřbitova s preferencí povrchového ukládání popela v urnách, či rozptylem (Vaníček I., 2016)



Obr.10 Možné rozšíření pro povrchové uložení pozůstatků.

7. GEOFYZIKÁLNÍ METODY

Geofyzikální metody podávají efektivně plošný fyzikální obraz zájmové oblasti v mapě a často i objemový 3D model. Jsou to metody nepřímé a vyžadují pro jednoznačnou interpretaci opěrné geologické údaje. Je tedy účelné, aby průzkumné geologické a geochemické práce byly situovány na základě v předstihu provedených geofyzikálních prací. Proto existuje mezi geologickými, geochemickými pracemi a geofyzikálním průzkumem vzájemně zpětná vazba a geofyzika by měla být aplikována v etapách podle uvedeného schématu:

- návrh komplexu metod na základě rešerše a zkušeností, účast geofyzikálního experta na prosazení návrhu
- parametrické ověření možností geofyzikálních metod, nejlépe měření v blízkosti vrtů, odběr vzorků, apod.
- předběžný geofyzikální průzkum a jeho předběžná interpretace
- optimální situování geologických a geochemických prací na základě předběžného geofyzikálního průzkumu
- reinterpretační geofyzikálních prací s využitím výsledků hydrogeologických, geologických a geochemických prací, ověření interpretačních modelů
- případné doplnění geofyzikálního průzkumu pro ověření nových skutečností
- společná geologická a geofyzikální interpretace výsledků všech průzkumných prací. Etapy vzájemné vazby hydrogeologie, geologie a geofyziky se mohou cyklicky opakovat

Geofyzikálním průzkumem je prostředí charakterizováno na základě konečného počtu fyzikálních vlastností, které jen v určité omezené míře odrážejí složitost ekologické a geologické reality. Pro jednoznačnou interpretaci geologických aj. poměrů lokality je proto vhodné posoudit jejich projevy z většího počtu vstupujících fyzikálních vlastností, tj. aplikovat vždy optimální komplex několika geofyzikálních metod.

Kromě vhodnosti použité metodiky je nutno také na základě velikosti sledovaných nehomogenit a hlavně rozsahu jejich anomální odezvy stanovit optimální hustotu geofyzikální sítě:

- volba vzdálenosti profilů (dle velikosti protažení objektů a místních podmínek)
- orientace profilů (příčně k protáhlým objektům, tektonickým liniím, atd.)
- volba kroku měření na profilech (velikost anomálního projevu). Někdy je vhodné aplikovat pravidelnou čtvercovou nebo nepravidelnou síť o dané hustotě měřických bodů na jednotku plochy, zvláště v případech izometrických (nepravidelných) tvarů hledaných nehomogenit. Tyto anomální objekty pod povrchem země se projevují na povrchu geofyzikálními anomáliemi, které jsou prostředníkem jejich detekce.

Anomálie mají větší rozsah, než jsou rozměry vlastního zdroje anomálie, a to hlavně z důvodů pozvolného úbytku fyzikálního projevu tělesa se vzdáleností. Proto rozsah anomálie závisí na rychlosti tohoto úbytku se vzdáleností (je jiná pro různé druhy polí a zdrojů). Většina interpretačních postupů vyžaduje znalost významné části anomálního projevu často do značných vzdáleností od zkoumaného objektu či jevu. Proto je někdy nutné provádět geofyzikální měření nejen v rozsahu zájmové oblasti, ale v širší oblasti, kde se projevuje tzv. normální pole – pole neovlivněné sledovanými lokálními nehomogenitami. Tyto přesahy závisí na principu použité metody a rozměrech použitého uspořádání, rozměru detekovaných objektů a jejich hloubce.

Velmi zhruba lze říci, že geofyzikální měření by mělo mít nejméně přesah odpovídající hloubce sledovaných objektů. Krok měření a vzdálenost profilů (hustota měření) může být pro každou geofyzikální metodu různá.

Teoreticky se hustota stanoví tak, aby měřená anomálie byla reprodukovatelná z diskrétních bodů (zaznamenaných v mapě, nejlépe vytyčených v terénu) při použití metod interpolace. Prakticky to znamená, že anomálie musí být proměřena s takovou hustotou, aby byly zachyceny všechny její charakteristické body – extrémy, inflexe apod. Limitující faktory aplikovatelnosti geofyziky Při volbě vhodné metodiky a posouzení aplikovatelnosti geofyzikální metody významně rozhodují také limitující podmínky měření. Ty můžeme rozdělit do několika skupin :

- Přístupnost terénu
- Vliv šumů (fyzikálních a geologických)
- Schopnost získání přesných dat a jednoznačnosti jejich interpretace

Průzkum ekologických zátěží se provádí velmi často v blízkosti stávajících průmyslových provozů s inženýrskými sítěmi a hustou zástavbou, pevným neprůrazným pokryvem apod. Zde se projevují nepříznivé limitující podmínky:

- Rušivý fyzikální projev povrchových objektů (budov, plotů)
- Možnost přístupu rozměrnější aparatury (od předmětů velikosti malé krabice po nákladní automobily) i operátorů
- Možnost zaražení elektrod pro uzemnění či zapíchnutí geofonů – omezení vlivem neprostupných porostů a terénních překážek

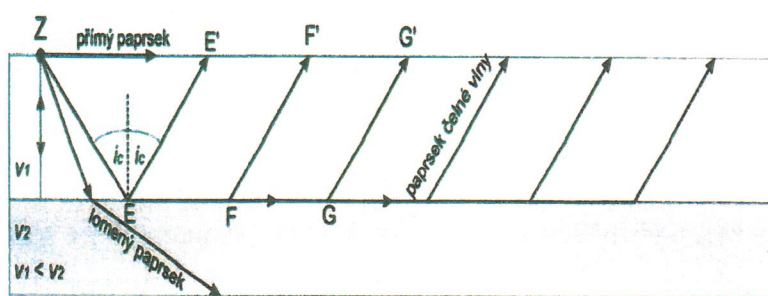
7.1 MĚLKÁ REFRAKČNÍ SEISMIKA (MRS) A REFLEXNÍ SEISMIKA (RXS)

Refrakční seismickou metodou lze změřit hloubku přibližně horizontálního seismického rozhraní, na kterém dochází k refrakci (lomu) přicházejících vln. Také lze určit rychlost šíření seismických vln v jednotlivých vrstvách a tedy zjistit i přibližné složení podloží.

7.1.1 KRITICKÝ ÚHEL A ČELNÉ VLNY

Od zdroje se vlnění šíří všemi směry. Paprsek přímý (z *anglického direct ray*) se šíří všesměrně od zdroje rychlostí v_1 těsně pod zemským povrchem. Veškeré další vlnění se šíří do podloží. Po dopadu vlnění na rozhraní se část energie odrazí zpět k povrchu a část energie se láme, neboli dochází k refrakci.

V závislosti na úhlu dopadu pokračuje vlnění buď dále do podloží pod jiným úhlem rychlostí v_2 , nebo pokud paprsek dopadá pod tzv. kritickým úhlem (z *anglického critical angle*), dochází ke kritické refrakci a pokračování paprsku podél rozhraní taktéž rychlostí v_2 . Podle Huygensova principu se šířící paprsek v každém místě chová jako zdroj dalšího, elementárního vlnění a vrací část své energie zpět k povrchu. Produkuje tzv. čelné vlny (z *anglického headwaves*), které jsou vysílány z rozhraní pod kritickým úhlem (viz obr.11).



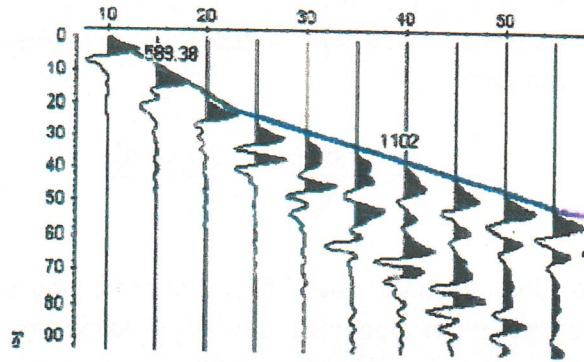
Obr.11 Paprsek dopadající pod kritickým úhlem se šíří dál podél rozhraní a produkuje čelné vlny směrem k povrchu také pod kritickým úhlem.

Protože $v_1 < v_2$, platí, že od určité vzdálenosti od zdroje vlnění předběhne paprsek cestující podél rozhraní paprsek přímý, neboť podél rozhraní cestuje rychleji a navzdory delší vzdálenosti dorazí čelné vlny jím vyprodukované k zemskému povrchu jako první. Rozestup mezi místem zdroje vlnění a místem, kde časy příchodu čelné a přímé vlny jsou si rovny, se nazývá hraniční vzdálenost (z *anglického crossover distance*). Kritický úhel je možno vypočítat poměrem rychlostí šíření vln v daných vrstvách (Snellův zákon).

7.1.2 T-X DIAGRAM A HODOCHRONY

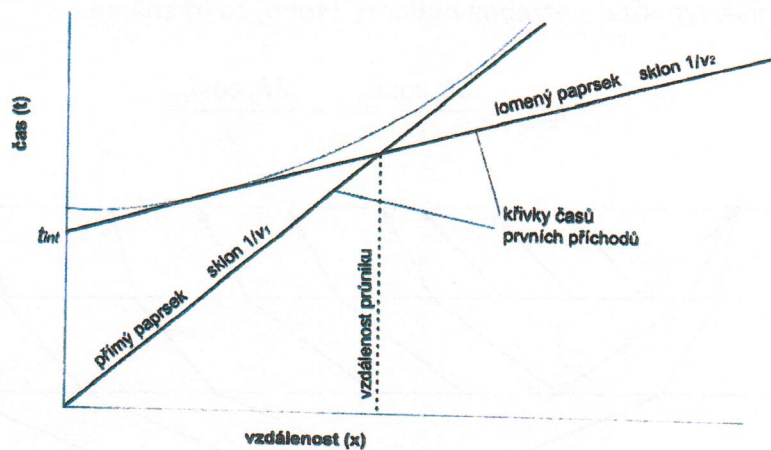
Seismická energie se ke geofonům dostává třemi způsoby, a to přímou cestou těsně pod zemským povrchem, reflexí a refrakcí. Každá trasa šíření se odlišuje časem příchodu vlny na dané místo.

Seismická měření se na zemském povrchu provádí nejčastěji podél přímkových profilů, kde v jednotlivých bodech měříme časy příchodu (viz obr.11) uměle vyvolaného vlnění pomocí seismických přijímačů neboli geofonů. Po vynesení časů prvních příchodů do grafu, kde osa x vyjadřuje čas t a osa y vyjadřuje vzdálenost x , dostaneme tzv. T-X diagram (viz obr.12). Přímky, vyjadřující závislost času na vzdálenosti od místa vzniku vlnění se nazývají hodochrony. Vlna přímá je jednoduše vyjádřena jako přímka vedená z počátku diagramu s různým sklonem závislým na rychlosti šíření. Sklon je roven $1/v_1$ tudíž čím větší je rychlost šíření, tím je sklon přímky menší.



Obr.12 Časy prvních příchodů

Hodochrona zobrazující rychlost lomených vln je komplikovanější. Paprsek cestuje dvěma různými rychlostmi a vždy urazí delší vzdálenost než paprsek přímý. Podle (obr.11) nejdříve cestuje do podloží po trase ZE . Tu samou vzdálenost urazí zpět k povrchu po trase FF' nebo GG' rychlostí v_1 . Na seismickém rozhraní se šíří rychlostí v_2 po trase EFG . Výsledný čas dostaneme tedy součtem času, který paprsek stráví ve svrchní vrstvě, a času, který stráví při cestě podél rozhraní. Je tedy zřejmé, že přímka v T-X diagramu reprezentující rychlost v_2 .



Obr.13 T-X diagram (závislost času na vzdálenosti)

nebude začínat v počátku, ale v bodě t_{int} , který vyjadřuje čas paprsku strávený ve svrchní vrstvě před dosažením rozhraní podél cesty ZE a při cestě z rozhraní zpět k povrchu po trase FF'/GG' . Lze ho vypočítat:

$$t_{int} = \frac{2h \cos i_c}{v_1}$$

$$t_{int} = \frac{2a \sin i_c}{v_1}$$

$$t_{int} = 2h \sqrt{\frac{1}{v_1^2} - \frac{1}{v_2^2}}$$

kde a je vzdálenost $ZE'/2$. Sklon hodochrony je v případě horizontálního rozhraní roven $1/v_2$. Rozdíl času příchodu paprsku po trase $ZEFF'$ a $ZEGG'$ se liší FG/v_2 . Celkový čas dráhy paprsku $ZEGG'$ je potom definován jako:

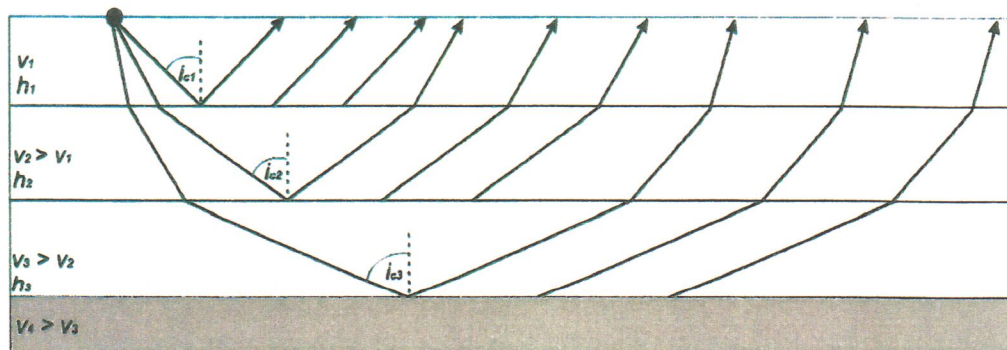
$$t = \frac{x \sin i_c}{v_1} - \frac{2h_1 \cos i_c}{v_1}$$

Podélně rozmístěné geofony zaznamenávají časy příchodů vlny přímé, které po vložení do diagramu vytvoří již zmíněnou hodochronu s určitým sklonem. Od určité vzdálenosti od zdroje se hodochrona prvních příchodů zalomí a pokračuje pod jiným sklonem. Tento jev je důkazem překročení vzdálenosti průniku a tedy existence přibližně horizontálního seismického rozhraní v určité hloubce, kterou lze dále dopočítat.

7.1.3 VÍCE VRSTEV A GRADIENTOVÉ PROSTŘEDÍ

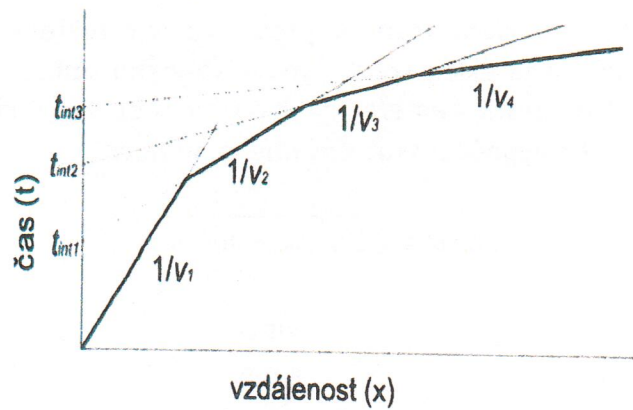
Obvykle se v podloží vyskytuje více než jedno rozhraní (viz obr.14). Každá vrstva je charakterizována určitou rychlostí v , hloubkou h a kritickým úhlem i_c , který je závislý na rychlosti šíření vln nad a pod rozhraním. Záznam prvních příchodů vln vnesených do T-X diagramu je sestaven z několika přímk, které se liší svým sklonem (viz obr.14). Pro každou další vrstvu lze pak vypočítat potřebné hodnoty z toho, co už známe.

$$t_{\text{int}2} = \frac{2h_1 \cos i_{c1}}{v_1} - \frac{2h_2 \cos i_{c2}}{v_2}$$



Obr.14 Refrakce vlnění v několika horizontálně uložených vrstvách

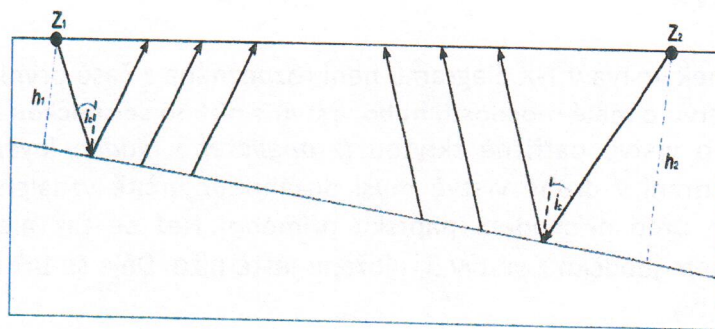
Často se také vyskytuje gradientový model, čímž rozumíme prostředí s absencí rozhraní. Místo toho se seismická rychlost zvyšuje postupně směrem do hloubky. Takovou situaci si lze představit jako spoustu horizontálních vrstev o velmi malé mocnosti, přičemž každá hlubší vrstva má vyšší seismickou rychlost, než vrstva předchozí. Při průchodu vlny dochází tedy podle Snellova zákona k malému lomu na každém rozhraní. Dochází tedy k postupnému lámání vlny, kdy se od určité hloubky vlna začne postupně vracet k povrchu, ta se nazývá tzv. vlna refragovaná.



Obr.15 T-X Diagram s hodochronami vyjadřující 4 vrstvy s postupně zvyšující se seismickou rychlostí

7.1.4 UKLONĚNÉ ROZHRAŇÍ

Pokud se vlnění šíří podél ukloněného rozhraní s úhlem úklonu α , čelné vlny zaznamenané geofony mají postupně měnit se vzdálenost, kterou musí od rozhraní urazit. To způsobí, že přímka v T-X diagramu vyjadřující rychlost v_2 bude natočena o úhel úklonu α podle toho, zda hloubka rozhraní roste nebo klesá. Kritický úhel se přitom nemění. Pokud se rozhraní svažuje od zdroje do hloubky, čelné vlny mají postupně delší trasu z rozhraní k povrchu, přímka v T-X diagramu bude strmější a rychlost se bude jevit jako pomalejší a naopak. Podle jedné hodochrony nelze tedy poznat, že se jedná o ukloněné rozhraní, proto se rychlosti vypočítané z T-X diagramu označují jako rychlosti zjevné (z *anglického apparent velocities*). Protože je sklon přímky ovlivněn tím, zda se rozhraní svažuje nebo naopak zvyšuje, lze úklon rozpoznat díky oboustrannému zdroji neboli zpětnému profilování (z *anglického forward and reversed refraction lines*), kdy je rozhraní měřeno z obou stran. Z jedné strany se rozhraní postupně snižuje, z druhé se zvyšuje. To nám dá dvě různě ukloněné přímky, z nichž se dá vypočítat úhel úklonu rozhraní. Pokud je úhel do 5° , dá se vypočítat zprůměrováním obou křivek.



Obr.16 Zpětné refrakční profilování na ukloněném rozhraní.

Úhel úklonu rozhraní zjistíme výpočtem mocnosti svrchní vrstvy z každé strany měřeného profilu (viz obr.16).

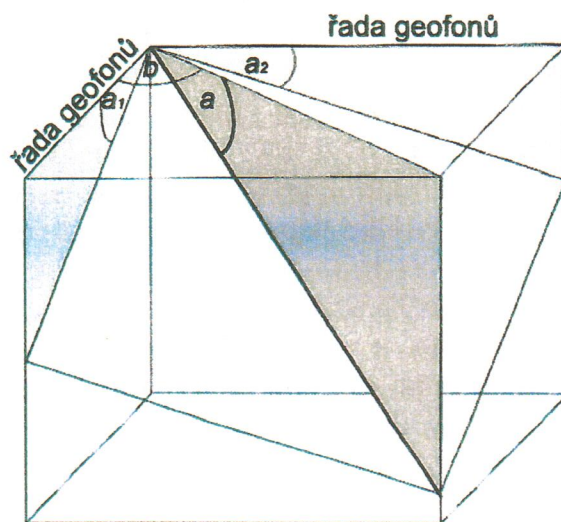
$$h_{1a} = \frac{t_{\text{inta}} v_1}{2 \cos i_c} \quad h_{1b} = \frac{t_{\text{intb}} v_1}{2 \cos i_c}$$

Pokud jsme si nezjistili směr sklonu rozhraní před začátkem měření z již naměřených dat, nemůžeme počítat s tím, že je úklon spodní vrstvy stejného směru jako řada geofonů. Je třeba tedy skutečný úklon zjistit naměřením dvou na sebe kolmých zpětných profilů. Z naměřených úhlů α_1 a α_2 lze vypočítat skutečný úhel α pomocí:

$$\sin \alpha = \sqrt{\sin^2 \alpha_1 + \sin^2 \alpha_2}$$

$$\cos \beta = \frac{\sin \alpha}{\sin \alpha_1}$$

kde β je úhel mezi směrem skutečného sklonu α a řadou geofonů s naměřeným sklonem α_1 (viz obr.17).



Obr.17 Dva na sebe kolmé profily pro výpočet skutečného sklonu ($\alpha_1=\alpha_1$; $\alpha_2=\alpha_2$; & $\alpha=\alpha$; $\beta=\beta$).

7.1.5 SKRYTÁ VRSTVA

Za určitých podmínek vrstva v T-X diagramu není rozpoznána z časů prvních příchodů. Může se jednat buď o vrstvu o malé mocnosti, nebo vrstvu s nízkou seismickou rychlostí. V prvním případě se jedná o vrstvu patřičně skrytou (z *anglického hidden layer proper*). Paprsek cestující podél rozhraní v druhé vrstvě musí dosáhnout určité vzdálenosti, aby byl jeho příchod detekován před příchodem paprsku přímého. Než se tak ale stane, může být předstihnut paprskem jdoucím z vrstvy 3, uložené ještě níže. Děje se tak kvůli nedostatečné mocnosti druhé vrstvy.

V druhém případě se jedná o vrstvu s nižší seismickou rychlostí (z *anglického low-velocity layer*) v porovnání s vrstvou nad ní. Pokud je seismická rychlost ve druhé vrstvě nižší, než v první, a ve třetí je zase vyšší než ve druhé, jeví se podloží jako dvouvrstvé, přičemž se rozhraní v T-X diagramu zdá být uloženo hlouběji v porovnání se skutečností díky zpomalení vlnění v druhé vrstvě. Rozeznat skrytou vrstvu je možné pouze na základě nezávislých informací, především z vrtných jader. Typickým případem skryté vrstvy je například vrstva písku pod jílem, vrstva pískovce pod vrstvou vápence nebo vrstva sedimentů pod lávou.

7.2 SEISMICKÁ TOMOGRAFIE (ST)

Metody seismického prosvěcování a seismické tomografie využívají prostorového obrazu, který lze získat s cílem prostorové lokalizace nehomogenit a odhadu jejich fyzikální povahy pomocí systému různých vzájemných poloh budiče kmitů a snímače při měření. Nejspolehlivějších výsledků se dosáhne v kombinaci s tomografií odporovou. V praxi jde nejčastěji o prosvěcování horninového prostředí mezi průzkumnými vrty, štolami, šachticemi i jinými podzemními díly resp. povrchem, prosvěcování nepřístupných podzemních i nadzemních prostor v historických stavbách apod.

Mikroseismické metody jsou realizovány uspořádáními s malou a zpravidla konstantní vzdáleností mezi zdrojem kmitání a snímačem. Poskytují detailní popis stupně zvětrání a rozpukání, který umožňuje např. spojitě interpolace hodnot modulů přetvárnosti na základových spárách (které byly stanoveny statickými zatěžovacími zkouškami), posuzování stability výrubů pro podzemní stavby atp. Mezi seismické metody patří také amplitudová měření rychlosti kmitání a zrychlení, jejichž zdrojem je přirozená seismicita (zemětřesení) i technická seismicita (např. trhací práce při rozpojování hornin) a které jsou měřítkem seismických zatížení těmito vlivům exponovaných staveb. Mikroseismy, které se z endogenních, ale i antropogenních příčin šíří horninovým masivem, studují metody akustické emise. Zřetelné akustické projevy často doprovázejí mechanické namáhání (a deformace) pevných látek. Tyto metody lze využít např. při lokalizaci smykových ploch sesuvů, při hodnocení tvarové stability podzemních děl a k indikacím napěťových poměrů v horninovém prostředí.

7.3 ELEKTRICKÁ ODPOROVÁ TOMOGRAFIE (ERT)

ERT metoda je založena na principu rozložení měrného odporu pod zemským povrchem, zjednodušeně řečeno – na kontrastu mezi vysoce konduktivními oblastmi s nízkými měrnými odpory a naopak oblastmi s nízkou konduktivitou, a tedy vysokým měrným elektrickým odporem. Kromě vlastní vodivosti materiálu, popř. příměsí zvyšujících elektrickou vodivost (např. vyšší obsah Fe), hraje významnou roli kompaktnost, resp. porušení skalních hornin. Čím více je hornina porušena (puklinami, zvětráváním), tím vyšší hodnoty měrného odporu toto prostředí vykazuje, ovšem pouze v suchém stavu. Naopak čím vyšší je nasycenost vodou, popř. jinou kapalinou, tím více hodnoty měrného odporu klesají. Typickým příkladem jsou koluviální sedimenty, které za suchého stavu vykazují často extrémní hodnoty měrných odporů, po saturaci vodou (např. po dlouhodobých srážkách) však mohou vykazovat naopak hodnoty velmi nízké. Obdobně se může chovat relativně neporušené skalní podloží vzhledem k rozpukání a zvětralému koluviu v nadloží; v případě saturace nadložního koluvia vodou se bude rigidní skalní podloží chovat jako těleso relativně vysokoodporové, naopak při extrémním suchu bude relativně nízkoodporové. Při interpretaci výsledného inverzního modelu je proto potřeba tuto skutečnost zohlednit.

V zásadě lze podpovrchové struktury rozlišit na vertikální, horizontální a vertikálně-horizontální. Dále lze rozlišovat spojitě kontinuální struktury a izolované struktury, jako např. rigidní skalní blok obklopený rozpukanou či zvětralou horninou, nebo jeskynní systém vymezený vůči okolnímu masivu. Detekce vertikálních struktur potom často odhaluje zóny narušení skalního masivu. V zásadě se jedná o zóny s vysokými odpory ($>1000 \Omega m$), které

představují horninu silně porušenou systémy puklin, popř. tahovou trhlinou. Dále se takto projevují i puklinové jeskynní systémy, velmi typické pro flyšové masivy, které mají hodnoty v řádech až desítek tisíc Ωm , protože se jedná o volný prostor vyplněný vzduchem. Jeskynní struktury samozřejmě nemusejí mít pouze vertikální průběh. Vysokoodporové vertikální struktury mohou také představovat rozsáhlejší tektonické poruchy – typickým příkladem jsou porušené skalní masivy predisponované zlomem, popřípadě tahové trhliny vyplněné sutí či nadrceným horninovým materiálem. Zlomové struktury se ovšem mohou projevovat také jako zóny s nízkými odpory, a to v případě, že podél těchto struktur dochází k pronikání podzemní vody.

Detekce a správná interpretace těchto vertikálních struktur je často určující pro výsledný model vývoje studovaného území. Puklinové systémy či zóny vertikálního porušení skalního masivu často společně s dalšími strukturně geologickými prvky (sklon a orientace vrstev) predisponují vznik svahových deformací od mělkých sesuvů až po hluboko založené (>30 m) deformace skalního masivu.

Využití ERT pro detekci horizontálních struktur má pravděpodobně širší využití. Kromě již zmíněných jeskynních systémů lze sledovat tak např. průběh skalního podloží pod koluviálními či fluviálními akumulacemi. Pomocí ERT lze často poměrně přesně zjistit hloubku založení svahových deformací, tedy určit hloubku předpokládané smykové plochy a také mocnost sesuvného tělesa.

Obecně lze tedy stanovit hloubky litologických rozhraní – př. mezi plastickými jílovci a kompaktními pískovci, či hloubky koluviálních nebo fluviálních sedimentů. Ve vhodných případech lze určit také úroveň hladiny podzemní vody vzhledem k povrchu.

8. PROJEKTOVÉ ŘEŠENÍ ÚKOLU A METODIKA GEOFYZIKÁLNÍCH PRACÍ

Na zájmovém území bylo v měsíci březnu až dubnu 2017 provedeno geofyzikální měření. Při interpretaci dat byly využity poznatky z průzkumných sond, které byly převzaty z již realizovaných odborných prací (prof. Vaníček I., 2016) a (dr. Hejnák J., 2002).

Zadaný úkol byl řešen seismickou metodou, a to seismickou refrakcí a horizontální seismickou tomografií (HST). Jako vhodný doplněk byla použita na jednom profilu metoda elektrické odporové tomografie (ERT).

8.1 POUŽITÁ APARATURA A GEOMETRIE MĚŘENÍ

Na lokalitě byly vytýčeny dva seismické profily:

P1: Seismická refrakce (MRS), hloubka měření: do 20m, krok: 2 – 4m, L = 250m

P2: Seismická refrakce (MRS), hloubka měření: do 20m, krok: 2 – 4m, L = 130m

P3: Seismická refrakce (MRS), hloubka měření: do 20m, krok: 2 – 4m, L = 210m

a jeden odporový profil:

P2: Elektrická odporová tomografie (ERT), hloubka: do 20m, krok: 2m, L = 120m

vedené podél jihozápadního a severovýchodního okraje zájmové plochy (seismický profil P1 a seismický profil P3). Seismický a odporový profil P2 byl veden napříč, tedy přibližně kolmo na profily P1 a P3, a to zhruba středem proměřovaného území. Proměřovaný terén je jenom mírně svahovitý a je většinou zatravněn, místy se nachází stromoví. Seismické práce byly provedeny se [seismickou aparaturou Terralock Mk-6 \(ABEM\)](#) ve variantě se 48 seismickými kanály. Vzdálenost seismických snímačů v kroku měření se pohybovala [mezi 2 až 4m](#).

Elektrická odporová měření byla provedena [geoelektrickou aparaturou ARES II \(GF Instruments\)](#). Měření bylo realizováno pouze na profilu P2. Vzdálenost mezi měřícími elektrodami byla 2m.

8.2 ZPRACOVÁNÍ DAT Z MĚŘENÍ (MRS, RXS, ERT)

Naměřená data jsou zpracovávána pomocí sofistikovaných výpočetních programů. Jednou s předností profesionálně dodávaných programů je jejich kompatibilita. To znamená, data lze předávat mezi jednotlivými pracovišti a slučovat databáze naměřené více aparaturami dohromady. Pro mělký průzkum má stále základní význam refrakční seismická metoda. Protože moderní interpretační software má většinou komplexní charakter, lze v případě potřeby zpracovat naměřená data i programem pro reflexní seismickou metodu, a tak rozšířit poznatky o studovaném prostředí. V poslední době se věnuje pozornost celému naměřenému vlnovému obrazu, a tak jsou při interpretaci středem pozornosti nejenom refragované a reflexní vlny, ale i vlny povrchové a někdy i difragované.

Dobré interpretační programy umožňují nejenom klasickou interpretaci, kdy se využívají seismické rozruhy situované v ose seismického roztahu. Sofistikované metody, které jsou vesměs založeny na postupech seismické tomografie, umožňují podrobně zpracovat i bočně umístované seismické rozruhy (například na paralelním profilu či ve vrtu). Výsledkem interpretace je pak plošný rychlostní obraz nebo rychlostní řez mezi dvěma vrty apod. Při aplikacích seismiky pro hydrogeologické účely se klade většinou zadání sledovat mocnosti kvartérních sedimentů nebo mocnosti zvětralého skalního podloží. Časté jsou úkoly pro detekci tektonické stavby lokality.

Pro zpracování a interpretaci seismických dat byl použit [software Reflex W \(Sandmeier\)](#). Pro zpracování elektrické odporové tomografie byl použit [software Res2Dinv \(Locke\)](#). Hlavním zobrazovacím software byl [program Surfer 14 \(Golden Software\)](#).

8.3 ZÁVĚR Z GEOFYZIKÁLNÍHO PRŮZKUMU

Seismická měření byla založena na sledování seismických vln, které se šíří horninovým prostředím od místa vybuzení seismických rozruchů, tj. v našem případě od úderů seismického kladiva na plastovou destičku. Použitá metoda refrakční seismiky sleduje vlny, které se na seismickém rozhraní zalomí a běží nějakou dobu po sledovaném rozhraní. Toto rozhraní musí být právě takové, že v nadloží je seismická rychlost prostředí nižší než v podloží. Pokud by byl rychlostní poměr ($v_1 > v_2$) obrácený, refragovaná vlna nevznikne.

Reflexní seismická metoda sleduje v podstatě všechny odražené seismické vlny. Refrakční seismika je schopna zjistit nejenom velikost rychlosti šíření seismických vln v nadloží, ale i

rychlost refragovaných vln, tj. vln, které jsou vedeny po refrakčním rozhraní. Seismická tomografie je pak založena na tom, že seismické rozrušky situujeme vesměs bočně vůči geofonům a následně počítáme rozložení rychlostí mezi seismickými rozruškami a profilem s geofony. Konkrétně v našem případě byly geofony na seismickém profilu P2 a seismické rozrušky byly buzeny na volné ploše vymezené mezi profily P1 a P3.

Metoda odporové tomografie je založena na měření měrného odporu hornin pomocí aparatury vybavené sérií měřících elektrod, které jsou postupně zapojovány do systémů řízených počítačem. Výsledkem měření a jeho zpracování je vertikální tomografický odporový řez na profilu P2.

V (příloze 2) je zobrazena mapa s geofyzikálními profily. V (příloze 4) je terén zobrazen spolu se svahovou analýzou. Z (přílohy 4) je zřejmé, že v severozápadní polovině lokality se nachází rozsáhlá deponie hlín. Příchod na lokalitu od jižní strany je veden mírnou depresí doprovázenou pískovcovým defilé.

V (příloze 5) je zobrazena mapa mocností nízkorychlostní vrstvy, tj. jedná se o mocnost povrchové partie tvořené kvartérem a navětralou částí podložních jííl a pískovců.

V (příloze 6) je zobrazena mapa seismických rychlostí, kterou se šíří seismické vlny po refrakčním rozhraní. Na některých místech se objevují vysoké seismické rychlosti. Tyto anomálie však nejsou projevem extrémní pevnosti skalního podloží. Jde pouze o projev difrakce vln na lokálních nehomogenitách (například puklinách).

(Přílohy 7,8,9,10) zobrazují seismické řezy z profilů P1, P2 a P3. V (příloze 10) se nachází také odporový řez z profilu P2. Nízkoodporová vrstva při povrchu terénu svědčí o přítomnosti jemnozrnné polohy, zde konkrétně sprašových hlín až spraší.

8.4 VÝSLEDNÉ PARAMETRY Z (MRS) A JEJICH VZTAH K (IG) PARAMETRŮM HORNIN

Zjišťování a určování těžitelnosti jsou jedním z nejdůležitějších úkolů inženýrsko-geologického průzkumu pro různé typy staveb (dopravní stavby, základy budov, tunely, inženýrské sítě, kanalizace apod.). Rozsah zjišťování této vlastnosti závisí především na typu stavby, geologických a geomorfologických poměrech zájmové lokality. Stanovení tříd těžitelnosti je důležité mimo jiné pro sestavení technologického postupu zemních prací, časového harmonogramu a finančního rozpočtu při realizaci stavebního záměru investora.

Cílem této kapitoly je vysvětlení významu těžitelnosti, zařídování daného inženýrsko-geologického, resp. geotechnického typu do tříd těžitelnosti, možnost zjištění orientačních hodnot těžitelnosti (v přílohách k mapám inženýrsko-geologického rajónování, archivních zprávách) a způsobu zaznamenání tříd těžitelnosti v závěrečných zprávách průzkumů.

Zemní práce jsou práce, které se zabývají rozpojováním hornin, přemísťováním výkopku, případně sypaniny, jejich sypáním včetně jejich případného zpevnování a jinými úpravami souvisejícími s těmito pracemi.

Rozpojitelnost horniny lze definovat jako odolnost horniny vůči působení nástroje, kterým se oddělují její části. Závisí na vlastnostech rozpojovaných hornin a horninových masívů, parametrech rozpojovacího stroje a technickém režimu jeho práce. Rozpojitelnost je možné vyjádřit množstvím práce potřebné k rozpojení objemové jednotky horniny. Pro praktické posouzení se využívá souhrnného ukazatele odporu horniny proti rozpojení, podle něhož se horniny začleňují do tříd. Stanovení tohoto souhrnného ukazatele je však nesnadné.

Těžitelnost horniny závisí na odporu, který klade hornina vůči rozpojení, a na dalších okolnostech, jako je ulpívání (lepivost) horniny na pracovních pomůckách, nakypření horniny a odpor horniny při jejím nakládání a vyklápění. Mírou těžitelnosti je množství práce, potřebné na vykonání uvedených činností. Těžitelnost horniny však nelze stanovit z důvodu absence zkušební postupu.

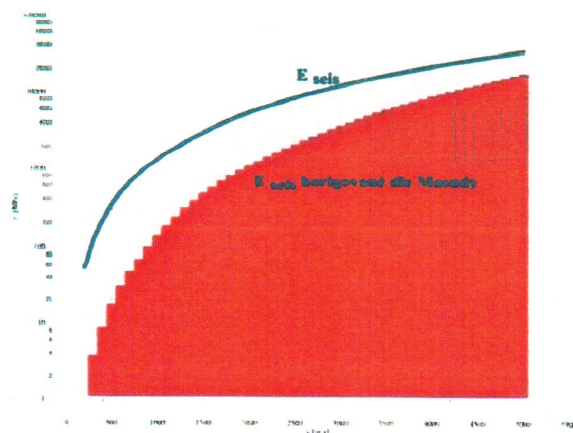
Posouzení hornin z hlediska rozpojitelnosti a těžitelnosti je součástí další fáze přípravy stavby, tj. po realizaci geofyzikálního průzkumu následuje etapa inženýrsko-geologického průzkumu a vycházíme z klasifikace stanovené **(ČSN 731001) Základová půda pod plošnými základy a (ČSN 733050) Zemní práce**, podle níž se horniny zatřídí nově do 3 tříd dle obtížnosti jejich rozpojování a odebírání. Tyto třídy se nazývají třídy těžitelnosti hornin.

- Podle **(ČSN 731001) „Základová půda pod plošnými základy“** klasifikujeme horniny zájmového území třídou **R5**, dle klasifikace pevnosti jako **velmi nízká**.
- Tato klasifikace vychází na základě vztahů mezi modulem stanoveným seismickou cestou s tzv. korekcí dle Masudy a seismickou rychlostí. Ten byl následně převeden na E_{def} a podle (tab.7) určen symbol pro vlastnosti skalních hornin.

Vlastnosti skalních hornin					Modul přetvárnosti E_{def} MPa a Poissonovo číslo ν					
Symbol	Pevnost v průměrném tlaku σ , MPa	Klasifikace pevnosti	Typ procesu přetváření a porušení	E_{def} σ	střední hustota dokončenost – vzáhlomená v mpa					
					velmi malá > 2 000	malá 2 000 až 600	střední 600 až 200	ν , % 200 až 60	velmi velká 60 až 20	extrémně velká < 20
R 1	> 150	velmi vysoká	křehký	>500	>25 000 0,10	>25 000 0,10	25 000 0,10	6 000 0,10	1 500 0,10	600 0,10
			střední	200 až 500	>25 000 0,15	>25 000 0,15	13 000 0,15	3 500 0,15	850 0,15	400 0,15
R 2	50 až 150	vysoká	plastický	<200	25 000 0,20	15 000 0,20	7 500 0,20	2 000 0,20	500 0,20	250 0,20
			křehký	>500	>25 000 0,10	20 000 0,10	8 500 0,10	2 500 0,10	600 0,10	300 0,10
R 3	15 až 50	střední	střední	200 až 500	15 000 0,15	10 000 0,15	4 500 0,15	1 500 0,15	400 0,15	200 0,15
			plastický	<200	7 500 0,20	5 000 0,20	2 500 0,20	800 0,20	250 0,20	130 0,20
R 4	5 až 15	nízká	křehký	>500	10 000 0,15	6 000 0,15	3 000 0,15	1 000 0,15	300 0,15	150 0,15
			střední	200 až 500	4 500 0,20	3 200 0,20	1 500 0,20	600 0,20	200 0,20	100 0,20
R 5	1,5 až 5	velmi nízká	plastický	<200	2 500 0,25	1 600 0,25	1 000 0,25	350 0,25	120 0,25	70 0,25
			křehký	>500	3 000 0,20	2 000 0,20	1 000 0,20	400 0,20	150 0,20	80 0,20
R 6	0,5 až 1,5	extrémně nízká	střední	200 až 500	1 500 0,25	1 000 0,25	600 0,25	250 0,25	100 0,25	60 0,25
			plastický	<200	750 0,30	550 0,30	300 0,30	140 0,30	60 0,30	40 0,30
R 6	0,5 až 1,5	extrémně nízká	křehký	>500	1 000 0,20	600 0,20	350 0,20	100 0,20	70 0,20	45 0,20
			střední	200 až 500	500 0,25	330 0,25	200 0,25	100 0,25	40 0,25	30 0,25
R 6	0,5 až 1,5	extrémně nízká	plastický	<200	250 0,30	170 0,30	110 0,30	60 0,30	30 0,30	20 0,30
			křehký	>500	300 0,25	200 0,25	130 0,25	70 0,30	35 0,30	25 0,30
R 6	0,5 až 1,5	extrémně nízká	střední	200 až 500	150 0,30	110 0,30	70 0,30	40 0,35	20 0,35	15 0,35
			plastický	<200	75 0,35	60 0,35	40 0,35	25 0,40	15 0,40	10 0,40

Tab.7 Tabulka hodnot dle **(ČSN EN 731001)**

- Podle **(ČSN 733050) „Zemní práce“** klasifikujeme horniny do **3.třídy** kam patří zejména jemnozrnné zeminy pevné a tvrdé konzistence, hlíny, spraše, jílové hlíny, písčité jíly, jíly, skalní horniny intenzivně alterované nebo rozrušené, zvětraliny, eluvia, stavební odpad a navážky podobného charakteru.



Obr.18 Vztah mezi modulem stanoveným seismickou cestou (ve sloupcovém grafu s korekcí dle Masudy) a seismickou rychlostí

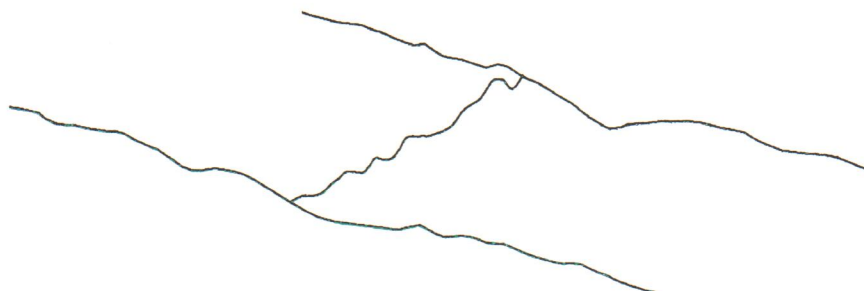
8.5 OPTIMALIZACE KROKU A HLOUBKY MĚŘENÍ

Obecně lze konstatovat, že geofyzikální měření by mělo mít nejméně přesah odpovídající hloubce sledovaného rozhraní, tj. **-5m až -20m**. Krok měření a vzdálenost profilů (hustota měření) může být pro každou geofyzikální metodu různá. Pro konkrétní podmínky bylo zvoleno **rozmístění geofonů s krokem 2m až 4m, a měřících elektrod 2m.**

Obecně se hustota stanoví tak, aby měřená anomálie byla reprodukovatelná z diskrétních bodů (zaznamenaných v mapě, nejlépe vytyčených v terénu) při použití metod interpolace. Prakticky to znamená, že anomálie musí být proměřena s takovou hustotou, aby byly zachyceny všechny její charakteristické body – extrémy, inflexe apod. Limitující faktory aplikovatelnosti geofyziky při volbě vhodné metodiky a posouzení aplikovatelnosti geofyzikální metody významně rozhodují také limitující podmínky měření.

9. INTERPRETACE A LOKALIZACE GEOLOGICKÝCH ROZHRANÍ

Na základě naměřených hodnot seismické refrakce v zaměřených profilech byly vytvořeny linie refrakčního rozhraní. Tyto linie byly interpretovány do prostorových křivek (Obr. 19) programového systému Carlson. Na jejich základě byla aproximací vytvořena interpretace rozložení sledovaného rozhraní na řešené lokalitě. Její podoba je zobrazena v příloze 5.



Obr. 19 Prostorové křivky reprezentující uložení nízkorychlostní vtstvy

10. ZÁVĚREČNÁ ZPRÁVA Z PRŮZKUMU

- Zájmové území je tvořeno při povrchu nízkoodporovou polohou (sprašové hlíny) v jejímž podloží se nacházejí jíly nebo navětralé pískovce. V tomto prostředí s proměnlivou propustností se nevytváří souvislá hladina podzemní vody.
- Zejména do hloubky ca. 3m se vytváří pouze drobné (lokální) zvodně dočasného charakteru. Náš závěr plyne jednak ze zjištěného charakteru studovaného prostředí a také z poznatků získaných z výsledků archivních kopaných a vrtaných sond.
- Povrchová nízkorychlostní vrstva (v_1), vyznačující se rychlostmi $v_1 < 1000 \text{ m.s}^{-1}$ (vesměs kolem 600 m.s^{-1}) dává předpoklad, že pro zemní hloubkové práce spojené s budováním hrobů nebo hrobek jsou velmi dobré podmínky. Mocnost nízkorychlostní vrstvy dosahuje vesměs více jak -5m.
Těžba zde nevyžaduje těžké mechanizmy nebo prostředky používané pro rozpojování hornin pomocí trhacích prací. To znamená, že v celé části proměřovaného území lze vybudovat oddělení s pohřbíváním do země.
- Seismické měření zachytilo v centru proměřované lokality pásmo mírného porušení skalního podloží, které má směr SV-JZ. Existence této zóny však nikterak neovlivňuje plánované založení hřbitova, jehož provoz zasahuje do hloubek pouhých prvních metrů (2m, max. 4m).

Vybraná lokalita je tedy vhodná pro provoz pohřebních služeb ve smyslu současné platné legislativy, tj. zákona o pohřebnictví.

Použitá literatura:

Barton, N. editor. (2007): *Rock quality, seismic velocity, attenuation and anisotropy.* London: Taylor & francis Group, 2007

Butler, D.K. (2005): *Near-Surface Geophysics.* Society of Exploration Geophysicists.

Griffin, R.H., editor (1979): *Geophysical Exploration for Engineering and Enviromental Investigations.* US Army Corps of Engineers.

Hejnák, J. (2002): *Hydrogeologický průzkum hřbitova v Čejeticích.*

Vaniček, I. (2016): *Hřbitov Čejetice. Studie realizovatelnosti. Geotechnické posouzení.* Geotechconsult s.r.o.

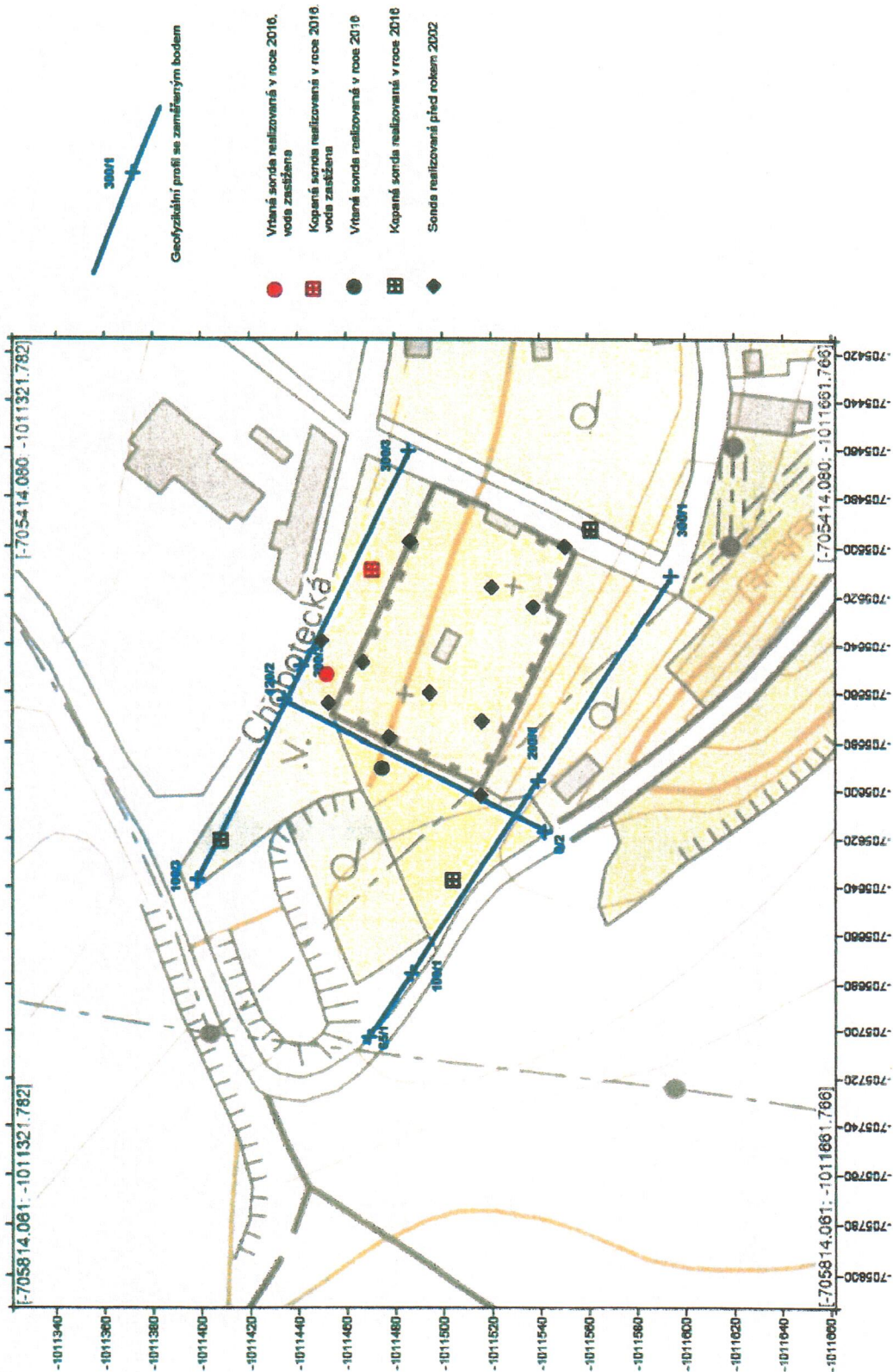
Zákon č.256/2001 Sb. (2001): *Zákon o pohřebnictví a změně některých zákonů. Aktuální znění ze dne 17.8.2015.*

Vybrané normy ČSN a ČSN EN

Příloha 1 SITUACE ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ



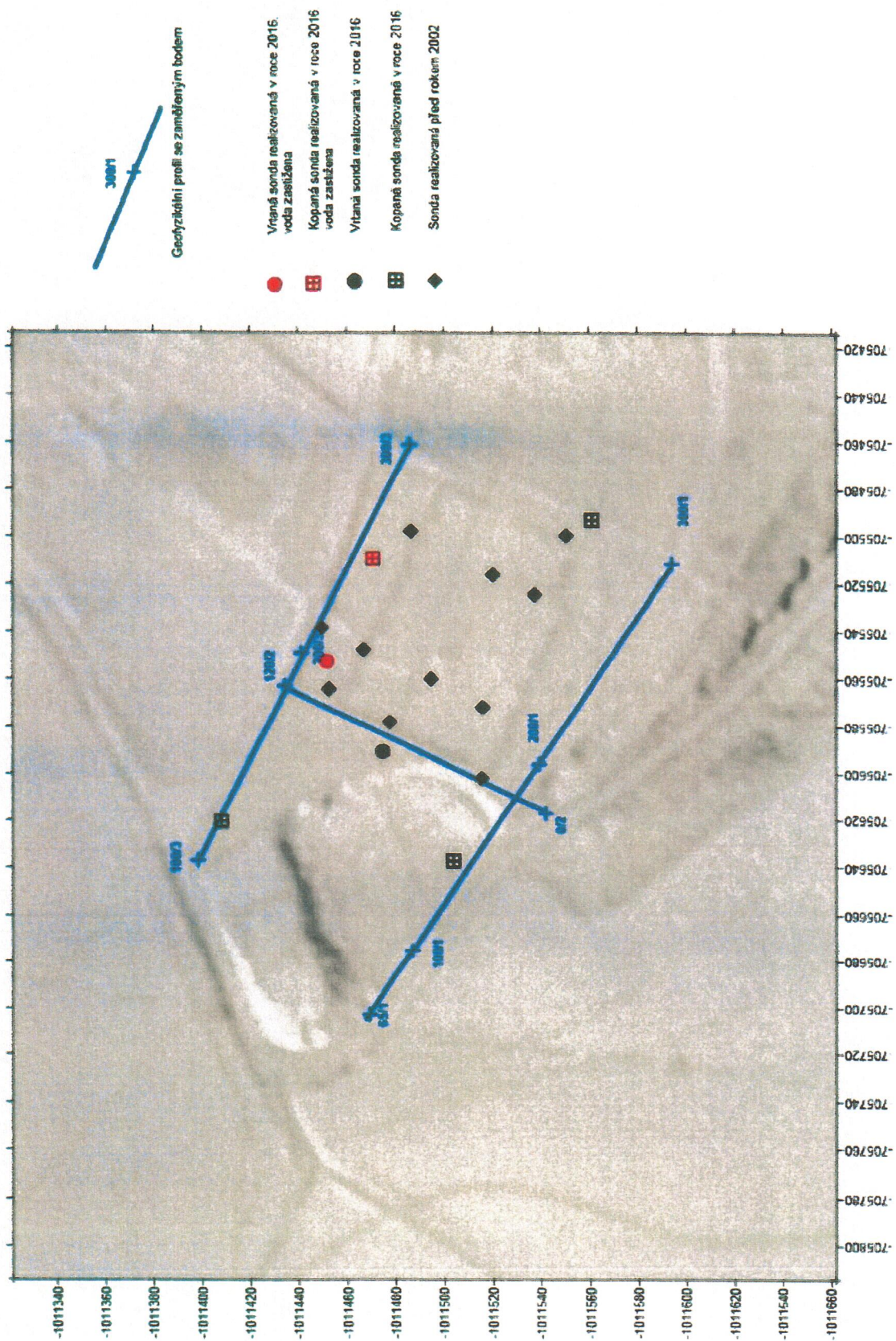
Příloha 2 SITUACE STOPY GF PROFILŮ



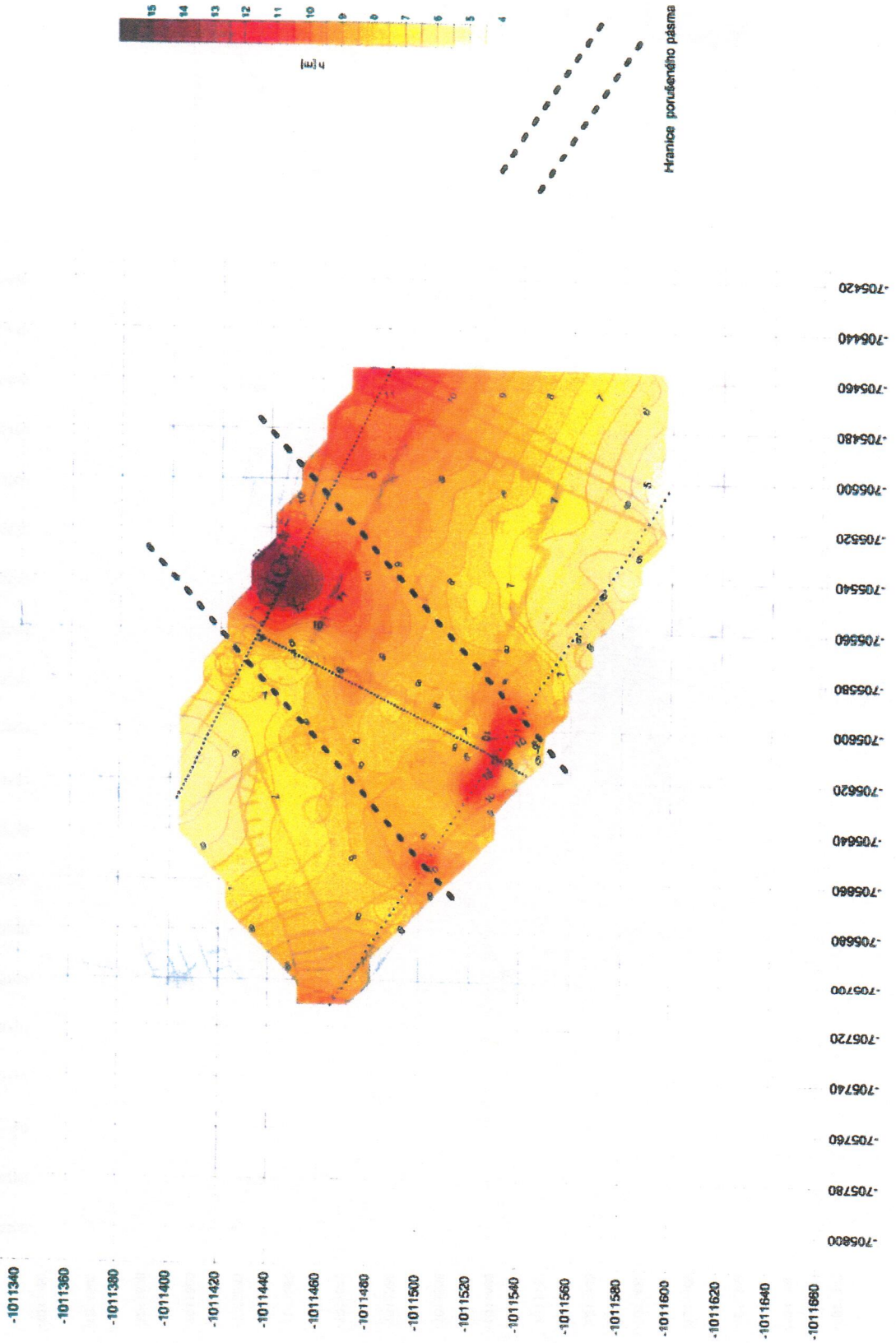
Příloha 3 SITUACE MRS, ERT PROFILŮ, KOPANÝCH A VRTANÝCH SOND



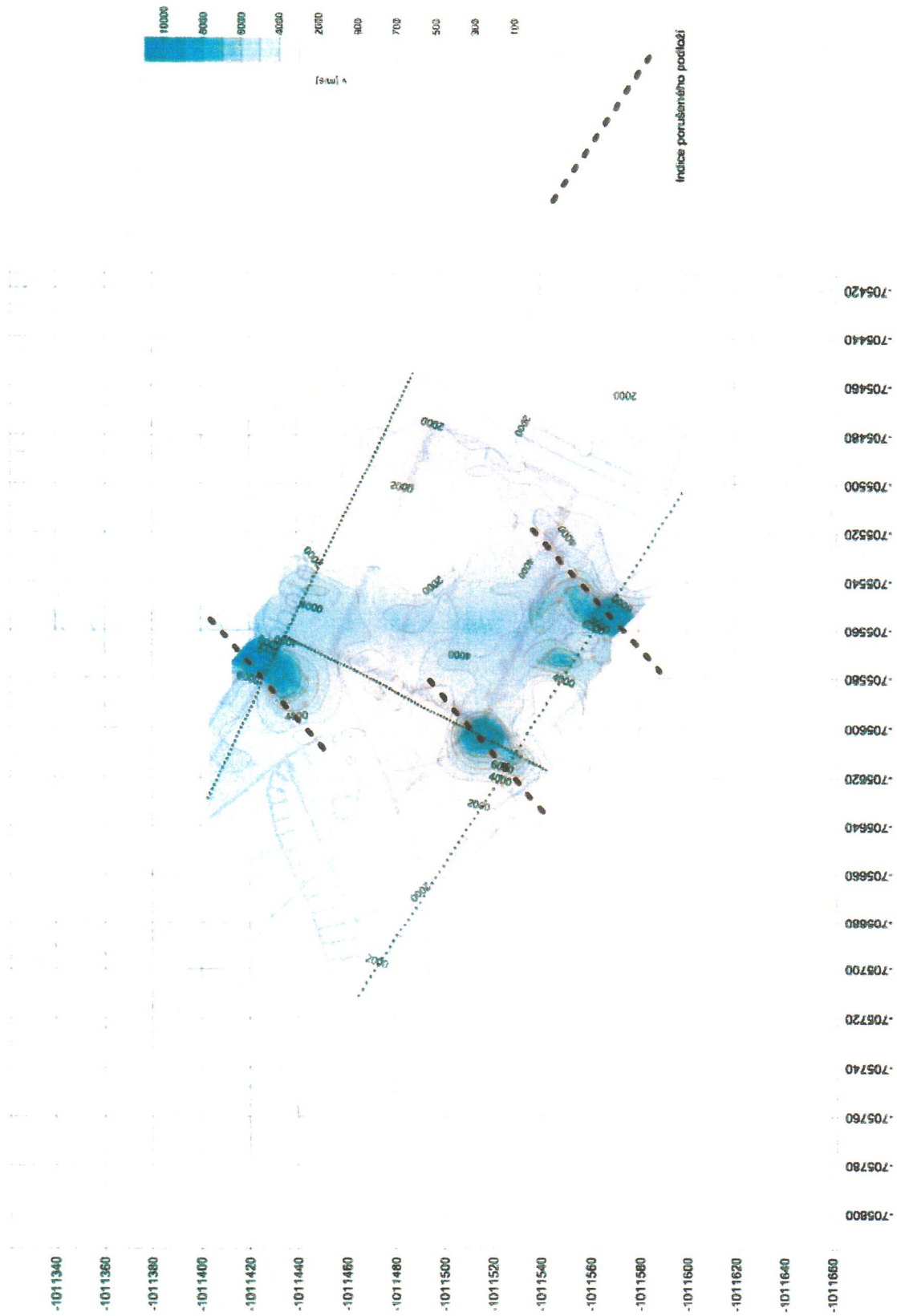
Příloha 4 RELIÉF SE SITUACÍ GF PROFILŮ, KOPANÝCH A VRTANÝCH SOND



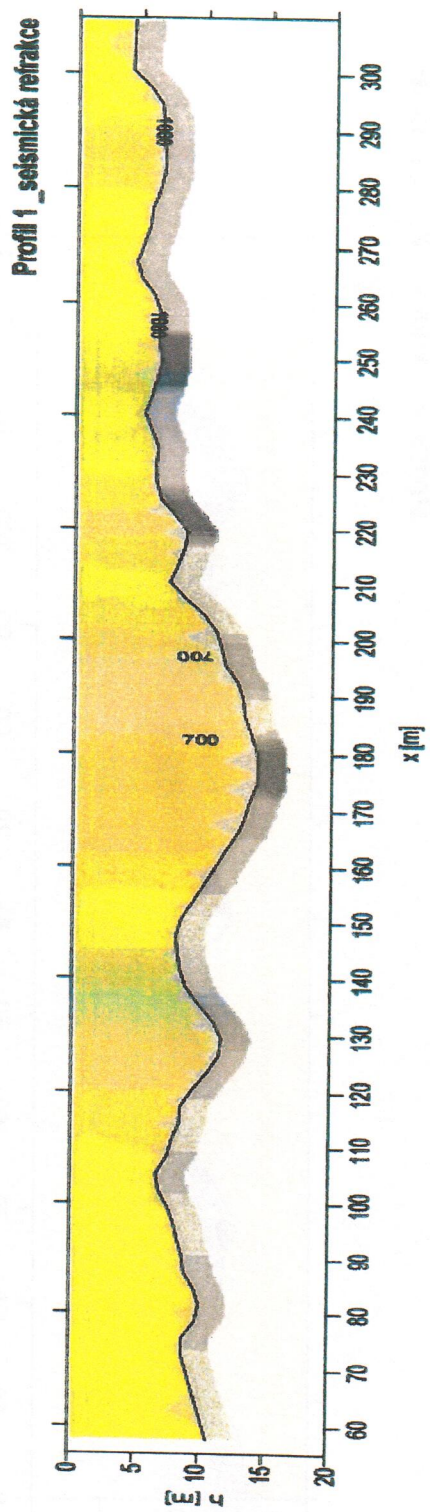
Příloha 5 MAPA IZOLINIÍ MOCNOSTÍ NÍZKORYCHLOSTNÍ VRSTVY



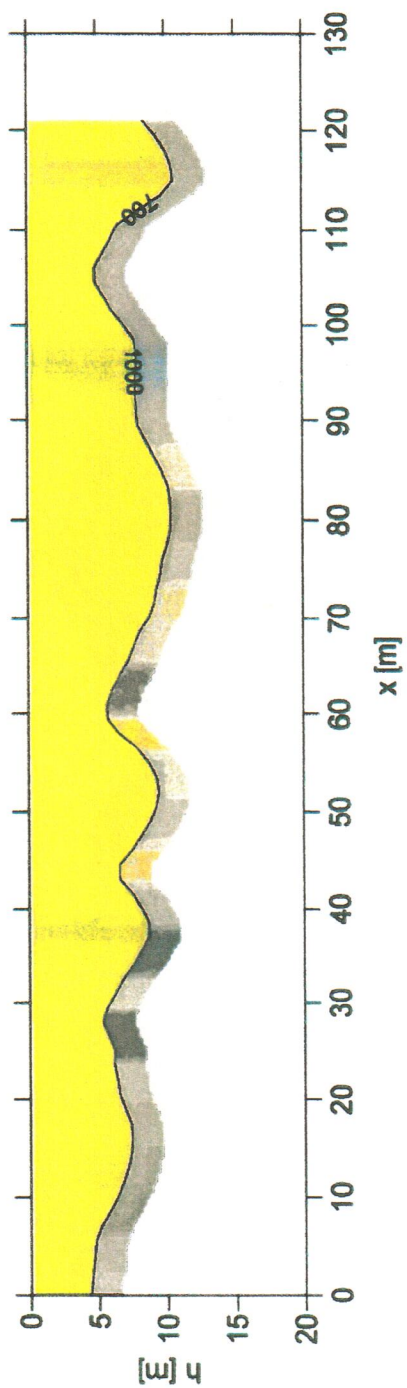
Příloha 6 MAPA IZOLINIÍ REFRAKČNÍCH SEISMICKÝCH RYCHLOSTÍ



Příloha 7 VERTIKÁLNÍ SEISMICKÝ ŘEZ (MRS) – PROFIL P1

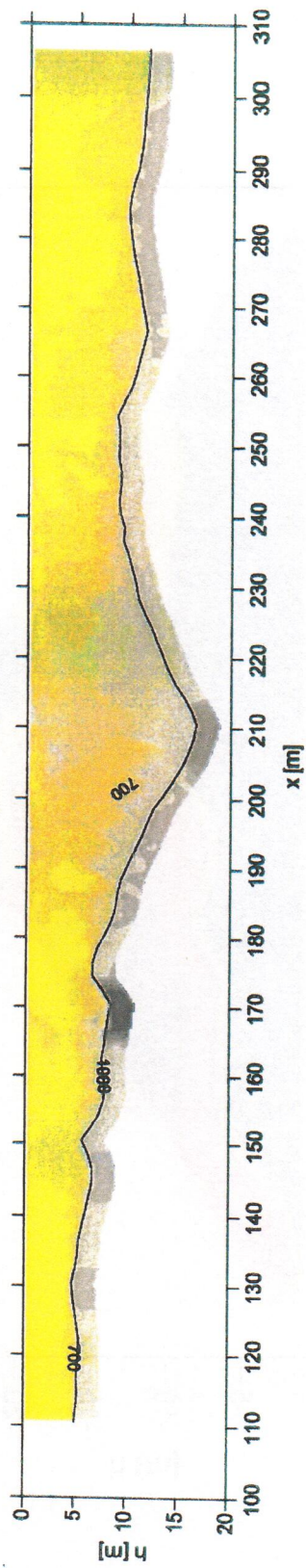


Profil 2 _ seismická refrakce

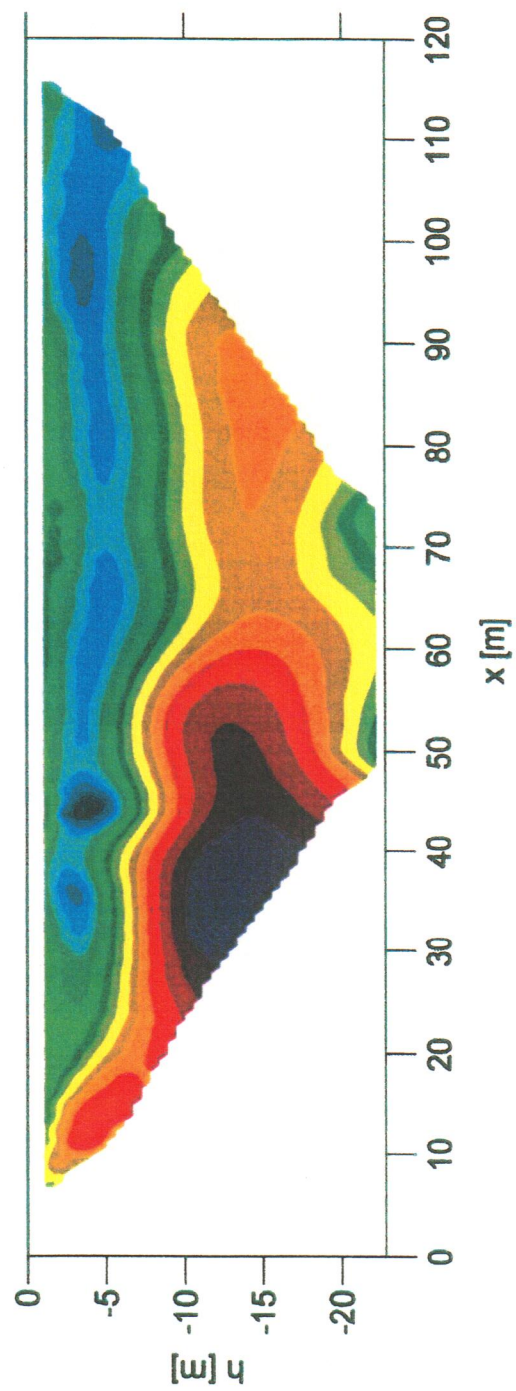


Příloha 9 VERTIKÁLNÍ SEISMICKÝ ŘEZ (MRS) – PROFIL P3

Profil 3 _seismická refrakce



Profil 2 _ odporová tomografie



mocnost1i-List Points Report1.txt

PŘÍLOHA 11

MOCNOSTI NÍZKORYCHLOSTNÍ VRSTVY - PROFIL P1

PointNo.	Northing(Y)	Easting(X)	Elev(Z)	Description
1	-1011468.5094	-705703.1868	-9.7004	65.00 CL Start
2	-1011470.0716	-705700.8001	-9.2896	67.85
3	-1011472.1615	-705697.6073	-8.9011	71.67
4	-1011473.6496	-705695.3340	-8.8144	74.39
5	-1011474.2195	-705694.4632	-8.7281	75.43
6	-1011475.6114	-705692.3368	-9.6329	77.97
7	-1011476.7190	-705690.6446	-9.9343	79.99
8	-1011477.9219	-705688.8069	-10.0201	82.19
9	-1011479.6955	-705686.0974	-9.4162	85.43
10	-1011480.8042	-705684.4036	-8.8555	87.45
11	-1011483.9705	-705679.5664	-8.5098	93.23
12	-1011486.5038	-705675.6961	-7.9056	97.86
13	-1011488.3408	-705672.8897	-7.2586	101.21
14	-1011488.9744	-705671.9217	-6.8704	102.37
15	-1011490.7158	-705669.2613	-6.7406	105.55
16	-1011492.4560	-705666.6028	-7.5591	108.72
17	-1011494.9245	-705662.8316	-8.2050	113.23
18	-1011495.7474	-705661.5744	-8.4203	114.73
19	-1011497.2668	-705659.2531	-8.5060	117.51
20	-1011500.8100	-705653.8401	-10.6171	123.98
21	-1011502.1070	-705651.8587	-11.3926	126.35
22	-1011504.0379	-705648.9087	-11.5645	129.87
23	-1011505.8116	-705646.1989	-10.8312	133.11
24	-1011507.2375	-705644.0205	-9.7963	135.71
25	-1011508.5999	-705641.9392	-8.8907	138.20
26	-1011510.7216	-705638.6978	-8.4160	142.08
27	-1011512.4631	-705636.0372	-8.1138	145.26
28	-1011513.9827	-705633.7157	-8.1134	148.03
29	-1011515.9448	-705630.7181	-8.6731	151.61
30	-1011521.5765	-705622.1144	-11.5164	161.90
31	-1011526.0380	-705615.2985	-13.4117	170.04
32	-1011528.3798	-705611.7209	-14.1438	174.32
33	-1011531.8622	-705606.4007	-14.0997	180.68
34	-1011539.6843	-705594.4505	-11.9423	194.96
35	-1011540.9195	-705592.5635	-11.5540	197.21
36	-1011542.6613	-705589.9026	-11.0794	200.40
37	-1011543.2945	-705588.9351	-10.9930	201.55
38	-1011544.6885	-705586.8055	-10.1736	204.10
39	-1011545.9245	-705584.9171	-9.0095	206.35
40	-1011546.8433	-705583.5135	-8.4489	208.03
41	-1011548.1743	-705581.4801	-7.3278	210.46
42	-1011551.7185	-705576.0655	-8.5337	216.93
43	-1011553.0797	-705573.9859	-8.6195	219.42
44	-1011556.4696	-705568.8072	-6.6358	225.61
45	-1011558.4646	-705565.7592	-6.1611	229.25
46	-1011561.3767	-705561.3103	-6.4620	234.57

mocnostli-List Points Report1.txt

47	-1011564.6389	-705556.3265	-5.2973	240.52	
48	-1011569.3547	-705549.1222	-6.3735	249.14	
49	-1011570.4309	-705547.4779	-6.4594	251.10	
50	-1011574.1350	-705541.8191	-6.4153	257.86	
51	-1011576.0982	-705538.8198	-6.0268	261.45	
52	-1011577.5556	-705536.5933	-5.1212	264.11	
53	-1011578.8857	-705534.5613	-4.7760	266.54	
54	-1011579.5507	-705533.5453	-4.5603	267.75	
55	-1011580.8481	-705531.5632	-5.0772	270.12	
56	-1011582.5254	-705529.0008	-5.5939	273.18	
57	-1011584.2981	-705526.2926	-5.7227	276.42	
58	-1011585.9752	-705523.7304	-6.3257	279.48	
59	-1011587.4944	-705521.4095	-6.6270	282.26	
60	-1011589.0455	-705519.0398	-6.7128	285.09	
61	-1011592.2114	-705514.2032	-6.7119	290.87	
62	-1011593.5986	-705512.0839	-6.4338	293.40	CL End
63	-1011541.4694	-705617.5944	-4.4437	0.24	
64	-1011539.4330	-705616.5676	-4.5946	2.52	
65	-1011537.1268	-705615.4049	-4.7706	5.11	
66	-1011536.0765	-705614.8753	-4.9475	6.28	
67	-1011535.0524	-705614.3589	-5.3019	7.43	
68	-1011533.8765	-705613.7661	-5.7577	8.75	
69	-1011533.0611	-705613.3549	-6.1377	9.66	
70	-1011531.9461	-705612.7928	-6.5428	10.91	
71	-1011530.9213	-705612.2761	-6.9226	12.05	
72	-1011530.1401	-705611.8822	-7.0996	12.93	
73	-1011529.1801	-705611.3982	-7.2512	14.00	
74	-1011528.1602	-705610.8840	-7.4027	15.15	
75	-1011527.0518	-705610.3251	-7.5034	16.39	
76	-1011525.9188	-705609.7538	-7.3505	17.66	
77	-1011524.1960	-705608.8852	-6.8166	19.59	
78	-1011523.1854	-705608.3757	-6.5369	20.72	
79	-1011520.8602	-705607.2033	-6.2056	23.32	
80	-1011519.1576	-705606.3449	-6.1284	25.23	
81	-1011516.6030	-705605.0569	-5.3403	28.09	
82	-1011515.2499	-705604.3746	-5.6946	29.61	
83	-1011512.5660	-705603.0214	-6.7582	32.61	
84	-1011510.5117	-705601.9856	-7.7461	34.91	
85	-1011509.3326	-705601.3911	-8.3541	36.23	
86	-1011508.5177	-705600.9803	-8.7086	37.15	
87	-1011507.1418	-705600.2865	-8.7331	38.69	
88	-1011506.0740	-705599.7482	-8.3265	39.88	
89	-1011504.9503	-705599.1816	-7.7424	41.14	
90	-1011503.9473	-705598.6759	-7.1075	42.26	
91	-1011503.1818	-705598.2899	-6.5490	43.12	
92	-1011501.8652	-705597.6261	-6.5988	44.60	
93	-1011500.2903	-705596.8320	-7.5363	46.36	
94	-1011498.5648	-705595.9621	-8.5245	48.29	
95	-1011496.7856	-705595.0650	-9.2335	50.28	
96	-1011495.4656	-705594.3994	-9.4356	51.76	
97	-1011494.8665	-705594.0974	-9.4859	52.43	
98	-1011493.7635	-705593.5412	-9.3330	53.67	

mocnost1i-List Points Report1.txt

99	-1011491.7830	-705592.5427	-8.2663	55.89
100	-1011489.3158	-705591.2988	-6.1846	58.65
101	-1011488.5471	-705590.9112	-5.7782	59.51
102	-1011487.1718	-705590.2177	-5.7773	61.05
103	-1011485.0342	-705589.1400	-6.4608	63.44
104	-1011483.1924	-705588.2114	-7.2966	65.51
105	-1011480.4846	-705586.8461	-8.0812	68.54
106	-1011479.1533	-705586.1748	-8.8159	70.03
107	-1011477.3800	-705585.2807	-9.2460	72.02
108	-1011475.6393	-705584.4031	-9.5492	73.97
109	-1011473.6600	-705583.4051	-9.8269	76.18
110	-1011471.0462	-705582.0873	-10.4086	79.11
111	-1011468.3263	-705580.7159	-10.3560	82.16
112	-1011467.0429	-705580.0688	-10.2537	83.59
113	-1011465.3521	-705579.2163	-9.6184	85.49
114	-1011464.3175	-705578.6947	-9.0597	86.65
115	-1011461.8276	-705577.4393	-8.0434	89.43
116	-1011459.2606	-705576.1450	-7.8387	92.31
117	-1011456.3304	-705574.6676	-7.8368	95.59
118	-1011453.8198	-705573.4018	-7.7844	98.40
119	-1011452.4917	-705572.7321	-6.9718	99.89
120	-1011451.0744	-705572.0176	-6.1338	101.48
121	-1011449.5663	-705571.2572	-5.3464	103.17
122	-1011448.5606	-705570.7501	-4.8384	104.29
123	-1011447.1553	-705570.0416	-4.8375	105.87
124	-1011443.1422	-705568.0182	-6.5343	110.36
125	-1011440.3503	-705566.6105	-9.8554	113.49
126	-1011439.1070	-705565.9837	-10.6663	114.88
127	-1011437.7045	-705565.2765	-10.5385	116.45
128	-1011436.1905	-705564.5131	-10.0302	118.15
129	-1011434.9215	-705563.8733	-9.2430	119.57
130	-1011434.0948	-705563.4565	-8.7092	120.49

CL End

Number of points listed> 130

PŘÍLOHA 12

MOCNOSTI NÍZKORYCHLOSTNÍ VRSTVY - PROFIL P2

PointNo.	Northing(Y)	Easting(X)	Elev(Z)	Description
1	-1011541.4694	-705617.5944	-4.4437	0.24
2	-1011539.4330	-705616.5676	-4.5946	2.52
3	-1011537.1268	-705615.4049	-4.7706	5.11
4	-1011536.0765	-705614.8753	-4.9475	6.28
5	-1011535.0524	-705614.3589	-5.3019	7.43
6	-1011533.8765	-705613.7661	-5.7577	8.75
7	-1011533.0611	-705613.3549	-6.1377	9.66
8	-1011531.9461	-705612.7928	-6.5428	10.91
9	-1011530.9213	-705612.2761	-6.9226	12.05
10	-1011530.1401	-705611.8822	-7.0996	12.93
11	-1011529.1801	-705611.3982	-7.2512	14.00
12	-1011528.1602	-705610.8840	-7.4027	15.15
13	-1011527.0518	-705610.3251	-7.5034	16.39
14	-1011525.9188	-705609.7538	-7.3505	17.66
15	-1011524.1960	-705608.8852	-6.8166	19.59
16	-1011523.1854	-705608.3757	-6.5369	20.72
17	-1011520.8602	-705607.2033	-6.2056	23.32
18	-1011519.1576	-705606.3449	-6.1284	25.23
19	-1011516.6030	-705605.0569	-5.3403	28.09
20	-1011515.2499	-705604.3746	-5.6946	29.61
21	-1011512.5660	-705603.0214	-6.7582	32.61
22	-1011510.5117	-705601.9856	-7.7461	34.91
23	-1011509.3326	-705601.3911	-8.3541	36.23
24	-1011508.5177	-705600.9803	-8.7086	37.15
25	-1011507.1418	-705600.2865	-8.7331	38.69
26	-1011506.0740	-705599.7482	-8.3265	39.88
27	-1011504.9503	-705599.1816	-7.7424	41.14
28	-1011503.9473	-705598.6759	-7.1075	42.26
29	-1011503.1818	-705598.2899	-6.5490	43.12
30	-1011501.8652	-705597.6261	-6.5988	44.60
31	-1011500.2903	-705596.8320	-7.5363	46.36
32	-1011498.5648	-705595.9621	-8.5245	48.29
33	-1011496.7856	-705595.0650	-9.2335	50.28
34	-1011495.4656	-705594.3994	-9.4356	51.76
35	-1011494.8665	-705594.0974	-9.4859	52.43
36	-1011493.7635	-705593.5412	-9.3330	53.67
37	-1011491.7830	-705592.5427	-8.2663	55.89
38	-1011489.3158	-705591.2988	-6.1846	58.65
39	-1011488.5471	-705590.9112	-5.7782	59.51
40	-1011487.1718	-705590.2177	-5.7773	61.05
41	-1011485.0342	-705589.1400	-6.4608	63.44
42	-1011483.1924	-705588.2114	-7.2966	65.51
43	-1011480.4846	-705586.8461	-8.0812	68.54
44	-1011479.1533	-705586.1748	-8.8159	70.03
45	-1011477.3800	-705585.2807	-9.2460	72.02
46	-1011475.6393	-705584.4031	-9.5492	73.97
47	-1011473.6600	-705583.4051	-9.8269	76.18
48	-1011471.0462	-705582.0873	-10.4086	79.11

mocnost2i-List Points Report.txt

49	-1011468.3263	-705580.7159	-10.3560	82.16
50	-1011467.0429	-705580.0688	-10.2537	83.59
51	-1011465.3521	-705579.2163	-9.6184	85.49
52	-1011464.3175	-705578.6947	-9.0597	86.65
53	-1011461.8276	-705577.4393	-8.0434	89.43
54	-1011459.2606	-705576.1450	-7.8387	92.31
55	-1011456.3304	-705574.6676	-7.8368	95.59
56	-1011453.8198	-705573.4018	-7.7844	98.40
57	-1011452.4917	-705572.7321	-6.9718	99.89
58	-1011451.0744	-705572.0176	-6.1338	101.48
59	-1011449.5663	-705571.2572	-5.3464	103.17
60	-1011448.5606	-705570.7501	-4.8384	104.29
61	-1011447.1553	-705570.0416	-4.8375	105.87
62	-1011443.1422	-705568.0182	-6.5343	110.36
63	-1011440.3503	-705566.6105	-9.8554	113.49
64	-1011439.1070	-705565.9837	-10.6663	114.88
65	-1011437.7045	-705565.2765	-10.5385	116.45
66	-1011436.1905	-705564.5131	-10.0302	118.15
67	-1011434.9215	-705563.8733	-9.2430	119.57
68	-1011434.0948	-705563.4565	-8.7092	120.49

CL End

Number of points listed> 68

PŘILOHA 13

MOCNOSTI NÍZKORYCHLOSTNÍ VRSTVY - PROFIL P3

PointNo.	Northing(Y)	Easting(X)	Elev(Z)	Description
1	-1011403.1291	-705627.7428	-5.3767	110.70
2	-1011404.4713	-705625.0422	-5.6034	113.72
3	-1011405.2425	-705623.4906	-5.6557	115.45
4	-1011406.0468	-705621.8725	-5.6475	117.26
5	-1011407.5561	-705618.8357	-5.8124	120.65
6	-1011408.2259	-705617.4881	-5.7455	122.15
7	-1011409.0292	-705615.8718	-5.6171	123.96
8	-1011410.1664	-705613.5838	-5.3049	126.51
9	-1011411.4711	-705610.9586	-4.9911	129.44
10	-1011411.8733	-705610.1496	-4.9870	130.35
11	-1011413.8218	-705606.2292	-5.6283	134.72
12	-1011414.4915	-705604.8816	-5.5614	136.23
13	-1011416.3068	-705601.2292	-6.3242	140.31
14	-1011418.1208	-705597.5794	-6.9068	144.38
15	-1011419.1266	-705595.5558	-6.9566	146.64
16	-1011420.0283	-705593.7415	-6.5267	148.67
17	-1011420.8273	-705592.1340	-5.7973	150.46
18	-1011421.4688	-705590.8433	-6.4519	151.91
19	-1011422.3803	-705589.0095	-7.3442	153.95
20	-1011423.4240	-705586.9096	-7.9947	156.30
21	-1011424.2626	-705585.2222	-8.1064	158.18
22	-1011426.2045	-705581.3151	-7.8461	162.55
23	-1011427.8157	-705578.0735	-8.1903	166.17
24	-1011429.7628	-705574.1558	-8.6513	170.54
25	-1011431.4917	-705570.6773	-6.7705	174.42
26	-1011432.5305	-705568.5872	-6.7599	176.76
27	-1011433.2700	-705567.0994	-7.0529	178.42
28	-1011434.7211	-705564.1797	-8.4205	181.68
29	-1011435.5955	-705562.4204	-8.8323	183.65
30	-1011435.9659	-705561.6752	-9.0689	184.48
31	-1011436.8385	-705559.9195	-9.2403	186.44
32	-1011437.7795	-705558.0263	-9.5914	188.55
33	-1011439.3633	-705554.8396	-10.7773	192.11
34	-1011440.7787	-705551.9918	-11.8447	195.29
35	-1011442.2938	-705548.9435	-12.7910	198.70
36	-1011443.2074	-705547.1053	-13.9837	200.75
37	-1011444.1863	-705545.1357	-14.9354	202.95
38	-1011445.2988	-705542.8974	-15.8256	205.45
39	-1011446.4109	-705540.6600	-16.6557	207.95
40	-1011447.2182	-705539.0355	-17.0682	209.76
41	-1011447.6883	-705538.0898	-17.1837	210.82
42	-1011448.7218	-705536.0104	-16.4519	213.14
43	-1011449.3876	-705534.6708	-15.8441	214.63
44	-1011450.0507	-705533.3365	-14.8756	216.12
45	-1011450.3845	-705532.6650	-14.6919	216.87
46	-1011451.1508	-705531.1231	-14.0831	218.60
47	-1011452.4860	-705528.4368	-13.3482	221.59
48	-1011453.6191	-705526.1569	-12.4952	224.14

mocnos3i-List Points Report.txt

49	-1011455.6196	-705522.1320	-11.0924	228.64
50	-1011456.6898	-705519.9788	-10.7810	231.04
51	-1011459.0262	-705515.2778	-9.4950	236.29
52	-1011459.0933	-705515.1430	-9.4943	236.44
53	-1011460.9998	-705511.3070	-8.9941	240.72
54	-1011463.7147	-705505.8447	-9.0265	246.82
55	-1011464.8527	-705503.5550	-8.8346	249.38
56	-1011466.5278	-705500.1847	-8.7574	253.14
57	-1011467.1306	-705498.9719	-8.6912	254.50
58	-1011468.8502	-705495.5120	-10.1161	258.36
59	-1011470.1956	-705492.8052	-10.7636	261.38
60	-1011472.4801	-705488.2088	-11.5216	266.52
61	-1011475.5917	-705481.9482	-10.8288	273.51
62	-1011478.7012	-705475.6920	-9.8354	280.50
63	-1011480.6434	-705471.7841	-9.6353	284.86
64	-1011481.8529	-705469.3506	-10.0437	287.58
65	-1011484.1043	-705464.8208	-10.8622	292.64
66	-1011485.6807	-705461.6492	-11.0265	296.18
67	-1011485.7253	-705461.5594	-11.0368	296.28 CL End

Number of points listed> 67

Příloha 14 DETAIL PROSTOROVÉHO USPOŘÁDÁNÍ BODŮ NÍZKORYCHLOSTNÍ VRSTVY

