

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA

Katedra geologie



Výzkum glacifluviální plošiny mezi Perolticemi a Bulovkou

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Bc. David Hibler

Studijní obor: Environmentální geologie

Vedoucí práce: Mgr. Jan Sedláček, Ph.D

Olomouc 2019

Prohlašuji, že jsem zadanou diplomovou práci zpracoval sám, a že jsem uvedl veškerou použitou literaturu a zdroje.

V Olomouci dne:

.....

Bc.David Hibler

Poděkování

Chtěl bych poděkovat v první řadě svému vedoucímu diplomové práce Mgr. Janu Sedláčkovi, Ph.D., který mě vedl při zpracovávání této diplomové práce. Chtěl bych velice ocenit jeho trpělivost, neboť práce se mnou nebyla jednoduchá, a i kolikrát byla spíše ke škodě. Zato mu patří veliký vděk. Dále bych chtěl poděkovat svým rodinným příslušníkům a přítelkyni, kteří mě podporovali ve chvílích, kdy jsem přemýšlel nad působením na univerzitě, a přiměli mě tam vydržet. Za vytrvání všech zmíněných a podpoře Vám patří moje poděkování.

Děkuji Vám

Bibliografická identifikace:

Jméno a příjmení autora: David Hibler

Název práce: Výzkum glacifluviální plošiny mezi Perolticemi a Bulovkou

Typ práce: Diplomová

Pracoviště: Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta, katedra geologie

Vedoucí práce: Mgr. Jan Sedláček, Ph.D.

Rok obhajoby: 2019

Abstrakt:

Tato diplomová práce se zabývá výzkumem glacifluviálních sedimentů ve Frýdlantském výběžku, mezi obcemi Peroltice a Bulovka. Hlavním cílem práce bylo doložit preglaciální morfologii a vnitřní stavbu plošiny za pomoci studia archivních vrtů, dokumentace profilů, modelování v programu Rockworks, zrnitostního rozboru a měření elektrické odporové tomografie. Téměř ve všech vrtech byla zachycena báze kvartéru. Výsledky z modelování v programu Rockworks ukazují, že mocnost kvartérních sedimentů značně kolísá. Hlavním řídicím faktorem glacifluviální sedimentace ve vymezeném území byla preglaciální morfologie terénu. K akumulaci většího množství sedimentů tavných vod docházelo v preglaciálně založených depresích. Tam, kde byly preglaciálně založené elevace, byla naopak mocnost výplně nižší. Mocnost glacifluviálních sedimentů byla vyšší v oblasti Peroltice, kvůli většímu rozsahu elsterského ledovce, místnímu reliéfu a celkově nižší nadmořské výšce oproti oblasti Bulovka.

Klíčová slova: Frýdlantský výběžek, zalednění, elektrická odporová tomografie, stratigrafické modely, RockWorks, glacifluviální sedimenty, depoziční prostředí

Počet stran: 53

Počet příloh: 5

Jazyk: Čeština

Bibliographical identification:

Autor's first name and surname: David Hibler

Title: Research of glacifluvial platform between Peroltice and Bulovka

Type of thesis: master

Institution: Palacký University in Olomouc, Faculty of Science, Department of Geology

Supervisor: Mgr. Jan Sedláček, Ph.D.

The year of presentation: 2019

Abstract:

This diploma thesis deals with the research of the glacifluvial sediments in the Frýdlant area, between the villages Peroltice and Bulovka. The main aim was to document preglacial relief and internal architecture of the outwash plain using the study of the archive boreholes, documentation of the profiles, grain-size analysis, modeling in Rockworks software and electrical resistivity tomography measurements. The base of the Quaternary unit was identified almost in all cores. Modeling results show that the thickness of Quaternary unit varies in a wide range. Preglacial morphology was the main driving factor influencing glacifluvial sedimentation. Greater amount of sediments was accumulated in preglacially formed depressions. Conversely, the thickness was lower in elevated places. The thickness of the glacifluvial sediments was significantly higher in the Peroltice area, due to a higher extent of the elsterian glacier, local topography and generally lower altitude compared to the Bulovka area. Some oscillations were recorded in the sediments documenting high dynamics of the glacifluvial system.

Keywords: Frýdlant hill, glaciation, electrical resistivity tomography, stratigraphic models, RockWorks, Tertiary, glacifluvial sediments, depositional environment

Number of pages: 53

Number of appendices: 5

Language: Czech

Obsah:

1. Úvod.....	8
2. Poloha a geomorfologie	9
2.1 Vymezení oblasti.....	9
2.2 Geomorfologie.....	9
2.3 Geologie Frýdlantska	10
2.3.1 Všeobecná geologie.....	10
2.4 Kvartérní sedimenty	11
2.4.1 Geneze a typy ledovcových sedimentů	12
3. Typy ledovcových sedimentů kontinentálního zalednění	15
3.1 Glacifluviální sedimenty	17
3.2 Glacilakustrinní sedimenty.....	17
4. Stratigrafie a rozsah pevninského zalednění.....	18
5. Metodika výzkumu	21
5.1 Terénní etapa	21
5.1.1 Odběr vzorků a popis lokalit	21
5.1.2 Elektrická odporová tomografie	21
5.2 Modelování vrtných dat.....	24
5.3. Laboratorní etapa.....	25
5.3.1 Sítování vzorků a vážení frakcí	25
5.3.2 Zrnitostní histogramy a kumulační křivky	25
6. Výsledky výzkumu	27
6.1 Popis studovaných lokalit.....	27
6.1.1 Arnoltice	27
6.1.2 Arnoltice – opuštěný lom	28
6.1.3 Bulovka	30
6.2 Zrnitostní rozbor.....	31
6.3 Modelování reliéfu zájmové oblasti	34
6.4 Geologické řezy.....	37
6.5 Elektrická odporová tomografie	39
7. Diskuse	43
7.1 Depoziční prostředí	43
7.2 Vnitřní architektura glacifluviální plošiny	44
7.3 Modelování.....	44
7.4 Odporová tomografie	46

8.	Závěr	47
9.	Seznam literatury	48
10.	Přílohová část	53

1. Úvod

V akademickém roce 2014 mi byla zadána diplomová práce zaměřená na výzkum ledovcových sedimentů ve Frýdlantském výběžku. První částí práce je sestavení podrobné rešerše, zaměřené na geologii a geomorfologii zkoumané oblasti s důrazem na kvartérní sedimenty, genetický přehled ledovcových sedimentů a jejich stratigrafii. Dále následuje použitá metodika, popis, interpretace výsledků a závěr.

Během pleistocénu byla severní část území České republiky opakovaně zasažena kontinentálním ledovcem, který zde zanechal velké množství sedimentů a byl výrazným modelačním činitelem. Jedním z míst, které ledovec zasáhl, bylo území Frýdlantského výběžku v severních Čechách. I přes zájem výzkumníků o tuto problematiku není v mnoha případech doložena preglaciální morfologie, ani vnitřní architektura glaciálních sedimentů. Vhodným a zatím neprozkoumaným územím je glacifluviální plošina mezi Perolticemi a Bulovkou ve střední části Frýdlantského výběžku.

Cílem této diplomové práce je doložit vnitřní stavbu glacifluviální plošiny a preglaciální morfologii ve vymezeném území za pomoci vhodných nástrojů. Zejména bude využito modelování v programu Rockworks 16 v kombinaci s elektrickou odporovou tomografií. Dále bude studována faciální architektura na vybraných odkryvech s provedením základního zrnitostního rozboru. Dalším cílem bude pokus o syntézu všech získaných výsledků.

2. Poloha a geomorfologie

2.1 Vymezení oblasti

Frýdlantský výběžek se nachází na území severních Čech. Toto území je geograficky omezeno Jizerskými horami na jihu, ze severu, západu a východu je omezeno státní hranicí s Polskou republikou.

2.2 Geomorfologie

Studovaná oblast geomorfologicky spadá do Frýdlantského výběžku, přesněji do severozápadní části Žitavské pánve (Hradecké pánve), z jihu je omezena Jitřavským sedlem (424 m n. m.). Dle geomorfologického členění spadá do hercynského systému České vysočiny, přesněji do Krkonošsko-jesenické subprovincie. Frýdlantská pahorkatina je samostatnou geomorfologickou základní jednotkou (Kolář, Boháč 1996) a rozprostírá se na území o velikosti 241 km² (Obr. 1). Střední sklon území činí 3° 45' (Morch 1958).

Reliéf Frýdlantské pahorkatiny lze charakterizovat jako mírně zvlňný, s nevysokými vystupujícími vrchy (Demek et al. 1987). Nejvyšším místem je Andělský vrch (572 m n. m.), dalšími nejvyššími body jsou Hřebenáč (566 m n. m.), Vyhlídka (512 m n. m.), Chlum (495 m n. m.), Kukačka (471 m n. m.), U rozhledny (399 m n. m.) a Skalka (340 m n. m.). Nejnižším místem pahorkatiny je odtok řeky Smědé u státní hranice s Polskou republikou (210 m n. m.). Některé elevace se vytvořily během terciárního vulkanismu, kdy došlo k efuzi bazaltů. Mezi takové elevace patří například Hadí kopec (376 m n. m.). Celkově plochý charakter reliéfu je výsledkem činnosti kontinentálního ledovce a depozice velkého množství glacifluviálních sedimentů, které zarovnalý předkvartérní povrch. Zejména efektivním činitelem byla sedimentace na sandrové planině, což je mírně ukloněná plošina v předpolí ledovce (Králík 1989, Chaloupský et al. 1989). Ledovcový systém také způsobil přemodelování preglaciálního reliéfu. Na území pahorkatiny se nacházejí četné ledovcové morfologické tvary. Jejich společným rysem je zejména protažení ve směru postupu ledovce (Chaloupský et al. 1989, Macoun a Králík 1995). Nejčastěji jsou popisovány nunatoky, oblíky, exarační plošiny a subglaciální koryta (Králík 1989). Většina těchto stop se přisuzuje elsterskému zalednění (Chaloupský et al. 1989).

Druhým geomorfologickým celkem je Jizerská hornatina tvořící centrální část Jizerských hor. Jizerská hornatina je budována granitoidy krkonošsko-jizerského masivu a zčásti rumburského masivu (Demek et al. 1987). Je pro ni typický nesouměrný kerný reliéf stupňovitě klesající od severu k jihu. Tento reliéf obsahuje rozsáhlé vrcholové klenby, žulové

vrchy a suky, strukturně denudační hřbety, široká třetihorní údolí a okrajové svahy rozčleněné hlubokými údolními zářezy.

2.3 Geologie Frýdlantska

2.3.1 Všeobecná geologie

Frýdlantský výběžek je součástí Krkonoško-jizerského krystalinika, které spadá do regionálně geologické jednotky lugika, coby jeho severovýchodní část. Jeho západní část buduje lužický pluton (Mísař et al. 1983). V geologické struktuře a horninách krkonoško-jizerského krystalinika jsou zaznamenány všechny nejvýznačnější orogenní etapy geologické historie Českého masivu (orogeneze grenvillská, kadomská, kaledonská a variská). Krkonoško-jizerské krystalinikum lze možno rozdělit na několik dílčích částí, které mají rozdílný litostratigrafický obsah s rozdílnou intenzitou regionální metamorfózy (Chaloupský et al. 1989).

Krkonoško-jizerské krystalinikum je slabě až středně metamorfovaná regionální geologická jednotka s polyfázovou deformační stavbou. Je nejvýraznější strukturní elevací lugické oblasti v severní části Českého masivu (Chaloupský et al. 1989). Jako celek má přibližně tvar oválu mírně protaženého ve směru ZSZ – VJV. Na J a V se noří pod permokarbonské sedimenty podkrkonošské a vnitrosudentské pánve. Ze S je masiv oddělen zlomovým pásmem od krystalinika Kačavských hor. Na SZ se stýká s lužickým žulovým masivem a na JZ tvoří hranici lužická porucha, podle ní je krystalinikum vyzdviženo a zčásti i přesunuto přes sedimenty české křídové pánve (Chaloupský et al. 1989).

Na území Frýdlantského výběžku zasahuje Lužický žulový masiv. Na Z dosahuje lužický pluton v podloží křídové pánve až k západolužické poruše a na V se dotýká krkonoško-jizerského krystalinika. Lužický masiv je budován z velké většiny kadomským dvojslídovým granodioritem, středně zrnitým biotickým granodioritem (západolužickým), jemu velmi podobným, jen z části silněji deformovaným východolužickým granodioritem (zawidowským) a hrubozrnnou rumburskou žulou. Plášť granodioritů tvoří monotónní mocná lužická drobová formace svrchno-proterozoického stáří (Chaloupský et al. 1989).

Jizerský granit z Jizerského masivu se nachází v severovýchodní části povodí řeky Jeřice. Ten je světlešedý až růžový, částečně porfyrický, se středně velkými zrny biotitu (Klomínský 1969, Kózdroy et al, 2001). Hlavní vyrostlice jsou s narůžovělými K-živci, převážně velkými zrny 30–50 mm, kdy mohou být protaženy až na 70 mm; vyrostlice plagioklasu se objevují vzácně (Klomínský 1969). Základní hmota se skládá z nestejnzrnitého

plagioklasu, K-živců, biotitu, chloritu a hornblenditu, jejichž zrna mají velikost 3-5 mm. Jizerský granit je zvětráván převážně fyzikálními procesy až do hloubky přibližně 3 metrů (Nývlt, 2003 a). Jizerský rulový komplex je soubor hornin ortorulového vzhledu. Tvoří jej různé typy rul, migmatitů a slabě usměrněných kataklastických žul s polohami svorů, nejčastěji prekambriického stáří (Chaloupský et al. 1989).

Terciér se v okolí Frýdlantska projevoval převážně denudační a erozní činností. Ovšem lokálně byly popsány fluviální, lakustrinní, případně fluviolakustrinní sedimenty v menších pánvích a depresích. Litologicky jde o jílovito-písčité sedimenty s vložkami lignitů (lignit v Žitavské pánvi). Většina terciérních sedimentů je překryta kvartérními sedimenty různé geneze. Menší relikty terciérních sedimentů byly popsány podél řeky Smědé (Chaloupský et al. 1989). v podobě sedimentace a vulkanismu. Nově vzniklé pánve byly vyplněny říčními a jezerními sedimenty.

V terciéru se projevoval vulkanismus, který byl dozvukem alpínské orogeneze. Vlivem tektonických procesů se tvořily zlomy, díky kterým intrudovala bazická magmata na povrch. V rámci vulkanické činnosti se zde vyčleňují dva typy hornin. Prvním typem jsou intermediální horniny v podobě fonolitů, které lze najít například na lokalitách Chlum (495 m n.m.) a Supí vrch (388 m n.m.) a sodalických trachytů, které se nachází na lokalitě Hradec (313 m n.m.). Druhým typem jsou bazické horniny v podobě bazaltoidů, které tvoří například Mokřý vrch a Pahorek (Honsa I. et al. 2010). Geologická mapa zájmové oblasti je součástí této diplomové práce v příloze č.1.

2.4 Kvartérní sedimenty

Během kvartéru se oblast nacházela pod vlivem intenzivního působení erozně denudačních a akumulacních procesů. Pro sedimentační procesy během kvartéru je na území Frýdlantského výběžku charakteristická široká škála genetických typů sedimentů a alteračních plášťů, které často dosahují velkých rozsahů i mocností (Chaloupský et al. 1989).

Zvětralinový plášť obsahuje různé typy klastik s rozdílnou zrnitostí, které vznikly v pleistocénu za podmínek periglaciálního klimatu. Mocnost rozvolněných hornin se pohybuje do 1 m. (Chaloupský et al. 1989).

Deluviální sedimenty sestávají z akumulací úlomkovitých sedimentů, které se akumulovaly v morfologických depresích svahů a při úpatí erozních údolí. Vyskytují se převážně na území budovaném krystalinikem, kde mohou dosahovat mocností do 2 metrů, výjimečně do 6 metrů. V podhorských částech území (Frýdlantsko a Liberecká kotlina) se

vyskytuje v polygenetických deluviích příměs eolického prachu. Převážná část akumulací vznikala během pleistocenního období. (Chaloupský et al. 1989).

Eolické sedimenty se na Frýdlantsku nachází v podobě druhotně odvápněných sprašových hlín, zejména na severu a severozápadě Frýdlantské pahorkatiny, například u obcí Arnoltice, Pertoltice nebo Andělka. (Honsa, I. et al. 2010). Většina eolických sedimentů se nachází pod izohypsou 350 m n. m. (Morch 1958). Spraše a váté písky se vyskytují jen vzácně. Váté písky jsou geneticky spjaté s glacifluviálními sedimenty. Akumulace sprašových hlín tvoří souvislejší pokryv, případně závěje do mocnosti 2 m, lokálně i do 7 m (u Předlánců nebo Višňové). Většina eolických sedimentů pochází ze svrchního pleistocénu (Chaloupský et al. 1989).

Fluviální sedimenty se nacházejí v okolí řeky Smědé. Říční terasy jsou vyvinuty ve čtyřech plošně málo rozsáhlých úrovních, přičemž tyto akumulace fluviálních sedimentů jsou tvořeny hrubými balvanitými až blokovými šterky lokální provenience (Víšek 2003). Tyto sedimenty lze zařadit do časového období elster, přičemž zbylé tři spadají do saalu. V horském reliéfu Jizerských hor jsou jen ve výplni údolních den (svrchní pleistocén a holocén) a taky se nachází v reliktech nejnižší terasy. Vyšší terasové úrovně jsou bez pokryvu (Sekyra 1964). V nánosech většinou převažují hrubě balvanité, subangulární šterky s malým podílem písčité složky.

Deluviofluviální sedimenty tvoří další genetický typ kvartérních sedimentů, který se na Frýdlantsku vyskytuje. Tyto sedimenty se akumulovaly na dnech splachových depresí, s mocností do 1 m. Tyto sedimenty mohou tvořit místy dejekční kužele, případně proluvia. Geneze většiny deluviofluviálních sedimentů spadá do svrchního pleistocénu a holocénu (Sedláček 2006).

2.4.1 Geneze a typy ledovcových sedimentů

Zastoupeny jsou všechny hlavní typy sedimentů, tedy glacigenní sedimenty, glacifluviální a glacilakustrinní sedimenty, přičemž nejrozšířenější jsou svým rozsahem a mocností glacifluviální sedimenty. Většinou jsou litologicky pestré a tvořené materiálem všech zrnitostních frakcí v závislosti na dynamice transportu.

Glacifluviální sedimenty

Jedná se o sedimenty, které jsou svým rozsahem a mocností nejrozšířenější. Jsou litologicky pestré a tvořené materiálem všech zrnitostních frakcí od šterku po jíl v závislosti na dynamice transportu. Glacifluviální sedimenty pokrývají značnou část Frýdlantského výběžku,

ale vykazují proměnlivou mocnost. V některých místech jsou zachovány jen slabé pokryvy o mocnosti jen několik m. Maximální prokázaná mocnost, dosahující 60 m, byla popsána jižně od Černous (severní část výběžku). Glacifluviální uloženiny zde zpravidla vytváří souvislý pokryv ve formě sandrů, ale v některých případech vznikly také kamové terasy (akumulace u Hejnic), případně mohou tvořit výplň subglaciálního koryta (pod nivou řeky Smědé) od Višňové ke státní hranici. Nejvyšším bodem, kde byly glacifluviální sedimenty dokumentovány, je kóta 450 m. n. m. v blízkosti Hejnic na severním úpatí Jizerských hor. Jejich nejnižší báze byla zjištěna právě v daném subglaciálním korytu u Višňové s nadmořskou výškou 180 m n. m. (Chaloupský et al. 1989; Víšek 2003). Glacifluviální sedimenty jsou tvořeny převážně materiálem písčité frakce s příměsí štěrku. Štěrkové polohy tvoří většinou jen nepravidelné polohy a vložky s proměnlivou mocností. Nejvýznačnější odkryvem glacifluviálních sedimentů je zde pískovna u Horní Řasnice, kde byla popsána akumulace glacifluviálních sedimentů, následně rozdělena do dvou poloh hrubých, balvanových až blokových štěrků, a třetí polohy, kde jsou komplexy písků, písků se štěrky a písčitých štěrků (Víšek 2003). Glacifluviální sedimenty jsou také vhodným prostředím pro akumulaci podzemní vody.

Glacilakustrinní sedimenty

Během glaciálů docházelo v lokálních stagnujících vodních plochách v předpolí ledovce k sedimentaci glacilakustrinních siltů, varvových písků, jílu a páskovaných jílu (varvů), což odráží výkyvy v ledovcovém systému. Na Frýdlantsku mají velmi omezené rozšíření a netvoří samostatná tělesa, ale většinou jsou součástí glacifluviálních akumulací v podobě světle šedých, modrošedých, prachovito-písčitých nebo drobně písčitých, horizontálně zvrstvených jílu o malé mocnosti a lokálním rozsahu (Králík 1989). Jejich mocnost se uvádí do 0,5 m. Vznik je kladen jak do elsterského tak do sálského glaciálu (Králík 1989). Morch (1958) předpokládá existenci větší jezerní plochy, která se měla nacházet mezi Frýdlantem a Novým Městem.

Glacigenní sedimenty

Glacigenní sedimenty se v zájmové oblasti vyskytují nejčastěji jako bazální tilly, případně jako oscilační morény. Část bazálních tillů lze charakterizovat jako okrově hnědé s prachovitou, či písčitou základní hmotou a hojnými klasty nordického materiálu. Další typy tillů, spadající pod sálské zalednění, vykazují tmavě šedé až černošedé barvy, případně světle hnědé až šedé (Králík 1989). Bazální till sálského zalednění byl nalezen při stavbě lázeňského domu v Lázních Libverda (Králík 1989). Další výskyty byly zjištěny v podloží fluviální terasy

řeky Smědá u Hejnice a západně od Frýdlantu (Chaloupský et al. 1989). Za bazální tily staršího sálského ledovce jsou považovány i bělošedé písčité jíly s balvany a bloky severského materiálu, který byl nalezen na západním svahu Bulovky a na severozápadním svahu Vyhlídky. Obdobné jíly byly lokalizovány i v Lužci, Frýdlantu a Raspenavě (Chaloupský et. al. 1989). Čelní moréna byla dokumentována například v horní etáži pískovny u Horní Řasnice (Králík 1989). Stratigraficky spadá do mladšího sálského zalednění.

3. Typy ledovcových sedimentů kontinentálního zalednění

Dle definice jde o skupinu sedimentů geneticky spjatých s činností kontinentálního ledovce. Pokud se neberou v potaz glacimarinní sedimenty, které nejsou na našem území zastoupeny, vyčleňují se tři další základní typy: glacigenní, glacifluviální a glacialakustrinní (glacilimmické) sedimenty.

3.1 Glacigenní sedimenty

Glacigenní sedimenty se hromadně označují jako till (starší název souvková hlína). Jedná se o sediment, jenž byl transportován a poté uložen ledovcem nebo z ledovce, kdy nebyl nebo byl jen ojediněle vytříděn vodou. V rámci tillů se vyčleňuje několik typů dle geneze: lodgement till, melt-out till, flow-till a deformační till (Růžičková et al. 2001). Další rozdělení glacigenních sedimentů vychází dle pozice vůči ledovci. Subglaciální tilly vznikají na jeho bázi, englaciální uvnitř ledovce a supraglaciální na jeho povrchu. Dále se mohou vyskytovat tilly okrajové (Růžičková et al. 2001).

Deformační till

Deformační till vznikl vlivem tlaku ledovce při jeho pohybu. Primární struktury byly deformovány, zvrásněny či prohněteny. Zároveň byl tento sediment přemístěn. Tyto procesy probíhaly na bázi a na čele ledovce. Deformační tilly mohou být sedimenty geneticky a zrnitostně rozdílné, například mohou být tvořeny glacifluviálními písky a šterky prohnětené s tillem. Deformační till může tvořit tenké polohy v podloží subglaciálního tillu, kdy tlakem transportujícího se ledovce dochází k vlečení podložních sedimentů a smíšení s klastickým materiálem unášeným a ukládaným ledovcem (Růžičková et al. 2001).

Lodgement till

Lodgement till je definovaný jako till ukládaný z báze pohybujícího se ledovce při odtávání ledu vlivem tlaku. Lodgement till je nejběžnější till na území České republiky. Mezi typické znaky patří slabý stupeň vytřídění. Nejčastěji jde o jílovito-prachovité sedimenty, či jemnozrné písky s příměsí valounů a vzácně balvanů a bloků. Podíl písčité frakce je nejčastěji mezi 50-60% a výjimečně klesá pod 30%, podíl prachovité frakce je obvykle 20-35%. Podíl jílu je maximálně do 30% a průměrná hodnota mezi 10-15%. Podíl šterkové frakce je většinou minimální, kolem 10% a výjimečně přesáhne 10% a to jen pokud dojde o nabohacení o klastický materiál lokálního původu, zejména na územích s členitým reliéfem. Textura je většinou masivní, někdy s náznaky paralelního zvrstvení. Častá je přednostní

orientace protažených klastů ve směru postupu ledovce. Lodgement tilly většinou tvoří plošně rozsáhlá deskovitá tělesa (Růžičková et al. 2001).

Subglaciální melt – out till

Tento druh tillu vzniká při bázi stagnujícího ledovce pomalým odtáváním. Může se vyskytovat v nadloží lodgement tillu, kdy v něm může tvořit čočky nebo polohy, ale může být uložen i na jeho bázi. Často je na kontaktu s čočkami vytríděných sedimentů tavných vod. Melt-out tilly obsahují menší podíl jílovité a prachovité frakce ve srovnání s podobným lodgement tillem. Častější je vyšší podíl klastů transportovaných z větší vzdálenosti, zejména nordických hornin. Typické je subhorizontální zvrstvení, střídají se jemnozrnné a hrubozrnné polohy. Přednostní orientace klastů je hůře zachována (Růžičková et al. 2001).

supraglaciální melt-out till

Tento typ tillu, vzniká na povrchu ledovce odtáváním, případně ve studenějších a sušších podmínkách také sublimací. Také proto bývá označován jako till ablační, jeho vznik je vázán na období stagnace a ústupu ledovce. Vzhledem k následné redepozici a intenzivní erozi se vyskytuje jen zřídka, a to i v podmínkách České republiky. Tento typ tillu je podstatně hrubozrnnější než ekvivalentní subglaciální till, protože dochází k vyplavování jemnozrnných částic, hojný je výskyt šterkovité frakce, balvanů a bloků. Tvar a stupeň opracování je podobný jako u subglaciálního tillu. Texturně lze pozorovat náznaky subparalelního zvrstvení. U klastů šterků není zachována přednostní orientace, u pískové frakce pak zcela chybí (Růžičková et al. 2001).

Flow-till

Flow-till vzniká podstatnou měrou působením gravitace, jde tedy o redeponovaný materiál, původně uložený pod ledovcem, na jeho okraji, či na jeho povrchu. Většina flow-tillů na území české republiky se nachází jako supraglaciální melt-out till, redeponovaný skluzem z povrchu ledovce. Strukturně je flow-till podobný jako předchozí supraglaciální melt-out till. Textura závisí na typu skluzu a na okolním prostředí, časté jsou skluzy do tělesa vody. Také lze pozorovat stopy zaboření proudu do okolních sedimentů. Orientace klastů bývá ve směru skluzu. Vlivem gravitace dochází k akumulaci větších klastů na bázi (Růžičková et al. 2001).

Subakvatický till

Jedná se o typ tillu uložený ve vodním prostředí, ale na území České republiky byl zdokumentován jen jediný případ výskytu subakvatického tillu, ukazující, že s přibývajícím vzdáleností od břehu dochází k velmi rychlému vytrídění. Tento typ si v malých hloubkách zachovává přednostní orientaci klastů a další typické znaky subglaciálního tillu (Růžičková et al. 2001).

3.2 Glacifluviální sedimenty

Tento typ sedimentů je ukládán procesy tavných vod buď uvnitř, na, pod nebo v předpolí ledovce. Dle pozice vůči vlastnímu ledovci jsou děleny na englaciální, které sedimentují uvnitř ledovce a proglaciální sedimenty, které se ukládají v předpolí ledovce. Ve druhé skupině se pak vyčleňují tři typy sedimentů, a to glacifluviálních delt, glacifluviálních teras a výplavových plošin (sandry) (Reading ed. 1996).

Nejvýznamnější a plošně nejrozsáhlejší jsou sedimenty výplavových plošin. Vyjma širokých planin mohou tvořit výplavové vějíře. Charakter usazovaného pokrývky, tj. zrnitost a textura, závisí na vzdálenosti od čela ledovce a režimech tavných vod. Nejbližší ledovci se nachází proximální zóna a k odtoku tavných vod dochází v několika hlavních a hlubších korytech za podmínek vyšší energie proudění. Tato oblast přechází ve střední zónu, pro kterou je charakteristická síť širších a mělkých koryt, často dochází k jejich překládání. Nejdále od samotného ledovce (řádově desítky km) se nachází distální zóna s mnoha mělkými koryty. Často zde dochází ke splynutí těchto koryt, čímž vzniká plošný pokryv (Reading ed. 1996). Zrnitost sedimentu je závislá na vzdálenosti od ledovce, čím blíže ledovci, tím více je materiál hrubozrnnější a hůře vytríděný. Tavné vody typicky vykazují zřetelné výkyvy a frekvenční režimy (Elias ed. 2007, Sedláček 2008), a to i během dne, jako reakce na změny v průtoku (vyšší teplota-vyšší průtok) (Sedláček 2008).

3.3 Glacilakustrinní sedimenty

Jedná se o sedimenty usazované v ledovcových jezerech a menších stojatých vodních plochách. Dělí se opět dle polohy vůči ledovci na jezera v kontaktu s ledem (supraglaciální a subglaciální), jezera na čelu ledovce a proglaciální jezera (Sedláček 2008). Většina stojatých vodních ploch v ledovcovém systému se nachází na území výplavových plošin, případně ve stagnujících částech ledovce, či po jeho ústupu (Růžičková et al. 2003). Pro tyto sedimenty je charakteristická dominance prachovito-jílovité frakce. Větší množství hrubozrnnějších těles se může nacházet na okrajích těchto vodních ploch, či ve formě dropstonů (Reading ed. 1996). Typické textury jsou tence deskovité či laminované.

4. Stratigrafie a rozsah pevninského zalednění

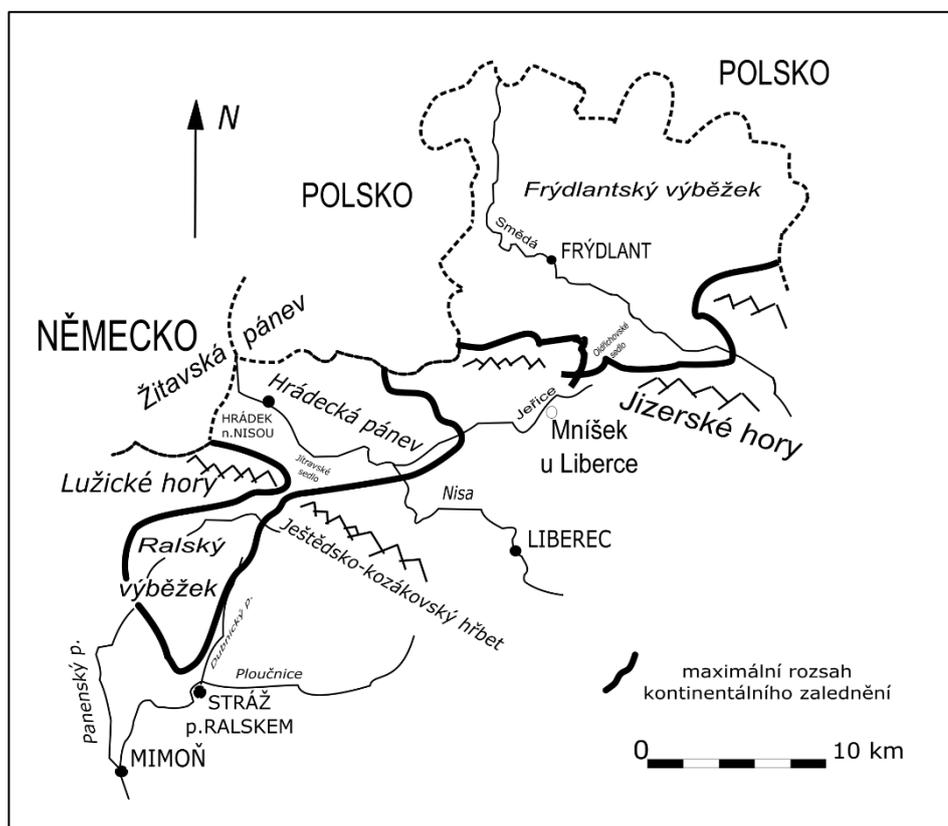
Kontinentální ledovec zasáhl podle současných poznatků území severních Čech a Frýdlantského výběžku ve středním pleistocénu, a to během glaciálního maxima v elsteru a saale, přičemž v každém glaciálu bylo několik oscilací (Macoun a Králík 1995; Nývlt 2001). Maximální rozsah zalednění je vyznačen na obr. 1, přičemž dosah ledovce v jeho okrajových částech byl určen zejména lokální morfologií (Nývlt et al. 2011).

Elsterské zalednění

Během Elsteru 1 pokrýval ledovec Šluknovský výběžek, Frýdlantský výběžek a Žitavskou pánev. Je prokázáno, že překročil Jitavské sedlo na úpatí Ještědského hřbetu a pronikl až do Ralské pahorkatiny. Přeplavené glaciáluviální sedimenty, odvozené z tohoto zalednění, lze nalézt v povodí řek Ploučnice a Jizery. Překročením sedla ledovec pronikl do vnitřní části Českého středohoří a povodí Labe. Tato klíčová oblast je důležitá pro korelaci zalednění s fluviální sedimentací na terasách v povodí Labe (Šibrava 1967; Czudek 2005). Tento glaciál lze korelovat se zaledněním vodního toku Don (Ukrajina a Rusko). Podle datování za pomoci kosmogenního radionuklidu ^{10}Be spadá glaciální maximum do doby 606 ± 53 tisíc let před naším letopočtem (Nývlt 2008). Nejlépe dochovaná sekvence byla popsána v Žitavské pánvi, kde byly oba elsterské tilly nalezeny v přímé superpozici (Šibrava 1967). Během elsteru 2 ledovec opětovně překročil Jitavské sedlo a u Jítravy došlo k uložení koncové morény (Králík 1989). Králík (1989) pojednává o čtyřnásobném zásahu elsterského ledovce, kdy uvažuje o trojím překročení Lužických hor a Ještědského hřbetu. Nejstaršímu reliktu ve Frýdlantské pahorkatině přisuzuje výplň subglaciálního koryta u Černous, kde ho vyplňují elsterské ledovcové sedimenty s bazální morénou.

Doklady obou elsterských stadiálů lze nalézt i ve Frýdlantské pahorkatině, přičemž podle výzkumů mělo zalednění v elsteru 2 větší rozsah (Králík 1989, Nývlt 2003). Ledovec v obou případech dosáhl severního úpatí Jizerských hor. Podle Janáskové a Engela (2009) je nejvyšším místem výskytu glaciálních sedimentů v severních Čechách Andělské sedlo (522 m n. m.) na severním úpatí Jizerských hor, dokladem tohoto tvrzení jsou zde uložené proglaciální glaciáluviální sedimenty. Dříve se jako nejvyšší místo dosahu zalednění uvádělo dobře prozkoumané Oldřišovské sedlo (478 m n. m.) v Jizerských horách, právě zde se ledovec dostal přes hlavní masiv a jeho postup pokračoval směrem na jih. Podle novějších výzkumů Nývlt (2003a, 2003c, 2003d) v době svého maximálního rozsahu překročil ledovec toto sedlo na vzdálenost 1,8-2 km, v jeho blízkosti měl mocnost pod 10 metrů a v údolí severně od sedla jeho mocnost nepřesáhla 50-60 metrů. Ledovec překročil Oldřichovské sedlo také zřejmě ve druhém

elsterském zalednění (Nývlt 2003b, 2003c, 2003d). Podle Sekyry (1961) dosáhly ledovcové sedimenty do výškové úrovně 400-450 m n. m., ovšem v závislosti na morfologii terénu mohl ledovec lokálně dosáhnout i do větších výšek. Samotný masiv Jizerských hor se nacházel v předpolí ledovce a probíhalo zde intenzivní mrazové zvětrávání.



Obr.1: Mapa severních Čech ukazující maximální rozsah zalednění, hlavní geomorfologické jednotky s označenou oblastí Oldřichovského sedla (upraveno z Macoun a Králik 1995, Nývlt 1998 a Nývlt a Hoare 2000).

Sálské zalednění

Přítomnost a rozsah sálského zalednění v severních Čechách je stále nejasná. Současné studie z Polska naznačují, že mocnost a rozsah ledovce byla mnohem menší oproti elsteru (Badura a Przybylsky 1998; Berder et al. 2002; Marks 2005). Podle Morcha (1958) nejsou ve Frýdlantské pahorkatině důkazy deterzní činnosti kontinentálního ledovce, o kterých se v severočeské glaciální oblasti zmiňuje Sekyra (1961). Novější poznatky uvádějí, že sálský ledovec pokrýval jen nejsevernější část Frýdlantského výběžku. Proglaciální a glacifluviální sedimenty řazené k tomuto zalednění byly popsány v okolí Horní Řasnice a Hájů.

Mladšímu sálskému zalednění je přiřazován plošně nepatrný výskyt glacifluviálních sedimentů v severovýchodní části Frýdlantského výběžku. Nejlépe je sled sálských sedimentů odkrytý v pískovně u Horní Řasnice, kde se uvádí jeho tři fáze. Na bázi sledu se objevují balvanité šterky, jejichž vznik je dán do souvislosti s první oscilací mladšího sálského ledovce.

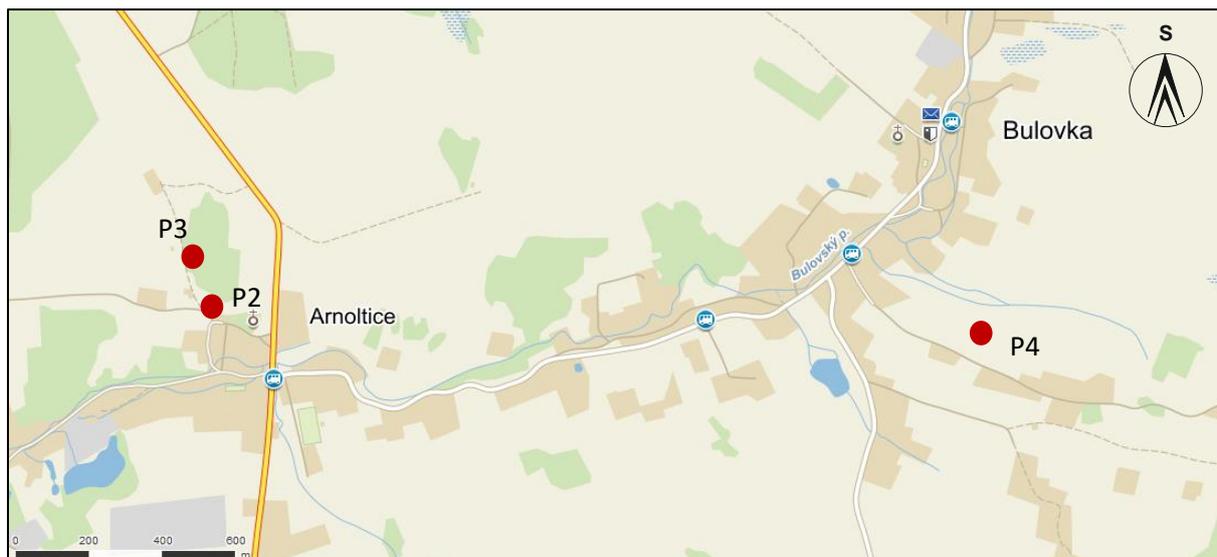
Výše se nachází glacialakustrinní prachovité jíly, případně jemnozrnné glaci-fluviální sedimenty spadající do druhé oscilace. Nejvýše se nacházejí jemnozrnné, silně glacitektonicky postižené glaci-fluviální sedimenty, přisuzovány třetí oscilaci mladšího sálského zalednění (Nývlt, 2003a).

5. Metodika výzkumu

5.1. Terénní etapa

5.1.1. Odběr vzorků a popis lokalit

Lokality pro faciální analýzu a odběr vzorků byly vytipovány na základě ortofotomapy a rekonstrukce terénu. Vzhledem k absenci odkryvů uvnitř samotné glacifluviální plošiny byly vybrány tři lokality na jejím okraji u obcí Arnoltice a Bulovka (obr. 2). Každý profil byl očištěn polní lopatkou a zaměřen pomocí GPS. Následně proběhla fotodokumentace a profily byly zakresleny a popsány v terénním deníku, zejména byly popsány jednotlivé litofacie a charakteristické znaky vrstev. Bohužel fotodokumentace z doby odběru vzorků není dostupná a přiložené fotografie profilů již ukazují lokality v zasuceném stavu. Z hlavních vrstev byly odebrány vzorky na zrnitostní rozbor do připravených mikrotenových sáčků a popsány. Množství odebraného materiálu se pohybovalo v rozmezí 2-4 kg a záviselo na zrnitosti.



Obr. 2: Výřez z mapy ČR na studovanou oblast, upraveno (Pertoltice, Arnoltice, Bulovka; <http://mapy.cz>, 2017)

5.1.2 Elektrická odporová tomografie

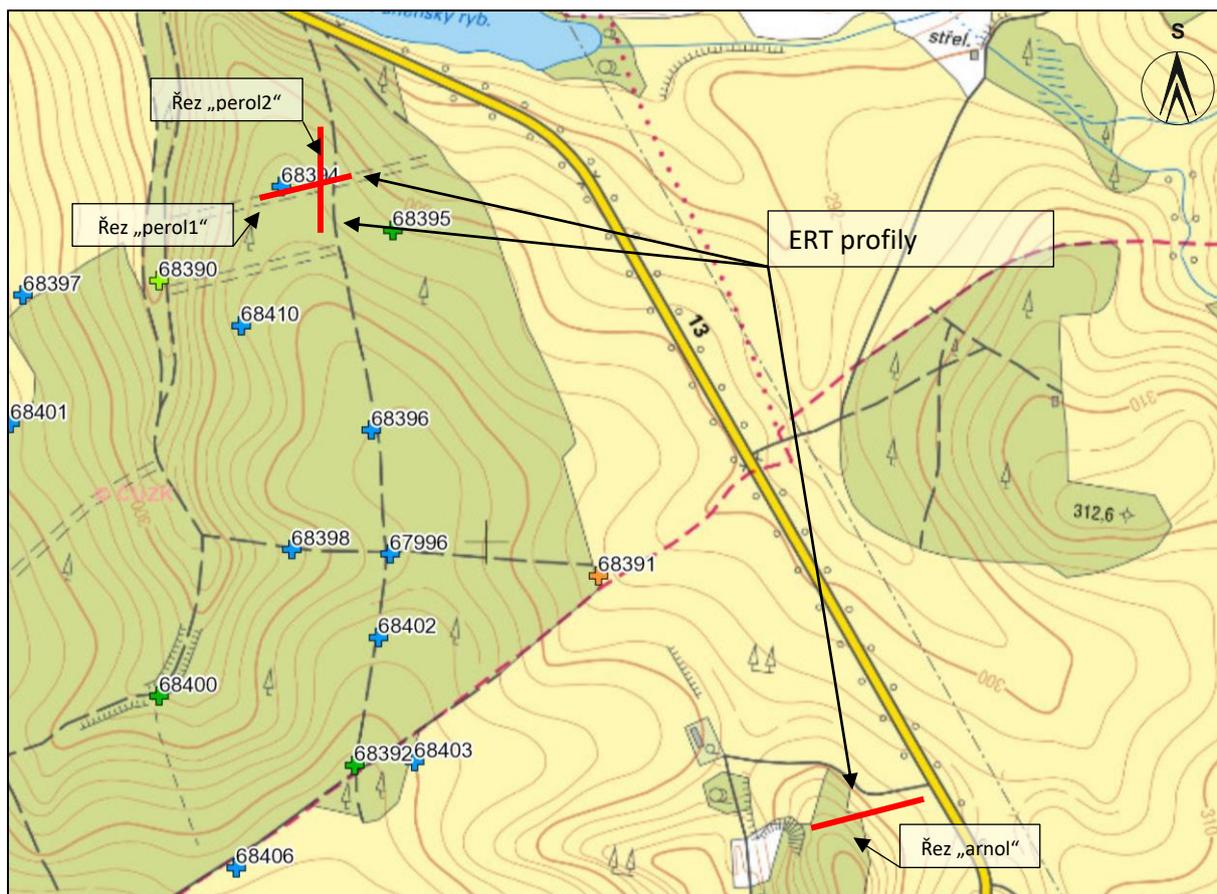
Pro účely geofyzikálního průzkumu byla zvolena metoda elektrické odporové tomografie (ERT), která je vhodná pro průzkum glacifluviálních sedimentů a dosahuje do relativně velké hloubky. ERT profily byly zvoleny tak, aby se nacházely v blízkosti lokalit, vrtů a s ohledem na přístupnost terénu. Proto byly profily soustředěny do dvou oblastí. Celkem byly změřeny čtyři odporové profily metodou multielektrodového profilování přístrojem Ares, model 5.3 od firmy GF Instruments s.r.o. Tento přístroj se skládá z řídicí jednotky, multielektrodových kabelů, ocelových elektrod z nerezavějící oceli a externí baterie. Všechny

profily byly zaměřeny pomocí GPS v intervalu metráže 10 m. Podél vytipovaného profilu bylo nataženo pásmo a v intervalu 2 m byly podél něj umístěny nerezové elektrody, tak aby byl zajištěn vodivý kontakt se zemí. Poté byly nataženy multielektrodové kabely a spojeny dohromady, k elektrodám byly připevněny pomocí gumiček. Naposledy byl připojen T-kus napojený na řídicí jednotku s baterií. Všechna měření proběhla při uspořádání elektrod Wenner-Schlumberger, při délce impulsu 0,5 s a sčítáním dat ze čtyř měření v každém bodě. Naměřená data byla stažena do PC a zpracována v programu ARES. Dále byla data v programu SURFER doplněna o nadmořské výšky a zpracována pomocí inverzní metody nejmenších čtverců (least-square inversion) v programu RES2DINV. Výsledkem jsou 2D hloubkové profily měrného odporu vyneseny spolu s topografií.

První měření ERT bylo provedeno v katastrálním území obce Arnoltice u Bulovky, začátek profilu byl cca 50 m od silnice I. třídy č. 13 a byl veden k severovýchodnímu okraji nečinného povrchového lomu na těžbu šterkopísku ve stejnojmenném katastrálním území. Profil č. 1 (pracovně označený jako arnol) měl délku 126 m, s okrajovými souřadnicemi Y: 682 499, X: 952 291,78 (SV okraj, profilu u silnice č.13) a Y: 682 619,79; X: 952 314,78 (JZ okraj profilu, u lomu).

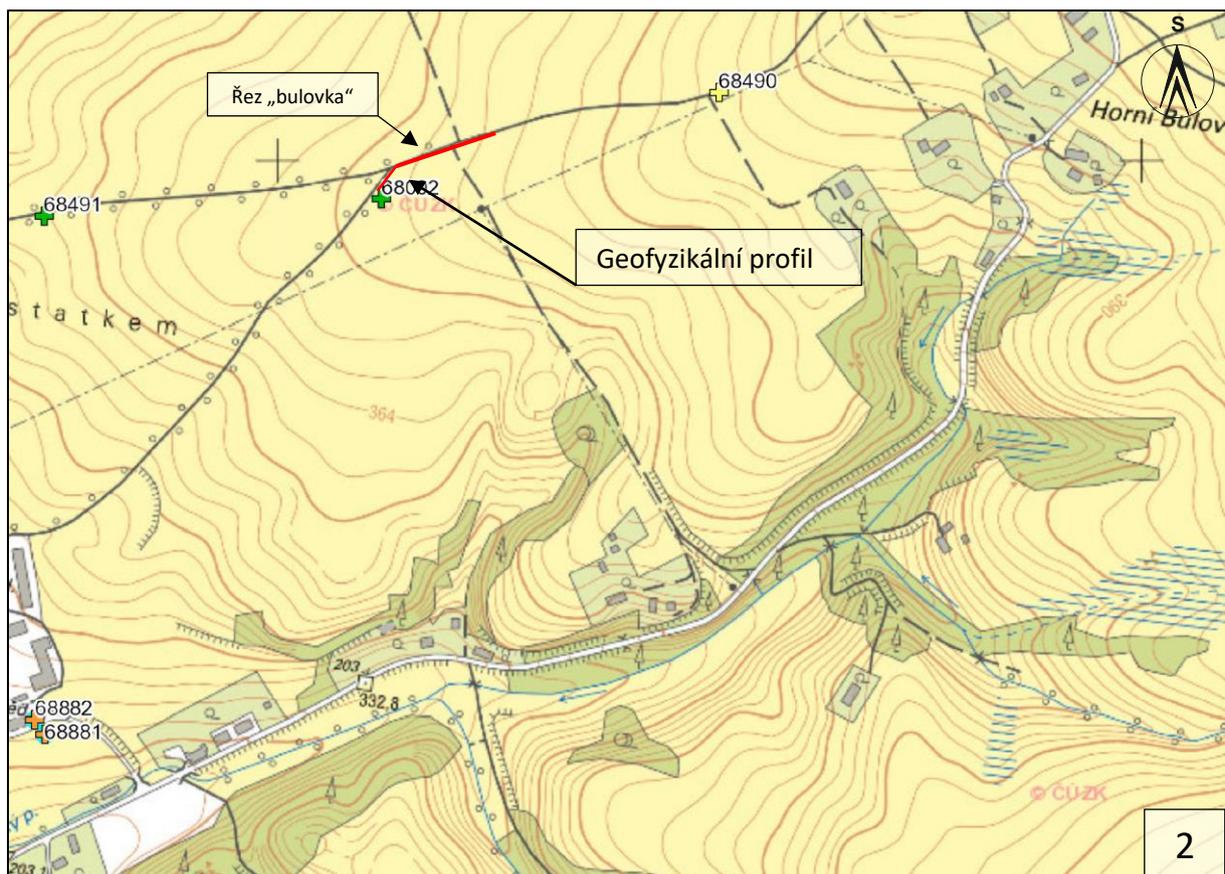
Druhé měření ERT bylo provedeno v katastrálním území Dolní Peroltice. Druhý geofyzikální profil č.2, (pracovně označený jako perol 1), byl veden lesem souběžně s lesní cestou, ve směru S-J, přičemž zmíněná lesní cesta je napojena ze severu na silnici I. třídy s číslem 13. Profil byl veden v linii o celkové délce 96 m, počátek profilu: Y: 683 206,51, X 951 501,18 (severní okraj) a konec profilu: Y 683 190,51, X 951 620,69 (jižní okraj).

Třetí měření ERT (profil č. 3, perol 2) bylo provedeno ve stejném katastrálním území jako profil č. 2, tedy k.ú. Dolní Peroltice, přičemž profil č. 3 byl veden kolmo (směr ZJZ – VSV) na profil č. 2. Celková délka profilu byla 126 m, začátek profilu: Y: 683 315,78; X: 951 620,34 (ZJZ okrajový bod); a konec profilu: Y: 683 137,75; X: 951 573,93 (VSV okrajový bod). Vedení profilů 1-3 je znázorněno na obr. 3.



Obr. 3: Vedení geofyzikálních profilů v oblasti 1, upraveno (zdroj: <http://geology.cz>), měřítko 1:15 000, 2018.

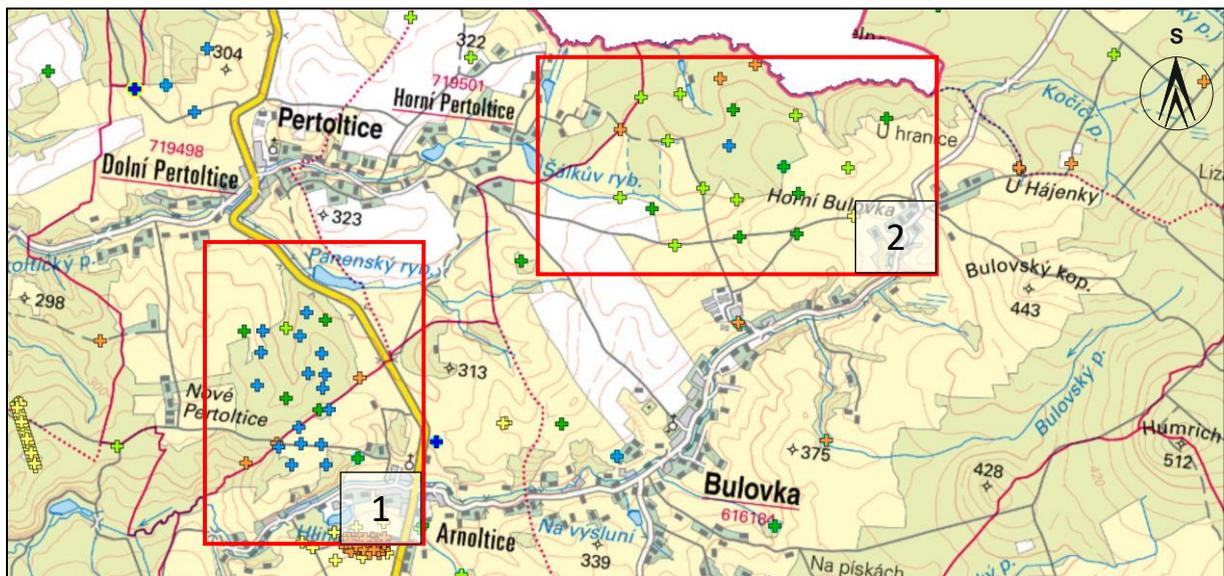
Profil č. 4 (pracovně označený jako bulovka) byl veden podél polní, částečně zpevněné cesty, vedoucí mezi pastvinami severně od obce Bulovka ve směru VSV až ZJZ (Obr. 4). Vzhledem k tomu, že v okolí se nacházely soukromé pastviny, byl tento profil veden v těsné blízkosti pozemní komunikace. Délka profilu byla 126 metrů. Začátek profilu: Y: 679 385,78; X 950 850,84 (VSV okraj), a konec profilu: Y: 679 458,04; 950 905,85 (ZJZ okraj).



Obr. 4: Vedení geofyzikálního profilu v oblasti 2, upraveno (zdroj: <http://geology.cz>), měřítko 1:15 000, 2018.

5.2 Modelování vrtných dat

Vrtná data byla získána z archivu České geologické služby a zpracována v tabulkovém editoru (MS EXCEL). Pro každý vrt byly zaznamenány jeho souřadnice, nadmořská výška, hloubka vrtu, dále intervaly litologických a stratigrafických jednotek s jejich popisem. Archivní vrty byly většinou popsány jen zběžně, proto byly jednotlivé facie definovány pomocí jejich udané zrnitosti. Tato data byla následně zpracována v programu Rockworks 16 (Rockware, USA), což je software pro správu a vizualizaci vrtných dat. Nejprve byla vytvořena databáze vrtů v aplikaci Borehole manager a následně bylo vygenerováno prostorové omezení území, které se odvíjí od lokalizace vrtů. Výsledné modely byly generovány s přednastavenými parametry interpolace. Kvůli malé koncentraci vrtů ve střední části glacifluviální plošiny bylo území pro účely modelování v programu Rockworks 16 rozděleno na dvě samostatné území a to Peroltice (oblast 1) a Bulovka (oblast 2) (Obr. 5).



Obr. 5: Rozdělení zájmového území na 2 oblasti, upraveno (zdroj: <http://geology.cz>), měřítko 1:30 000, 2018.

5.3. Laboratorní etapa

5.3.1. Sítování vzorků a vážení frakcí

Sítování vzorků proběhlo v laboratořích KGE PřF UP v Olomouci. Síta byla umístěna na vibrační prosévače (FRITSCH analysette SPARTAN 3) v posloupnosti nahoru od síta s nejmenšími oky po síto s největšími oky (od 0,063 do 8 mm). Jednotlivé vzorky byly sítovány za konstantního přítoku tekoucí vody po dobu zhruba 15 min. Vzorky byly dávkovány po částech, aby nedošlo k zahlcení či ucpání jednotlivých sít, čímž by mohlo dojít ke zpomalení až zastavení síťovacího procesu. Vzorky byly následně vysušeny v laboratorní sušičce Venticell. Vysušené zrnitostní frakce (bez hmotnosti kelímku) se zvažily na digitální váze s přesností jedné desetiny gramu. Zvážené frakce se použily pro vyjádření procentuálního zastoupení všech zrnitostních frakcí a další výpočty kumulačních křivek, histogramů a zrnitostních parametrů.

5.3.2 Zrnitostní histogramy a kumulační křivky

Po získání procentuálního zastoupení daných frakcí se vytvořily kumulační křivky a histogramy. Využití kumulační křivky posloužilo k odečtení jednotlivých percentilů (P) a kvartilů (Q), které slouží k výpočtu statistických parametrů zrnitosti klastického sedimentu. Vytrídění sedimentu (σ) značí stupeň homogenity sedimentu z hlediska zrnitosti. Parametry lze vypočítat dle vzorců (Folk a Ward 1957) v tabulce č. 1.

Parametr zrnitosti	Vzorec pro výpočet
Střední zrnitost zrna (M_z)	$M_z = (\Phi_{16} + \Phi_{50} + \Phi_{84})/3$
Medián (M_d)	$M_d = \Phi_{50}$
Vytrídění (σ)	$\sigma_1 = [(\Phi_{84} - \Phi_{16})/4] + [(\Phi_{95} - \Phi_5)/6,6]$
Koeficient symetrie (SK)	$S_K = [(\Phi_{84} + \Phi_{16} - 2 \Phi_{50})/2 (\Phi_{84} - \Phi_{16})] + [(\Phi_{95} + \Phi_5 - 2 \Phi_{50})/2 (\Phi_{95} - \Phi_5)]$
Špičatost (K_G)	$K_G = (\Phi_{95} - \Phi_5)/2,44 (\Phi_{75} - \Phi_{25})$

Tab.1: Statistické parametry zrnitosti podle Folka a Warda (1957).

Koeficient symetrie (SK) udává pozici vzhledem k zrnitosti frakcí, kdy kladné hodnoty jsou vyjádřeny pozicí modu posunutou k jemnějším frakcím a negativní hodnoty pak k hrubším frakcím. Špičatost (K_G) udává vztah mezi vytríděním ve střední části kumulační křivky a v jejich okrajových částech, kdy výsledná kumulační křivka může mít podobu buď velmi ploché, platikurtické nebo extrémně špičatou leptokurtickou (Tucker 1995).

Výsledky parametrů vytrídění, asymetrie, a špičatosti můžeme vyjádřit i slovními kategoriemi, které vhodněji popisují hodnoty získané z výsledků. Jejich slovní hodnocení je uvedeno v tab. 2 (Folk a Ward 1957).

Vytríděnost		Asymetrie		Špičatost	
Hodnota σ	Označení vzorků	Hodnota S_K	Označ. křivky	Hodnota K_G	Označ. křivky
<0,35	Velmi dobře vytrídění	-1,0 až -0,31	Velmi negativně šikmá	<0,67	Velmi platikurtická
0,35 až 0,49	Dobře vytríděný	-0,30 až -0,11	Negativně šikmá	0,67 až 0,9	platikurtická
0,5 až 0,99	Středně vytríděný	-0,10 až 0,09	Téměř šikmá	0,9 až 1,1	mezokurtická
1,0 až 1,99	Špatně vytríděný	0,1 až 0,29	Pozitivně šikmá	1,1 až 1,5	leptokurtická
2,0 až 3,99	Velmi špatně vytríděný	0,3 až 1,0	Velmi pozitivně šikmá	1,5 až 3,0	Velmi leptokurtická
≥ 4	Extremně špatně vytríděný			3,0	Extremně leptokurtická

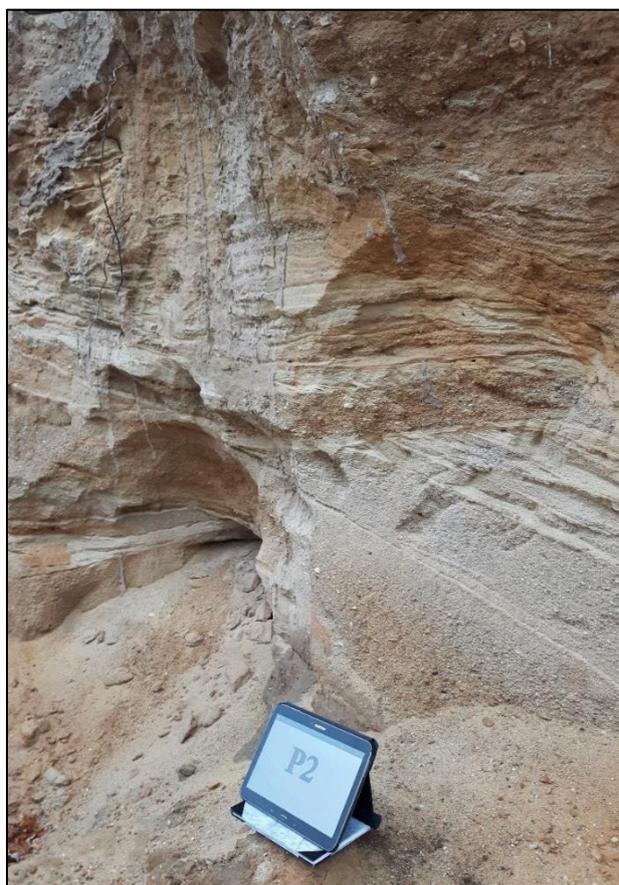
Tab. 2: Hodnocení parametrů podle Folka a Warda (1957)

6. Výsledky výzkumu

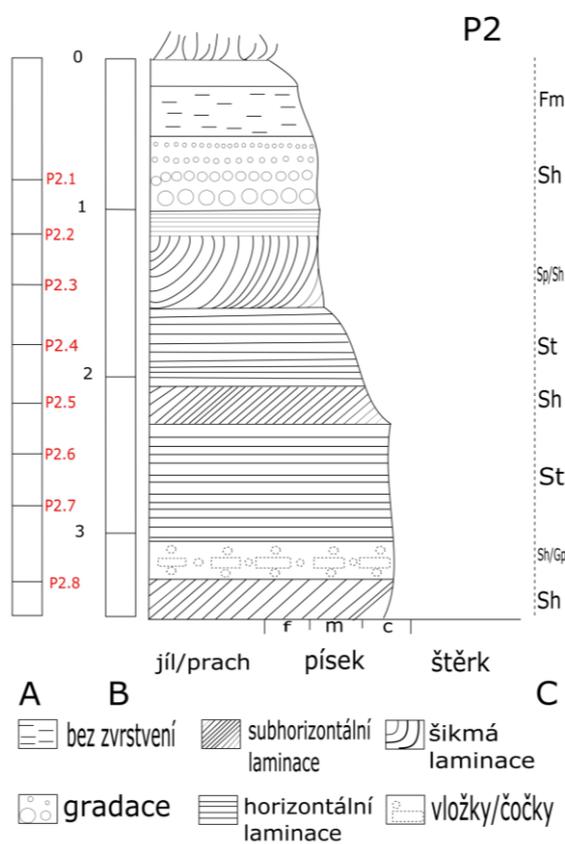
6.1. Popis studovaných lokalit

6.1.1. Arnoltice

Lokalita (P2 – terénní označení lokality) se nachází na soukromém pozemku na okraji vesnice Arnoltice na úpatí údolí. Byl zde zastižen odkryv glaci-fluviálních sedimentů (obr. 6 a obr. 7). Údolím protéká Bulovský potok. Jedná se o pravostranný přítok řeky Smědé. GPS souřadnice dané lokality jsou 50°57'52.662"N a 15°5'40.296"E s nadmořskou výškou 295 ± 2 m n. m.



Obr. 6: Lokalita Arnoltice, foto D. Hibler



Obr. 7: Schematický profil lokality Arnoltice s příloženou legendou, vodorovná osa označuje velikost frakce, f=jemno, m= středně, c= hrubozrný písek

- Odebrané vzorky
- Svislá stupnice v metrech
- Litofaciální kódy /polde Mialla (1977) a Benna, Evanse (1998)

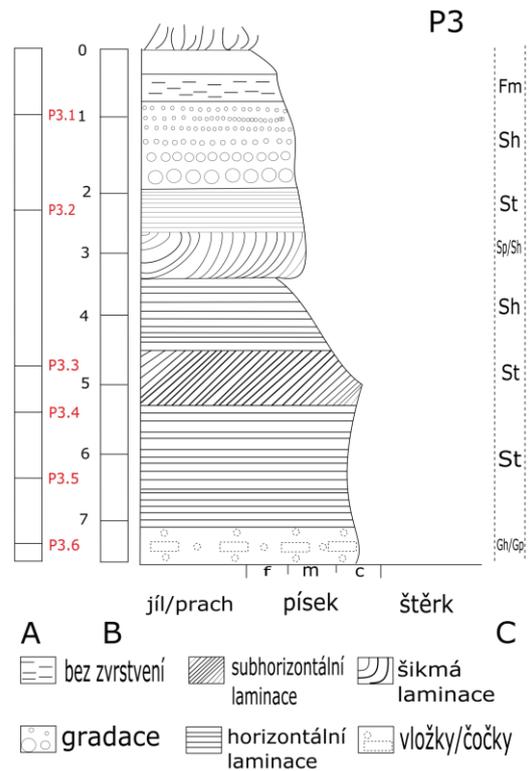
Výška odkryvu je 3,5 m. Typická je menší variabilita ve struktuře sedimentu. Zrnitostně jde převážně o materiál písčité frakce Sh, Sp a St (názvy litofaciálních kódů podle Mialla 1977). Na bázi odkryvu se nachází špatně vytríděný písek, v této vrstvě se střídají rezavě hnědé jemnozrnější a šedé hrubozrnější polohy, obsahující čočky světle rezavě hnědého hrubozrného šterku (Gp). Na bázi tato vrstva vykazuje subhorizontální laminaci, v nadloží se nacházejí výše zmíněné čočky a nadložní vrstva je horizontálně zvrstvená, mocnost vrstvy kolísá od 3 do 8 cm. Nadložní set o mocnosti 40 cm je tvořen světle rezavými jemnozrnými písky s šikmou laminací, které se střídají s šedobílým hrubozrnějším pískem. Na tuto polohu nasedá opět poloha jemnozrného rezavě zbarveného písku s horizontální laminací o mocnosti 20 cm, do nadloží přechází do poloh středně zrnitého písku s pozitivní gradací. Tato vrstva se do nadloží zjemňuje a v nadloží je uložen světle rezavý plastický jíl o mocnosti 20 cm s horní erozní hranicí. Sled je zakončen tenkým půdním pokryvem s příměsí písku.

6.1.2. Arnoltice – opuštěný lom

Tato lokalita nese terénní označení P3, nachází ve stejné obci jako lokalita P2 jen o 200 m severněji. Jde o bývalý lom založený v glaci-fluviálních sedimentech elsterského stáří (Obr. 8 a 9). Šířka lomu činí v nejširším místě 16,8 m a výška při jeho nejvyšším bodě dosahuje až 8 m. Vlivem delší nečinnosti v těžbě je lokalita značně zasucená a pomalu zarůstá. Lomová stěna se nachází na návětrné straně, a proto ve vyšších částech stěny podléhá větrné erozi. Celá lokalita je navíc velmi náchylná k sesutí, kdy dochází k pravidelnému zatěžování hrany svahu. GPS Souřadnice lokality jsou 50°58'0.395"N a 15°5'37.911"E a nadmořská výška se pohybuje od 216 (báze) do 224 m n. m.



Obr. 8: Pohled na lokalitu Arnoltice – opuštěný lom,
Foto D. Hibler



Obr. 9: Schematický profil lokality Arnoltice s příloženou legendou, vodorovná osa označuje velikost frakce, f=jemno, m= středně, c= hrubozrný písek

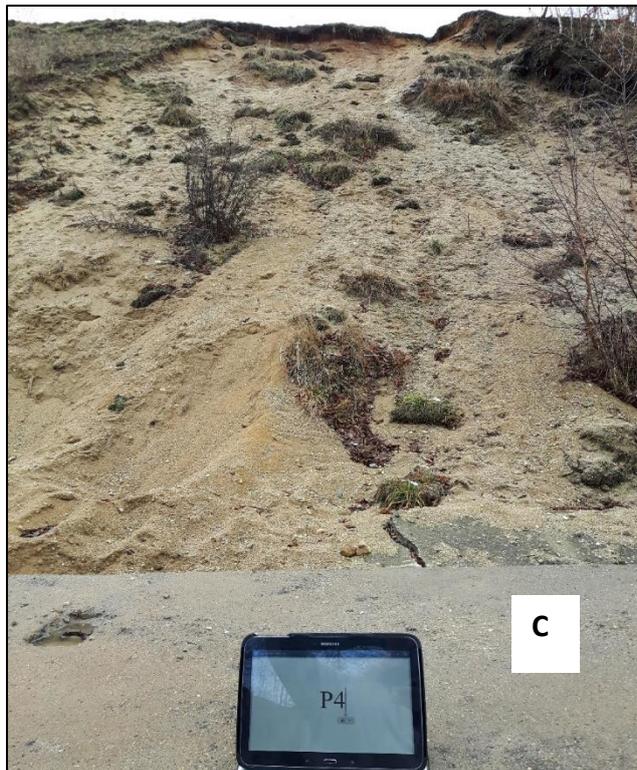
- Odebrané vzorky
- Svislá stupnice v metrech
- Litofaciální kódy /polde Mialla (1977) a Benna, Evans (1998)

V lomu byly zastiženy převážně písčité litofacie, podřízeně i štěrkovité a jílovité. Lze konstatovat, že tato lokalita je značně podobná situaci na lokalitě P2 ve smyslu litofacií a zrnitostních trendů do nadloží. Na bázi se nachází vrstvy šedého hrubozrného štěrku (Gh), s ččkami světle rezavě hnědé až šedohnědé jemnozrnějšího štěrku (Gp) až hrubozrného písku (St). Celková mocnost této sekvence činí 55 cm a nebyla na předchozí lokalitě zastižena. V nadloží se objevují polohy hrubozrného písku (St) s horizontální a místy subhorizontální laminací do 1 cm, střídající se s tenkými laminami rezavě hnědé jemnozrného písku. Tato poloha je daleko mocnější než na lokalitě P2, což může být dáno výškovým rozdílem odkryvu i rozdílnou nadmořskou výškou. Na tuto polohu nasedá poloha středně zrnitých a špatně vytríděných písků, vykazujících subhorizontální laminaci, Tyto vrstvy se střídají s drobnými laminami velmi jemnozrného, dobře vytríděného písku rezavě žluté barvy.

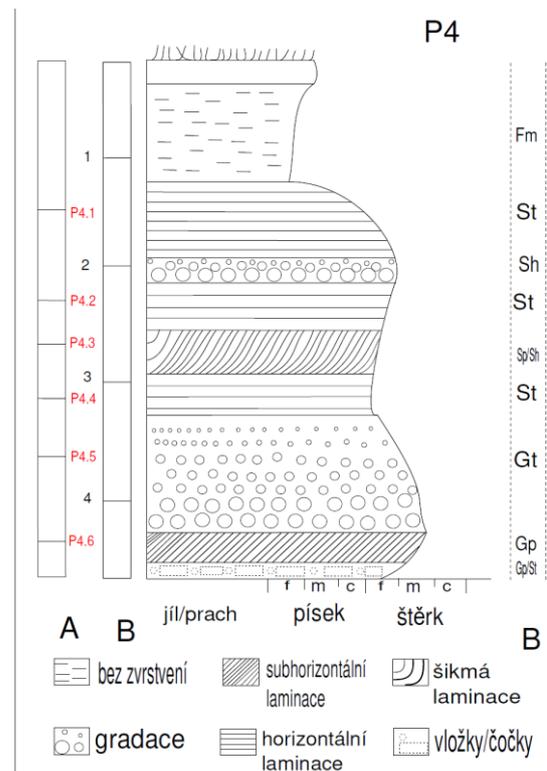
V nadloží nasedá poloha jemnozrnného písku s jílovitou základní hmotou rezavé barvy. Tato sekvence vykazuje zřetelnou šikmou laminaci a lze ji korelovat s lokalitou P2. Tato poloha přechází pomalu opět do světle rezavého hrubozrnnějšího písku (velikost zrna ~0,5 cm) s horizontální laminací. Opět se objevuje pozitivní gradace a postupné zjemňování do nadloží. Nadložní vrstva je tvořena světle rezavým plastickým jílem s příměsí písku. Sled je opět zakončen tenkým půdním pokryvem s příměsí písku.

6.1.3 Bulovka

Tato lokalita, která je označená jako P4 se nachází v severovýchodní části obce Bulovka, ve svahu na východní straně. Jedná se o bývalý lom oválného tvaru, na těžbu písku sálského stáří (Obr. 10 a 11). Výška odkryvu je 4,85 m. Lom je značně zasucen a pomalu zarůstá. Souřadnice GPS lokality jsou 50°58'13.832"N, 15°7'48.163"E a nadmořská výška báze je 349 m n.m.



Obr. 10: Pohled na lokalitu Bulovka, Foto D. Hibler



Obr. 11: Schematický profil lokality Bulovka s přiloženou legendou, vodorovná osa označuje velikost frakce, F=jemno, m= středně, c= hrubozrnný

- Odebrané vzorky
- Svislá stupnice v metrech
- Litofaciální kódy /polde Mialla (1977) a Benna, Evanse (1998)

Na bázi se nachází polohy hrubozrnného, tmavě rezavě hnědého písku s vložkami (mocnost od 9 do 14 cm) středně zrného, šedo-hnědého štěrku. V nadloží se objevuje drobný, dobře vytríděný šedohnědý štěrk, který se střídá s laminami jemnozrnnějšího materiálu. Celá sekvence vykazuje šikmé zvrstvení. Nadložní vrstva je tvořena podstatně hrubším materiálem štěrkové litofacie (Gt), maximální velikost klastů činila ~ 15 cm. Směrem do nadloží byla pozorována pozitivní gradace. Tato vrstva přechází do nadloží do hrubozrnného písku. Tuto vrstvu charakterizovala horizontální laminace, která spočívala převážně v barevných změnách od tmavě rezavě po světle žlutohnědou. Místy byly pozorovány klasty štěrkové frakce. Vrstva přecházela do různě zrnitých písků tmavě a místy světle rezavé barvy, sekvence vykazuje střídání hrubozrnných poloh s velmi jemnozrnným pískem. Jemnozrnné polohy mají menší tloušťku vrstev, max. 1 cm, zatímco hrubozrnné do 2,5 cm. Sekvence vykazuje šikmé zvrstvení. Následující poloha je tvořena hrubozrnným, tmavě rezavým až žlutohnědým pískem s horizontální laminací a mocností vrstvy 34 cm. Nadložní vrstva vykazuje podobné znaky, ale do jejího nadloží dochází k pozitivní gradaci a končí jemnozrnným pískem. Na tuto jednotku nasedá rezavě hnědý hrubozrnný písek s horizontální laminací. Nad ním se nachází 1 m mocná vrstva tmavě hnědého jílu s masivní texturou a plynule přechází do půdního pokryvu.

6.2 Zrnitostní rozbor

Ze získaných zrnitostních dat byly zkonstruovány histogramy a kumulační křivky. Tabulky zvážených frakcí a hmotnostní procenta jsou uvedeny v příloze č. 5. Z kumulačních křivek se odečetly jednotlivé percentily, které se použily pro výpočet zrnitostních parametrů dle Folka a Warda (1957).

Zrnitostně dominovala písčítá frakce, v některých vzorcích byl vyšší podíl štěrkové frakce. Minimální podíl písku 60,59% byl zjištěn u vzorku P 4.6 a maximální u vzorku P 3.2, kde činil podíl písčítých frakcí 98,82%. Medián podílu písčité frakce byl nejnižší u lokality P 4.1 u Bulovky (75,3%), zatímco u lokalit z Arnoltic (P 2.1 a P 3.1) byl téměř totožný a činil 91,75, respektive 89,22%. Největšího zastoupení dosahoval střednězrný a hrubozrnný písek. Zastoupení jemnozrnných frakcí bylo zanedbatelné, a proto nebyla laserová granulometrie provedena. Zjištěné podíly štěrkové frakce jsou silně variabilní, u mnoha vzorků byly zanedbatelné, na druhou stranu vysoké podíly byly zjištěny u lokality Bulovka (P 4.1) s nejvyšší hodnotou 39,38% štěrkové frakce na bázi. Ovšem většina štěrkové frakce spadala do rozmezí 2-4 mm. Prach a jíl byly pro účely této práce shrnuty jako podsítná frakce <0,063 mm. Výjimkou byly vzorky P 3.3 (2 % frakce <0,063 mm), P2.3 (2,53 % frakce <0,063 mm), P 3.6

(3,64 % frakce <0,063 mm) a nejvyšší podíl frakce pod 0,063 mm s hodnotou 7,68 % byl pozorován u vzorku P 2.4. Modalitu vzorku lze zjistit z histogramů a ukazuje, která nebo které zrnitostní frakce převažují. Modalita studovaných vzorků se různí. Většina histogramů je unimodálních (P 2.1 až P 2.4), některé jsou bimodální či polymodální. Maximum je převážně v písčité frakci, většinou ve střednězrnném, nebo hrubozrnném písku. Histogramy a kumulační křivky jsou uvedeny v příloze č 5. Následně byly vypočítány zrnitostní parametry střední velikosti zrna, medián, vytrídění, koeficient symetrie a špičatost (tab. 3). Každý vzorek byl taktéž klasifikován podle velikosti částic, dle klasifikačního diagramu (Folk 1957). Pro lepší popis klasifikačních parametrů lze využít slovní škály v tab. 4.

Lokalita	Označení vzoru	Zrnitostní parametry, M_z , K_G , M_d a σ v jednotkách Φ					Klasifikace
		Medián M_d	Střední velikost zrna M_z	Vytrídění σ	Koeficient symetrie S_G	Špičatost K_G	
Arnoltice	P 2.1	-0,2	-0,2	105	0,07	0,9	šterkovitý písek
	P 2.2	0,7	0,53	1,053	-0,21	0,79	písek
	P 2.3	1,2	1,13	1,07	-0,02	1,12	šterkovitý písek
	P 2.4	1,6	1,83	1,53	-0,67	0,74	šterkovitý písek
	P 2.5	1,4	1,36	1,24	-0,15	1,12	šterkovitý písek
	P 2.6	0,7	0,7	1,14	0,05	1,22	šterkovitý písek
	P 2.7	-1,2	-1,16	1,05	-0,4	1,19	písek
	P 2.8	0,9	0,46	1,16	0,38	1,16	písek
Arnoltice – opuštěný lom	P 3.1	1,5	1,2	0,78	0,46	1,38	písek
	P 3.2	1,7	1,73	0,97	-0,1	1,34	písek
	P 3.3	0,4	0,6	1,6	0,18	1,86	šterkovitý písek
	P 3.4	1,1	1,26	0,26	-0,44	1,78	šterkovitý písek
	P 3.5	0	-0,13	1,45	-0,06	1,60	šterkovitý písek
	P 3.6	0,7	0,93	1,25	0,64	1,78	šterkovitý písek
Bulovka	P 4.1	0,6	0,73	1,43	0,12	1,67	šterkovitý písek
	P 4.2	0,4	0,4	1,62	-0,04	1,78	šterkovitý písek
	P 4.3	1,2	1,16	1,52	-0,19	1,97	šterkovitý písek
	P 4.4	0,3	0,43	1,61	0,13	1,75	šterkovitý písek
	P 4.5	-0,4	-0,06	1,57	0,12	1,78	písčité šterk
	P 4.6	-0,6	-0,5	1,2	0,16	1,41	písčité šterk

Tab. 3: Zrnitostní parametry jednotlivých vzorků

Lokalita	Označení vzorků	Vytřídění	Koeficient asymetrie	Špičatost
Arnolice	P 2.1	špatně vytříděný	téměř symetrická	mezokrutická
	P 2.2	špatně vytříděný	negativně šikmá	mezokurtická
	P 2.3	špatně vytříděný	téměř symetrická	leptokurtická
	P 2.4	špatně vytříděný	velmi negativně šikmá	platikurtická
	P 2.5	špatně vytříděný	negativně šikmá	leptokurtická
	P 2.6	špatně vytříděný	téměř symetrická	leptokurtická
	P 2.7	špatně vytříděný	velmi negativně šikmá	leptokurtická
	P 2.8	špatně vytříděný	velmi pozitivně šikmá	leptokurtická

Arnolice – opuštěný	P 3.1	špatně vytříděný	velmi pozitivně šikmá	leptokurtická
	P 3.2	středně vytříděný	téměř symetrická	leptokurtická
	P 3.3	špatně vytříděný	pozitivně šikmá	velmi leptokurtická
	P 3.4	velmi dobře vytříděný	velmi negativně šikmá	velmi leptokurtická
	P 3.5	špatně vytříděný	téměř symetrická	velmi leptokurtická
	P 3.6	špatně vytříděný	velmi pozitivně šikmá	velmi leptokurtická

Bulovka	P 4.1	špatně vytříděný	pozitivně šikmá	velmi leptokurtická
	P 4.2	špatně vytříděný	téměř symetrická	velmi leptokurtická
	P 4.3	špatně vytříděný	negativně šikmá	velmi leptokurtická
	P 4.4	špatně vytříděný	pozitivně šikmá	velmi leptokurtická
	P 4.5	špatně vytříděný	pozitivně šikmá	velmi leptokurtická
	P 4.6	špatně vytříděný	pozitivně šikmá	leptokurtická

Tab. 4: Slovní hodnocení parametrů vytřídění, koeficientu asymetrie a špičatosti.

U vzorků z lokality Arnoltice se střední velikost zrna pohybuje od $-1,2 \Phi$ (vzorek P 2.7) do $1,6 \Phi$ (P 2.4). Ve všech vzorcích převládá špatně vytríděný písek. Negativní šikmost indikuje nabohacení vzorku o hrubší frakce, tudíž transportní médium mělo dostatek energie pro transport hrubozrnných frakcí (Šimíček 2009) a naopak pozitivní šikmost o jemnozrnnější frakce. Velmi pozitivní šikmost vykazuje vzorek P 2.8. Naopak negativní šikmost, byla vypočtena pro zbývající vzorky z lokality (P 2.2, P 2.4, P 2.5 a P 2.7), kdy nejvíce negativně šikmé jsou vzorky P 2.4 a P 2.7. Většina vzorků vykazuje leptokurtickou až platikurtickou špičatost.

Vzorky z lokality Arnoltice – opuštěný lom mají střední velikost zrn od 0Φ (vzorek P 3.5) až $-1,7 \Phi$ (vzorek P 3.2). Většina vzorků je špatně vytríděná, kromě vzorků P 3.2 a P 3.4, kdy vzorek P 3.2 je středně vytríděný a vzorek P 3.4 dokonce velmi dobře vytríděný. Negativní šikmost vykazuje pouze vzorek P 3.4. Zbylé vzorky jsou téměř šikmé až velmi pozitivně šikmé. Špičatost vzorků je leptokurtická až velmi leptokurtická.

Vzorky z lokality Bulovka vykazují střední velikost zrna od $-0,6 \Phi$ (vzorek P 4.6) do $1,2 \Phi$ (vzorek P 4.3). Všechny vzorky jsou špatně vytríděné. Pozitivní šikmost byla zjištěna u většiny vzorků, výjimkou jsou vzorky P 4.2 a P 4.3, mající téměř symetrickou šikmost v prvním a negativní šikmost ve druhém případě. Špičatost vzorků je leptokurtická až velmi leptokurtická.

6.3. Modelování v programu Rockworks

Archivní vrty byly ve zkoumané oblasti koncentrovány ve dvou oblastech, první v okolí Arnoltic a Peroltic a druhá severně od Bulovky. Mezi těmito oblastmi nebyly téměř žádné vrty, což by negativně ovlivnilo přesnost modelů. Proto bylo zkoumané území pro účely modelování v programu Rockworks rozděleno na dva výřezy, a to oblast Peroltice a oblast Bulovka (Obr. 5, kapitola metodika). Lokalizace vrtů ve uvedena v příloze 2.

Litologicky převažovaly v rámci ledovcových sedimentů dle popisu vrtů písek, štěrkovitý písek (štěrkopísek), štěrk a jíl (Příloha č. 3, popis vrtů). U většiny vrtů dochází ke střídání litofacií písku a štěrkovitého písku, štěrk a jíl se objevují spíše podřízeně. Hrubozrnné facie byly zastoupeny převážně štěrkovitým pískem, který byl zastižen ve větších mocnostech v mnoha vrtech, nejvyšší mocnost byla pozorována u vrtů Ae-29 a Ae-21 v oblasti Peroltice a činila 32 m (hloubkový interval 2-34 m), respektive 15,4 m (hloubkový interval 9-24,4 m). Jinak byla mocnost této facie mnohem nižší, pokud byla přítomna, činila cca 6-7 m (vrty Ae-1, Ae-17 a Arn-1). Mocnosti facie štěrkovitých písků byly mnohem nižší u vrtů v oblasti Bulovka. Zde byla maximální mocnost pozorována u vrtu Ba-10 a činila

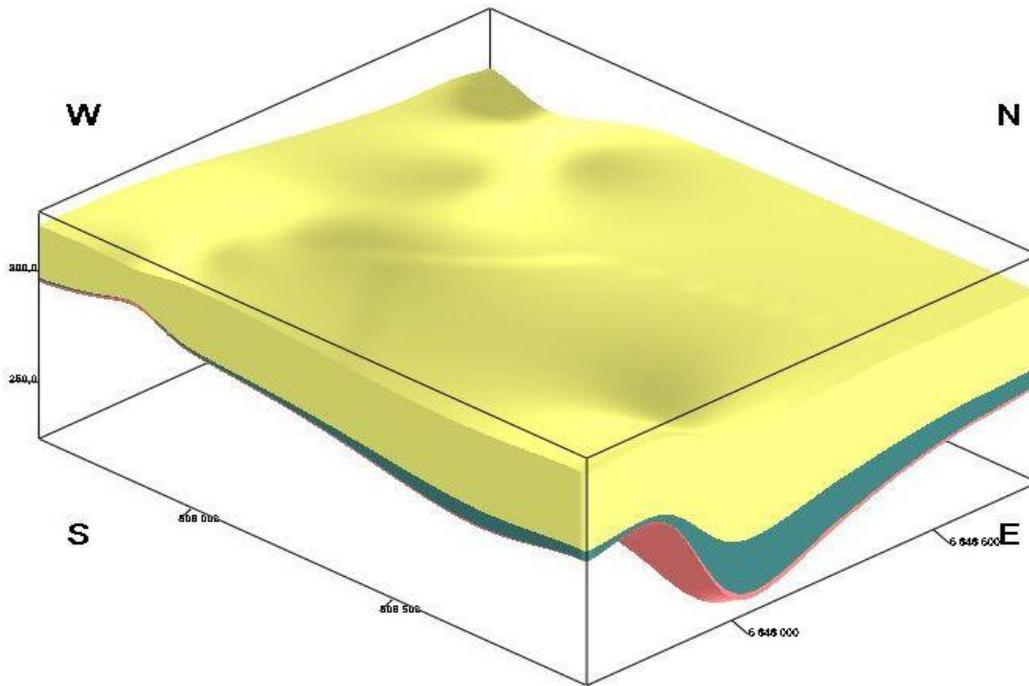
11,4 m (hloubkový interval 5-16,4 m). Jinak se mocnosti pohybovaly cca od 3 do 9 m. Za zmínku stojí vrt Ae-17 u Peroltic, kde byla navrtána štěrkovitá litofacie o mocnosti 12,2 m (hloubkový interval 16,2-28,8 m).

Písčité litofacie mají velmi proměnlivou mocnost, časté je střídání se štěrkovitým pískem, zvláště v oblasti Peroltice. Zde nejvyšší mocnost činila 50,7 m ve vrtu Arn-1 (hloubkový interval 0,3-51 m), dále 33,8 m a 32 m ve vrtech Ae-35 (hloubkový interval 0,2-34 m) a Ae 36 (hloubkový interval 4-36 m). Mocnosti písčitých litofacií byly mnohem nižší v oblasti Bulovka, kde bylo maximum 10,2 m a 10 m popsáno ve vrtech Ba-2 (hloubkový interval 1,8-12 m) a Ba-3 (hloubkový interval 1,8-11,8 m).

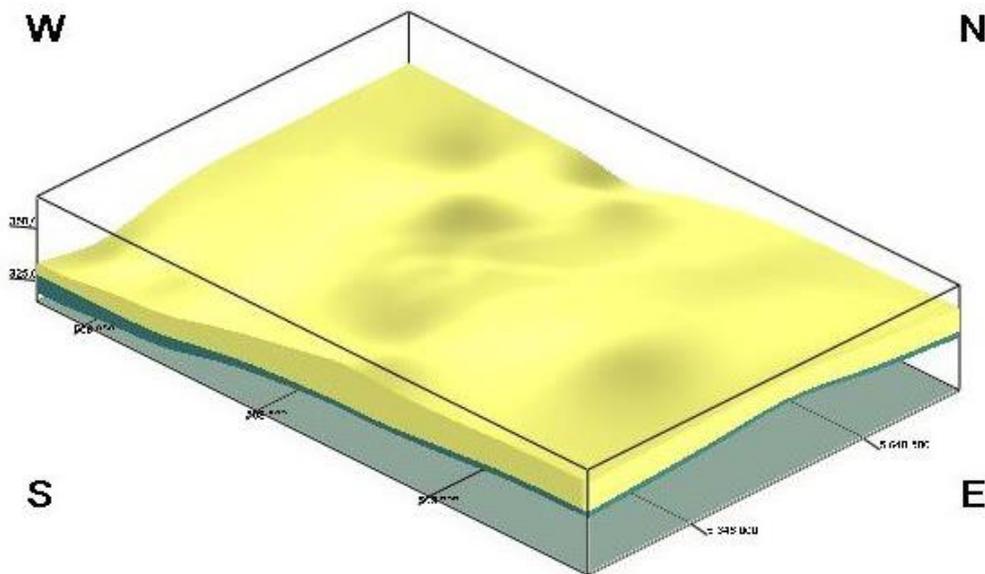
Jíl tvoří obvykle polohy do mocnosti 20 cm. Větší mocnosti jílové litofacie byly pozorovány v oblasti Bulovka a max. mocnost činila 6,8 m (vrt Ba-11, hloubkový interval 2,5-9,3 m), 3,5 m (vrt Ba-14, hloubkový interval 3,5-7 m) a 2 m (Ba-6, hloubkový interval 3,6-5,6 m). Tyto polohy nejsou korelovatelné, protože nejde o sousední vrty a v jiných vrtech nebyly takovéto polohy identifikovány.

Ve vrtech byly zastiženy tři stratigrafické jednotky. V podloží to bylo proterozoikum, dále terciér a kvartér. Proterozoikum bylo zastiženo v pěti vrtech v oblasti Peroltic, zatímco v oblasti Bulovka nebylo ve vrtech popsáno, hlavně z důvodů menší hloubky vrtů. Terciér byl zastižen téměř ve všech vrtech, chyběl ve vrtech Ae-12, Ae-21 (oblast Peroltice), Ba-15 a Ba-6. V takových případech na proterozoikum nasedal přímo kvartér (Oblast Peroltice), nebo byl ve vrtech zastižen jen kvartér (oblast Bulovka). Pro účely modelování stratigrafie byly tedy použity tři jednotky pro oblast Peroltice (proterozoikum, terciér a kvartér) a dvě pro oblast Bulovka (terciér a kvartér) (Obr. 12 a 13). Předkvartérní morfologie (Obr. 14 a 15) byla modelována podle nadmořské výšky povrchu předkvartérních jednotek pomocí interpolace mezi jednotlivými vrty.

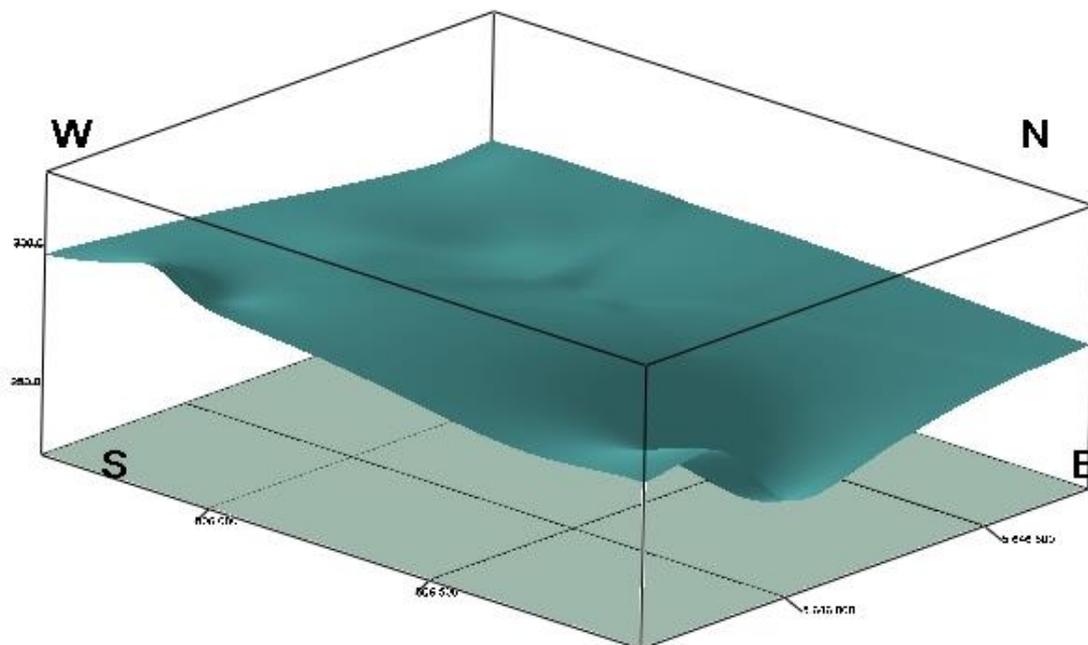
Modely ukazují, že mocnost kvartéru silně kolísá. Minimální mocnost kvartéru činila 1,5 m ve vrtu Ba-8 a maximální mocnost byla popsána ve vrtu Arn-1 a činila 51 m. V případě vrtu Ba-8 byl kvartér tvořen jen půdním horizontem, pod kterým byl přímo terciér. Pokud se vezmou v potaz jen ledovcové sedimenty, minimální mocnost byla tedy zastižena ve vrtu Ba-15 a činila 5,2 m. Modely také ukazují, že rozdíly v mocnosti kvartéru byly zjištěny i mezi sousedními vrty. V oblasti Bulovka byla mocnost kvartéru obecně nižší oproti oblasti Peroltice.



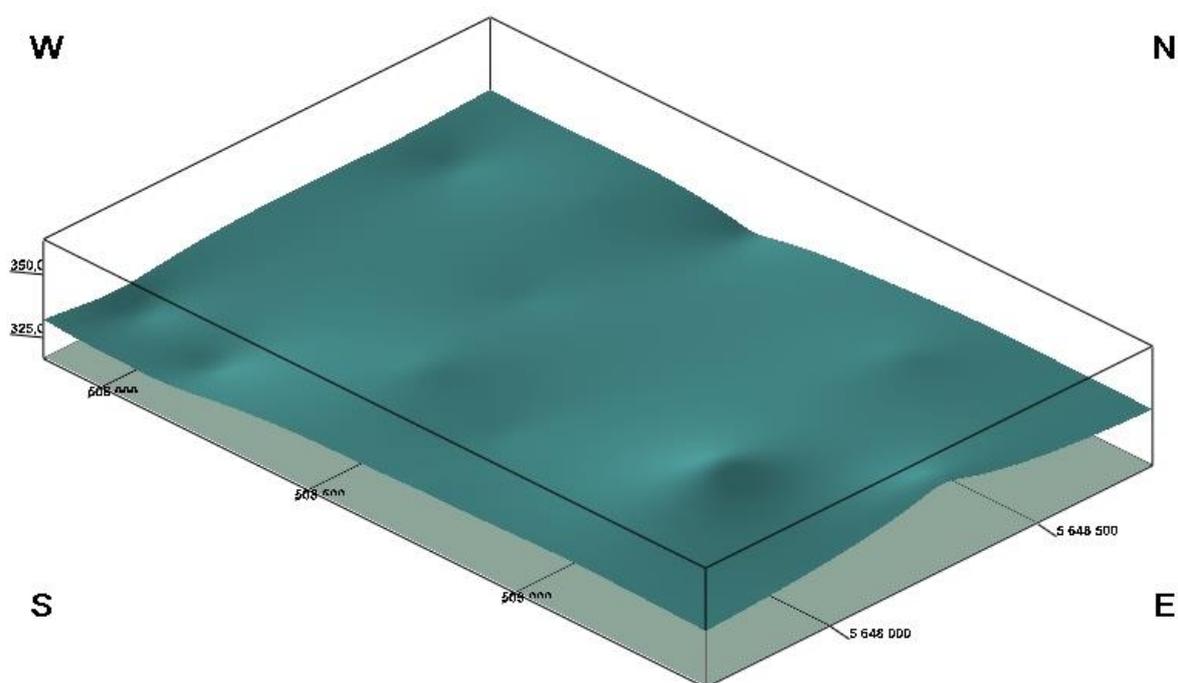
Obr. 12: Stratigrafický model oblasti Peroltice zachycující mocnosti jednotek: proterozoikum (růžová), terciér (zelená) a kvartér (světle žlutá), převýšeno 5x.



Obr. 13: Stratigrafický model oblasti Bulovka zachycující mocnosti jednotek: terciér (zelená) a kvartér (světle žlutá), převýšeno 5x.



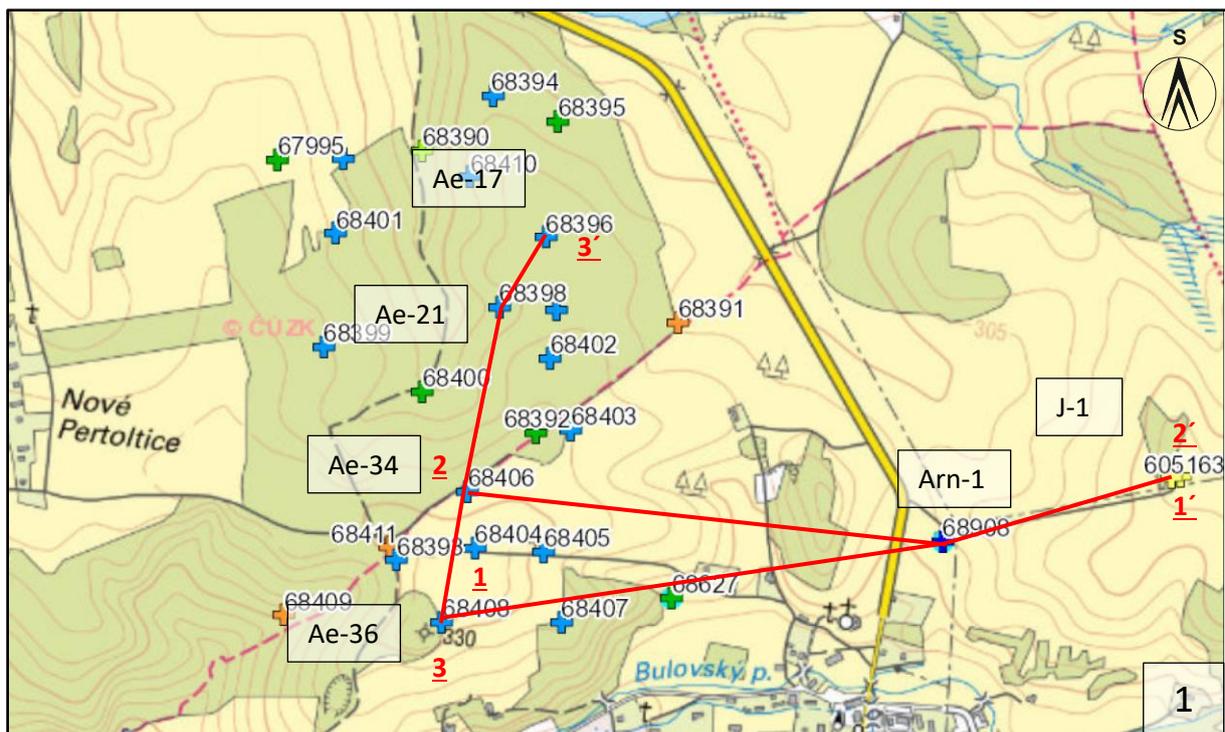
Obr. 14: Předkvartérní povrch na lokalitě Peroltice, převýšeno 5x.



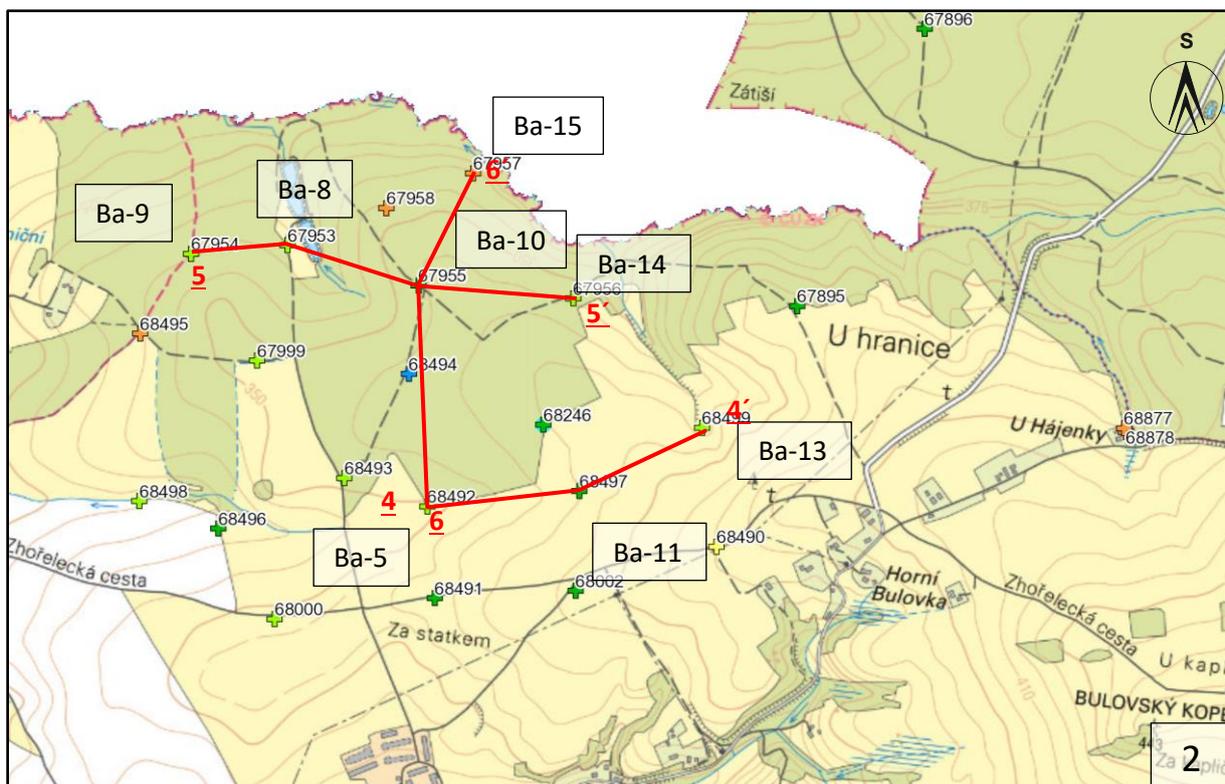
Obr. 15: Předkvartérní povrch na lokalitě Bulovka, převýšeno 5x.

6.4. Geologické řezy

Geologické řezy byly vedeny přes vybrané vrty. Linie vedení řezů je znázorněna na obr. 16 a 17. Jednotlivé řezy jsou znázorněny v příloze č. 4 této diplomové práce.



Obr. č. 16: Pozice vedení geologických řezů v oblasti Peroltice, podklad mapa ČGS (zdroj:<http://geology.cz>), měřítko 1: 15 000, 2018.



Obr. 17: Pozice vedení geologických řezů v oblasti Bulovka, podklad mapa ČGS (zdroj:<http://geology.cz>), měřítko 1: 15 000, 2018.

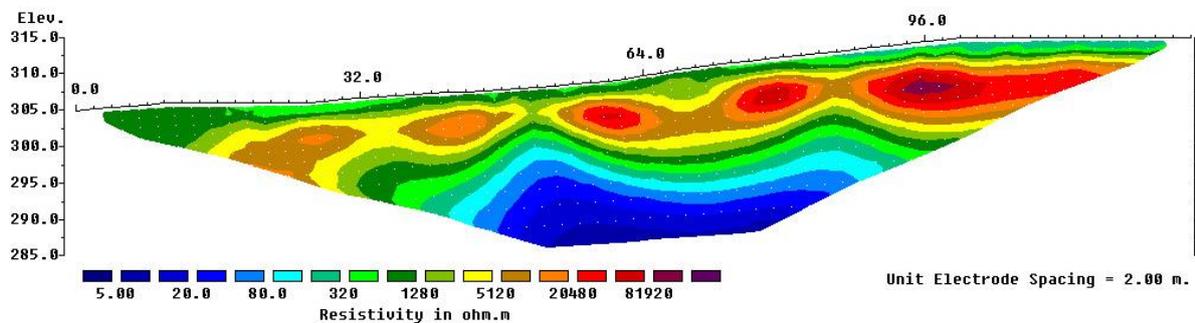
V oblasti Peroltice byly konstruovány tři geologické řezy, řez 1-1' byl veden ve směru JZ-SV, řez 2-2' ve směru přibližně V-Z a řez 3-3' ve směru přibližně S-J. Řez 1-1' je veden podél tří vrtů: Ae-36, Arn-1 a J-1, přičemž poslední z nich není zachycen ve stratigrafickém modelu, protože se nachází příliš osamoceně na východě. Na bázi vrtu Arn-1 se nachází štěrkopísek, na ostatních vrtech nebyl zastížen. V nadloží je písčité litofacie, mající malou mocnost na okrajích profilu, zatímco u vrtu Arn-1 byl zachycen velice mocný sled (45 m). V nadloží se nachází drobná poloha štěrku u vrtu Ae-36. V nadloží je ještě tenký půdní pokryv. Řez 2-2' začíná o cca 150 m severněji u vrtu Ae-34 a kříží se s řezem 1-1' na místě vrtu Arn-1 a končí taktéž u vrtu J-1. Ve vrtu Ae-34 převažují štěrkovité litofacie, mezi nimi jsou četné polohy písčité litofacie a tenké vložky jílovité litofacie. Nad tímto sledem je štěrkovitá poloha a svrchní část vrtu je tvořena písčitou litofacií. Sled je zakončen půdním pokryvem. Řez 3-3' je veden podél čtyř vrtů, z toho předposlední vrt představuje křížení s řezem 2-2' u vrtu Ae-34 a řez 3-3' končí u vrtu Ae-36, kde začíná řez 1-1'. Na bázi řezu byly popsány štěrkovité a štěrkopísčité litofacie u vrtů Ae-17 a Ae-21, které jsou korelovatelné s touž facií ve vrtu Ae-34. Těsně pod povrchem byly u vrtu Ae-17 přítomny i hrubozrnější štěrkovité a štěrkopísčité polohy.

V oblasti Bulovka byly vedeny tři řezy severně od obce Bulovka, řezy 4-4' a 5-5' přibližně ve směru V-Z a řez 6-6' ve směru J-S. Řez 4-4' byl veden podél tří mělkých vrtů (Ba-5, Ba-11 a Ba-13). Směrem k V roste nadmořská výška a prostřední vrt se nachází na mírné elevaci. Na bázi byla zachycena litofacie štěrkopísku u všech vrtů. Hlavní litofacie, objevující se v nadloží, je písčité a tvoří většinu sledu v obou krajních vrtech, jen ve vrtu Ba-13 a především ve vrtu Ba-5 ve větší mocnosti se objevují vložky štěrkopísčitého materiálu. V prostředním vrtu Ba-11 je mocná poloha jílu, která nebyla zastížena v krajních vrtech a tak tvoří vyklíňující těleso. V nadloží všech vrtů je tenký půdní pokryv. Řez 5-5' je veden podél čtyř vrtů a nadmořská výška stoupá směrem k V. Stejně jako u předchozího řezu, na bázi vrtů je přítomna litofacie štěrkopísku a to u vrtů Ba-10 a Ba-14. Nad ní je nachází písčité litofacie u vrtů Ba-8, Ba-9 a Ba-10, zatímco u krajního vrtu Ba-14 jsou v nadloží štěrkopísku jílovité litofacie. Tyto dvě jednotky se patrně laterálně zastupují. V nadloží je opět půdní pokryv.

6.5 Elektrická odporová tomografie

Odporový profil č. 1 (Obr. 18) na lokalitě Arnoltice má délku 120 m, rozpětí elektrod 2 m a dosáhl do hloubky ~20 m. Měrné odpory se pohybují ve velmi širokém rozmezí od 5 Ω m do cca 82 000 Ω m. Profil ukazuje téměř vertikální rozvrstvení do tří zón. Svrchní

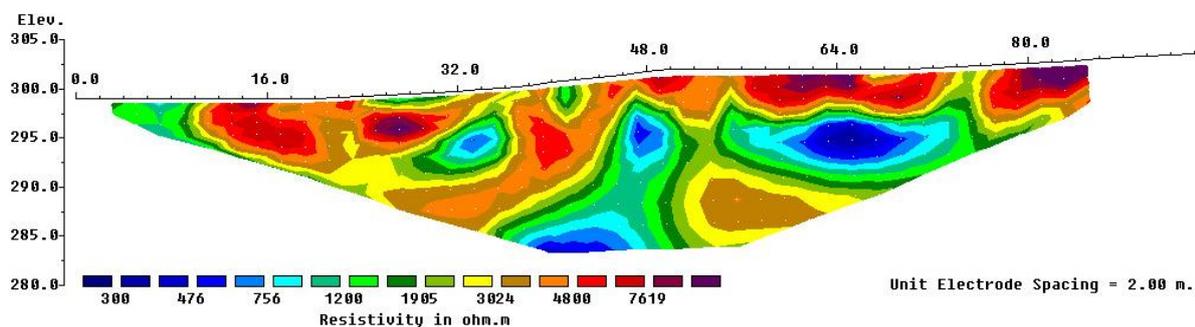
povrchová doména vykazuje střední hodnoty měrných odporů (~320-1280) Ωm a lze ji sledovat po celé délce profilu a má malou mocnost do 2-3 m. Tato doména odpovídá půdnímu horizontu. Doména ležící v podloží má mocnost ~10 m a má mnohem vyšší a více rozkolísané hodnoty měrných odporů. Vysoce odporové polohy uvnitř domény mají oválný a čoučkovitý tvar, maximální hodnota cca 82 000 Ωm byla zjištěna v metráži 96 m v hloubce ~10-15 m. Tato tělesa byla detekována v pravé části profilu od ~55 m profilu. Vysoce odporové zóny patrně patří suchým hrubozrnným štěrkovitým a štěrkopísčítým faciím, nižší hodnoty pak faciím s vyšším podílem jemnozrnného materiálu. Podložní zóna je charakterizována nízkými měrnými odpory, tudíž jde o dobře vodivé horniny. Minimální hodnoty byly inverzním modelem zjištěny na bázi. Tato doména dle výsledků z vrtů odpovídá terciérním jíílům.



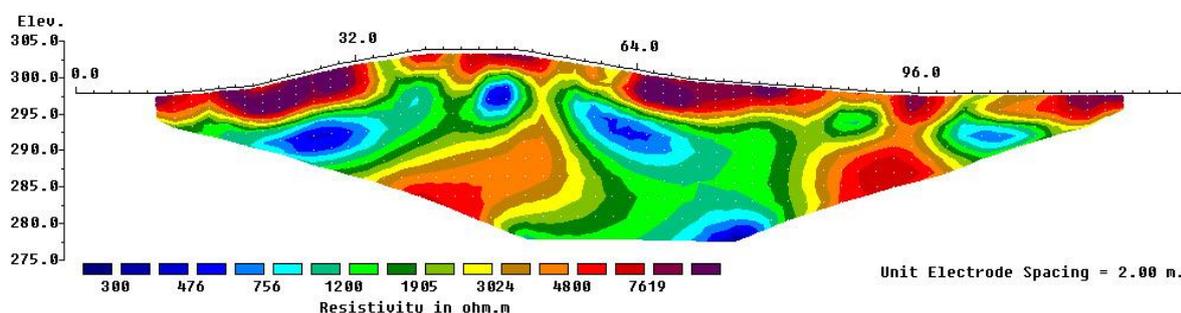
Obr. 18: ERT profil na lokalitě Arnoltice.

Na lokalitě Peroltice byly změřeny dva ERT na sobě kolmé profily (profil 2 a 3, obr. 19 a 20). Délka profilů byla 96 a 126 m. Hloubkový dosah činí 20-25 m. Rozpětí měrných odporů není tak široké jako v případě profilu č.1. Hodnoty se pohybují od ~300 do ~8000 Ωm u obou profilů. Rozvrstvení do domén není tak jednoznačné, přesto lze vyčlenit svrchní doménu o mocnosti cca 5 m, která je charakterizována vysokými měrnými odpory o hodnotě kolem 8 000 Ωm . Profil č. 2 znázorňuje dvě tělesa, první na cca 54 m a druhé na konci profilu. Profil č. 3 vykazuje tři tělesa: první se nachází na začátku profilu, druhé zhruba uprostřed a po srovnání s blízkými vrty jde pravěpodobně o štěrkovitá a štěrkopísčítá tělesa, lokalizovaná téměř u povrchu. V podloží jsou měrné odpory nižší u obou profilů, s hodnotami kolem 300 Ωm a tyto domény vytváří oválně čoučkovitá tělesa, mezi nimi jsou zóny s vyššími měrnými odpory do ~5000 Ωm . Tato tělesa patrně odpovídají jílovitým polohám, popsáných ve vrtech, především pak v blízkém vrtu Ae-17, který se nachází 200 m jižně od konce profilu č. 2. Při bázi profilů jsou nižší hodnoty měrného odporu, zde může jít o navětralé ortoruly z proterozoika, které byly zachyceny ve vrtu Ae-1 v hloubce 11,2 m, kdy tento vrt se nachází

ve vzdálenosti 200 m západně od středu profilu č. 2 nebo o terciérní jíly, které ale byly popsány až v hloubce 32,7 m u vrtu Ae-17.

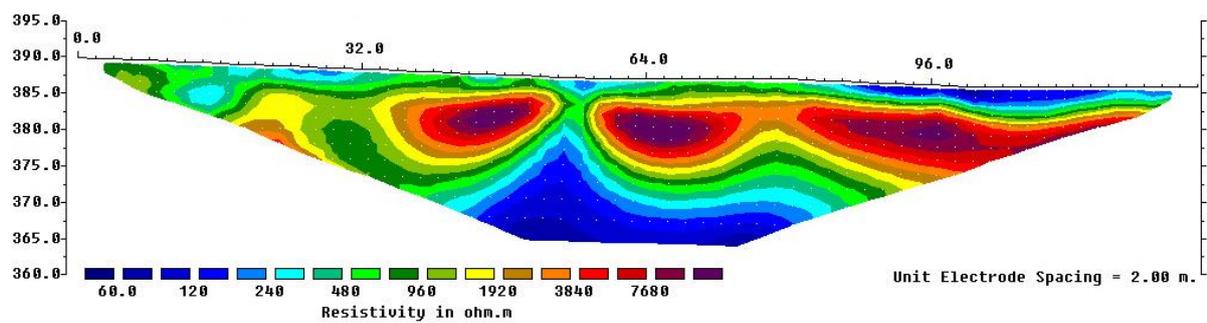


Obr. 19: ERT profil na lokalitě Peroltice, profil 2.



Obr. 20: ERT profil na lokalitě Peroltice, profil 3.

U Bulovky byl změřen jeden profil (obr. 21) o délce 126 m, do hloubky cca 25 m. Rozpětí měrných odporů je podobné jako u profilů z lokality Peroltice a pobybuje se od 60 do zhruba 8000 Ωm . Na profilu lze rozlišit tři odporové, horizontálně rozvrstvené domény. Přípovrchová doména ukazuje nízké měrné odpory a má maximální mocnost 2,5 m, přičemž výrazné těleso je v pravé části profilu a má měrné odpory kolem 60-120 Ωm . Tato poloha může odpovídat jílu, popsaných těsně pod povrchem v nejbližším vrtu Ba-11 (200 m severně od středu profilu). V podloží se objevuje doména o vyšších měrných odporech, jsou zde tři výrazná oválná tělesa (~5-10 m pod povrchem), dvě uprostřed a jedno na konci profilu. Tato tělesa odpovídají písčitém a šterkovým polohám. V podloží se nachází výrazná doména s nízkým měrným odporem do 120 Ωm (~15 m pod povrchem) a odpovídá bázi kvartéru, pod níž se nacházejí jílovité horniny terciéru, zastižené v hloubce 13,6 m ve vrtu Ba-11.



Obr. 21: Provedený geofyzikální řez na lokalitě Bulovka.

7. Diskuse

7.1. Depoziční prostředí

Na základě výsledků zrnitostních rozborů můžeme provést rekonstrukci prostředí a podmínky geneze glaci-fluviálních sedimentů včetně typu a dynamiky transportu. Struktura a zrnitost glaci-fluviálních sedimentů je závislá na vzdálenosti od čela ledovce, kdy s rostoucí vzdáleností a při klesající rychlosti proudění se zjemňuje a od hrubozrnných štěrků přechází do jemnozrnných písků, které značí sedimentaci ve vzdálenějších polohách (Růžičková et al. 2003). Také z histogramů lze usuzovat na dynamiku prostředí. Obecně jsou pro glaci-fluviální sedimenty typické unimodální histogramy, ale lze se setkat i s bimodálními, či polymodálními histogramy v proximálnějších částech ledovcového výplavu (Dreimanis a Vagners 1971, Šimíček 2009). Polymodálnost některých vzorků způsobuje materiál štěrkové frakce, s vyšším podílem písčité frakce. Tento typ histogramů popsal Víšek (2003) z pískovny Horní Řasnice.

Výrazné změny v zrnitosti mohou souviset s pozicí uvnitř výplavové plošiny, což determinuje jak zrnitost, tak textury ukládaného materiálu. Zde může být hlavním činitelem překládání koryt, což je častý jev zejména ve střední části výplavové plošiny. Polohy a čočky hrubozrnného materiálu pravděpodobně vznikaly během krátkodobých výkyvů. Takové události lze interpretovat jako oscilace menšího řádu na bázi denní rytmicity, nebo krátkodobých událostí, které vedly ke zvýšení nebo snížení průtoku (Elias ed. 2007). Naproti tomu jemnozrnné polohy patrně představují materiál usazený v menších depresích nebo stagnujících nádržích mezi glaci-fluviálními koryty, také může jít o distálnější mimobřežní sedimenty usazené mezi hlavními koryty. Jílové polohy obvykle drobná tělesa nebo vložky o malé mocnosti podporující tvrzení o lokálních nádržích. Větší mocnosti jemnozrnných jílovito-prachovitých sedimentů byly popsány ve vrtech v oblasti Bulovka, což může dokazovat stálější vodní plochu. Tyto polohy ovšem nejsou mezi vrty korelovatelné, proto patrně nešlo o jednotný sedimentační prostor tohoto typu.

Na lokalitě Arnoltice lze pozorovat fluktuace, které patrně souvisely s měnící se vzdáleností od čela ledovce. Horizontální a subhorizontální laminace, hojně přítomna na lokalitě, odráží sedimentaci při nízkém odtoku a při nízké rychlosti proudění. Naproti tomu šikmá laminace značí migraci těles sedimentů ve směru proudící vody za podmínek vyššího odtoku a vyšší energie proudění (Benn, Evans 2004). Na této lokalitě dle klasifikace Mialla (1985) dominují vrstvy hrubozrnného písku typu St a Sh. Celkově vykazují obě lokality v okolí Arnoltic shodné znaky, a proto se na jejich vzniku podílely stejné sedimentační procesy. Jejich sedimenty mají charakter uloženin ve střední části výplavové plošiny. Pro tuto část je typická

sít širokých a mělkých koryt (Reading ed 1996, Elias ed. 2007). Ve svrchní části obou profilů byl zachycen sled jílovitých sedimentů, který může značit ústupovou fázi ledovce.

Zrnitostní rozbor z lokality Bulovka značí, že se jedná o proximálnější část výplavové plošiny. Na lokalitě dominují ve spodní části profilu sedimenty typu Gt a Gp, které do nadloží přechází do typů Sh a St dle Mialla (1985), což odráží sedimentaci při stavu nízkého odtoku při střední až středně nízké energii proudění. Celkově lze do nadloží pozorovat zjemňování facií, což zachycuje výraznou ústupovou fázi ledovce. Sled je zakončen opět jemnozrnnými sedimenty facie Fm, jejíž sedimentace mohla probíhat ve stagnujících částech glacifluviálního systému.

7.2. Vnitřní architektura glacifluviální plošiny

Na základě popisu sedimentárních litofacií, údajů z vrtných dat a ERT měření z profilů lze dle Mialla (1985) usuzovat na vnitřní architekturu glacifluviální plošiny. Bohužel, studované lokality se nacházely jen na jejím okraji. Z dostupných výsledků lze vyčíst, že výplavová plošina ve studované oblasti byla protkána, hlavně v proximální a střední části, sítí větších (hlavních) a menších koryt různé hierarchie (Elias ed. 2007). Směrem dále od ledovce byla tako koryta méně zřetelná (Benn a Evans 2004). V nich se patrně akumulovaly štěrkovité a hrubozrnné litofacie (korytovité sedimenty). V profilech byly identifikovány příčné štěrkové valy (Gp) a výplně menších koryt (Gt), spadající pod jednotku GB. Výplně hlavních koryt sice nebyly popsány na profilech, ale mohly být zachyceny na ERT profilech jako ostře vymezené a plošně rozsáhlejší mísovité tvary. Směrem dále od čela ledovce jednotlivá koryta splývala a tvořila plošnější pokryv. Architektura tohoto pokryvu byla různá. Písčité tělesa s šikmou laminací patrně tvořila plošně rozsáhlejší foresety a odrážela migraci těles sedimentů ve směru proudící vody. Tvar takových těles se označují jako megačeřiny (Benn a Evans 2004). Hojně byly také foresety s korytovitým zvrstvením. Písčité tělesa s horizontálním či subhorizontálním zvrstvením odrážela sedimentaci za nízkého odtoku. Dominantními tvary byly dle Mialla (1985) písčité pokryvy (LS) a písčité dnové formy (SB), podřízeně také štěrkové pokryvy (SB). V místech s klidnější sedimentací dominovaly laminované nebo masivní jemnozrnné sedimenty jednotky FF (Miall 1985).

7.3. Modelování vrtných dat

Z hlediska modelování báze kvartéru je důležité, že ve všech vrtech byla popsána báze kvartéru. V jeho přímém podloží bylo zastiženo proterozoikum nebo terciér. Lze předpokládat, že mezi proterozoikem a kvartérem je ostrá erozní hranice. Modelace preglaciálního reliéfu je

důležitá pro pochopení podmínek sedimentace v glacifluviálním systému. Hanáček (2018) ve své disertační práci poukázal, že preglaciální reliéf byl hlavním řídicím faktorem sedimentace během postupu i ústupu ledovce. Přesnost modelů je omezena dostupnými vrty, jejich rozmístěním a kvalitou jejich zpracování, dále metodou interpolace.

Je zřejmé, že glacifluviální sedimenty vyplňovaly přednostně terénní deprese, což nejlépe ilustruje vrt Arn-1, kde byla preglaciálně založená deprese vyplněna mocným sledem glacifluviálních sedimentů. Naopak v místech, kde byly menší preglaciální elevace, byla pozorována menší mocnost výplně. Ve výsledku tak došlo ke značnému zarovnání reliéfu, tento fenomén popsali na území České republiky Sedláček (2008), Šimíček (2008) a Hanáček (2018), konkrétně v moravskoslezské glaciální oblasti. Rozdílné mocnosti glacifluviálních sedimentů v obou oblastech, vyplývající z modelů, souvisí s rozdílným stářím a rozdílnou nadmořskou výškou. Oblast Peroltice s velkou mocností glacifluviální výplně náležela ke střední části výplavové plošiny, a proto se zde mohlo akumulovat větší množství sedimentů. Dle výzkumů mají sedimenty v této oblasti elsterské stáří (Nývlt et al. 2011). Dle vrtů také jejich mocnost silně kolísá. Oblast Bulovka vykazuje nižší mocnost glacifluviální výplně, což může odpovídat proximálnější části výplavové plošiny, navíc jejich mocnost příliš nekolísá. Domněnku o sedimentaci v proximálnější části podporují vrtná data i výsledky zrnitostního rozboru, zejména vyšší podíl hrubozrnných facií. Tyto sedimenty spadají do sálského zalednění (Růžička 2004), u kterého je uváděn mnohem menší rozsah ve Frýdlantském výběžku (Nývlt et al. 2011). Pravděpodobně ledovec měl i menší mocnost, což tuto domněnku potvrzuje i Nývlt (1998). Navíc při vyšší energii proudění v proximálních částech dochází k odnosu materiálu dále od čela ledovce a ve středních částech výplavové plošiny se může akumulovat větší množství sedimentů oproti proximálním partiím. Oblast Bulovka se také nachází ve vyšší nadmořské výšce (současný povrch vrtů: 292-338 m n. m.), jak je patrné z řezů oproti oblasti Peroltice (současný povrch vrtů: 304-365 m n. m.). To může být další důvod nižší mocnosti výplně u oblasti Bulovka.

Dle geologických řezů lze zčásti korelovat jednotlivé litofacie. V oblasti Peroltice bylo zachyceno patrně několik oscilací, nejsvrchnější část vrtů pak dokumentují generelně ústupovou fázi, ikdyž lokálně jsou přítomny hrubozrnné facie i těsně pod povrchem. Řezy z oblasti Bulovka ukazují, že na bázi jsou hrubozrnné štěrkopísky a v nadloží jsou písčité litofacie. Lokálně jsou vyvinuty mocné polohy jílovitých litofacií, které tvoří vložky v okolních písčitých litofaciích, nebo se vzájemně zastupují. Celkově lze z vrtů v oblasti usuzovat na ústupovou fázi ledovce, což je v souladu s výsledky z profilu P4 u Bulovky.

7.4 Odporová tomografie

Pro studium výplně glacifluviální plošiny byla použita metoda elektrického odporového profilování, ze kterého lze usoudit na tvar a struktury sedimentárních těles. Pro další interpretace bylo použito blízkých vrtů. Metoda ERT se jeví jako zvláště vhodná pro studium vnitřní stavby glacifluviálních sedimentů, zejména rozlišení facií o různé zrnitosti. Takto byly identifikovány polohy hrubozrnného, patrně štěrkopísčitého a štěrkovitého materiálu, mající vysoké měrné odpory. Naopak, jemnozrnné sedimenty jílovité a prachovito-jílovité povahy mají velmi nízké měrné odpory. ERT profily ukazují, že jednotlivé facie ne vždy tvoří průběžné horizonty, ale spíše čočkovitá tělesa, která vyklíňují a vzájemně se zastupují s jinými faciemi. Hrubozrnná tělesa mají nápadné omezení a vykazují mísovitý tvar a lze je interpretovat jako výplně koryt tavných vod.

Použitelnost ERT pro studium sedimentů o různé zrnitosti byla ověřena zejména ve fluviálním prostředí (Bábek et al. 2018). Podobný výzkum prováděl i Nehyba et al. (2017), kdy se zaměřil na výzkum říčního koryta ve vztahu s opevněním areálu Pohanska, kdy byla za použití ERT zjištěna přítomnost dvou koryt. Odkryvnými pracemi se jim však podařilo potvrdit pouze jedno koryto. Výzkum glacifluviálních sedimentů za použití ERT nebyl dosud publikován. Tam, kde bylo rozpoznáno v glacifluviálních sedimentech více domén, lze usuzovat na rychlé střídání podmínek v sedimentaci, zatímco z pohledu měrných odporů homogennější domény (vrstvy) mohou představovat sedimentační tělesa vzniklá za podobných podmínek. U ERT profilů prováděných v glacifluviálních sedimentech může být důležitá orientace vůči postupu ledovce, na druhou stranu koryta tavných vod mohla mít lokálně různé směry. Generelní směr postupu ledovce ve Frýdlantském výběžku byl pravděpodobně od SSV (Víšek 2003), pak tedy profily 1, 3 a 4 jsou orientovány kolmo ve směru zhruba Z-V, zatímco profil 2 je paralelní. Pomocí ERT také lze identifikovat bázi glacifluviální výplně za předpokladu, že podloží je odporově kontrastní, což byl případ lokalit Arnoltice a Bulovka (profily 1 a 4). Na lokalitě Peroltice je situace nejasná, lokálně bylo některými vrty v podloží zastíženo proterozoikum, zatímco jinými terciér, pravděpodobně v závislosti na lokální morfologii. Pokud jsou v podloží navětralé ortoruly proterozoika, odporový kontrast může být malý.

8. Závěr

Tato diplomová práce se zabývala výzkumem stavby glaci-fluviální plošiny ve střední části Frýdlantského výběžku. Dílčí výsledky z popisu litofacií, zrnitostních analýz, ERT měření a modelování vrtných dat přinesly nové výsledky, ale teprve jejich syntézou lze upřesnit a podpořit interpretace. Preglaciální morfologie nebyla ve studovaném území dosud doložena, stejně tak nebyly dosud provedeny ERT měření. Jako každá geofyzikální metoda, i ERT vyžaduje porovnání s vrtnými daty, jinak budou interpretace nejednoznačné. Bylo prokázáno, že ERT je vhodnou metodou pro studium tvarů a identifikaci těles v glaci-fluviální plošině, zejména facií různé zrnitosti. Také lze pomocí ERT doložit preglaciální podloží, což ovšem závisí na mocnosti kvartérních sedimentů a dostatečném odporovém kontrastu vůči podloží.

Výsledky ukázaly, že hlavním řídicím faktorem glaci-fluviální sedimentace ve vymezeném území byla preglaciální morfologie terénu. K akumulaci většího množství sedimentů tavných vod docházelo v preglaciálně založených depresích. Tam, kde byly preglaciálně založené elevace, byla naopak mocnost výplně nižší. Mocné akumulace sedimentů se tak ve výsledku podílely na značném zarovnání původně členitějšího reliéfu. Pro oblast Peroltice je typická velká mocnost glaci-fluviálních sedimentů elsterského stáří. Tyto sedimenty pravděpodobně vznikly ve střední části výplavové plošiny. Jednotlivé litofacie vzácně tvoří plošně protáhlá tělesa korelovatelná mezi vrty, častější je laterální zastupování facií, v závislosti na pozici uvnitř systému. Korytovité facie tvoří hrubozrnná tělesa, zatímco jemnozrnné sedimenty se akumulovaly ve stagnujících částech systému, nebo dále od hlavních koryt. Náhlé vertikální změny v zrnitosti facií mohly být způsobeny překládáním koryt. Hrubozrnnější sedimenty v oblasti Bulovka patrně dokládají proximálnější část výplavové plošiny. Právě oblast severní části Frýdlantského výběžku, včetně okolí Bulovky a Horní Řasnice, je uváděna jako nejjižnější území dosahu sálského ledovce. Sálský ledovec měl menší mocnost i rozsah (Nývlt et al. 2011), což bylo spolu s vyšší nadmořskou výškou oblasti Bulovka příčinou menší mocnosti glaci-fluviální výplně. Ve všech studovaných profilech byly doloženy ústupové fáze ledovce, což je v souladu s údaji ve vrtech (respektive ve svrchních částech). Menší výkyvy souvisely s oscilacemi menšího řádu. Celkově výzkum poukázal na velkou dynamiku prostředí v glaci-fluviální plošině.

9. Seznam literatury

- Bábek, O., Faměra, M., Grygar Matys, T., Nováková, T., (2017):** Sedimenty regulovaného koryta řeky Moravy – vztah zrnitosti, obsahu těžkých kovů a magnetické susceptibility. 18. Kvartér – Sborník abstrakt. Masarykova univerzita. Brno.
- Badura, J., Przybylski, B., (1998):** Extend of the Pleistocene ice sheets and deglaciation between the Sudeten and the Silesian Rampart. *Biul. Państwowego Inst. Geol.* 385, 9-28.
- Benn, D.I., Evans, D.J.A., (1998):** *Glaciers and Glaciation.* Edward Arnold, London.
- Benn, D.I., Evans, D.J.A., (2004):** *A Practical Guide to the Study of Glacial Sediments,* Edward Arnold, London. **Berder, J.,J., Zitzmann, A., Opletal, M., Nývlt, D., Valečka, J., Prouza, V., et al., (2002):** *Geologische Übersichtskarte 1:200 000, CC 5500 Görlitz.* BGR, Hannover.
- Boháč, P., Kolář, J., (1996):** *Vyšší geomorfologické jednotky České republiky.* – Český úřad zeměměřický a katastrální, Praha.
- Czudek, T., (2005):** *Vývoj reliéfu krajiny České republiky v kvartéru.* – Moravské zemské muzeum, Brno.
- Demek, J., (1987):** *Obecná geomorfologie.* – Akademia. Praha.
- Dreimans, A., Vagners, U.J. (1971):** Bimodal distribution of rock and mineral fragments in basal tills. *In Goldtwait, R.P. (ed.) Till a Symposium, 237-250,* Ohio State Univ. Press, Ohio.
- Elias, S., A. ed. (2007):** *Encyclopedia of quaternary science, four – volume set, 1-4.* -1-3576, Esvier, London.
- Folk, R. L., Ward, W. C. (1957):** Brazos River bar: A study in the significance of grain size parameters. – *Journal of sedimentary Petrology,* 31, 514–529.
- Hanáček, M., (2010):** *Sedimentologické studium glacifluviálních sedimentů na lokalitě Kolnovice na Jesenicku – Diplomová práce, Masarykova Univerzita, Brno.*
- Hanáček, M., (2018):** *Depoziční prostředí sedimentů pleistocenního kontinentálního zalednění v podhorském reliéfu východních sudet (Jesenicko) – Disertační práce, Masarykova univerzita, Brno.*

Honsa I., Vonička, P. (2010): Příroda Frýdlantska. 1. vydání. Jizersko-ještědský horský spolek, 246 s, Liberec.

Chaloupský, J., Červenka, J., Králík, F., Líbalová, J., Píchová, E., Pokorný, J., Pošmourný, K., Sekyra, J., Shrbený, O., Šamanský, K., Šrámek, J., Václ, J. (1989): Geologie Krkonoš a Jizerských hor. – 1 -233, Akademia. Praha.

Janásková, B., Engel, Z., (2009) – Altitudinal limit of the ice-sheet glaciation in Northern Bohemia – new evidence from the saddle under Andělský vrch hill. In: Mentlík, P., Hartvich, F. (Eds.), Geomorfologický sborník 8. Czech Association of Geomorphologists, Plzeň, pp.21.

Klomínský, J., (1969) – Krkonošsko-jizerský granitoidní masív. Sborník geologických věd. Geologie, **15**, 7-133.

Kózdroj, W., Krentz, O., Opletal, M. (Eds),(2001) – Comments on the geological Map Lausitz-Jizera-Karkonosze (without Cenozoic sediments) 1:100,000. Państwowy Instytut Geologiczny. Warsaw.

Králík, F. (1989): Nové poznatky o kontinentálním zalednění severních Čech. – Sborník geologických věd, Antropozoikum, 19, 9-74, Praha.

Macoun, J., Králík, F. (1995): Glacial history of the Czech republic – In; Ehlers J., Kozarski S., Gibbard P.L. (Eds.): Glacial deposits on North-East Europe, 389-405, Rotterdam.

Marks, L., (2005): Pleistocene glacial limits in the territory of Poland. Przegl. Geol. 53 (10/2), 988 – 993.

Mísař, Z., Dudek, A., Havlena, V., Weiss, J., (1983): Geologie ČSSR I. Český masív. – SPN. Praha.

Miall, A.D. (1977): A Review of the braided-river depositional environment. – Earth Science Reviews, 13, 1–62.

Miall, A.D. (1985): Architectural element analysis: a new method if facies analysis applied to fluvial deposits. – Earth Science Review, 22, 262 – 308.

Morch, V. (1958): Geomorfologie střední části Frýdlantského výběžku. – Sborník Československé společnosti zeměpisné, 63, 309-322. Praha.

Nehyba, S., Dresler, P., Doláková, N., Kuda, F., Prišťáková, M., Šimík, J., Škojec. J., Kirchner, K., (2017): Raně středověké koryto a jeho vztah k fortifikačnímu systému

velkomoravského Pohanska u Břeclavi: archeologie, geoarcheologie, sedimentologie, paleoekologie. 23. Kwartér – Sborník abstrakt. Masarykova univerzita. Brno.

Nývlt, D., (1998): Kontinentální zalednění severních Čech, Geografie – sborník české geografické společnosti, 4, 445-457, Praha.

Nývlt, D., (2001): Main advance direction and maximum extent of Elsterian ice sheet in the eastern part of the Šluknov Hilly Land, Northern Bohemia, Czechia. SLOVAK Geol. Mag.7, 231-235.

Nývlt, D., (2003a) - Geomorphological aspects of glaxiation in the Oldřichov Highland, Northern Bohemia, Czechia. Acta Universitatis Carolinae – geographica, 35, Supplementum, 171-183. Praha.

Nývlt, D., (2003b) – Leigeschiebestatistik glazifluvialer Sande und Kiese von Mníšek, Nordböhmen. Archiv für Geschiebekunde, 4, 49-60.

Nývlt, D., (2003c) – Reconstruction of continental glaciation in the Oldřichow Highland: cooperation of geomorfology and the other research methods. In: P. Mentlík (ed.): Geomorfologický sborník 2, Stav geomorfologických výzkumů v roce 2003, příspěvky z mezinárodního semináře Geomorfologie 03 (22.-23. 4. 2003, Nečtiny), s. 171-176, Plzeň.

Nývlt, D., (2003d) – Statistika vŭdčích nordických souvků z mníšeckých glacifluviálních písků a štěrků. Zprávy o geol. výzk. v r. 2002, s. 93 – 97, Praha.

Nývlt, D., (2008) – Paleogeografická rekonstrukce kontinentálního zalednění Šluknovské pahorkatiny. Ph.D. thesis, 103 pp, Faculty of Science, Charles University, Praha.

Nývlt, D., Hoare P. G. (2000): Valounové analýzy glacifluviálních sedimentů severních Čech. – Věstník české geologické služby, 75, 2, 121-126. Praha.

Reading H.G. ed. (1996): sedimentary environments: Processes, facies and stratigraphy -third edition. – 1-688, Blackwell Science Ltd, Oxford.

Růžičková E., Růžička M., Zeman A., Kadlec J. (2001): Quaternary clastic sediments of the Czech Republic. Czech Geological Society, Prague.

Růžičková, E., (2003): Kwartérní klastické sedimenty České republiky: struktury a textury hlavních genetických typů. Česká geologická služba, Praha.

Sedláček, J. (2006): Kvartérně-geologické a geomorfologické studium vybraných lokalit severní části Frýdlantského výběžku. – Bakalářská práce, Masarykova univerzita, Brno.

Sedláček, J., (2008): Studium sedimentů kontinentálního zalednění na východě Opavska. – Diplomová práce, Masarykova univerzita, Brno.

Sekyra, J., (1961): Tracén of the Continental Glacier on the territory of Northern Bohemia. – Zesz. Nauk. Uniw. Wrocławskiego, Ser. B, **8**, 71-79. Wrocław.

Šibrava, V., (1967): Study on the Pleistocene of the glaciated and non-glaciated area of the Bohemian Massif. Sb. Geologických Věd Antropozoikum 4, 7-38.

Šimíček, D., (2009):. Studium sedimentů kontinentálního zalednění v Bohušovské pískovně na Osoblažsku: Geological research in Moravia and Silesia in the year. *Geologické výzkumy na Moravě a ve Slezsku*. 2009, **2009** (1-2), 42-47. Masarykova Univerzita, Brno.

Tucker, M. ed. (1995): Techniques in sedimentology. – 1 – 394, Blackwell Science, Oxford.

Víšek, J., (2003): Studium exotických valounů z glacienních sedimentů širšího okolí Frýdlantu. – ročníková práce, Masarykova univerzita, Brno.

Elektronické zdroje:

URL 1: Mapový server seznam.cz (2017): Turistické a satelitní mapy. Dostupné z: <http://mapy.cz> (cit.13.5.2017).

URL 2: Česká geologické služba (2018): Vrtná prozkoumanost. Dostupné z: https://mapy.geology.cz/vrtna_prozkoumanost/ (cit. 4.1.2019).

URL 3: Česká geologické služba (2018): Geologická mapa 1:50 000. Dostupné z: <https://mapy.geology.cz/geocr50/> (cit. 1.5.2019).

10. Přílohová část

Příloha č. 1 Geologická mapa studované oblasti

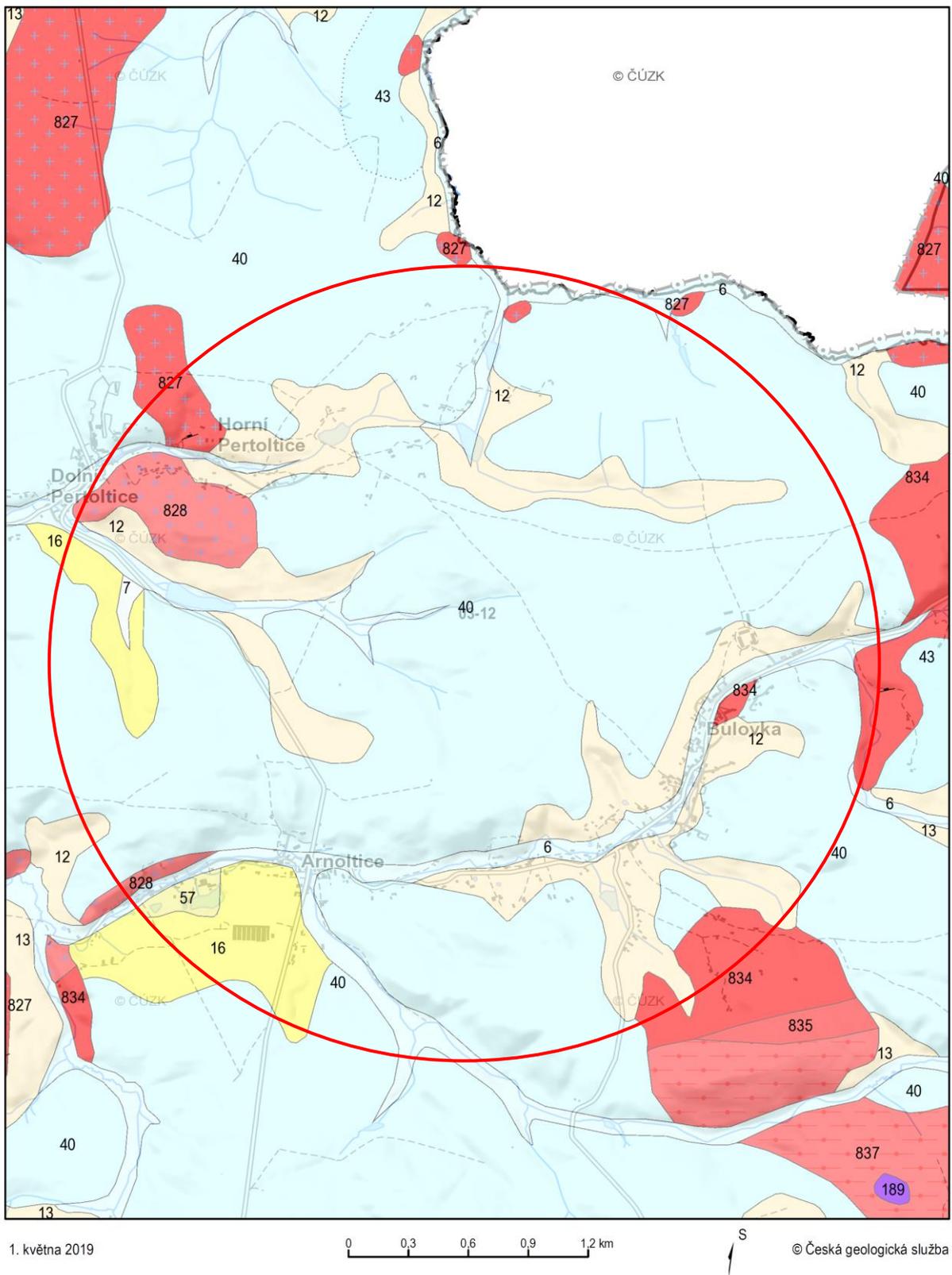
Příloha č. 2 Umístění vrtů

Příloha č. 3 Geologická dokumentace archivních vrtů

Příloha č. 4 Geologické řezy

Příloha č. 5 Histogramy a zrnitostní rozbor

Geologická mapa studované oblasti



Příloha č. 1.1 Geologická mapa zájmové oblasti, upraveno (zdroj: <http://geology.cz>), 2019.

Klad listů ZM50

Listoklad ZM 50



Geologická mapa 1 : 50 000

Hranice hornin GeoČR50

- hranice zjištěná
- - - - státní hranice
- petrografický přechod hornin

Horniny GeoČR50

kvartér

KENOZOIKUM

KVARTÉR

-  6 nivní sediment
-  7 smíšený sediment
-  12 písčito-hlinitý až hlinito-písčítý sediment
-  13 kamenitý až hlinito-kamenitý sediment
-  16 spraš a sprašová hlína
-  43 jíl, písek

kvartér akumulčních oblastí Českého masivu

KENOZOIKUM

KVARTÉR

-  40 jíl, varvy

terciér

Žitavská pánev

KENOZOIKUM

NEOGÉN

-  57 štěrky, jíly, písky, písčité jíly

terciér

KENOZOIKUM

TERCIÉR (PALEOGÉN-TERCIÉR)–KVARTÉR

-  189 nefelinický bazanit

lužická (západosudetská) oblast

magmatity lužické oblasti

**PROTEROZOIKUM–PALEOZOIKUM
NEOPROTEROZOIKUM, KAMBRIUM–ORDOVIK**

 827 granit

krkonošsko-jizerské krystalinikum

**PROTEROZOIKUM–PALEOZOIKUM
NEOPROTEROZOIKUM, KAMBRIUM–ORDOVIK**

 834 metagranit

 837 ortorula

Geologická mapa 1 : 50 000 - doplňky

Značky v mapě - body GeoČR50

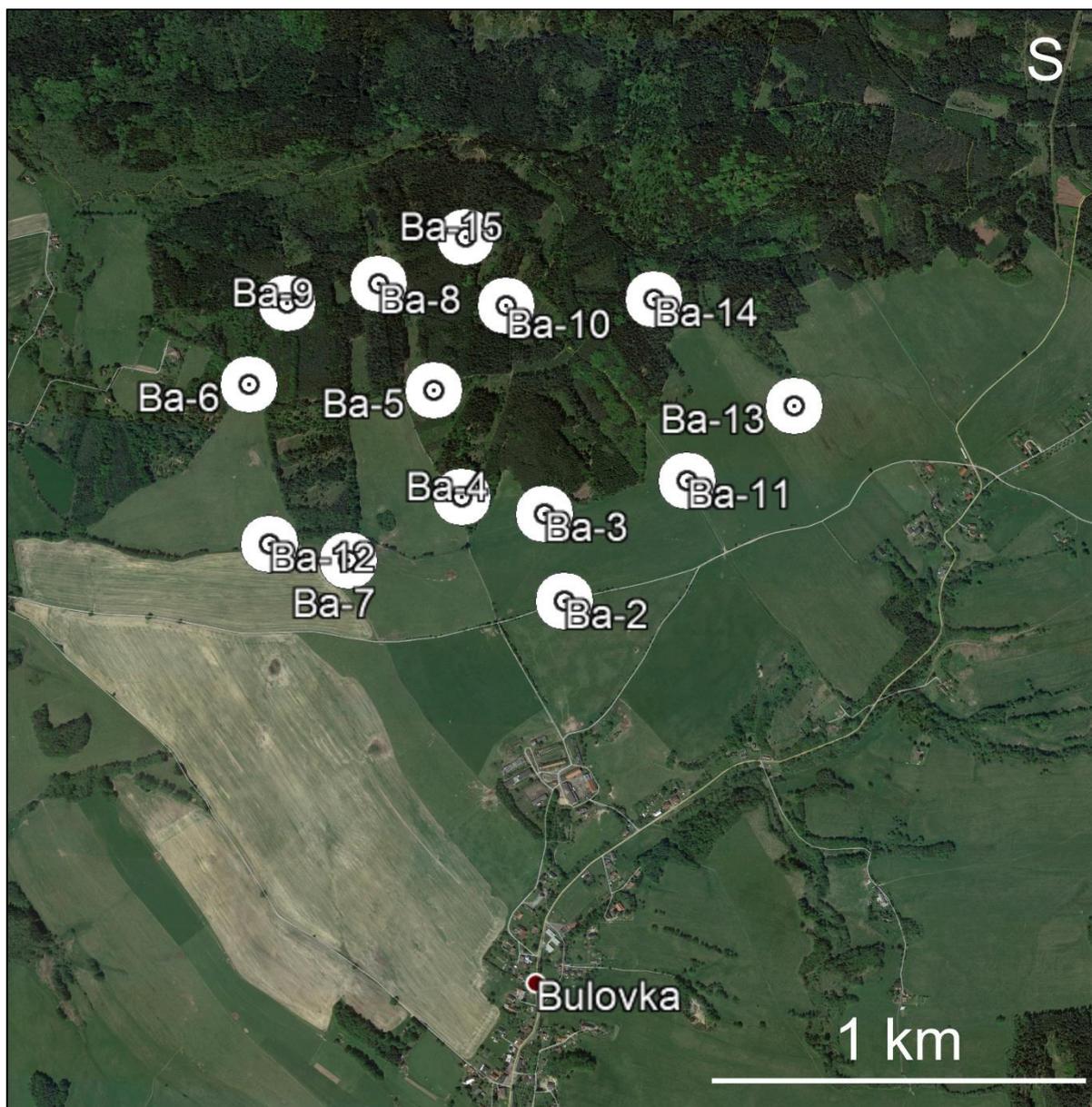
 směr a sklon magmatické foliace

Příloha č. 1.2 Legenda ke geologické mapě v příloze č.1.1 (zdroj: <http://geology.cz>), 2019.

Umístění vrtů



Příloha č. 2.1 Umístění vrtů v okolí obce Arnoltice (oblast 1), 2019.



Příloha č. 2.2 Umístění vrtů v okolí obce Bulovka (oblast 2), 2019.

Geologické dokumentace archivních vrtů

J-1		Y	681 892,90
		X	952 350,40
<i>profil</i>	<i>popis</i>	<i>doplňk</i>	<i>stratigrafie</i>
0,0-0,35	ornice	písčitohlinitá	KVARTÉR
0,35-1,0	písek	střednězrný	KVARTÉR
1,0-1,4	písek	střednězrný	KVARTÉR
1,4-1,85	štěrkopísek	charakter středně až hrubě zrnitého písku	KVARTÉR
1,85-3,0	písek	středně až hrubě zrnitý	KVARTÉR
3,0-5,0	písek	prachovitý	KVARTÉR

J-2		Y	681 865,80
		X	952 347,40
<i>profil</i>	<i>popis</i>	<i>doplňk</i>	<i>stratigrafie</i>
0,0-0,2	ornice	písčitohlinitý	KVARTÉR
0,2-1,4	písek	střednězrný	KVARTÉR
1,4-1,5	písek	hlinitý	KVARTÉR
1,5-1,8	písek	jemně až středně zrný	KVARTÉR
1,8-2,5	písek	středně až hrubě zrnitý	KVARTÉR
2,5-3,3	štěrkopísek	písek s podílem 30-40%	KVARTÉR
3,3-3,4	písek	hlinitý	KVARTÉR
3,4-3,8	písek	jemně až středně zrnitý	KVARTÉR
3,8-4,3	písek	hlinitý	KVARTÉR
4,3-5,00	písek	prachovitý	KVARTÉR

Arn-1		Y	681 865,80
		X	952 347,40
<i>profil</i>	<i>popis</i>	<i>doplňk</i>	<i>stratigrafie</i>
0,0-0,3	hlína	písčitá, hnědá	KVARTÉR
0,3-2,1	písek	jemně zrnitý	KVARTÉR
2,1-6,4	písek	velmi jemnozrný až prachovitý, žlutohnědý	KVARTÉR
6,4-6,5	prach	okrově žlutý	KVARTÉR
6,5-10,0	písek	jemnozrný, žlutohnědý	KVARTÉR
10,0-13,0	písek	prachovitý, žlutohnědý	KVARTÉR
13,0-17,0	prach	žlutohnědý	KVARTÉR
17,0-20,0	písek	jemnozrný	KVARTÉR
20,0-23,0	prach	okrově žlutý	KVARTÉR
23,0-29,30	písek	jemnozrný	KVARTÉR

29,30-33,0	písek	hrubozrný	KVARTÉR
33,0-35,0	písek	středně až hrubozrný	KVARTÉR
35,0-42,0	písek	hrubozrný	KVARTÉR
42,0-45,0	písek	hrubozrný	KVARTÉR
45,0-47,0	jíl	písčítý	KVARTÉR
47,0-49,0	písek	netříděný	KVARTÉR
49,0-51,0	písek	hrubozrný	KVARTÉR
51,0-52,0	štěrkopísek	drobnozrný	KVARTÉR
52,0-54,0	štěrkopísek	drobnozrný	KVARTÉR
54,0-55,0	štěrkopísek	drobnozrný	KVARTÉR
55,0-56,0	štěrkopísek	drobnozrný	KVARTÉR
56,0-57,0	štěrkopísek	drobnozrný	KVARTÉR
57,0-58,0	štěrkopísek	drobnozrný	KVARTÉR
58,0-59,0	Jíl	písčítý	KVARTÉR
59,0-60,0	jíl	písčítý	TERCIÉR

Ae 36		Y	683 339,04
		X	952 637,94
<i>profil</i>	<i>popis</i>	<i>doplňk</i>	<i>stratigrafie</i>
0,0-0,1	ornice	luční , hnědá	KVARTÉR
0,1-1,7	hlína	světle žlutohnědá jílovitá, žlutohnědý	KVARTÉR
1,7-2,0	písek	s valouny křemene do 3-5 cm, světle žlutohnědý	KVARTÉR
2,0-4,0	štěrčík	světe žlutý, s valouny do 1-2 cm, světle žlutý	KVARTÉR
4,0-14,00	písek	světle žlutý, hrubě zrnitý, s malým podílem valounů křemene a ruly do 1 cm, ojediněle 3-5 cm, světle žlutý	KVARTÉR
14,00 -16,00	štěrčík	světe žlutý, s valouny do 1-2 cm, žlutý	KVARTÉR
16,00-36,00	štěrkopísek	hrubý zrnitý, světle žlutý, s malým podílem valounů křemen a ruly do 1 cm, ojediněle do 2-3 cm, světle žlutý	KVARTÉR
36,00-38,00	jíl	písčítý, středně jemně zrnitý, světle fialový	TERCIÉR

Ae 34		Y	683 289,60
		X	952 378,20
<i>profil</i>	<i>popis</i>	<i>doplňk</i>	<i>stratigrafie</i>
0,00-0,10	ornice		KVARTÉR
0,10-0,70	hlína	prachovitá, s valounem čediče	KVARTÉR
0,70-1,50	písek	jemnozrný	KVARTÉR
1,50-2,00	písek	středně zrnitý, s ojedinělými valouny křemene a žuly do 3 cm	KVARTÉR
2,00-2,40	písek	jemnozrný	KVARTÉR

2,40-2,50	jíl	písčítý	KVARTÉR
2,50-2,90	písek	jemnozrný	KVARTÉR
2,90-3,20	jíl		KVARTÉR
3,20-4,00	písek	jemnozrný s ojedinělými hručkami písčitého jílu	KVARTÉR
4,00-4,10	jíl	písčítý	KVARTÉR
4,10-4,40	písek	středně zrnitý	KVARTÉR
4,40-6,90	štěrčík	s převažujícími valouny a zrny do 0,5 cm, menší podíl mají valouny do 2 cm, ojediněle valouny do 3 cm	KVARTÉR
6,90-7,00	jíl	písčítý	KVARTÉR
7,00-8,20	štěrčík	dtto 4,4-6,9	KVARTÉR
8,20-8,50	jíl		KVARTÉR
8,50-9,40	štěrčík	s převládajícím podílem valounů do 1 cm, méně do 3-4cm	KVARTÉR
9,40-11,40	písek	hrubě zrnitý se zrny do 0,5 cm	KVARTÉR
11,40-12,00	štěrkopísek	s valouny převážně do 1 cm, méně do 3-5 cm, ojediněle do 10 cm	KVARTÉR
12,00-13,50	písek	hrubozrný až štěrčík převažující valouny do 0,5 cm, menší podíl mají valouny do 1 cm	KVARTÉR
13,50-18,50	štěrkopísek	s převládajícími valouny do 1 cm, méně do 3-5 cm, ojediněle do 12-15cm	KVARTÉR
18,50-19,40	písek	hrubě zrnitý až štěrčíkem převládající valouny do 1 cm, méně do 2 cm	KVARTÉR
19,40-19,50	jíl	slabě písčítý	KVARTÉR
19,50-20,0	písek	jemnozrný	KVARTÉR
20,0-20,10	jíl	slabě jemně písčítý	KVARTÉR
20,10-25,00	štěrkopísek	v hornině převládají valouny do 0,5 cm, menší podíl mají valouny do 3-5cm, ojediněle se vyskytují valouny 10-15 cm. Valouny jsou tvořeny převážně křemenem, méně rulou, žulou	KVARTÉR
25,00-25,50	písek	středně zrnitý	KVARTÉR
25,50-27,70	štěrkopísek	popis dtto 20,1-25,0	KVARTÉR
27,70-28,50	jíl	jemně písčítý	TERCIÉR
28,50-30,00	žula	navětralá	ALGONIKUM

Ae 21	Y	683 225,70	
	X	952 008,50	
<i>profil</i>	<i>popis</i>	<i>doplňek</i>	<i>stratigrafie</i>
0,0-0,1	humus	černý lesní	KVARTÉR
0,1-2,7	hlína	jílovitá, žlutohnědá	KVARTÉR
2,7-3,5	hlína	středně až hrubě silně písčité, žlutohnědá	KVARTÉR
3,5-4,0	hlína	jílovitá, s 1 balvanem čediče do 30 cm, hnědožlutá	KVARTÉR
4,0-4,2	štěrčík	šedý, drobný s valouny do 2 cm	KVARTÉR
4,2-5,2	štěrčík	hrubý až šterkopísek, s převládající šterkovou frakcí 60%, světle šedý, převládají valouny do 1-2 cm, méně do 5 cm, ojediněle do 15 cm	KVARTÉR
5,2-6,6	šterkopísek	světle šedožlutý, s převládající písčitou frakcí, valouny převážně do 1 cm, méně do 3-4 cm, 1 křemen do 20 cm	KVARTÉR
6,6-9,0	písek	hrubě zrnitý, světle šedý, s valouny do 1-1,5 cm	KVARTÉR
9,0-24,4	šterkopísek	světle žlutý, s převládající písčitou frakcí (šterková frakce asi 30%), valouny převážně do 1 cm, méně do 3 cm, ojediněle v metráži 18-24,4 m valouny do 7 až 8 cm	KVARTÉR
24,4-25,5	žula	středně až hrubě zrnitá, hnědočerná, zvětralá (úlomky)	ALGONIKUM
25,5-26,0	žula	hrubě zrnitá, šedozelená, slabě navětralá, místy limonitizovaná, rumburský typ	ALGONIKUM

Ae 17	Y	683 134,00	
	X	951 869,50	
<i>profil</i>	<i>popis</i>	<i>doplňek</i>	<i>stratigrafie</i>
0,0-0,1	humus	lesní	KVARTÉR
0,1-1,0	písek	hrubozrný až šterkopísek s převládající písčitou frakcí	KVARTÉR
1,0-1,3	písek	hrubě zrnitý	KVARTÉR
1,3-2,3	písek	jemnozrný	KVARTÉR
2,3-3,7	štěrčík	s valouny do 1 cm, místy do 3-5 cm	KVARTÉR
3,7-4,6	písek	středně zrnitý	KVARTÉR
4,6-5,2	písek	jemnozrný	KVARTÉR
5,2-6,0	písek	středně až jemně zrnitý	KVARTÉR
6,0-7,3	písek	hrubozrný	KVARTÉR
7,3-7,4	jíl	slabě písčité	KVARTÉR

7,4-8,6	písek	hrubě zrnitý	KVARTÉR
8,6-9,0	jíl	jemně písčité	KVARTÉR
9,0-11,0	štěrkopísek	s převládajícími valouny do 1-2 cm, místy do 3-4 cm	KVARTÉR
11,0-13,4	štěrkopísek	s převládajícími valouny do 1-2 cm, místy do 4-5 cm	KVARTÉR
13,4-16,2	štěrkopísek	s převládajícími valouny do 1-2 cm, místy do 3-4 cm	KVARTÉR
16,2-17,0	písek	hrubě zrnitý	KVARTÉR
17,0-18,0	písek	jemnozrný	KVARTÉR
18,0-23,5	štěrkopísek	s převládajícími valouny do 1-2 cm, místy do 3-4 cm	KVARTÉR
23,5-23,6	jíl	středně písčité	KVARTÉR
23,6-26,0	štěřík	s valouny do 1-2 cm	KVARTÉR
26,0-26,7	štěřík	s převládajícími valouny do 1-2 cm, místy do 4-5 cm, ojediněle do 10-15 cm	KVARTÉR
26,7-28,8	štěřík	s převládajícími valouny do 1-2 cm, místy do 3-5 cm	KVARTÉR
28,8-30,0	jíl	silně středně písčité	TERCIÉR
30,0-32,7	písek	hrubě zrnitý	TERCIÉR
32,7-33,7	písek	hrubě zrnitý	TERCIÉR
33,7-34,0	jíl	slabě jemně písčité	TERCIÉR

Ba-5	Y	680343,4	
	X	950438	
<i>hloubka</i>	<i>popis</i>	<i>doplňk</i>	<i>stratigrafie</i>
0,0-0,1	hlína	lesní humus	KVARTÉR
0,1-0,8	písek	středně zrnitý, s malým podílem valounů křemene, ruly o velikosti do 3 cm při obsahu do 10%	KVARTÉR
0,8-3,2	hlína	sprašová nebo jemně písčité, šedožlutá	KVARTÉR
3,2-4,0	písek	hrubě zrnitý, s malým podílem valounů do 1 cm (křemen, rula, pazourek)	KVARTÉR
4,0-5,3	písek	štěrkovitá frakce je tvořena středně opracovanými valouny ruly, pískovce, čediče, křemene, kvarcitu, ojediněle se vyskytují úlomky pazourku, valouny šterku o velikosti 10-15 cm	KVARTÉR
5,3-8,0	písek	s převládající štěrkovitou frakcí o velikosti 3cm, méně často 5-7 cm (asi 60-70%), valouny tvořeny křemenem, rulou, kvarcitem, žulou, ojediněle úlomky pazourku, valouny málo až středně opracované	KVARTÉR

8,0-9,0	písek	převažující štěrkovitá frakce (70%), štěrkovitá frakce obsahuje převážně valouny do 5cm, méně do 10cm, ojediněle do 15cm, valouny tvoří převážně křemen, méně žula, rula, kvarcit, ojediněle úlomky pazourku, valouny jsou středně opracované	KVARTÉR
9,0-13,0	písek	převažující štěrkovitou frakcí (70%), valouny ve štěrkovité frakci 1-2cm, ojediněle 3-5cm, tvořené převážně křemenem, méně rulou, kvarcitem, ojediněle úlomky pazourků	KVARTÉR
13,0-22,0	písek	hrubě až střednězrný, obsahuje asi 10% valounů křemene a kvarcitů do velikosti 3cm, ojediněle až 7cm	KVARTÉR
22,0-22,7	rula (podloží)	valouny podložní ruly do 15cm, dobře opracované s příměsí štěrkopísku	
22,7-23,0	jíl	středně písčité frakce	TERCIÉR
23,0-29,0	jíl	slabě, středně až jemně písčité, s malým podílem valounů křemene do 1-2 cm	TERCIÉR

Ba-11	Y	679870,14	
	X	950765,55	
<i>hloubka</i>	<i>popis</i>	<i>doplňek</i>	<i>stratigrafie</i>
0,0-0,1	hlína	drn s hlínou šedočernou/ornice	KVARTÉR
0,1-0,5	hlína	rostlinná hlína, ornice, jemně písčité	KVARTÉR
0,5-2,0	hlína	jemně písčité svahová hlína, s ojedinělými úlomky čediče do 10cm, ojediněle do 20cm	KVARTÉR
2,0-2,5	hlína	svahová, jílovitá	KVARTÉR
2,5-8,0	jíl	jemně až středně písčité, místy obsahují valouny křemene nebo čediče až 7cm, ojediněle do 10cm	KVARTÉR
8,0-8,9	jíl	písčité frakce střednězrná s obsahem křemene do 0,5cm	KVARTÉR
8,9-9,3	jíl	písčité frakce střednězrná,	KVARTÉR
9,3-9,7	písek	střednězrný	KVARTÉR
9,7-11,0	písek	střednězrný, s podílem valounů křemene do 1cm, ojediněle do 3cm	KVARTÉR
11,0-12,0	písek	střednězrný	KVARTÉR

12,0-13,6	písek	písečné štěrčíky s převládajícím podílem písečné frakce, obsahuje valouny do 1cm, méně do 3cm, valouny tvoří převážně křemen, méně rula, úlomky pazourků	KVARTÉR
13,6-14,0	pískovec	hrubozrný, s malým obsahem valounů křemene do 1-2 cm	TERCIÉR
14,0-17,0	jílovec písčité/ pískovec jílovitý	světle žluté, místy skvrnitě šedé a rezavě žluté	TERCIÉR

Ba-13		Y	679530,05
		X	950588,79
hloubka	popis	doplněk	stratigrafie
0,0-0,3	hlína	luční půda	KVARTÉR
0,3-1,0	hlína	svahová hlína	KVARTÉR
1,0-1,7	hlína	jílovitější, svahová	KVARTÉR
1,7-6,0	písek	jemně až střednězrný, v poloze 4,6-4,8 vložka jílu možná S5 SC	KVARTÉR
6,0-7,0	písek	šterkovitý, hrubě zrnitý, s malým podílem šterkové frakce do velikosti valounů až 3cm	KVARTÉR
7,0-9,0	písek	jemně až střednězrný, s malým podílem valounů křemene do 0,5-1,0cm	KVARTÉR
9,0-9,9	písek	šterkovitý, převažuje písčité frakce (asi 70%), šterkovitá frakce obsahuje valouny převážně do 1-2cm, méně do 3,5 cm (převažuje křemen, méně rula, ojediněle pazourek), valouny jsou středně opracované	KVARTÉR
9,9-11,5	jíl	střednězrný, obsahuje malý podíl zrn křemene do 1cm	TERCIÉR
11,5-13,0	jíl	slabě písčité až plastický	TERCIÉR

Ba-8		Y	680679,2
		X	950078,3
hloubka	popis	doplněk	stratigrafie
0,0-0,2	hlína	rostlinná půda	KVARTÉR
0,2-1,5	hlína	sprašová hlína	KVARTÉR
1,5-5,0	jíl	hrubozrně písčité do 3,0m s častými valouny ruly do 15cm	KVARTÉR
5,0-8,0	jíl	středně písčité	TERCIÉR
8,0-9,7	jíl	slabě písčité	TERCIÉR
9,7-12,0	jíl	slabě písčité	TERCIÉR

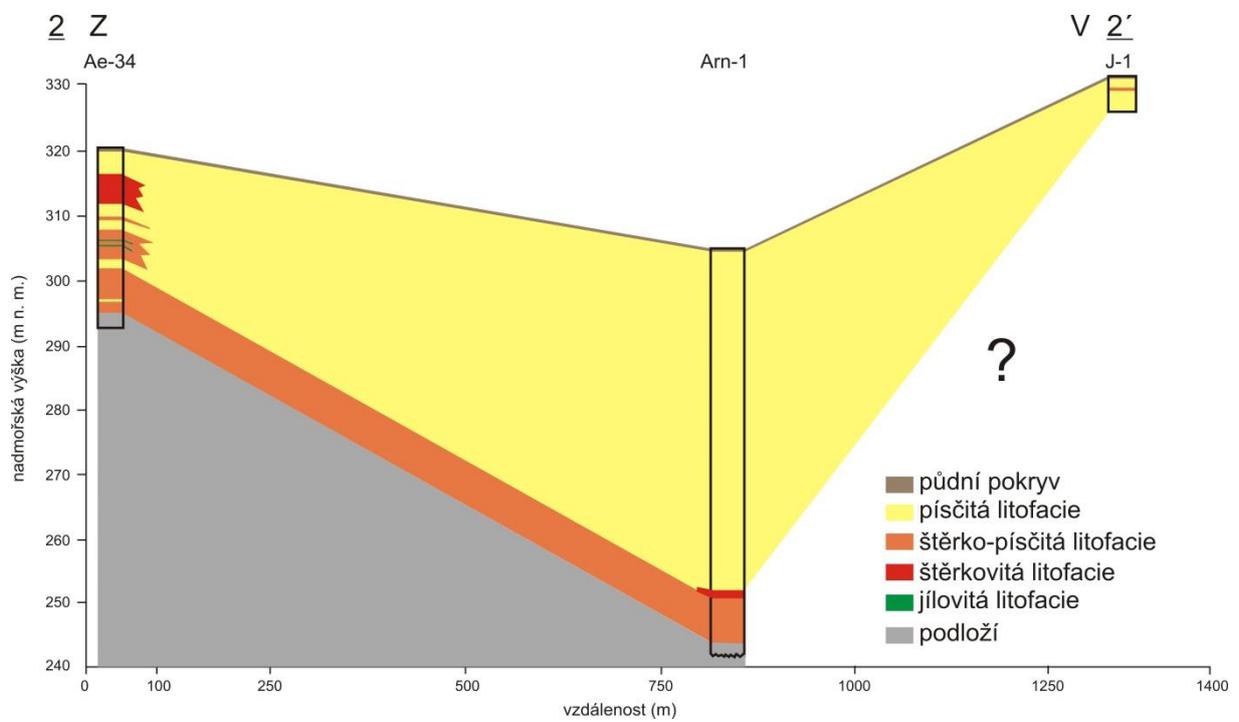
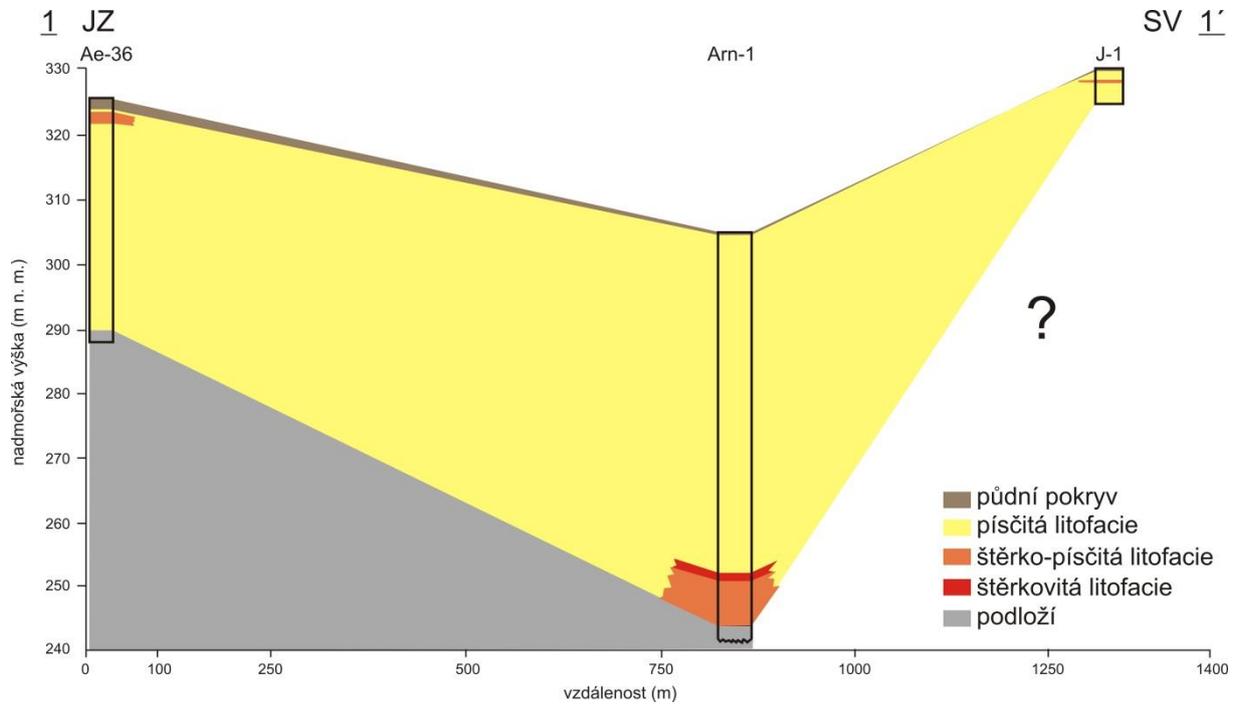
Ba-9		Y	680947,1
		X	950102,2
<i>hloubka</i>	<i>popis</i>	<i>doplňěk</i>	
0,0-0,2	hlína	lesní půda s kořínky	
0,2-2,0	hlína	svahová, jílovitá hlína	
2,0-3,0	hlína	písčito jílovitá hlína s úlomky čediče do 10cm	
3,0-4,0	hlína	jílovitá hlína, s úlomky čediče do 10cm	
4,0-7,0	písek	středně jílovitý až jílovitý, jemnozrný písek	
7,0-9,5	písek	středně zrnitý, s ojedinělými valonky do 3cm (křemen, rula)	
9,5-10,0	písek	silně jílovitý písek, s ojedinělými valouny do 2-3cm	
10,0-12,0	jíl	tuhý, ojediněle valouny čediče, v hloubce 11,4m jemně slabě písčitý	
			<i>stratigrafie</i>
			KVARTÉR
			KVARTÉR
			KVARTÉR
			KVARTÉR
			KVARTÉR
			TERCIÉR
			TERCIÉR

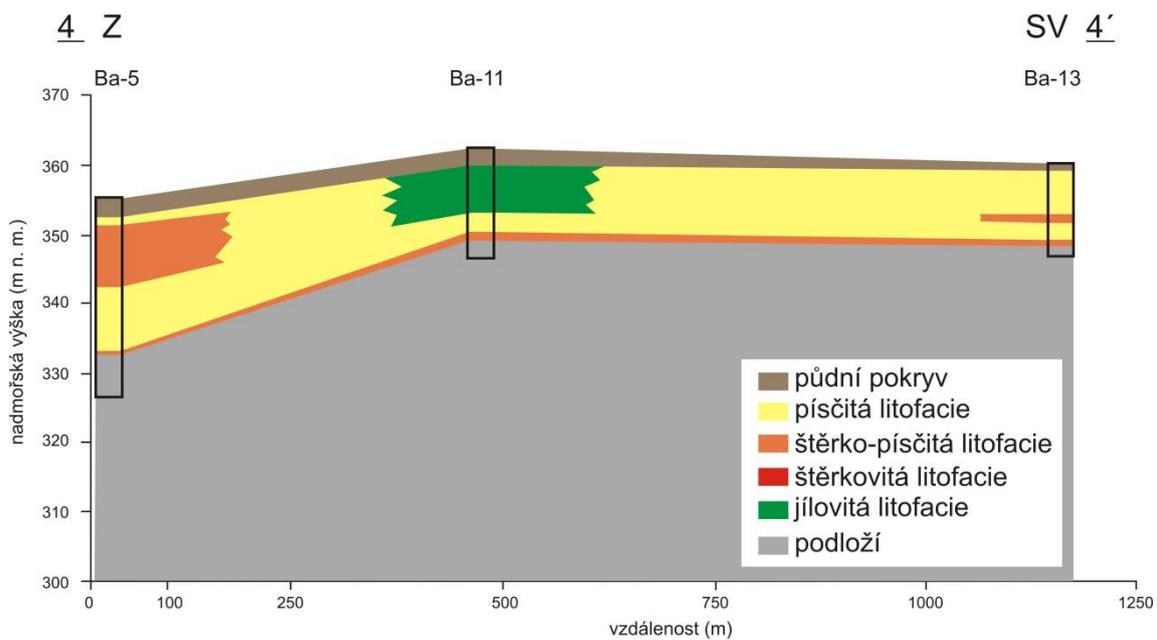
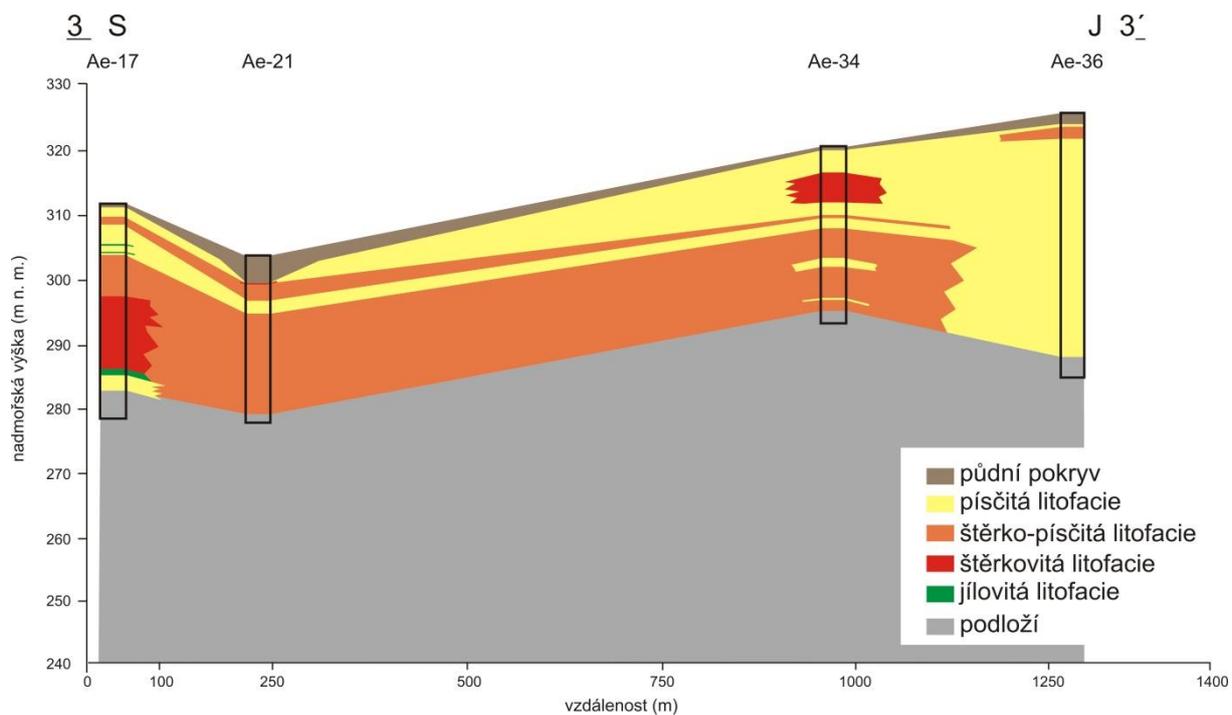
Ba-10		Y	680316,6
		X	950190,4
<i>hloubka</i>	<i>popis</i>	<i>doplňěk</i>	
0,0-0,2	hlína	lesní půda, s kořínky	
0,2-1,0	hlína	jílovito-písčitá svahová hlína, s úlomky a valouny čediče až 20 cm	
1,0-3,6	písek	jemnozrný, s malým podílem valounů do 2-3cm, zčásti zahliněný s ojedinělými úlomky či málo opracovanými valouny čediče, křemene a ruly až do 20cm	
3,6-5,0	písek	slabě šterkovitý písek, ve šterkovité frakci převládají úlomky a valouny ruly a křemene, velikosti v průměru okolo 5-10cm, ojediněle 15cm	
5,0-10,0	písek	šterkovitý písek s převládající písčitou frakcí, s ojedinělými valony do 10cm v průměru je velikost šterkovitých zrn o velikosti 0,5-3cm, šterkovitá frakce-valouny středně opracované (křemen, rula asi 40%), ojediněle pazourek	
10,0-16,4	písek	šterkovitý písek s větším podílem hrubých klastik a valounů v průměru 5-25cm, valouny tvoří převážně křemen, čedič a rulu, ojediněle úlomky pazourku	
16,4-18,0	jíl	jíl středně písčitý až jílovec písčitý (valouny křemene do 0,5cm)	
			<i>stratigrafie</i>
			KVARTÉR
			KVARTÉR
			KVARTÉR
			KVARTÉR
			KVARTÉR
			KVARTÉR
			TERCIÉR

Ba-14		Y	679887,36
		X	950226,55
hloubka	popis	doplňěk	stratigrafie
0,0-0,2	luční půda		KVARTÉR
0,2-0,3	hlína svahovitá	svahová, prachovitá, místy jílovitá	KVARTÉR
0,3-3,5	hlína svahovitá	slabě jemně písčitá	KVARTÉR
3,5-7,0	jíl	slabě středně písčitý	KVARTÉR
7,0-10,9	písek šterkovitý	s převládající písčitou ralcí (80-90%), až písek hrubě zrnitý, šterkovitá frakce obsahuje valouny do 1-2cm, ojediněle větší do 5cm, valouny převážně křemene, méně ruly, ojediněle pazourek, středně opracované	KVARTÉR
10,9-14,0	jíl	plastický až slabě písčitý s malým obsahem valounů křemene do 0,5-1cm, dobře opracovaných	TERCIÉR

Ba-15		Y	680164,7
		X	949876,7
Hloubka	popis	doplňěk	stratigrafie
0,0-0,1	rostlinná půda		KVARTÉR
0,1-0,3	navážka	navážka na cestě, škvára	KVARTÉR
0,3-4,5	hlína	s ojedinělými úlomky ruly do 10cm	KVARTÉR
4,5-5,2	jíl	slabě písčitý	KVARTÉR
5,2-7,0	písek	rozložená ortorula ve formě hlinitého písku se zrny původní horniny- křemene, živce a úlomky ruly do 1-3cm, ojediněle větší úlomky horniny (ruly) do 10-12cm	ALGONIKUM

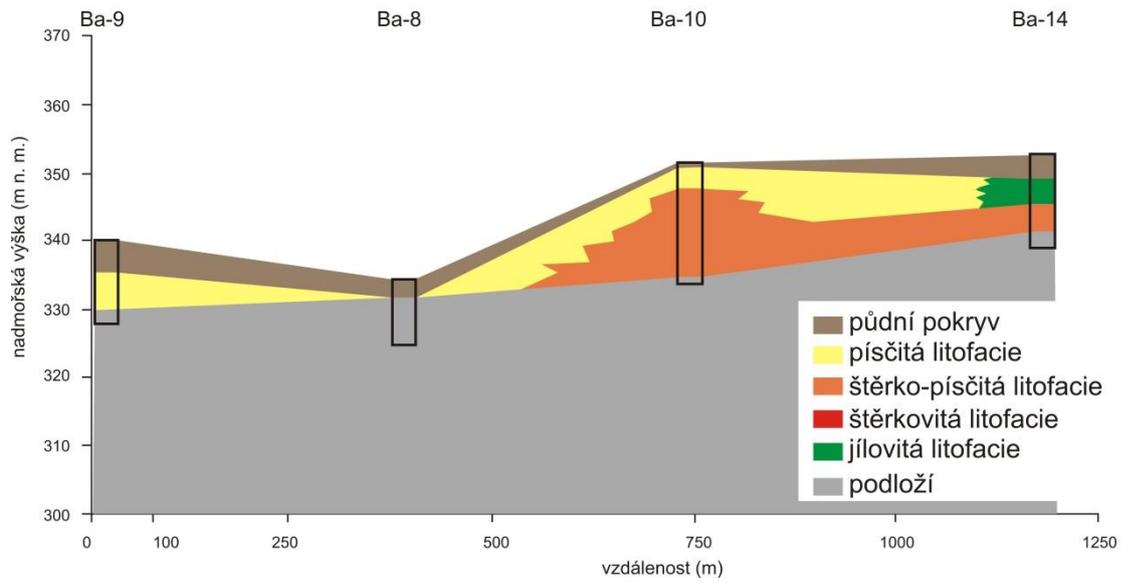
Geologické řezy





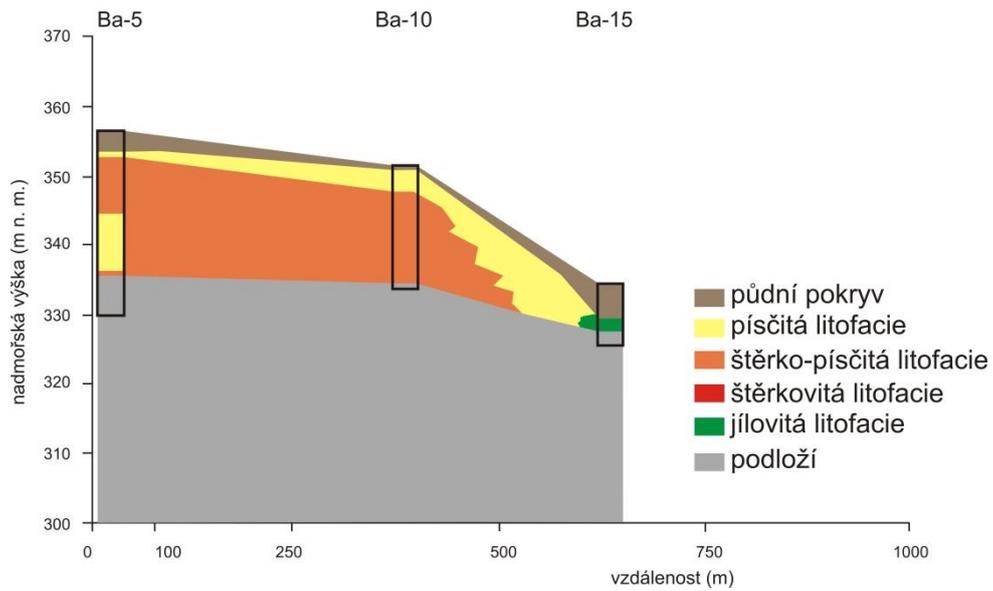
5 Z

V 5'



6 J

S 6'



Histogramy a kumulační křivky

vzorek	celkem	prach	jemnozrný		střednězrný	hrubozrný		drobný štěrk	
		0,063	0,125	0,25	0,5	1	2	4	8
P 2.1	766,83	1,54	1,05	2,53	172,74	154,98	227,49	113,53	92,96
P 2.2	731,47	2,83	13,89	19,99	259,9	199,83	168,99	55,37	10,62
P 2.3	515,39	13,06	18,97	67,75	190,85	152,92	64,73	7,11	0
P 2.4	776,95	59,66	179,73	95,24	176,59	183,12	72,12	20,49	0
P 2.5	892,93	7,06	32,52	246,12	298,85	199,82	48,96	34,91	24,73
P 2.6	831,28	3,66	13,39	106,84	140,89	351,48	164,12	30,08	20,84
P 2.7	904,05	0,87	1,66	14,96	89,96	282,72	342,43	107,08	55,53
P 2.8	759,66	5,12	20,79	75,84	163,92	154,29	330,85	8,83	0
P 3.1	683,51	3,45	15,73	139,42	383,13	98,81	32,54	10,46	0
P 3.2	639,33	2,31	31,9	209,61	271,83	47,92	70,55	5,21	0
P 3.3	503,89	10,1	23,87	69,81	24,98	198,3	90,23	83,01	0
P 3.4	821,3	0,43	53,89	259,92	117,47	253,93	47,81	62,13	25,68
P 3.5	604,36	2,89	13,09	146,92	135,75	63,9	179,34	48,59	13,91
P 3.6	664,48	24,2	15,72	71,69	136,38	301,55	29,91	85,01	0
P 4.1	851,29	0,94	48,02	126,19	162,98	238,92	190,33	72,91	11
P 4.2	547,21	1,8	19,92	88,6	123,01	64,29	111,93	119,37	18,29
P 4.3	487,74	3,31	15,29	147,6	94,56	131,39	38,25	21,72	35,62
P 4.4	703,94	0,43	36,01	120,29	109,98	115,98	153,32	167,93	0
P 4.5	760,11	0,84	34,3	72,98	93,68	133,07	149,74	247,64	27,86
P4.6	581,37	0,18	1,65	11,83	57,68	130,29	150,82	190,82	38,1

Příloha č. 5.1 zvážená hmotnost jednotlivých vzorků v závislosti na velikosti frakce

vzorek	prach	jemnozrný		střednězrný	hrubozrný		drobný štěrk	
	0,063	0,125	0,25	0,5	1	2	4	8
P 2.1	0,20%	0,14%	0,33%	22,53%	20,21%	29,67%	14,81%	12,12%
P 2.2	0,39%	1,90%	2,73%	35,53%	27,32%	23,10%	7,57%	1,45%
P 2.3	2,53%	3,68%	13,15%	37,03%	29,67%	12,56%	1,38%	0,00%
P 2.4	7,68%	23,13%	12,26%	22,73%	23,57%	9,28%	2,64%	0,00%
P 2.5	0,79%	3,64%	27,56%	33,47%	22,38%	5,48%	3,91%	2,77%
P 2.6	0,44%	1,61%	12,85%	16,95%	42,28%	19,74%	3,62%	2,51%
P 2.7	0,10%	0,18%	1,65%	9,95%	31,27%	37,88%	11,84%	6,14%
P 2.8	0,67%	2,74%	9,98%	21,58%	20,31%	43,55%	1,16%	0,00%
P 3.1	0,50%	2,30%	20,40%	56,05%	14,46%	4,76%	1,53%	0,00%
P 3.2	0,36%	4,99%	32,79%	42,52%	7,50%	11,03%	0,81%	0,00%
P 3.3	2,00%	4,74%	13,85%	4,96%	39,35%	17,91%	16,47%	0,00%
P 3.4	0,05%	6,56%	31,65%	14,30%	30,92%	5,82%	7,56%	3,13%
P 3.5	0,48%	2,17%	24,31%	22,46%	10,57%	29,67%	8,04%	2,30%

P 3.6	3,64%	2,37%	10,79%	20,52%	45,38%	4,50%	12,79%	0,00%
P 4.1	0,11%	5,64%	14,82%	19,15%	28,07%	22,36%	8,56%	1,29%
P.4.2	0,33%	3,64%	16,19%	22,48%	11,75%	20,45%	21,81%	3,34%
P 4.3	0,68%	3,13%	30,26%	19,39%	26,94%	7,84%	4,45%	7,30%
P 4.4	0,06%	5,12%	17,09%	15,62%	16,48%	21,78%	23,86%	0,00%
P 4.5	0,11%	4,51%	9,60%	12,32%	17,51%	19,70%	32,58%	3,67%
P4.6	0,03%	0,28%	2,03%	9,92%	22,41%	25,94%	32,82%	6,55%

Příloha č. 5.2 přepočet na hmotnostní % v závislosti na velikosti frakce

Výsledky z lokality Arnoltice (P2)

kumulační P 2.1			Kumulační P 2.2		
Zrnitost (mm)	Procenta (%)	kumulační %	Zrnitost (mm)	Procenta (%)	kumulační %
8,0-16,0	0,000	0,000	8,0-16,0	0	0,000
4,0-8,0	12,12263474	12,123	4,0-8,0	1,451871	1,452
2,0 - 4,0	14,80510674	26,928	2,0 - 4,0	7,569688	9,022
1,0 - 2,0	29,66628849	56,594	1,0 - 2,0	23,10279	32,124
0,500 - 1,0	20,2104769	76,805	0,500 - 1,0	27,31896	59,443
0,250 - 0,500	22,52650522	99,331	0,250 - 0,500	35,53119	94,974
0,125 - 0,250	0,329929711	99,661	0,125 - 0,250	2,732853	97,707
0,063-0,125	0,13692735	99,798	0,063-0,125	1,898916	99,61
<0,063	0,20082678	99,999	<0,063	0,386892	99,99

kumulační P 2.3			kumulační P2.4		
Zrnitost (mm)	Procenta (%)	kumulační %	Zrnitost (mm)	Procenta (%)	kumulační %
8,0-16,0	0,000	0,000	8,0-16,0	0	0,000
4,0-8,0	0,000	0,000	4,0-8,0	0	0,000
2,0 - 4,0	1,379537826	1,380	2,0 - 4,0	2,637235	2,637
1,0 - 2,0	12,55942102	13,939	1,0 - 2,0	9,282451	11,920
0,500 - 1,0	29,67073478	43,610	0,500 - 1,0	23,56908	35,489
0,250 - 0,500	37,03021013	80,640	0,250 - 0,500	22,72862	58,217
0,125 - 0,250	13,14538505	93,785	0,125 - 0,250	12,25819	70,476
0,063-0,125	3,680707814	97,466	0,063-0,125	23,13276	93,608
<0,063	2,534003376	100,00	<0,063	7,678744	100,00

kumulační P 2.5			kumulační P 2.6		
Zrnitost (mm)	Procenta (%)	kumulační %	Zrnitost (mm)	Procenta (%)	kumulační %
8,0-16,0	0,000	0,000	8,0-16,0	0	0,000
4,0-8,0	0,000	0,000	4,0-8,0	2,506977192	2,507
2,0 - 4,0	1,379537826	1,380	2,0 - 4,0	3,618516023	6,125
1,0 - 2,0	12,55942102	13,939	1,0 - 2,0	19,74304687	25,869
0,500 - 1,0	29,67073478	43,610	0,500 - 1,0	42,28178231	68,150
0,250 - 0,500	37,03021013	80,640	0,250 - 0,500	16,94856125	85,099

0,125 - 0,250	13,14538505	93,785		0,125 - 0,250	12,85246848	97,951
0,063-0,125	3,680707814	97,466		0,063-0,125	1,610768935	99,562
<0,063	2,534003376	100,00		<0,063	0,440284862	100,002
kumulační P 2.7				kumulační P 2.68		
Zrnitost (mm)	Procenta (%)	kumulační %		Zrnitost (mm)	Procenta (%)	kumulační %
8,0-16,0	0,000	0,000		8,0-16,0	0	0,00
4,0-8,0	6,142359383	6,142		4,0-8,0	0	0,00
2,0 - 4,0	11,84447763	17,987		2,0 - 4,0	1,162362109	1,16
1,0 - 2,0	37,87732979	55,864		1,0 - 2,0	43,5523787	44,71
0,500 - 1,0	31,2726066	87,137		0,500 - 1,0	20,31040202	65,03
0,250 - 0,500	9,950777059	97,088		0,250 - 0,500	21,5780744	86,60
0,125 - 0,250	1,654775731	98,742		0,125 - 0,250	9,983413632	96,59
0,063-0,125	0,183618163	98,926		0,063-0,125	2,736750652	99,32
<0,063	0,096233615	99,02		<0,063	0,67398573	100,00

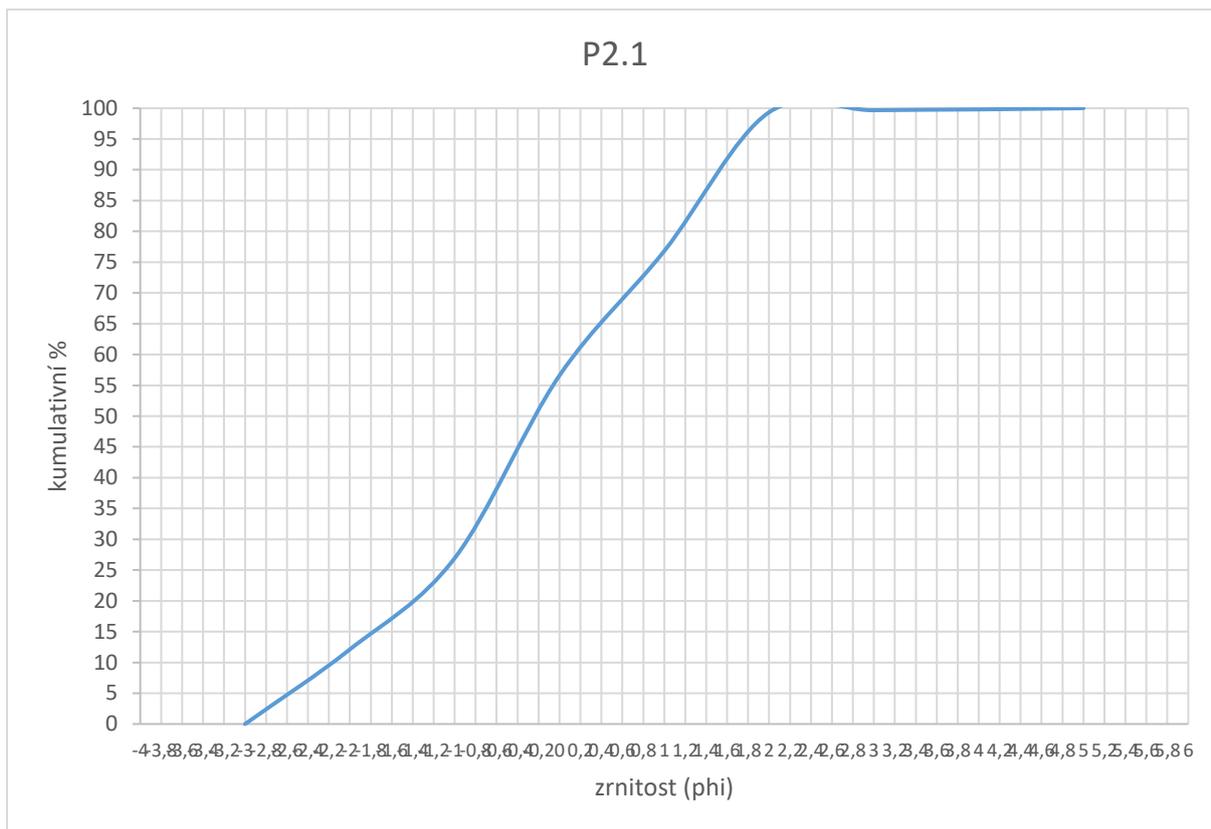
Příloha č. 5.3 výsledky přepočtu hmotnostních % na kumulační % z lokality Arnoltice (označení P2)

P2.1			P2.2			P2.3	
Medián	-0,2		Medián	0,7		Medián	1,2
Střední velikost zrna	-0,2		Střední velikost zrna	0,53		Střední velikost zrna	1,13
Vytrídění	1,5		Vytrídění	1,075		Vytrídění	1,07
Koeficient symetrie	0,07		Koeficient symetrie	-0,21		Koeficient symetrie	-0,02
špičatost	0,9		špičatost	0,79		špičatost	1,12

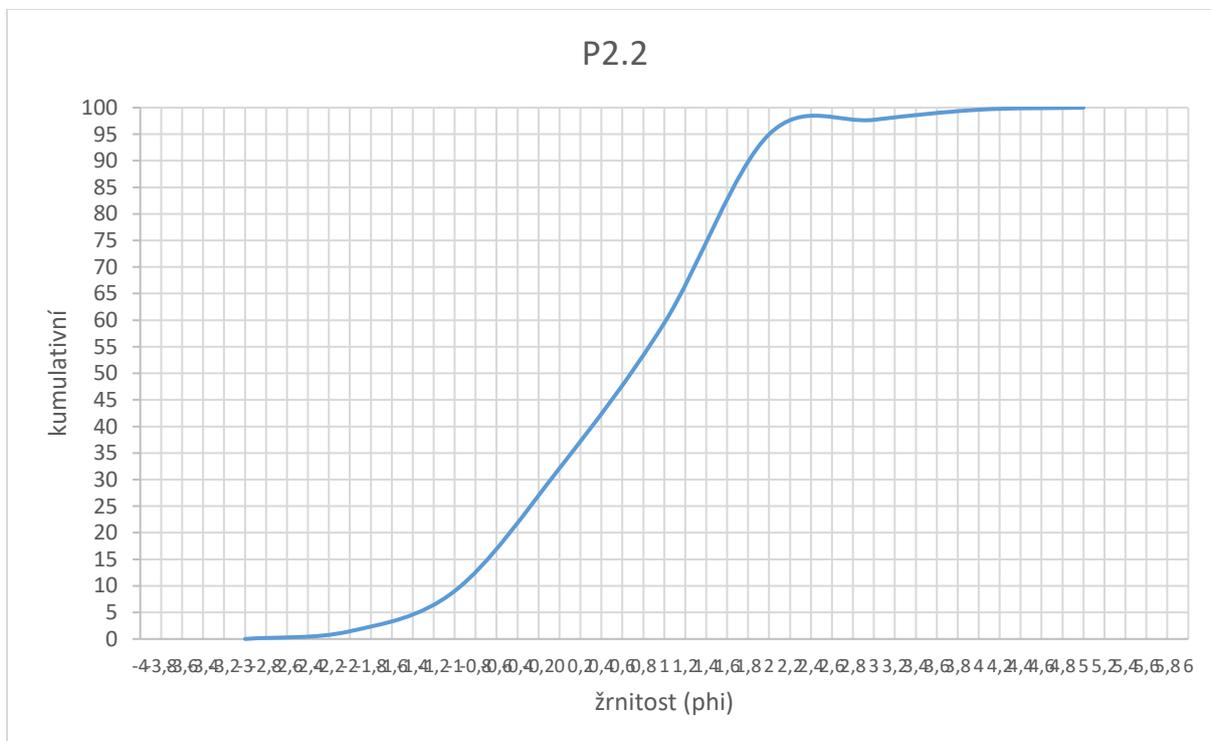
P2.4			P2.5			P2.6	
Medián	1,6		Medián	1,4		Medián	0,7
Střední velikost zrna	1,83		Střední velikost zrna	1,36		Střední velikost zrna	0,7
Vytrídění	1,53		Vytrídění	1,24		Vytrídění	1,14
Koeficient symetrie	-0,67		Koeficient symetrie	-0,15		Koeficient symetrie	0,05
špičatost	0,74		špičatost	1,12		špičatost	1,22

P2.7			P2.8		
Medián	-1,2		Medián	0,9	
Střední velikost zrna	-1,16		Střední velikost zrna	0,46	
Vytrídění	1,05		Vytrídění	1,16	
Koeficient symetrie	-0,4		Koeficient symetrie	0,38	
špičatost	1,19		špičatost	1,16	

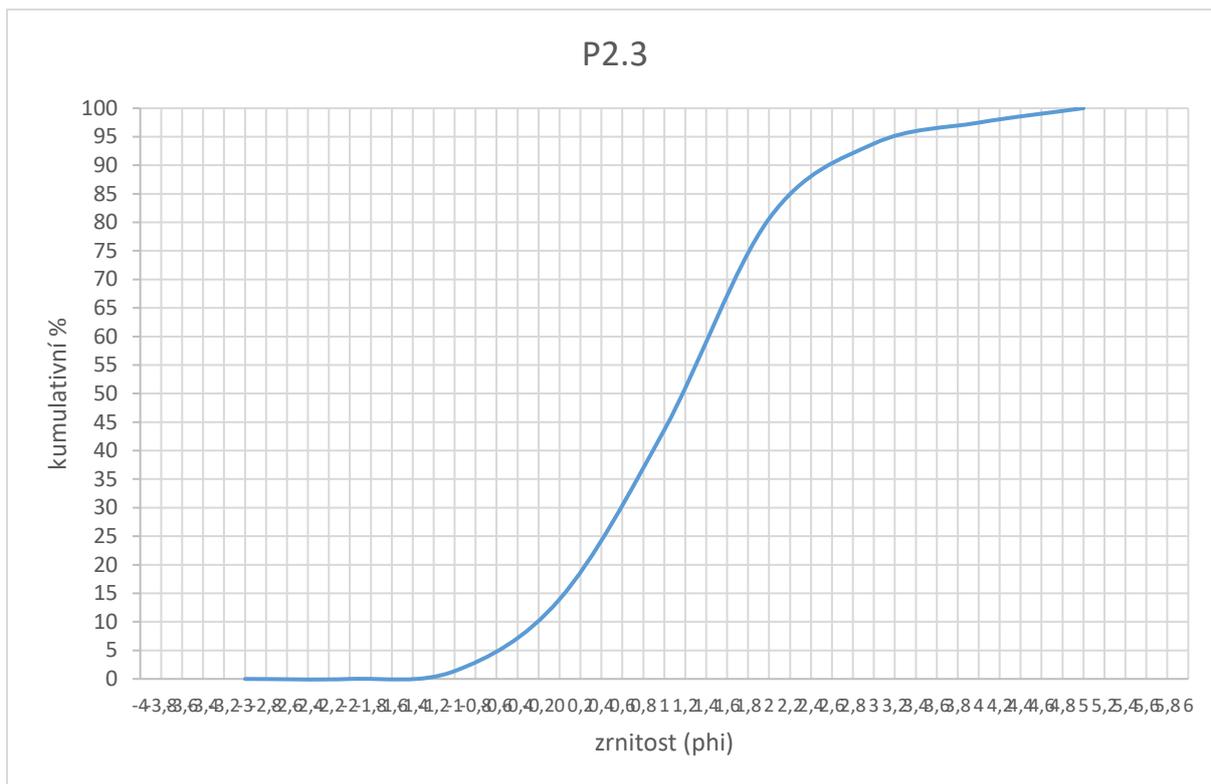
Příloha č. 5.4 Výsledky zrnitostních parametrů z lokality Arnoltice (P2)



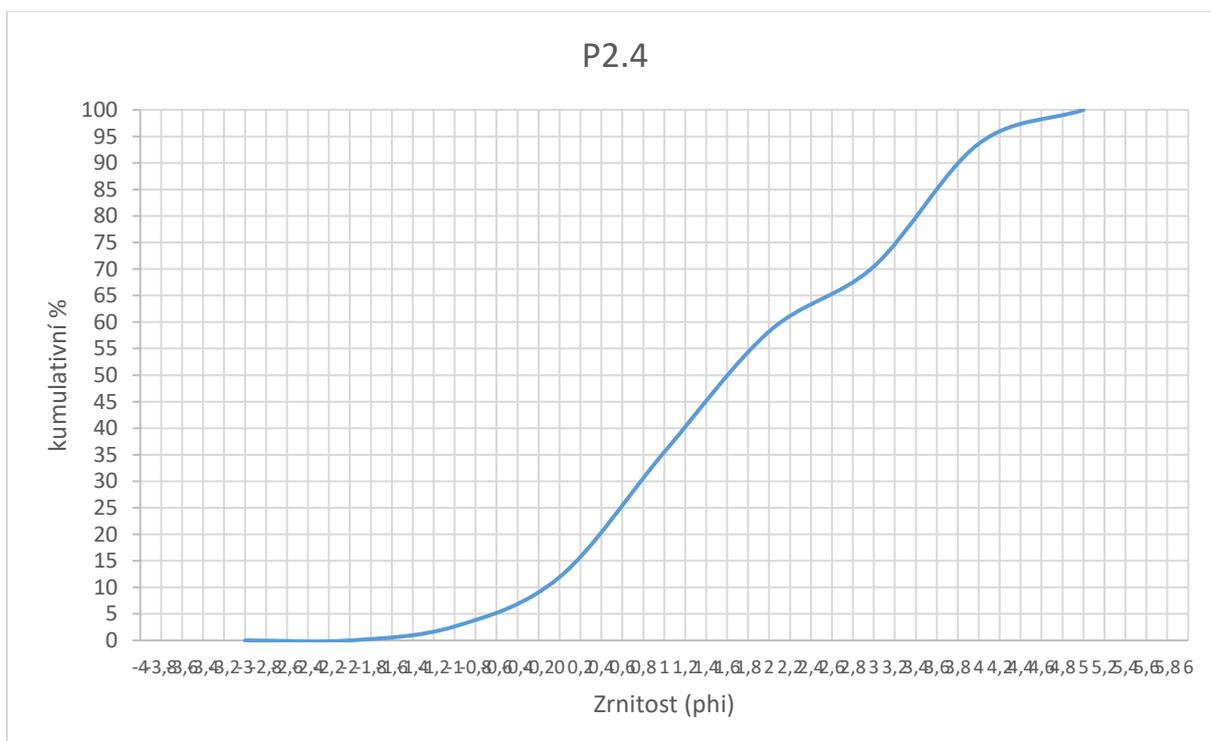
Příloha č. 5.5 Kumulační křivka z lokality Arnoltice (P2), vzorek P 2.1



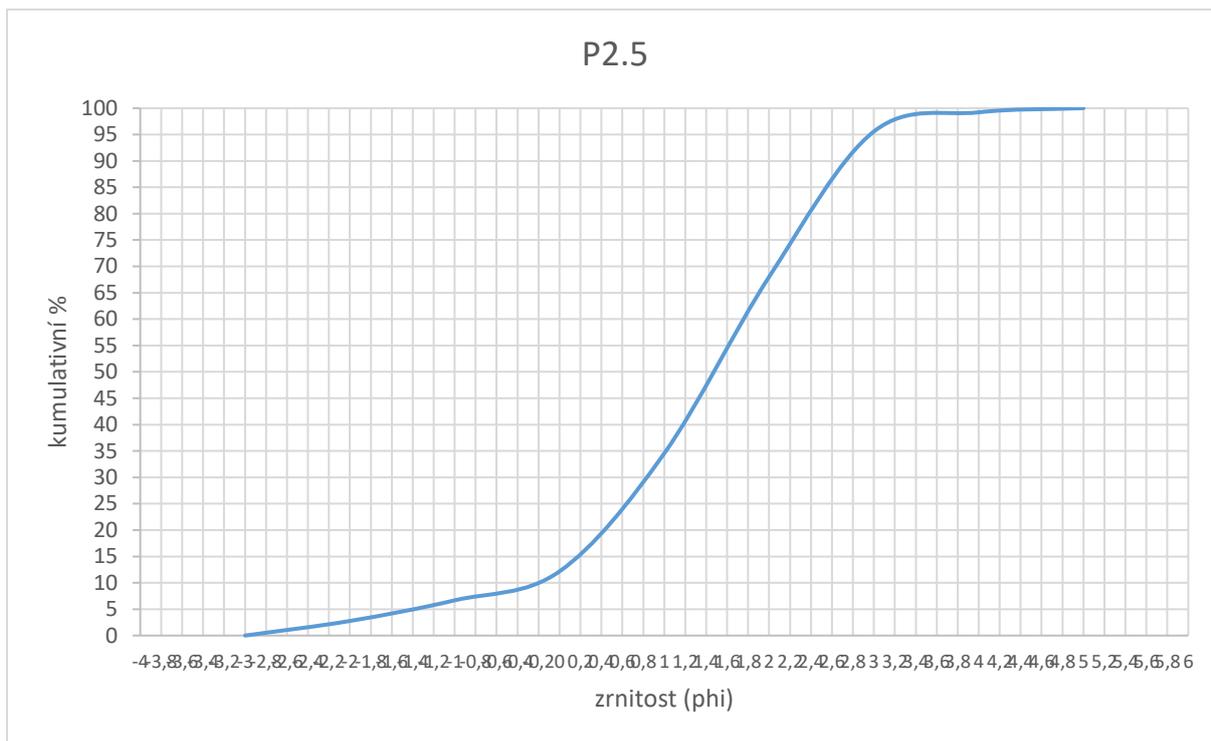
Příloha č. 5.6 Kumulační křivka z lokality Arnoltice (P2), vzorek P 2.2



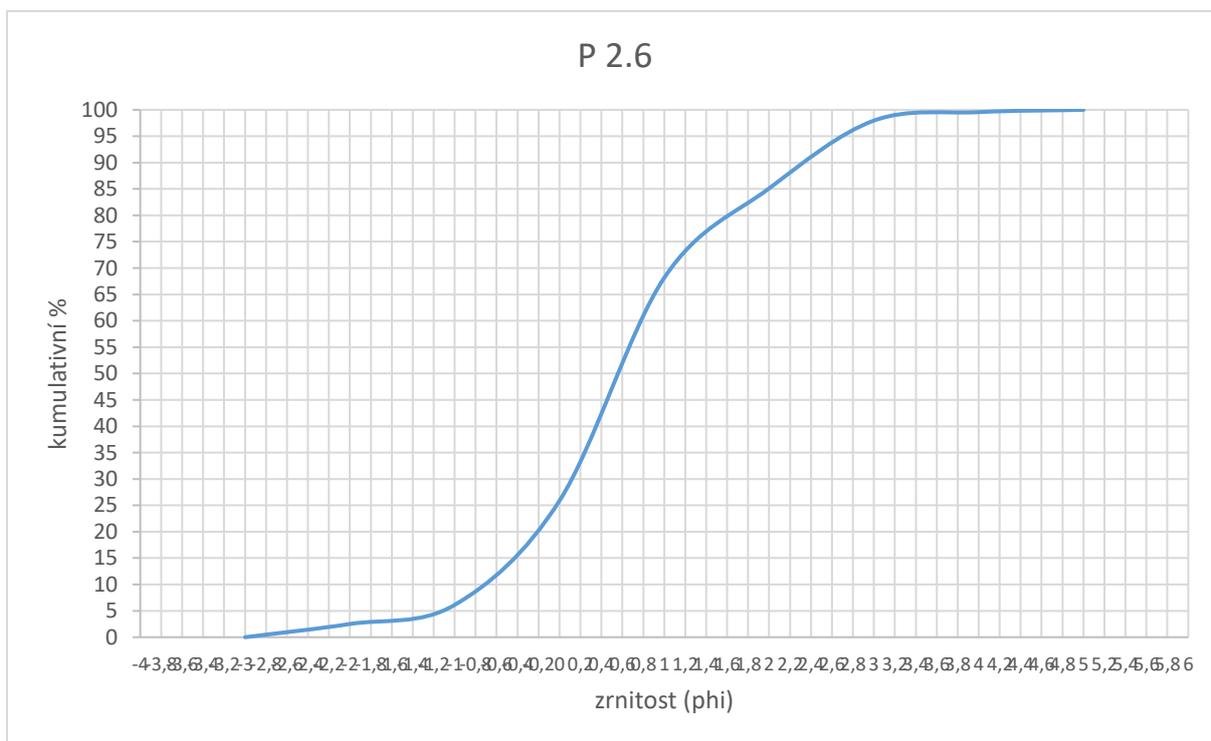
Příloha č. 5.7 Kumulační křivka z lokality Arnoltice (P2), vzorek P 2.3



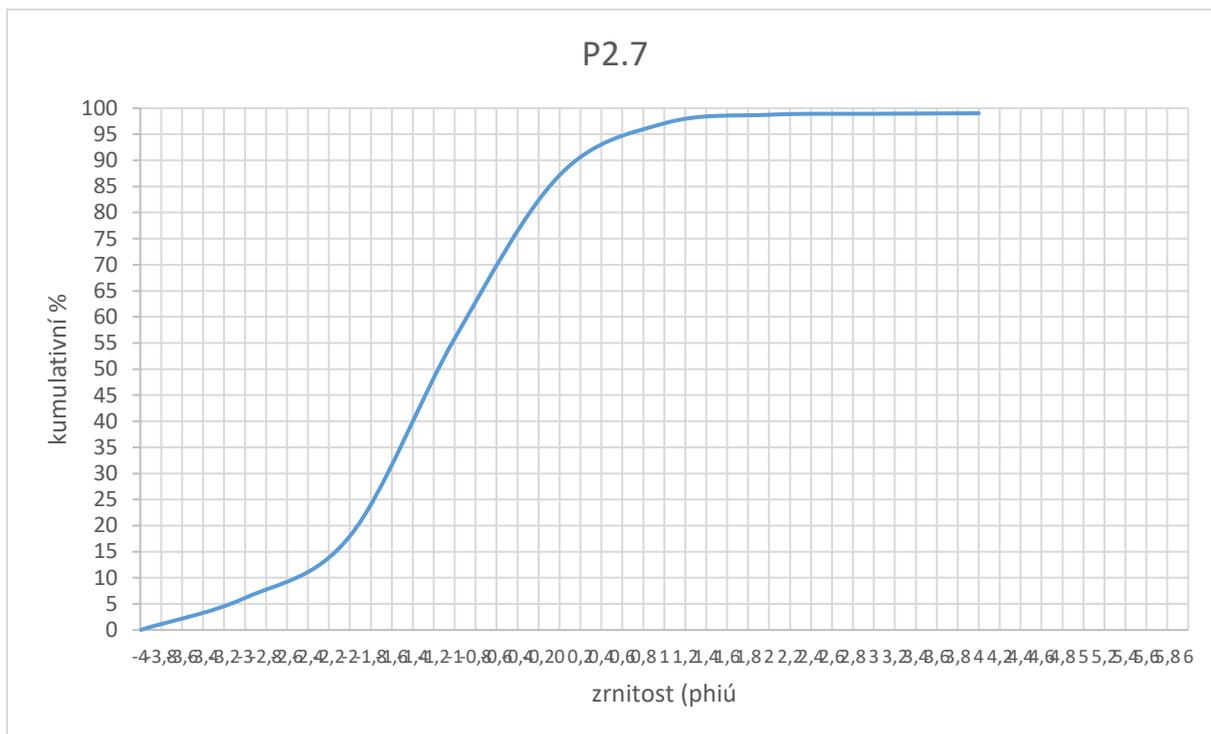
Příloha č. 5.8 Kumulační křivka z lokality Arnoltice (P2), vzorek P 2.4



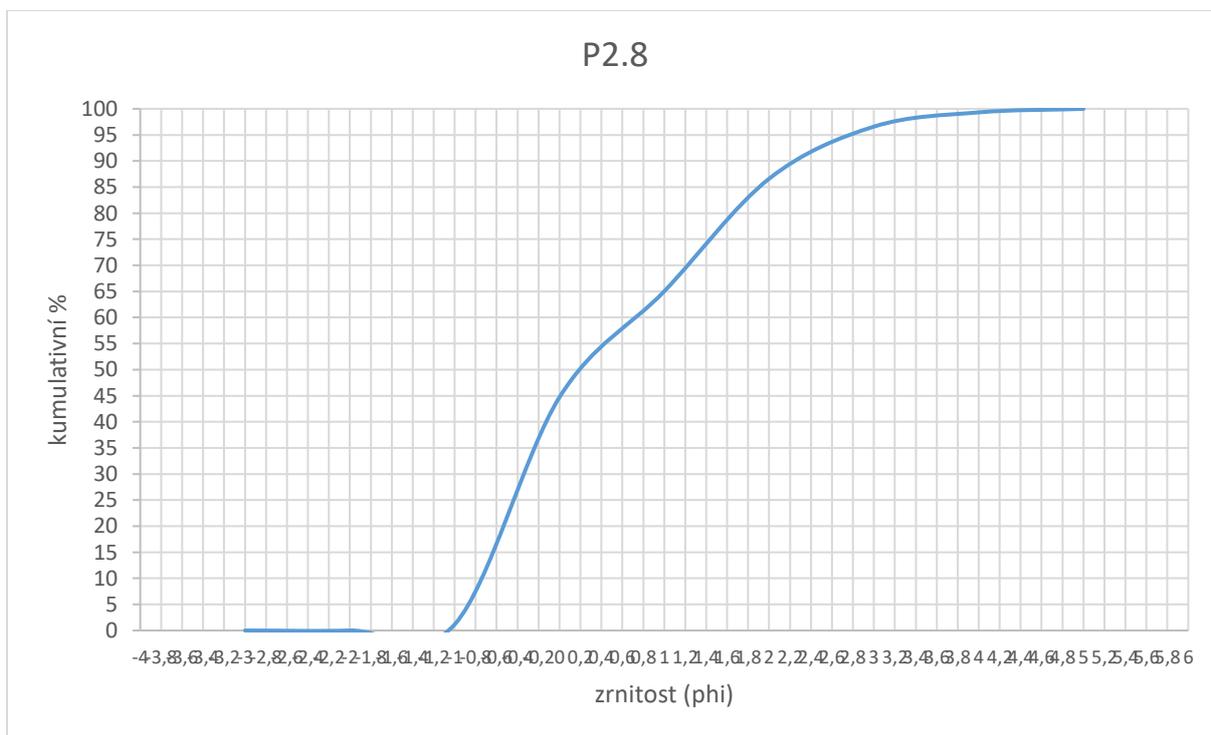
Příloha č. 5.9 Kumulační křivka z lokality Arnoltice (P2), vzorek P 2.5



Příloha č. 5.10 Kumulační křivka z lokality Arnoltice (P2), vzorek P 2.6



Příloha č. 5.11 Kumulační křivka z lokality Arnoltice (P2), vzorek P 2.7

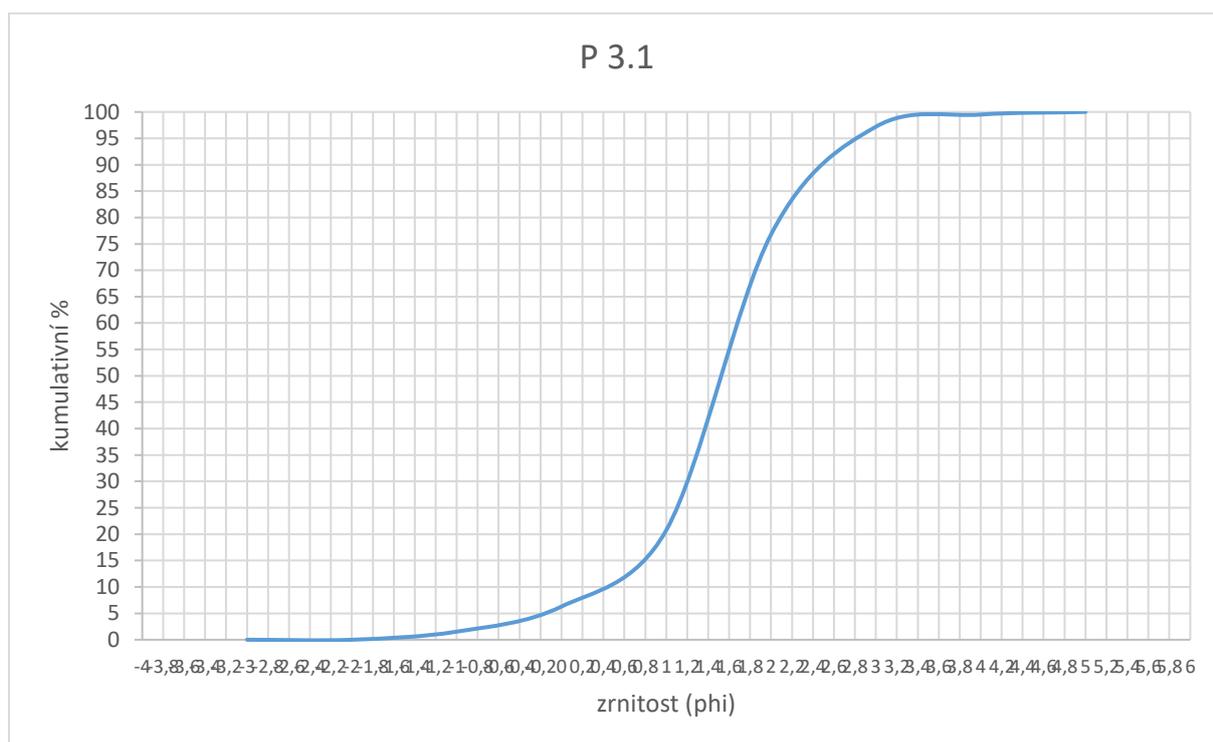


Příloha č. 5.12 Kumulační křivka z lokality Arnoltice (P2), vzorek P 2.8

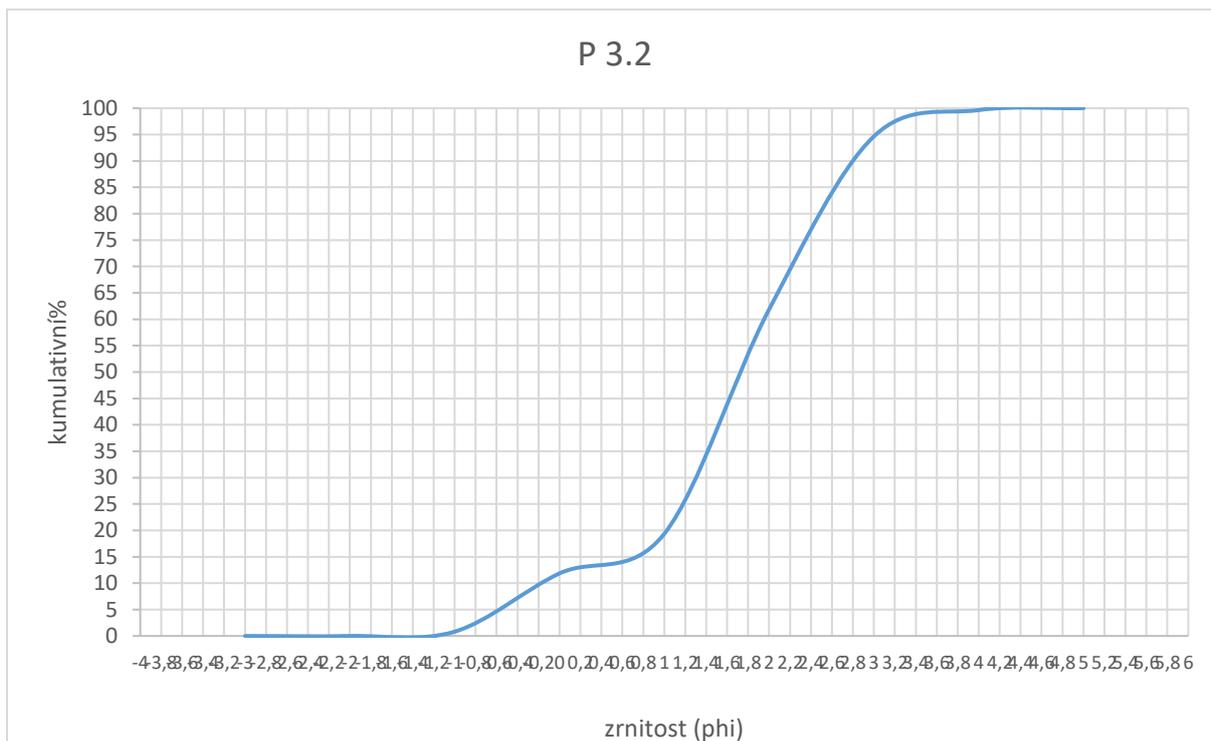
Výsledky z lokality Arnoltice-opuštěný lom (P3)

P3.1			P3.2			P3.3	
Medián	1,5		Medián	1,7		Medián	0,4
Střední velikost zrna	1,2		Střední velikost zrna	1,73		Střední velikost zrna	0,6
Vytřídění	0,78		Vytřídění	0,97		Vytřídění	1,6
Koeficient symetrie	0,46		Koeficient symetrie	-0,1		Koeficient symetrie	0,18
špičatost	1,38		špičatost	1,34		špičatost	1,86
P3.4			P3.5			P3.6	
Medián	1,1		Medián	0		Medián	0,7
Střední velikost zrna	1,26		Střední velikost zrna	-0,13		Střední velikost zrna	0,93
Vytřídění	0,26		Vytřídění	1,45		Vytřídění	1,25
Koeficient symetrie	-0,44		Koeficient symetrie	-0,06		Koeficient symetrie	0,64
špičatost	1,78		špičatost	1,6		špičatost	1,78

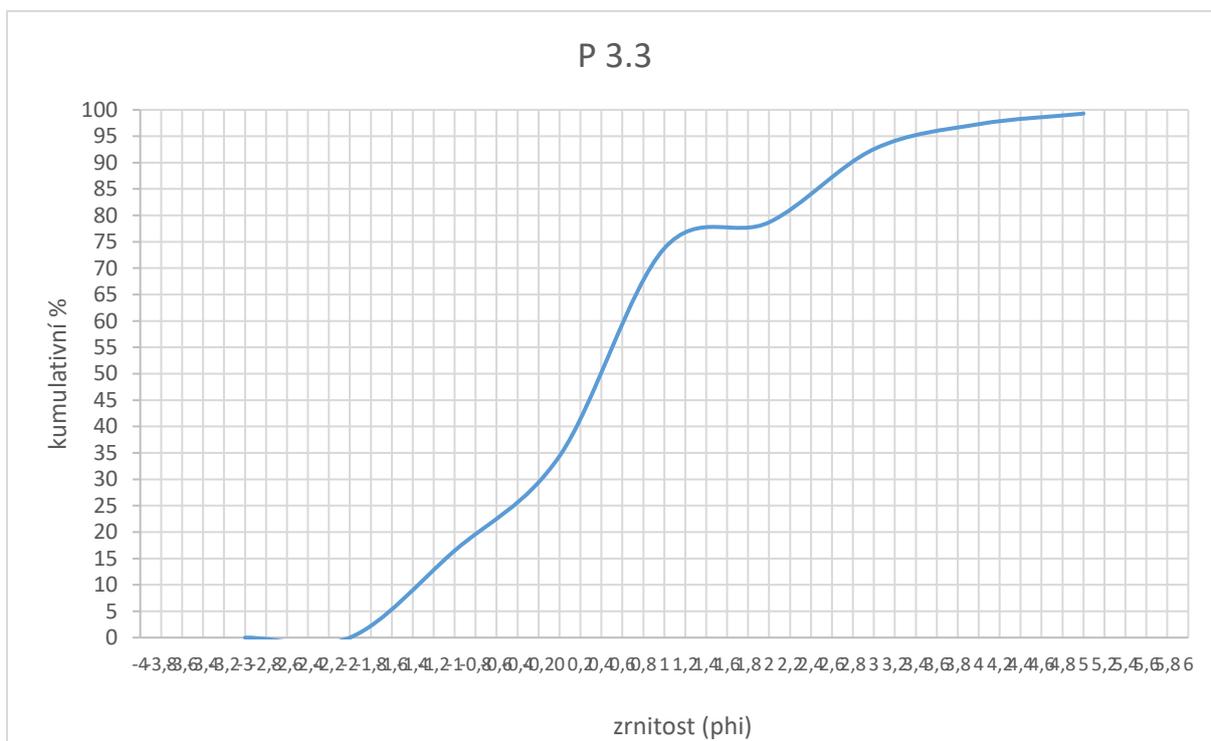
Příloha č. 5.13 výsledky zrnitostních parametrů z lokality Arnoltice-opuštěný lom (P3)



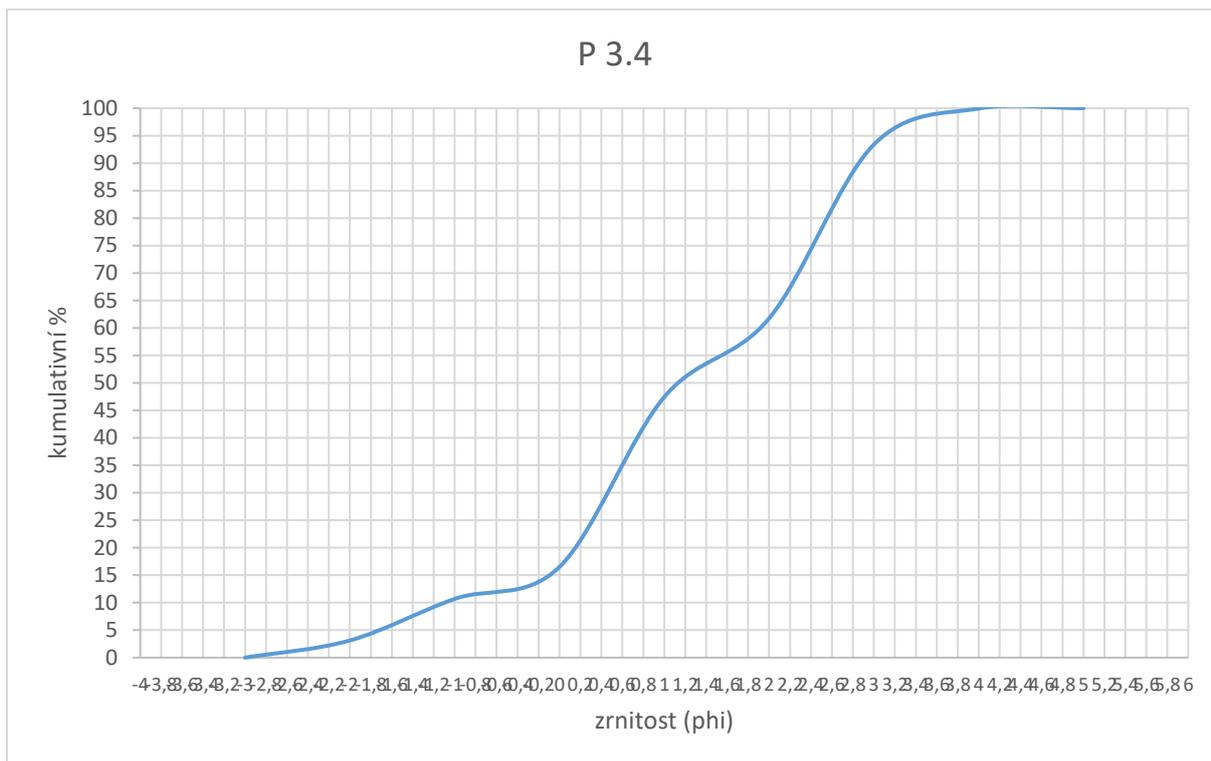
Příloha č. 5.14 Kumulační křivka z lokality Arnoltice-opuštěný lom (P3), vzorek P 3.1



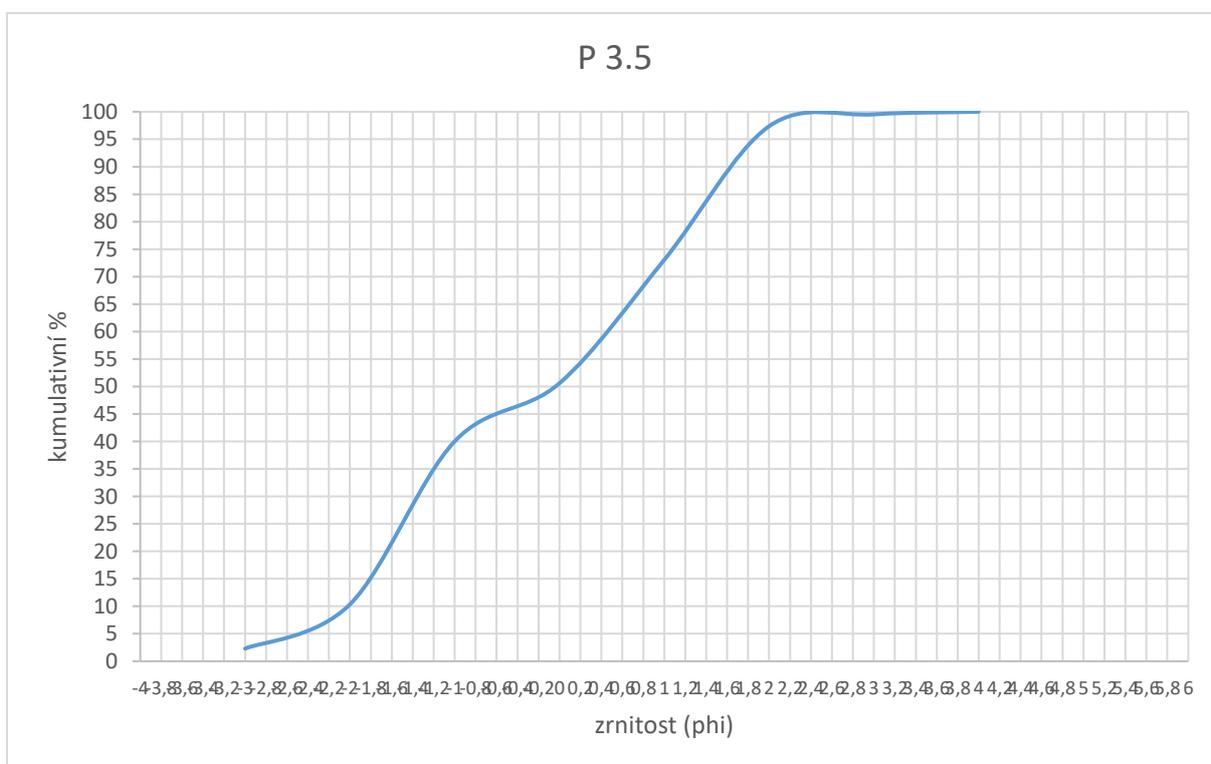
Příloha č. 5.15 Kumulační křivka z lokality Arnoltice-opuštěný lom (P3), vzorek P 3.2



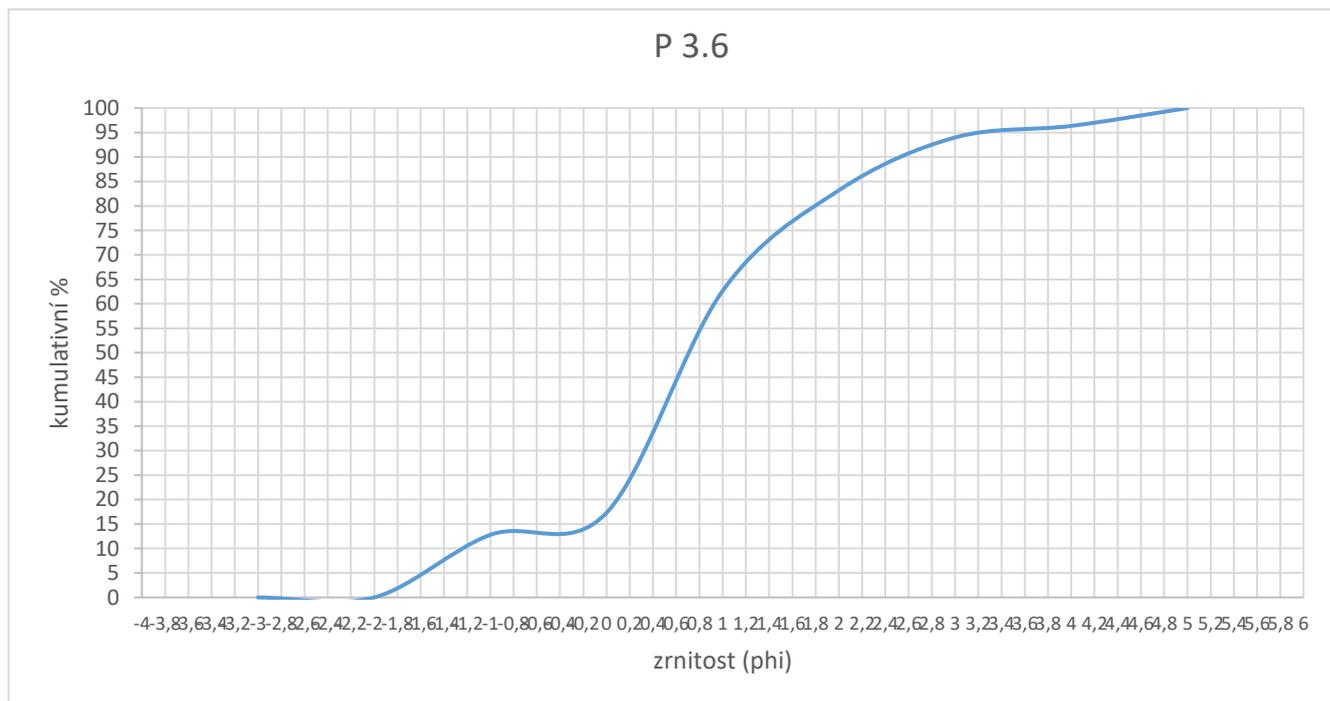
Příloha č. 5.16 Kumulační křivka z lokality Arnoltice-opuštěný lom (P3), vzorek P 3.3



Příloha č. 5.17 Kumulační křivka z lokality Arnoltice-opuštěný lom (P3), vzorek P 3.4



Příloha č. 5.18 Kumulační křivka z lokality Arnoltice-opuštěný lom (P3), vzorek P 3.5

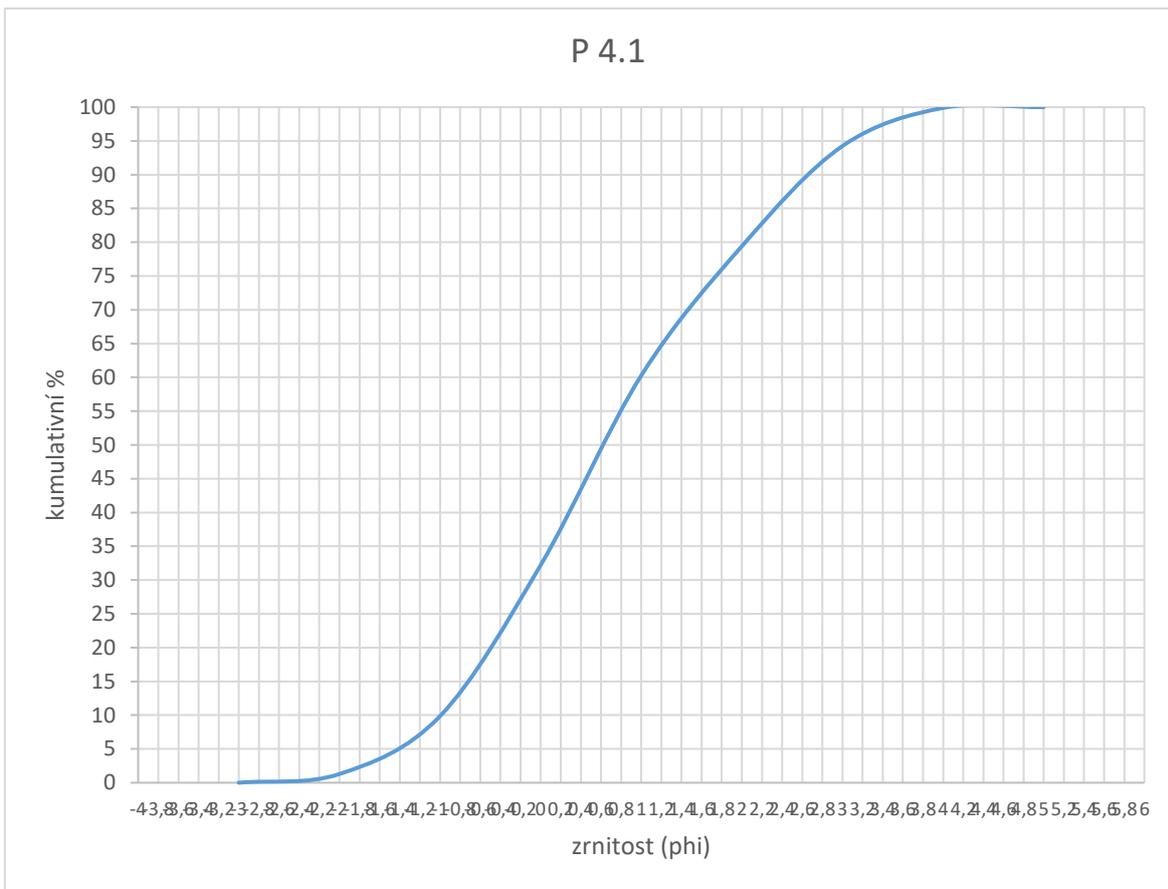


Příloha č. 5.19 Kumulační křivka z lokality Arnoltice-opuštěný lom (P3), vzorek P 3.6

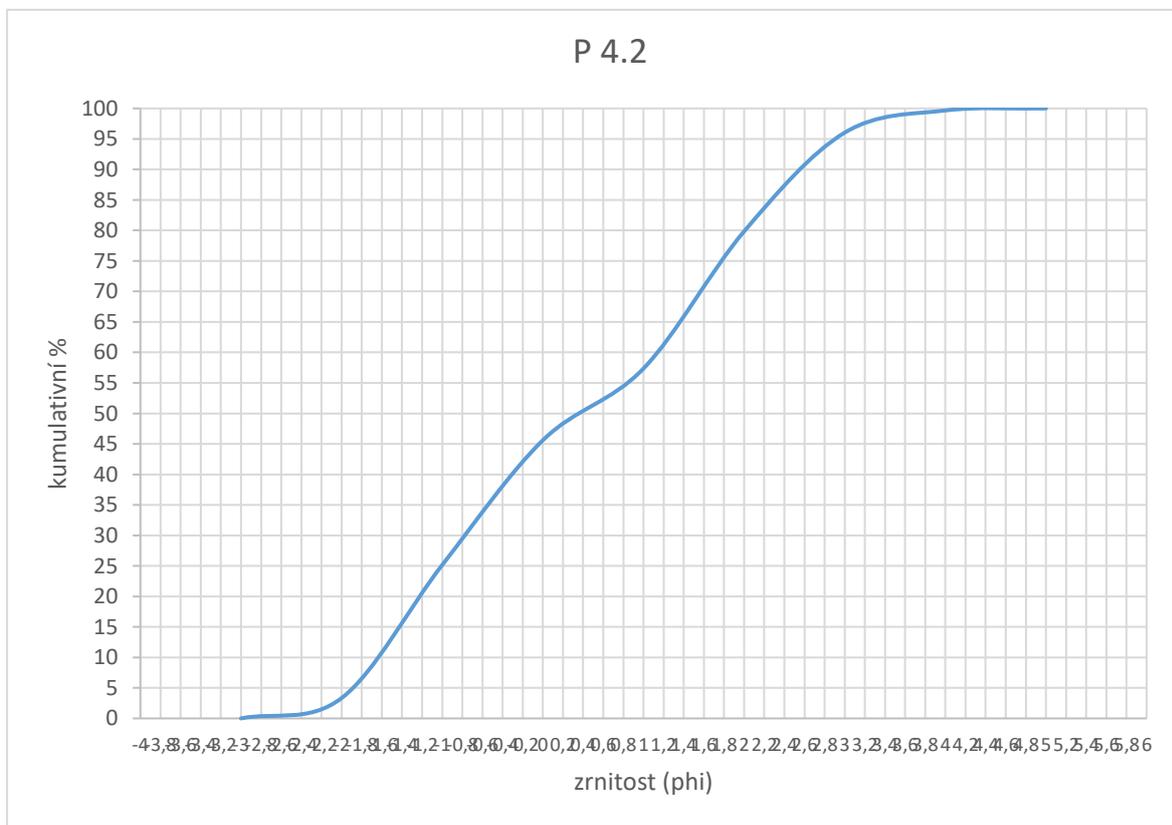
Výsledky z lokality Bulovka (P4)

P4.1			P4.2			P4.3	
Medián	0,6		Medián	0,4		Medián	1,2
Střední velikost zrna	0,73		Střední velikost zrna	0,4		Střední velikost zrna	1,16
Vytřídění	1,43		Vytřídění	1,62		Vytřídění	1,52
Koeficient symetrie	0,12		Koeficient symetrie	-0,04		Koeficient symetrie	-0,19
špičatost	1,67		špičatost	1,78		špičatost	1,97
P4.4			P4.5			P4.6	
Medián	0,3		Medián	-0,4		Medián	-0,6
Střední velikost zrna	0,43		Střední velikost zrna	-0,06		Střední velikost zrna	-0,5
Vytřídění	1,61		Vytřídění	1,57		Vytřídění	1,2
Koeficient symetrie	0,13		Koeficient symetrie	0,12		Koeficient symetrie	0,16
špičatost	1,75		špičatost	1,78		špičatost	1,41

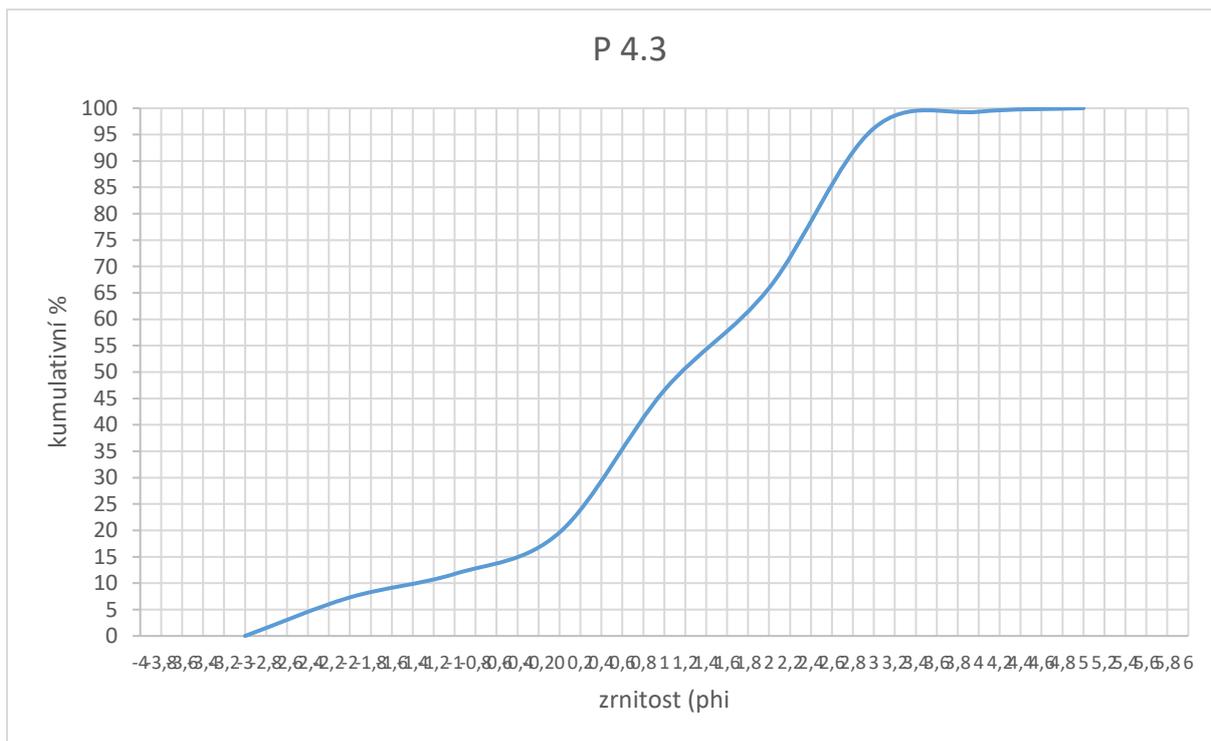
Příloha č. 5.20 výsledky zrnitostních parametrů z lokality Bulovka (P4)



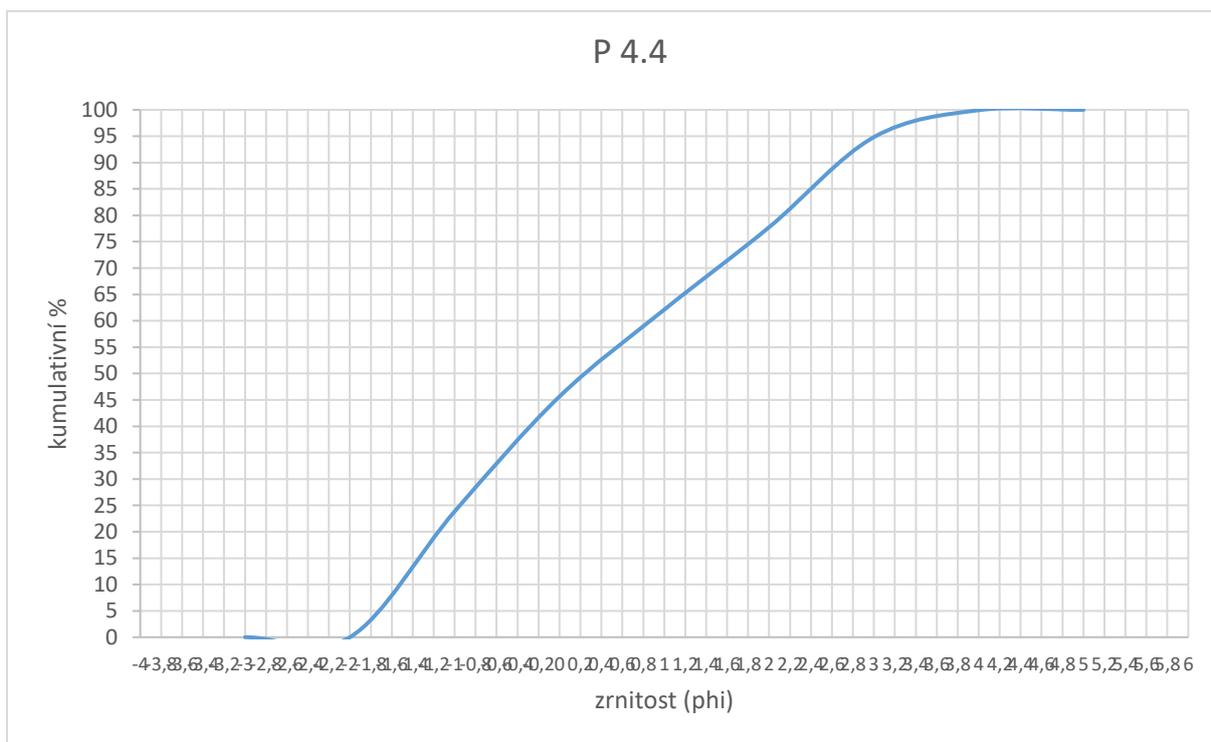
Příloha č. 5.21 Kumulační křivka z lokality Bulovka (P4), vzorek P 4.1



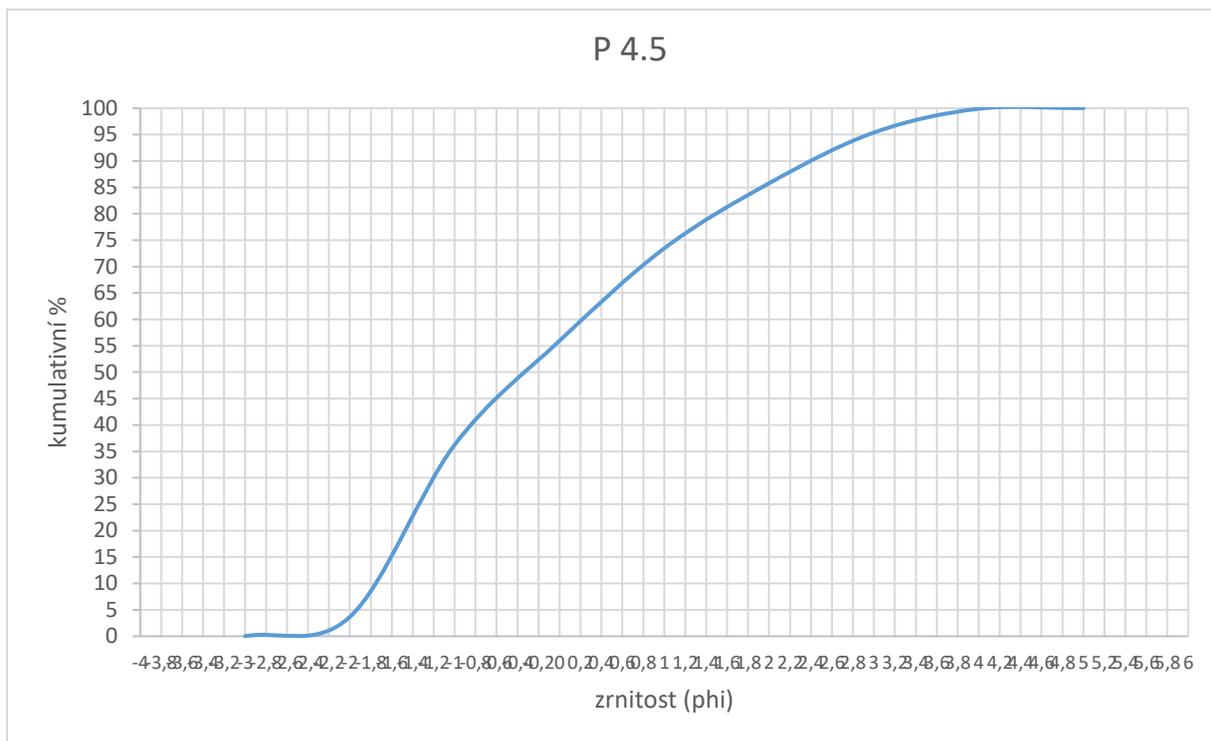
Příloha č. 5.22 Kumulační křivka z lokality Bulovka (P4), vzorek P 4.2



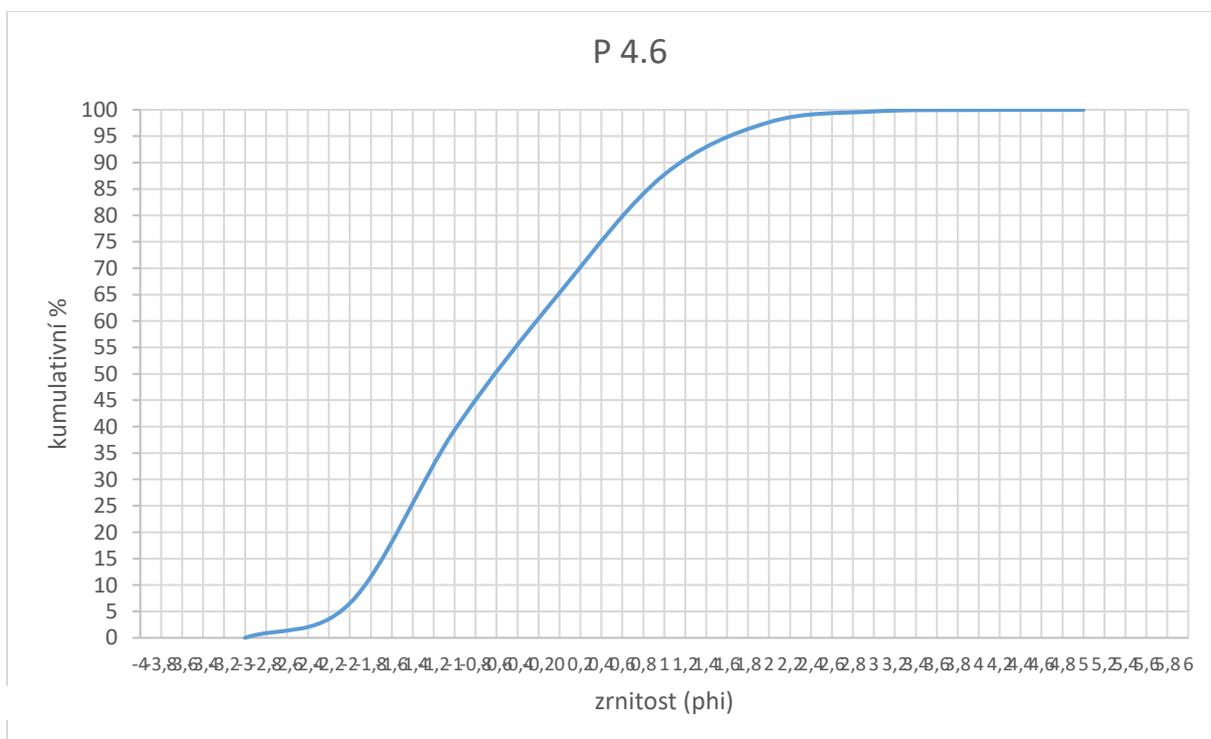
Příloha č. 5.23 Kumulační křivka z lokality Bulovka (P4), vzorek P 4.3



Příloha č. 5.24 Kumulační křivka z lokality Bulovka (P4), vzorek P 4.4



Příloha č. 5.25 Kumulační křivka z lokality Bulovka (P4), vzorek P 4.5



Příloha č. 5.26 Kumulační křivka z lokality Bulovka (P4), vzorek P 4.6