

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA

KATEDRA GEOLOGIE



# **Architektura a složení nivních sedimentů v aluviálních systémech miocénu mostecké pánve**

Diplomová práce

Bc. Jakub Mikolanda

Environmentální geologie

prezenční studium

Vedoucí práce: Ing. Lada Hýlová, Ph.D.

Únor 2024

**Bibliografická identifikace:****Jméno a příjmení autora:** Jakub Mikolanda**Název práce:** Architektura a složení nivních sedimentů v aluviálních systémech miocénu mostecké pánve**Typ práce:** diplomová**Pracoviště:** Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta, katedra geologie**Vedoucí práce:** Ing. Lada Hýlová, Ph.D.**Rok obhajoby práce:** 2024

**Abstrakt:** Mostecká pánev je největší ze čtyř pánví oherského riftu, který je součástí evropského kenozoického riftového systému. Pánev představuje příkopovou strukturu, která byla iniciována koncem eocénu a pokračovala až do raného miocénu. Ukládání sedimentů v pánvi započalo pestrými litologickými sledy (tj. vulkanické horniny, produkty jejich zvětrávání, lokální fluvialní systémy a bažiny) a pokračovalo sedimentací v rozsáhlých rašelinotvorných močálech a vyvrcholilo ukládáním jezerních sedimentů v celé pánvi. Miocenní sedimenty jsou seskupeny v rámci mosteckého souvrství, které obsahuje hlavní uhelnou sloj nacházející se ve spodní části souvrství. Mostecké souvrství převážně tvořeno hnědouhelnými slojemi a písčitymi a jílovitými sedimenty. Diplomová práce se zabývá nivními říčními sedimenty v rámci bílinské delty dokumentovatelnými v povrchovém hnědouhelném lomu Bílina, který se nachází SZ od města Bílina. V práci není lom hodnocen jako celek, ale pouze jeho vybraná část s výskytem nivních říčních usazenin, které nebyly dosud podrobněji zkoumány. Cílem diplomové práce je podrobný výzkum právě těchto sedimentů. Sedimentární sledy v dokumentovaných profilech dodržují jednotné schéma odpovídající celkovému sedimentárnímu vývoji v oblasti. Na bázi všech profilů studované oblasti se nacházejí výrazně vrstevnaté heterolity, na heterolitech jsou uloženy střídající se vrstvy siltů a písků, a nakonec jsou tyto sedimenty překryty jezerními břešťanskými jíly. Zrnitost sedimentů ze vzorků je velmi proměnlivá. Podíly jednotlivých zrnitostních frakcí se v profilech rychle mění. Výsledky z XRD jsou díky použité vyhodnocovací metodě spíše proxy-charakteru nicméně na základě zjištěných dat z XRD, XRF a zrnitostní analýzy lze vyvodit hned několik závěrů z poměrů minerálů, prvků a zrnitostních frakcí. Organická hmota je ve vzorcích jemně rozptýlená, a kromě dvou vzorků s karbonáty vzorky obsahují prakticky pouze organický uhlík. V sedimentech se vyskytují také makroskopické

zbytky zuhelnatělé organické hmoty v podobě kořínků a úlomků uhelné hmoty. Materiál odebraný ze stěny K99 v lomu Bílina je stejnorodého geochemického složení. V sedimentech studovaných nivních vrstev převládá siltový materiál v různé proporci s materiálem písčítým a jílovitým. Chemické a mineralogické složení je řízeno hlavně podílem jemně písčité složky v porovnání se složkou prachovitou a jílovitou. Výsledky dokumentace a analýzy vzorků zemin ze dvou vrstev nivních usazenin na dole Bílina ukazují na klimatickou stabilitu během vzniku studovaných profilů říční nivy, a tedy i stabilní zvětrávací poměry v povodí řeky během vzniku obou niv.

**Klíčová slova:** Lom Bílina, mostecká pánev, miocén, burdigal, mostecké souvrství, holešické vrstvy, klima, geochemie, paleogeografie, nivní sedimenty, heterolity, jíly, silty, písky

**Počet stran:** 156

**Počet příloh:** 6

**Jazyk:** čeština

**Bibliographical identification:****Autor's first name and surname:** Jakub Mikolanda**Title:** Architecture and composition of alluvial sediments in Miocene alluvial systems of the Most Basin**Type of thesis:** master**Institution:** Palacký University in Olomouc, Faculty of Science, Department of Geology**Supervisor:** Ing. Lada Hýlová, Ph.D.**The year of presentation:** 2024

**Abstract:** The Most Basin is the largest of the four basins of the Oher rift, which is part of the European Cenozoic rift system. The basin represents a rift structure that was initiated in the late Eocene and continued into the early Miocene. Sediment deposition in the basin began with varied lithological sequences (i.e. volcanic rocks, their weathering products, local fluvial systems and marshes) and continued with sedimentation in extensive peat bogs and culminated in the deposition of lacustrine sediments throughout the basin. Miocene sediments are grouped within the Most Formation, which contains the main coal seam located in the lower part of the Formation. The Most Formation is predominantly composed of lignite seams and sandy and clayey sediments. The thesis deals with alluvial fluvial sediments within the Bílina delta documentable in the Bílina opencast lignite quarry, located NW of the town of Bílina. The thesis does not evaluate the quarry as a whole, but only a selected part of it with the occurrence of alluvial fluvial deposits, which have not been investigated in detail so far. The aim of the thesis is a detailed investigation of these sediments. The sedimentary sequences in the documented profiles follow a uniform pattern corresponding to the overall sedimentary development in the area. At the base of all the profiles of the study area are distinctly layered heteroliths, alternating layers of silts and sands are deposited on top of the heteroliths, and finally these sediments are overlain by lacustrine breccia clays. The grain size of sediments from the samples is highly variable. The proportions of individual grain size fractions change rapidly in the profiles. The XRD results are rather proxy in nature due to the evaluation method used, however, several conclusions can be drawn from the mineral, element and grain size fraction ratios based on the XRD, XRF and grain size data. Organic

matter is finely dispersed in the samples, and apart from the two samples with carbonates, the samples contain virtually only organic carbon. There are also macroscopic remnants of charred organic matter in the form of roots and coal fragments in the sediments. The material taken from the K99 wall in the Bílina quarry is of homogeneous geochemical composition. The sediments of the studied alluvial layers are dominated by silty material in varying proportions with sandy and clayey material. The chemical and mineralogical composition is mainly governed by the proportion of fine sandy component compared to the dusty and clayey component. The results of the documentation and analysis of soil samples from the two layers of alluvial deposits at the Bílina Mine indicate climatic stability during the formation of the studied river alluvial profiles and, therefore, stable weathering conditions in the river basin during the formation of both alluvial deposits.

**Keywords:** Bílina quarry, Most basin, Miocene, burdigal, Most formation, Holešice member, climate, geochemistry, palaeogeography, alluvial sediments, heteroliths, clays, silts, sands

**Number of pages:** 156

**Number of appendices:** 6

**Language:** Czech

### **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem zadanou diplomovou práci vypracoval samostatně pod odborným vedením Ing. Lady Hýlové, Ph.D.. Veškerá použitá literatura je řádně citována a uvedena v seznamu literatury.

V Olomouci

.....

Podpis

## **Poděkování**

Velké poděkování patří mému školiteli panu Ing. Karlu Machovi, PhD., vedoucímu odboru měřičství a geologie v Severočeských dolech a.s. za nespočet hodin strávených asistencí v terénu a odbornými konzultacemi, bez kterých by práce nedosáhla vysoké kvality. Dále děkuji paní Ing. Ladě Hýlové, PhD. za zprostředkování práce, konzultace a zprostředkování měření ICP-MS, TOC a stanovení  $\delta^{13}\text{C}$  a  $\delta^{18}\text{O}$  v karbonátech v laboratořích ČGS. Dále děkuji panu doc. Ing. Jakubu Jiráskovi, Ph.D. za zprostředkování měření XRD na VŠB-TUO.

## Obsah

1. Úvod .....	8
2. Geologie mostecké pánve .....	9
2.1. Vývoj mostecké pánve .....	12
2.1.1. Eocén a oligocén .....	12
2.1.2. Miocén .....	12
2.2. Názory na vznik pánve .....	13
2.2.1. Kopeckého (1990) tafrogenní představa.....	13
2.2.2. Malkovského (1980, 1985) představa vulkano-tektonické subsidence .....	13
2.2.3. Velevrásová struktura Hurníka a Havleny (1984) .....	14
2.3. Stratigrafie výplně mostecké pánve .....	14
2.3.1. Starosedelské souvrství.....	9
2.3.2. Střezovské souvrství.....	9
2.3.3. Mostecké souvrství .....	9
3. Lom Bílina .....	14
3.1. Hlavní uhelná sloj .....	14
3.2. Bílinská delta, paleogeografický vývoj oblasti lomu Bílina.....	15
3.2.1. Fáze 1 – Centrální tok na konci oligocénu a spodním miocénu.....	16
3.2.2. Fáze 2 – Záplavová plošina a první močály.....	19
3.2.3. Fáze 3 – Celopánevní močál .....	19
3.2.4. Fáze 4 – Lokální jezera, vznik bílinské delty .....	22
3.2.5. Fáze 5 – Celopánevní jezero .....	24
3.2.6. Fáze 6 – Obnova bažin .....	24
3.3. Klima .....	27
4. Metodika .....	28
4.1. Terénní práce .....	28
4.1.1. Popis sond a odběry vzorků.....	28
4.2. Laboratorní práce .....	30
4.2.1. Zrnitostní analýza.....	31
4.2.2. Rentgenová difrakční analýza (XRD) .....	31
4.2.3. Rentgenová fluorescence (XRF).....	33
4.2.4. Celkový organický uhlík (TOC) .....	33
4.2.5. Hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem (ICP-MS) .....	34
4.2.6. Stanovení $\delta^{13}\text{C}$ a $\delta^{18}\text{O}$ v karbonátech .....	34
4.2.7. Zpracování fotomozaik a paleogeografických situací .....	35
5. Výsledky.....	36



5.1.	Litologický popis sond.....	36
5.2.	Zrnitostní analýza .....	44
5.3.	Rentgenová difrakční analýza (XRD).....	48
5.4.	Rentgenová fluorescence (XRF).....	50
5.5.	Celkový organický uhlík (TOC).....	58
5.6.	Hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem (ICP-MS).....	58
5.7.	Stanovení $\delta^{13}\text{C}$ a $\delta^{18}\text{O}$ v karbonátech .....	60
5.8.	Fotomozaiky a paleogeografické situace .....	60
6.	Diskuse .....	67
6.1.	Litologie sedimentů .....	67
6.2.	Zrnitost sedimentů .....	69
6.3.	Chemismus a zvětrávání sedimentů.....	70
6.4.	Organická hmota .....	74
6.5.	Prvky vzácných zemin .....	74
6.6.	Izotopy O a C v sideritu .....	75
6.7.	Klima a podmínky větrání .....	76
7.	Závěr.....	78
8.	Seznam literatury.....	79
9.	Přílohy .....	86
	Příloha 1: Dokumentace sond z terénu.....	87
	Příloha 2: Ternární diagramy zrnitosti vzorků dle Folka (1954).....	108
	Příloha 3: Zrnitostní křivky a statistiky jednotlivých vzorků. ....	112
	Příloha 4: Difraktogramy a tabulky rentgenové difrakční analýzy (XRD). ....	132
	Příloha 5: Grafy poměrů prvků .....	142
	Příloha 6: Výtah dokumentace skrývkových řezů K99, lom Bílina 2016-2022, zmenšeno, upraveno. .....	147

## 1. Úvod

Diplomová práce se zabývá dosud nezkoumanými nivními sedimenty v lomu Bílina v mostecké pánvi. Zde dodnes probíhá aktivní těžba hnědého uhlí, které vzniklo nahromaděním organického materiálu a jeho zhutněním zapříčiněné přínosem klastického materiálu z řek v průběhu miocénu. Aktivní těžba, které postupně odkrývá tyto aluviální systémy, umožňuje podrobný výzkum miocenních sedimentů v nadloží uhelné sloje. Cílem práce je sestavení rešerše na téma mostecká pánev, výzkum a detailní popis podmínek sedimentace dobře dokumentovatelných usazenin niv říčních systémů v mostecké pánvi. Prostředky, které k tomu poslouží jsou provedení rešerše problematiky geologického a paleogeografického vývoje mostecké pánve, a sedimentů říčních systémů nejen v miocénu, dokumentace stěn konkrétních výchozů na stěnách velkolomových řezů, tvorba fotomozaik, odběr vzorků a laboratorní práce se vzorky včetně jejich následné trendové analýzy. Kromě detailního popisu konkrétních přístupných příkladů nivních usazenin je cílem práce také sestavení modelů (map) lokálního paleoprostředí v aquitanu a prozkoumání parametrů převážně prachových sedimentů holešických vrstev mosteckého souvrství, které vznikaly přínosem sedimentů z řek bílinské delty. Výsledky laboratorního zkoumání odebraných sedimentů budou použity k vyhodnocení jejich vypovídací schopnosti ve směru objasnění nejen paleogeografických ale i klimatických a diagenetických faktorů působících na výsledný sediment. Sekundárním využitím zjištěných dat bude realizováno v provozní praxi SD a.s. zejména při řešení hydrogeologických otázek v nadloží sloje spojených s existencí sedimentů aluviálních systémů, zejména posuzování vrstev nivních sedimentů z hlediska jejich izolačních schopností.

## 2. Geologie mostecké pánve

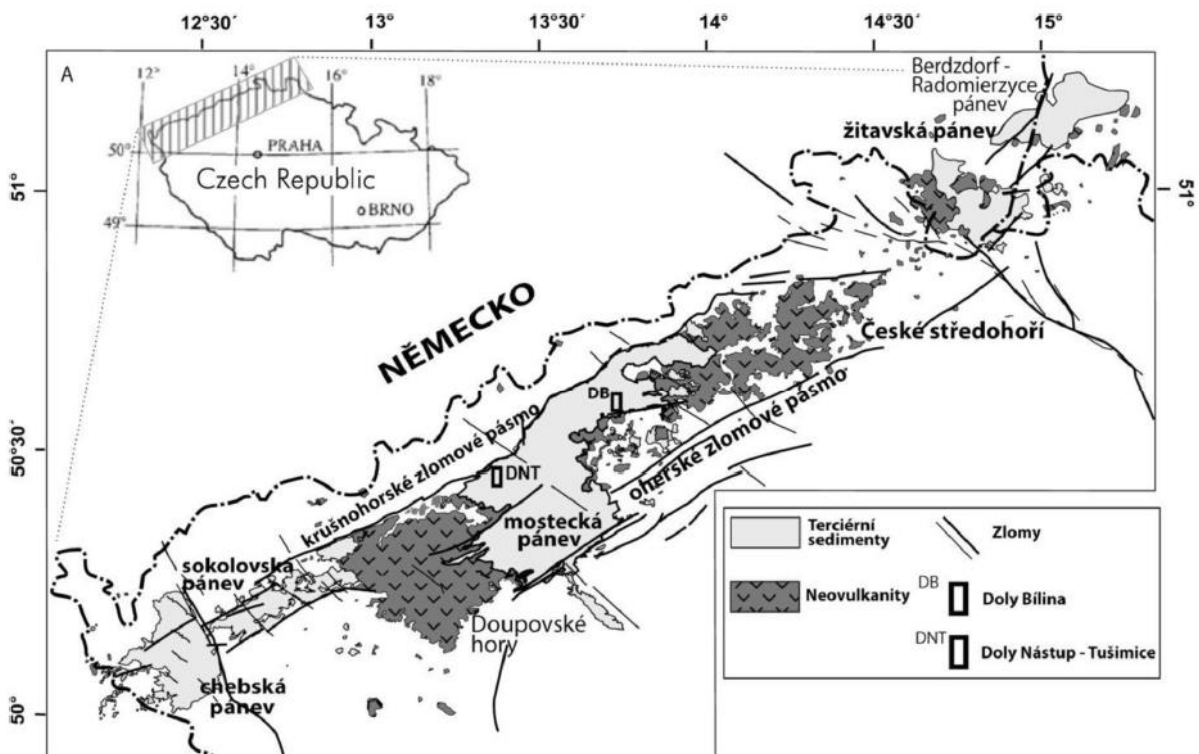
Mostecká pánev je největší ze čtyř pánví oherského riftu, který je součástí evropského kenozoického riftového systému (Matys Grygar et al. 2017a). Tento systém představuje reakci střední Evropy na alpskou a pyrenejskou orogenezi (Ziegler & Dèzes 2007).

Sedimenty a neovulkanické horniny vyplňují protažené území ssv.–jjz. směru o rozloze zhruba 1 900 km<sup>2</sup> (Pešek et al. 2010). Na tomto území se vyskytují celkem tři různé samostatné pánve: mostecká, sokolovská a chebská (čtvrtá, žitavská pánev, se nachází z větší části mimo hranice ČR). Pánve mají společné rysy. Jako hlavní společný rys uvádí Elznic et al. (2007), že sedimenty vyplňují deprese jednostranného příkopu, který Kopecký et al. (1970) označil jako oherský (ohárecký) rift.

Mostecká pánev představuje příkopovou strukturu, která byla iniciována koncem eocénu a pokračovala až do raného miocénu (Matys Grygar et al. 2017a). Tato příkopová struktura se dále nerozšířila a z lokálních zlomů se staly zlomy zralé, u kterých se změnila orientace (obr. 1). Od středního miocénu se začalo projevovat vyzdvižení pánve (Ziegler & Dèzes 2007), které způsobilo erozi svrchních a okrajových částí výplně pánve. Ukládání sedimentů v pánvi započalo pestrými litologickými sledy (tj. vulkanické horniny, produkty jejich zvětrávání, lokální fluviální systémy a bažiny) a pokračovalo sedimentací v rozsáhlých rašelínových močálech a vyvrcholilo ukládáním jezerních sedimentů v celé pánvi (Pešek et al. 2010, Mach et al. 2014).

Mostecká pánev je omezena Doupovskými horami na JZ, Krušnými horami na SZ a Českým středohořím na JV (Pešek et al. 2010). Sedimentární a vulkanické horniny tvoří komplex, který je 550 m mocný a má rozlohu 870,3 km<sup>2</sup> (Kvaček et al. 2004). Na části této plochy se nachází hlavní hnědouhelná sloj, na zbytku její klastické ekvivalenty.

Sedimenty mostecké pánve vznikly během tří samostatných etap vyplňování pánve popsané jednotlivými souvrstvími, které jsou detailně popsány v následujících kapitole 2.3.

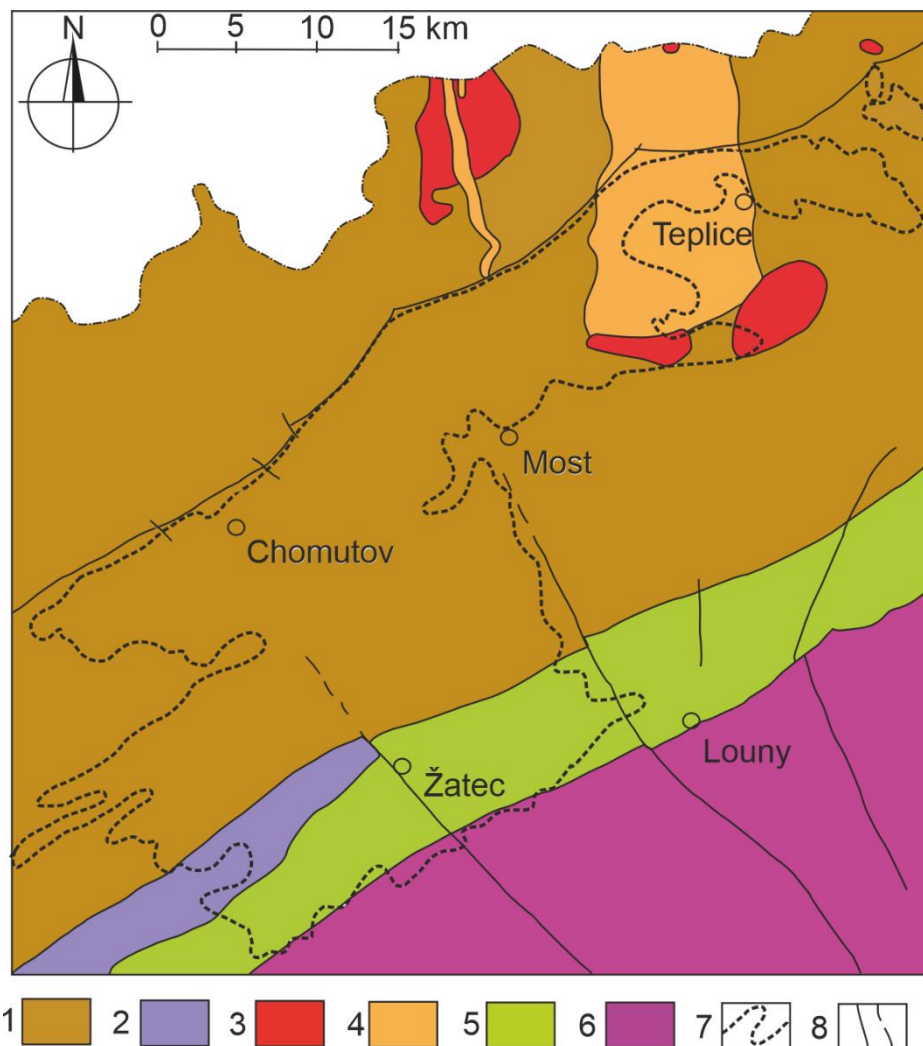


Obrázek 1: Mostecká pánev v ohřešském riftu a její okolí. Upraveno podle Rajchla et al. (2009) in Müllerová 2017.

Ukládání klastických sedimentů nad hlavní uhelnou slojí těsně předcházelo nástupu miocenního klimatického optima (MCO) (Matys Grygar et al. 2014), které představuje dočasné oteplení, mimo jiné zahrnující značný rozpad antarktického ledovce (Levy et al. 2016) a přerušovaně vystřídal trvalý trend ochlazování v kenozoiku. Vliv MCO na kontinentální klima je stále předmětem diskusí; jeho spouštěcí mechanismy a přesné stáří jsou nejisté, mimo jiné kvůli nedostatku vhodných sedimentárních archivů s dostatečným časovým rozlišením (Matys Grygar et al. 2017a).

Mostecká pánev, součást počínajícího riftu v rámci evropského kenozoického riftového systému, vykazovala sedimentární prostředí, které bylo dostatečně stabilní na to, aby se v něm zachovaly znaky orbitálně řízených environmentálních změn (Matys Grygar et al. 2017b). Klastické sedimenty nad hlavní uhelnou slojí mosteckého souvrství zaznamenávají změny magnetické polaroty a prostředí v povodí jezera, které byly většinou řízeny orbitálními vlivy. Tato kombinace činí z mosteckého souvrství (The Most Formation) cenný environmentální archiv období předcházejícího velkému oteplení v miocénu (Matys Grygar et al. 2017a).

Podloží pánve tvoří horniny saxothuringika, bohemika, permokarbonské a křídové sedimenty, přičemž horniny náležící saxothuringiku dominují (obr. 2). Tvoří ho silně kaolinizované ruly krušnohorského krystalinika proterozického stáří. Na Žatecko dosahuje metabazitový komplex. Na Teplicku se pak vyskytují také granity a ryolity karbonského stáří. Horniny bohemika se nachází v podloží JV části pánve. Zastupují ho zde horniny tepelsko-barrandienského svrchního proterozoika. Vyskytují se zde svory, fylity, granity, ryolity. Tyto podložní horniny místy překrývají písčitojílovité sedimenty permokarbonské a z větší části sedimenty české křídové pánve (pískovce a slínovce). Velká část terciálních sedimentů leží na mořských sedimentech české křídové pánve (Pešek et al. 2010).



Obrázek 2: Geologická mapa podloží mostecké pánve a jejího okolí, Mlčoch (1994) in Pešek et al. (2010), upraveno. 1 – 4 - saxothuringikum, 1 – ruly až fylity, granulity, peridotity a serpentinity (krušnohorské krystalinikum), 2 – metabazity (mariánsko-lázeňský komplex), 3 – granity, 4 – ryolity, 5 – 6 – bohemikum, 5 – svory, fylity a kontaktně metamorfované břidlice, 6 – kadomské granity (tepelsko-barrandienské krystalinikum), 7 - obrys pánve, 8 – zlomy ověřené a předpokládané

## 2.1. Vývoj mostecké pánve

Obnovení sedimentace v Podkrušnohoří začíná po jejím přerušení na konci křídly a probíhá pouze na omezeném území. Terciérní sedimentace začala postupným vyplňováním izolovaných depresí v pánvi. Terciérní sedimenty nasedají na horniny saxothuringika, bohemika, sedimentární výplň permokarbonských pánví a české křídové pánve (Malkovský et al. 1985).

### 2.1.1. Eocén a oligocén

V eocénu probíhalo ukládání nejstaršího starosedelského souvrství. Souvrství vzniklo na nerovném reliéfu v údolích obklopených vyvýšeninami, které sloužily jako hlavní zdroj klastického materiálu pro ukládání sedimentů v přilehlých depresních oblastech (Mach et al. 2013). Ve svrchním eocénu se začínají objevovat první náznaky uhlotvorby, s níž je v oblasti spojen také vulkanismus.

V oligocénu došlo k intenzivnímu alkalickému vulkanismu (Kopecký, 1978), který vytvořil silné vrstvy pyroklastik a lávových těles překrývající starosedelské souvrství (Mach et al. 2013).

Ve většině podkrušnohorských pánví se po krátkém hiátu ve spodním oligocénu sedimentace přemístila do zcela odlišného území, než je známo dnes. Až ve spodním miocénu se mostecká a sokolovská pánev začala přibližovat do současné podoby. (Pešek et al. 2010). Až na pár hiátů sedimentace dál pokračuje.

### 2.1.2. Miocén

V miocénu postupně docházelo k ukládání nových sedimentů v návaznosti na slábnoucí vulkanickou aktivitu a zvětrávání vulkanických hornin. Miocenní sedimenty jsou seskupeny v rámci mosteckého souvrství, které obsahuje hlavní uhelnou sloj nacházející se ve spodní části souvrství. Hlavní uhelná sloj je podložena proluviálními, koluviálními a fluviálními brekciemi a písiky, které v centrální části pánve přecházejí do jílu (duchcovské vrstvy) (Mach et al. 2013).

Uhelná sloj se vyvinula z místních slatin a močálů, ve kterých se akumulovala rašelina. Močály porůstala vegetace, jejíž plocha představovala rozsáhlou část pánve. Právě velké množství vegetace přispělo ke vzniku rašelin, a tak i vzniku prvních uhelných slojí. Uhelné slojky vznikaly na dně bažin, slatin a močálů, které vodou dotovaly řeky. Postupný vývoj říčního systému procházejícího rašelinotvorným močalem vedl ke vzniku rozsáhlých a složitých deltových těles v podobě žatecké a bílinské delty.

Samotná rašelina vznikala během tzv. „období hlavní tvorby“, během kterého se močál postupně měnil v rozsáhlý slatinový biotop pokrývající téměř celou plochu pánve. V současnosti je slatina zastoupena uhelnou slojí o mocnosti cca. 30-35 m (holešické vrstvy). Nadloží sloje je tvořeno jezerními a siltovými jíly, které se prolínají s čočkovitými pískovými tělesy deltového původu (svrchní část holešických vrstev, libkovické, lomské a osecké vrstvy) (Mach et al. 2013). Akumulace rašeliny byla ukončena fluvio-jezerní depozicí, po níž vzniklo libkovické jezero v celé pánvi (libkovické vrstvy) (Matys Grygar et al. 2017a).

V oblastech zvýšeného přínosu klastik v jihovýchodní a východní části pánve (tzv. žatecká a bílinská delta) je sloj buď rozštěpená, nebo obsahuje časté vložky klastických sedimentů. V těchto oblastech sumární mocnost sloje a mezislojových vrstev (většinou deltové nebo deltovité fluviální sedimenty holešických vrstev) dosahuje až 200 m (Mach, 1995). Velmi podrobnému tektono-sedimentárnímu vývoji pánve se pak věnuje Rajchl et al. (2009), který je rozdělil do čtyř intervalů.

## 2.2. Názory na vznik pánve

Způsob vzniku mostecké pánve jako součásti oherského riftu dodnes není s jistotou objasněn. V současnosti jsou v úvaze tři teorie vzniku: Kopeckého tafrogenní představa (Kopecký et al. 1990), Malkovského představa vulkano-tektonické subsidence (Malkovský 1980, Malkovský et al. 1985) a velevrásová struktura Hurníka a Havleny (Hurník & Havlena 1984).

### 2.2.1. Kopeckého (1990) tafrogenní představa

Kopeckého tafrogenní představa (Kopecký et al. 1990) počítá s tím, že mostecká pánev je součástí oherského riftu (též ohárecký rift). Podle Kopeckého et al. (1990) vulkanismus spolu s neogenní sedimentací a zlomovou tektonikou zásadně ovlivnil centrální hlubinný zlom. Výzdvih území koncem neogénu měl za následek uzpůsobení říční sítě.

### 2.2.2. Malkovského (1980, 1985) představa vulkano-tektonické subsidence

Malkovského představa vulkano-tektonické subsidence hovoří o vzniku pánve na území postiženém vyprázdněním magmatických krbů a jejich následným propadáním (Malkovský 1980, Malkovský et al. 1985). V pánvi tedy probíhala pouze synsedimentární diferenciovaná subsidence ker krystalinika pánevního dna během neogénu. Přerušování sedimentace v pánevním prostoru bylo zapříčiněno zdvihy, které vedly k začínající denudaci, změnám ve vzhledu krajiny a změnám vodních toků (Pešek et al. 2010).

### 2.2.3. Velevrásová struktura Hurníka a Havleny (1984)

Velevrásová struktura Hurníka a Havleny se opírá o poznatky Havleny (1982) a Hurníka a Havleny (1984). Tato teorie hovoří o vzniku pánve převážně dlouhodobým poklesem oblasti. Pokles oblasti byl podle Hurníka (1982) a Hurníka a Havleny (1984) doprovodný jev po odeznění alpínské orogeneze.

### 2.3. Stratigrafie výplně mostecké pánve

Sedimentace v mostecké pánvi neprobíhala najednou. V průběhu ukládání sedimentů pánve proběhly tři samostatné etapy oddělené dvěma hiáty. Ve středním eocénu (priabonu) začala prvotní sedimentace starosedelského souvrství a probíhala až do svrchního oligocénu.

Starosedelské souvrství vznikalo v rozsáhlé oblasti v severozápadních Čechách, kterou vyplňovala mělká jezera. V jezerech se ukládaly klastické terestrické sedimenty. Tyto sedimenty neměly s pozdější miocenní mosteckou pánví nic společného. Hlavní vyplňování sedimenty probíhalo na Sokolovsku a částečně na území Doupovských hor na tzv. doupovském vulkanickém komplexu.

Sedimentace střežovského souvrství byla podmíněna mohutnou sopečnou činností, která pravděpodobně probíhala po většinu oligocénu. Sopečná činnost probíhala na většině území s větším počtem center různého typu (Pešek et al. 2010). Součástí vulkanického komplexu jsou v menší míře i klastické sedimenty vulkanického původu, jež přesahují dnešní rozsah mostecké pánve.

Poslední, a tedy nejmladší jednotkou je mostecké souvrství, které spadá do svrchního oligocénu až spodního miocénu (chatt-burdigal). V době jeho vzniku sedimentovaly všechny litologické typy pánevní výplně včetně jejího okolí. Součástí mosteckého souvrství jsou pak duchcovské, holešické, libkovické, lomské a osecké vrstvy. Pánev lze porovnat s výplní pánví v Sasku, kam říční systém pokračoval až do moře a kde také vznikaly uhelné sloje (obr. 3).





### 2.3.1. Starosedelské souvrství

Sedimentace starosedelského souvrství začala ve středním eocénu a jeho formování pokračovalo až do spodního oligocénu. Podloží je tvořeno krystalinikem, sedimenty permokarbonu a křídý (Malkovský et al. 1985). Toto souvrství je tvořeno převážně klastickým materiálem, který se ukládal ve svrchním eocénu v depresích, a je vždy starší než okolní vulkanické horniny Doupovských hor a Českého středohoří, tj. produkty hlavní fáze vulkanismu (Pešek et al. 2010).

### 2.3.2. Střezovské souvrství

Na konci sedimentace starosedelského souvrství dochází k hiátu, po němž následuje sedimentace střezovského souvrství. Jeho vznik spadá do svrchního eocénu až spodního oligocénu, přesněji priabon až rupel. Střezovské souvrství sice sedimentuje na zbytcích starosedelského souvrství, ale převážně nasedá na zvětralé sedimenty svrchní křídý nebo na krystalinikum (Pešek et al. 2010). Báze souvrství je tvořena pyroklastiky s převahou tufitů s proměnlivým podílem materiálu z podložních hornin (Malkovský et al. 1985). V této době na povrch pánve a jejího okolí opakovaně pronikala bazická vulkanická tělesa (Pešek et al. 2010), která se řadí do hlavní neovulkanické fáze (Kopecký et al. 1990). Bazické vulkanity tvoří především alkalické horniny, nejvíce bazalty, méně pak trachyty, a zatímco na západě pánve jsou tato tělesa mocná až 100 m a chemismem podobná vulkanitům Doupovských hor, tak směrem na východ pánve se jejich mocnosti snižují a chemismem se blíží více k vulkanitům Českého středohoří (Pešek et al. 2010).

### 2.3.3. Mostecké souvrství

Mostecké souvrství se formovalo ve svrchním oligocénu a miocénu (chatt až burdigal). Souvrství se dále dělí na duchcovské, holešické, libkovičské, lomské a osecké vrstvy (Mach et al. 2013, Havelcová et al. 2014). Souvrství dosahuje mocností 500 m i více. Tento sedimentární komplex je tvořen převážně hnědouhelnými slojemi a písčitymi a jílovitými sedimenty. Dříve se mostecké souvrství označovalo různými názvy a mělo i jiné stratigrafické dělení, např. Hurník a Marek (1962) ho pojmenovali jako produktivní sérii, která se dělila na podložní, slojové a nadložní souvrství. Mostecké souvrství poté vyčlenil Domáci (1977) do podoby, jakou známe dnes. Malkovský et al. (1985) zmiňuje, že jednotlivé vrstvy mosteckého souvrství, mají charakter facií v rámci jediného geologického celku. Tyto facie jsou zákonitě uspořádány v prostoru a mohou se zastupovat i v čase, jejich platnost může být lokálně omezena a někdy se nedají ani jednoznačně definovat. Matys Grygar et al. (2021) vyjasnili a redefinovali hranice jednotlivých vrstev na základě využití metod paleomagnetiky a geochemické stratigrafie tak, aby je přiblížili hranicím izochronním (Matys Grygar et al. 2021).

Báze mosteckého souvrství je tvořena duchcovskými vrstvami, které se začaly ukládat po hiátu, a to v různou dobu a v různých částech pánve. Rozdílnost jejich formování je dána odlišnou intenzitou subsidence, která se projevila střídáním sedimentačních prostředí a jejich vzájemným ovlivňováním. Výplň a charakter pánve významně ovlivnila žatecká řeka neboli centrální tok dle Peška a Spudila (1986), která začala od J a JZ přinášet materiál ze vzdálenějších míst českého masivu, který byl dosti odlišný od materiálu přinášeného z blízkého okolí (Pešek et al. 2010). Ukládání sedimentů probíhalo během končící vulkanické fáze Doupovských hor a Českého středohoří, kdy sedimentační prostředí bylo dle Malkovského (1985) morfologicky rozčleněno v soustavu menších a větších jezer, která spolu vzájemně nesouvisela, pomalu se zvětšovala a místy se i spojovala. Tato jezera nebyla ale doložena a paleogeografická situace se spíše odvíjela, jak bylo zjištěno na základě studia těžkých minerálů v psamitech (Mach et al. 2013) od říční sítě definované centrálním tokem směřujícím na sever na území dnešního Německa do tzv. lipského zálivu tehdejšího Severního moře, doplňované místními přítoky.

V nivě centrálního toku (žatecké řeky) a jejich přítoků se postupně vytvořily rozsáhlé nivní plošiny na kterých se vlivem pokračující subsidence dna pánve začala vytvářet rozsáhlá rašeliniště. Rašelinotvorný močál postupně expandoval na větší část plochy pánve. Žatecká řeka nadále protékala močálem směrem na sever, přičemž vznikl v dnešní sloji patrný systém aluviálních sedimentů zvaný žatecká delta. Rameno žatecké řeky následně proniklo do širšího okolí Bíliny. Uhlotvorné močály holešických vrstev postupně zanikly z důvodu poklesu pánevního dna a následným heterochronním rozšířením jezera libkovických vrstev přes území celé pánve. Jezero začalo zarůstat vegetací (na SV Mostecka) a vytvořila se svrchní (lomská sloj) s vrstvami uhelnatých jílovitých hornin. V nejhlubších částech pánve došlo k ukládání pelitů, které byly podobné libkovickým vrstvám a vznikly tak osecké vrstvy. Po skončení sedimentace mosteckého souvrství, mělo zásadní vliv období, kdy se strukturně tektonický charakter pánve začal měnit s výzvihem ker Krušných hor a Českého středohoří a následným střídáním glaciálů a interglaciálů (Pešek et al. 2010).

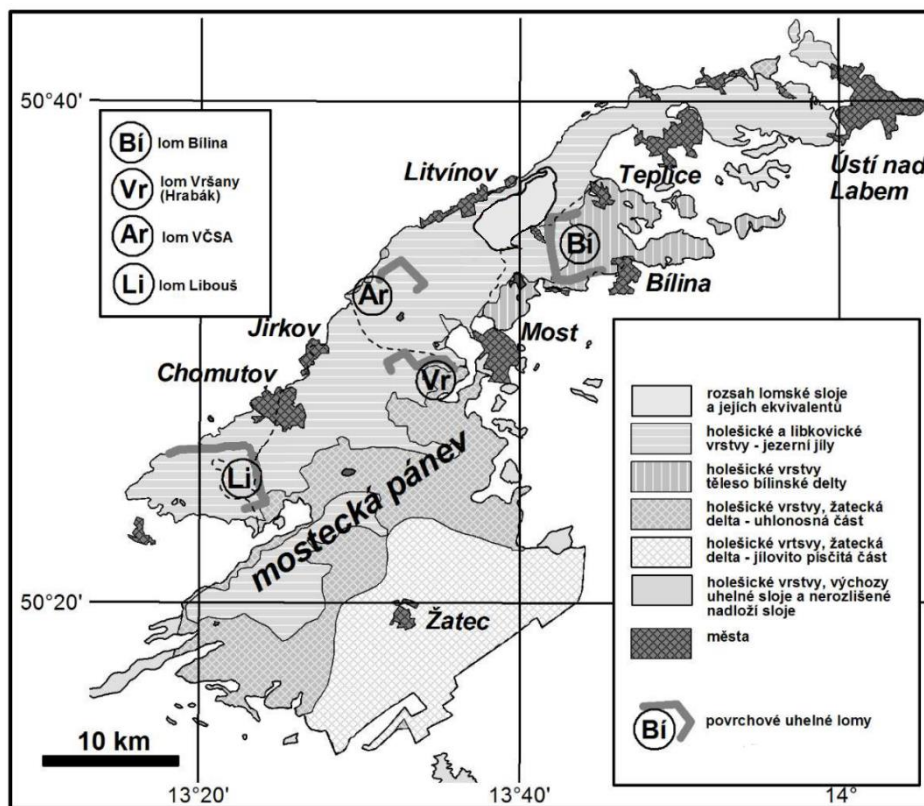
## Duchcovské vrstvy

Duchcovské vrstvy tvoří bazální část mosteckého souvrství. Sedimentovaly během svrchního oligocénu a začátku miocénu (chatt až aquitan), po skončení hlavní vulkanické aktivity Českého Středohoří a Doupovských hor. Jsou nepestřejší jednotkou mosteckého souvrství a jejich mocnost se pohybuje od několika metrů až po místy 140 m. Během počáteční sedimentace duchcovských vrstev existoval napájecí tok, který dotoval pánev v oblasti Žatce (Mach 2010). Na tento tok se pojily další toky, které směřovaly z Českého Středohoří a Doupovských hor.

## Holešické vrstvy

Vrstvy se ukládaly během chattu až aquitanu. Jedná se složitý a pestrý sedimentární komplex, který obsahuje hlavní uhelnou sloj s průměrnou mocností kolem 20 až 30 m a maximální mocností až 70 m.

Holešické vrstvy představují sedimenty s různými faciemi (obr. 4) a jejich bočních ekvivalentů. Tyto sedimenty jsou vrstevnaté až laminované a jsou bohaté i na fosilie (Matys Grygar & Mach 2013a, Havelcová et al. 2014). Časté jsou rovněž výskyty karbonátů (Domáci, 1975 in Havelcová et al 2014), karbonátových konkrecí, souvislých vrstviček karbonatických jílovců až pelokarbonátů (Matys Grygar & Mach 2013a).



Obrázek 4: Mapa mostecké pánve s jednotlivými vrstvami. Upraveno podle Matys Grygar & Mach (2013a).

Rozmanitost a pestrost facií je podmíněna dynamickým fluvialním nebo mělkovodním jezerním prostředím (Matys Grygar & Mach 2013a, Havelcová et al. 2014), která jsou spojena s činností menších zlomů během fáze časného vývoje riftu (Rajchl et al. 2009) a zhutňováním vrstev podložních rašelin říčních sedimentů (Rajchl & Uličný 2005). Prostorově byl různorodý vývoj doplněn vznikem celoplošného jezera (Matys Grygar & Mach 2013a, Havelcová et al. 2014), kdy v sedimentárním záznamu došlo k nástupu monotónních sedimentů s chudou litologickou pestrostí, ale jednoznačnou změnou mineralogie jílových sedimentů (Matys Grygar & Mach 2012).

Na stropu holešických vrstev se tak nacházejí břešťanské jíly. Jedná se o jíly a jejich laterální ekvivalenty s nízkým obsahem expandabilních jílových minerálů s obsahem vrstviček karbonátických jílovců stejně jako sedimenty, tvořící bílinskou deltu tzn. uložily se před vznikem celopánevního jezera (Matys Grygar & Mach 2013a) viz. libkovické vrstvy.

### **Libkovické vrstvy**

Libkovické vrstvy představují masivní sled jílových sedimentů (obr. 3), které se tvořily na dně celopánevního jezera, jež vzniklo v průběhu burdigalu. Jsou dokladem zániku uhlotvorby v pánvi, která skončila vytvořením výše zmíněného celopánevního jezera (Mach et al. 2014). Znalost asociací těžkých minerálů v libkovických vrstvách chybí, protože se zachovaly pouze jemné sedimenty z jezerní fáze, nicméně chemické složení libkovických vrstev je srovnatelné s břešťanskými jíly holešických vrstev (Mach et al. 2021). V sedimentech libkovických vrstev tedy dominuje jílová a prachová složka (snad vyjma oblasti na jih od střezovského zlomu s písky) a charakteristická je i obecná absence laminace vrstviček karbonátických jílovců a vzácnost výskytu makrofosilií (Matys Grygar & Mach 2013a).

Jíly mosteckého souvrství, by měly být klasifikovány jako jíly prachovité, a to z důvodu značného a proměnlivého obsahu křemenného prachu, který je v nich rozptýlen (Mach et al. 2021). Pro libkovické vrstvy o mocnosti 200 m je oproti podložním holešickým vrstvám charakteristický významnější rozdíl v mineralogickém složení, který lze přičíst rozšiřování a prohlubování jezera během ukládání vrstev (Matys Grygar a Mach, 2013a). Tento rozdíl vytvořil odlišné sedimentární podmínky vedoucí k výraznějšímu zrnitostnímu třídění projevující se nejen proměnlivým obsahem siltů, ale také složením jílových minerálů. Typické kaolinit nebo kaolinit – illitové složení jílovců holešických vrstev bylo nahrazeno sedimentací kaolinit-illit-illit-smektit jílovců libkovických vrstev. Hypotéza o výrazných paleoenvironmentálních změnách během vzniku libkovických vrstev je podpořena rozdíly ve složení rozptýlené organické hmoty mezi holešickými a lomskými vrstvami na jedné straně a libkovickými vrstvami na straně druhé (Mach et al 2021).

Libkovické jíly tedy vykazují vysoký obsah expandabilních jílových minerálů hlavně illit-smektitu. To se projevuje výrazným šupinkovým rozpadem jílovců během větrání, odlišným od vrstevnatého rozpadu

podložních holešických vrstev. Libkovické vrstvy jsou tak ideální pro využití chemostratigrafie: lze v nich identifikovat tři vrstvičky obsahující crandallit (Al-Ca fosfát s významným obsahem Sr a Ba) (Matys Grygar & Mach 2013a).

### **Lomské a osecké vrstvy**

Lomské a osecké vrstvy jsou poslední jednotkou mosteckého souvrství. Jejich stáří je svrchní burdigal a konkordantně nasedají na vrstvy libkovické. Lomské a osecké vrstvy jsou zachované pouze v oválné depresi, která se táhne sz.-jv. směrem, a to na ploše zhruba 20 km<sup>2</sup>.

Maximálních mocností dosahují kolem 135 m na nejhluběji zakleslém území Mostecka. Na bázi lomských vrstev se při ukládání sedimentu vyvinuly lokální slatiny a daly tak vzniknout popelavé lomské sloji, jejíž mocnost dosahuje několika metrů a zachovala se jako erozní pozůstatek v nejhlubší části pánve (Mach et al. 2013). Sedimenty lomských vrstev jsou typické svojí excentrickou polohou u sz. okraje pánve na Mostecku a svým litofaciálním vývojem na sv. okraji jejich výskytu (Pešek et al. 2010). V západní části u obce Osek se vyskytují mocnější muskovitické písky. Podobné typy písků v některých případech bránily vzniku lomské sloje. Většina klastik lomských vrstev je tvořena jíly, které mají obdobný charakter, jako jíly libkovických vrstev, resp. byla přinášena do pánve žateckou řekou (Čadek 1966). Dle novějšího pojetí (Matys Grygar et al. 2021 a Mach et al. 2014) je vzhledem ke geochemické odlišnosti nadloží lomské sloje potřeba původní pojetí lomských vrstev upravit tak, že lomské vrstvy jsou definovány po strop lomské sloje a zbytek, až 140 m mocných jílu, nazýváme vrstvami oseckými.

### 3. Lom Bílina

Lom Bílina se nachází na SZ od města Bílina a leží v mostecké pánvi. Jedná se o povrchový lom pro těžbu hnědého uhlí (obr. 5). Hlavní uhelná sloj se nachází na dně lomu. Nad ní se nacházejí klastické sedimenty v podobě jílu, uhelných lupků, siltů, heterolitů a písků.



*Obrázek 5: Povrchový lom Bílina, 1.zář 2021.*

#### 3.1. Hlavní uhelná sloj

Na počátku miocénu byla celá pánev pokryta rašelinnými bažinami a aluviálními plošinami, což vedlo k akumulaci organické hmoty, ze které později vznikla hlavní uhelná sloj. Rašelinný močál se pak vyvinul v široké pánevní jezero s klastickými depozity (Matys Grygar et al. 2020). Uhlenná sloj a deltově jezerní sedimenty nad ní se řadí do holešických vrstev, které jsou na stropu omezeny jezerními břešťanskými jíly (obr. 6), které jsou tmavší než říční sedimenty pod nimi.

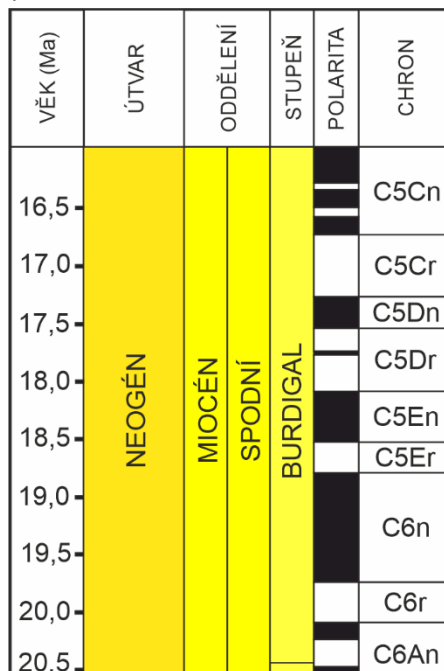


Obrázek 6: Hranice říčních sedimentů a jezeňích břěštanských jíílů v rámci holešických vrstev.

Hlavní uhelná sloj v mostecké pánvi je obvykle mocná 30-35 m, což však mohlo představovat cca 220 m mocnou vrstvu rašeliny před jejím diagenetickým zhutněním, pro kterou Hurník (1972) zjistil poměr 7:1. Sloj je výsledkem zhutnění rašeliny z rašeliných močálů zarostlých vegetací, do kterých přitékaly řeky.

### 3.2. Bílinská delta, paleogeografický vývoj oblasti lomu Bílina

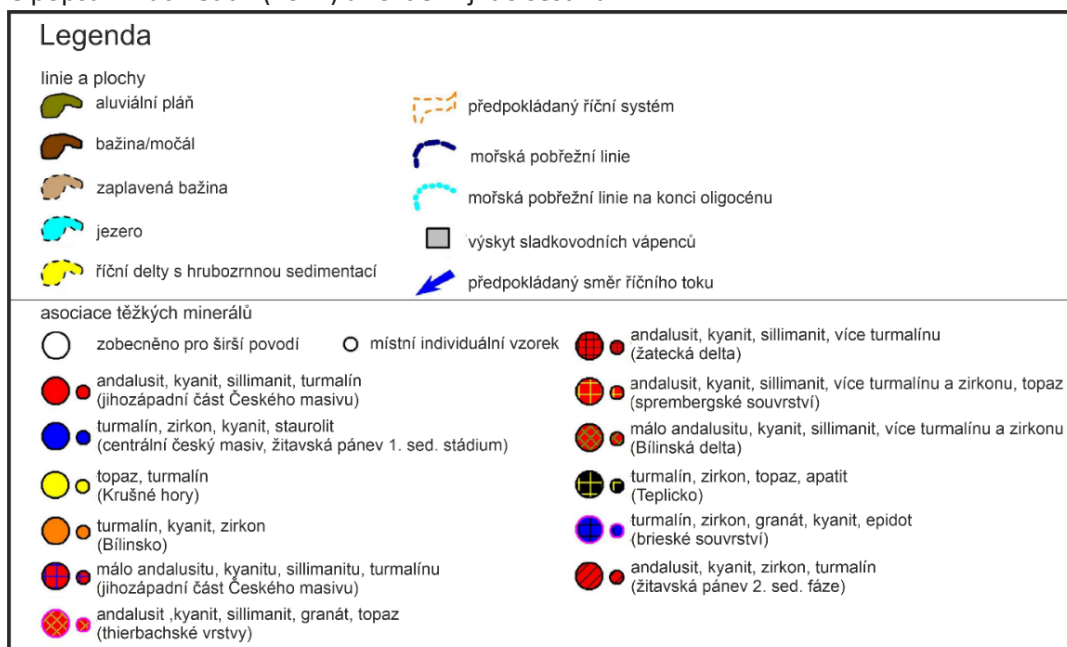
Zdrojovým materiálem pro jemné sedimenty a písky nad slojí bylo patrně přeložené rameno žatecké řeky, které vytvořilo tzv. bílinskou deltu. Bílinská delta vznikla v burdigalu (přesněji na konci subchronu C5Dr.2r a vyvíjela se především v subchronu C5Dr.1n, obr. 7) (Matys Grygar et al. 2021).



Obrázek 7: Magnetostratigrafie burdigalu (Gradstein et al. (2012) upraveno).



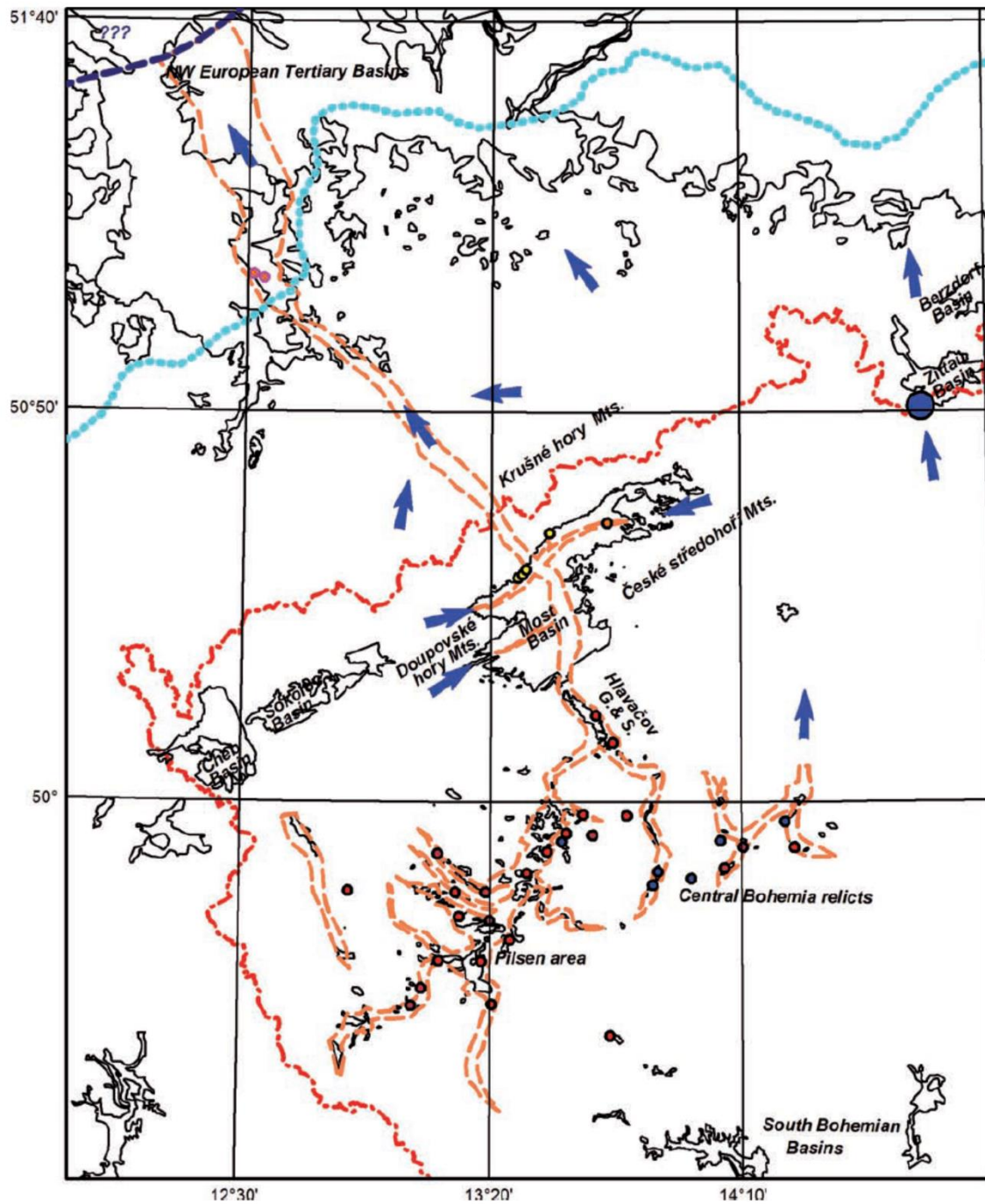
Těleso bylo původně obklopeno rašelinným močálem a pomalu se rozšiřovalo a během postupného zaplavování okrajů bažiny docházelo k pohřbívání pařezů stromů (Mach et al. 2013, Havelcová et al. 2013). Akomodační prostor pro sedimenty bílinské delty vznikl tedy pravděpodobně zhutněním (kompakcí) podložních rašelinných vrstev (Matys Grygar et al. 2021). Během vzniku vrstvy rašeliny postupně docházelo ke změnám snosových oblastí, rozmístění hlavních sedimentačních prostředí na území pánve a k napojení pánve na dálkový přínos až vše vyústilo ve vznik samotné delty. Tím došlo ke styku deltového ústí řeky, jejích ramen a kanálů s uhlotvornými rašelinisti a pralesy. Na konci burdigalu doznávaly dlouhodobé vlivy bílinské delty v širším okolí Mostu a Bíliny. V tomto období i nadále docházelo k postupnému pronikání ramen delty do uhlotvorných močálů, poté byly už jen nanášeny mohutné písčito-jílovité vrstvy do centrálních částí mostecké pánve. Její paleogeografii podrobně popsali Mach et al. (2014) a rozdělili jí do šesti fází:



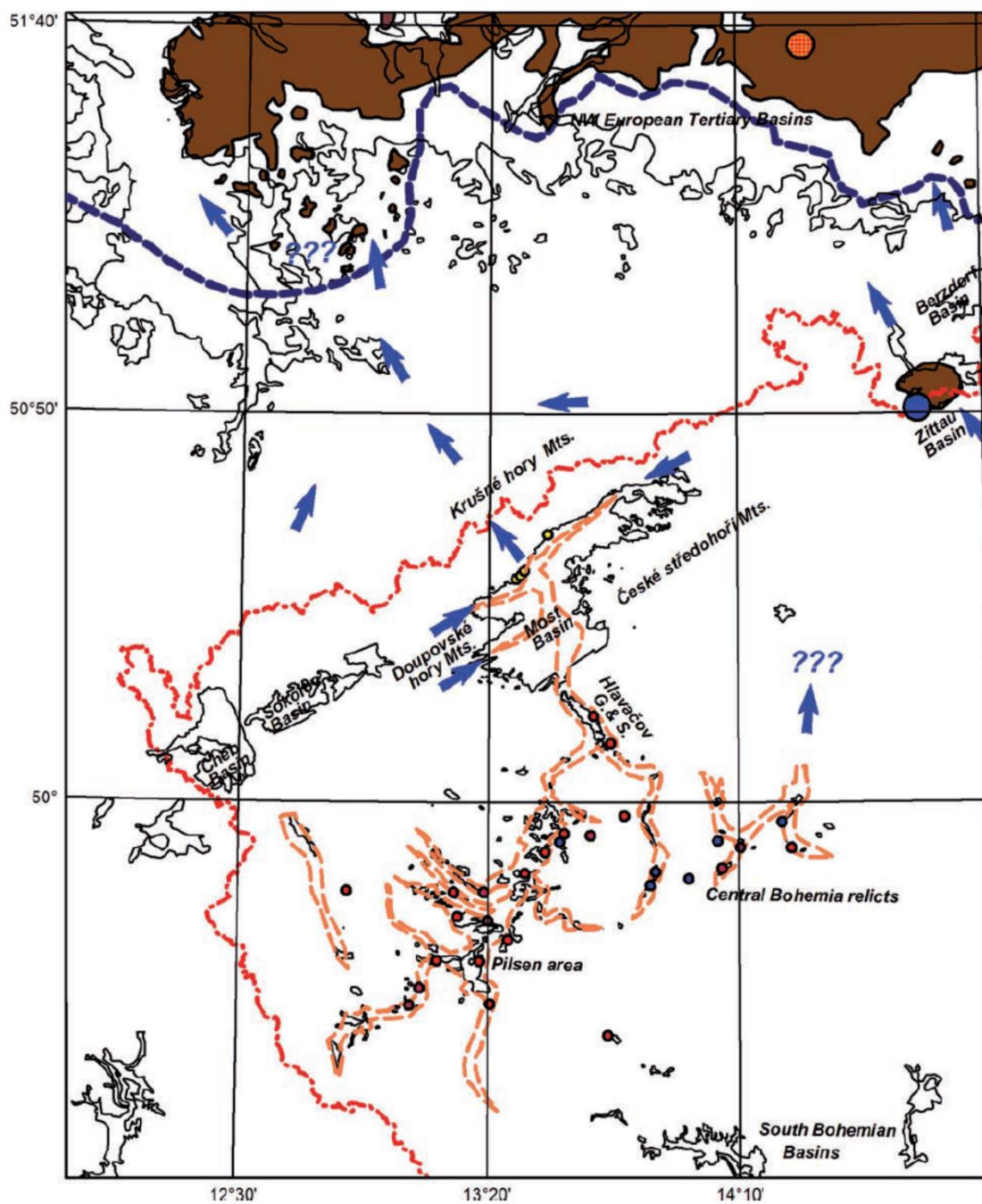
Obrázek 8: *Legenda* k paleogeografickým mapám podle Mach et al. (2014), upraveno.

### 3.2.1. Fáze 1 – Centrální tok na konci oligocénu a spodním miocénu

První fáze začíná na konci oligocénu, kdy nastal druhý syn-riftový tektonický vývoj oherského riftu (Rajchl et al. 2009). Lze dále dělit na dvě subfáze A a B. V subfázi A (obr. 9; legenda obr. 8) došlo k ukládání duchcovských vrstev v mostecké pánvi, zatím co v Sasku probíhalo ukládání bazálních vrstev spremského souvrství (obr. 3). Během subfáze B (obr. 10) pokračovalo ukládání duchcovských vrstev a vrstev bitterfeld/vetschau v Sasku, kde se už vytvořily bažiny. V průběhu obou subfází se vyvíjí centrální řeka (Pešek & Spudil 1986), jejíž horní tok procházel severozápadní částí Česka skrze mosteckou pánev do Severního moře. Nejvýznamnějším zdrojem materiálu transportovaného řekou a částečně uloženého v říčním systému byly magmatické a metamorfované horniny JZ části Českého masivu (Čadek 1966; Elznic et al. 1993).



Obrázek 9: Fáze 1a, centrální tok na konci oligocénu. Mach et al. (2014).



Obrázek 10: Fáze 1b, centrální tok ve spodním miocénu. Mach et al. (2014).

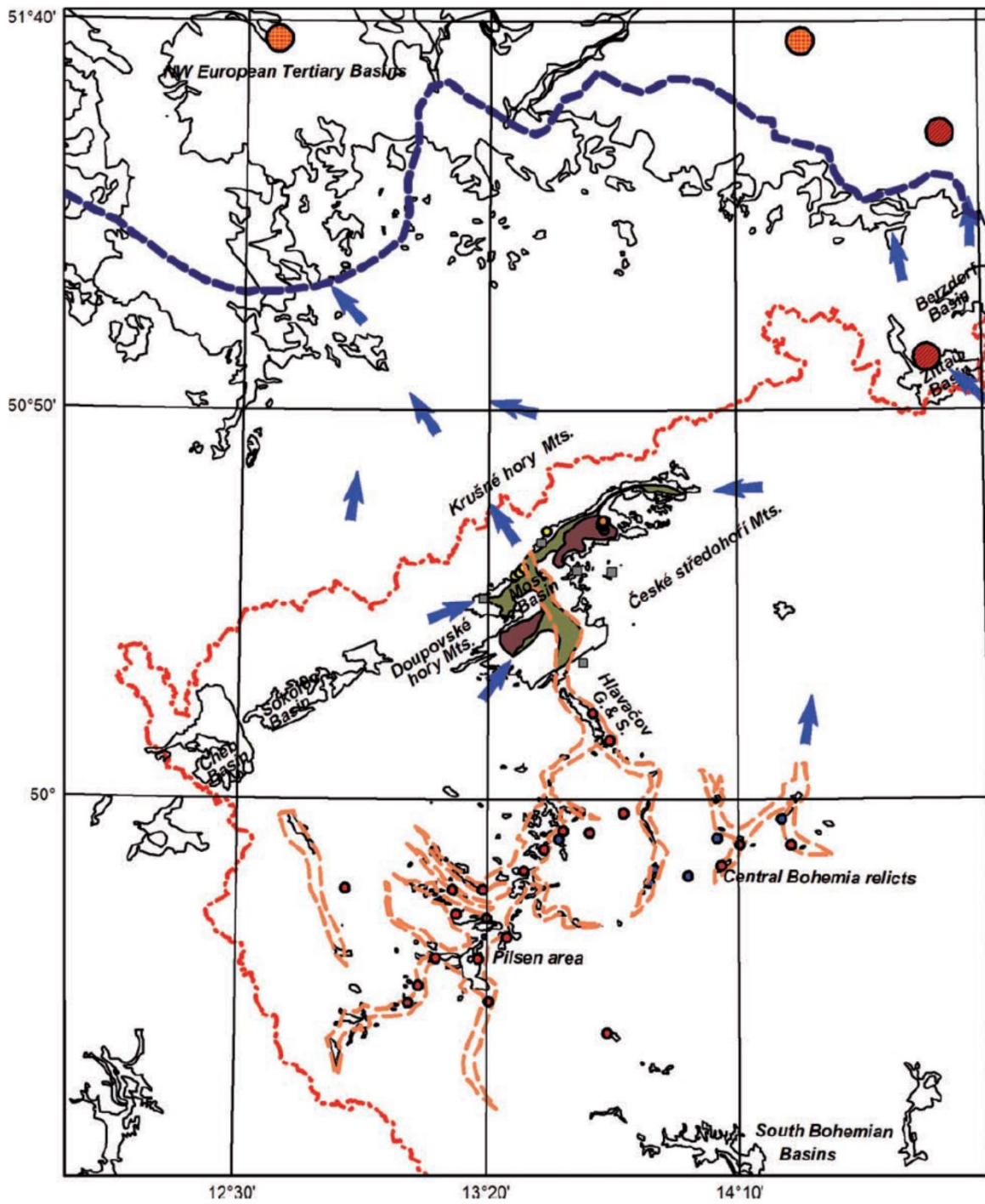
### 3.2.2. Fáze 2 – Záplavová plošina a první močály

Ve spodním miocénu dochází k sedimentaci spodní části holešických vrstev v mostecké pánvi a decktonských a lübbenauských vrstvách spremsberského souvrství v Sasku (obr. 3). V mostecké pánvi během ranného miocénu poprvé posílil pokles pánve. Centrální řeka a její přítoky na to reagovaly vytvořením velmi širokých niv, přecházejících v bažiny nebo dočasná lokální jezera (obr. 11) (Mach et al. 2014). Pokles pánve byl později zintenzivněn v důsledku tektonické aktivace při rozšíření Mostecké pánve (Rajchl et al. 2009).

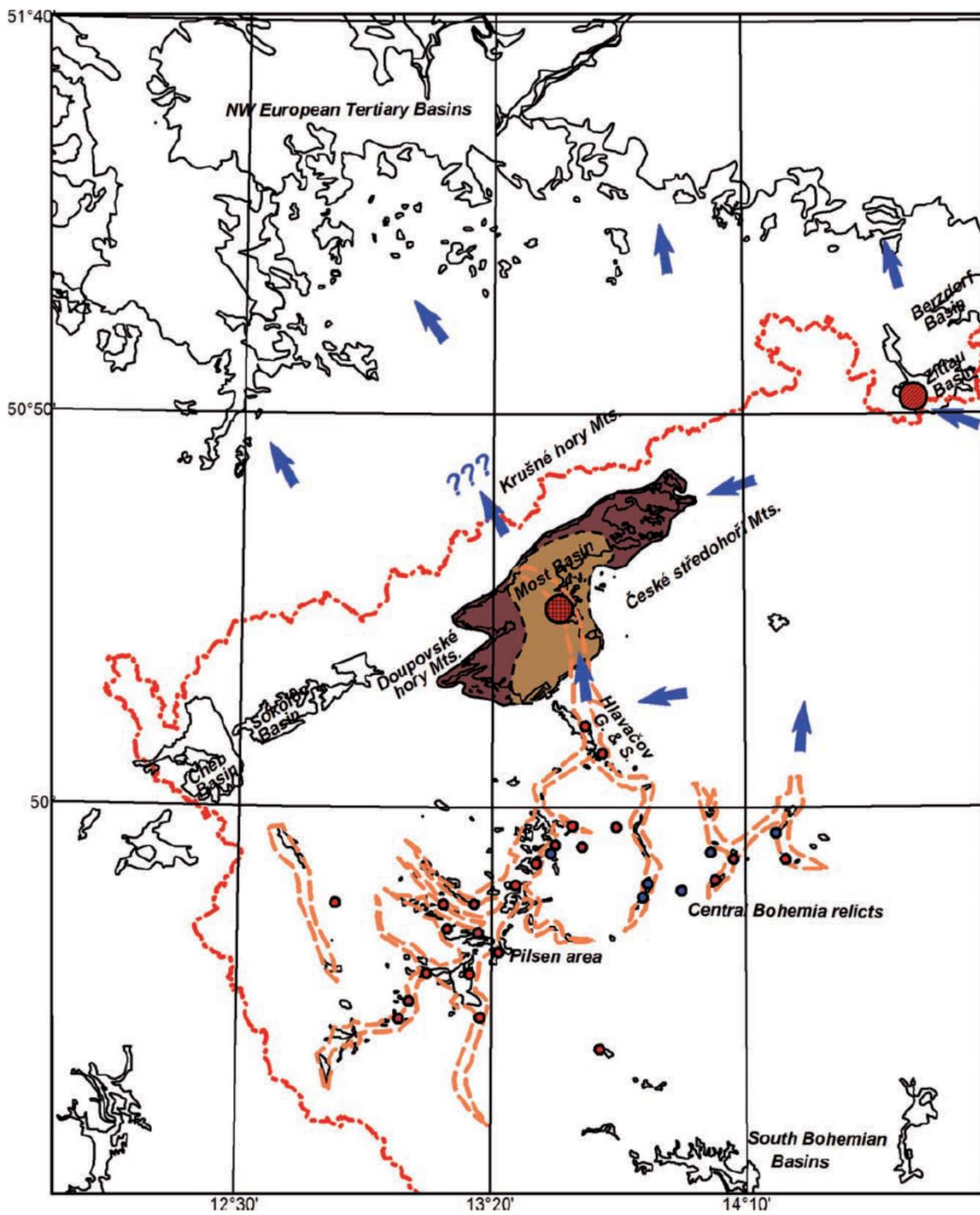
### 3.2.3. Fáze 3 – Celopánevní močál

Tato fáze odpovídá sedimentaci hlavní části holešických vrstev (obr. 12). Pokles pánve pokračoval podél Z-V zlomového pásma (Rajchl et al. 2009). Starší údolí byly vyplněny sedimenty a první močály se postupně rozšiřovaly, dokud nevyplnily všechny klesající místa v pánvi (Mach et al. 2014). Během této fáze se naakumulovala vrstva rašeliny o mocnosti kolem 250 m (Rajchl et al. 2009). Centrální řeka tekla do mostecké pánve a vytvořila tak deltové těleso v okolí Žatce, kdy přinášela obrovské množství klastického materiálu z JZ českého masivu. Během opakovaných záplav se tak z rašelinotvorných močálů postupně stala dočasná jezera, která do pánve přinášela i jílovitý materiál (Mach et al. 2014). Písky se ukládaly v říčních korytech, přirozených hrázích nebo ve štěrbinových splazech za současného stlačování a deformace rašeliny pod nimi (Rajch & Uličný 2005).

Řeka opakovaně měnila své ústí v jižní části pánve a z části i směr, pravděpodobně tektonickou aktivitou nebo silnými záplavami, a před močály tak vznikl nový pás klastik s aluviálním systémem (Mach 1997, Rajch & Uličný 2005). Sedimenty těchto systémů se většinou nedostaly až do severní části pánve, protože stále klesající dno močálu pohltilo tato klastika a okolní močály zase přitékající vodu. Severní část pánve se tak považuje za odtokovou oblast, protože hrubá klastika se nikdy nebo zcela výjimečně dostala až sem. Pouze voda obsahující jílovitý materiál v suspenzi se dostala až do západního Saska (Mach et al. 2014).



Obrázek 11: Fáze 2, záplavová plošina a první močály. Mach et al. (2014).

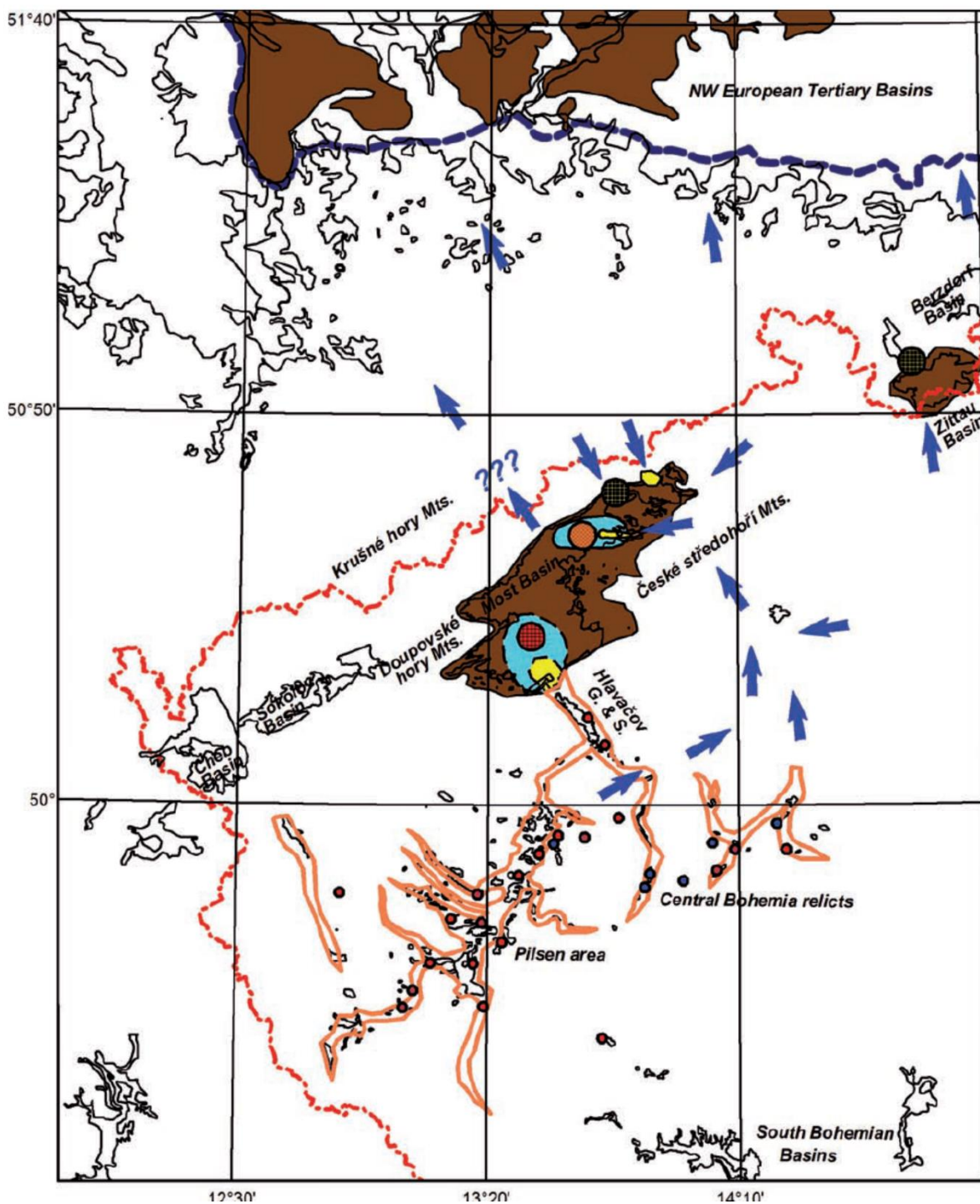


Obrázek 12: Fáze 3, celopánevni močál. Mach et al. (2014).

#### 3.2.4. Fáze 4 – Lokální jezera, vznik bílinské delty

V této fázi probíhalo ukládání svrchních částí holešických vrstev (podobných spodním částem libkovických vrstev) (Matys Grygar & Mach 2013a) a třetímu uhelnému horizontu v Sasku (obr. 3). Změny rychlostí poklesu pánve vedly ke změně říčního toku (došlo k oslabení přítoku v žatecké deltě), a tak i vzniku nového říčního ramena na Bílinsku, kde vzniklo malé, rozšiřující se jezero s lakustrinní deltou (obr. 13). Klastika se zde ukládala v deltovitých a jezerních faciích. Několik malých přítoků se objevilo v severní a východní periferii mostecké pánve (Mach et al. 2014). Největší a nejvíce prozkoumaná delta, Bílinská delta Gilbertova typu, nahromadila klastické sedimenty v podobě aluvií, deltovitých sedimentů, prodeltových sedimentů a pobřežních lakustrinálních sedimentů o mocnosti až 150 m (Dvořák & Mach 1999). Delta je dobře zmapována a její písčité akumulace jsou zaznamenány v Bílině, Duchcově, Mostě a Lomu na ploše zhruba 10x6 km, přičemž se předpokládá, že tato plocha byla větší (Mach et al. 2014), protože skladba jílu typická pro bílinské jezero byla nalezena i v Tušimicích 40 km od Bíliny (Matys Grygar & Mach 2013a,b). Bílinská řeka se tak stala dominantním přítokem a bílinské jezero se postupně rozšířilo po celé ploše pánve.

Bílinská delta a uhelná sloj jsou velmi podrobně prozkoumány, detailům sedimentárních struktur se věnoval Rajchl a Uličný (1999), dokumentaci odhalených stěn v lomu Bílina Dvořák a Mach (1999), paleontologii Bůžek et al. (1992) a Kvaček (1998) a nakonec geochemickému modelování uhelné sloje Mach (2003). Díky vysoké prozkoumanosti celého sedimentárního útvaru lze podrobně popsat vznik celého Bílinského deltového tělesa (Mach et al. 2014). Vývoj celého sedimentárního komplexu započal mělkým jezerem (Mach 2003), které bylo v řádu kilometrů až desítek kilometrů dlouhé s kilometr širokými akumulacemi rašeliny a vegetace (Mach et al. 2014). Velký přínos vody a klastik způsobil rozsáhlé rozšíření jezera. Zatížení přinášeným sedimentem začalo stlačovat akumulovanou vrstvu rašeliny o mocnosti 200 m pode dnem jezera. Během vzniku celého komplexu sedimentů bílinské delty došlo k několika velkým etapám avulzí (Mach et al. 2013, Rajchl et al. 2008). Bílinské jezero dosahovalo hloubky maximálně 5 m (Mach et al. 2014).



Obr. 13: Fáze 4, lokální jezera, vznik bílinské delty. Mach et al. (2014).

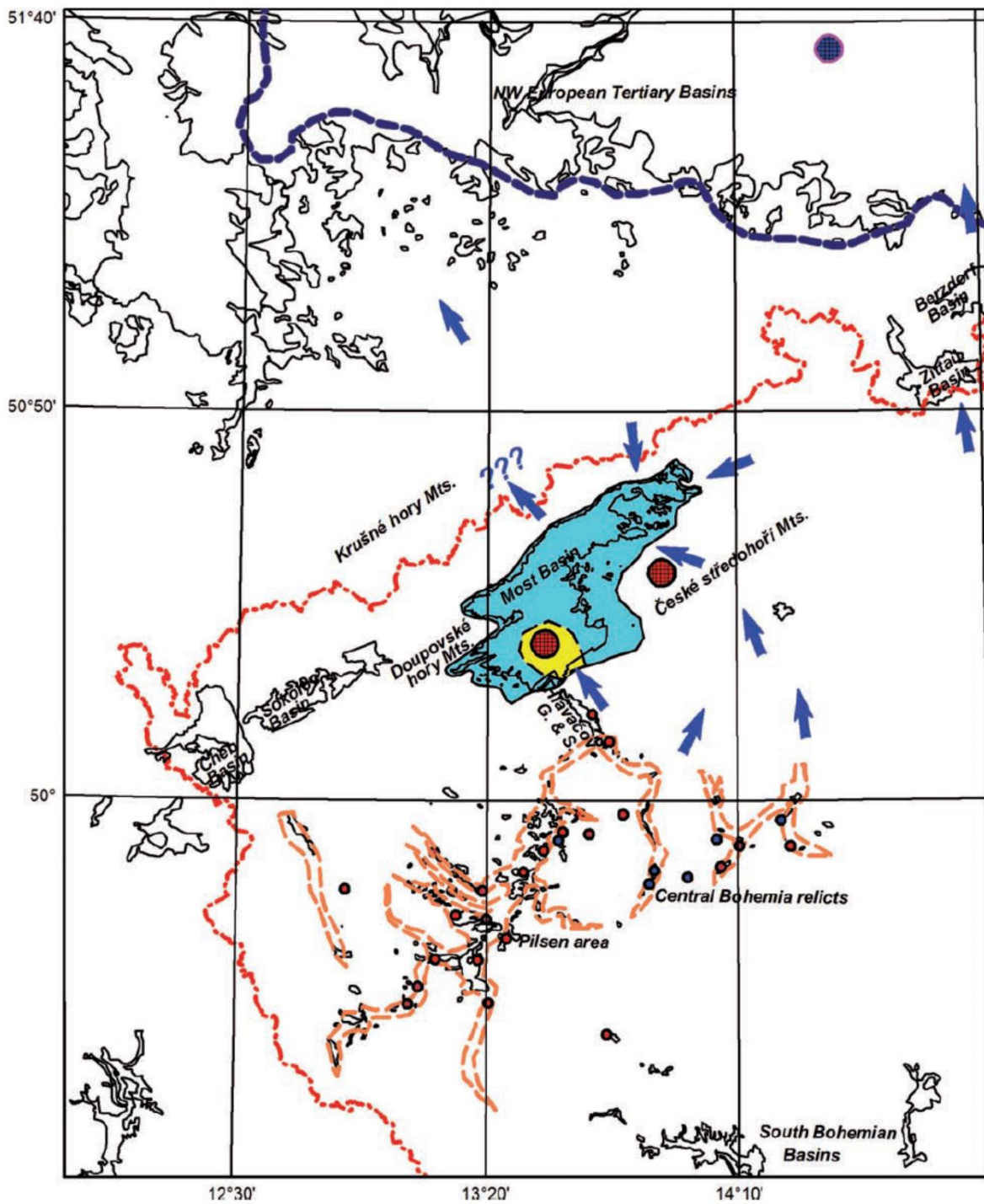


### 3.2.5. Fáze 5 – Celopánevní jezero

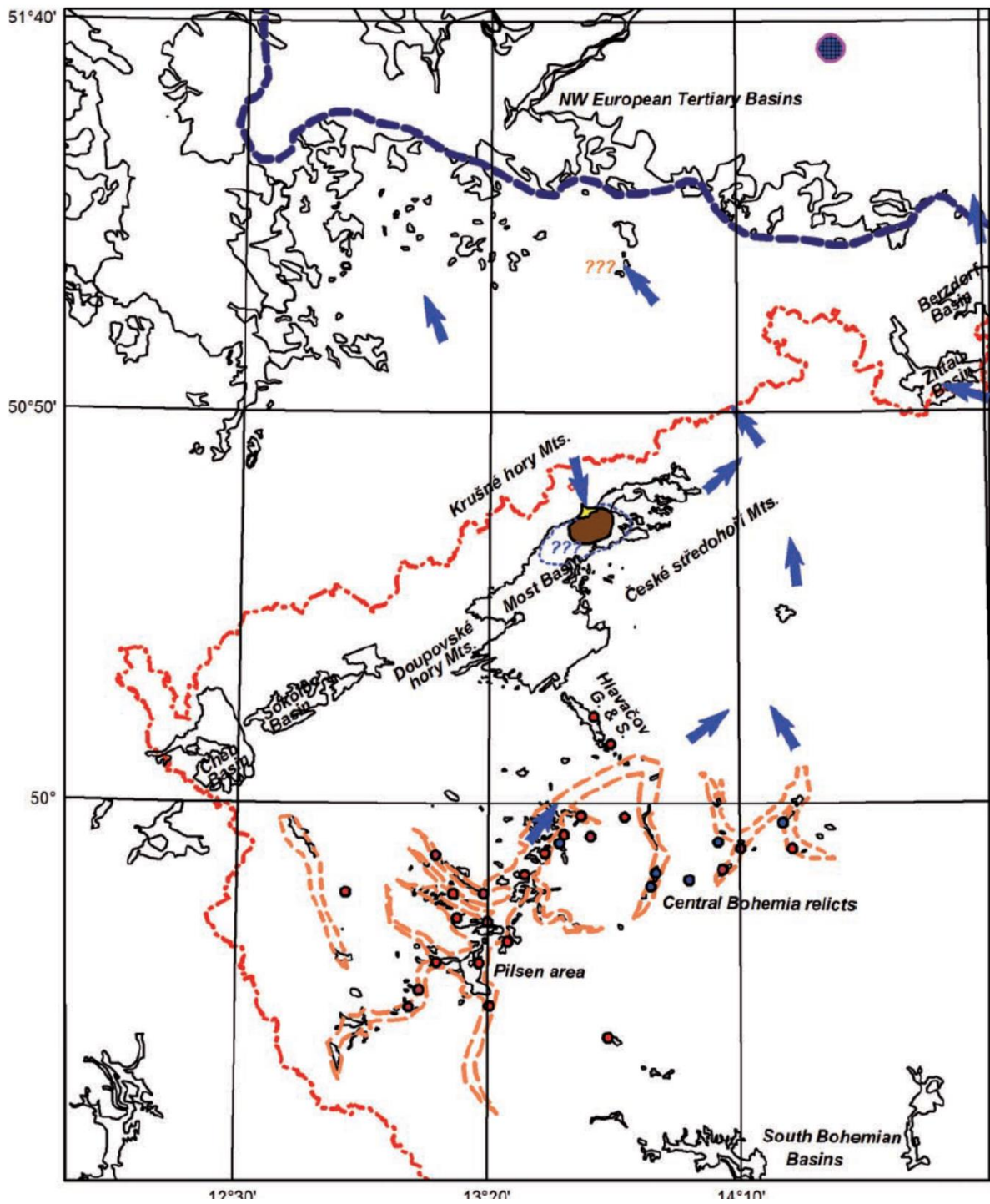
V průběhu této fáze započalo ukládání libkovických vrstev mosteckého souvrství a v Sasku probíhala sedimentace drebkauských vrstev brieského souvrství (obr. 3). Zrychlující pokles pánve ve směru SSV (Rajchl et al. 2009) vedl k rozšiřování místních jezer a následně došlo k zaplavení celé pánve tvořené močály a vzniku jezera (obr. 14). Nejsvrchnější část bílinské delty se vyznačuje velmi plochými deltovými tělesy, která postupně posunula hranice pánve směrem k JV. Hrubozrnné sedimenty z této fáze nejsou známy z důvodu pozdějších erozích procesů (Mach et al. 2014). Pokles pánve mohl pokračovat, ale nedošlo k uzavření jezera (Matys Grygar & Mach 2013b). Kompakce rašeliny a pokračující pokles pánve vedl v libkovickém jezeře k akumulaci a uložení jílu o mocnostech více než 200 m. Tyto jíly se od ostatních sedimentů liší vysokým obsahem smektitové komponenty (Mach et al. 2014).

### 3.2.6. Fáze 6 – Obnova bažin

V poslední paleogeografické fázi mostecké pánve dochází k ukládání svrchní části libkovických a lomských vrstev. Postupující tektonický vývoj pánve zapříčinil změny tras řek, které přiváděly nebo odváděly vodu, přičemž směry říčního systému napájející pánve je neznámý (obr. 15). Existující jezero se rychle stalo mělkým a vyplněným jíly s proměnlivým obsahem rozpínavých jílových minerálů a organických látek vznikajících ve vodním prostředí (Mach et al. 2014). Následovala fáze dalšího rozšiřování a prohlubování jezera, kdy během posledního poklesu pánve nejspíše definitivně skončila sedimentace a systém říčních toků byl zcela změněn do současné podoby. V kvartéru pak započala intenzivní eroze (Mach et al. 2014).



Obrázek: 14: Fáze 5, celopánvevní jezero. Mach et al. (2014).



Obr. 15: Fáze 6, obnova bažin. Mach et al. (2014).

### 3.3. Klima

Kolísání hladin řek a jezer je úzce spojeno s klimatem, které se v průběhu miocénu měnilo. Hlavní klimatické změny v miocénu zahrnovaly nástup miocenního klimatického optima (dále jen MCO), jeho ukončení a následné výrazné globální ochlazení (Clift et al. 2014; Holbourn et al. 2015; Zachos et al. 2001), přičemž poslední z nich se nazývá miocenní klimatický přechod. Před začátkem MCO bylo klima poměrně dynamické. Antarktický ledový příkrov se stal nestabilním a v době kolem 17,8 Ma se jeho rozsah snižoval a měnil až do 16 Ma (Levy et al. 2016). MCO bylo jednou z hlavních epizod přechodného oteplení během jinak přetrvávajícího trendu ochlazování v kenozoiku, ale o jeho spouštěcích a dopadech se stále diskutuje (Matys Grygar et al. 2017b). MCO je charakterizováno časovým ústupem či dokonce zánikem východoantarktického ledového příkrovu (Gasson et al. 2016; Levy et al. 2016; Passchier et al. 2013; Pekar a DeConto 2006), někteří autoři (Beerling a Royer 2011; Gasson et al. 2016; Holbourn et al. 2015) pak popisují např. i pertubaci uhlíkového cyklu. Ono zmíněné narušení uhlíkového cyklu započalo již před MCO, a to postupným posunem v bentických hodnotách  $\delta^{13}\text{C}$ , který začal v subchronu C5Dr.1r (Kochhann et al. 2016), a který byl souběžný s ukládáním břeštanských jílu během velké jezerní transgrese v mostecké pánvi (Matys Grygar et al. (2017a).

Nejbouřlivější období v oblasti bílinského dolu nastalo během C5Dr chronu, kdy se ukládaly heterolity bílinské delty, které byly následně překryty břeštanskými jíly během následné velké (celoplošné) jezerní transgrese. Ukládání zdejších jezerních vrstev bylo nerovnoměrné, přičemž čistá rychlost ukládání sedimentů delty Bíliny na počátku C5Dr byla zřejmě nízká. Průměrná rychlost ukládání během celého chronu C5Dr byla 6-7 cm/ky (Matys Grygar et al. (2017a).

Podle podrobné rekonstrukce klimatu, kterou prezentují Utescher et al. (2012), došlo v SZ Evropě k nárůstu průměrných ročních srážek (bez zvýšení průměrné roční teploty) od cca 17,8 mil. let do jejich miocenního maxima cca 17,0 mil. let. Celoplošné jezero v mostecké pánvi tedy vzniklo za klimaticky příznivých podmínek zvýšených srážek, které, jak předpokládají Matys Grygar et al. (2017a), byly řízeny globálními změnami klimatu.

## 4. Metodika

Diplomová práce se zabývá nivními říčními sedimenty v rámci bílinské delty dokumentovatelnými v povrchovém hnědouhelném lomu Bílina, který se nachází SZ od města Bílina. V práci není lom hodnocen jako celek, ale pouze jeho vybraná část s výskytem nivních říčních usazenin, které nebyly dosud podrobněji zkoumány. Cílem diplomové práce je podrobný výzkum právě těchto sedimentů. Vybrané metodiky byly použity na základě předchozích výzkumů jak v samotném lomu Bílina (Dvořák & Mach 1999; Rajchl & Uličný 1999; Havelcová et al. 2014; Mach et al. 1999; Mach et al. 2014; Mach et al. 2021; Matys Grygar & Mach 2013a, 2013b; Matys Grygar et al. 2017a, 2017b, 2019, 2021; Matys Grygar & Popelka 2016), tak v zahraniční literatuře, věnující se velmi podobné problematice říčních sedimentů v Amazonii (Bouchez et al. 2011, 2012) či obecnému fungování řek (Makaske 2001).

### 4.1. Terénní práce

Studovanou částí lomu Bílina byly dva souvislé úseky lomové stěny těžené velkostrojem K99 (4. skrývkový řez). Ve vybraných úsecích se nacházel v době provádění terénních prací vzorkování přístupný sedimentární záznam stratigraficky odlišných těles nivních segmentů.

Samotná dokumentace probíhala v několika terénních fázích. S ohledem na fakt, že lom Bílina není veřejně přístupný, bylo nutné pro vstup uzavřít pracovní smlouvu, projít vstupní lékařskou prohlídkou, školením a testem z bezpečnosti práce. Před vstupem do lomu bylo potřeba se ohlásit na dispečinku a po odchodu se zase odhlásit. Vstup byl vždy povolen pouze v minimálním počtu dvou osob a s patřičným vybavením a ochrannými prvky. Po lomu jsme se pohybovali v terénním autě Volkswagen Amarok. Všechny terénní fáze probíhaly za přítomnosti, asistence a odborného dozoru pana Ing. Karla Macha, Ph.D. vedoucího oddělení měřičství a geologie SD a.s.. Terénní část prací se skládala ze čtyř fází. Během prvních dvou byla stěna souvisle fotograficky zdokumentována a byla řešena její litologie v profilech – svislých sondách v těžební stěně (obr. 16). Ve třetí a čtvrté fázi probíhalo detailní zakreslování stěny lomu (viz. níže).

#### 4.1.1. Popis sond a odběry vzorků

V první fázi (5.11. a 12.11.2021) zkoumání stěny těžebního řezu bylo v jižní části sledovaného úseku vytipováno pět sond (S1, S2, S3, S4 a S5). Všechny sondy – profily ve stěně řezu byly v maximální možné výšce, kterou dovozoval bezpečný přístup po žebříku pečlivě v potřebné šířce zaříznutý a očištěný širokou motýčkou a kovovou špachtlí, podrobně litologicky popsány a zdokumentovány. Následně byly

nafočeny, zaměřeny GPS souřadnice a proběhl odběr reprezentativních vzorků. Zaměření polohy profilových sond provedlo měřické oddělení SD a.s.



Obrázek 16: Fotokomentace sond stěny K99.

Druhá terénní fáze (3.5.2022) navázala na předchozí průzkum a pokračovala dokumentací stěny K99 směrem na sever. V pokračování stěny byly vybrány další čtyři sondy (S6, S7, S8 a S9). Postup byl shodný s první terénní fází.

Celkem bylo odebráno 21 vzorků z devíti sond. (1a, 1b, 1c, 2a, 2b, 2c, 2d, 2e, 2f, 3a, 3b, 3c, 3d, 6a, 6b, 7a, 7b, 8a, 8b, 8c, 9a; obr. 16). Vzorky byly vybírány tak, aby umožnily identifikovat v terénu obtížně určitelné litologické typy nebo by mohly umožňovat aplikaci dalších následně popsaných metod zkoumání. V profilech dominovaly horniny řady silt – jílu.

Během obou fází průzkumu byla celá stěna nafocena a vytvořena fotomozaika v programech Photoshop 2022 a CorelDRAW 24.2.0.444

Třetí a čtvrtá fáze průzkumu pokračovala o několik měsíců později (14.10. a 9.11.2022) a navázala na již zpracovanou fotomozaiku stěny K99. Obě fotomozaiky vytvořené během prvních dvou fází byly vytištěny a během následné terénní akce proběhlo hrubé zakreslování struktur a interpretace litologie odlišitelných vrstev sedimentů do fotografií. Po prvotním zpracování podkladů z důvodu upřesnění nejasných litologických a strukturních popisů proběhla čtvrtá terénní fáze, kdy se s vytištěnou fotomozaikou dokreslovaly detaily litologie a struktur sedimentů.

#### 4.2. Laboratorní práce

Laboratorní práce byly z části realizovány na Přírodovědecké fakultě Univerzity Palackého v Olomouci na katedře geologie, z části v laboratořích České geologické služby (dále ČGS) a z části pak i na Vysoké škole báňské – Technická univerzitě Ostrava. Na katedře geologie Univerzity Palackého v Olomouci byla provedena zrnitostní analýza a rovněž rentgenová fluorescence (dále jen XRF). Měření rentgenové difrakce (dále jen XRD) provedl Dr. Ing. Dalibor Matýsek na Vysoké škole báňské – Technické univerzitě v Ostravě. V Laboratořích ČGS proběhlo měření celkového organického uhlíku (TOC), hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem (ICP-MS) a stanovení  $\delta^{13}\text{C}$  a  $\delta^{18}\text{O}$  v karbonátech. Měření hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem (ICP-MS) proběhlo v Laboratoři geologických ústavů univerzity Karlovy.

Vzorky sedimentů odebrané ze sond ze stěny K99 byly nezpevněné nebo zpevněné jen z části a hrudkovitě rozpadavé. Pro laboratorní práce bylo potřeba, aby byl materiál homogenní a netvořil hrudky. Pro rozборы chemického charakteru byly vzorky rozemlety na analytickou/požadovanou jemnost na vibračním laboratorním mlýnku na Katedře geologie Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci. Namleté vzorky poté byly nezpevněné, netvořily hrudky a byly homogenního práškového charakteru, se kterými se dalo dále pracovat.

#### 4.2.1. Zrnitostní analýza

Všechny vzorky sedimentů (krom vzorku 1c a 8b) byly rozplaveny ve vodě a ručně promíchány po dobu několika minut. Takto rozplavený vzorek byl následně nalit do ultrazvukové lázně laserového granulometru FRITSCH analysette 22 MicroTec plus. Měření každého vzorku probíhalo zhruba jednu minutu. Uvedený granulometr dokáže změřit zrnitostní frakce v rozmezí 0,0008 – 2 mm (www1). V tomto intervalu je schopen definovat až 102 kategorií zrnitostí.

Laserový granulometr funguje na bázi snímání rozptylového obrazce jemných částic daného měřeným vzorkem, které prochází přes laser. Fotodetektozem je snímána intenzita dopadajícího světla a interferenční obrazce vznikající rozptylem laserového paprsku na procházejících částicích. Signál z detektoru je přenesen do počítače a následně zpracován. Analýza vyhodnocuje kumulativní křivku zrnitosti (www1).

Výstupní data přístroje jsou v kumulativních procentech rozlišovaných skupin. Výsledná procenta byla následně přepočítána na hmotnostní procenta. Ze zrnitostních parametrů byla stanovena střední velikost zrna a procentuální zastoupení jednotlivých zrnitostních frakcí (jíl, prach, písek).

Veškeré přepočty, výsledky, grafické zpracování a zobrazení bylo vyhotoveno v programu GRADISTAT v.8 (Blott & Pye 2001) vytvořeného v MS Office Excel pro vyhodnocení zrnitostních analýz podle Folka & Warda (1957) na základě stupně vytřídění ( $\sigma$ ), střední velikosti zrna ( $M_z$ ), koeficientu symetrie (SK) a špičatosti (KG) a zpracováno do následující tabulky:

Zrnitostní parametry v jednotkách $\Phi$					Slovní vyjádření Folka & Warda (1957)			
Vzorek	$M_z$	$\sigma$	SK	KG	Modalita	$\sigma$	SK	KG

#### 4.2.2. Rentgenová difrakční analýza (XRD)

Měření probíhalo na 10 namletých vzorcích (1c, 2b, 2c, 2f, 3a, 3d, 6b, 7b, 8b, 9a).

Měření probíhalo na přístroji Bruker-AXS D8 Advance (Německo) s 2 $\theta$ / $\theta$  geometrií měření a s pozičně citlivým detektorem LynxEye za podmínek: Záření CuK $\alpha$ /Ni filtr, napětí 40kV, proud 40 mA, krokový režim s krokem 0.014 $^\circ$  2 $\theta$ , s celkovým časem na kroku 4s a s digitálním zpracováním výsledných dat. Jak pro měření, tak pro vyhodnocování byl použit firemní programy Bruker Diffraction Suite (www2).

Pro kvalitativní vyhodnocení byla dále použita databáze difrakčních dat PDF-2, verze 2011, International Centre for Diffraction Data, Pennsylvania, USA (www3).



Pro semikvantitativní analýzu byl použit program Bruker Topas verze 4.1. Kvantifikace je založena na Rietveldově metodě strukturní analýzy z práškových difrakčních dat a spočívá v modelování difrakčních spekter s použitím známých strukturních dat (mřížkové parametry, pozice atomů ve struktuře, prostorová grupa, obsazovací faktory atd.) pro jednotlivé minerály a s následným porovnáním s naměřeným difrakčním záznamem pomocí vícerozměrné regrese. Vstupní strukturní data byla převzata z Bruker Diffraction Plus Topas structure database.

Použitá metoda kvantifikace představuje mírně upravenou Rietveldovu metodu strukturní analýzy z práškové difrakce. Ze strukturních dat vypočtený difrakční záznam se při analýze upravuje pomocí různých algoritmů (sférická harmonická analýza) za účelem odstranění vlivů texturace vzorků, anizotropie velikosti částic, částečná dezorientace ve struktuře, mikroabsorbce atd. s cílem dosáhnout co největší shody mezi naměřenými daty a vypočteným průběhem difrakčního záznamu. Výsledkem výpočtu jsou jak tzv. škálovací faktory (odpovídající podílům jednotlivých fází ve vzorku), tak i zpřesněná strukturní data pro jednotlivé fáze (pozice atomů v mřížce, mřížkové parametry) a také velikosti jejich krystalitů (krystalových domén), případně mikronapětí v nich (Deschamps & Flippin-Anderson 2002; Waseda et al. 2021).

Je zde nutno zmínit, že ve výstupu z měření XRD vychází i minerál muskovit 2M1. Označení 2M1 vychází z jeho krystalové struktury, která se podobá illitu a proto vykazují podobné difrakční záznamy. V rámci zkoumání jílových minerálů (kaolinitu a illitu) v této práci, bylo přijato, že v analyzovaných vzorcích se nachází illit a ne muskovit 2M1\*.

*\*Illit je v podstatě skupinový název pro neexpandující, dioctaedrické, slídové minerály velikosti jílu. Strukturně je podobný muskovitu, protože jeho základní jednotkou je vrstva složená ze dvou dovnitř směřujících tetragonálních listů oxidu křemičitého s centrálním oktaedrickým listem (Bailey 1980). Muskovit a illit jsou tedy oba dioaktahedrické s proměnlivým obsahem K, Al, Si, O, OH; kdy chemická rovnice muskovitu je  $KAl_2AlSi_3O_{10}(OH)_2$  a pro skupinu illitu  $K_{0,65}Al_2Al_{0,65}Si_{3,35}O_{10}(OH)_2$  (Rieder 1999). Illit má více  $Si^{4+}$ ,  $Mg^{2+}$  a  $H_2O$ , ale méně tetraedrického  $Al^{3+}$  a  $K^+$  a vody než muskovit. Zatímco  $K^+$  je převládajícím mezivrstevním iontem spolu s dvojmocnými ionty, jako jsou  $Ca^{2+}$  a  $Mg^{2+}$ ; v illitu se může vyskytovat i  $NH_4^+$  (Sparks 2003).*

#### 4.2.3. Rentgenová fluorescence (XRF)

U všech namletých vzorků se stanovilo prvkové složení pomocí energiově-disperzní rentgenové fluorescenční (EDXRF) spektrometrie. Vzorek v podobě prášku byl nasypán do plastových kyvet o objemu zhruba 5 cm<sup>3</sup> uzavřených 4 μm tenkou polypropylenovou (mylarovou) fólií. Vzorky podstoupily EDXRF analýzu na předem zkalibrovaném ručním rentgen-fluorescenčním spektrometru DELTA PREMIUM Olympus Innov-X umístěným v dokovací jednotce.

Měření probíhalo v rozšířeném modu GEOCHEM, který umožňuje kompletní geochemickou analýzu horniny s výsledným stanovením koncentrací těchto stopových prvků: Si, Al, K, Ca, P, Cl, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Rb, Sr, Y, Zr, Mo, Ag, Au, Hg, Pb, Bi, Th, U, LE. Další prvky, jejichž koncentrace byla pod detekčním limitem aparatury, nebyly v této práci využity. Každý jednotlivý vzorek byl měřen po dobu 240 sekund při urychlovacím napětí 15 a 40 kV (www4).

#### 4.2.4. Celkový organický uhlík (TOC)

Měření TOC proběhlo v Laboratořích geologických ústavů na přírodovědecké fakultě Univerzity Karlovy v Praze. Samotné měření probíhalo v laboratoři elementární C/S analýzy (LEA).

Laboratoř je vybavena dvěma analyzátory firmy ELTRA (ELTRA, Germany) a zabývá se analýzou celkového obsahu síry (TS) a celkového obsahu uhlíku (TC). Dále konfigurace analyzátorů umožňuje stanovení celkového anorganického uhlíku (TIC). Z rozdílu stanovení TC a TIC lze nepřímo stanovit celkový obsah organického uhlíku (TOC).

Pomocí simultánního analyzátoru C/S ELTRA CS 530 s odporovou pecí je možno provádět stanovení TS a TC spalováním vzorku při cca 1350° v proudu O<sub>2</sub> v odporové peci s následnou detekcí CO<sub>2</sub> a SO<sub>2</sub> v infračervených celách. Přístroj je kalibrován referenčními materiály s certifikovanými obsahy uhlíku a síry (např. uhlí, karbonát, grafit). Navážka vzorku je 100-500 mg. Orientační meze detekce 0,01 % TC (TS)(www5).

Druhý analyzátor ELTRA CS 500 TIC je složen z detekční jednotky identické jako je u CS 500, avšak místo odporové pece je předřazen TIC modul, v kterém dochází v Erlenmayerově baňce na topné desce k rozkladu vzorku kyselinou. Produkty rozkladu (CO<sub>2</sub>) jsou proudem nosného plynu (O<sub>2</sub>) odváděny do komor pro detekci CO<sub>2</sub>. Přístroj je kalibrován referenčními materiály s certifikovanými obsahy uhlíku (např. karbonát). Navážka vzorku je 100-2000 mg. Orientační mez detekce 0,01 % TIC.

Kalibrace analyzátorů se provádí standardními referenčními materiály (ELTRA, NIST a USGS) s certifikovanými obsahy C a S(www5).

#### 4.2.5. Hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem (ICP-MS)

Měření ICP-MS rovněž proběhlo v Laboratořích geologických ústavů na přírodovědecké fakultě Univerzity Karlovy v Praze. Samotné měření probíhalo v laboratoři plazmové spektrometrie (LAPS).

ICP-MS (hmotnostní spektrometr s indukčně vázaným plazmatem) je analytický přístroj, který je schopen detekovat stopovou koncentraci a izotopové složení prvků přítomných ve vzorku. Laboratoř plazmové spektrometrie je vybavena kvadrupólovým hmotnostním spektrometrem ICP Thermo Scientific XSeries II ročníku 2008 s autosamplerm AS 520 Cetac. Hmotnostní spektrometr je vybaven simultánním (PC/AN) jednoduchým detektorem SEM, který umožňuje měření širokého rozsahu koncentrací v automatickém režimu. Data se zpracovávají v počítači pomocí softwaru Thermo PlasmaLab.

ICP-MS v režimu roztoku se používá k analýzám stopových prvků geologických a environmentálních vzorků a k přesným měřením poměru izotopů. Detekční limity se liší v závislosti na matrici vzorku a analyzovaných prvcích od nízkých ppt až po několik desítek ppb. Analytická přesnost se u většiny prvků pohybuje od 0,5 do 2 % (RSD; přesnost RSD = [směrodatná odchylka/průměrná hodnota] \* 100). Přesnost měření izotopového poměru může být až 0,3 % (RSD), což závisí na množství izotopů a matrici vzorku (www6).

Grafické zpracování proběhlo v softwaru DMT Atlas v Severočeských dolech a.s.. V softwaru GCDkit (Janoušek, Farrow a Erban, 2006) se výsledky normalizovaly pro chondrity (Anders & Grevesse 1984) a pro břidlice (NACS) (Haskin & Haskin 1966).

#### 4.2.6. Stanovení $\delta^{13}\text{C}$ a $\delta^{18}\text{O}$ v karbonátech

Stanovení izotopů uhlíku a kyslíku ve vzorcích se sideritem (heterolit 2f a silt 8b) proběhlo v laboratoři České Geologické Služby (ČGS). Stabilní izotopové složení uhlíku ( $\delta^{13}\text{C}\text{‰}$ ) a kyslíku ( $\delta^{18}\text{O}\text{‰}$ ) ve vzorcích se sideritem bylo stanoveno v plynném  $\text{CO}_2$ , který vznikl rozkladem vzorku ve 100% kyselině fosforečné ve vakuu při teplotě 100 °C po dobu 24 hodin (Rosenbaum and Sheppard, 1986). Izotopové složení uhlíku a kyslíku v emitovaném plynu  $\text{CO}_2$  bylo měřeno na hmotnostním spektrometru Delta V Advantage (ThermoFisher, Brémy, Německo). Celková chyba činí  $\pm 0,1\text{‰}$ . Izotopové složení uhlíku je vztaženo k mezinárodnímu standardu V-PDB (The Vienna Peedee Belemnite). V případě sideritu je hodnota  $\delta^{18}\text{O}$  korigována hodnotou +1,44.

Geochemie stabilních izotopů lehkých prvků sleduje přirozené změny v poměrech těchto stabilních izotopů (nejčastěji 2H/1H, 13C/12C, 15N/14N, 18O/16O a 34S/32S) v přírodních materiálech. Změny poměrů izotopů jednotlivých prvků jsou způsobeny malými rozdíly v jejich fyzikálních a chemických

vlastnostech při různém zastoupení. Přesné měření izotopových poměrů umožňuje blíže specifikovat zdroje těchto prvků, jejich stopování během fyzikálně-chemických procesů, kvantifikaci a bilancování sledovaných systémů. Pro vlastní měření izotopových poměrů je zapotřebí sledované prvky převést do formy jednoduchých plynů ( $\text{CO}_2$  a  $\text{SO}_2$ ). Laboratoř ČGS je vybavena hmotnostními spektrometry Delta V Advantage (rok výroby 2011), Finnigan Mat 251 (rok výroby 1982) a Geo 20-20 (rok výroby 1997), s možností měření izotopových poměrů jak v klasickém duálním režimu (tj. porovnáváním izotopového složení ve zkoumaném vzorku a ve standardu, "dual mode IRMS"), tak v kontinuálním toku (hmotnostní spektrometr napojený "on line" na prvkový analyzátor Fisons 1108, tato sestava umožňuje rychlé spálení vzorku, chromatografickou separaci zkoumaného plynu, jeho napuštění do hmotnostního spektrometru pomocí děliče vstupu plynu ConFlo, "flash combustion-GC-IRMS). Pro převedení vzorků na plyny vhodné pro izotopová měření v klasickém duálním režimu laboratoř provozuje řadu přípravných aparatur. Standardní metody zahrnují analýzy  $\delta^{13}\text{C}$  a  $\delta^{18}\text{O}$  v karbonátech (www7).

#### 4.2.7. Zpracování fotomozaik a paleogeografických situací

Tvorba dvou fotomozaik na dokumentaci stěny probíhala současně s odebráním vzorků. Stěna K99 byla systematicky nafocena digitálním fotoaparátem, každá fotka zhruba po 30 metrech, a následně v programu coreDRAW byly fotky spojeny do jedné fotomozaiky pro obě části stěny. Vznikly tak dvě fotomozaiky, do kterých se poté po vytištění na papír v terénu zakreslovaly jednotlivé struktury, textury a horizonty vrstev.

Dále Oddělení geologie Severočeských Dolů a.s. poskytlo digitální kresebný záznam řezů stěn řezu K99 z let 2016 až 2022 sestavený v software DMT Atlas společně s mapovým podkladem do jednoho výkresu v měřítku 1:2000 na délku a 1:1000 na výšku. Na těchto řezech byly zhruba vyznačeny korelovatelné boční hranice jednotlivých říčních systémů a deltových vějířů.

## 5. Výsledky

### 5.1. Litologický popis sond

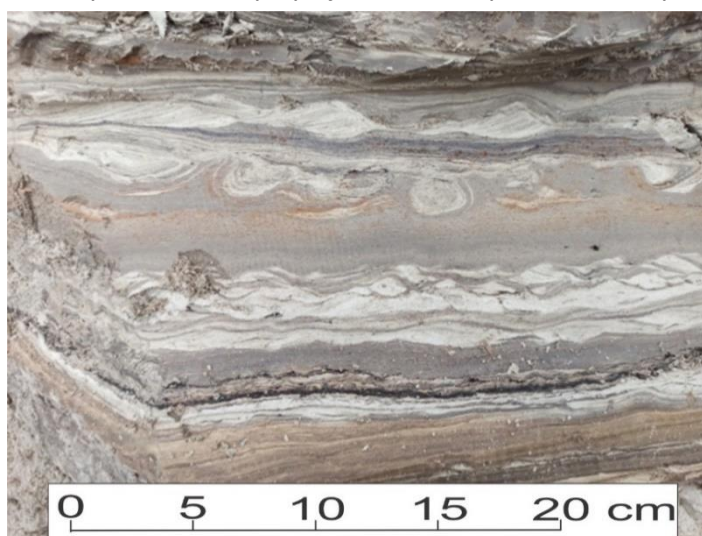
#### Úsek 1, jižní část

Sondy S1, S2, S3, S4 a S5 se nacházejí v jižní části studované stěny K99 (úsek 1) (obr. X). Profily sond tvoří heterolity, jíly, silty a písky. Jednotlivé sondy, jejich detailní popis a grafické zpracování je v příloze 1. Bázi všech sond tvoří heterolity, které jsou jílovito-písčité, tenče vrstevnaté, horizontálně zvrstvené a dochází u nich ke střídání vrstviček hnědošedého jílu s laminkami světle šedého až žlutavého písku, který má místy čočkovitý průběh (obr. 17).



Obrázek 17: Heterolit s čočkovitým průběhem lamin písku.

Písčité laminky mají mocnost 2 mm až 3 cm. Při větších mocnostech mají zřetelné až pestré čeřinové zvrstvení. Z heterolitů byly odebrány vzorky 1c a 2f. V sondě S4 se vyskytuje struktura „balls and pillows“ tj. zapadání čeřin do podložního jílu (obr. 18). Místy se vyskytují sideritizované úseky, které tvoří plaménkové textury. Vzácně se vyskytují větší úlomky uhelné hmoty.



Obrázek 18: Zapadání čeřin písku do podložního jílu, heterolit s čočkami a čeřinami písku.

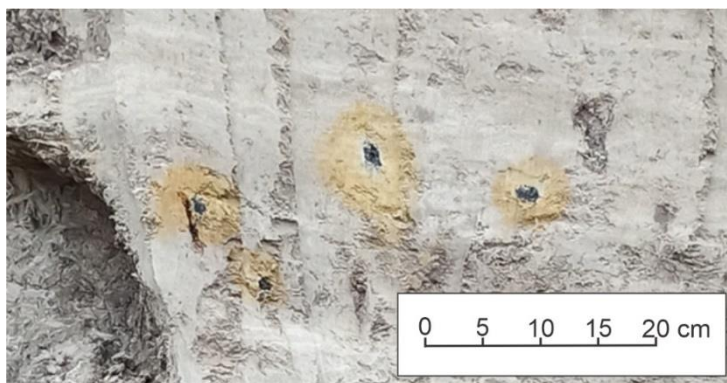
Na heterolity ostře nasedají písky (obr. 19). V případě sondy S1 nasedá nejprve o vrstva silně prachovitého jílu až siltu hnědé barvy a poté písek. V sondě S5 ostré nasedání písků chybí. Vrstva obsahuje laminky písku, horizontálně zvrstveného, o mocnostech od 1 cm do 5 cm.

Ostře nasedající písky jsou šedé, jemnozrnné, středně zrnité místy až hrubozrnné s čeřinovým zvrstvením, které se mění na výmolové vrstvy písku, a které jsou odděleny laminami silně prachovitého (až jemně písčitého) jílu. Jednotlivé čeřinky bývají místy odděleny polohami šedého jílu s drobnými úlomky rostlinné drtě. Písky jsou i nepravidelně vrstevnaté. Lokálně se vrstvičky písku dostávají do podoby drobných polštářů a v některých vrstvách má písek chaoticky smouhovanou texturu. Z této vrstvy písku byl odebrán vzorek 2e.



*Obrázek 19: Ostrý přechod mezi heterolitem a hrubým pískem a ostrý přechod mezi hrubým pískem a jemným pískem s čeřinovým zvrstvením.*

Na písky nasedají silty, které nepravidelně obsahují vrstvy písku nebo mají zvýšený obsah jílové frakce. Silty jsou nezřetelně zvrstvené až horizontálně vrstevnaté a obsahují zuhelnatělé kořínky rostlin nebo čočky písku. Bývají zelené, zelenošedé až hnědošedé a místy obsahují konkrerce sideritu (až 10x20 cm) nebo znaky sideritizace, které je zbarvují až oranžova. Sideritizace místy postihuje i samotné zuhelnatělé kořínky rostlin a tvoří kolem nich oranžové až rezavé lemy (obr. 20). Silty místy obsahují i velké zuhelnatělé kořeny, až 20 cm dlouhé. V siltech byly odebrány vzorky: 1b, 2a, 2b, 2c, 2d, 3a, 3b, 3c, 3d.



Obrázek 20: Zuhelnatělé kořeny rostlin s oranžovými lemy (sideritizace).

Písčité vrstvy v siltech jsou tvořeny světle šedým pískem, který je jemnozrný, místy s vyšším obsahem jílu. Písek je místy s výmolovým zvrstvením a obsahuje konvolutně tvarované čochky jemného písku. Zde byl odebrán vzorek 1a. Vyšší obsahy jílu a siltu se projevují zbarvením do zelena, obsahem zuhelnatělých kořínků rostlin a nevykazuje známky zvrstvení (obr. 21).



Obrázek 21: Vrstvy písku s výmolovým zvrstvením a obsahem zuhelnatělých kořínků rostlin se sideritovým lemem.

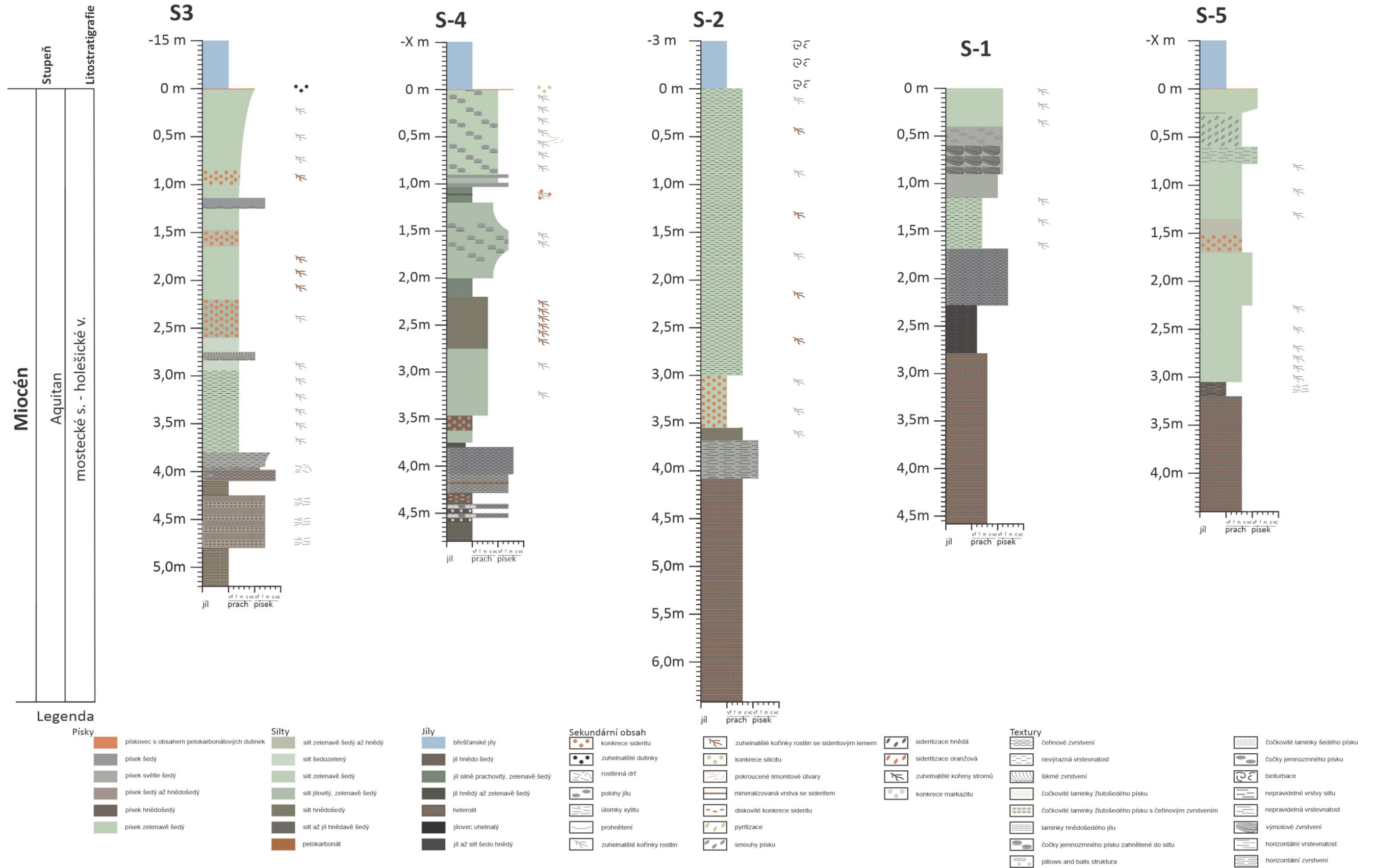
Poslední se zde vyskytuje tenká vrstva rezavě zelenohnědého písku až pískovce se sideritovým tmelem, který byl zachycen v sondách S3, S4 a S5. Písek až pískovec obsahuje velké množství zuhelnatělých kulatých dutinek – jedná se o porézní pelokarbonát. Na bázi přechází v silt. Strop vrstvy obsahuje zelenavě šedé smouhování – jedná se o pyritizaci (obr. 22). Horní omezení vrstvy má až oranžovou barvu. Do nadloží pokračují jezerní břeštánské jíly, hnědošedé, prachovité.



*Obrázek 22: Pyritizace na rozhraní písku a břeštánských jílu.*



# Stěna K99: úsek 1, jižní část

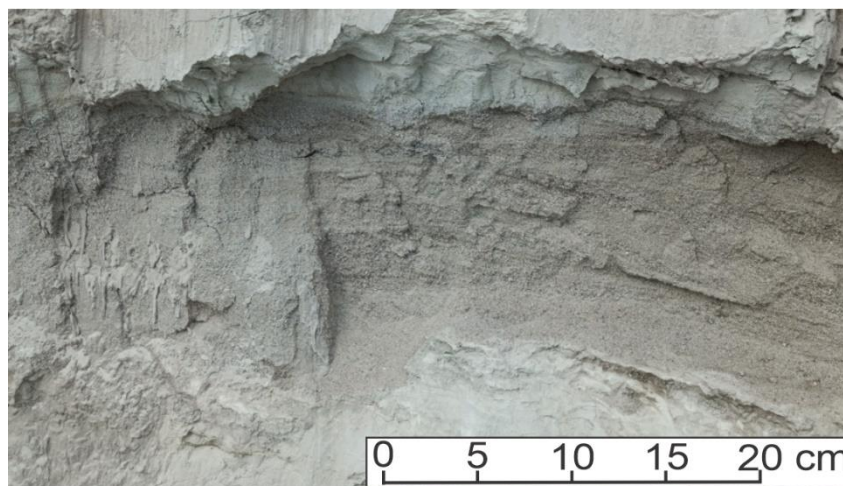


Obrázek 23: Stěna K99: úsek 1, jižní část

## Úsek 2, severní část

Sondy S6, S7, S8, a S9 se nacházejí v severní části studované stěny K99 (úsek 2) (obr. 27). Jednotlivé sondy, jejich detailní popis a grafické zpracování je v příloze 1. V sondě S6 bázi tvoří písčité silt, vrstevnatý, šedý a s obsahem lamin písku, které jsou místy čočkovité nebo místy souvislé. Báze sond S7 a S8 je tvořena písčito-jílovitým heterolitem. Heterolit je vrstevnatý, horizontálně zvrstvený, laminace je tvořena vrstvičkami a ččkami, hnědošedého jílu až siltu, místy převažuje písek. V sondě S9 je báze tvořena středně zrnitým pískem bez vrstevnatosti, na který nasedá jíl se zuhelnatělými kořínky a konkréci sideritu. Zbytek sondy je tvořen jemnozrným pískem se zuhelnatělými kořínky a kořeny. Písek je horizontálně zvrstvený. Písek obsahuje sideritizovanou vrstvu s konkréci sideritu, zde byl odebrán vzorek 9a.

Na bazální vrstvu siltu a heterolitů v sondách S6, S7 a S8 nasedají písky. Písek je světle šedý, středně až hrubě zrnitý a místy obsahuje větší úlomky uhelné hmoty a zuhelnatělých kořínků. V sondě S6 dosahuje písek největší mocnosti a je výmolově zvrstven. V sondách S7 a S8 má čeřinové, šikmé nebo horizontální zvrstvení (obr. 24).



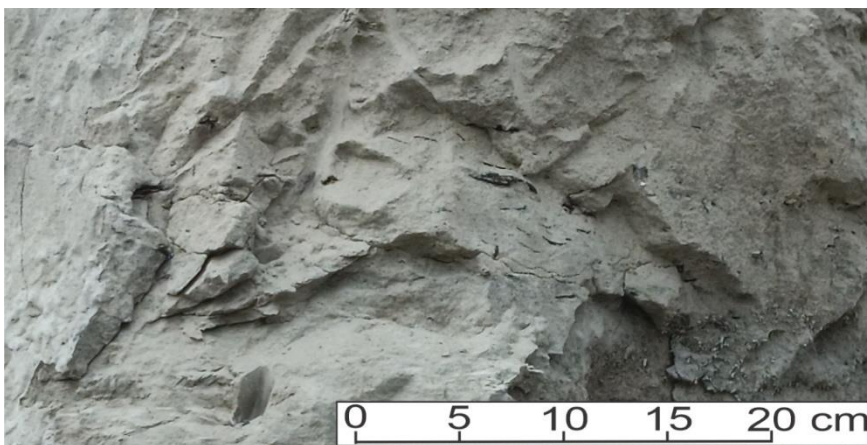
Obrázek 24: Šikmě zvrstvený středně zrnitý až hrubozrný písek s úklonem vrstev od J na S s čočkovitým průběhem (duna, povodňový sediment nebo koryto).

Na písky nasedají silty, které jsou místy proloženy tenkými vrstvami písku jemnozrného s čeřinovým nebo horizontálním zvrstvením, místy s obsahem zuhelnatělých kořínků a sideritovými konkréci. Silty jsou zelenavě šedé a převážně bez texturních znaků, některé jsou nevýrazně vrstevnaté nebo horizontálně zvrstvené. Mají vysoký obsah zuhelnatělých kořínků, kořenů o průměru až 5 cm. Silty také hojně obsahují sideritizaci a sideritové konkréce, které bývají diskovitěho tvaru a dosahují velikostí až 4 cm. Ze siltů byly odebrány vzorky 6a, 6b, 7a, 7b, 8a, 8b a 8c. V sondě S6 se také vyskytuje vrstva pelokarbonátu, oranžově hnědé barvy. Pelokarbonát je velmi pevný, obsahuje konkréce sideritu a zuhelnatělé kořeny (obr. 25).



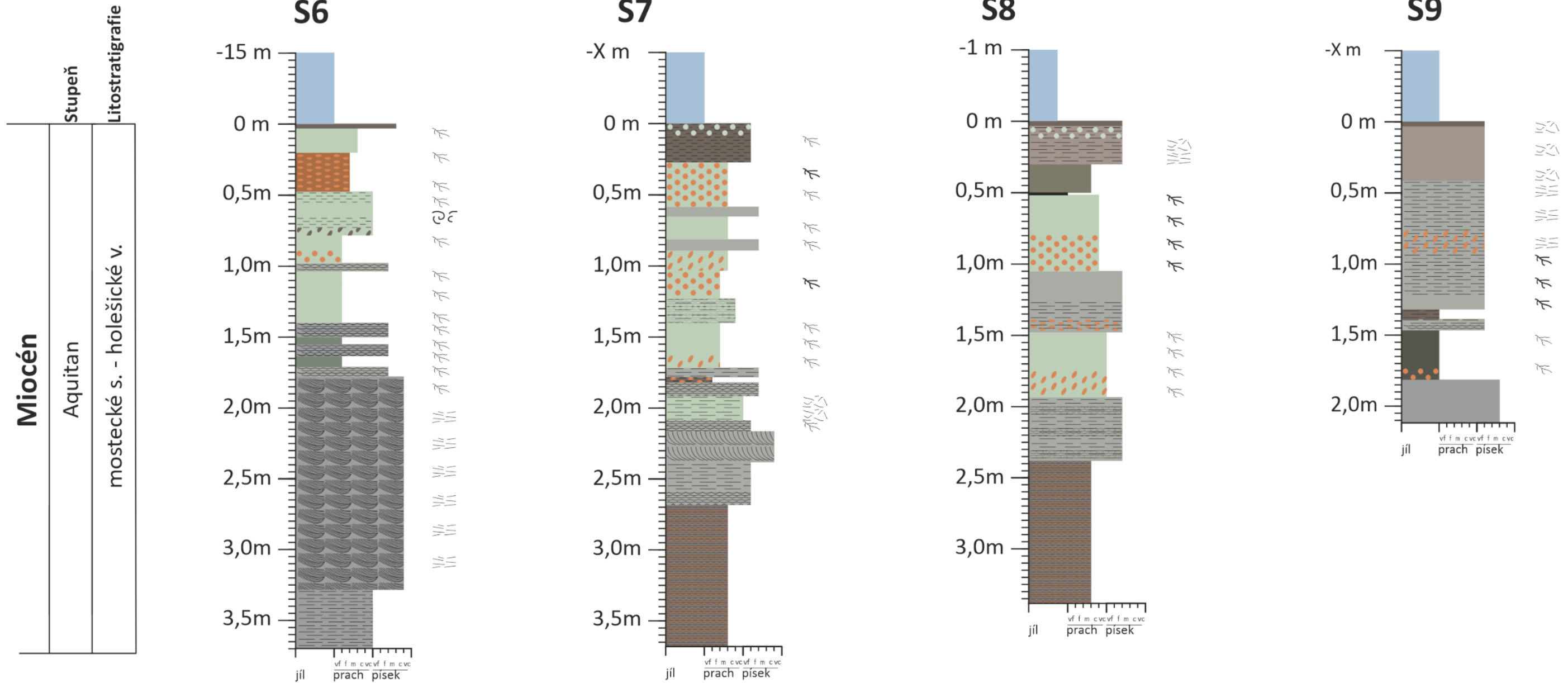
Obrázek 25: Zuhelnatělý kořen v pelokarbonátu.

Poslední vrstvu tvoří hnědošedé písky, velmi jemnozrné a s obsahem zuhelnatělých kořínků a rostlinné drtě, která je spíše alochtonního původu (obr. 26). Písky nemají zřetelnou vrstevnatost nebo jsou horizontálně zvrstveny. Místy obsahují konkrce markazitu šedozelené barvy a průměru do 2 cm. Do nadloží pokračují břešťanské jíly, hnědošedé, prachovité.



Obrázek 26: Úlomky rostlinné drtě a uhelné hmoty dopravené tokem.

# Stěna K99: úsek 2, severní část



## Legenda

- |   |  |   |   |   |   |  |   |
|---|--|---|---|---|---|--|---|
| <p><b>Písky</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li> písekovec s obsahem pelokarbonátových dutinek</li> <li> písek šedý</li> <li> písek světle šedý</li> <li> písek šedý až hnědošedý</li> <li> písek hnědošedý</li> <li> písek zelenavě šedý</li> </ul> | <p><b>Silty</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li> silt zelenavě šedý až hnědý</li> <li> silt šedo-zelený</li> <li> silt zelenavě šedý</li> <li> silt jílovitý, zelenavě šedý</li> <li> silt hnědošedý</li> <li> silt až jílně hnědavě šedý</li> <li> pelokarbonát</li> </ul> | <p><b>Jíly</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li> břeštanské jíly</li> <li> jílně šedý</li> <li> jílně prachovitý, zelenavě šedý</li> <li> jílně až zelenavě šedý</li> <li> heterolit</li> <li> jílovec uheľnatý</li> <li> jílně až silt šedo-hnědý</li> </ul> | <p><b>Sekundární obsah</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li> konkrce sideritu</li> <li> zuheľnatělé dutinky</li> <li> rostlinná drť</li> <li> polohy jíly</li> <li> úlomky xylitu</li> <li> prohnutí</li> <li> zuheľnatělé kořinky rostlin</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li> zuheľnatělé kořinky rostlin se sideritovým lemem</li> <li> konkrce silicitu</li> <li> pokroucené limonitové útvary</li> <li> mineralizovaná vrstva se sideritem</li> <li> diskovité konkrce sideritu</li> <li> pyritizace</li> <li> smouhy písku</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li> sideritizace hnědá</li> <li> sideritizace oranžová</li> <li> zuheľnatělé kořeny stromů</li> <li> konkrce markazitu</li> </ul> | <p><b>Textury</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li> čeřinové zvrstvení</li> <li> nevýrazná vrstevnatost</li> <li> šikmé zvrstvení</li> <li> čočkovité laminky žlutošedého písku</li> <li> čočkovité laminky žlutošedého písku s čeřinovým zvrstvením</li> <li> laminky hnědošedého jílu</li> <li> čočky jemnozrného písku zahrněné do siltu</li> <li> pillows and balls struktura</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li> čočkovité laminky šedého písku</li> <li> čočky jemnozrného písku</li> <li> bioturbace</li> <li> nepravidelné vrstvy siltu</li> <li> nepravidelná vrstevnatost</li> <li> výmolvé zvrstvení</li> <li> horizontální vrstevnatost</li> <li> horizontální zvrstvení</li> </ul> |
|---|--|---|---|---|---|--|---|

Obrázek 27: Stěna K99: úsek 2, severní část

## 5.2. Zrnitostní analýza

Ternární diagramy dle Folka (1945) u všech vzorků odebraných ze stěny K99 v lomu Bílina (1a, 1b, 2a, 2b, 2c, 2d, 2e, 2f, 3a, 3b, 3c, 3d, 6a, 6b, 7a, 7b, 8a, 8c, 9a) řadí většinu vzorků do siltů (příloha 2). Vzorky 1a a 2e odpovídají jemnému písku, vzorek 9a je na rozhraní siltu a písku (příloha 2 diagram 1,2 a 7). Zbylé vzorky odpovídají siltu. Ternární diagramy na první pohled poukazují na vcelku dobrou vytřídněnost siltů, ačkoliv jejich další podrobnější zkoumání, včetně jednotlivých zrnitostních křivek poukazuje na opak.

Zrnitostní analýza odhalila, že většina vzorků je bimodální, vyjma vzorků 2b, 2f, 3a, 6b (trimodální) a vzorků 6a, 8a, 8c (unimodální). Téměř všechny vzorky jsou špatně vytřídněny nebo velmi špatně vytřídněny, některé jsou středně vytřídněny (1a, 2e, 3a) a jeden dokonce středně dobře vytřídněn (6a). Dále šikmost sedimentů je pozitivně šikmá nebo velmi pozitivně šikmá až na vzorek 2f, 6a, 9a, jejichž šikmost je symetrická. Špičatost je u většiny sedimentů mesokurtická až na vzorek 1a a 2e (velmi leptokurtický) (tab. 1 a 2).

Zrnitostní parametry v jednotkách $\Phi$					Slovní vyjádření Folka & Warda (1957)			
Vzorek	Mz	$\sigma$	SK	KG	Modalita	$\sigma$	SK	KG
1a	3,435	0,997	0,470	1,064	Bimodální	Středně vytřídněný	Velmi pozitivně šikmá	Mesokurtická
1b	7,334	2,703	0,783	0,515	Bimodální	Velmi špatně vytřídněný	Velmi pozitivně šikmá	Velmi platykurtická
2a	6,796	2,508	0,774	2,882	Bimodální	Velmi špatně vytřídněný	Velmi pozitivně šikmá	Velmi leptokurtická
2b	6,239	3,077	0,532	1,753	Trimodální	Velmi špatně vytřídněný	Velmi pozitivně šikmá	Mesokurtická
2c	7,329	2,509	0,729	0,512	Bimodální	Velmi špatně vytřídněný	Velmi hrubě zkosený	Velmi platykurtická
2d	8,612	2,565	-0,52	0,499	Bimodální	Velmi špatně vytřídněný	Velmi pozitivně zkosená	Velmi platykurtická
2e	3,671	0,986	0,391	0,830	Bimodální	Středně vytřídněný	Velmi pozitivně šikmá	Platykurtická
2f	8,201	2,560	-0,09	0,511	Trimodální	Velmi špatně vytřídněný	Symetrická	Velmi platykurtická
3a	4,429	0,959	-0,22	0,807	Trimodální	Středně vytřídněný	Hrubě zkosená	Platykurtická
3b	7,736	2,571	0,362	0,502	Bimodální	Velmi špatně vytřídněný	Velmi pozitivně šikmá	Velmi platykurtická
3c	7,270	2,577	0,743	0,504	Bimodální	Velmi špatně vytřídněný	Velmi pozitivně šikmá	Velmi platykurtická
3d	7,460	2,552	0,627	0,502	Bimodální	Velmi špatně vytřídněný	Velmi pozitivně šikmá	Velmi platykurtická

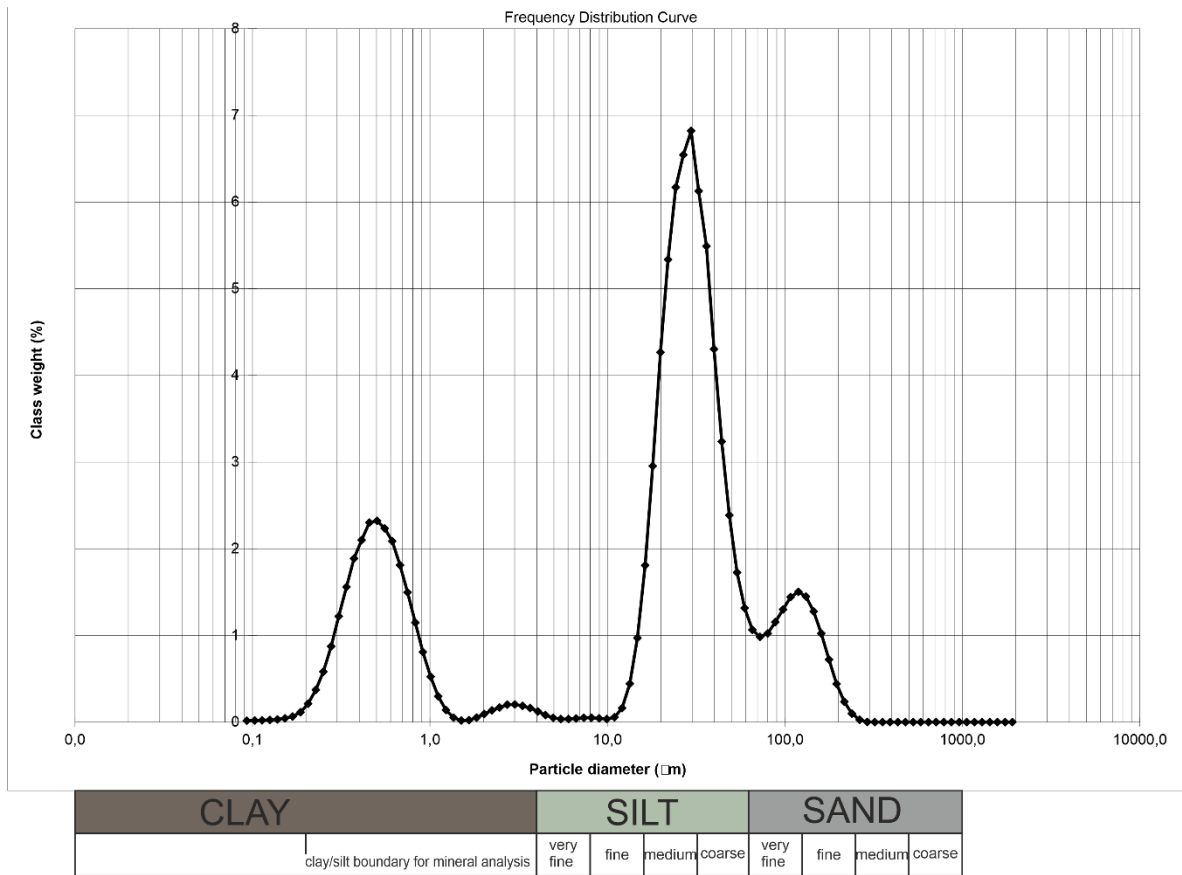
Tabulka 1: Zrnitostní analýza vzorků z první terénní fáze.

Střední velikost zrn ( $M_z$ ) je v intervalu mezi 3,435 až 9,111  $\Phi$  (1a, 2c). Hodnoty stupně vytřídění ( $\sigma$ ) jsou v rozmezí od 0,640 do 3,077 (6a, 2b). Koeficient symetrie (SK) se pohybuje od -0,71 do 0,783 (2c, 1b). Špičatost (KG) se pohybuje v intervalu od 0,499 do 4,067 (2d, 8a).

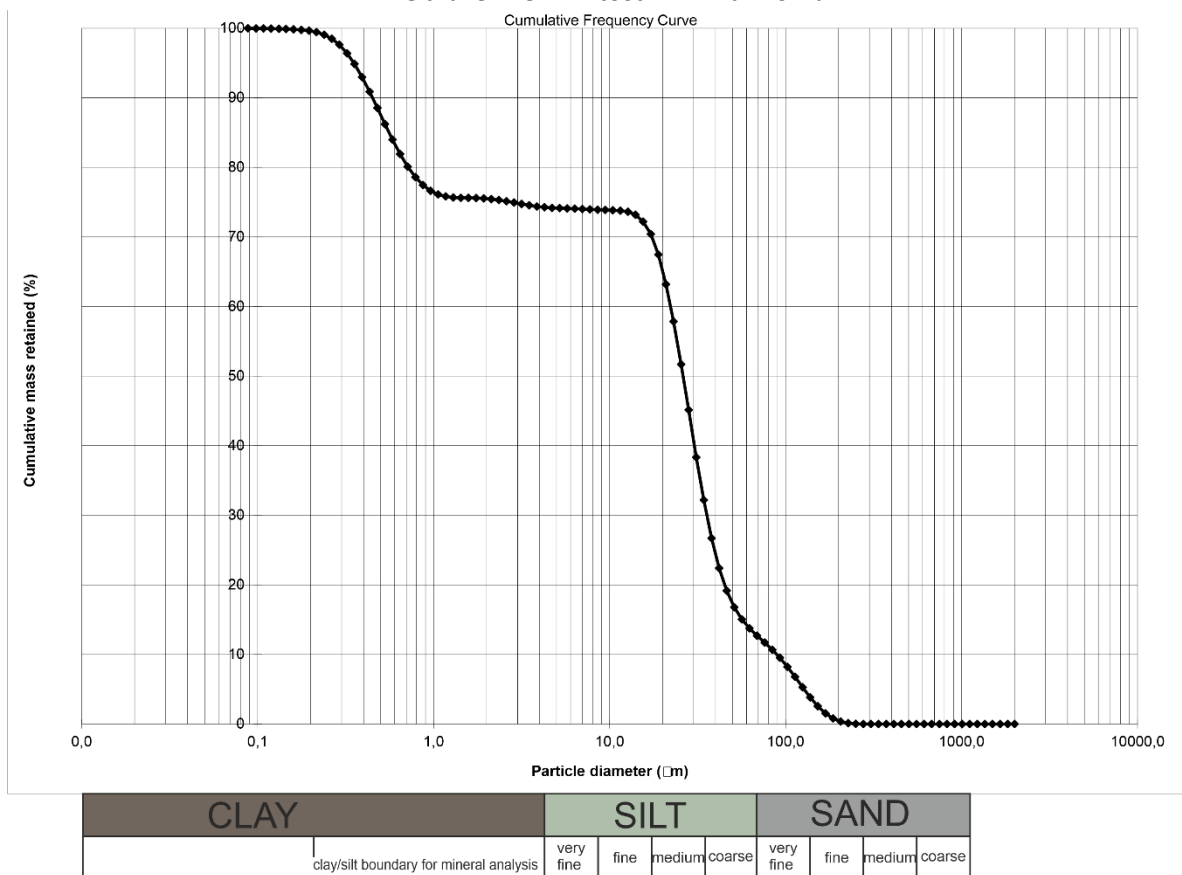
Zrnitostní parametry v jednotkách $\Phi$					Slovní vyjádření Folk & Warda (1957)			
Vzorek	$M_z$	$\sigma$	SK	KG	Modalita	$\sigma$	SK	KG
6a	4,639	0,640	0,015	0,967	Unimodální	Středně dobře vytříděný	Symetrická	Mesokurtická
6b	7,247	2,559	0,692	0,512	Trimodální	Velmi špatně vytříděný	Velmi pozitivně šikmá	Velmi platykurtická
7a	5,000	1,411	0,459	3,248	Bimodální	Špatně vytříděný	Velmi pozitivně šikmá	Extrémně leptokurtická
7b	7,109	2,554	0,741	0,511	Bimodální	Velmi špatně vytříděný	Velmi pozitivně šikmá	Velmi platykurtická
8a	5,187	1,327	0,435	4,067	Unimodální	Špatně vytříděný	Velmi pozitivně šikmá	Extrémně leptokurtická
8b	7,234	2,516	0,739	0,514	Bimodální	Velmi špatně vytříděný	Velmi pozitivně šikmá	Velmi platykurtická
8c	4,904	1,345	0,398	3,335	Unimodální	Špatně vytříděný	Velmi pozitivně šikmá	Extrémně leptokurtická
9a	4,177	1,035	-0,09	0,702	Bimodální	Špatně vytříděný	Symetrická	Platykurtická

Tabulka 2: Zrnitostní analýza vzorků z druhé terénní fáze.

Zrnitostní křivky jak jednotlivých vzorků (příloha 3), tak průměrná zrnitostní křivka všech vzorků (obr. 28), je dvoj vrcholového tvaru. Křivky jednotlivých vzorků tento víceméně trend udržují, i když je u některých z nich nepatrný. Zrnitostní křivka u většiny vzorků, které obsahují málo písku je dvou až tří vrcholová a vzorky s větším obsahem písčité frakce mají zrnitostní křivku o dvou vrcholech. Odpovídá to tedy převážně špatné vytříděnosti sedimentů. Kumulativní zrnitostní křivka tento dvou vrcholový trend také vykazuje (obr. 29).

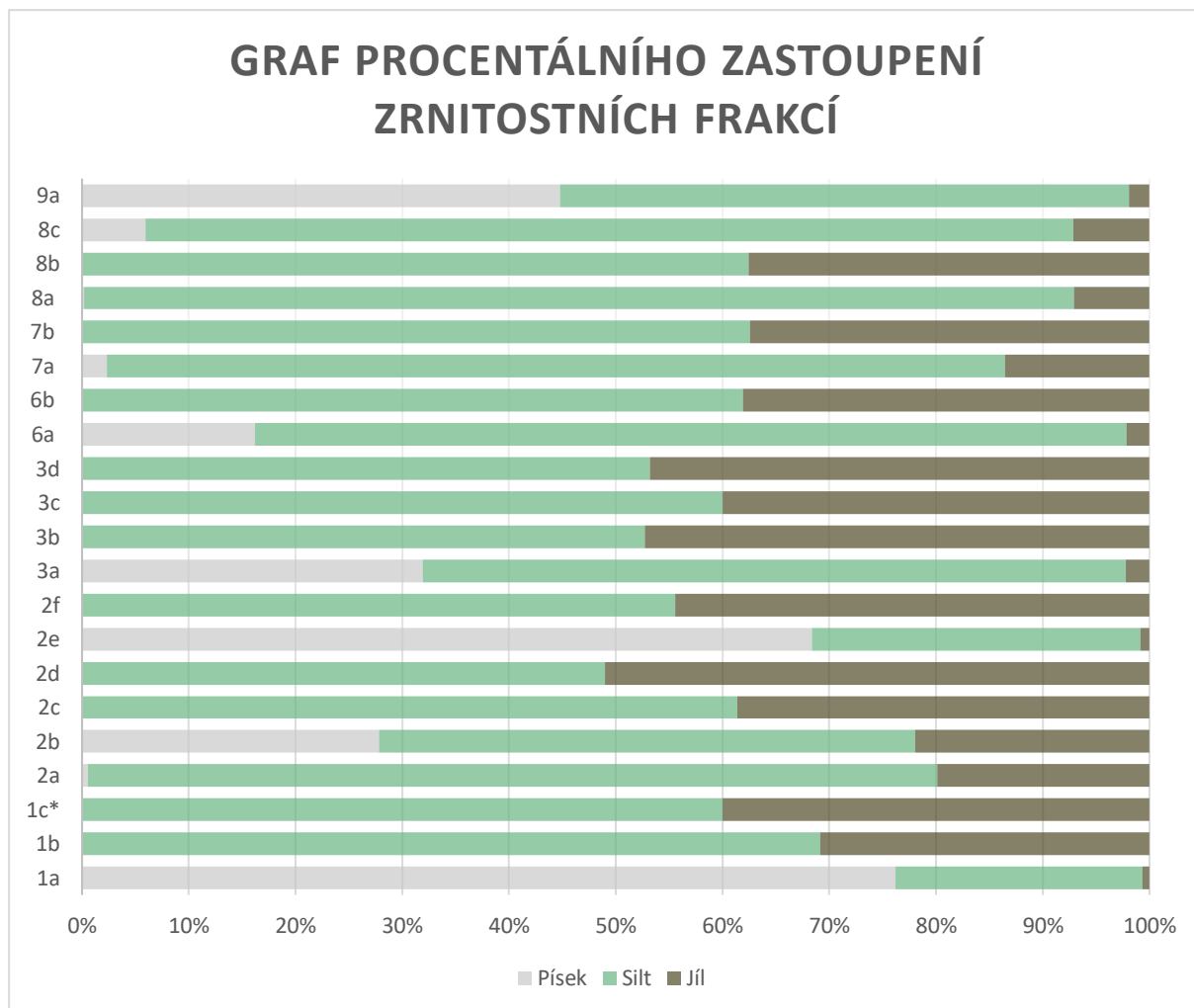


**Obrázek 28: Zrnitostní křivka vzorků.**



**Obrázek 29: Kumulativní křivka zrnitosti vzorků.**

Podrobná zrnitostní analýza určila procentuální zastoupení jednotlivých frakcí (příloha 3). Vzorky obsahují jílu (clay), velmi jemnozrnný silt (very fine silt), jemnozrnný silt (fine silt), středně zrnitý silt (medium silt), hrubozrnný silt (coarse silt), velmi hrubozrnný silt (very coarse silt), velmi jemnozrnný písek (very fine sand), jemnozrnný písek (fine sand) a středně zrnitý písek (medium sand). Graf 1 zobrazuje jejich procentuální zastoupení, zjednodušené na obsah písku, siltu a jílu.



*Graf 1: Graf procentuálního zastoupení zrnitostních frakcí. \*Vzorek heterolitu 1c je odhadem ze vzorku heterolitu 2f s velmi podobným složením nadrceného vzorku.*

Na první pohled je vidět, že vzorky 1a, 2e a 9a mají vysoký obsah písků oproti ostatním, které tvoří především různé zrnitostní typy siltu. Silt je tedy dominantním vzorkovaným materiálem v profilech obou niv. Vzorek 2c má vysoký obsah jílu. \*Obsah vzorku heterolitu 1c je odhadem z vrstvy heterolitu vedlejší sondy.



### 5.3. Rentgenová difrakční analýza (XRD)

Výsledky semikvantitativních analýz jsou spolu s odhadem náhodné chyby stanovení uvedeny v příloze 4. Jako odhad náhodné chyby byl v tomto případě použit trojnásobek vypočtené směrodatné odchylky (pravděpodobnost >99%). V tabulce jsou uvedeny i parametry charakterizující přesnost kvantifikace difrakčního záznamu, resp. přesnost interpolace difrakčního záznamu pomocí vypočteného difrakčního záznamu (Rwp, Rexp). Hodnota Rwp charakterizuje dosaženou chybu interpolace, hodnota Rexp je odhadem nejmenší možné chyby při daných podmínkách. Zpracované difraktogramy jsou uvedeny v příloze 4. V těchto obrázcích je modře znázorněna měřená křivka, červeně je vyznačen proklad modelem, který odpovídá kvantifikaci. Ve spodní části je pak šedou barvou vyznačena diferenční křivka. Pozice jednotlivých difrakčních linií vyznačují krátké úsečky.

Měřeno bylo 10 vzorků a to vzorky: 1c, 2b, 2c, 2f, 3a, 3d, 6b, 7b, 8b a 9a (tab. 3). Podrobné výsledky měření jsou v příloze 4. U všech vzorků dominuje křemen, pouze u vzorku 2c, 2f a 3d je ho méně, než 50 %. Křemen se u vzorků pohybuje v rozmezí 40,88 % až 68 %. Illit (muskovit 2M1) se pohybuje v rozmezí 15,12 % (vzorek 2b) až 21 % (vzorek 1c). Illit tak tvoří zhruba jednu pětinu vzorku. Kaolinit se pohybuje v rozmezí 12,8 % až 22,82 % a tvoří tak většinou méně než jednu pětinu vzorku.

Obsah sideritu už bývá proměnlivý. V některých vzorcích se nevyskytuje vůbec (1c, 6b) nebo jen v malém množství pod 5 % (2b, 3a, 3d, 7b, 9a). Ve větším množství nad 5 % se siderit vyskytuje ve vzorcích 2c a 2f. Vzorek 2f je dokonce ze 17 % tvořen sideritem. Hodnoty obsahu ortoklasu se pohybují v podobných hodnotách od 2,53 % (2b) do 4,58 % (2c) a tvoří tak akcesorickou část vzorků. Anatas se zde objevil ve velmi malém množství a jenom u vzorku 3d překročil 1 %. Hodnoty anatasu se pohybují od 0,28 % do 1,24 % a tvoří tak nepatrné množství vzorku. Poslední, sádrovec, se vyskytuje pouze ve vzorku 1c s hodnotou 1,61 %.

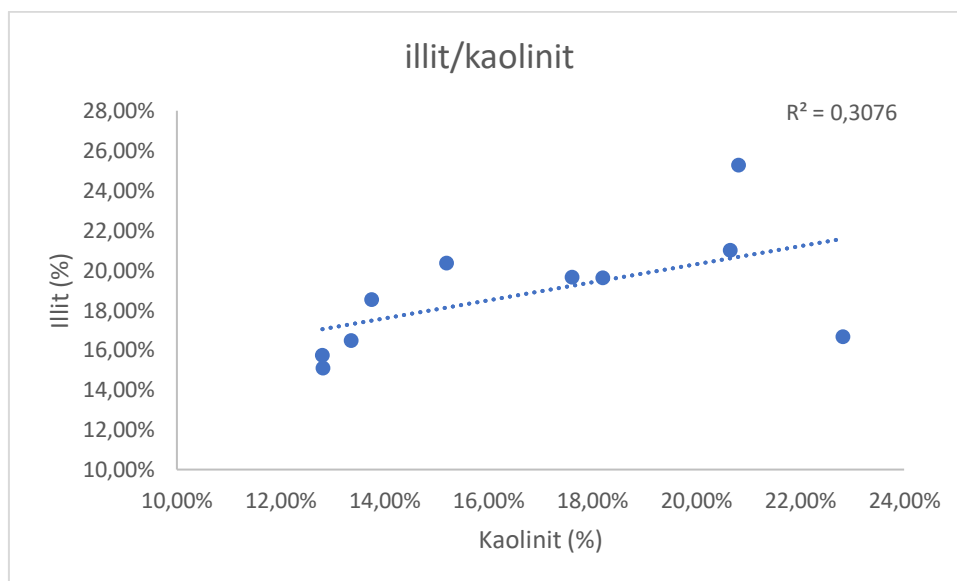
VZOREK	KŘEMEN	ILLIT	KAOLINIT	SIDERIT	ORTOKLAS	ANATAS	SÁDROVEC
<b>HETEROLIT 1C</b>	52,54 %	21,00 %	20,66 %		2,84 %	0,93 %	1,61 %
<b>SILT 2B</b>	67,46 %	15,12 %	12,82 %	1,68 %	2,53 %	0,39 %	
<b>SILT 2C</b>	47,89 %	19,64 %	18,20 %	8,89 %	4,58 %	0,71 %	
<b>HETEROLIT 2F</b>	40,88 %	15,68 %	22,82 %	17,00 %	3,35 %	0,28 %	
<b>SILT 3A</b>	65,68 %	16,50 %	13,36 %	0,89 %	3,28 %	0,29 %	
<b>SILT 3D</b>	47,68 %	25,29 %	20,82 %	1,48 %	3,49 %	1,24 %	
<b>SILT 6B</b>	68,00 %	15,74 %	12,80 %		2,93 %	0,53 %	
<b>SILT 7B</b>	53,46 %	19,67 %	17,61 %	4,75 %	3,83 %	0,67 %	
<b>SILT 8B</b>	59,28 %	20,37 %	15,20 %	0,83 %	3,75 %	0,58 %	
<b>PÍSEK 9A</b>	61,74 %	18,53 %	13,75 %	2,52 %	2,77 %	0,67 %	

Tabulka 3: Výsledky měření rentgenovou difrakční analýzou (XRD).

Dále jsem sledoval poměr illitu a kaolinitu, který vyjadřuje větrání povodí. Poměr se pohybuje v rozmezí od 0,731 (2f) do 1,348 (9a) (tabulka 4). Graf poměru illit/kaolinit je na obrázku č.45. Z grafu je zřetelné, že obsah obou jílových minerálů ve vzorcích narůstá souběžně. Z tabulky je zřejmé, že suma jílových minerálů je nepřímo úměrná obsahu křemene. Křemen a jílové minerály ve vzorcích dominují a variabilita minerálního složení vzorků se tedy odvíjí hlavně v poměru křemene a jílových minerálů.

VZOREK	ILLIT	KAOLINIT	ILLIT/KAOLINIT
<b>HETEROLIT 1C</b>	21,00 %	20,66 %	1,0165
<b>SILT 2B</b>	15,12 %	12,82 %	1,179407
<b>SILT 2C</b>	19,64 %	18,20 %	1,079121
<b>HETEROLIT 2F</b>	16,68 %	22,82 %	0,730938
<b>SILT 3A</b>	16,50 %	13,36 %	1,23503
<b>SILT 3D</b>	25,29 %	20,82 %	1,214697
<b>SILT 6B</b>	15,74 %	12,80 %	1,229688
<b>SILT 7B</b>	19,67 %	17,61 %	1,116979
<b>SILT 8B</b>	20,37 %	15,20 %	1,340132
<b>PÍSEK 9A</b>	18,53 %	13,75 %	1,347636

Tabulka 4: Poměr illit/kaolinit.



Obrázek 45: Graf poměru illit/kaolinit.

#### 5.4. Rentgenová fluorescence (XRF)

Hodnoty jednotlivých prvků byly přepočítány na hmotnostní procenta (wt. %) a z nich se dále spočítaly hmotnostní procenta oxidů, které lze běžně v přírodě očekávat, tedy: SiO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, FeO, MnO, MgO, CaO, Na<sub>2</sub>O a K<sub>2</sub>O (tabulka 5). Prvky, které přístroj zachytil a se kterými se bylo možno dále pracovat jsou následující: Mg, Al, Si, P, K, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Rb, Sr, a Zr.

	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	SUMA
<b>PÍSEK 1A</b>	82,84	0,65	5,10	1,88	0,02	5,69	0,40	0,00	2,17	98,75
<b>SILT 1B</b>	58,15	2,26	19,16	4,80	0,03	7,78	0,38	0,00	6,58	99,15
<b>HETEROLIT 1C</b>	58,22	1,90	15,50	9,89	0,10	7,30	1,02	0,00	5,25	99,19
<b>SILT 2A</b>	67,99	1,70	13,16	4,55	0,05	6,02	0,59	0,00	4,95	99,01
<b>SILT 2B</b>	72,56	1,35	10,12	4,64	0,05	5,49	0,68	0,00	3,98	98,86
<b>SILT 2C</b>	44,81	1,49	13,90	22,07	0,21	9,39	2,45	0,00	4,60	98,92
<b>SILT 2D</b>	56,79	2,04	18,12	8,79	0,09	6,56	0,80	0,00	6,02	99,20
<b>PÍSEK 2E</b>	68,68	1,12	8,40	1,30	0,01	15,30	0,55	0,00	4,03	99,39
<b>HETEROLIT 2F</b>	55,41	1,88	16,13	12,67	0,18	6,32	1,16	0,00	5,39	99,15
<b>SILT 3A</b>	73,37	1,50	11,72	3,65	0,04	3,87	0,35	0,00	4,61	99,10
<b>SILT 3B</b>	60,13	1,72	14,62	7,93	0,08	8,56	0,80	0,00	5,44	99,27
<b>SILT 3C</b>	49,98	1,65	14,72	18,97	0,25	7,36	1,50	0,00	4,87	99,29
<b>SILT 3D</b>	56,09	2,05	17,52	10,11	0,12	6,67	0,72	0,00	6,01	99,30
<b>SILT 6A</b>	64,02	1,38	10,80	12,41	0,16	4,71	1,19	0,00	4,51	99,18
<b>SILT 6B</b>	64,23	2,11	16,10	3,95	0,06	6,32	0,35	0,00	6,13	99,23
<b>SILT 7A</b>	61,76	1,72	14,36	9,70	0,12	5,29	0,86	0,00	5,39	99,21
<b>SILT 7B</b>	60,23	2,05	17,02	8,00	0,10	4,66	0,86	0,00	6,20	99,12
<b>SILT 8A</b>	64,99	2,17	17,23	3,83	0,03	4,35	0,30	0,00	6,37	99,27
<b>SILT 8B</b>	58,17	1,90	15,07	10,61	0,11	6,49	1,33	0,00	5,52	99,19
<b>SILT 8C</b>	65,26	1,81	14,83	6,75	0,08	4,21	0,63	0,00	5,68	99,25
<b>PÍSEK 9A</b>	61,68	1,95	16,73	7,92	0,08	4,06	0,69	0,00	6,14	99,27

Tabulka 5: Chemismus vzorků.

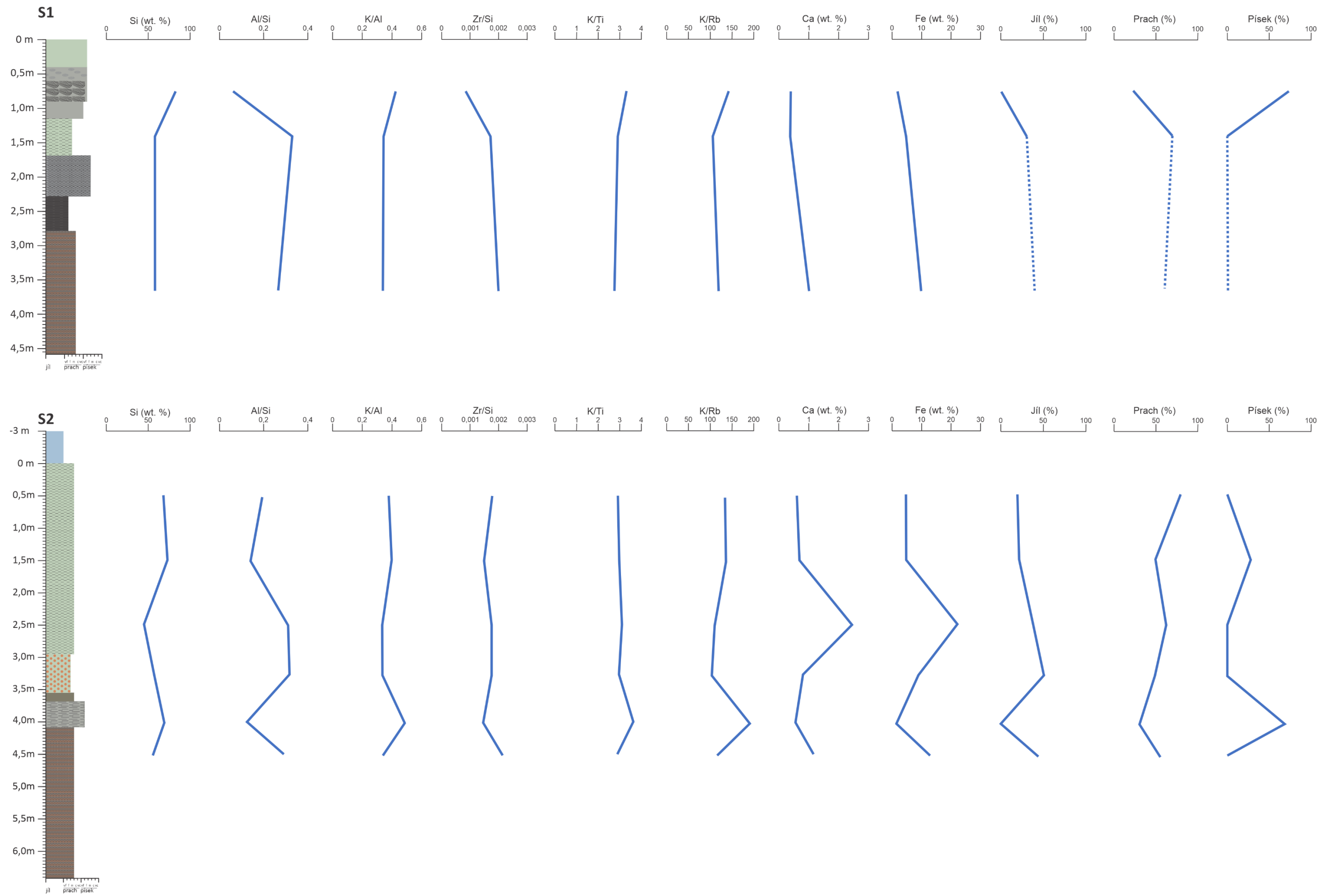
Z hmotnostních procent prvků a oxidů se u sedimentů dále pracuje s poměry obsahů vybraných prvků (normování) protože tak je lépe možné odhalit variability v obsazích určitých složek sedimentu při potlačení rozhodujícího vlivu dominantních prvků, zejména Si. Hlavní poměry, se kterými jsem pracoval, jsou tyto: Al/Si, K/Al, Zr/Si, K/Ti, Ca/Mg, Zr/Rb, Ti/Al, Mg/Al, K/Rb, které byly úspěšně využity při hodnocení jezerních sedimentů v mostecké pánvi v minulosti (Matys Grygar et al. 2017a, 2017b, 2020, 2021; Matys Grygar & Mach 2013; Mach et al. 2021). Dále mě zajímaly obsahy Fe a Ca, poukazující na přítomnost karbonátů v sedimentu.

Poměry Al/Si se pohybují v rozmezí 0,06 až 0,33 s průměrnou hodnotou 0,24, jsou tedy velmi variabilní. Graf poměru Al/Si vykazuje hodnotu  $R^2 = 0,46$  (příloha 5, graf 1). Poměry K/Al se pohybují v rozmezí 0,33 až 0,48 s průměrnou hodnotou 0,37. Graf poměru K/Al vykazuje hodnotu  $R^2 = 0,91$

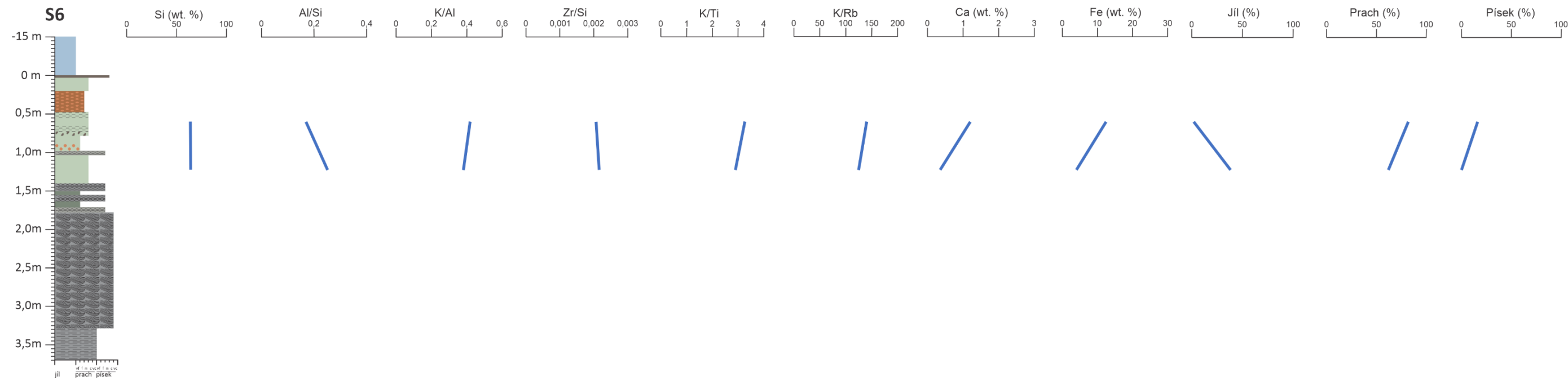
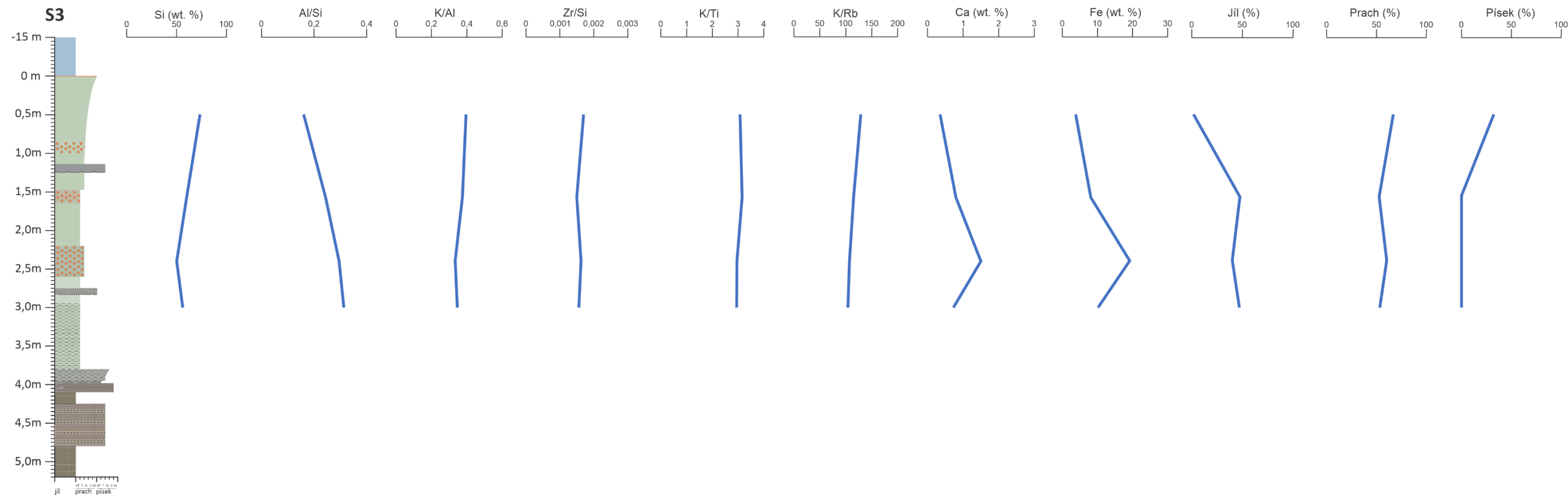
(příloha 5, graf 2). Poměry Zr/Si se pohybují v rozmezí 0,0008 až 0,0022 s průměrnou hodnotou 0,0018. Graf poměru Zr/Si vykazuje hodnotu  $R^2 = 0,03$  (příloha 5, graf 3). Poměry K/Ti se pohybují v rozmezí od 2,76 do 3,60 s průměrnou hodnotou 3,04. Graf poměru K/Ti vykazuje hodnotu  $R^2 = 0,96$  (příloha 5, graf 4). Poměry Ca/Mg se pohybují v rozmezí od 0,04 do 0,26 s průměrnou hodnotou 0,13. Graf poměru Ca/Mg vykazuje hodnotu  $R^2 = 0,05$  (příloha 5, graf 5). Poměry Zr/Rb se pohybují v rozmezí od 1,61 do 4,66 s průměrnou hodnotou 2,77. Graf poměru Zr/Rb vykazuje hodnotu  $R^2 = 0,02$  (příloha 5, graf 6). Poměry Ti/Al se pohybují v rozmezí 0,11 až 0,13 s průměrnou hodnotou 0,12. Graf poměru Ti/Al vykazuje hodnotu  $R^2 = 0,95$  (příloha 5, graf 7). Poměry Mg/Al se pohybují v rozmezí 0,24 až 1,82 s průměrnou hodnotou 0,51. Graf poměru Mg/Al vykazuje hodnotu  $R^2 = 0,05$  (příloha 5, graf 8). Poměry K/Rb se pohybují v rozmezí 103,28 až 190,78 s průměrnou hodnotou 125,72. Graf poměru K/Rb vykazuje hodnotu  $R^2 = 0,87$  (příloha 5, graf 9). Hmotností procenta (wt. %) Ca se pohybují v rozmezí od 0,30 do 2,45 wt. % a hodnoty Fe se pohybují v rozmezí 1,30 až 22,07 wt. % (obr. 46, 47, 48).

Výsledné hodnoty poměrů vzorků, obsahů prvků a obsahů zrnitostních frakcí se následně v excelu vynesly do grafů, kde jsem sledoval jejich vývoj v jednotlivých sondách s měnící se hloubkou. Tyto grafy byly poté překresleny v softwaru CorelDRAW a pro srovnání k nim byly přiřazeny jednotlivé sondy. Grafické zobrazení měnících se poměrů, obsahů prvků a zrnitostních frakcí jsou na obrázcích 47, 48 a 49. V grafickém zpracování byly zahrnuty pouze poměry, jejichž hodnoty měly již v minulosti (Matys Grygar et al. 2017a, 2017b, 2020, 2021; Matys Grygar & Mach 2013; Mach et al. 2021) významnou vypovídací hodnotu a také se tak projeví ve zkoumaných vzorcích. Z tohoto důvodu bylo několik poměrů vyřazeno k dalšímu zpracování. Jedná se o poměry Ca/Mg, Zr/Rb, Ti/Al, Mg/Al nebo poměry písek/K a písek/Si.

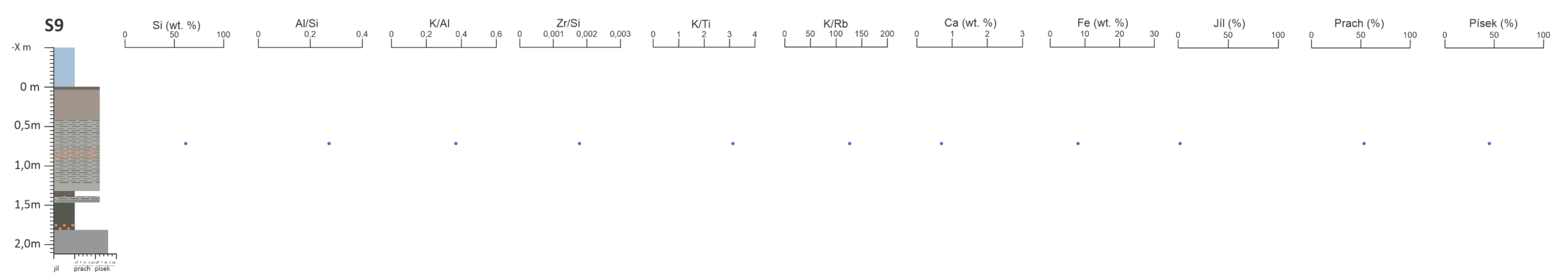
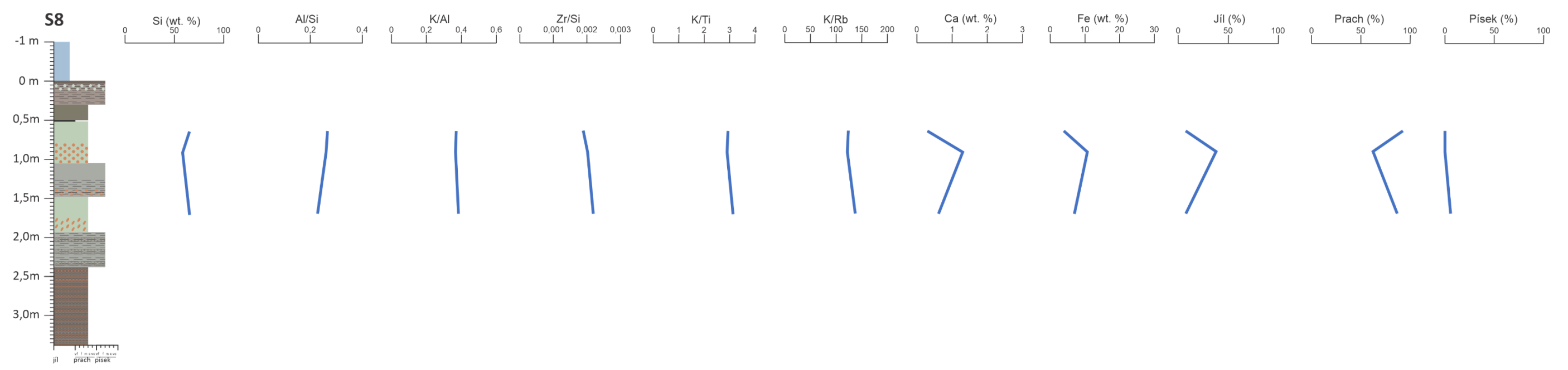
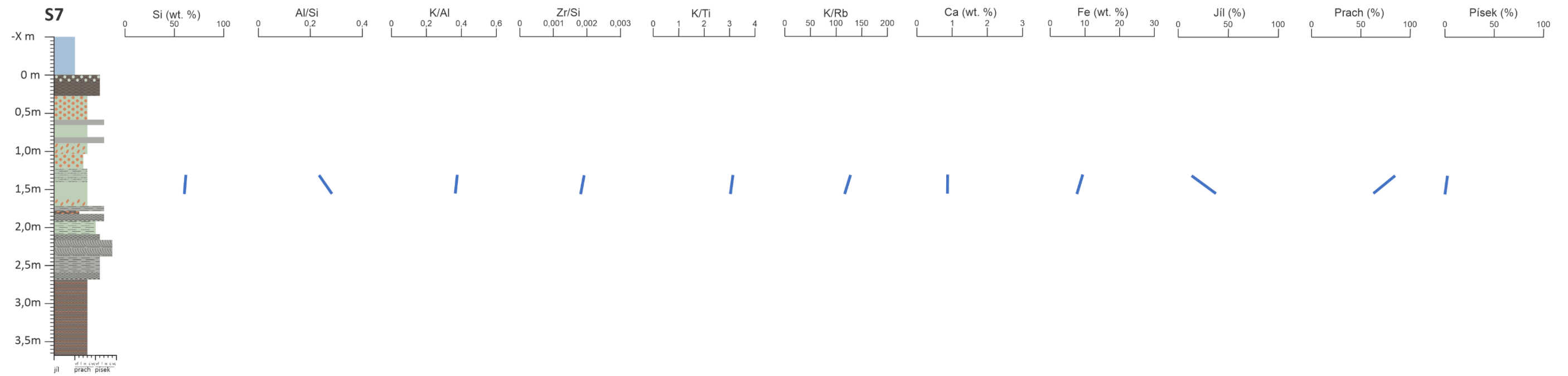
Obsah křemíku kolísá v závislosti na obsahu jílu, prachu, písku, vápníku a železa. V sondách směrem do hloubky mírně klesá. Poměry Al/Si v sondách se mění s obsahem jílu a prachu a do hloubky se zvyšují. V písčité vrstvě sondy S2 je pozorovatelný výrazný pokles. Poměry K/Al směrem do hloubky slabě kolísají a mírně klesají. K/Ti směrem do hloubky klesá, pouze v sondě S8 mírně stoupá. Poměry Zr/Si jsou proměnlivé, nevyzývají trend a jsou ovlivněny obsahem prachu a písku. Poměry K/Rb směrem do hloubky klesají a pouze v sondě S8 vykazují mírný vzrůst (obr. 30, 31, 32).



Obrázek 30: Mění se poměry prvků, obsahy prvků a frakce s hloubkou pro sondy S1 a S2.



Obrázek 31: Mění se poměry prvků, obsahy prvků a frakce s hloubkou pro sondy S3 a S6.



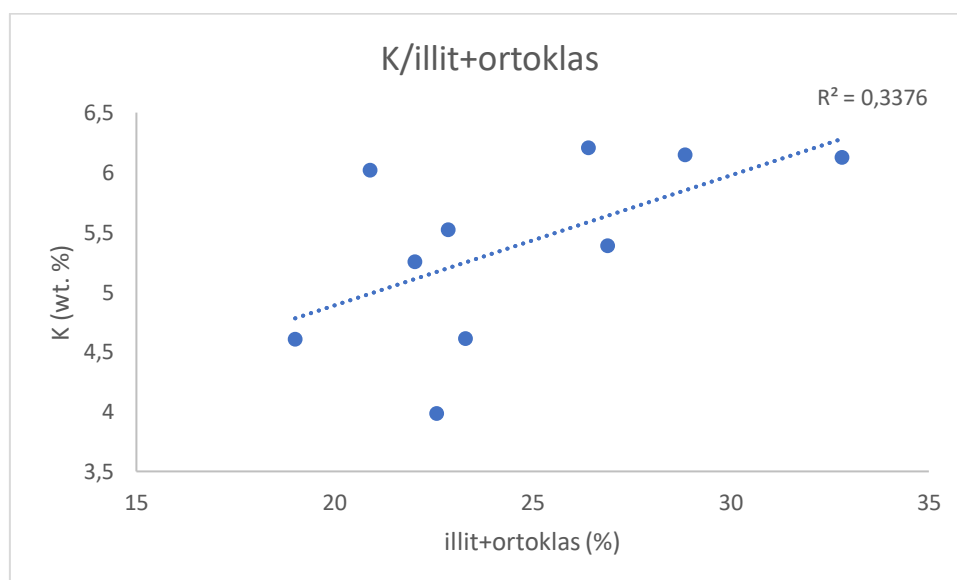
Obrázek 32: Mění se poměry prvků, obsahy prvků a frakce s hloubkou pro sondy S7, S8 a S9.

Kromě srovnávání výsledků XRF se zrnitostí, lze dále pracovat i s výsledky z XRD. V práci jsem použil tyto poměry: K/ortoklas, K/illit, které lze dát do jednoho poměru, a to K/illit+ortoklas. Poté Ti/anatas a písek/křemen. Celkově tak byly poměry sledovány u deseti vzorků z XRD a to: 1c, 2b, 2c, 2f, 3a, 3d, 6b, 7b, 8b a 9a (tabulka 6).

VZOREK	K/ORTOKLAS	K/ILLIT	TI/ANATAS	SILT/KŘEMEN	K/ILLIT+ORTOKLAS
HETEROLIT 1C	184,908606	25,006688	204,74898	1,141987	22,0277
SILT 2B	157,498741	26,353956	346,63525	0,744145	22,57631
SILT 2C	100,505744	23,437694	210,17641	1,282105	19,00563
HETEROLIT 2F	160,775978	32,290139	670,58556	1,360078	26,88964
SILT 3A	140,557965	27,94122	516,39477	1,003350	23,30789
SILT 3D	172,347164	23,783772	164,97489	1,115772	20,89964
SILT 6B	209,061695	38,916821	397,18115	0,910294	32,80936
SILT 7B	161,97948	31,539472	305,24216	1,169098	26,39921
SILT 8B	147,115021	27,08303	327,16277	1,052632	22,87236
PÍSEK 9A	221,768383	33,151561	291,62949	0,863298	28,8403

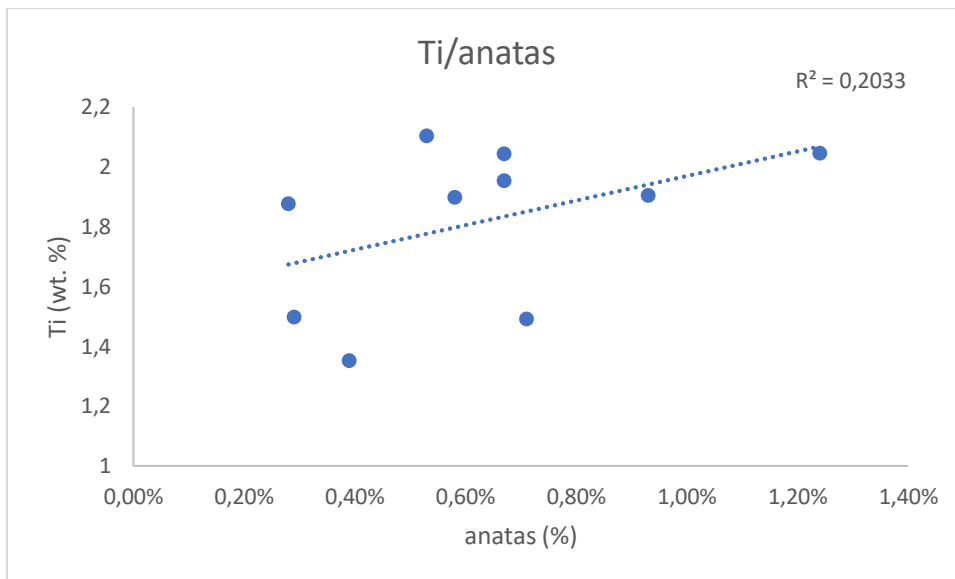
Tabulka 6: Hodnoty poměrů prvků a minerálů.

Graf poměru K/illit+ortoklas (obr. 33) vykazuje slabý vzestupný trend s hodnotou  $R^2 = 0,34$ . Další graf poměru Ti/anatas vykazuje také mírný vzestupný trend s hodnotou  $R^2 = 0,20$  (obr. 34). Poslední graf poměru silt/křemen vykazuje velmi slabý trend, kdy poslední vzorek (9a) obsahuje podstatně méně siltu, než ostatní vzorky. Hodnota  $R^2$  je zde proto nízká, a to pouze 0,05 (obr. 35). Graf poměrů silt/illit (obr. 36) nevykazuje žádný trend a grafy poměrů silt/illit+kaolinit (obr. 37) a silt/illit+kaolinit+ortoklas (obr. 38) vykazují velmi slabý trend s hodnotami  $R^2 = 0,6$  a  $0,7$ .

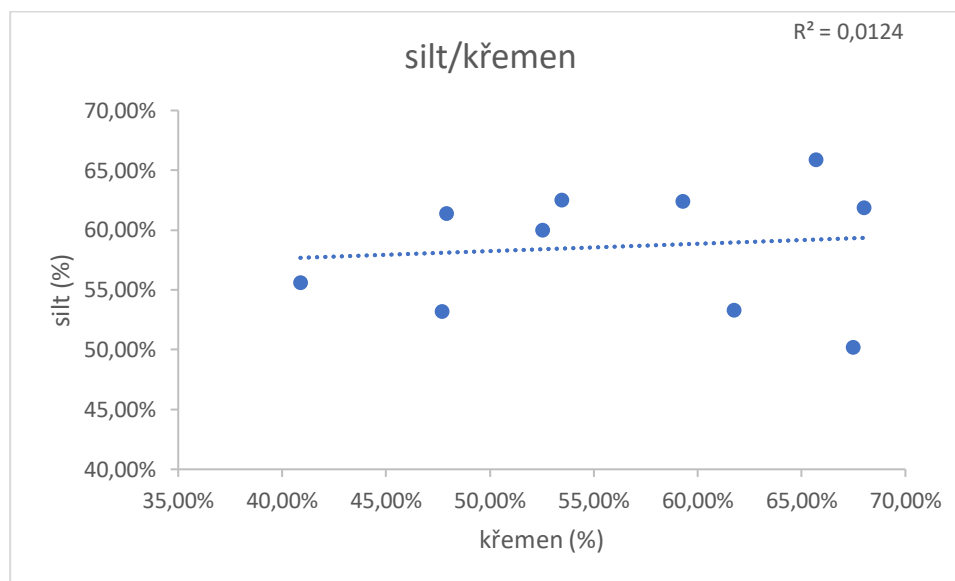


Obrázek 33: Graf poměru K/illit+ortoklas.

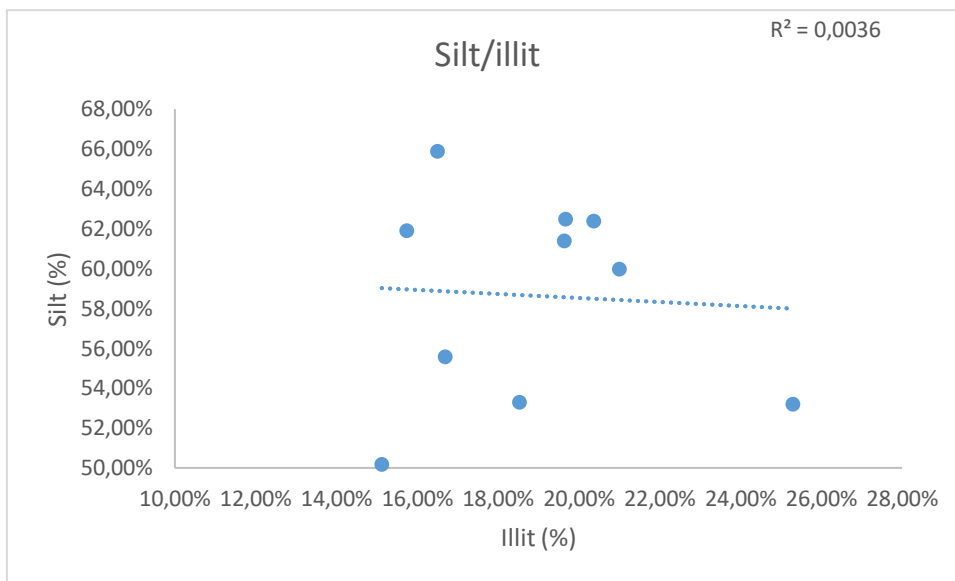




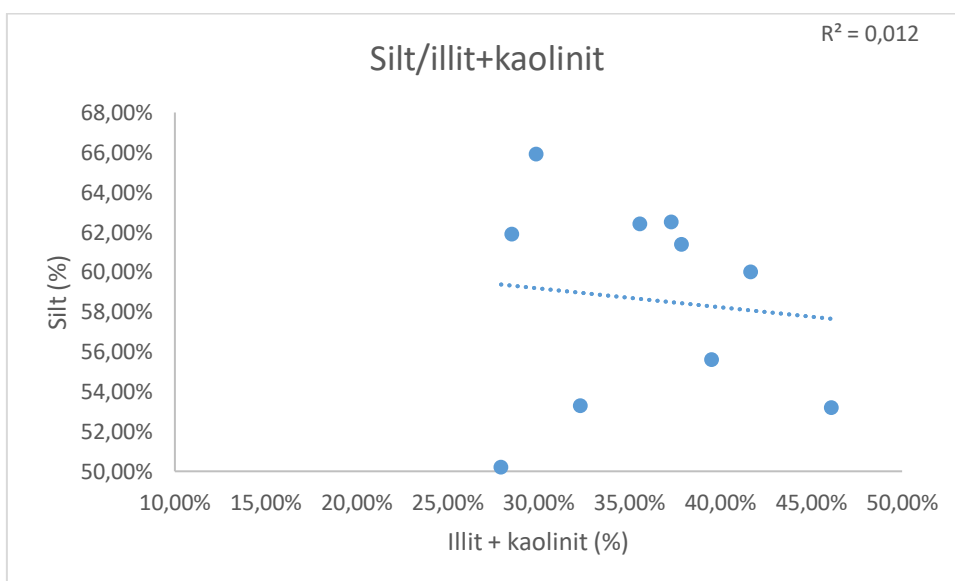
Obrázek 34: Graf poměru Ti/anatas.



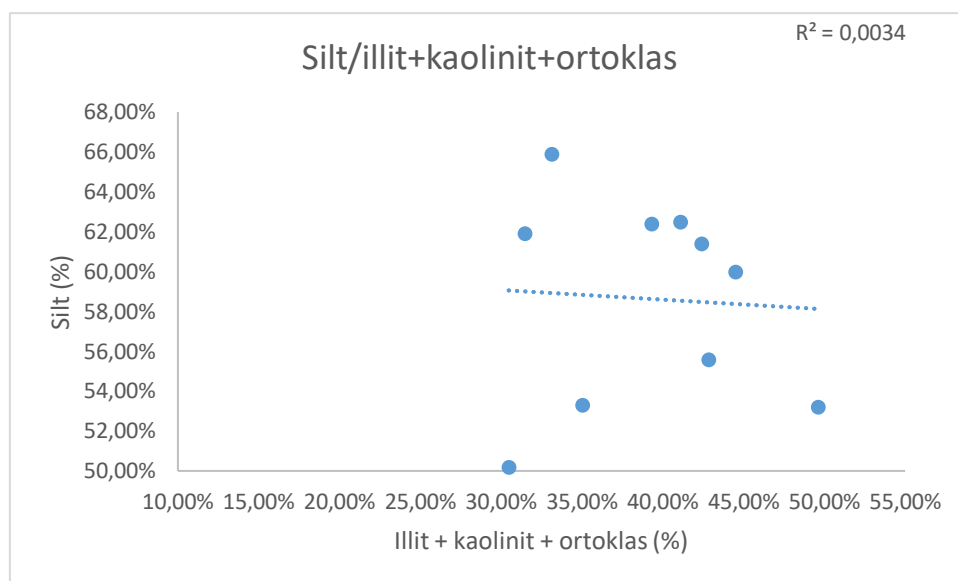
Obrázek 35: Graf poměru silt/křemen



Obrázek 36: Graf poměru silt/illit



Obrázek 37: Graf poměru silt/illit+kaolinit



Obrázek 38: Graf poměru silt/illit+kaolinit+ortoklas

## 5.5. Celkový organický uhlík (TOC)

Měření proběhlo na dvou vzorcích, heterolitu (vzorek 1c) a siltu (vzorek 8b) a mělo ověřit rámcově obsahy organické hmoty v základních typech sedimentu. Celkový organický uhlík (TOC) se ve vzorcích pohybuje v rozmezí od 1,11 do 1,75 hmotnostních procent (tabulka 7), jeho je vyšší v heterolitu (vzorek 1c) než siltu (vzorek 8b). Koncentrace síry se pohybuje od 0,014 do 0,044 hmotnostních procent, přičemž vyšší je v heterolitu (vzorek 1c) než v siltu (vzorek 8b).

		1c	8b
<b>Stot</b>	wt. %	0,044	0,014
<b>Ctot</b>	wt. %	1,75	1,11
<b>TIC</b>	wt. %	<0,005	<0,005
<b>TOC</b>	wt. %	1,75	1,11

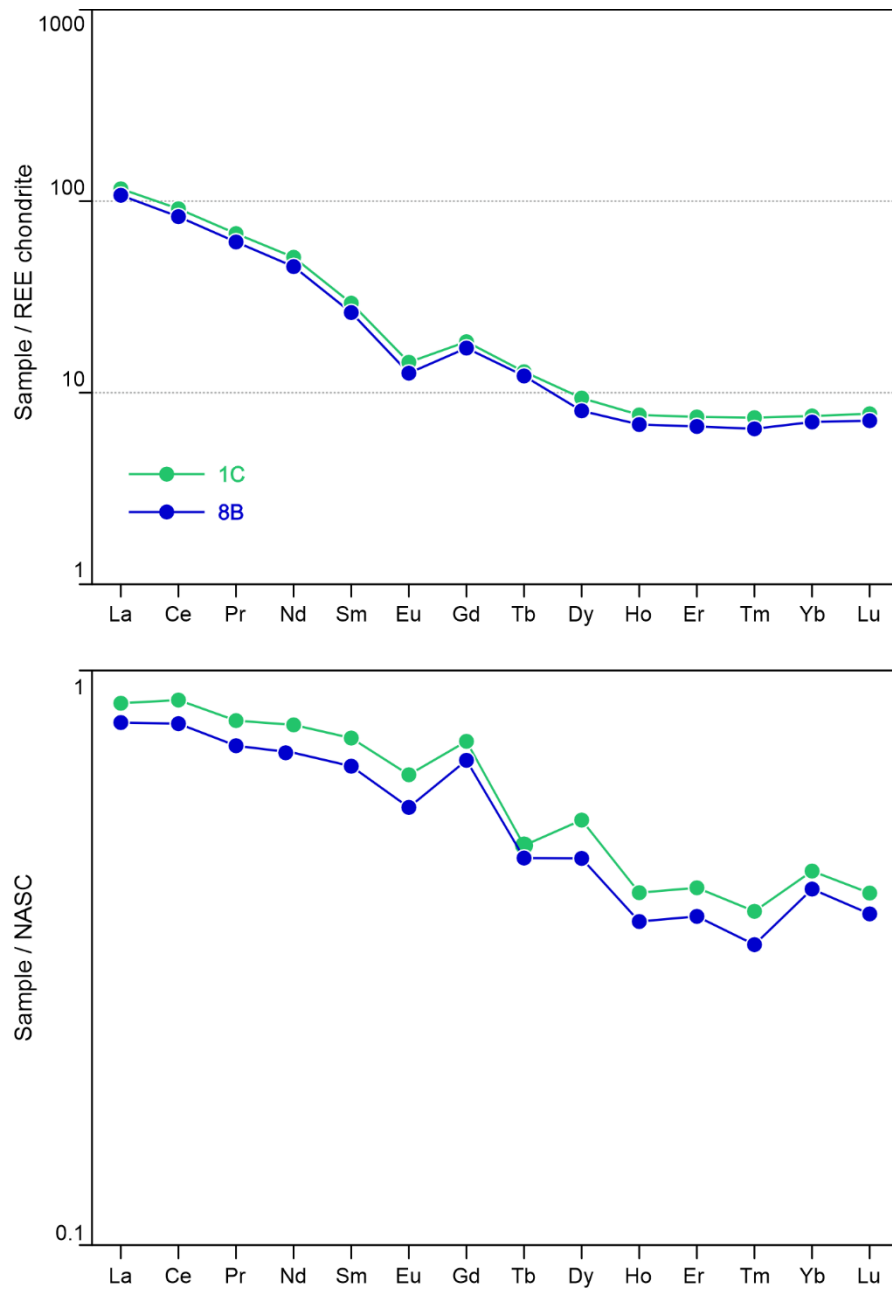
Tabulka 7: Celkový organický uhlík. Stot – síra, Ctot – uhlík, TIC – neorganický uhlík, TOC – organický uhlík, TOC = Ctot – TIC.

## 5.6. Hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem (ICP-MS)

Měřené vzorky byly 1c (heterolit) a 8b (silt). Změřené prvky byly: Li, Sc, V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Cs, Ba, Pb, U, Th. Dále pak byly zaznamenány REE prvky: La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Hf. Pm nebyl změřen, protože se jedná o nestabilní prvek, který je v přírodě pouze ve velmi minimálním množství.

Pro práci mě zajímaly hlavně REE prvky (prvky vzácných zemin), které jsem normalizoval standardy pro chondrity (Anders 1989) a břidlice podle NASC standartu (Haskin & Haskin 1966). Výsledkem jsou

dvě linie, jedna pro heterolit 1c a druhá pro silt 8b (obr. 39). Průběh grafů obou vzorků je velmi podobný. Na obrázku je zřetelný nízký poměr obsah europia a chondritového standardu.



Obrázek 39: Výsledné křivky z ICP-MS.

## 5.7. Stanovení $\delta^{13}\text{C}$ a $\delta^{18}\text{O}$ v karbonátech

Cílem stanovení  $\delta^{13}\text{C}$  a  $\delta^{18}\text{O}$  v karbonátech je posouzení zdroje  $\text{CO}_2$  v sedimentu a vliv frakcionačních procesů při vzniku karbonátů. Hodnoty složení stabilních izotopů C a O se u obou vzorků karbonátů liší. U vzorku heterolitu (2f) je  $\delta^{13}\text{C}$  (‰ PDB) 8,00 a  $\delta^{18}\text{O}$  (‰ PDB) -1,33. Pro  $\delta^{18}\text{O}$  (‰ SMOW) je hodnota 29,54. Naopak u vzorku siltu (8b) je  $\delta^{13}\text{C}$  (‰ PDB) 1,02 a  $\delta^{18}\text{O}$  (‰ PDB) -3,92. Pro  $\delta^{18}\text{O}$  (‰ SMOW) je hodnota podobná, a to 26,87 (tabulka 8).

VZOREK	$\Delta^{13}\text{C}$ (‰ PDB)	$\Delta^{18}\text{O}$ (‰ PDB)	$\Delta^{18}\text{O}$ (‰ SMOW)
HETEROLIT 2F	8,00	-1,33	29,54
SILT 8B	1,02	-3,92	26,87

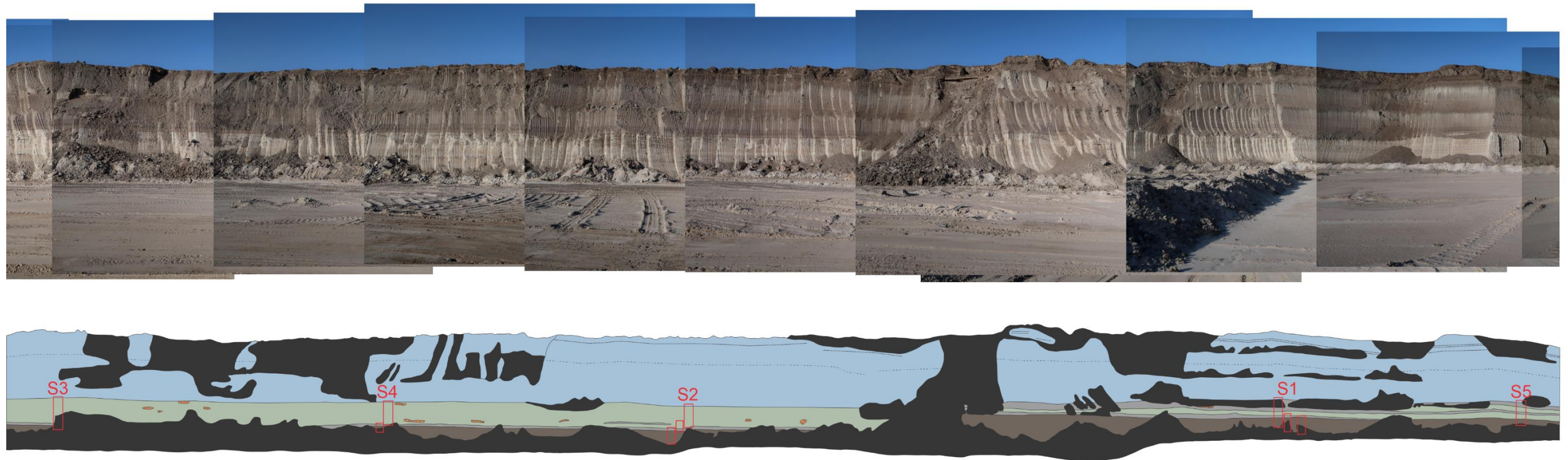
Tabulka 8: Hodnoty izotopů  $\delta^{13}\text{C}$  a  $\delta^{18}\text{O}$  ve vzorku 2f a 8b ve srovnání se standardy PDB pro C a O a SMOW pro O. Vzorky obsahovaly do 25 % siderit.

## 5.8. Fotomozaiky a paleogeografické situace

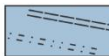

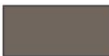
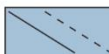





Výsledné fotomozaiky jsou na obrázku 40 a 41. Zobrazují geologický záznam dvou úseků stěny K99. Na fotomozaikách je i lokalizace odběrových sond, které probíhaly svisle dolů od místa vyznačení. Řez je tvořen břěštanskými jíly, písky, silty, heterolity, sideritovými konkréciemi se sideritizací kolem nich a osypem stěny, která se časem a zvětráváním postupně rozpadá a sype dolů po úpatí stěny.

Na základě digitální dokumentace řezů stěny K99 bylo cílem vytvoření paleogeografické mapy. V digitálním výstupu, poskytnutém od Severočeských Dolů a.s. (příloha 6), jsou zachyceny dvě řeky a dva deltové vějíře. Pro každou sedimentární strukturu byla vytvořena samostatná mapa, protože řeky ani vějíře neexistovaly současně. Výsledkem jsou tedy čtyři mapy, a to na obrázcích 42, 43, 44 a 45.

# Fotomozaika a kresba stěny K99, úsek 1, jižní část

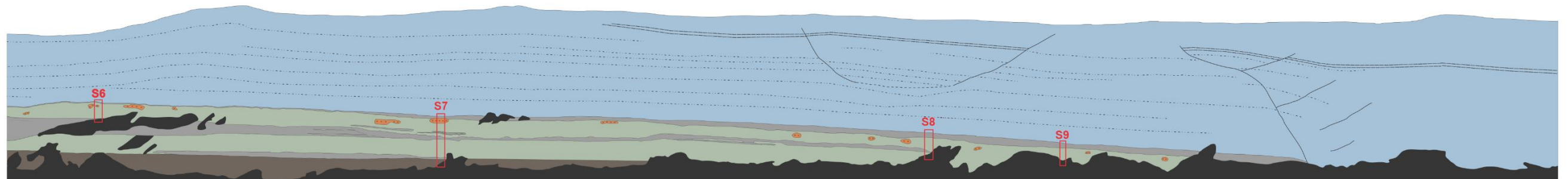
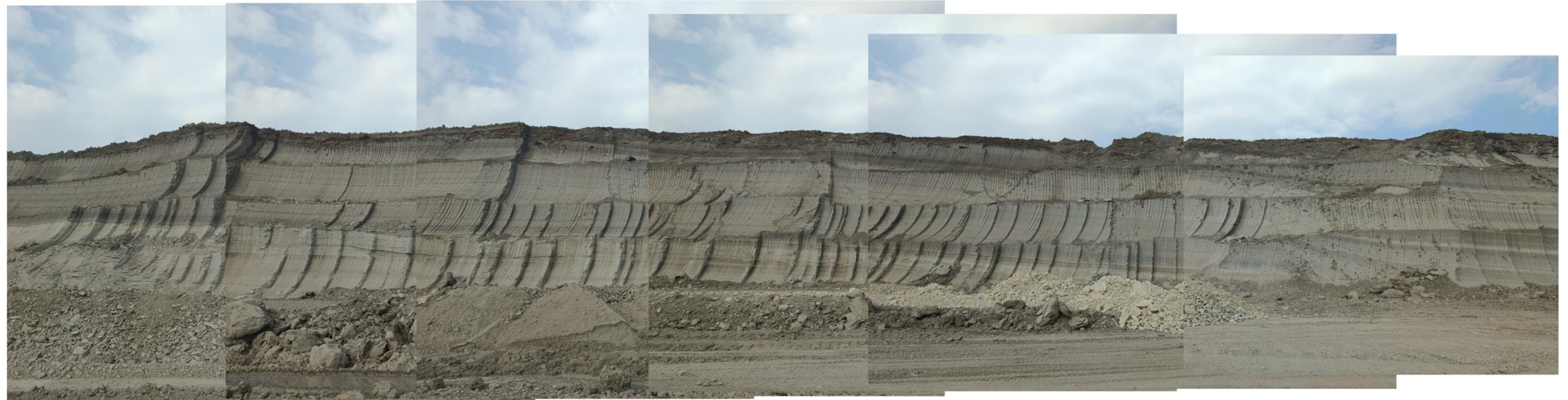


## Legenda

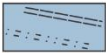


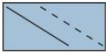





	pelokarbonátové vrstvy		písky		heterolit
	zlomy, poruchy		sideritové konkrece, sideritizace		osyp stěny
	břest'anské jíly		silty		S1 sondy, odběry vzorků

Obrázek 40: Fotomozaika a kresba stěny 1.

# Fotomozaika a kresba stěny K99, úsek 2, severní část

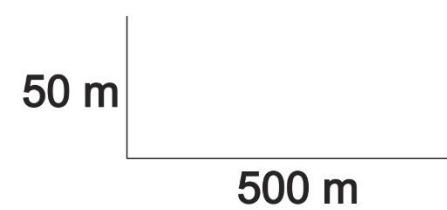


## Legenda



 pelokarbonátové vrstvy	 písky	 heterolit
 zlomy, poruchy	 sideritové konkréce, sideritizace	 osyp stěny
 brešťanské jíly	 silty	 S6 sondy, odběry vzorků

Obrázek 41: Fotomozaika a kresba stěny 2.

# Paleogeografická situace 1: řeka 7a, fáze 1



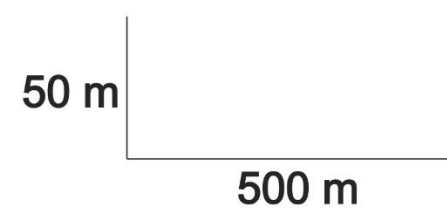
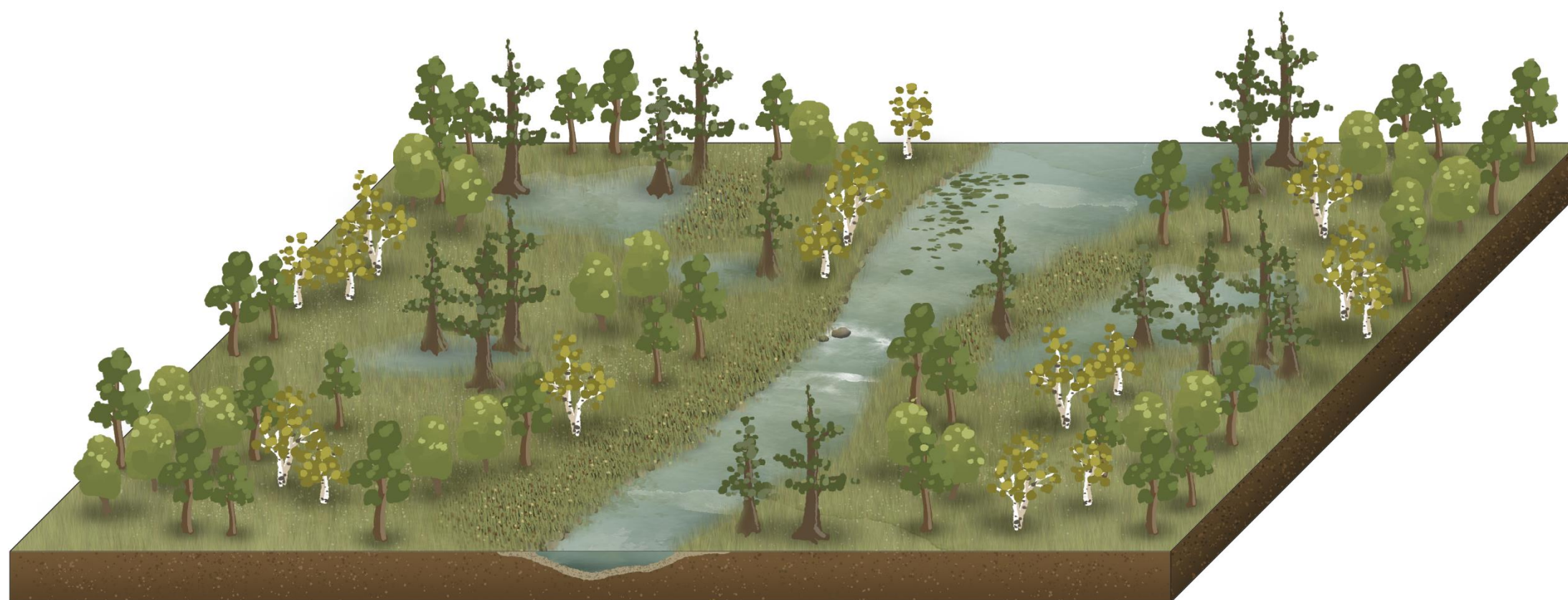
## Legenda

-  píščité koryto
-  nivní, bažinné a rašelinné sedimenty



Obrázek 42: Paleogeografická mapa staršího ramena řeky 7a.



## Paleogeografická situace 2: řeka 7a, fáze 2

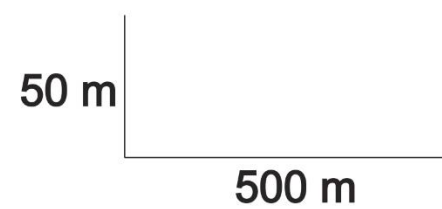


### Legenda



-  písčité koryto
-  nivní, bažinné a rašelinné sedimenty

Obrázek 43: Paleogeografická mapa mladšího ramena řeky 7a.

## Paleogeografická situace 3: deltový vějíř 7asev

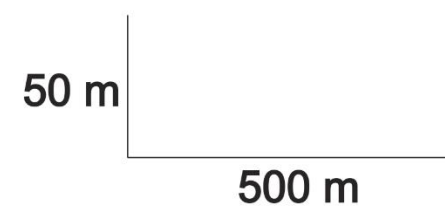


### Legenda



-  písčité sedimenty delty
-  nivní, bažinné a rašelinné sedimenty

Obrázek 44: Paleogeografická mapa staršího deltového vějíře 7asev.

## Paleogeografická situace 4: deltový vějíř 7b



### Legenda

-  písčité sedimenty delty
-  nivní, bažinné a rašelinné sedimenty

Obrázek 46: Paleogeografická mapa mladšího deltového vějíře 7b.

## 6. Diskuse

### 6.1. Litologie sedimentů

Sedimentární sledy v dokumentovaných profilech dodržují jednotné schéma odpovídající celkovému sedimentárnímu vývoji v oblasti. Na bázi všech profilů studované oblasti se nacházejí výrazně vrstevnaté heterolity, na heterolitech jsou uloženy střídající se vrstvy siltů a písků, a nakonec jsou tyto sedimenty překryty jezerními břešťanskými jíly. Heterolity bílinské delty jsou vrstevnaté jílovce, prachovce nebo jemné až hrubé písky, ojediněle s tenkými proplásky uhelných jílovců (Rajchl & Uličný (1999). Tomuto popisu odpovídají heterolity, které se vyskytují v dokumentovaných profilech. Z litologického popisu a fotodokumentace je zřejmé, že jde o střídání tenkých lamin jílovců, prachů a písků, místy se zuhelnatělým rostlinným obsahem. Rajchl & Uličný (1999) a Dvořák & Mach (1999) řadí heterolity do facie prodelty, kdy se jedná o tělesa bottomsetů, pro které jsou typické strukturní znaky jako např. horizontální vrstevnatost, čeřinové zvrstvení či polštářové struktury, které vznikly během sedimentace ze suspenze a turbiditních proudů. Většina těchto struktur byla zdokumentována v zachycených heterolitech. Mach et. al (2021) zmiňují, že prodeltové heterolity, obsahující písčité laminy, vznikající ze suspenze nedosáhly dále, než několik set metrů od čela delty a jejich rozloha činila maximálně několik kilometrů čtverečních a v blízkosti delty se vyznačovaly syndepozičními deformacemi, jako např. struktur „pillows and balls“. V sondě S4 byla zdokumentována a zachycena (obr. 27) změna a úplné otočení vodního proudu, protože písčité čeřiny jsou opačně skládány pod a nad vrstvou jílu se strukturou „pillows and balls“.

V sedimentárním záznamu heterolitů nebyly nalezeny žádné zbytky kořínků, pouze výjimečně zuhelnatělá rostlinná drť, která je s nejvyšší pravděpodobností alochtonního původu. V tomto případě se tedy jedná, podle Rajchla & Uličného (1999) o litofacii bez kořínků. Tato facie je charakteristická stálou přítomností vodního prostředí. Jsou zde zachovalé oscilační a proudové čeřiny, laminy atd. Uvedený popis odpovídá heterolitům zastiženým v dokumentovaných profilech stěny K99. Popsané heterolity tedy lze z genetického hlediska zařadit k deltovým sedimentům, které se do pánve dostaly s povodňovou suspenzí a usadily se v blízkém předpolí říční delty. V době jejich vzniku byla tedy popisovaná plocha jezerním dnem v předpolí říční delty.

Na heterolity nasedají vrstvy siltu nebo písku. Silty mají zpravidla šedozelenou barvu na první pohled nejvíce žádné zřetelné strukturní a texturní znaky. Po podrobnějším zkoumání je u siltů vidět nezřetelná vrstevnatost. Silty dále velmi často a hojně obsahují zuhelnatělé kořínky rostlin, které bývají i sideritizované. Kromě kořínků je pak i častý výskyt sideritových konkrecí. Rajchl & Uličný (1999) při

popisu architektury deltových sedimentů na Bílinsku řadí silty do nadvodní deltové plošiny aluviálního systému, kdy se v subaerickém prostředí usazují vrstvy nivních sedimentů s horizontálním/subhorizontálním zvrstvením. Niva se střídavě ocitá nad vodou a pod vodou a má specifický vegetační pokryv. V nivním sedimentu tak dochází k intenzivní půdotvorbě, tvoří se kořenové systémy a vrstvy hojně obsahují konkrece. Produktem sedimentace v nivě je silně prachovitý písčité jíly, může se vyskytovat uhelnatý jíly, nebo uhlí. Popisované části profilů tedy lze považovat za doklady půdotvorby, což dokládá oproti podložním heterolitům výrazné změlnění prostředí. Vrstvy siltů jsou prokládány nesouvislými vrstvami a čočkami písků. Písky si lze vyložit jako sedimenty výplní kanálů nebo rozlivových vějířů vznikajících za povodňových stavů řek.

Písky, které se vyskytují společně se silty, jsou převážně světle šedé s výmolovým či čeřinovým zvrstvením, místy s nevýraznou, nepravidelnou vrstevnatostí nebo se šikmým zvrstvením. Písky místy obsahují i zuhelnatělé kořínky a kořeny nebo zuhelnatělou rostlinou drť (pravděpodobně alochtonního původu). Na základě popisu a srovnání s Rajchlem & Uličným (1999) se nejspíše nejedná o výplně říčních koryt typu II, která představují menší mělká říční koryta. Tato koryta bývají široká 5 až 20 metrů a jejich hloubka se pohybuje mezi 0,5 až 1,5 metrem. Jde tedy spíše o výplně dočasných menších povodňových kanálů.

Některá tělesa písků jsou spíše horizontálně vrstevnatá, případně se systematickým úklonem jedním směrem. V tomto případě by se mohlo jednat o produkty rozlivových vějířů, které se formovaly během povodní v důsledku protržení agradačních valů řeky. Písky s horizontální (nebo nevýraznou) vrstevnatostí jsou zachyceny v sondách S2, S3, S6, S7, S8 a S9. Uvedená fakta umožňují vrstvy siltů s nesouvislými tělesy písků interpretovat jako povodňové usazeniny říční nivy. K jejich sedimentaci tedy docházelo opakovaně během povodňových stavů řeky po výrazném poklesu hladiny v jezeru následovaném rychlou progradací delty do jezera. Do dokumentovaného prostoru se dostal zadní úsek delty tvořený říční nivou. Samotný deltový vějíř s dominantní písčitou sedimentací se v té době nacházel na západ od zkoumaného řezu. Vlastní říční koryta se v obou případech nacházela za okrajem dokumentovaných částí stěn těžebního řezu. Poloha výplní těchto koryt vůči dokumentovaným úsekům nivních sedimentů je zachycena na přiložené důlní geologické dokumentaci OG SD a.s. Občasné protržení agradačních valů řeky během povodně v blízkosti dokumentovaných profilů je zaznamenáno v podobě výskytu výplní kanálů dočasných koryt a usazenin rozlivových vějířů.

Popisované nivní sedimenty překrývají jezerní prachovité jíly tzv. břešťanských jíly. Tyto jíly byly popisovány v minulosti velmi podrobně – zabývaly se jimi jak geochemicky orientované práce (Matys Grygar et al. 2017a, 2017b, 2020, 2021; Matys Grygar & Mach 2013; Mach et al. 2021) tak studentská diplomová práce E. Müllerové (Müllerová 2017).

Břešťanské jíly jsou 10 až 15 metrů mocná vrstva jemnozrnných sedimentů, bohatých na kaolinit a s vysokým poměrem Al/Si (Matys Grygar et al. 2017a). Tato vrstva jílu je typická pravidelným výskytem sideritizovaných intenzivně bioturbovaných vrstviček (7 - 8), které představují orbitální precesní cyklus. Břešťanské jíly ostře nasedají na nejsvrchnější silty a heterolity bílinské delty, které sedimentovaly během rozsáhlé jezerní transgrese. Jezerní transgresí, jejíž vlivem se hladina jezera zvedla o několik metrů, se původní zdrojová koryta a delty posunuly směrem na východ zhruba o 2 až 3 kilometry zpět.

Nejmladší deltové vějíře bílinské delty v těchto jílech vyklíňují a pro brešťanské jíly je navíc typická absence illit-smektitu (na rozdíl od nadložních libkovických vrstev), proto jsou řazeny k holešickým vrstvám. Tyto jíly v popisovaných profilech každopádně představují doklad několikametrového nárůstu hladiny v jezeru, do kterého námi sledovaná řeka ústila.

Nivní sedimenty byly zaplaveny a po následném ústupu delty je překrývala přinášená prachovitá bahna usazovaná z povodňových suspenzí na dně jezera. V rámci studovaného úseku se nejbližší říční koryto nacházelo směrem na jih od sondy S3, které bylo široké řádově několik desítek až prvních stovek metrů, bylo vyplněno písčítými sedimenty a studované nivní sedimenty, alespoň první studovaný usek, náleží tomuto korytu.

## 6.2. Zrnitost sedimentů

Zrnitost sedimentů ze vzorků je velmi proměnlivá. Podíly jednotlivých zrnitostních frakcí se v profilech rychle mění. Většinu vzorků bylo problematické správně zařadit, protože obsah jednotlivých zrnitostních frakcí byl různý a často nedosahoval ani 50 %. Sedimenty jsou nevytříděné s různými podíly jílu, prachu a písku. Zrnitostní křivky siltů a heterolitů dosahují dvou až tří peaků. I přes to je zde viditelný jistý trend, který je nejlépe viditelný v sondách S2, S3, S6, S7 a S8. Svrchní vrstva siltů obsahuje převážně hrubý až velmi hrubý silt (2 peaky na zrnitostní křivce), místy je jedna frakce nahrazena pískem. Prostřední vrstva siltu je velmi nevytříděná, obsahuje různé podíly siltů, jílu, místy písku a zrnitostní křivka má zpravidla 3 peaky. Poslední vrstva siltů je lépe vytříděná, obsahuje převážně hrubý silt a jíl (zrnitostní křivka dosahuje dvou peaků). Variabilita zrnitosti celkově ovšem vypovídá o polyfáznosti vzniku těchto usazenin, možné opakované přeukládání a proměnlivost třídících mechanismů. To plně vyhovuje představě o sedimentaci v podmínkách říční nivy, kdy může docházet jednak k separátní mechanické sedimentaci zrnitostně různých materiálů a jednak k jejich opakovanému rozmývání a resedimentaci, zejména během povodňových událostí. Nelze pominout ani okolnost, že v nivě řeky rostla stromová i bylinná vegetace, docházelo zde k bioturbaci a tak byly původně separované sedimenty promíchávány i během půdotvorby.

### 6.3. Chemismus a zvětrávání sedimentů

Výsledky z XRD jsou díky použité vyhodnocovací metodě spíše proxy-charakteru nicméně na základě zjištěných dat z XRD, XRF a zrnitostní analýzy lze vyvodit hned několik závěrů z poměrů minerálů, prvků a zrnitostních frakcí. V jílové složce chybí illit-smektitová složka známá z jezerních sedimentů libkovických vrstev. Bohužel je možné, že illit-smektit nebyl díky použité metodě provedení a vyhodnocení XRD analýz odhalen, takže je možné se opřít zejména o ostatní jílové minerály. První sledovaný poměr je tedy poměr minerálů illit/kaolinit. Tento poměr jílových minerálů poukazuje na stupeň zvětrávání a rozklad minerálů, protože kaolinit je koncový zvětrávací produkt (Matys Grygar et al. 2021) v podmínkách subtropického zvětrávání. Poměry jílových minerálů ve vzorcích jsou stabilní bez velkých rozdílů. To může ukazovat na stabilní podmínky zvětrávání nebo skladbě erodovaných zvětralin během vzniku obou sledovaných niv.

Pozoruhodný je fakt, že obsahy ortoklasu jsou téměř přímo úměrné obsahům illitu a obojí logicky koreluje s obsahem draslíku v sedimentu. Na tato data navazuje fakt, že v siltové frakci analyzovaných vzorků jsou v různých poměrech zastoupeny všechny základní minerály – křemen, ortoklas, illit i kaolinit. Tento fakt ukazuje na to, že v sedimentačních podmínkách nivy hraje zrnitostní mechanické třídění větší roli než třídění podle dalších vlastností minerálních zrn, jako třeba jejich tvar a hustota. Tento fakt bohužel potlačuje možnost využít poměry minerálních složek i poměry základních prvků v siltech ke stanovování například stupně zvětrávání při srovnávání nivních sedimentů různého stáří tak jak to bylo aplikováno pro jezerní jíly (Matys Grygar et al. 2019). Z grafu poměru silt/křemen vyplývá, že obsah prachu nezávisí na obsahu křemene. Silt tedy není tvořen převážně křemenem, to by mohlo znamenat, že silt je tvořen převážně jílovými minerály a ortoklasem. Avšak na základě poměrů silt/illit, silt/illit+kaolinit a silt/illit+kaolinit+ortoklas je zřejmé, že v siltové frakci je celá škála minerálů, která není nijak specifická. Tento jev indikuje, že všechny minerální složky mají podobnou zrnitost, tudíž v nivě probíhala zrnitostní separace. Jílové částice byly unášeny v suspenzi dál do jezera a písek sedimentoval spolu se siltem nebo v říčních korytech a deltových vějířích.

Ve výsledcích XRD se vyskytuje Ti – minerál anatas. Toto doprovází souběh s obsahy Ti a Zr, které jsou nejspíše z části obsaženy v písčité frakci v podobě akcesorií zirkonu a leukoxenu. Anatas je hlavním minerálem leukoxenu. Leukoxen se vyskytuje jako matně bílý až žlutobílý minerál, který tvoří zemité, průsvitné až neprůhledné agregáty, vzniká alterací minerálů obsahujících titan a často souvisí s povrchovým zvětráváním ve vyvěřelých i sedimentárních horninách (Tyler & Marsden 1938). Pro produkty alterace ilmenitu neexistuje nomenklatura, ilmenit se alterací mění na pseudorutil a dále na leukoxen. Leukoxeny mohou obsahovat velmi jemné až jemné prorostlice pseudorutilu nebo rutilu s křemenem a dalšími silikáty, které mohou zahrnovat jíly (illit nebo kaolinit, někdy případně smektit)

(Deysel 2007). V porovnání s daty z XRF, graf poměru anatas/Ti značí hezkou přímou úměru mezi titanem a anatasem. Souběh Zr a Ti ukazuje, že oba prvky se kumulují ve svých mateřských minerálech zejména v těžkém prachovitém až písčitém podílu sedimentu. Zvýšení Ti při souběžném snížení obsahu K by mohlo znamenat přítomnost vulkanogenního materiálu, jako je to známé zejména z podloží hlavní uhelné sloje na Bílinsku (Mach et al 2014). Tento případ zde však nevidíme, takže ve studovaných sedimentech se spíše jedná o potvrzení známé zdrojové oblasti leukoxenu a zirkonu pro holešické vrstvy v podobě jihozápadní části českého masivu (Mach et al. 2014).

V popisech jílovitých zemin v mostecké pánvi bývají často zmiňovány slídnaté, hydromuskovitové, nebo sericitické jíly – zrnitost slídy v nich dosahuje až jemně písčité velikosti, takže jsou na lomu zeminy zřetelné lesknoucí se šupinky. XRD zjištěný minerál by tedy mohl být právě zrnitostně i chemicky přechodnou formou mezi illitem a muskovitem.

Poměr Al/Si je široce použitelným zástupným ukazatelem zrnitosti zralých fluviálně tříděných sedimentů (Matys Grygar & Popelka 2016) a používá se jako proxy pro zrnitost sedimentů (Bábek et al. 2015). Poměr Al/Si vyjadřuje nepřímou úměrnost mezi obsahy jílových minerálů a křemene. Výsledky ukazují, že křemen a jílové minerály jsou hlavní protisložky v sedimentech a Al/Si tedy charakterizuje poměr jílových minerálů k obsahu křemenných zrněk. Poměr Al/Si je víceméně lineární až na jednu anomálii, kdy se může jednat o karbonátický prachovec (příloha 5, graf 1). Toto by mohlo podpořit hypotézu mechanického vytřídění sedimentů během transportu a sedimentace ze suspenze v nivním prostředí.

V porovnání s daty se poměr Al/Si mění s obsahem jílu, prachu a písku. V jižní části studovaného úseku se nachází rozsáhlé říční koryto. Poměry Al/Si v siltové vrstvě se s hloubkou zvyšují za současného poklesu písčité složky směrem dále na sever od koryta. Např. dále od koryta se ve studovaném úseku nachází sonda S1, která má ve vrstvě siltu vysoký poměr Al/Si a vysoký obsah jílu.

Na jižním okraji druhého úseku se nachází říční koryto nebo deltový vějíř, pro přesné určení by bylo nutné podrobnější zkoumání. Zde poměr obsahu Al/Si, také koreluje s měněním se obsahem jílovité složky a vzdálenosti od koryta. Nejbližší korytu je sonda S6. Silty směrem do hloubky obsahují větší množství jílu a s tím se i zvyšuje poměr Al/Si. Stejný trend platí i pro sondu S7. U sondy S8 se ve vrstvě siltu směrem do hloubky snižuje obsah jílu a s ním i poměr Al/Si, jedná se zde o opačný trend.



Poměr K/Al se řadí spolu s poměrem K/Rb mezi ukazatele ukazující na intenzitu chemického zvětrávání v povodí. Používá se jako chemické proxy spolu s chemickým indexem alterace od Nesbitta & Younga (1982) a poměrem jílových minerálů illit/kaolinit (Clift et al. 2014). Jedná se o přímo úměrný vztah, tzn. že, s nabýváním jílových minerálů nabývá i illit. Geochemie K je komplikovaná, protože alkalické prvky včetně K jsou ve vodě relativně pohyblivé, zatímco Al a Rb jsou při rozpadu minerálů méně pohyblivé (Clift. et al. 2014). Draslík se obohacuje při mírném stupni chemického zvětrávání, ale pak se ochuzuje při intenzivnějším zvětrávání během rozpadu K-živců (Blaxland, 1974; Nesbitt et al., 1997). Tento výsledek také navazuje a potvrzuje výsledky z XRD, kdy poměr illitu a kaolinitu se ve vzorcích nemění a je víceméně stálý. Během ukládání sedimentů tedy nedocházelo ke změnám v intenzitě zvětrávání v povodí a sedimentační mechanismus složení jílových minerálů také neovlivnil. Poměr K/Rb v grafu představuje rovněž přímou úměru. Draslík a rubidium se společně vyskytují v živcích a v jejich zvětrávacích produktech (zde se hlavně illit). Výsledek mimo jiné znamená, že ve vzorcích není žádná anomálie, např. že by rubidium bylo jiného původu.

Graf poměru Si/Al ku K/Al ukazuje, že s nárůstem obsahu křemene lineárně narůstá i podíl nositelů draslíku tedy illitu +- ortoklasu. S přibýváním křemene, illitu a ortoklasu v sedimentu úměrně klesá obsah kaolinu, který představuje koncový produkt zvětrávání živců a slíd. Píščitou a prachovitou složku sedimentu by tedy nejspíše měl představovat hlavně křemen s ilitem a reliktů ortoklasu, zatímco ten nejjemnější jílovitý podíl by měl příslušet hlavně kaolinitu, případně illitu. Přítomnost reliktů ortoklasu v sedimentu odlišuje nívný sediment od dosud zkoumaných sedimentů jezerních a prodeltových (Matys Grygar et al. 2017b) v rámci mostecké pánve. V poměru K/Al se to projevuje dvojnásobkem. Zatímco v jezerním sedimentu je tento poměr 0,15-0,2 (nepublikovaná data), ve zkoumaných sedimentech se pohybuje kolem 0,4. Otázkou k dalšímu zkoumání je, zda je to důsledek mechanického třídění sedimentu během povodní, nebo zda jde o projev intenzivnější eroze méně zvětralých sedimentů v obdobích s menším množstvím srážek. Matys Grygar et al. (2013b) na poměru K/Al zakládá chemostratigrafické dělení sedimentů nadloží uhelné sloje mostecké pánve a v následných pracích dovozuje, že tento poměr vyjadřuje podmínky zvětrávání v povodí mostecké pánve, což je zejména dokládáno použitelností tohoto prvkového poměru spolu s dalšími při identifikaci orbitálních cyklů v jezerních sedimentech (tzv. draslíková stratigrafie). I když se v tomto případě jedná o jinou zrnitostní frakci materiálu přinášeného do pánve, než byla studovaná v citované práci, je tato odlišnost v poměru K/Al velmi výrazná a vzhledem k tomu že je součástí výrazného cyklu poklesu a nárůstu hladiny v pánvi, měla by být předmětem dalšího studia.

Výsledky studia vztahu Zr/Si ukazují na přímou úměru s lehkou logaritmickou deformací a poměry Zr/Si víceméně korelují s obsahem prachu ve vzorcích. V sedimentech mostecké pánve se jedná se o obvyklý jev, pokud zvětraliny jsou do pánve přinášeny z jihozápadní části českého masivu – Zr je tam

součástí akcesorického minerálu zirkonu, který vzniká uvolňováním z kyselých metamorfických a magmatických hornin, případně křídových mořských usazenin spolu skřemenem. V podložních sedimentech mostecké pánve, zejména v jílových sedimentech vzniklých větráním fonolitových oligocenních extruzí taková přímá úměrnost mezi Zr a Si neexistuje a Zr je tam součástí jílové složky, nikoli prachovité nebo písčité, jako je to v tomto případě. Vývoj poměru Zr/Si tedy koresponduje se zařazením sledovaných nivních sedimentů do holešických vrstev.

V poměru K/Ti se Ti od určitého obsahu, resp. poměru vůči K v pánvi považuje za doklad provenience z oligocenních vulkanitů, ale může pocházet i odjinud. Na základě poměrů Ti/Al a K/Al Elznic et al. (1993) dělí vulkanity na starší komplex (na Ti bohaté vulkanity) a mladší komplex (vulkanity bohaté na K). Sediment bohatší na Ti (a zároveň Al) obsahuje většinou zvětralý materiál oligocenních nebo miocenních vulkanitů mostecké pánve, zatím co sedimenty bohatší na K (a zároveň chudší na Al) jsou směsí pestřejších zvětralinových krust českého masivu erodovaných z oblastí na jih a jihozápad od mostecké pánve, příp. se jedná o směs produktů zvětralých usazenin české křídové pánve (Elznic et al. 1993, Matys Grygar & Mach 2013a, b, Mach et al. 2014). Poměr K/Ti je ve zkoumaných vzorcích konstantní a jejich závislost zcela lineární. Grafy srovnání K/Al (příloha 5, graf 2) a Ti/Al (příloha 5, graf 7) jsou si velice podobné – podíl obou prvků narůstá spolu s obsahem jílových minerálů, tedy nosičů Al. Jak K tak Ti se tedy spíše asociuje s jílovitou případně jemně prachovitou složkou sedimentu. V sedimentech tedy nedochází ke změnám v poměru Ti z vulkanických a metamorfovaných hornin. Výsledek tedy poukazuje na to, že se během sedimentace neodehrávaly změny v povodí ve vztahu k podílu vulkanitů, tak jak je to známo například z hlavní uhelné sloje nebo podloží hlavní uhelné sloje v mostecké pánvi. Ti se hlavně vyskytuje v již zmiňovaném anatasu a leukoxenu. Leukoxenový Ti může pocházet z metamorfovaných hornin nebo bazických magmatitů jakéhokoliv stáří. Stejně tak anatas nelze vyloučit jako původní minerál z metamorfik, v tomto případě se původ Ti nedá odlišit. Holešické a thierbachské vrstvy vykazují zvýšený obsah draslíku a snížený obsah titanu. Tento jev odpovídá postupnému poklesu přísunu vulkanického materiálu z českého masivu přes mosteckou pánev do Saska.

Poměr Ca/Mg se mimo jiné používá jako indikátor postupu vzniku karbonátů během diagenese (Müller et al. 1972). Výsledek zkoumání tohoto poměru může ukázat, že některé karbonáty vznikaly v jiných fázích diagenese. Obsah hořčíku je ve vzorcích téměř konstantní. Vápník se sice mění, ale na pouze ve velmi úzkém rozmezí. Interpretaci stěžuje i možnost, že vápník může pocházet ze sádrovce, který druhotně vzniká zvětráváním pyritu. Nelze také vyloučit, že metoda XRD nezachytila smektitový minerál, který by mohl Mg obsahovat. Dále proto tento jindy užitečný prvkový poměr nebyl posuzován.

## 6.4. Organická hmota

Organická hmota je ve vzorcích jemně rozptýlená, a kromě dvou vzorků s karbonáty vzorky obsahují prakticky pouze organický uhlík. V sedimentech se vyskytují také makroskopické zbytky zuhelnatělé organické hmoty v podobě kořínků a úlomků uhelné hmoty. Méně analyzované organické hmoty je v nivním siltu než v heterolitu. Podmínky ukládání v nivě tedy byly horší pro akumulaci organické hmoty než podmínky v předpolí delty dokumentované v podloží nivních sedimentů. To je celkem logické, když si představíme, že materiál uložený v nivě mohl být následně ochuzován o organickou hmotu oxidací procesem pedogeneze, doloženým i dalšími metodami.

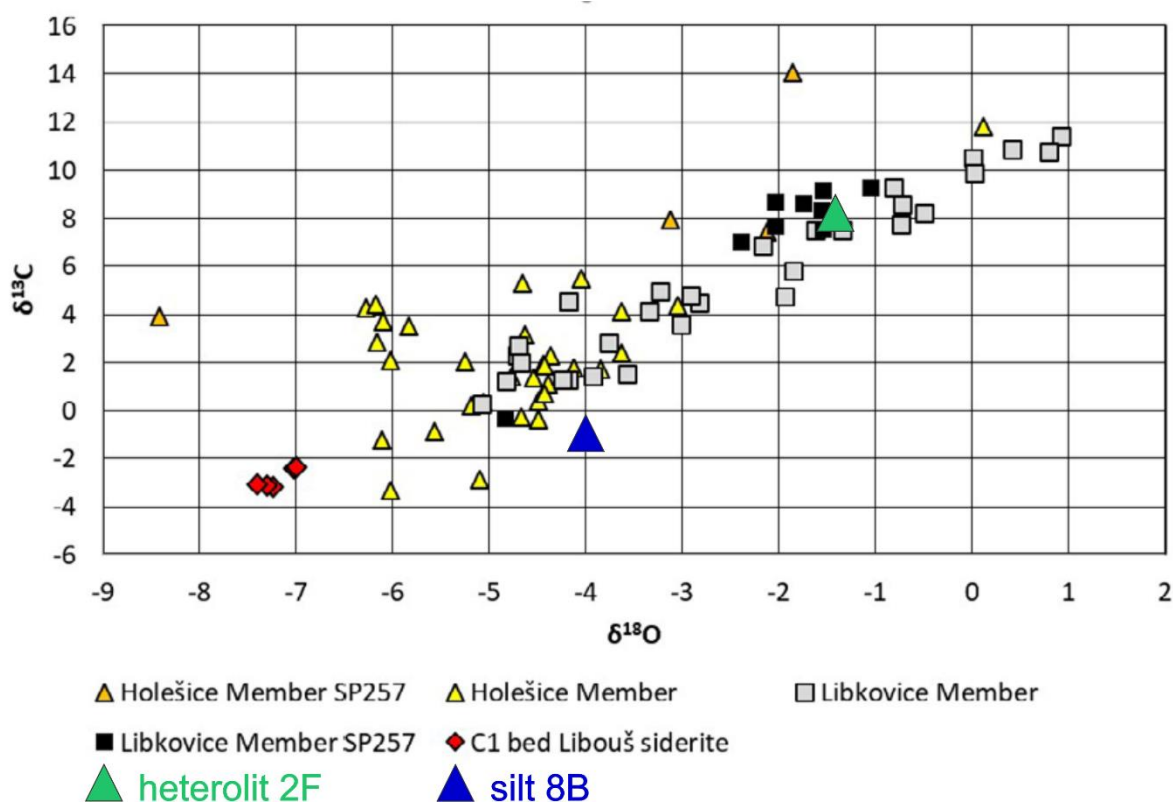
Koncentrace síry je ve vzorcích velmi nízká až nulová. Přítomnost síry v uhlí je do značné míry ovlivněna sedimentárním prostředím během akumulace rašeliny a také geologickými podmínkami během diagenese po vzniku rašeliny (Havelcová et al. 2014), což lze vztáhnout na jakékoli sedimenty obsahující organickou hmotu, tedy i jíly. Síra se v sedimentu ukládá zejména díky bakteriální sulfátové redukci v podobě disulfidů železa v redukčních podmínkách během rané diagenese (Mach et al. 1999). K tomu je potřeba zvýšený obsah organické hmoty a slabý přísun kyslíku. Zejména v podmínkách nivních půd tyto podmínky nenastaly v potřebné míře, proto je obsah síry celkově nízký.

## 6.5. Prvky vzácných zemin

Obsahy prvků vzácných zemin, normalizované na chondrit (Anders & Grevesse 1984) a na severoamerické břidlice (Haskin & Haskin 1966), vykazují výraznou negativní anomálii europia ze skupiny lanthanoidů. Europium se vyskytuje v několika formách. Forma  $\text{Eu}^{3+}$  je obvykle špatně rozpustná ve vodě, ale za určitých podmínek může redukovat na rozpustnější formu  $\text{Eu}^{2+}$ . Záporná negativní anomálie by mohla představovat přínos derivovaného materiálu z granitů nebo metagranitů (Buriánek et al. 2012). Pro srovnání Mach et al. (2021) zjistili naopak pozitivní anomálii europia v crandalitových vrstvách v jezerních jílech libkovického souvrství, kdy specifické podmínky srážení crandallitu umožnily jeho extrakci z detritických minerálů (např. monazit), a následně se jeho redukovaná forma ( $\text{Eu}^{2+}$ ) stala dostupnou pro zabudování do crandallitu. Europium je tedy citlivým indikátorem podmínek precipitace crandallitu v celé pánvi (Mach et al. 2021).

## 6.6. Izotopy O a C v sideritu

Ve dvou zkoumaných vzorcích byl již při odběru zřejmý zvýšený obsah sideritu, což se projevilo i při následných XRD a XRF rozbořech (obsah do 25 % ve vzorku). Analýza izotopů O a C byla využita ke sledování podmínek vzniku karbonátu. Pro srovnání, oba sledované vzorky zapadají mezi vzorky sideritu crandalitových vrstev v Mach et al. (2021) a mezi sebou vykazují mírně odlišné podmínky při srážení karbonátu (obr. 47). Z obrázku je patrné, že vzorky zkoumané v této práci vykazují stejný trend. Podle Žáka (2007) s výjimkou synsedimentárních travertinů nebyly v mostecké pánvi při rozsáhlém výzkumu zjištěny jiné, než diagenetické karbonáty – tedy karbonáty vzniklé v různých fázích diagenese po ukončení sedimentace. Siderity tedy vznikly stejným způsobem jako siderity v jezerních prachovitých jílech libkovických nebo holešických vrstev, a to brzy po sedimentaci (Mach et al. 2021) v raných fázích diagenese. Lze tedy předpokládat, že vznikaly v hlubších částech profilu nivního sedimentu trvale lokalizovaných pod hladinou podzemní vody – v redukčních a slabě kyselých podmínkách. Tyto podmínky jsou typické pro spodní část profilu glejových půd (Němeček et al. 1990).



Obrázek 47: Srovnání výsledků izotopů O a C v karbonátech s výsledky z Mach et al. (2021) Holešice Member – holešické vrstvy, Libkovice Member – libkovické vrstvy, SP257 – zkoumaný vrt v článku, C1 – crandalitová vrstva zkoumaná v článku.

## 6.7. Klima a podmínky větrání

V prostředí mostecké pánve panovalo vlhké mírné klima s průměrným ročním úhrnem srážek 800-1300 mm, průměrnou roční teplotou 14-19 °C a nejchladnějším měsícem s průměrnou teplotou kolem bodu mrazu (Teodoridis a Kvaček, 2015), tedy o cca 10 °C teplejší a o cca 50 % vyššími srážkami než dnes. To podpořilo intenzivní chemické zvětrávání v pramenných oblastech pánve (Matys Grygar et al. 2019).

Řeky odvodňující rozsáhlé oblasti od orogénů s vysokým reliéfem až po okraje pevniny, protékají rozsáhlými předpolími a nížinami. V těchto relativně plochých oblastech se říční sedimenty neustále ukládají a znovu zapojují do říčního transportu prostřednictvím různých geomorfologických procesů, což vede k neustálé výměně sedimentů mezi korytem a jeho nivou. Rozsáhlé říční nivy proto představují prostředí, kde mohou probíhat zvětrávací reakce v důsledku dlouhodobého kontaktu mezi minerálními fázemi na jedné straně a vodou a atmosférou na straně druhé. V těchto podmínkách jsou procesy zvětrávání pravděpodobně ovlivňovány dosud neidentifikovanými řídicími faktory, jako je dynamika řeky a záplavové oblasti (Bouchez et al. 2012). Různé velikostní frakce mají různé chemické složení (Bouchez et al. 2011), a tak během říčního transportu může být celkové chemické složení sedimentu ovlivněno nejen zvětrávacími reakcemi a mísením sedimentů z přítoků odlišného složení, ale také přednostním ukládáním nebo resuspenzí dané velikostní frakce (Bouchez et al. 2012).

Alkalické prvky (Na, K, Rb) a prvky alkalických zemin (Mg, Ca) jsou v povrchových říčních sedimentech ochuzeny o prvky kontinentální kůry, kdy toto ochuzení je způsobeno jejich mobilitou při interakci vody s horninou. Obsahy těchto prvků se liší v závislosti na velikosti zrn a intenzitě zvětrávání, tedy hrubší materiál by měl být obohacen o Na, K, Mg a Ca (Bouchez et al. 2011). To ve srovnání s daty z Bíliny úplně neplatí. Pouze vzorek 2e, který obsahuje výrazně více písku oproti ostatním odebraným vzorkům ze sondy, obsahuje více Mg, zbytek vzorků vykazuje spíše opačný trend. Dále Bouchez et al. (2011) uvádí, že čím je alkalický prvek těžší, tím víc by měl být obsažen i v jemnozrnných sedimentech ve srovnání s hrubými. Obsahy těchto prvků jsou většinou výsledkem promíchávání hrubých zrn živců se shluky jemných jílových částic.

Intenzita zvětrávání se obecně projevuje úbytkem Na, K, Mg a Ca. Porovnání těchto prvků napomáhá určit úroveň zvětrávání během přechodného ukládání sedimentů v nivě. Úbytek Na je spojován s rozpouštěním plagioklasů a Ca s rozpouštěním karbonátů. Sodík se také příliš snadno uvolňuje chemickým zvětráváním, a proto je jeho koncentrace v později usazených sedimentech řízena především velikostí zrn (Matys Grygar et al. 2019).

Ochuzení o K a Mg značí proměnlivost primárních minerálů či zadržování/zachycování K a Mg v pevné fázi sekundárních minerálů (Bouchez et al. 2012). Vyšší obsahy ortoklasu v odebraných vzorcích značí, že říční prostředí v bílinském lomu zvětrávalo nedokonale. Například Martinelli et al. (1993) pomocí chemické hmotnostní bilance prokázali, že za chemické změny sedimentů v záplavové oblasti řeky Solimões v Amazonii jsou zodpovědné zvětrávací reakce, které způsobují ztrátu plagioklasu, smektitu a illitu a naopak tvorbu kaolinitu. Z výsledků XRD nám poměr illitu a kaolinitu opět značí, že říční prostředí zvětrávalo nedokonale, nicméně měření XRF nevykazovalo žádnou přítomnost sodíku, tudíž plagioklasy by už měly být rozloženy. V říčním prostředí bílinského lomu tedy pravděpodobně docházelo k opakovanému přínosu sedimentů, způsobeným povodněmi, který zakryl předchozí vrstvy a hladina podzemní vody byla relativně vysoko a bránila větrání sedimentu. Lze tedy usoudit, že se zde jedná o důsledek přínosu materiálu a zvětrávacích podmínek v povodí řeky. Rozdílné obsahy Ca mohou naznačovat různý stupeň rozpouštění karbonátů, ať už chemicky nebo diagenézí. Nicméně Mg a Ca se v autochtonních a diagenetických karbonátech usazuje příliš snadno (zejména pak Ca), což může způsobit ztrátu nebo nahrazení původních zvětrávacích znaků klastických komponent (Matys Grygar et al. 2019).

## 7. Závěr

Materiál odebraný ze stěny K99 v lomu Bílina je stejnorodého geochemického složení. V sedimentech studovaných nivních vrstev převládá siltový materiál v různé proporci s materiálem písčítým a jílovitým. Většina odebraných vzorků byla špatně nebo velmi špatně vytríděna. V důsledku ranně diagenetických procesů došlo i ke vzniku sideritových konkréci. Chemické a mineralogické složení je řízeno hlavně podílem jemně písčité složky v porovnání se složkou prachovitou a jílovitou. Písčitý podíl sedimentu zřejmě obsahuje ne zcela zvětralé živce a velké částice illitu, což se projevuje souběžným narůstáním K společně s Si. Poměr K/Al je ve srovnání s dosud pozorovanými daty z mostecké pánve dvojnásobný. Tento fakt povzbuzuje k dalšímu zkoumání příčin tohoto jevu, neboť výkyvy poměru K/Al jsou v přechozích pracích v sedimentech mostecké pánve považovány za indikátory orbitálně řízených klimatických změn a také změn podmínek zvětrávání v povodí.

Poměry prvků z XRF ukazují přímé závislosti vyplývající z minerálního složení jednotlivých vzorků. Poukazují na to, že poměry minerálů a tím pádem i chemických prvků v nich, jsou v sedimentech stabilní. Data z XRF tak indikují přesnější vyjádření stejnorodosti materiálu než u XRD.

Výsledky dokumentace a analýzy vzorků zemin ze dvou vrstev nivních usazenin na dole Bílina ukazují na klimatickou stabilitu během vzniku studovaných profilů říční nivy, a tedy i stabilní zvětrávací poměry v povodí řeky během vzniku obou niv. Proměnlivost ve vertikálních profilech sedimenty říční nivy ukazuje dynamiku ukládání sedimentů a nemá nejspíše nic společného se změnami v povodí a klimatu. Naproti tomu změny na bázi sedimentů nivy (ostrý přechod do prodelťových heterolitů) a na stropu nivních sedimentů (opět ostrý přechod do jezerních sedimentů) ukazují na pravděpodobně výrazné klimatické výkyvy, které se projevily v množství vody a sedimentu proudícího do pánve. To způsobilo kolísání hladiny jezera v pánvi v řádu několika metrů a vyvolalo nejprve v daném místě vznik podmínek pro lokalizaci říční nivy a posléze naopak její zánik pod jezerní hladinou.

## 8. Seznam literatury

ADAMOVIČ J., COUBAL M. (1999): Intrusive geometries and Cenezoic stress history of the northern part of the Bohemian Massif. *Geolines*, 9, 5-14.

ANDERS, E., GREVESSE, N. (1989): Abundances of the elements: meteoritic and solar. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 53, 197–214.

BÁBEK, O., MATYS GRYGAR, T., FAMĚRA, M., HRON, K., NOVÁKOVÁ, T., SEDLÁČEK, J., (2015): Geochemical background in polluted river sediments: How to separate the effects of sediment provenance and grain size with statistical rigour? *CATENA*, 135, 240–253.

BAILEY S. W. (1980): Structures of layer silicates. In G. W. Brindley & G. Brown (Eds.), *Crystal structures of clay minerals and their x-ray identification*, 5 (pp. 1–123). London: The Mineralogical Society.

BLAXLAND, A.B., 1974. Geochemistry and geochronology of chemical weathering, Butler Hill Granite, Missouri. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 38(6): 843-852

BLOTT, S. J., PYE, K. (2001): GRADISTAT: a grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments. *Earth Surface Processes and Landforms* 26, 1237-1248.

BOUŠKA V., DVOŘÁK Z. (1997): *Nerosty severočeské hnědouhelné pánve. Severočeské hnědouhelné doly*. 158 p. Chomutov.

BURIÁNEK, D., VERNER, K., HANŽL, P., KRUMLOVÁ, H. (2012). Ordovician metagranites and migmatites of the Svatka and Orlice-Sněžník Units, northeastern Bohemian Massif. *Journal of GEOsciences*, 181–200. doi:10.3190/jgeosci.049

BŮŽEK Č., DVOŘÁK Z., KVAČEK Z., PROKŠ, M. (1992): Tertiary vegetation and depositional environments of the "Bílina delta" in the North-Bohemian brown – coal basin. - *Čas.Mineral.Geol.*,37, č.2, 117-134. Praha.

CAJZ V., VOKURKA K., BALOGH K., LANG M., ULRYCH J., (1999): The České Středohoří Mts.: Volcanostratigraphy and geochemistry. *Geolines* , 9, 21-28.

CLIFT P.D., WAN S.M., BLUSZTAJN, J. (2014): Reconstructing chemical weathering, physical erosion and monsoon intensity since 25 Ma in the northern South China Sea: A review of competing proxies. *Earth-Science Reviews* 130, 86–102.

ČADEK J. (1965): K paleogeografii chomutovsko-mostecko-teplické miocenní pánve. *Věst. Ústř. úst. geol.*, 40, 1, 45-46.

ČADEK J. (1966): K paleogeografii chomutovsko-mostecko-teplické pánve (na základě studia těžkých minerálů). *Sbor. geol. Věd., Geol.*, 11, 77-114.

DESHAMPS J.R., FLIPPEN-ANDERSON J. (2002): *Crystallography, Encyclopedia of Physical Science and Technology (Third Edition)*, Academic Press, 121-153. New York.



DEYSEL, K., (2007): Leucoxene study: a mineral liberation analysis (MLA) investigation. The 6th International Heavy Minerals Conference 'Back to Basics', The Southern African Institute of Mining and Metallurgy, 2007.

DOMÁČÍ L. (1977): Litostratigrafie třetihorních sedimentů v hnědouhelné severočeské pánvi. Acta Univ. Carol., Geol., 1975, 1, 75-80. Praha.

DURČÁKOVÁ J. (1961): Závěrečná zpráva doprovodných surovin z lokality Velebudická výsypka. MS Geofond. Praha.

DVOŘÁK Z., MACH K. (1999): Deltaic deposits in the North-Bohemian Brown Coal Basin and their documentation. Acta Universitatis Carolinae Geologica 43(4), 633–641.

ELZNIC A. (1970): Litofaciální vývoj a paleogeografie terciéru na Mostecku, Teplicku a Ústecku. – Zpr. Stud. Obl. vlastivěd. Muz. přír. Vědy, 6,3-19, Teplice

ELZNIC A. (1973): Sedimenty neogénu a vývoj uhelné sloje v mostecké části severočeské pánve. – Sbor.geol. Věd, Geol., 24, 175–204.

ELZNIC A., ČADKOVÁ Z., DUŠEK P. (1993): Paleogeografie terciérních sedimentů severočeské pánve. – Sbor.geol. Věd, Geol., 48, 19–46.

ELZNIC A., PEŠEK J., SKOPEC J. (2007): Oherský rift v severozápadních Čechách. – Uhlí Rudy Geol. Průzk. 10, 34–41.

FOLK, R. L. (1954): The distinction between grain size and mineral composition in sedimentary rock nomenclature. – Journal of Geology, 62, 344–359.

FOLK, R. L., WARD, W. C. (1957): Brazos River bar: A study in the significance of braun size parameters. – Journal of Sedimentary Petrology, 31, s. 514–529.

GASSON E., DECONTO R.M., POLLARD D., LEVY R. (2016): Dynamic Antarctic ice sheet during the early to mid-Miocene. Proc. Natl. Acad. Sci. 113 (13), 3459–3464.

GRADSTEIN, F. M., OGG, J. G., SCHMITZ, M., & OGG, G. (Eds.). (2012). The geologic time scale 2012. Amsterdam: Elsevier, 1144.

HAVLENA V. (1964): Geologie uhelných ložisek 2. Nakl. Čs. akad. věd., 437 p. Praha.

HAVELCOVÁ M., SÝKOROVÁ I., BECHTEL A., MACH K., TREJTNAROVÁ H., ŽALOUKOVÁ M., MATYSOVÁ P., BLAŽEK J., BOUDOVÁ J. & SAKALA J. (2013): "Stump Horizon" in the Bílina Mine (Most Basin, Czech Republic) – GC-MS, optical and electron microscopy in identification of wood biological origin. International Journal of Coal Geology 107, 62–77.

HAVELCOVÁ M., SÝKOROVÁ I., MACH K., TREJTNAROVÁ H., BLAŽEK J., (2014): Petrology and organic geochemistry of the lower Miocene lacustrine sediments (Most Basin, Eger Graben, Czech Republic), International Journal of Coal Geology, Volume 139, p. 26-39.

HASKIN, M.A., HASKIN, L.A., 1966. Rare earths in European shales: a redetermination. Science, 154, 507-509.

HOLBROUN A., KUHN W., KOCHHANN K.G.D., ANDERSEN N., MEIER K.J.S., (2015): Global perturbation of the carbon cycle at the onset of the Miocene Climatic Optimum. *Geology* 43 (2), 123–126.

HURNÍK S., HAVLENA V. (1984): Podkrušnohorské hnědouhelné pánve a Krušné hory jako součásti neotek-tonické velevrásové struktury. – *Čas. Mineral. Geol.*, 29, 1, 55–67.

HURNÍK-LUFT, S. (1959): Prvé zjištění cyklické sedimentace v terciérních limnických pánvích ČSR. *Věst. Ústř. Úst. geol.*, 34, 269-279.

HURNÍK S., MAREK D. (1962): Ke stratigrafii severočeského terciéru na východ od Doupovských hor. *Čas. Mineral. Geol.*, 7, 35-41. Praha.

HURNÍK S. (1972): Koeficient sednutí některých sedimentů v Severočeské hnědouhelné pánvi. *Časopis pro mineralogii a geologii* 17(4), 365-372.

JANOŠEK, V., FARROW, C. M. & ERBAN, V. (2006): Interpretation of whole-rock geochemical data in igneous geochemistry: introducing Geochemical Data Toolkit (GCDkit). *Journal of Petrology* 47(6):1255-1259

KOCHHANN K.G.D., HOLBOURN A., KUHN W., CHANNELL J.E.T., LYLE M., SHACKFORD J.K., WILKENS R.H., ANDERSEN N. (2016): Eccentricity pacing of eastern equatorial Pacific carbonate dissolution cycles during the Miocene Climatic Optimum. *Paleoceanography* 31(9), 1176–1192.

KOPECKÝ L. (1957): Závěrečná zpráva o geologickém, petrografickém a ložiskovém výzkumu východních okrajů Doupovských hor v oblasti podbořanských kaolínových ložisek. MS archiv Ústř. úst. geol. Praha.

KOPECKÝ L., DOBEŠ M., FIALA J. and ŠŤOVÍČKOVÁ N. (1970): Fenites of the Bohemian Massif and relations between fenitization, alkaline volcanism and deep fault tectonics, *Sbor. geol. Věd, Geol.*, 16, 51-112.

KOPECKÝ L. 1978. Neoidic taphogenic evolution and young alkaline volcanism of the Bohemian Massif. *Sborník Geologických Věd. Geologie* 31, 91–107.

KOPECKÝ L. et al. (1990): Vysvětlivky k základní geologické mapě ČSSR 1 : 25 000 02-34 list Bílina. 112 str. – Ústřední ústav Geologický Praha.

KVAČEK Z. (1998): Bílina: a window on Early Miocene marshland environments. - *Rev. Palaeobot. Palynol.*, 101, 111-123

KVAČEK Z., BÖHME M., DVOŘÁK Z., KONZALOVÁ M., MACH K., PROKOP J., RAJCHL M. (2004): Early Miocene freshwater and swamp ecosystems of the Most Basin (northern Bohemia) with particular reference to the Bílina Mine sector. – *J. Czech Geol. Soc.*, 49, 1-2, 1-40.

LEVY R. et al. 2016. Antarctic ice sheet sensitivity to atmospheric CO<sub>2</sub> variations in the early to mid-Miocene. *Proceedings of National Academy of Sciences* 113(13), 3453–3458.

MACH K. (1997): A logging correlation scheme for the main coal seam of the North Bohemian brown coal basin, and the implications for the palaeogeographical development of the basin, – European Coal Geology and Technology. – Geological Society of London, Special Publications, 125, 309-320.

MAKASAKE, B. (2001): Anastomosing rivers: a review of their classification, origin and sedimentary products. *Earth-Science Reviews*, 53(3-4), 149–196.

MATYS GRYGAR T., MACH K., (2013a). Chemostratigrafie miocenních sedimentů mostecké pánve. *Zprávy o geologických výzkumech v roce 2012. Regionální geologie a stratigrafie*, 46, 26-29.

MATYS GRYGAR T., MACH, K. (2013b): Regional chemostratigraphic key horizons in the macrofossil-barren siliciclastic lower Miocene lacustrine sediments (Most Basin, Eger Graben, Czech Republic). – *Bull. Geosci.* 88, 557–571.

MATYS GRYGAR T., MACH, K., PRUNER, P., SCHNABL, P., LAURIN, J. & MARTINEZ, M. (2014): A lacustrine record of the early stage of the Miocene Climatic Optimum in Central Europe from the Most Basin, Ohře (Eger) Graben, Czech Republic. *Geological Magazine* 151(6), 1013–1033.

MATYS GRYGAR T., Popelka, J. (2016): Revisiting geochemical methods of distinguishing natural concentrations and pollution by risk elements in fluvial sediments. *Journal of Geochemical Exploration*, 170, 39–57.

MATYS GRYGAR T., MACH K., HOŠEK M., SCHNABL P., MARTINEZ M., KOUBOVÁ M. (2017a): Early stages of clastic deposition in the Most Basin (Ohře Rift, Czech Republic, Early Miocene): timing and possible controls. *Bulletin of Geosciences*, 92, 3, p. 337-355.

MATYS GRYGAR T., HOŠEK M., MACH K., SCHNABL P., MARTINEZ M. (2017b): Climatic instability before the Miocene Climatic Optimum reflected in a Central European lacustrine record from the Most Basin in the Czech Republic. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 485, 930–945.

MATYS GRYGAR T., MACH, K., MARTINEZ, M. (2019): Checklist for the use of potassium concentrations in siliciclastic sediments as paleoenvironmental archives. *Sedimentary Geology*.

MATYS GRYGAR T., MACH K., HRON K., FAČEVIČOVÁ K., MARTINEZ M., ZEEDEN C., SCHNABL P. (2020): Lithological correction of chemical weathering proxies based on K, Rb, and Mg contents for isolation of orbital signals in clastic sedimentary archives. *Sedimentary Geology*, 406, 1–12.

MATYS GRYGAR T., MACH K., KOUBOVÁ M., FACEVICOVA K. (2021): Beginning of the Miocene Climatic Optimum in Central Europe in sediment archive of the Most Basin, Czech Republic. *Bulletin of Geosciences*, 96, 1, p. 61 – 81.

MACH K., ŽÁK K., JAČKOVÁ I. (1999): Sulphur speciation and isotopic composition in a vertical profile of the main coal seam of the North Bohemian Brown Coal basin and their paleogeographic interpretation. *Bulletin of the Czech Geological Survey*, 74(1), 51-66.

MACH, K. (2003): Genesis of large scale syndepositional deformations of main coal seam - Miocene Bílina delta, Most basin, Czech Republic. 83 pp. Ph.D. thesis, Charles University, Prague, Czech Republic.

MACH K. (2010): A new concept of palaeogeographic development of the Most Basin area during Miocene. SDGG. Heft 68 – GeoDarmstadt 2010.

MACH K., SÝKOROVÁ I., KONZALOVÁ M., OPLUŠTIL S. (2013): Effect of relative lake-level changes in mire–lake system on the petrographic and floristic compositions of a coal seam, in the Most Basin (Miocene), Czech Republic. *International Journal of Coal Geology*, 105, 120–136.

MACH K., TEODORIDIS V., MATYS GRYGAR T., KVAČEK Z., SUHR, P. & STANDKE G. (2014): An evaluation of paleogeography and paleoecology in the Most Basin (Czech Republic) and Saxony (Germany) from the late Oligocene to the early Miocene. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen* 272/1, 13–45.

MACH K., RAPPRICH V., FAMĚRA M., HAVELCOVÁ M., MATYS GRYGAR T., NOVOTNÝ T., ŘEHOŘ, M., KOCHERGINA Y.V.E. (2021): Crandallite-rich beds of the Libkovice Member, Most Basin, Czech Republic: climatic extremes or paleogeographic changes at the onset of the Miocene Climatic Optimum? *Geol. Acta* 19 (11), 1–29 I–XIII. <https://doi.org/10.1344/GeologicaActa2021.19.11>

MALKOVSKÝ M. (1980): Model of the origin of the Tertiary basins at the foot of the Krušné hory Mts.: volcanotectonic subsidence. *Věst. Ústř. Úst. geol.*, 55, 3, 141-150.

MALKOVSKÝ M. et al. (1985): *Geologie severočeské hnědouhelné pánve a jejího okolí.* – 424 pp. Ústř. ústav geol. Praha.

MÜLLER G., IRION, G., FÖSTNER, U., (1972): Formation and diagenesis of inorganic Ca-Mg carbonates in the lacustrine environment. *Die Naturwissenschaften*, 59(4), 158–164.

MÜLLEROVÁ E. (2017): *Chemostratigrafie holešických vrstev mostecké pánve (miocén).* Praha 2017. 58 s. Diplomová práce. Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta. Vedoucí práce doc. RNDr. Stanislav Opluštil, Ph. D..

NESBITT, H. W., & YOUNG, G. M. (1982): Early Proterozoic climates and plate motions inferred from major element chemistry of lutites. *Nature*, 299(5885), 715–717.

NESBITT, H.W., FEDO, C.M., YOUNG, G.M., (1997): Quartz and feldspar stability, steady and non-steady-state weathering, and petrogenesis of siliciclastic sands and muds. *Journal of Geology*, 105(2): 173-191.

NĚMEČEK, J., SMOLÍKOVÁ, L., KUTÍLEK, M., HRAŠKO, J, LOŽEK, V. (ed.). (1990): *Pedologie a paleopedologie.* Praha: Academia, 552.

NOVOTNÝ T., MACH K. (2016): Liboušský aluviální systém ovlivněný synsedimentární kompakcí rašeliny (spodní miocén, mostecká pánev). *Zpravodaj HNĚDÉ UHLÍ* 2/2016, 3-12.

PASSCHIER S., FALK C.J., FLORINDO F. (2013): Orbitally-paced shifts in the particle size of Antarctic continental shelf sediments in response to ice dynamics during the Miocene Climatic Optimum. *Geosphere* 9 (1), 54–62.

PEKAR S.F., DECONTO R.M. (2006): High-resolution ice-volume estimates for the early Miocene: evidence for a dynamic ice sheet in Antarctica. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 231 (1–2), 101–109.

PEŠEK J. et al. (2010): Terciární pánve a ložiska hnědého uhlí České republiky. – 438 pp. Čes. geol. služba. Praha.

PEŠEK, J., SPUDIL J. (1986): Paleogeografie středočeského a západočeského neogénu. – Stud. Čs. Akad. Věd, 14-86, 79 str.

RAJCHL M. & ULIČNÝ D. (1999): Depositional model of the Bílina Delta (Miocene, Most Basin, Czech Republic). – *Zpravodaj Hnědé uhlí*, 1999 (3): 15-41.

RAJCHL M., ULIČNÝ D., (2000): Evolution of depocenter geometry in the Most Basin: Implications for the tectonosedimentary history of the Neogene Ohře Rift (Eger Graben), North Bohemia. *Geolines*, 10, 62-63.

RAJCHL M., ULIČNÝ D., HUBATKA F. (2003) Syn- and postsedimentary tectonics of the Most Basin (Ohře Rift, Czech Republic); insights from reflection-seismic data. *Proceedings of the 8th Meeting of the Czech Tectonic Studies Group. Geolines*, 16, 86.

RAJCHL M., ULIČNÝ D., (2005): Depositional record of an avulsive fluvial system controlled by peat compaction (Neogene, Most Basin, Czech Republic). *Sedimentology* 52, 601–625.

RAJCHL M. (2006) Tectonosedimentary evolution and fluviodeltaic systems of the Most Basin (Tertiary, Eger Graben, Czech Republic). PhD Thesis, Charles University, Prague.

RAJCHL, M., ULIČNÝ, D., MATYS GRYGAR, R. & MACH, K. (2009): Evolution of basin architecture in an incipient continental rift: the Cenozoic Most Basin, Eger Graben (Central Europe). *Basin Research* 21(3), 269–294.

RIEDER M. (1999): Nomenclature of the Micas. *Mineralogical Magazine*, 63(2), 267–279.

ROSENBAUM J., SHEPPARD S.M.F. (1986): An isotopic study of siderites, dolomites and ankerites at high-temperatures. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 50(6), 1147-1150.

RYBÁŘ J., DOBR J. (1966): Vrásové deformace v severočeské hnědouhelné pánvi. *Sbor. geol. Věd, Hydrogeol. inž. Geol.*, 5, 129-151.

SMETANA V. (1933): Geologické poměry ložisek keramických surovin na území spec. mapy Rakovník. *Sbor. St. geol. Úst. Čs. Republ.*, 10, 89-126. Praha

SPARKS D. L. (2003): Inorganic Soil Components. *Environmental Soil Chemistry*, 43–73.

STANDKE, G. (2010): Das Tertiär. – In: autorenkollektiv (2010): Die geologische Entwicklung der Lausitz. – 193 pp.; Cottbus (Vattenfall Europe Mining AG).

ŠPIČÁKOVÁ L., ULIČNÝ D., KOUDELKOVÁ G., (2000): Tectosedimentary evolution of the Cheb Basin (NW Bohemia, Czech Republic) between Late Oligocene and Pliocene: a preliminary note. *Stud. Geophys. geod. (Praha)*, 4, 44, 556-580.

TEODORIDIS V., KVAČEK Z., (2015): Palaeoenvironmental evaluation of Cainozoic plant assemblages from the Bohemian Massif (Czech Republic) and adjacent Germany. *Bulletin of Geosciences* 90, 695–720.

TYLER S. A., MARDSEN R. W., (1938): The Nature of Leucoxene. *SEPM Journal of Sedimentary Research*, Vol. 8.

ULRYCH J., CAJZ V., PIVEC E., LANG M., BALOGH K., KROPÁČEK V., (1999): Cenozoic intraplate volcanic rock series of the Bohemian Massif: a review. *Magmatism and rift basin evolution. Geolines*, 9, 123-129

UTESCHER T., ASHRAF A.R., DREIST A., DYBKJÆR K., MOSBRUGGER V., PROSS J., WILDER, V. (2012): Variability of Neogene Continental Climates in Northwest Europe – A Detailed Study Based on Microfloras. *Turkish Journal of Earth Sciences* 21, 289–314.

WASEDA Y., MATSUBARA E., SHINODA K. (2011): X-ray Diffraction Crystallography: Introduction, Examples and Solved Problems. Springer Berlin, Heidelberg, pp. 310. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-16635-8>

WIDERA M. (2016): Characteristics and origin of deformation structures within lignite seams—a case study from Polish opencast mines. *Geological Quarterly* 60(1), 181–191.

ZACHOS J., PAGANI M., SLOAN L., THOMAS E., BILLUPS K. (2001): Trends, rhythms, and aberrations in global climate 65 Ma to present. *Science* 292(5517), 686–693.

ZIEGLER, P.A. & DÈZES, P. (2007): Cenozoic uplift of Variscan Massifs in the Alpine foreland: Timing and controlling mechanisms. *Global and Planetary Change* 58(1-4), 237–269.

ŽÁK K., (2007): Souhrnné zpracování geochemických a mineralogických dat z karbonátových kongrezií a pevných karbonátových poloh v lomu Bílina. Praha: Geologický ústav Akademie věd České republiky, v. v. i, 2007.

www1: [http://www.continuum-tech.net/pdf/Brochure\\_ANALYSETTE\\_22.pdf](http://www.continuum-tech.net/pdf/Brochure_ANALYSETTE_22.pdf)

www2: <https://www.bruker.com/en/products-and-solutions/diffractometers-and-x-ray-microscopes/x-ray-diffractometers/d8-advance-family/d8-advance.html>

www3: <https://www.icdd.com/pdf-2/>

www4: <http://arazma.com/img/cms/Olympus-DeltaUserManual.pdf>

www5: <https://www.natur.cuni.cz/geologie/laboratore/laboratore-a-metody/laborator-elementarni-c-s-analyzy-lea>

www6: <https://www.natur.cuni.cz/geologie/laboratore/laboratore-a-metody/laborator-plazmove-spektrometrie-laps-icp-ms-icp-oes/icp-ms-a-icp-ms-la-1/icp-ms>

www7: <http://www.geology.cz/extranet/sluzby/laboratore/izotopy-H-C-N-O-S/vybaveni>

## 9. Přílohy

**Příloha 1** – *Dokumentace sond z terénu.*

**Příloha 2** – *Ternární diagramy zrnitosti vzorků dle Folka (1954).*

**Příloha 3** – *Zrnitostní křivky a statistiky jednotlivých vzorků.*

**Příloha 4** – *Difraktogramy a tabulky rentgenové difrakční analýzy (XRD).*

**Příloha 5** – *Grafy poměrů prvků.*

**Příloha 6** – *Výtah dokumentace skrývkových řezů K99, lom Bílina 2016-2022, zmenšeno, upraveno.*

Příloha 1: Dokumentace sond z terénu.

Tabulka 1: Popis sondy S1. Intervaly zvýrazněné tučně jsou intervaly vzorků.

h (m)	Popis sondy S1
0,0 – 0,4	Písek, zelenavě šedý, velmi jemnozrnný, slabě jílovitý, zuhelnatělé kořínky rostlin, bez zvrstvení
0,4 – 0,6	Písek, světle šedý, velmi jemnozrnný, jílovitý, s konvolutně tvarovanými čočkami jemného písku
<b>0,6 – 0,9</b>	<b>Písek, světle šedý, jemnozrnný, výmolové zvrstvení</b>
0,9 – 1,15	Písek, světle šedý, jemnozrnný, silně jílovitý
<b>1,15 – 1,67</b>	<b>Prach, zelenavě šedý, nezřetelně zvrstvený, místy zuhelnatělé kořínky rostlin, ke konci intervalu klesá zrnitost</b>
1,67 – 2,27	Písek, šedý, jemnozrnný, do spodní části intervalu nabývá podíl písku, čeřinové zvrstvení se mění na výmolové vrstvy písku, které jsou odděleny laminami silně prachovitého (až jemně písčitého) jílu
2,27 – 2,77	Silně prachovitý jíl – silt, šedo hnědý, s laminami písku, horizontálně zvrstvený, mocnost vrstviček od 1 do 5 cm
2,77 – 4,57	<b>Heterolit, písčito jílovitý, tence vrstevnatý – střídání vrstviček jílu hnědo šedého a laminek světle šedého až žlutavého písku, mocnost písčitých laminek 2 mm až 3 cm, při větších mocnostech pestré čeřinové zvrstvení</b>

Vzorky:

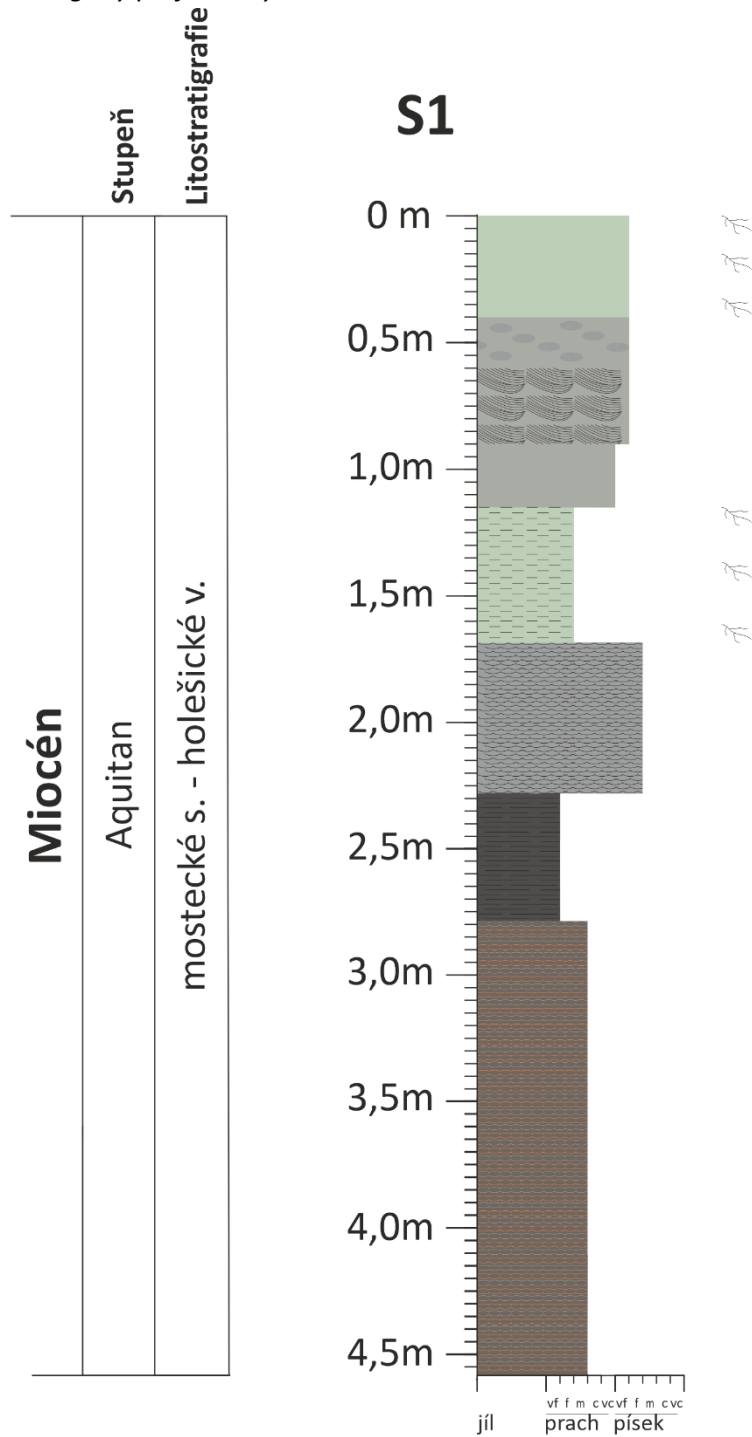
1a : 0,6 – 0,9 m

1b: 1,15 – 1,67 m

1c: 2,77 – 4,57 m






Profil 1: Litologický profil sondy S1.





**Legenda:**

**Písky**

-  písek zelenavě šedý
-  písek světle šedý
-  písek šedý





**Sekundární obsah**

-  zuhelnatělé kořínky rostlin
-  čůčky jemnozrného písku



**Silty**

-  silt zelenavě šedý

**Textury**

-  výmolové zvrstvení
-  nevýrazná vrstevnatost
-  čerínové zvrstvení
-  horizontální zvrstvení

**Jíly**

-  jíl až silt šedo hnědý
-  heterolit

Tabulka 2: Popis sondy S2. Intervaly zvýrazněné tučně jsou intervaly vzorků.

h (m)	Popis sondy S2
- 0,3 – 0	Jíl, rezavě hnědý, prachovitý, sideritický, silně bioturbovaný, břeštancké jíly
<b>0 – 1,85</b>	<b>Silt, zelenavě šedý, shora nevrstevnatý, do spodu postupně až nezřetelně vrstevnatý, časté kořeny o délce až 20 cm, zuhelnatělé, v některých místech kolem kořenů oranžové lemy až do 5 cm od kořene</b>
<b>1,85 – 2,95</b>	<b>Silt, zelenavě šedý až oranžově hnědošedý, místy s kořínky rostlin, zuhelnatělé, s rezavými lemy, patrná nevýrazná vrstevnatost, smouhovitě oranžové zbarvení způsobeno sideritem</b>
<b>2,95 – 3,55</b>	<b>Silně prachovitý jíl až hlína, zelenavě šedý, zuhelnatělé kořeny rostlin, od 35 – 47 cm mocnosti intervalu – oranžové skvrny (konkrece sideritu)</b>
3,55 – 3,67	Silt – hnědošedý, s kořeny rostlin, zuhelnatělé
<b>3,67 – 4,07</b>	<b>Písek, světle šedý, jemnozrný, nepravidelně vrstevnatý, lokální vrstvičky písku do podoby drobných polštářků, v některých vrstvách chaoticky smouhovaná textura</b>
4,07 – 4,37	Jílovito-prachovito-písčítý heterolit, místy s konkracemi sideritu, horizontálně zvrstvený, místy laminy písku přecházejí v čočky (čeřiny)
<b>4,37 – 4,67</b>	<b>Jíl, hnědošedý, vrstevnatý, s milimetrovými laminami písku, ve spodní 1/3 vrstvy sideritizované úseky oranžové barvy, ve svrchních 5 cm oranžové útvary (nejspíše siderit) prostupující vertikálně jílovitou vrstvičkou – plaménkové textury</b>
4,67 – 4,92	Jíl, hnědošedý, silně prachovitý, laminy písku, na stropě vrstvy řada čoček písku (čeřiny)
4,92 – 5,42	Písčito-jílovitý heterolit, šedý, převažuje jílovitý materiál
5,42 – 6,42 a víc	Heterolit, jílovito-písčítý, horizontálně zvrstvený, písčité vrstvy o mocnosti až 3 cm, v místech maximální mocnosti písku zřetelné čeřinové zvrstvení

Vzorky:

2a: 0 – 1 m

2b: 1 – 2 m

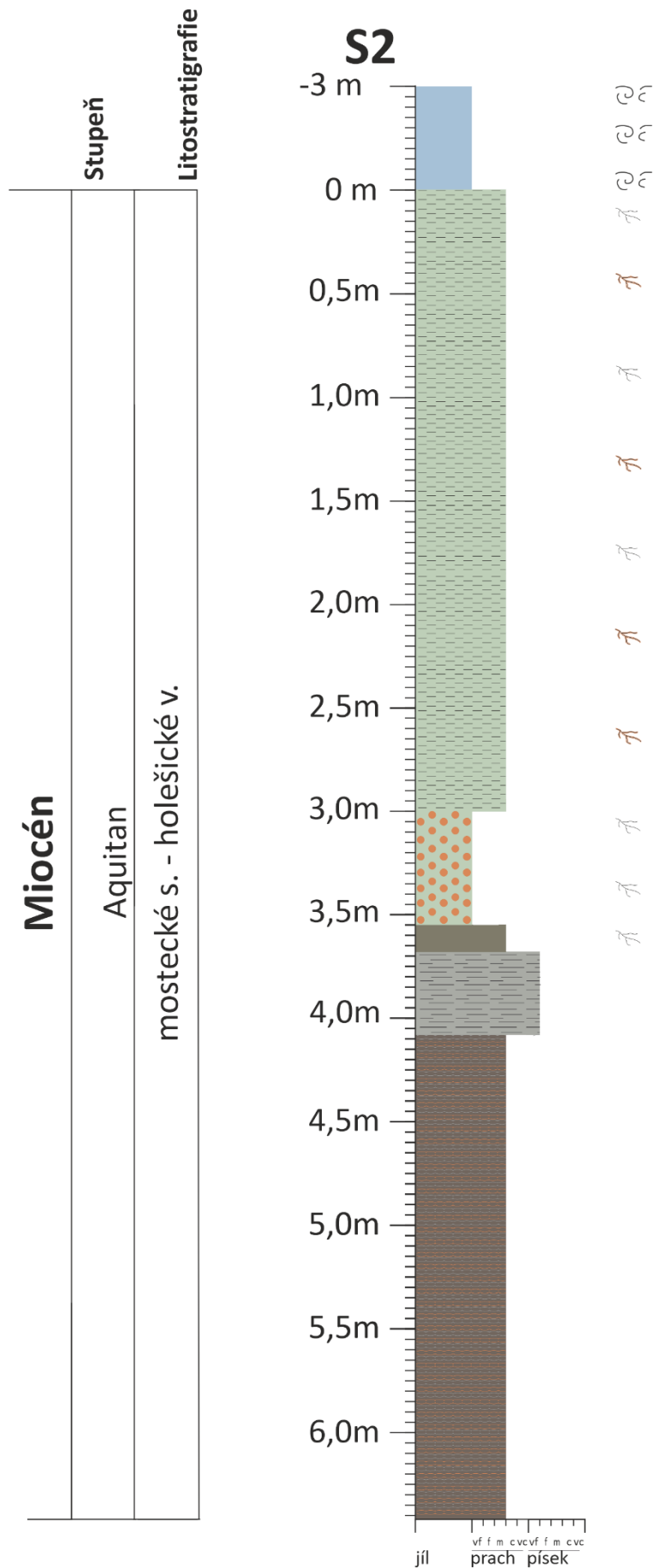
2c: 2 – 3 m

2d: 3 – 3,55 m

2e: 3,97 – 4,07 m


2f: 4,37 – 4,67 m

Profil 2: Litologický profil sondy S2, legenda na další straně.





## Legenda:

### Písky

 písek světle šedý

### Silty

 silt zelenavě šedý


 silt hnědošedý

### Jíly


 břešťanské jíly

 heterolit

### Sekundární obsah

 konkrce sideritu

 zuhelnatělé kořínky rostlin

 zuhelnatělé kořínky rostlin se sideritovým lemem

 bioturbace

### Textury

 nevýrazná vrstevnatost

 nepravidelná vrstevnatost

Tabulka 3: Popis sondy S3. Intervaly zvýrazněné tučně jsou intervaly vzorků.

h (m)	Popis sondy S-3
- 15,0 – 0	Jíl, hnědošedý, prachovitý, břestánské jíly
0 – 0,02	Pískovec, rezavě hnědý, sideritový tmel, s množstvím zuhelnatělých kulatých dutinek, porézni pelokarbonát
<b>0,02 – 1,14</b>	<b>Silt, světle zelenavě šedý, směrem do stropu hrudnoucí, místy připomíná jemnozrný písek, množství zuhelnatělých kořínků rostlin, v úseku 0,85 – 1,00 až 3 cm konkrce sideritu a oranžové zpevnělé lemy kolem kořínků</b>
1,14 – 1,25	Pravidelně deformované vrstvičky jemnozrného šedého písku, ve vnitřní stavbě patrné prohnětení
1,25 – 1,47	Silt, světle zelenavě šedý
<b>1,47 – 1,65</b>	<b>Silt jílovitý, zelenavě šedý až hnědý, místy se zuhelnatělými kořínky rostlin, ve spodní části s oranžovým lemem</b>
1,65 – 2,20	Silt, světle zelenavě šedý, zuhelnatělé kořínky rostlin, kolem kořenů oranžové lemy
<b>2,20 – 2,60</b>	<b>Silt jílovitý, zelenavě šedý, místy se zuhelnatělými kořínky rostlin, 2,40 – 2,50 – výskyt sideritizovaných konkrce o velikostech až 10*20 cm</b>
<b>2,60 – 2,75</b>	<b>Silt, světle šedo zelený</b>
<b>2,75 – 2,84</b>	<b>Čočkovitá poloha písku, světle šedý, jemnozrný, v detailu patrné šikmé zvrstvení</b>
<b>2,84 – 2,95</b>	<b>Silt, světle šedo zelený, zuhelnatělé kořínky rostlin</b>
<b>2,95 – 3,80</b>	<b>Silt, jílovitý, světle zelenavě šedý, s četnými zuhelnatělými kořínky rostlin, pouze s náznakem nevýrazné horizontální vrstevnatosti</b>
3,80 – 3,95	Písek, světle šedý, středně zrnitý, na bázi až jemnozrný, bez zřetelné vrstevnatosti
3,95 – 3,98	Písek, světle šedý, velmi jemnozrný, čeřinové zvrstvení, jednotlivé čeřinky odděleny polohami šedého jílu s drobnými úlomky rostlinné drtě
3,98 – 4,10	Písek, šedý až hnědošedý, hrubozrný, s náznakem čeřinového zvrstvení, zjištěn úlomek jílu 5*3 cm, oválný tvar
4,10 – 4,25	Jíl, hnědošedý, prachovitý, s laminkami žlutošedého písku, laminky mají čočkovitý průběh
4,25 – 4,80	Písek jílovitý, jemnozrný, světle hnědošedý, s laminkami hnědošedého jílu, silnější laminy písku obsahují čeřinové zvrstvení, místy úlomky uhelné hmoty
4,80 – 5,20	Jíl, hnědošedý, prachovitý, s laminkami žlutošedého písku, laminky mají čočkovitý průběh

Vzorky:

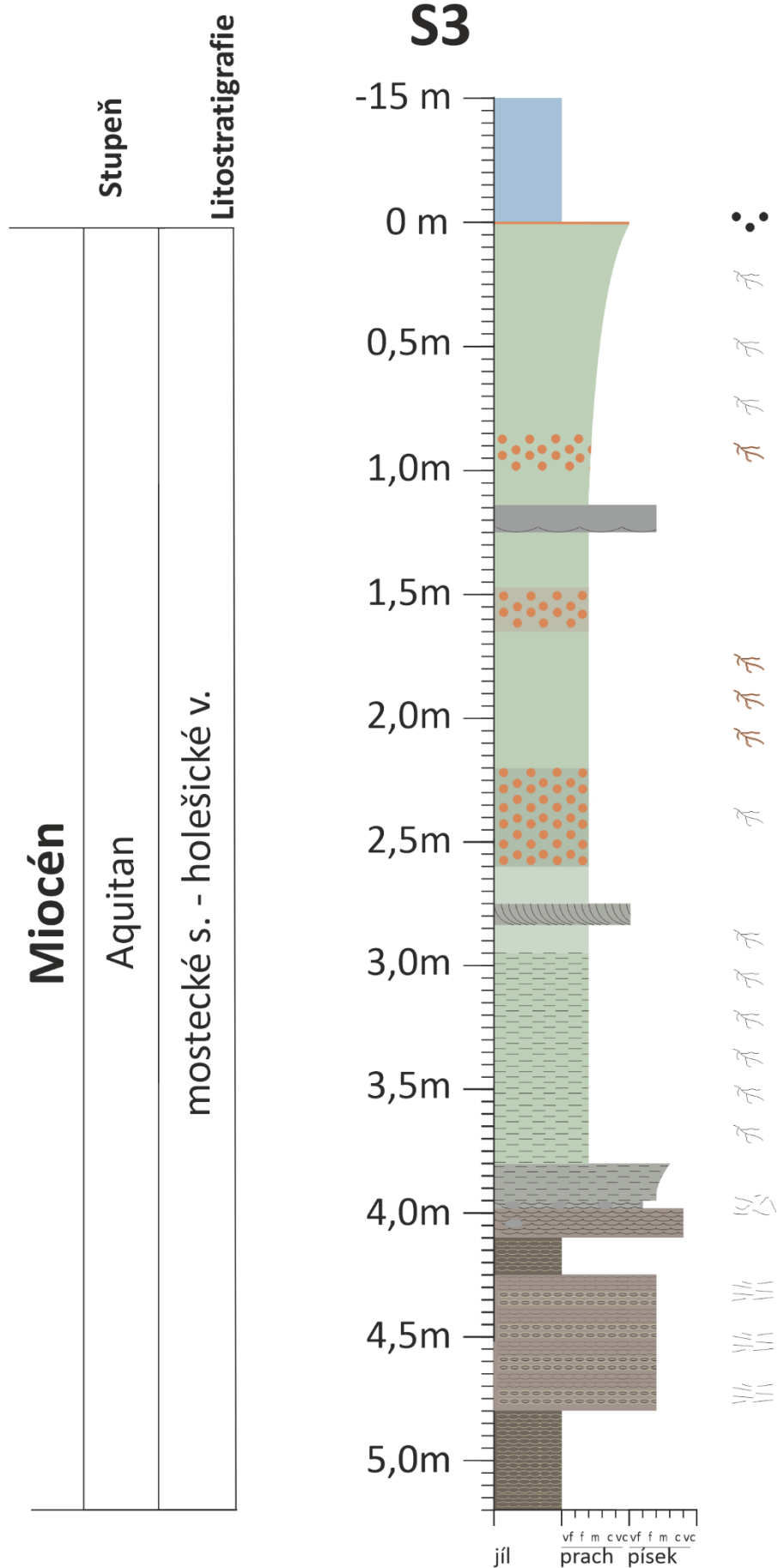
3a: 0 – 1 m

3b: 1,40 – 1,75 m

3c: 2,20 – 2,60 m






3d: 2,60 – 3,40 m

Profil 3: Litologický profil sondy S3, legenda na další straně.











## Legenda:





### Písky

-  pískovec s obsahem pelokarbonátových dutinek
-  písek šedý
-  písek světle šedý
-  písek šedý až hnědošedý
-  písek hnědošedý

### Sekundární obsah

-  konkrce sideritu
-  zuhelnatělé dutinky
-  rostlinná drť
-  polohy jílu
-  úlomky xylitu
-  prohnětení
-  zuhelnatělé kořinky rostlin
-  zuhelnatělé kořinky rostlin se sideritovým lemem







### Silty

-  silt zelenavě šedý až hnědý
-  silt šedozelelý
-  silt zelenavě šedý
-  silt jílovitý, zelenavě šedý

### Jíly

-  břeštanské jíly
-  jíly hnědo šedé

### Textury

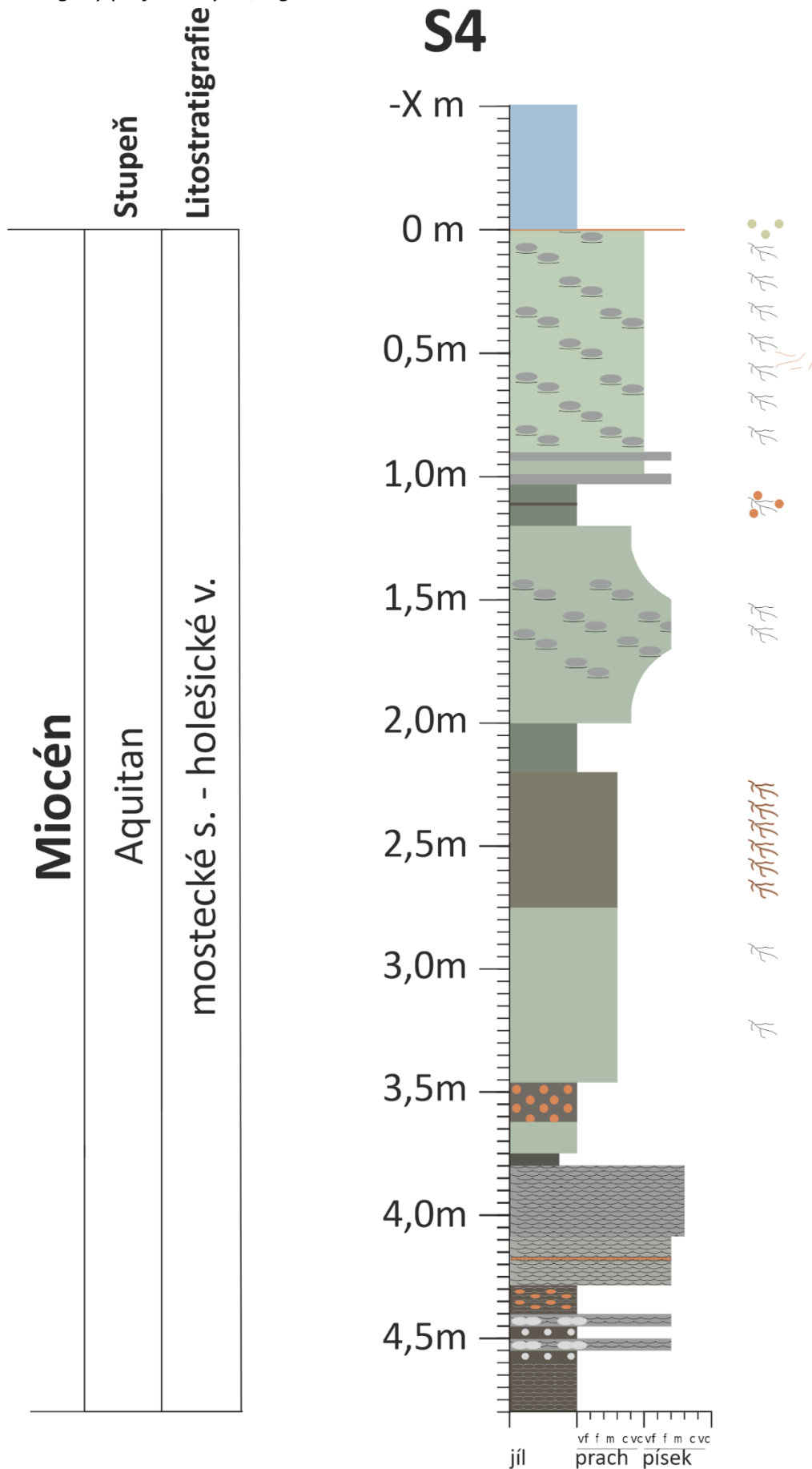
-  čeřinové zvrstvení
-  nevýrazná vrstevnatost
-  šikmé zvrstvení
-  čočkovité laminky žlutošedého písku
-  čočkovité laminky žlutošedého písku s čeřinovým zvrstvením
-  laminky hnědošedého jílu

Tabulka 4: Popis sondy S4.

h (m)	Popis sondy S4
- X – 0	Jíl, hnědošedý, prachovitý, břeštánské jíly
0 – 0,01	Písek, oranžově hnědý, středně zrnitý, místy s drobnými konkracemi (až 1 cm), pravděpodobně silicit
0,01 – 0,90	Silt až velmi jemnozrnný písek, světle zelenavě šedý, s četnými zuhelnatělými kořínky rostlin, jemnozrnný písek místy vytváří nepravidelné čočkovité útvary, zahnětené do siltu, 0,50 – 0,60 pokroucené limonitové útvary, trubičkovitý tvar o průměru až 3 mm – patrně zbytky po kořenech rostlin
0,90 – 0,94	Nepravidelná vrstva šedého jemnozrnného písku
0,94 – 0,99	Silt, zelenavě šedý
0,99 – 1,03	Vrstva písku, šedý, jemnozrnný, na spodu i svrchu nepravidelně ohraničena
1,03 – 1,20	Jíl silně prachovitý, zelenavě šedý, s tenkou hnědou laminkou uprostřed sedimentu, místy zuhelnatělé kořínky rostlin, kolem nich se nachází sideritové konkrace
1,20 – 2,00	Silt, zelenavě šedý, ve středu polohy až jemnozrnný písek, s četnými zuhelnatělými kořínky rostlin o průměru až 5 cm a délce až 60 cm, v písčitéjším úseku zřetelné nepravidelné útvary písku ve formě čoček zahnětených do siltu
2,00 – 2,20	Jíl silně prachovitý, zelenavě šedý
2,20 – 2,75	Silt, hnědý až zelenavě šedý, s četnými zuhelnatělými kořínky rostlin, s oranžovými lemy
2,75 – 3,46	Silt, silně jílovitý, zelenavě šedý, místy zuhelnatělé kořínky rostlin
3,46 – 3,63	Silt až jíl, hnědavě šedý, s četnými milimetrovými konkracemi patrně sideritu, oranžové
3,63 – 3,80	Jíl silně prachovitý až silt silně jílovitý, zelenavě šedý, na bázi 5 cm vrstva jílu hnědavě zelenavě šedého
3,80 – 4,08	Písek, šedý, středně zrnitý, s nevýrazným čeřinovým zvrstvením,
4,08 – 4,28	Písek, světle šedý, jemnozrnný, s čeřinovým zvrstvením, ve středu polohy 4 cm mineralizovaná vrstva se sideritem
4,28 – 4,40	Jíl, hnědý, silně prachovitý až písčitý, s laminami písku, světle šedého, jemnozrnného, s čočkovitým průběhem, uprostřed sideritové konkrace, diskovitý tvar, 10 x 2,5 cm
4,40 – 4,60	Střídání jemnozrnného písku, šedého, s čeřinovým zvrstvením, s vrstvičkami jílu, hnědé, písčitého, laminovaného v horní části struktury balls and pillows (zapadání čeřin do podložního jílu)
4,60 – 4,80	Jíl, hnědý, prachovitý, laminovaný s pískem jemnozrnným (laminy do 1 mm)






Profil 4: Litologický profil sondy S4, legenda na další straně.



## Legenda:





### Písky

-  písek oranžově hnědý
-  písek šedý
-  písek světle šedý








### Silty

-  silt šedozeleň
-  silt zelenavě šedý
-  silt jílovitý, zelenavě šedý
-  silt hnědý až zelenavě šedý
-  silt až jíl hnědavě šedý





### Jíly

-  břeštánské jíly
-  jíl silně prachovitý, zelenavě šedý
-  jíl hnědý až zelenavě šedý
-  jíl hnědo šedý

### Sekundární obsah

-  konkrce silicitu
-  zuhelnatělé kořinky rostlin
-  pokroucené limonitové útvary
-  konkrce sideritu
-  zuhelnatělé kořinky rostlin se sideritovým lemem
-  mineralizovaná vrstva se sideritem
-  diskovité konkrce sideritu

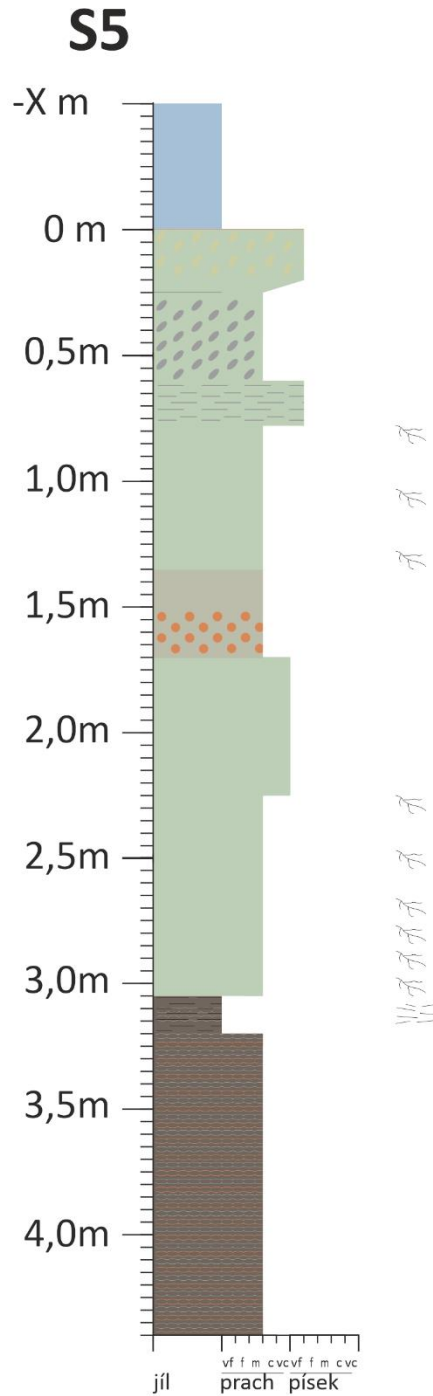
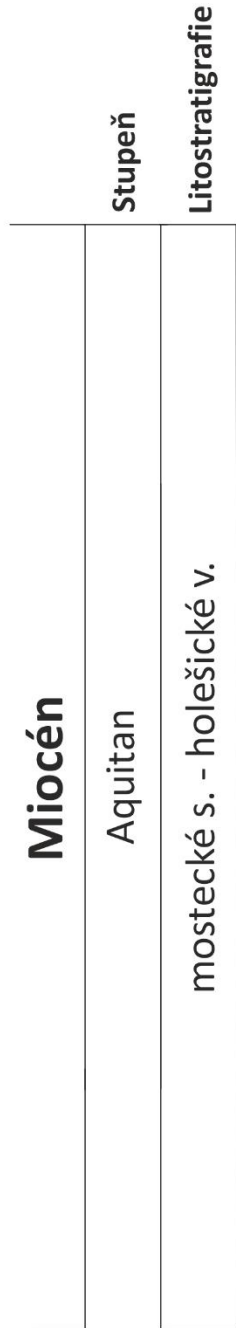
### Textury

-  čocky jemnozrného písku zahrněné do siltu
-  čeřinové zvrstvení
-  pillows and balls struktura
-  čockovité laminky šedého písku

Tabulka 5: Popis sondy S5.

h (m)	Popis sondy S5
- X – 0	Jíl, hnědošedý, prachovitý, břeštánské jíly
0 – 0,25	Písek, zelenavě šedý, velmi jemnozrnný, na bázi přechází v silt, na stropu vrstvy zelenavě šedé smouhování – pyritizace, horní omezení má až oranžovou barvu, báze 3 mm jílu hnědého
0,25 – 0,60	Silt, zelenavě šedý, se smouhami písku, velmi jemnozrnného, šedého, nepravidelné tvary
0,60 – 0,77	Písek, světle zelenavě šedý, velmi jemnozrnný, s příměsí siltu v podobě ? nepravidelných vrstviček
0,77 – 1,35	Silt, zelenavě šedý, místy zuhelnatělé kořínky rostlin
1,35 – 1,70	Silt, zelenavě šedý až hnědošedý, ve spodní polovině sideritizace -> vznik konkréci, oranžové zvětrávání
1,70 – 2,25	Silt až jemnozrnný písek, zelenavě šedý, oranžově skvrnitý
2,25 – 3,05	Silt, zelenavě šedý, ve spodu přechází až v jíl prachovitý, ve spodní polovině zvýšená četnost zuhelnatělých kořínků rostlin
3,05 – 3,20	Jíl, hnědošedý, nepravidelně vrstevnatý, místy s čokovitými laminkami písku, vzácně větší úlomky uhelné hmoty
3,20 – 3,65	Střídání vrstviček písku, šedého, jemnozrnného s vrstvičkami jílu prachovitého, hnědého, čeřinové zvrstvení v písku, na stropu písčitých vrstev drobné úlomky uhelné hmoty
3,65 – 4,40	Jíl silně prachovito-písčitý, hnědošedý, laminovaný milimetrovými vrstvičkami písku světle šedého, velmi jemnozrnného, od 4,15 do 4,21 -> vrstva sideritizovaného jílu

Profil 5: Litologický profil sondy S5.





**Legenda:**

**Písky**

 písek zelenavě šedý






**Silty**

 silt zelenavě šedý  
 silt zelenavě šedý až hnědý

**Jíly**

 břešťanské jíly  
 jíl hnědo šedý  
 heterolit

**Sekundární obsah**

-  konkrce sideritu
-  pyritizace
-  smouhy písku
-  zuhelnatělé kořinky rostlin
-  úlomky xylitu

**Textury**

-  nepravidelná vrstevnatost

Tabulka 6: Popis sondy S6. Intervaly zvýrazněné tučně jsou intervaly vzorků.

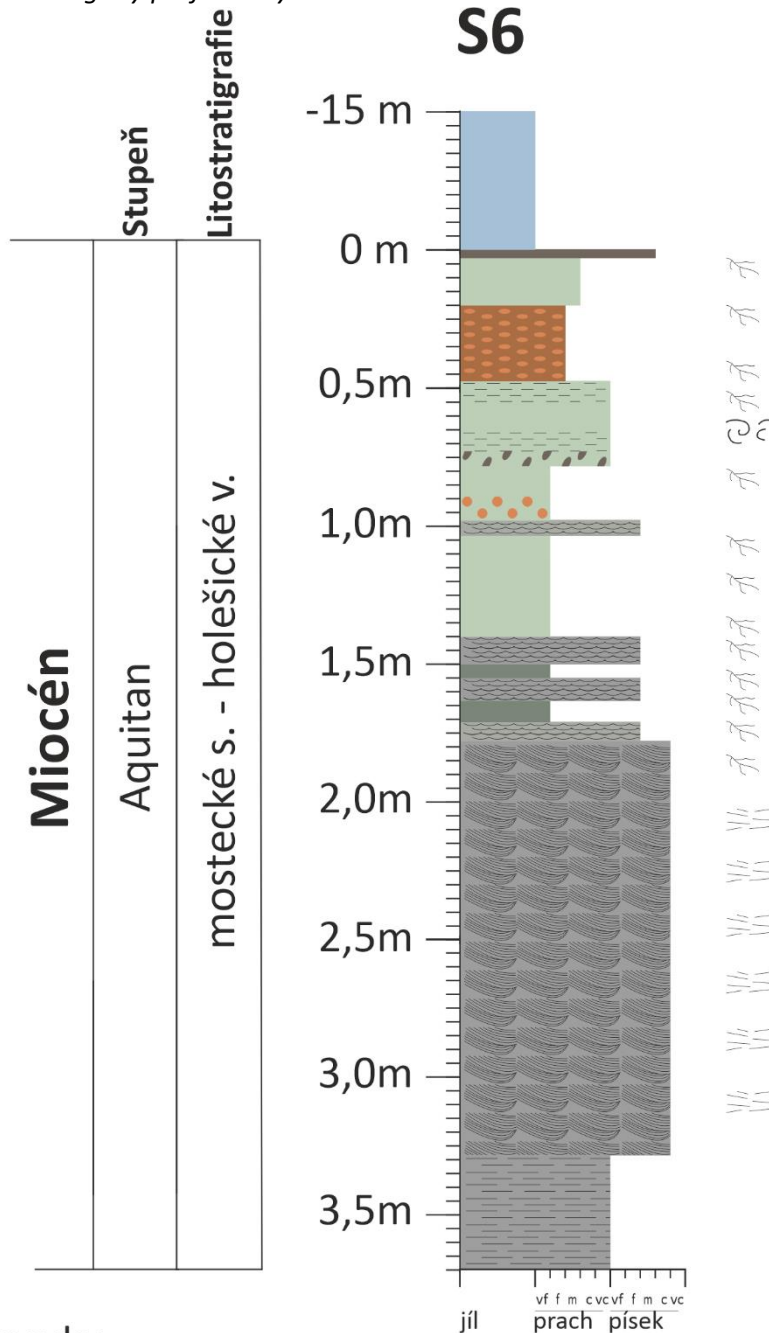
h (m)	Popis sondy S-6
-0,60 – 0	Jíl, hnědošedý, prachovitý, břeštánské jíly
0,0 – 0,03	Písek, hnědošedý, středně zrnitý
0,03 – 0,20	Silt, zelenavě šedý, ve svrchní části s úlomky zuhelnatělé drtě – kořeny
0,20 – 0,47	Pelokarbonát, oranžově hnědý, velmi pevný – konkrce dis. tvaru, uvnitř a na bázi zuhelnatělé kořínky o průměru až 5 cm
<b>0,47 – 0,73</b>	<b>Silt, zelenavě šedý, místy vrstevnatý, místy bioturbovaný, kořínky rostlin</b>
0,73 – 0,77	Silt, zelenavě šedý, s drobnými (průměrně 3 cm) sideritizovanými úseky hnědé barvy
0,77 – 0,98	Silt až jíl, silt, bez náznaků vrstevnatosti, místy s hojnými kořínky rostlin, ve spodní třetině hojný výskyt do 3 mm velkých konkrací sideritu oranžové barvy
0,98 – 1,04	Písek, jemnozrnný, s čeřinovým zvrstvením, místy s drobnými zuhelnatělými kořínky rostlin
<b>1,04 – 1,40</b>	<b>Jíl silně prachovitý až silt, zelenavě šedý, bez příznaků vrstevnatosti, s množstvím zuhelnatělých kořínků rostlin o průměru do několika cm</b>
1,40 – 1,50	Písek, jemnozrnný, šedý, s čeřinovým zvrstvením, porušený místy zuhelnatělými kořínky rostlin o průměru 1 – 20 mm
1,50 – 1,55	Jíl, zelenavě šedý, prach bez známek vrstevnatosti, s drobnými zuhelnatělými kořínky rostlin
1,55 – 1,64	Písek, jemnozrnný, šedý, s čeřinovým zvrstvením, porušený místy zuhelnatělými kořínky rostlin o průměru 1 – 20 mm
1,64 – 1,71	Jíl, světle šedý až zelenavě šedý, bez známek vrstevnatosti, s množstvím zuhelnatělých kořínků rostlin
1,71 – 1,77	Písek, světle šedý, jemnozrnný s čeřinovým zvrstvením
1,77 – 3,27	Písek, šedý středně až hrubě zrnitý, výmolové zvrstvení, místy větší úlomky uhelné hmoty, na stropu cca 5 cm zóna s drobnými zuhelnatělými kořínky rostlin
3,27 – 3,77	Silt písčitý, šedý, vrstevnatý, laminy písku místy čočkovité, místy souvislé

Vzorky:

6a – 0,47 – 0,73 m

6b – 1,04 – 1,40 m

Profil 6: Litologický profil sondy S6.



**Legenda:**

**Písky**

- písek šedý
- písek světle šedý
- písek hnědošedý

**Sekundární obsah**

- zuhelnatělé kořinky rostlin
- diskovité konkrce sideritu
- konkrce sideritu
- sideritizace
- úlomky xylitu

**Silty**

- silt zelenavě šedý
- silt šedý písčitý
- pelokarbonát

**Textury**

- nevýrazná vrstevnatost
- čeřinové zvrstvení
- výmolové zvrstvení
- vrstevnatost

**Jíly**

- břešťanské jíly
- jíly silně prachovité, zelenavě šedé

Tabulka 7: Popis sondy S7. Intervaly zvýrazněné tučně jsou intervaly vzorků.

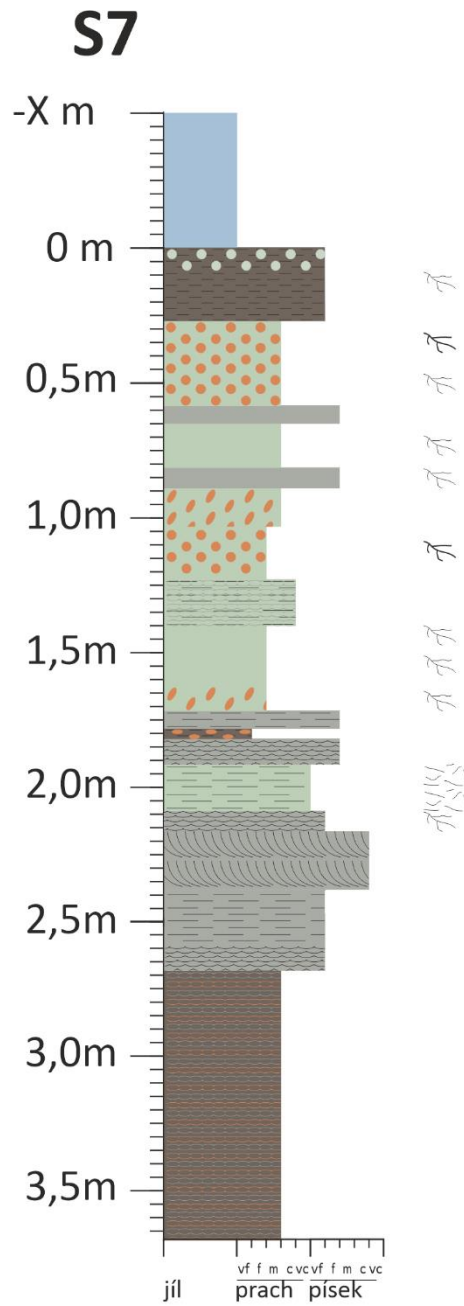
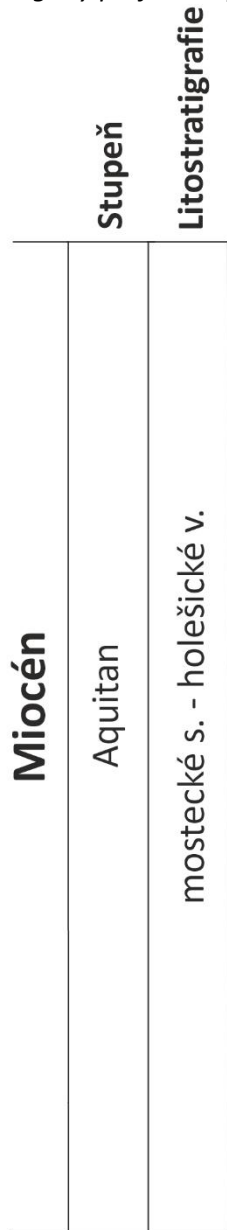
h (m)	Popis sondy S-7
- X – 0	Jíl, hnědošedý, prachovitý, břeštánské jíly
0 – 0,27	Písek, hnědo šedý, velmi jemnozrný, místy se zuhelnatělými kořínky rostlin, vrstevnatost nezřetelná, horní 1/3 místy konkrece s markazitem, šedozeleň barvy o průměru až 2 cm
0,27 – 0,57	Silt, světle zelenavě šedý, bez vrstevnatosti, s drobnými konkrecemi sideritu do 0,5 cm a zuhelnatělými kořínky rostli, na stropě vrstvy kořeny o průměru až 5 cm
0,57 – 0,65	Písek, jemnozrný, světle šedý, bez vrstevnatosti
0,65 – 0,81	Silt, světle zelenavě šedý, s množstvím zuhelnatělých kořínků rostlin, bez vrstevnatosti
0,81 – 0,89	Písek, světle šedý, jemnozrný, s zuhelnatělými kořínky rostlin
0,89 – 1,03	Silt, světle zelenavě šedý, se sideritizovanými polohami, čokovitého tvaru, oranžové barvy, o průměru do 3 cm
1,03 – 1,23	Silt jílovitý, s většími zuhelnatělými kořeny, nevrstevantý, konkrece sideritu do 3 cm
<b>1,23 – 1,40</b>	<b>Silt až jemnozrný písek, horizontálně zvrstvený, laminky písky místy s čokovitým průběhem</b>
<b>1,40 – 1,72</b>	<b>Jíl, zelenošedý, silně prachovitý, se zuhelnatělými kořínky rostlin napříč vrstvou o průměru až 5 cm, ve spodních 10 cm sideritizované úseky oranžové barvy o průměru do 3 mm</b>
1,72 – 1,78	Písek, světle šedý, jemnozrný, horizontálně zvrstvený
1,78 – 1,82	Jíl, hnědošedý, silně prachovitý, nezřetelné horizontální zvrstvení, s diskovitými konkrecemi sideritu až 4 cm
1,82 – 1,91	Písek, světle šedý, jemnozrný, drobně čeřinově zvrstvený
1,91 – 2,09	Silt až písek jemnozrný, horizontálně laminovaný, laminace tvořena drobnou zuhelnatělou rostlinou drtí
2,09 – 2,16	Písek, velmi jemnozrný, světle šedý, čeřinově zvrstvený, na stropě zuhelnatělé kořínky rostlin
2,16 – 2,37	Písek, středně zrnitý až hrubozrný, šikmé zvrstvení, úklon vrstev od J na S, průběh vrstvy výrazně čokovitý (duny, povodně, koryto?), báze vrstvy nerovná, vzácně v hrubých partiích ostrohranné úlomky jílu hnědošedého
2,37 – 2,67	Písek, velmi jemnozrný, světle šedý, horizontálně zvrstvený, ve spodní 1/3 čeřinově zvrstvený, zhruba uprostřed tenké laminky jílu
2,67 – <12	Písčitý jíl, heterolit, vrstevnatost až laminace tvořena vrstvičkami hnědošedého jílu až slitu

Vzorky:

7a – 1,23 – 1,40 m

7b – 1,40 – 1,72 m

Profil 7: Litologický profil sondy S7.



**Legenda:**

**Písky**

- písek hnědošedý
- písek světle šedý

**Silty**

- silt šedozelený

**Jíly**

- břestánské jíly
- jíl hnědo šedý
- heterolit

**Sekundární obsah**

- konkrece markazitu
- konkrece sideritu
- sideritizace oranžová
- zuhelnatělé kořinky rostlin
- zuhelnatělé kořeny stromů
- rostlinná dř

**Textury**

- nevýrazná vrstevnatost
- horizontální vrstevnatost
- čeřinové zvrstvení
- šikmé zvrstvení
- čočkovité laminky šedého písku



Tabulka 8: Popis sondy S8. Intervaly zvýrazněné tučně jsou intervaly vzorků.

h (m)	Popis sondy S-8
-1 – 0	Jíl, hnědošedý, prachovitý, břeštánské jíly
0,0 – 0,03	Písek, jemný, hnědý, bez výrazné vrstevnatosti
0,03 – 0,30	Písek, jemnozrnný, světle hnědošedý, s náznaky horizontálního zvrstvení, (hor. Čočky jílu šedého), horní 1/3 vrstvy časté markazitové konkrece oválného tvaru do 2 cm, ve spodní 1/3 četné úlomky rostliné drtě i větších úlomků uhelné hmoty – zdá se alochtonní (dopraven sem tokem)
0,30 – 0,50	Silt, hnědošedý, horizontálně zvrstvený, vrstevnatost tvoří lemy bílého písku, místy mají laminky čočkovitý průběh
0,50 – 0,51	Jílovec uhelnatý
<b>0,51 – 1,05</b>	<b>Jíl, zelenavě šedý, silně prachovitý až silt, napříč celou vrstvou zuhelnatělé kořeny rostlin o průměru až 5 cm a délce 40 cm, ve spodních 30 cm časté konkrece sideritu kulovitěho tvaru o rozměrech do 1 cm</b>
1,05 – 1,25	Písek, světle šedý, jemnozrnný, bez náznaku vrstevnatosti
1,25 – 1,47	Písek, jemnozrnný, světle šedý, horizontálně zvrstvený až laminovaný, do spodu přecházející do siltu písčitého, šedého, ve spodních 10 cm místy konkrece sideritu oválného tvaru do 3 cm
<b>1,47 – 1,94</b>	<b>Silně prachovitý jíl, zelenavě šedý, bez vrstevnatosti, s četným výskytem zuhelnatělých kořínků rostlin a sideritizovanými úseky o velikosti do 1 cm, největší frekvence ve spodních 20 cm</b>
1,94 – 2,37	Písek, světle šedý, jemnozrnný, horizontálně zvrstvený, vrstevnatost místy zvýrazněná laminami a čočkami jílu hnědo šedého
2,37 – 3,37	Heterolit, písčito jílovitý, s převahou písku, horizontálně zvrstvený, písčitá složka – laminky, čočky (čeřinky)

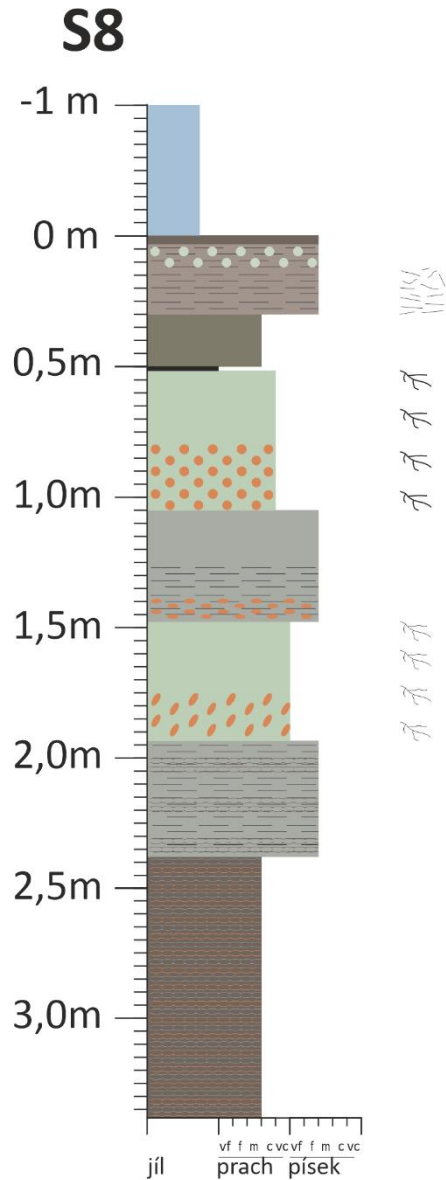
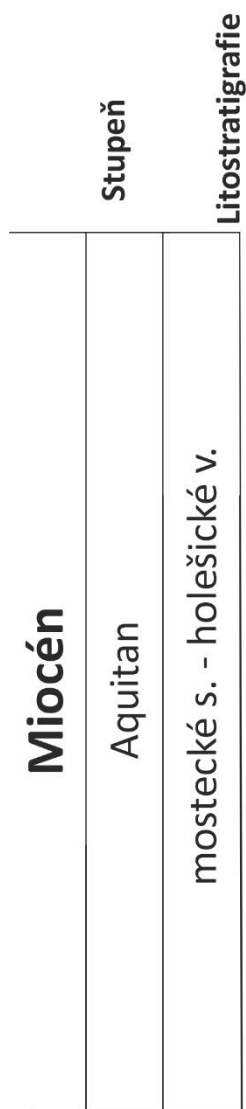
Vzorky:

8a – první polovina z intervalu 0,51 – 1,05 m

8b – druhá polovina z intervalu 0,51 – 1,05 m

8c – 1,47 – 1,94 m

Profil 8: Litologický profil sondy S8.



### Legenda:

#### Písky

- písek hnědý
- písek šedý až hnědošedý
- písek světle šedý

#### Sekundární obsah

- konkrce markazitu
- konkrce sideritu
- diskovité konkrce sideritu
- sideritizace oranžová
- rostlinná drť
- úlomky xylitu
- zuhelnatělé kořeny stromů
- zuhelnatělé kořinky rostlin

#### Silty

- silt hnědý až zelenavě šedý
- silt šedozelený

#### Textury

- horizontální vrstevnatost
- laminky hnědošedého jílu

#### Jíly

- břešťanské jíly
- jílovec uhelnatý
- heterolit

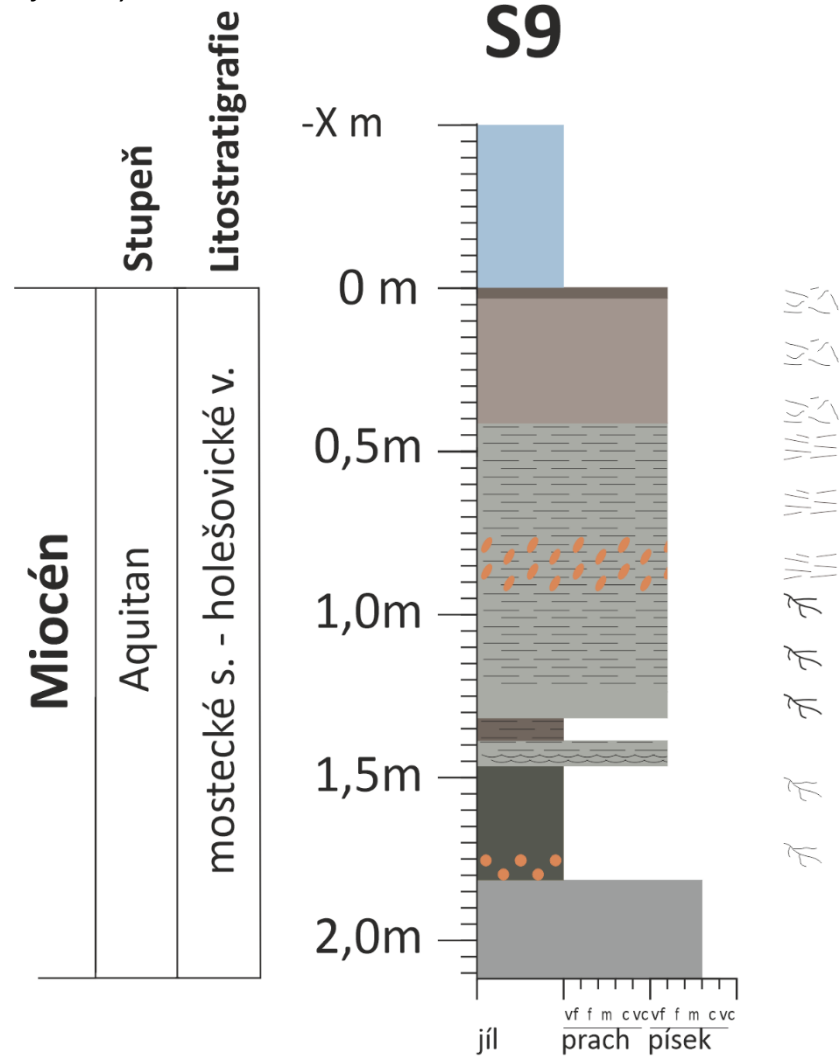
Tabulka 9: Popis sondy S9. Intervaly zvýrazněné tučně jsou intervaly vzorků.

h (m)	Popis sondy S-9
- 1 – 0	Jíl, hnědošedý, prachovitý, břeštanské jíly
0 – 0,03	Písek až silt, velmi jemnozrnný, hnědý, s drobnými úlomky zuhelnatělé rostlinné drtě
0,03 – 0,41	Písek, hnědo šedý, jemnozrnný bez výrazných textur, ve spodní ½ zvýšené množství zuhelnatělé rostlinné drtě, spíše alochtonního původu
<b>0,41 – 0,94</b>	<b>Písek, jemnozrnný, horizontálně zvrstvený, místy napříč vrstvou velké úlomky uhelné hmoty (kořeny stromu) o průměru až do 7 cm, ve spodní části časté oranžové úseky sideritizace oválného tvaru o průměru do 1 cm</b>
0,94 – 1,24	Písek, jemnozrnný, horizontálně zvrstvený, místy laminy šedého jílu, vrstvou pronikají zuhelnatělé kořeny stromů
1,24 – 1,32	Písek, jemnozrnný, bělošedý, bez výrazných texturních znaků, pokračuje pronikání zuhelnatělých kořenů stromů napříč vrstvou
1,32 – 1,39	Jíl silně písčitý, hnědošedý, horizontálně zvrstvený
1,39 – 1,46	Písek, jemnozrnný, světle šedý, horizontálně až čeřinově zvrstvený, místy s ččkami jílu
1,46 – 1,81	Jíl, hnědo šedý až zelenavě šedý, s četnými zuhelnatělými kořínky rostlin, ve spodních 10 cm četné drobné konkrce až sideritizované úseky jílu nepravidelného tvaru o průměru do 5 mm
1,81 – 2,11	Písek, středně zrnitý, šedý, bez výrazné vrstevnatosti

Vzorky:

9a – 0,49 – 0,94 m

Profil 9: Litologický profil sondy S9.






### Legenda:







#### Písky

-  písek hnědý
-  písek hnědošedý
-  písek světle šedý
-  písek šedý



#### Jíly

-  břestánské jíly
-  jíl hnědošedý
-  jíl zelenavě šedý

#### Sekundární obsah

-  rostlinná drť
-  úlomky xylitu
-  sideritizace oranžová
-  zuhelnatělé kořeny stromů
-  zuhelnatělé kořínky rostlin
-  konkrce sideritu

#### Textury

-  vrstevnatost
-  čeřinové zvrstvení

Příloha 2: Ternární diagramy zrnitosti vzorků dle Folka (1954).

Diagram 1: Ternární diagram vzorků sondy S1 dle Folka (1954).

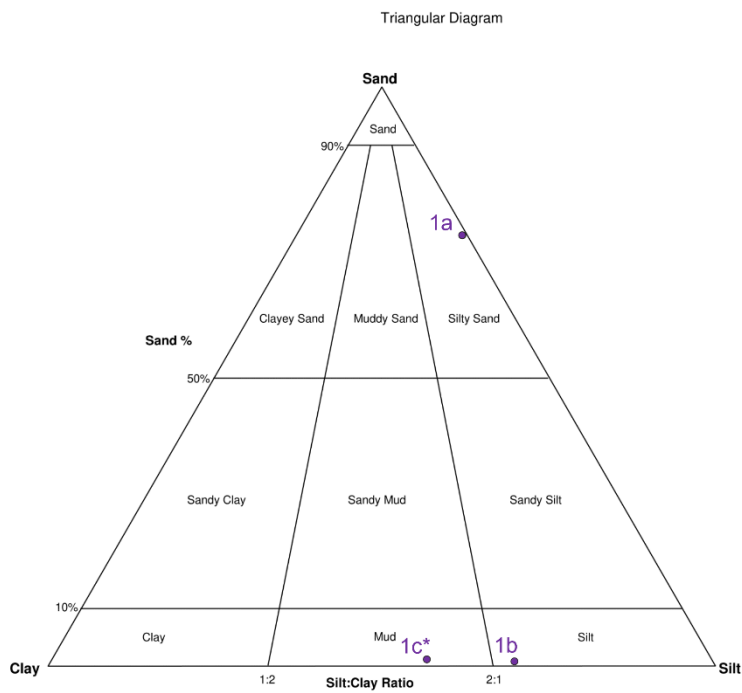


Diagram 2: Ternární diagram vzorků sondy S2 dle Folka (1954).

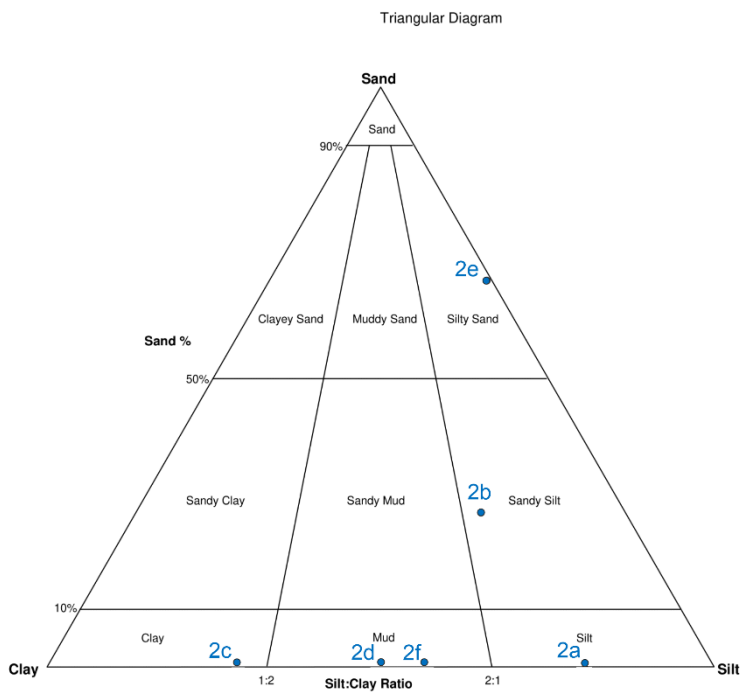


Diagram 3: Ternární diagram vzorků sondy S3 dle Folka (1954).

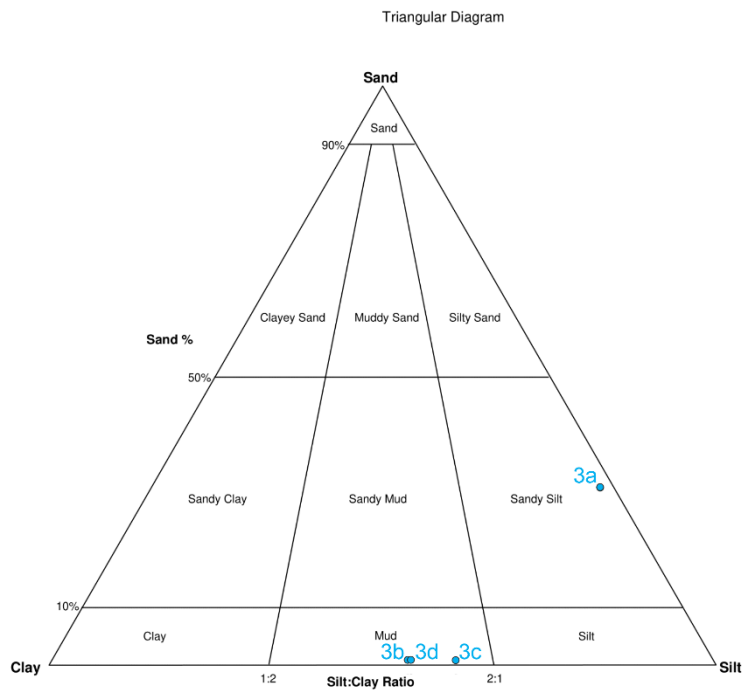


Diagram 4: Ternární diagram vzorků sondy S6 dle Folka (1954).

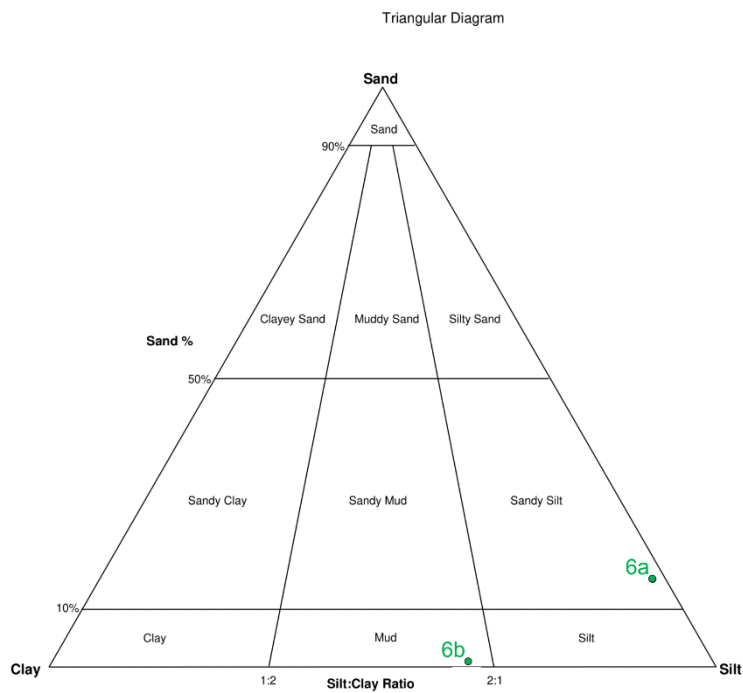


Diagram 5: Ternární diagram vzorků sondy S7 dle Folka (1954).

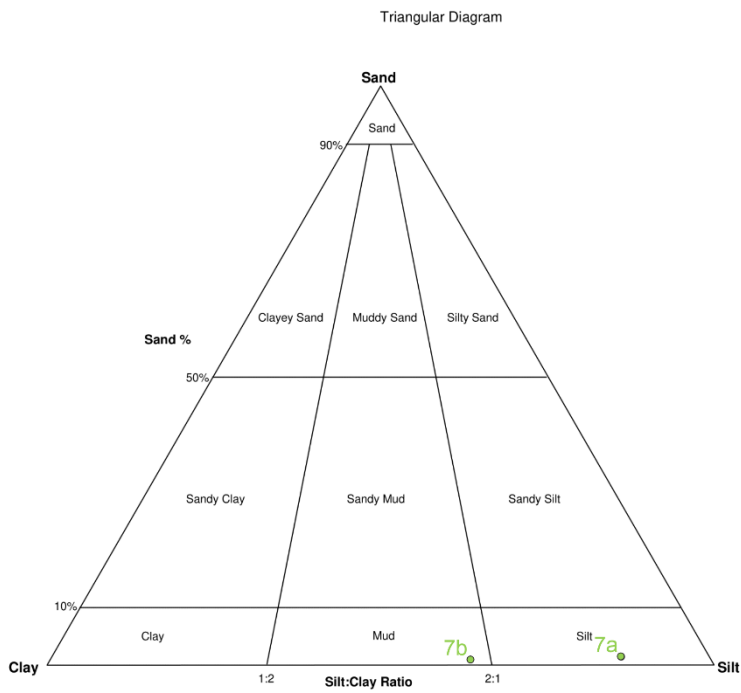


Diagram 6: Ternární diagram vzorků sondy S8 dle Folka (1954).

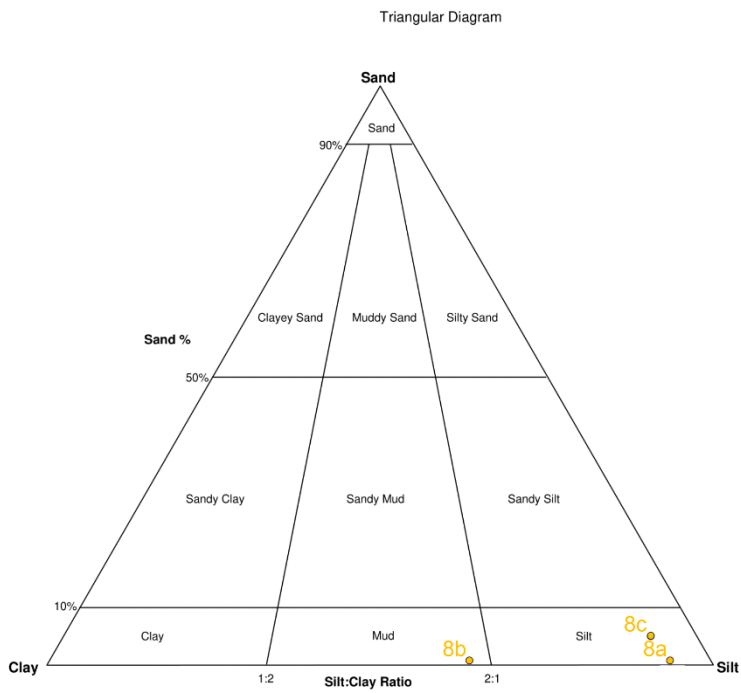
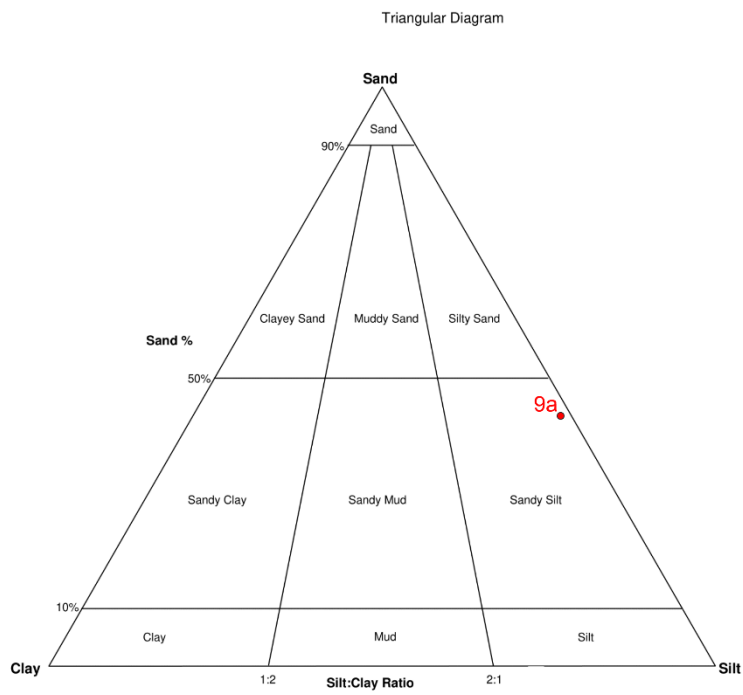


Diagram 7: Ternární diagram vzorků sondy S9 dle Folka (1954).

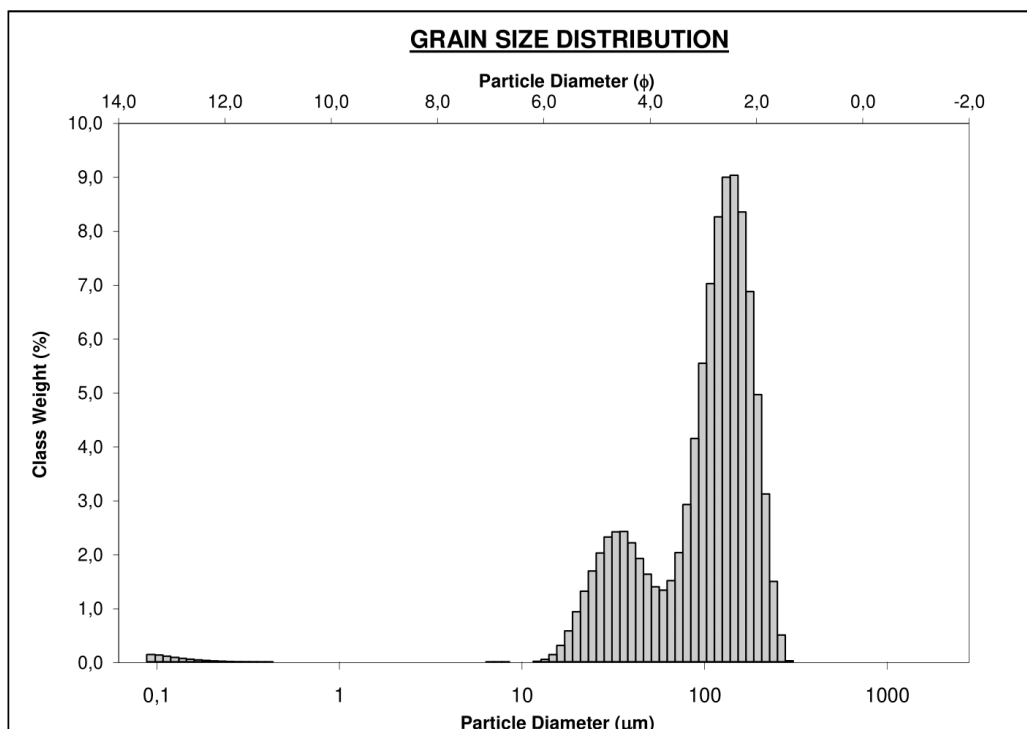




Příloha 3: Zrnitostní křivky a statistiky jednotlivých vzorků.

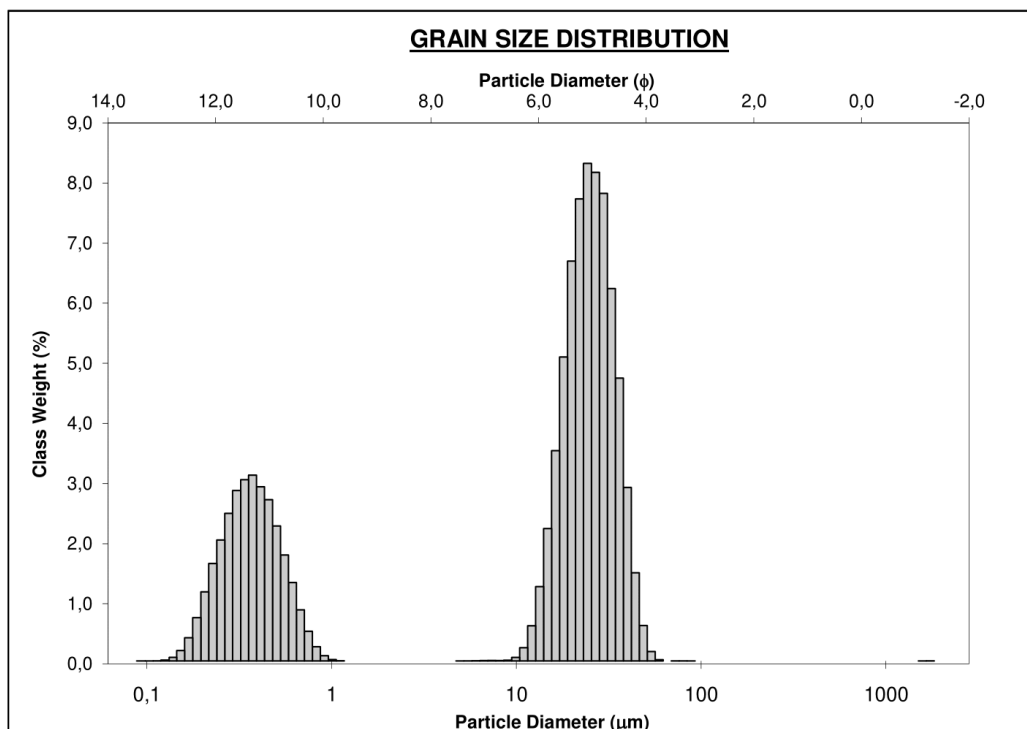
Zrnitostní křivka a statistiky vzorku 1a.

<b>SAMPLE STATISTICS</b>						
SAMPLE IDENTITY: <b>1a</b>			ANALYST & DATE: ,			
SAMPLE TYPE: Bimodal, Moderately Sorted			TEXTURAL GROUP: Muddy Sand			
SEDIMENT NAME: Very Coarse Silty Fine Sand						
	$\mu\text{m}$	$\phi$	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	145,3	2,785	GRAVEL: 0,0%	COARSE SAND: 0,0%		
MODE 2:	36,14	4,792	SAND: 76,2%	MEDIUM SAND: 0,6%		
MODE 3:			MUD: 23,8%	FINE SAND: 43,6%		
D <sub>10</sub> :	30,86	2,418		V FINE SAND: 32,0%		
MEDIAN or D <sub>50</sub> :	116,7	3,099	V COARSE GRAVEL: 0,0%	V COARSE SILT: 13,5%		
D <sub>90</sub> :	187,1	5,018	COARSE GRAVEL: 0,0%	COARSE SILT: 9,4%		
(D <sub>90</sub> / D <sub>10</sub> ):	6,062	2,075	MEDIUM GRAVEL: 0,0%	MEDIUM SILT: 0,2%		
(D <sub>90</sub> - D <sub>10</sub> ):	156,2	2,600	FINE GRAVEL: 0,0%	FINE SILT: 0,0%		
(D <sub>75</sub> / D <sub>25</sub> ):	2,278	1,440	V FINE GRAVEL: 0,0%	V FINE SILT: 0,0%		
(D <sub>75</sub> - D <sub>25</sub> ):	86,36	1,188	V COARSE SAND: 0,0%	CLAY: 0,7%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\phi$	$\mu\text{m}$	$\phi$	
MEAN ( $\bar{x}$ ):	113,4	91,58	3,449	92,45	3,435	Very Fine Sand
SORTING ( $\sigma$ ):	57,50	2,346	1,230	1,996	0,997	Moderately Sorted
SKEWNESS ( $Sk$ ):	0,053	-3,497	3,497	-0,470	0,470	Very Fine Skewed
KURTOSIS ( $K$ ):	2,289	25,65	25,65	1,064	1,064	Mesokurtic



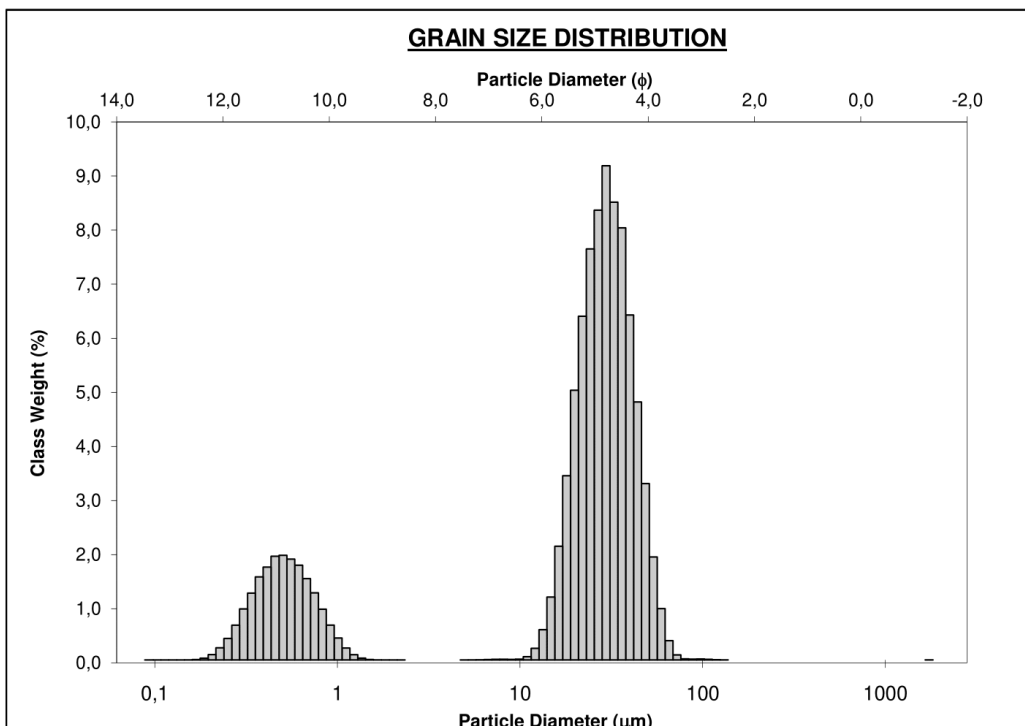
Zrnitostní křivka a statistiky vzorku 1b.

<b>SAMPLE STATISTICS</b>						
SAMPLE IDENTITY: <b>1b</b>			ANALYST & DATE: ,			
SAMPLE TYPE: Bimodal, Very Poorly Sorted			TEXTURAL GROUP: Mud			
SEDIMENT NAME: Coarse Silt						
	$\mu\text{m}$	$\phi$	<b>GRAIN SIZE DISTRIBUTION</b>			
MODE 1:	24,29	5,365	GRAVEL: 0,0%		COARSE SAND: 0,0%	
MODE 2:	0,374	11,39	SAND: 0,0%		MEDIUM SAND: 0,0%	
MODE 3:			MUD: 100,0%		FINE SAND: 0,0%	
D <sub>10</sub> :	0,303	4,862	V COARSE GRAVEL: 0,0%		V FINE SAND: 0,0%	
MEDIAN or D <sub>50</sub> :	20,62	5,600	COARSE GRAVEL: 0,0%		V COARSE SILT: 16,1%	
D <sub>90</sub> :	34,40	11,69	MEDIUM GRAVEL: 0,0%		COARSE SILT: 48,3%	
(D <sub>90</sub> / D <sub>10</sub> ):	113,4	2,404	FINE GRAVEL: 0,0%		MEDIUM SILT: 4,7%	
(D <sub>90</sub> - D <sub>10</sub> ):	34,09	6,825	V FINE GRAVEL: 0,0%		FINE SILT: 0,0%	
(D <sub>75</sub> / D <sub>25</sub> ):	55,19	2,121	V COARSE SAND: 0,0%		V FINE SILT: 0,0%	
(D <sub>75</sub> - D <sub>25</sub> ):	27,45	5,786	CLAY: 30,9%			
	<b>METHOD OF MOMENTS</b>			<b>FOLK &amp; WARD METHOD</b>		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\phi$	$\mu\text{m}$	$\phi$	
MEAN ( $\bar{x}$ ):	18,08	6,721	7,217	6,198	7,334	Fine Silt
SORTING ( $\sigma$ ):	14,80	7,236	2,855	6,513	2,703	Very Poorly Sorted
SKEWNESS ( $Sk$ ):	20,11	-0,810	0,810	-0,783	0,783	Very Fine Skewed
KURTOSIS ( $K$ ):	2348,3	1,778	1,778	0,515	0,515	Very Platykurtic



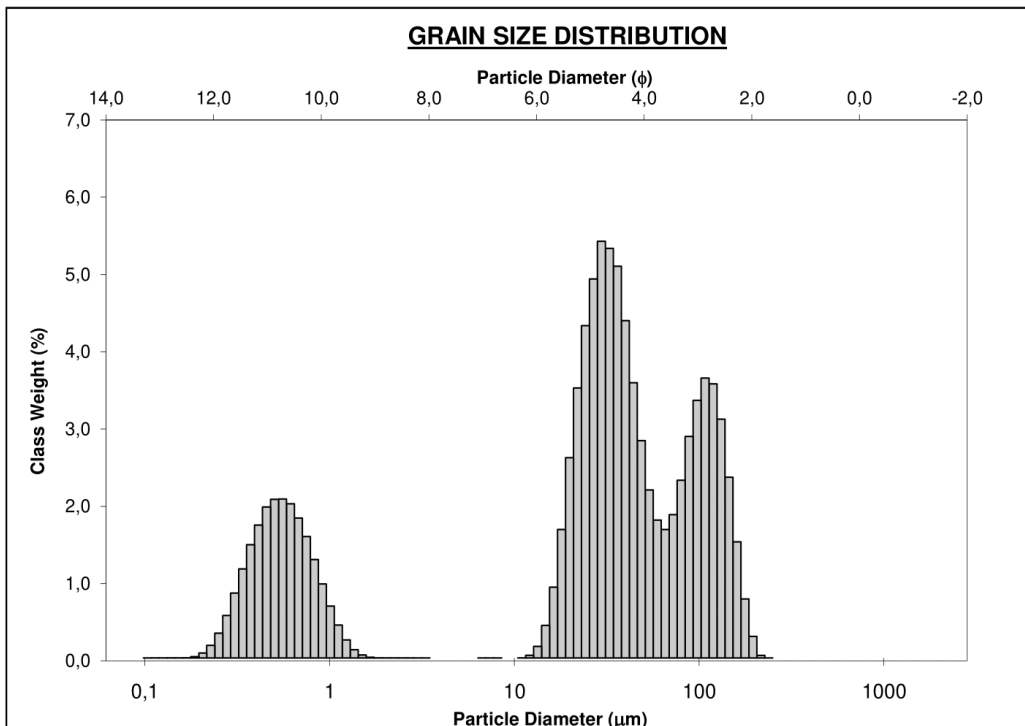
Zrnitostní křivka a statistiky vzorku 2a.

<b>SAMPLE STATISTICS</b>						
SAMPLE IDENTITY: <b>2a</b>			ANALYST & DATE: ,			
SAMPLE TYPE: Bimodal, Very Poorly Sorted			TEXTURAL GROUP: Mud			
SEDIMENT NAME: Coarse Silt						
	$\mu\text{m}$	$\phi$	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	29,63	5,079	GRAVEL: 0,0%		COARSE SAND: 0,0%	
MODE 2:	0,504	10,96	SAND: 0,5%		MEDIUM SAND: 0,0%	
MODE 3:			MUD: 99,5%		FINE SAND: 0,0%	
D <sub>10</sub> :	0,504	4,528	V FINE SAND: 0,5%		V FINE SILT: 0,0%	
MEDIAN or D <sub>50</sub> :	26,39	5,244	V COARSE GRAVEL: 0,0%		V COARSE SILT: 34,1%	
D <sub>90</sub> :	43,36	10,95	COARSE GRAVEL: 0,0%		COARSE SILT: 43,2%	
(D <sub>90</sub> / D <sub>10</sub> ):	86,02	2,419	MEDIUM GRAVEL: 0,0%		MEDIUM SILT: 2,2%	
(D <sub>90</sub> - D <sub>10</sub> ):	42,86	6,427	FINE GRAVEL: 0,0%		FINE SILT: 0,0%	
(D <sub>75</sub> / D <sub>25</sub> ):	1,990	1,205	V FINE GRAVEL: 0,0%		V FINE SILT: 0,0%	
(D <sub>75</sub> - D <sub>25</sub> ):	17,38	0,993	V COARSE SAND: 0,0%		CLAY: 19,9%	
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\phi$	$\mu\text{m}$	$\phi$	
MEAN ( $\bar{x}$ ):	24,99	13,08	6,257	8,997	6,796	Medium Silt
SORTING ( $\sigma$ ):	16,23	5,249	2,392	5,689	2,508	Very Poorly Sorted
SKEWNESS ( $Sk$ ):	11,32	-1,427	1,427	-0,774	0,774	Very Fine Skewed
KURTOSIS ( $K$ ):	1209,3	3,290	3,290	2,882	2,882	Very Leptokurtic



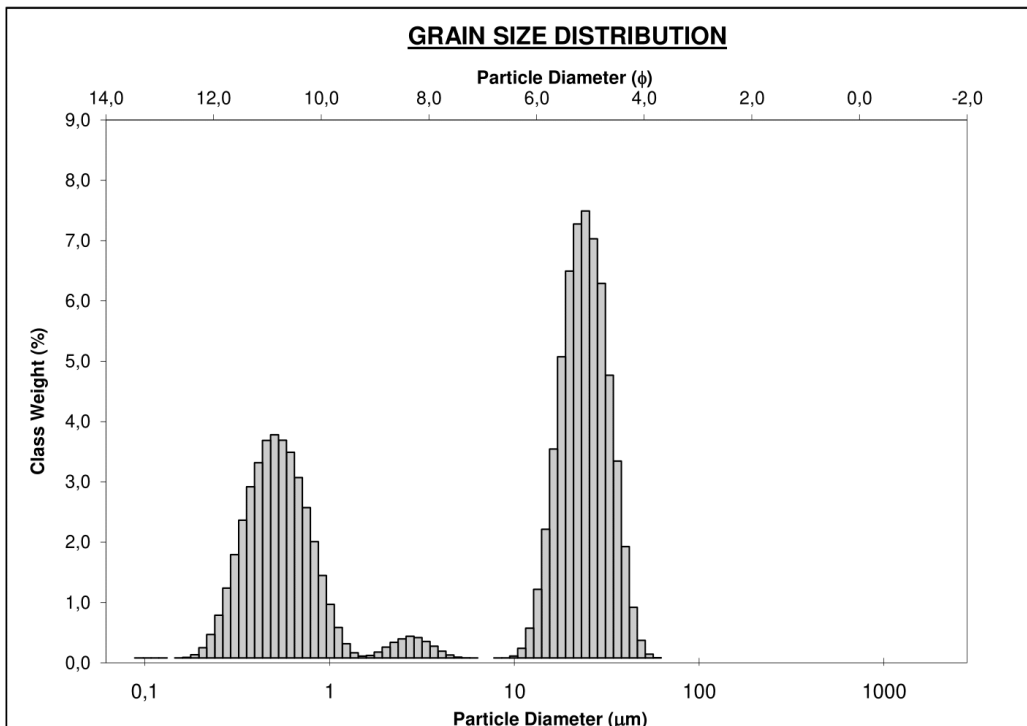
Zrnitostní křivka a statistiky vzorku 2b.

<b>SAMPLE STATISTICS</b>						
SAMPLE IDENTITY: <b>2b</b>			ANALYST & DATE: ,			
SAMPLE TYPE: Trimodal, Very Poorly Sorted			TEXTURAL GROUP: Sandy Mud			
SEDIMENT NAME: Very Fine Sandy Very Coarse Silt						
	$\mu\text{m}$	$\phi$	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
	MODE 1:	29,63	5,079	GRAVEL: 0,0%	COARSE SAND: 0,0%	
MODE 2:	107,8	3,215	SAND: 27,8%	MEDIUM SAND: 0,0%		
MODE 3:	0,557	10,81	MUD: 72,2%	FINE SAND: 8,2%		
D <sub>10</sub> :	0,515	3,071		V FINE SAND: 19,6%		
MEDIAN or D <sub>50</sub> :	33,19	4,913	V COARSE GRAVEL: 0,0%	V COARSE SILT: 25,5%		
D <sub>90</sub> :	119,0	10,92	COARSE GRAVEL: 0,0%	COARSE SILT: 24,0%		
(D <sub>90</sub> / D <sub>10</sub> ):	231,1	3,557	MEDIUM GRAVEL: 0,0%	MEDIUM SILT: 0,7%		
(D <sub>90</sub> - D <sub>10</sub> ):	118,5	7,853	FINE GRAVEL: 0,0%	FINE SILT: 0,0%		
(D <sub>75</sub> / D <sub>25</sub> ):	3,924	1,523	V FINE GRAVEL: 0,0%	V FINE SILT: 0,0%		
(D <sub>75</sub> - D <sub>25</sub> ):	54,53	1,972	V COARSE SAND: 0,0%	CLAY: 22,0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic $\mu\text{m}$	Geometric $\mu\text{m}$	Logarithmic $\phi$	Geometric $\mu\text{m}$	Logarithmic $\phi$	Description
MEAN ( $\bar{x}$ ):	47,57	18,07	5,790	13,24	6,239	Medium Silt
SORTING ( $\sigma$ ):	44,70	7,105	2,829	8,436	3,077	Very Poorly Sorted
SKEWNESS ( $Sk$ ):	1,048	-1,062	1,062	-0,532	0,532	Very Fine Skewed
KURTOSIS ( $K$ ):	3,270	2,641	2,641	1,753	1,753	Very Leptokurtic



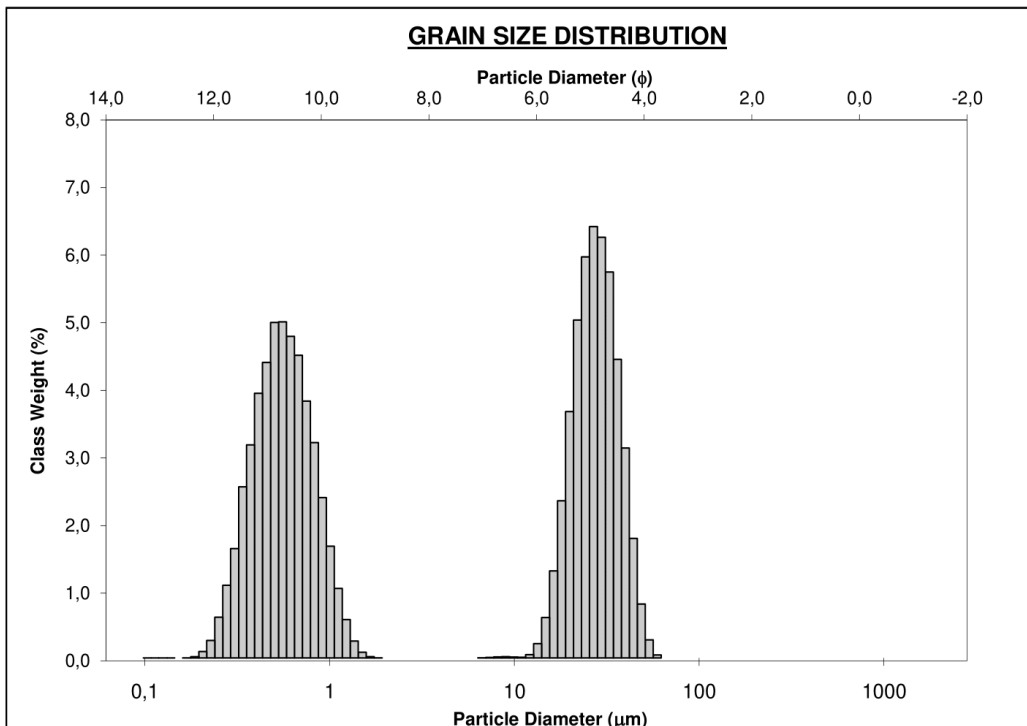
Zrnitostní křivka a statistiky vzorku 2c.

<b>SAMPLE STATISTICS</b>						
SAMPLE IDENTITY: <b>2c</b>			ANALYST & DATE: ,			
SAMPLE TYPE: Bimodal, Very Poorly Sorted			TEXTURAL GROUP: Mud			
SEDIMENT NAME: Mud						
	$\mu\text{m}$	$\phi$	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	24,29	5,365	GRAVEL: 0,0%		COARSE SAND: 0,0%	
MODE 2:	0,504	10,96	SAND: 0,0%		MEDIUM SAND: 0,0%	
MODE 3:			MUD: 100,0%		FINE SAND: 0,0%	
D <sub>10</sub> :	0,397	4,968			V FINE SAND: 0,0%	
MEDIAN or D <sub>50</sub> :	17,67	5,823	V COARSE GRAVEL: 0,0%		V COARSE SILT: 11,1%	
D <sub>90</sub> :	31,95	11,30	COARSE GRAVEL: 0,0%		COARSE SILT: 43,8%	
(D <sub>90</sub> / D <sub>10</sub> ):	80,42	2,274	MEDIUM GRAVEL: 0,0%		MEDIUM SILT: 4,3%	
(D <sub>90</sub> - D <sub>10</sub> ):	31,55	6,329	FINE GRAVEL: 0,0%		FINE SILT: 0,2%	
(D <sub>75</sub> / D <sub>25</sub> ):	42,53	2,021	V FINE GRAVEL: 0,0%		V FINE SILT: 2,0%	
(D <sub>75</sub> - D <sub>25</sub> ):	24,84	5,410	V COARSE SAND: 0,0%		CLAY: 38,6%	
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\phi$	$\mu\text{m}$	$\phi$	
MEAN ( $\bar{x}$ ):	15,06	5,191	7,590	6,218	7,329	Fine Silt
SORTING ( $\sigma$ ):	13,17	6,593	2,721	5,694	2,509	Very Poorly Sorted
SKEWNESS ( $Sk$ ):	0,186	-0,419	0,419	-0,729	0,729	Very Fine Skewed
KURTOSIS ( $K$ ):	1,752	1,321	1,321	0,512	0,512	Very Platykurtic



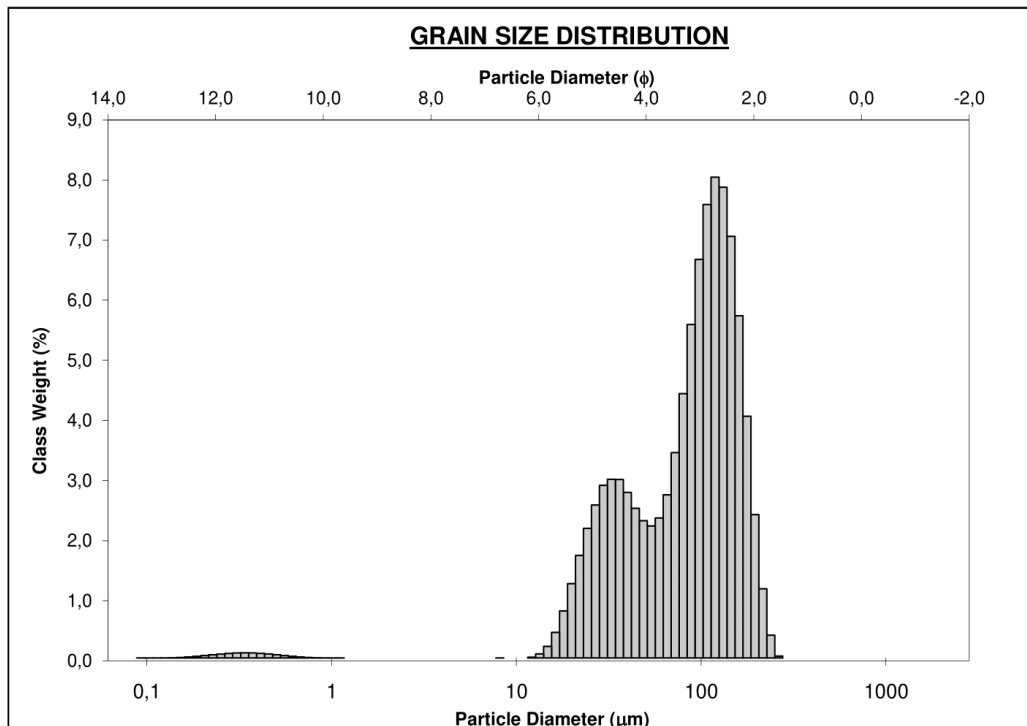
Zrnitostní křivka a statistiky vzorku 2d.

<b>SAMPLE STATISTICS</b>						
SAMPLE IDENTITY: <b>2d</b>			ANALYST & DATE: ,			
SAMPLE TYPE: Bimodal, Very Poorly Sorted			TEXTURAL GROUP: Mud			
SEDIMENT NAME: Mud						
	$\mu\text{m}$	$\phi$	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	26,83	5,222	GRAVEL: 0,0%		COARSE SAND: 0,0%	
MODE 2:	0,557	10,81	SAND: 0,0%		MEDIUM SAND: 0,0%	
MODE 3:			MUD: 100,0%		FINE SAND: 0,0%	
D <sub>10</sub> :	0,397	4,843			V FINE SAND: 0,0%	
MEDIAN or D <sub>50</sub> :	1,165	9,745	V COARSE GRAVEL: 0,0%		V COARSE SILT: 16,2%	
D <sub>90</sub> :	34,85	11,30	COARSE GRAVEL: 0,0%		COARSE SILT: 31,7%	
(D <sub>90</sub> / D <sub>10</sub> ):	87,88	2,333	MEDIUM GRAVEL: 0,0%		MEDIUM SILT: 1,0%	
(D <sub>90</sub> - D <sub>10</sub> ):	34,45	6,457	FINE GRAVEL: 0,0%		FINE SILT: 0,0%	
(D <sub>75</sub> / D <sub>25</sub> ):	49,75	2,085	V FINE GRAVEL: 0,0%		V FINE SILT: 0,0%	
(D <sub>75</sub> - D <sub>25</sub> ):	26,72	5,637	V COARSE SAND: 0,0%		CLAY: 51,0%	
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\phi$	$\mu\text{m}$	$\phi$	
MEAN ( $\bar{x}$ ):	14,26	3,746	8,060	2,557	8,612	Very Fine Silt
SORTING ( $\sigma$ ):	15,00	7,224	2,853	5,917	2,565	Very Poorly Sorted
SKEWNESS ( $Sk$ ):	0,461	0,015	-0,015	0,518	-0,518	Very Coarse Skewed
KURTOSIS ( $K$ ):	1,762	1,108	1,108	0,499	0,499	Very Platykurtic



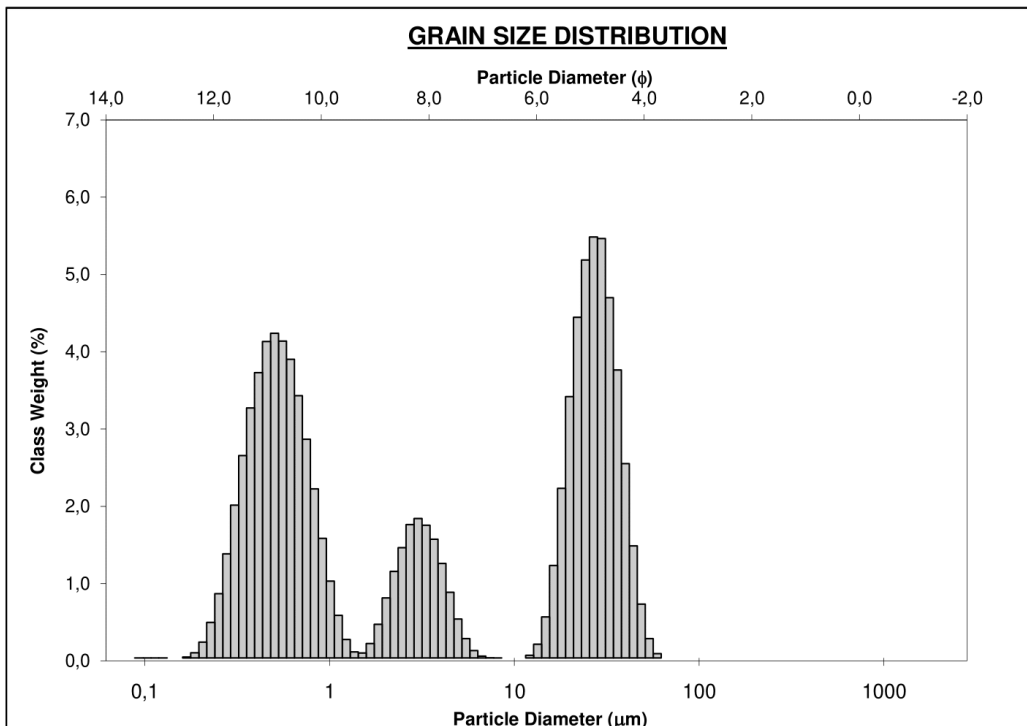
Zrnitostní křivka a statistiky vzorku 2e.

<b>SAMPLE STATISTICS</b>						
SAMPLE IDENTITY: <b>2e</b>			ANALYST & DATE: ,			
SAMPLE TYPE: Bimodal, Moderately Sorted			TEXTURAL GROUP: Muddy Sand			
SEDIMENT NAME: Very Coarse Silty Very Fine Sand						
	$\mu\text{m}$	$\phi$	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	119,1	3,072	GRAVEL: 0,0%		COARSE SAND: 0,0%	
MODE 2:	32,72	4,935	SAND: 68,4%		MEDIUM SAND: 0,0%	
MODE 3:			MUD: 31,6%		FINE SAND: 29,2%	
D <sub>10</sub> :	27,95	2,615			V FINE SAND: 39,1%	
MEDIAN or D <sub>50</sub> :	95,46	3,389	V COARSE GRAVEL: 0,0%		V COARSE SILT: 18,4%	
D <sub>90</sub> :	163,2	5,161	COARSE GRAVEL: 0,0%		COARSE SILT: 12,1%	
(D <sub>90</sub> / D <sub>10</sub> ):	5,841	1,974	MEDIUM GRAVEL: 0,0%		MEDIUM SILT: 0,3%	
(D <sub>90</sub> - D <sub>10</sub> ):	135,3	2,546	FINE GRAVEL: 0,0%		FINE SILT: 0,0%	
(D <sub>75</sub> / D <sub>25</sub> ):	2,799	1,508	V FINE GRAVEL: 0,0%		V FINE SILT: 0,0%	
(D <sub>75</sub> - D <sub>25</sub> ):	84,65	1,485	V COARSE SAND: 0,0%		CLAY: 0,8%	
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\phi$	$\mu\text{m}$	$\phi$	
MEAN ( $\bar{x}$ ):	94,87	76,17	3,715	78,48	3,671	Very Fine Sand
SORTING ( $\sigma$ ):	51,26	2,271	1,183	1,980	0,986	Moderately Sorted
SKEWNESS ( $Sk$ ):	0,259	-2,691	2,691	-0,391	0,391	Very Fine Skewed
KURTOSIS ( $K$ ):	2,299	17,44	17,44	0,830	0,830	Platykurtic



Zrnitostní křivka a statistiky vzorku 2f.

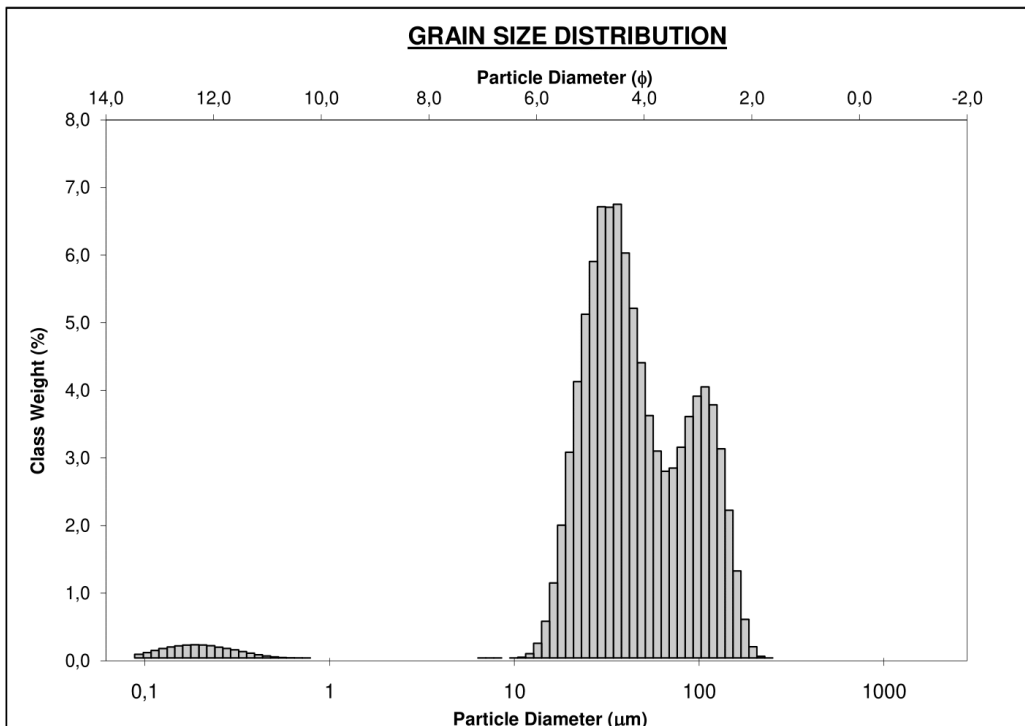
<b>SAMPLE STATISTICS</b>						
SAMPLE IDENTITY: 2f			ANALYST & DATE: ,			
SAMPLE TYPE: Trimodal, Very Poorly Sorted			TEXTURAL GROUP: Mud			
SEDIMENT NAME: Mud						
	$\mu\text{m}$	$\phi$	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	26,83	5,222	GRAVEL: 0,0%		COARSE SAND: 0,0%	
MODE 2:	0,504	10,96	SAND: 0,0%		MEDIUM SAND: 0,0%	
MODE 3:	3,014	8,376	MUD: 100,0%		FINE SAND: 0,0%	
D <sub>10</sub> :	0,381	4,896			V FINE SAND: 0,0%	
MEDIAN or D <sub>50</sub> :	2,947	8,406	V COARSE GRAVEL: 0,0%		V COARSE SILT: 13,5%	
D <sub>90</sub> :	33,58	11,36	COARSE GRAVEL: 0,0%		COARSE SILT: 28,0%	
(D <sub>90</sub> / D <sub>10</sub> ):	88,21	2,320	MEDIUM GRAVEL: 0,0%		MEDIUM SILT: 0,9%	
(D <sub>90</sub> - D <sub>10</sub> ):	33,20	6,463	FINE GRAVEL: 0,0%		FINE SILT: 2,9%	
(D <sub>75</sub> / D <sub>25</sub> ):	46,19	2,044	V FINE GRAVEL: 0,0%		V FINE SILT: 10,4%	
(D <sub>75</sub> - D <sub>25</sub> ):	24,86	5,529	V COARSE SAND: 0,0%		CLAY: 44,4%	
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\phi$	$\mu\text{m}$	$\phi$	
MEAN ( $\bar{x}$ ):	12,66	3,532	8,145	3,397	8,201	Very Fine Silt
SORTING ( $\sigma$ ):	14,38	6,497	2,700	5,896	2,560	Very Poorly Sorted
SKEWNESS ( $Sk$ ):	0,708	0,043	-0,043	0,087	-0,087	Symmetrical
KURTOSIS ( $K$ ):	2,085	1,277	1,277	0,511	0,511	Very Platykurtic





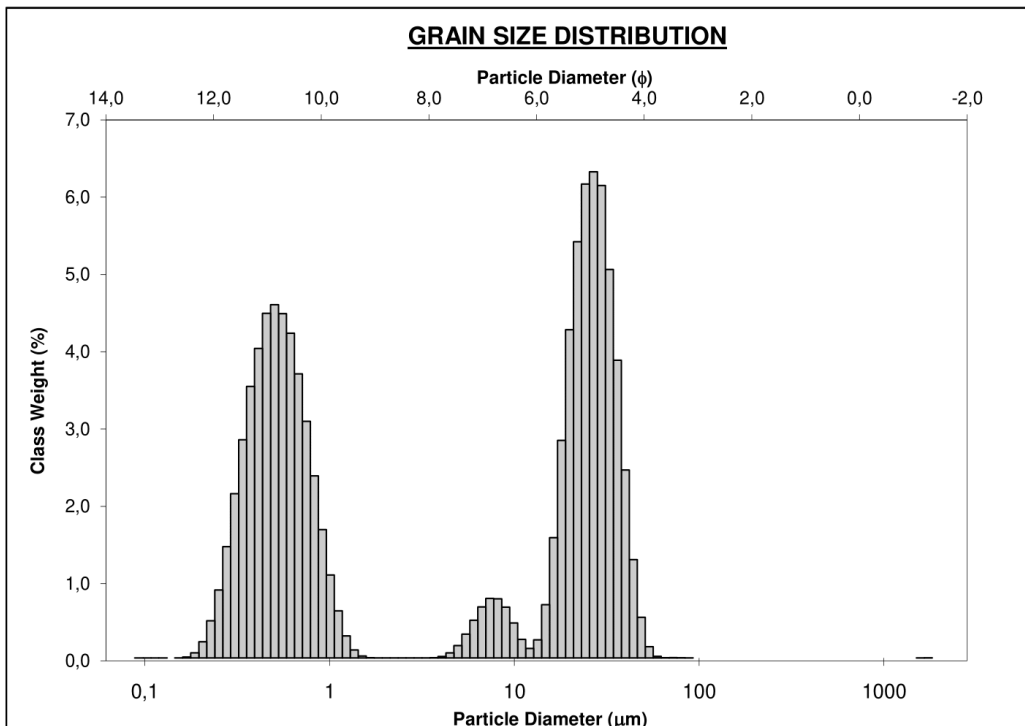
Zrnitostní křivka a statistiky vzorku 3a.

<b>SAMPLE STATISTICS</b>						
SAMPLE IDENTITY: <b>3a</b>			ANALYST & DATE: ,			
SAMPLE TYPE: Trimodal, Moderately Sorted			TEXTURAL GROUP: Sandy Mud			
SEDIMENT NAME: Very Fine Sandy Very Coarse Silt						
	$\mu\text{m}$	$\phi$	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	36,14	4,792	GRAVEL: 0,0%		COARSE SAND: 0,0%	
MODE 2:	29,63	5,079	SAND: 31,9%		MEDIUM SAND: 0,0%	
MODE 3:	107,8	3,215	MUD: 68,1%		FINE SAND: 7,5%	
D <sub>10</sub> :	21,23	3,093			V FINE SAND: 24,4%	
MEDIAN or D <sub>50</sub> :	40,94	4,610	V COARSE GRAVEL: 0,0%		V COARSE SILT: 36,2%	
D <sub>90</sub> :	117,2	5,558	COARSE GRAVEL: 0,0%		COARSE SILT: 28,8%	
(D <sub>90</sub> / D <sub>10</sub> ):	5,521	1,797	MEDIUM GRAVEL: 0,0%		MEDIUM SILT: 0,9%	
(D <sub>90</sub> - D <sub>10</sub> ):	95,97	2,465	FINE GRAVEL: 0,0%		FINE SILT: 0,0%	
(D <sub>75</sub> / D <sub>25</sub> ):	2,800	1,406	V FINE GRAVEL: 0,0%		V FINE SILT: 0,0%	
(D <sub>75</sub> - D <sub>25</sub> ):	50,87	1,486	V COARSE SAND: 0,0%		CLAY: 2,2%	
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\phi$	$\mu\text{m}$	$\phi$	
MEAN ( $\bar{x}$ ):	56,21	41,70	4,584	46,43	4,429	Very Coarse Silt
SORTING ( $\sigma$ ):	38,59	2,762	1,465	1,944	0,959	Moderately Sorted
SKEWNESS ( $Sk$ ):	1,118	-3,112	3,112	0,222	-0,222	Coarse Skewed
KURTOSIS ( $K$ ):	3,474	18,11	18,11	0,807	0,807	Platykurtic



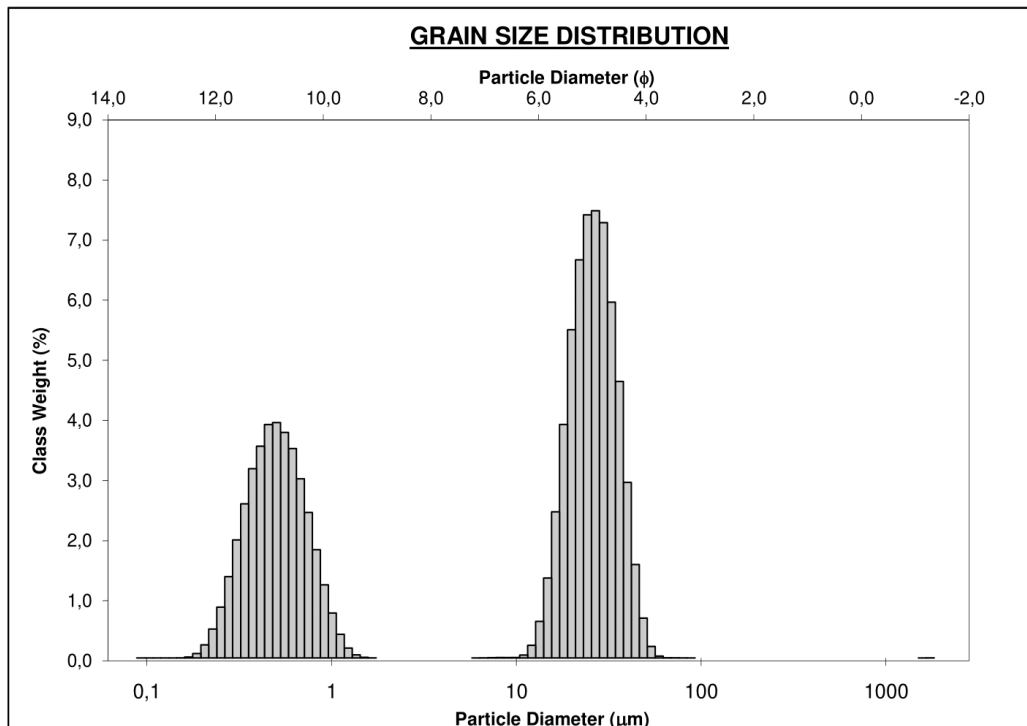
Zrnitostní křivka a statistiky vzorku 3b.

<b>SAMPLE STATISTICS</b>						
SAMPLE IDENTITY: <b>3b</b>			ANALYST & DATE: ,			
SAMPLE TYPE: Bimodal, Very Poorly Sorted			TEXTURAL GROUP: Mud			
SEDIMENT NAME: Mud						
	$\mu\text{m}$	$\phi$	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	26,83	5,222	GRAVEL: 0,0%		COARSE SAND: 0,0%	
MODE 2:	0,504	10,96	SAND: 0,0%		MEDIUM SAND: 0,0%	
MODE 3:			MUD: 100,0%		FINE SAND: 0,0%	
D <sub>10</sub> :	0,373	4,906			V FINE SAND: 0,0%	
MEDIAN or D <sub>50</sub> :	7,946	6,975	V COARSE GRAVEL: 0,0%		V COARSE SILT: 13,4%	
D <sub>90</sub> :	33,35	11,39	COARSE GRAVEL: 0,0%		COARSE SILT: 33,5%	
(D <sub>90</sub> / D <sub>10</sub> ):	89,39	2,321	MEDIUM GRAVEL: 0,0%		MEDIUM SILT: 3,3%	
(D <sub>90</sub> - D <sub>10</sub> ):	32,97	6,482	FINE GRAVEL: 0,0%		FINE SILT: 2,6%	
(D <sub>75</sub> / D <sub>25</sub> ):	49,43	2,069	V FINE GRAVEL: 0,0%		V FINE SILT: 0,0%	
(D <sub>75</sub> - D <sub>25</sub> ):	25,50	5,627	V COARSE SAND: 0,0%		CLAY: 47,3%	
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\phi$	$\mu\text{m}$	$\phi$	
MEAN ( $\bar{x}$ ):	13,82	3,860	8,017	4,691	7,736	Fine Silt
SORTING ( $\sigma$ ):	15,89	7,077	2,823	5,941	2,571	Very Poorly Sorted
SKEWNESS ( $Sk$ ):	22,16	-0,088	0,088	-0,362	0,362	Very Fine Skewed
KURTOSIS ( $K$ ):	2355,3	1,153	1,153	0,502	0,502	Very Platykurtic



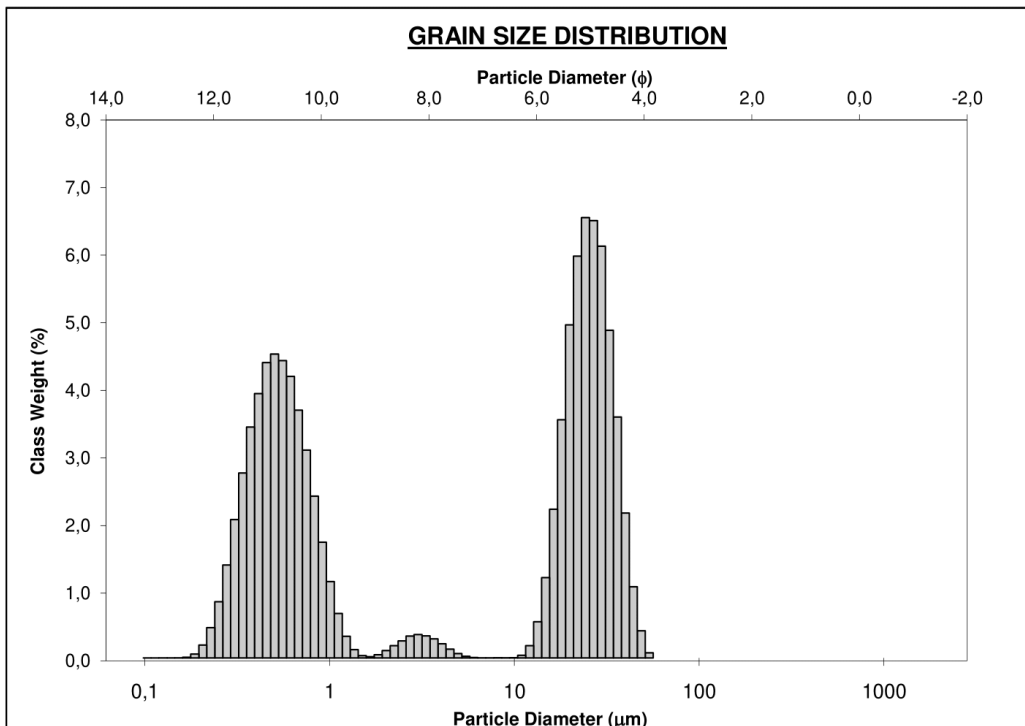
Zrnitostní křivka a statistiky vzorku 3c.

<b>SAMPLE STATISTICS</b>						
SAMPLE IDENTITY: <b>3c</b>			ANALYST & DATE: ,			
SAMPLE TYPE: Bimodal, Very Poorly Sorted			TEXTURAL GROUP: Mud			
SEDIMENT NAME: Mud						
	$\mu\text{m}$	$\phi$	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	26,83	5,222	GRAVEL: 0,0%		COARSE SAND: 0,0%	
MODE 2:	0,504	10,96	SAND: 0,0%		MEDIUM SAND: 0,0%	
MODE 3:			MUD: 100,0%		FINE SAND: 0,0%	
D <sub>10</sub> :	0,381	4,857			V FINE SAND: 0,0%	
MEDIAN or D <sub>50</sub> :	19,35	5,691	V COARSE GRAVEL: 0,0%		V COARSE SILT: 16,0%	
D <sub>90</sub> :	34,50	11,36	COARSE GRAVEL: 0,0%		COARSE SILT: 41,6%	
(D <sub>90</sub> / D <sub>10</sub> ):	90,46	2,338	MEDIUM GRAVEL: 0,0%		MEDIUM SILT: 2,5%	
(D <sub>90</sub> - D <sub>10</sub> ):	34,12	6,499	FINE GRAVEL: 0,0%		FINE SILT: 0,0%	
(D <sub>75</sub> / D <sub>25</sub> ):	49,13	2,086	V FINE GRAVEL: 0,0%		V FINE SILT: 0,0%	
(D <sub>75</sub> - D <sub>25</sub> ):	27,12	5,619	V COARSE SAND: 0,0%		CLAY: 40,0%	
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\phi$	$\mu\text{m}$	$\phi$	
MEAN ( $\bar{x}$ ):	16,41	5,323	7,554	6,478	7,270	Fine Silt
SORTING ( $\sigma$ ):	15,67	7,117	2,831	5,966	2,577	Very Poorly Sorted
SKEWNESS ( $Sk$ ):	18,81	-0,413	0,413	-0,743	0,743	Very Fine Skewed
KURTOSIS ( $K$ ):	2055,5	1,281	1,281	0,504	0,504	Very Platykurtic



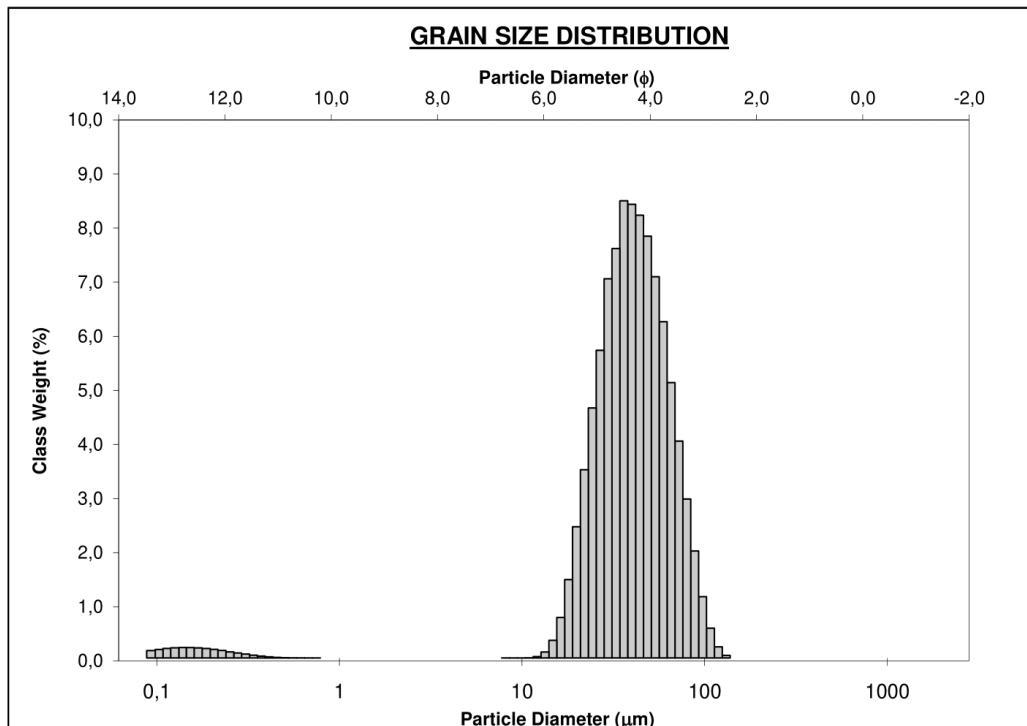
Zrnitostní křivka a statistiky vzorku 3d.

<b>SAMPLE STATISTICS</b>						
SAMPLE IDENTITY: <b>3d</b>			ANALYST & DATE: ,			
SAMPLE TYPE: Bimodal, Very Poorly Sorted			TEXTURAL GROUP: Mud			
SEDIMENT NAME: Mud						
	$\mu\text{m}$	$\phi$	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	24,29	5,365	GRAVEL: 0,0%		COARSE SAND: 0,0%	
MODE 2:	0,504	10,96	SAND: 0,0%		MEDIUM SAND: 0,0%	
MODE 3:			MUD: 100,0%		FINE SAND: 0,0%	
D <sub>10</sub> :	0,377	4,938			V FINE SAND: 0,0%	
MEDIAN or D <sub>50</sub> :	14,22	6,136	V COARSE GRAVEL: 0,0%		V COARSE SILT: 12,1%	
D <sub>90</sub> :	32,62	11,37	COARSE GRAVEL: 0,0%		COARSE SILT: 36,6%	
(D <sub>90</sub> / D <sub>10</sub> ):	86,45	2,303	MEDIUM GRAVEL: 0,0%		MEDIUM SILT: 2,2%	
(D <sub>90</sub> - D <sub>10</sub> ):	32,24	6,434	FINE GRAVEL: 0,0%		FINE SILT: 0,4%	
(D <sub>75</sub> / D <sub>25</sub> ):	47,85	2,055	V FINE GRAVEL: 0,0%		V FINE SILT: 1,9%	
(D <sub>75</sub> - D <sub>25</sub> ):	25,06	5,580	V COARSE SAND: 0,0%		CLAY: 46,8%	
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\phi$	$\mu\text{m}$	$\phi$	
MEAN ( $\bar{x}$ ):	13,77	3,915	7,997	5,681	7,460	Fine Silt
SORTING ( $\sigma$ ):	13,88	7,024	2,812	5,864	2,552	Very Poorly Sorted
SKEWNESS ( $Sk$ ):	0,405	-0,099	0,099	-0,627	0,627	Very Fine Skewed
KURTOSIS ( $K$ ):	1,741	1,144	1,144	0,502	0,502	Very Platykurtic



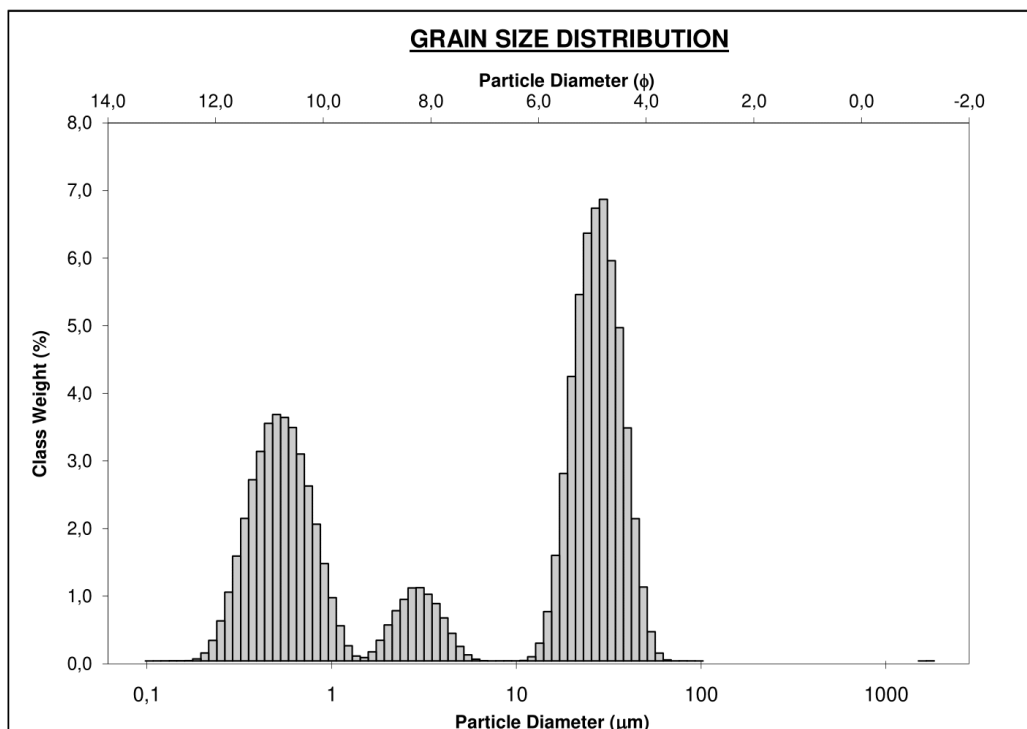
Zrnitostní křivka a statistiky vzorku 6a.

<b>SAMPLE STATISTICS</b>						
SAMPLE IDENTITY: <b>6a</b>			ANALYST & DATE: ,			
SAMPLE TYPE: Unimodal, Moderately Well Sorted			TEXTURAL GROUP: Sandy Mud			
SEDIMENT NAME: Very Fine Sandy Very Coarse Silt						
	$\mu\text{m}$	$\phi$	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
	MODE 1:	36,14	4,792	GRAVEL: 0,0%	COARSE SAND: 0,0%	
MODE 2:			SAND: 16,2%	MEDIUM SAND: 0,0%		
MODE 3:			MUD: 83,8%	FINE SAND: 0,0%		
D <sub>10</sub> :	22,50	3,821		V FINE SAND: 16,2%		
MEDIAN or D <sub>50</sub> :	40,15	4,638	V COARSE GRAVEL: 0,0%	V COARSE SILT: 54,7%		
D <sub>90</sub> :	70,77	5,474	COARSE GRAVEL: 0,0%	COARSE SILT: 26,4%		
(D <sub>90</sub> / D <sub>10</sub> ):	3,146	1,433	MEDIUM GRAVEL: 0,0%	MEDIUM SILT: 0,5%		
(D <sub>90</sub> - D <sub>10</sub> ):	48,27	1,653	FINE GRAVEL: 0,0%	FINE SILT: 0,0%		
(D <sub>75</sub> / D <sub>25</sub> ):	1,851	1,212	V FINE GRAVEL: 0,0%	V FINE SILT: 0,0%		
(D <sub>75</sub> - D <sub>25</sub> ):	25,15	0,888	V COARSE SAND: 0,0%	CLAY: 2,1%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic $\mu\text{m}$	Geometric $\mu\text{m}$	Logarithmic $\phi$	Geometric $\mu\text{m}$	Logarithmic $\phi$	Description
MEAN ( $\bar{x}$ ):	43,60	36,28	4,785	40,13	4,639	Very Coarse Silt
SORTING ( $\sigma$ ):	19,80	2,457	1,297	1,559	0,640	Moderately Well Sorted
SKEWNESS ( $Sk$ ):	0,746	-4,593	4,593	-0,015	0,015	Symmetrical
KURTOSIS ( $K$ ):	3,857	28,57	28,57	0,967	0,967	Mesokurtic



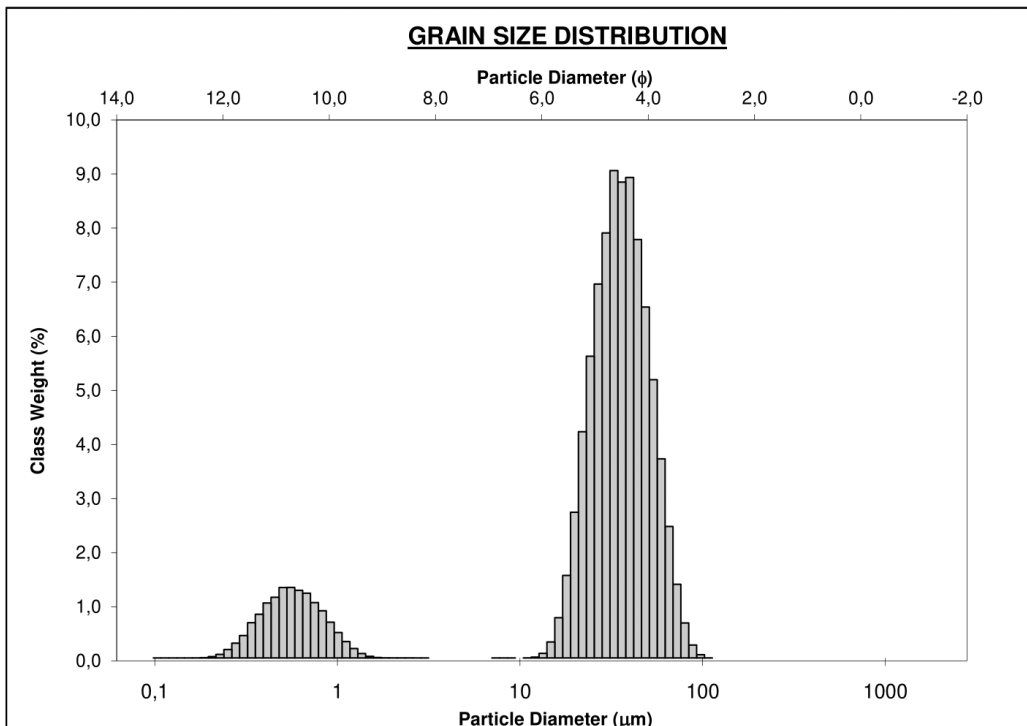
Zrnitostní křivka a statistiky vzorku 6b.

<b>SAMPLE STATISTICS</b>						
SAMPLE IDENTITY: <b>6b</b>			ANALYST & DATE: ,			
SAMPLE TYPE: Trimodal, Very Poorly Sorted			TEXTURAL GROUP: Mud			
SEDIMENT NAME: Mud						
	$\mu\text{m}$	$\phi$	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	29,63	5,079	GRAVEL: 0,0%		COARSE SAND: 0,0%	
MODE 2:	0,504	10,96	SAND: 0,0%		MEDIUM SAND: 0,0%	
MODE 3:	3,014	8,376	MUD: 100,0%		FINE SAND: 0,0%	
D <sub>10</sub> :	0,410	4,794			V FINE SAND: 0,0%	
MEDIAN or D <sub>50</sub> :	18,09	5,788	V COARSE GRAVEL: 0,0%		V COARSE SILT: 18,2%	
D <sub>90</sub> :	36,04	11,25	COARSE GRAVEL: 0,0%		COARSE SILT: 34,8%	
(D <sub>90</sub> / D <sub>10</sub> ):	87,96	2,347	MEDIUM GRAVEL: 0,0%		MEDIUM SILT: 1,2%	
(D <sub>90</sub> - D <sub>10</sub> ):	35,63	6,459	FINE GRAVEL: 0,0%		FINE SILT: 1,3%	
(D <sub>75</sub> / D <sub>25</sub> ):	45,69	2,073	V FINE GRAVEL: 0,0%		V FINE SILT: 6,3%	
(D <sub>75</sub> - D <sub>25</sub> ):	27,74	5,514	V COARSE SAND: 0,0%		CLAY: 38,1%	
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\phi$	$\mu\text{m}$	$\phi$	
MEAN ( $\bar{x}$ ):	16,02	5,170	7,596	6,582	7,247	Fine Silt
SORTING ( $\sigma$ ):	16,51	6,685	2,741	5,892	2,559	Very Poorly Sorted
SKEWNESS ( $Sk$ ):	17,48	-0,311	0,311	-0,692	0,692	Very Fine Skewed
KURTOSIS ( $K$ ):	1794,2	1,302	1,302	0,512	0,512	Very Platykurtic



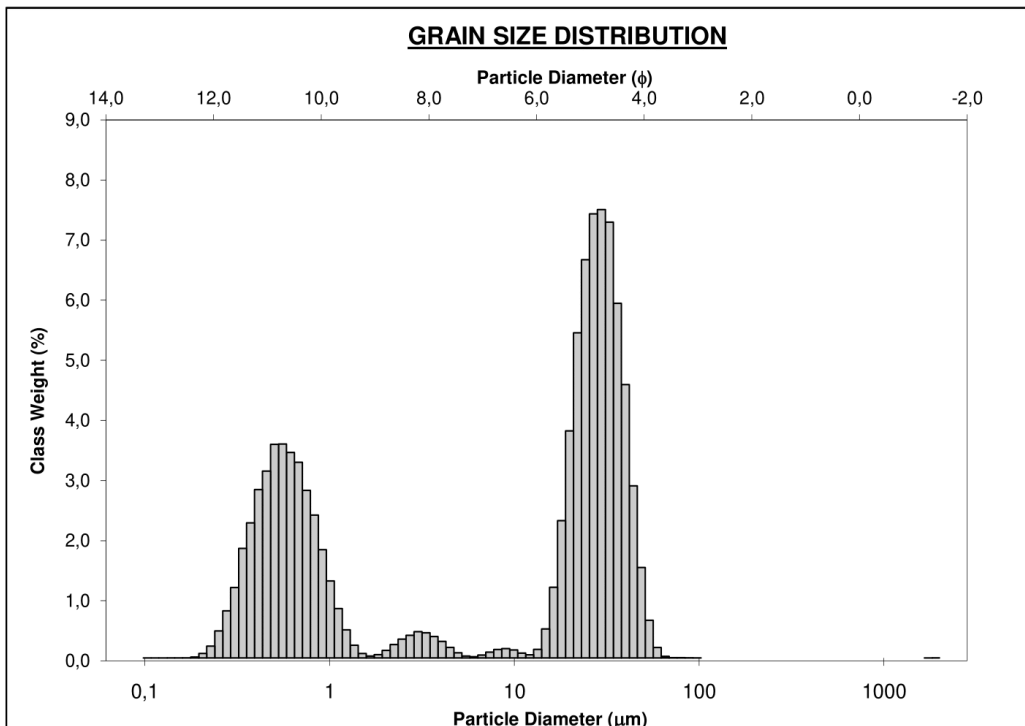
Zrnitostní křivka a statistiky vzorku 7a.

<b>SAMPLE STATISTICS</b>						
SAMPLE IDENTITY: <b>7a</b>			ANALYST & DATE: ,			
SAMPLE TYPE: Bimodal, Poorly Sorted			TEXTURAL GROUP: Mud			
SEDIMENT NAME: Very Coarse Silt						
	$\mu\text{m}$	$\phi$	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	32,72	4,935	GRAVEL: 0,0%		COARSE SAND: 0,0%	
MODE 2:	39,92	4,649	SAND: 4,8%		MEDIUM SAND: 0,0%	
MODE 3:			MUD: 95,2%		FINE SAND: 0,0%	
D <sub>10</sub> :	0,724	4,184			V FINE SAND: 4,8%	
MEDIAN or D <sub>50</sub> :	33,11	4,916	V COARSE GRAVEL: 0,0%		V COARSE SILT: 50,6%	
D <sub>90</sub> :	55,01	10,43	COARSE GRAVEL: 0,0%		COARSE SILT: 30,6%	
(D <sub>90</sub> / D <sub>10</sub> ):	75,95	2,493	MEDIUM GRAVEL: 0,0%		MEDIUM SILT: 0,5%	
(D <sub>90</sub> - D <sub>10</sub> ):	54,29	6,247	FINE GRAVEL: 0,0%		FINE SILT: 0,0%	
(D <sub>75</sub> / D <sub>25</sub> ):	1,841	1,195	V FINE GRAVEL: 0,0%		V FINE SILT: 0,0%	
(D <sub>75</sub> - D <sub>25</sub> ):	20,00	0,881	V COARSE SAND: 0,0%		CLAY: 13,5%	
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\phi$	$\mu\text{m}$	$\phi$	
MEAN ( $\bar{x}$ ):	32,89	20,33	5,620	31,25	5,000	Coarse Silt
SORTING ( $\sigma$ ):	17,90	4,321	2,111	2,659	1,411	Poorly Sorted
SKEWNESS ( $Sk$ ):	-0,040	-1,957	1,957	-0,459	0,459	Very Fine Skewed
KURTOSIS ( $K$ ):	3,065	5,293	5,293	3,248	3,248	Extremely Leptokurtic



Zrnitostní křivka a statistiky vzorku 7b.

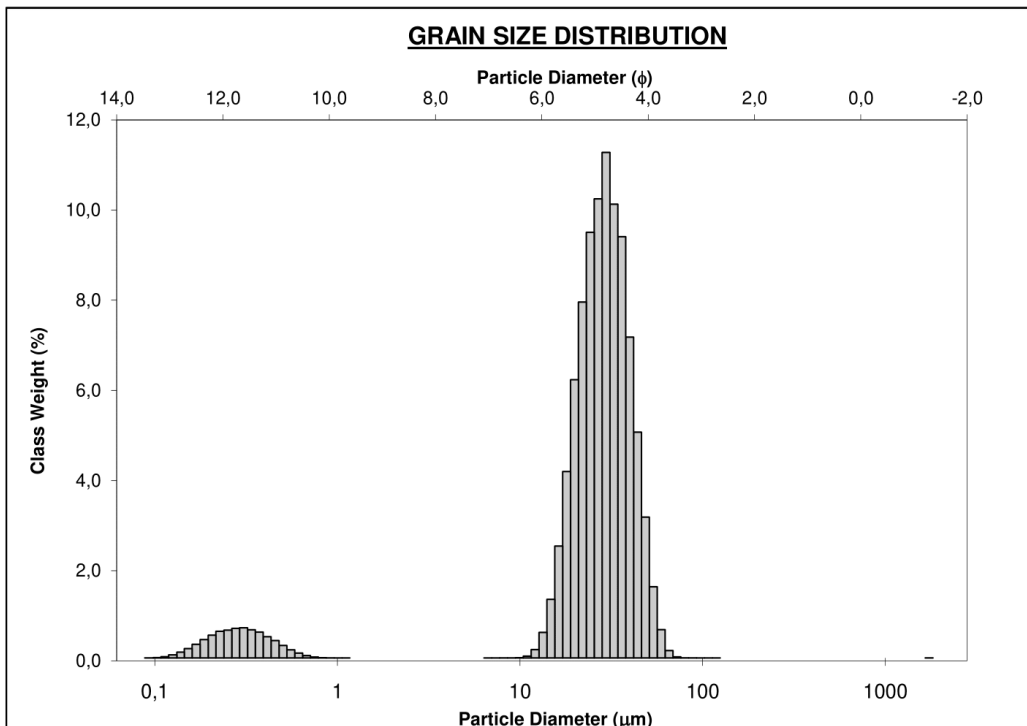
<b>SAMPLE STATISTICS</b>						
SAMPLE IDENTITY: <b>7b</b>			ANALYST & DATE: ,			
SAMPLE TYPE: Bimodal, Very Poorly Sorted			TEXTURAL GROUP: Mud			
SEDIMENT NAME: Mud						
	$\mu\text{m}$	$\phi$	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	29,63	5,079	GRAVEL: 0,0%		COARSE SAND: 0,0%	
MODE 2:	0,557	10,81	SAND: 0,0%		MEDIUM SAND: 0,0%	
MODE 3:			MUD: 100,0%		FINE SAND: 0,0%	
D <sub>10</sub> :	0,436	4,720	V COARSE GRAVEL: 0,0%		V FINE SAND: 0,0%	
MEDIAN or D <sub>50</sub> :	21,29	5,554	COARSE GRAVEL: 0,0%		V COARSE SILT: 23,1%	
D <sub>90</sub> :	37,94	11,16	MEDIUM GRAVEL: 0,0%		COARSE SILT: 35,2%	
(D <sub>90</sub> / D <sub>10</sub> ):	87,00	2,365	FINE GRAVEL: 0,0%		MEDIUM SILT: 1,3%	
(D <sub>90</sub> - D <sub>10</sub> ):	37,50	6,443	V FINE GRAVEL: 0,0%		FINE SILT: 0,7%	
(D <sub>75</sub> / D <sub>25</sub> ):	45,59	2,094	V COARSE SAND: 0,0%		V FINE SILT: 2,3%	
(D <sub>75</sub> - D <sub>25</sub> ):	29,82	5,511	CLAY: 37,3%			
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\phi$	$\mu\text{m}$	$\phi$	
MEAN ( $\bar{x}$ ):	18,06	6,148	7,346	7,245	7,109	Fine Silt
SORTING ( $\sigma$ ):	17,19	6,775	2,760	5,871	2,554	Very Poorly Sorted
SKEWNESS ( $Sk$ ):	18,89	-0,451	0,451	-0,741	0,741	Very Fine Skewed
KURTOSIS ( $K$ ):	2066,3	1,359	1,359	0,511	0,511	Very Platykurtic





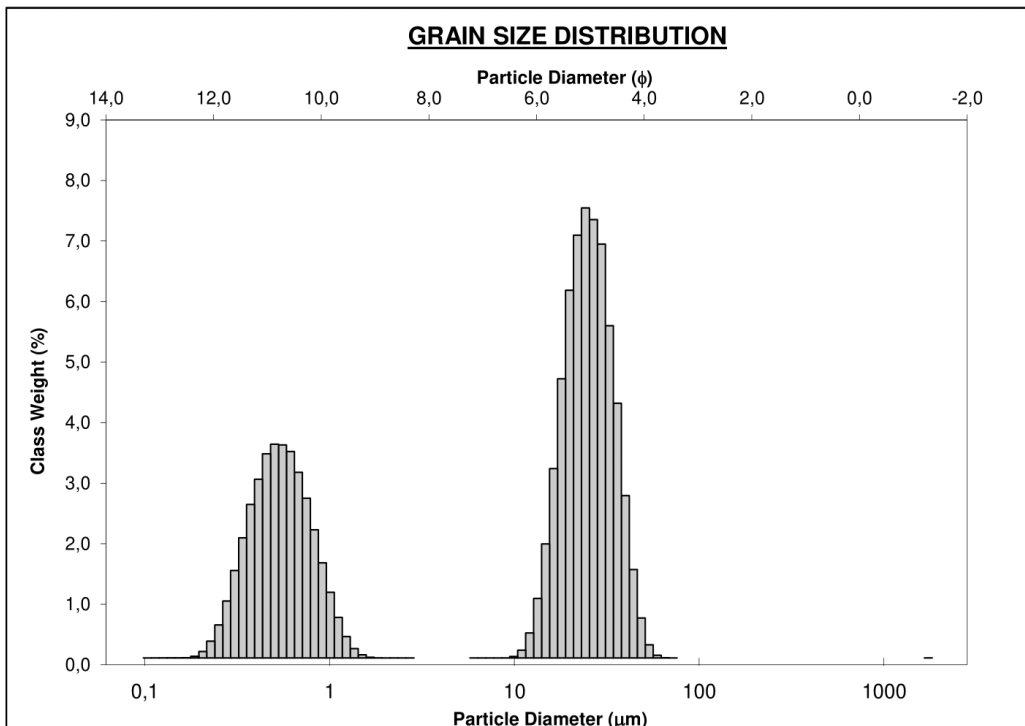
Zrnitostní křivka a statistiky vzorku 8a.

<b>SAMPLE STATISTICS</b>						
SAMPLE IDENTITY: <b>8a</b>			ANALYST & DATE: ,			
SAMPLE TYPE: Unimodal, Poorly Sorted			TEXTURAL GROUP: Mud			
SEDIMENT NAME: Coarse Silt						
	$\mu\text{m}$	$\phi$	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	29,63	5,079	GRAVEL: 0,0%		COARSE SAND: 0,0%	
MODE 2:			SAND: 0,2%		MEDIUM SAND: 0,0%	
MODE 3:			MUD: 99,8%		FINE SAND: 0,0%	
D <sub>10</sub> :	16,00	4,555			V FINE SAND: 0,2%	
MEDIAN or D <sub>50</sub> :	28,02	5,158	V COARSE GRAVEL: 0,0%		V COARSE SILT: 37,3%	
D <sub>90</sub> :	42,55	5,966	COARSE GRAVEL: 0,0%		COARSE SILT: 53,1%	
(D <sub>90</sub> / D <sub>10</sub> ):	2,659	1,310	MEDIUM GRAVEL: 0,0%		MEDIUM SILT: 2,3%	
(D <sub>90</sub> - D <sub>10</sub> ):	26,55	1,411	FINE GRAVEL: 0,0%		FINE SILT: 0,0%	
(D <sub>75</sub> / D <sub>25</sub> ):	1,635	1,147	V FINE GRAVEL: 0,0%		V FINE SILT: 0,0%	
(D <sub>75</sub> - D <sub>25</sub> ):	13,71	0,709	V COARSE SAND: 0,0%		CLAY: 7,1%	
	METHOD OF MOMENTS		FOLK & WARD METHOD			
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\phi$	$\mu\text{m}$	$\phi$	
MEAN ( $\bar{x}$ ):	28,07	20,75	5,591	27,45	5,187	Coarse Silt
SORTING ( $\sigma$ ):	12,72	3,391	1,762	2,510	1,327	Poorly Sorted
SKEWNESS ( $Sk$ ):	17,17	-3,044	3,044	-0,435	0,435	Very Fine Skewed
KURTOSIS ( $K$ ):	2346,8	11,19	11,19	4,067	4,067	Extremely Leptokurtic



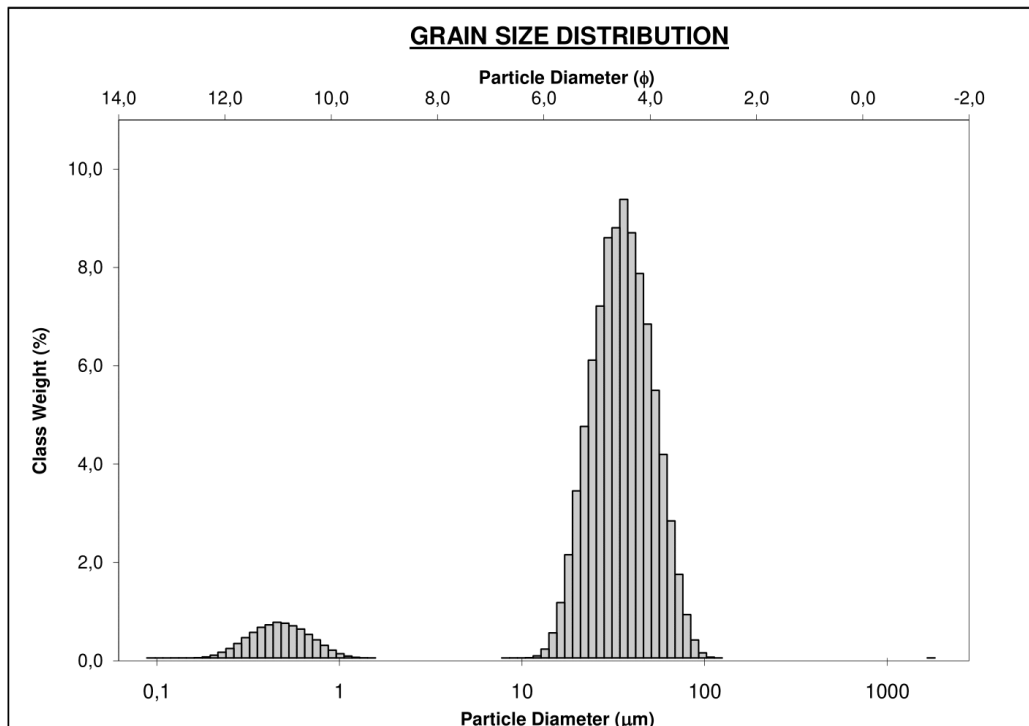
Zrnitostní křivka a statistiky vzorku 8b.

<b>SAMPLE STATISTICS</b>						
SAMPLE IDENTITY: <b>8b</b>			ANALYST & DATE: ,			
SAMPLE TYPE: Bimodal, Very Poorly Sorted			TEXTURAL GROUP: Mud			
SEDIMENT NAME: Mud						
	$\mu\text{m}$	$\phi$	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	24,29	5,365	GRAVEL: 0,0%		COARSE SAND: 0,0%	
MODE 2:	0,504	10,96	SAND: 0,0%		MEDIUM SAND: 0,0%	
MODE 3:			MUD: 100,0%		FINE SAND: 0,0%	
D <sub>10</sub> :	0,417	4,875	V COARSE GRAVEL: 0,0%		V FINE SAND: 0,0%	
MEDIAN or D <sub>50</sub> :	19,20	5,703	COARSE GRAVEL: 0,0%		V COARSE SILT: 15,0%	
D <sub>90</sub> :	34,09	11,23	MEDIUM GRAVEL: 0,0%		COARSE SILT: 43,7%	
(D <sub>90</sub> / D <sub>10</sub> ):	81,72	2,303	FINE GRAVEL: 0,0%		MEDIUM SILT: 3,8%	
(D <sub>90</sub> - D <sub>10</sub> ):	33,67	6,353	V FINE GRAVEL: 0,0%		FINE SILT: 0,0%	
(D <sub>75</sub> / D <sub>25</sub> ):	42,65	2,041	V COARSE SAND: 0,0%		V FINE SILT: 0,0%	
(D <sub>75</sub> - D <sub>25</sub> ):	26,52	5,415	CLAY: 37,5%			
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\phi$	$\mu\text{m}$	$\phi$	
MEAN ( $\bar{x}$ ):	16,57	5,907	7,403	6,644	7,234	Fine Silt
SORTING ( $\sigma$ ):	14,54	6,617	2,726	5,721	2,516	Very Poorly Sorted
SKEWNESS ( $Sk$ ):	10,70	-0,512	0,512	-0,739	0,739	Very Fine Skewed
KURTOSIS ( $K$ ):	1257,0	1,391	1,391	0,514	0,514	Very Platykurtic



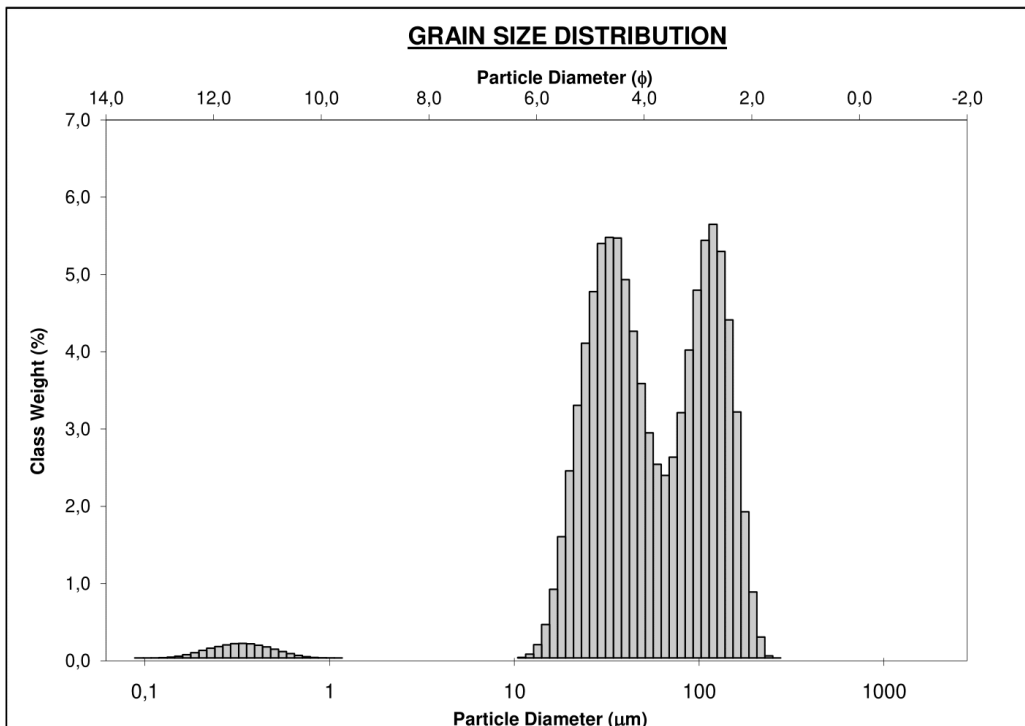
Zrnitostní křivka a statistiky vzorku 8c.

<b>SAMPLE STATISTICS</b>						
SAMPLE IDENTITY: <b>8c</b>			ANALYST & DATE: ,			
SAMPLE TYPE: Unimodal, Poorly Sorted			TEXTURAL GROUP: Mud			
SEDIMENT NAME: Very Coarse Silt						
	$\mu\text{m}$	$\phi$	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	36,14	4,792	GRAVEL: 0,0%		COARSE SAND: 0,0%	
MODE 2:			SAND: 5,9%		MEDIUM SAND: 0,0%	
MODE 3:			MUD: 94,1%		FINE SAND: 0,0%	
D <sub>10</sub> :	17,89	4,139	V COARSE GRAVEL: 0,0%		V FINE SAND: 5,9%	
MEDIAN or D <sub>50</sub> :	34,05	4,876	COARSE GRAVEL: 0,0%		V COARSE SILT: 51,8%	
D <sub>90</sub> :	56,77	5,805	MEDIUM GRAVEL: 0,0%		COARSE SILT: 34,3%	
(D <sub>90</sub> / D <sub>10</sub> ):	3,174	1,403	FINE GRAVEL: 0,0%		MEDIUM SILT: 0,8%	
(D <sub>90</sub> - D <sub>10</sub> ):	38,89	1,666	V FINE GRAVEL: 0,0%		FINE SILT: 0,0%	
(D <sub>75</sub> / D <sub>25</sub> ):	1,787	1,187	V COARSE SAND: 0,0%		V FINE SILT: 0,0%	
(D <sub>75</sub> - D <sub>25</sub> ):	19,82	0,837			CLAY: 7,2%	
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\phi$	$\mu\text{m}$	$\phi$	
MEAN ( $\bar{x}$ ):	35,24	25,95	5,268	33,40	4,904	Very Coarse Silt
SORTING ( $\sigma$ ):	17,50	3,234	1,693	2,539	1,345	Poorly Sorted
SKEWNESS ( $Sk$ ):	7,964	-2,839	2,839	-0,398	0,398	Very Fine Skewed
KURTOSIS ( $K$ ):	762,5	10,32	10,32	3,335	3,335	Extremely Leptokurtic



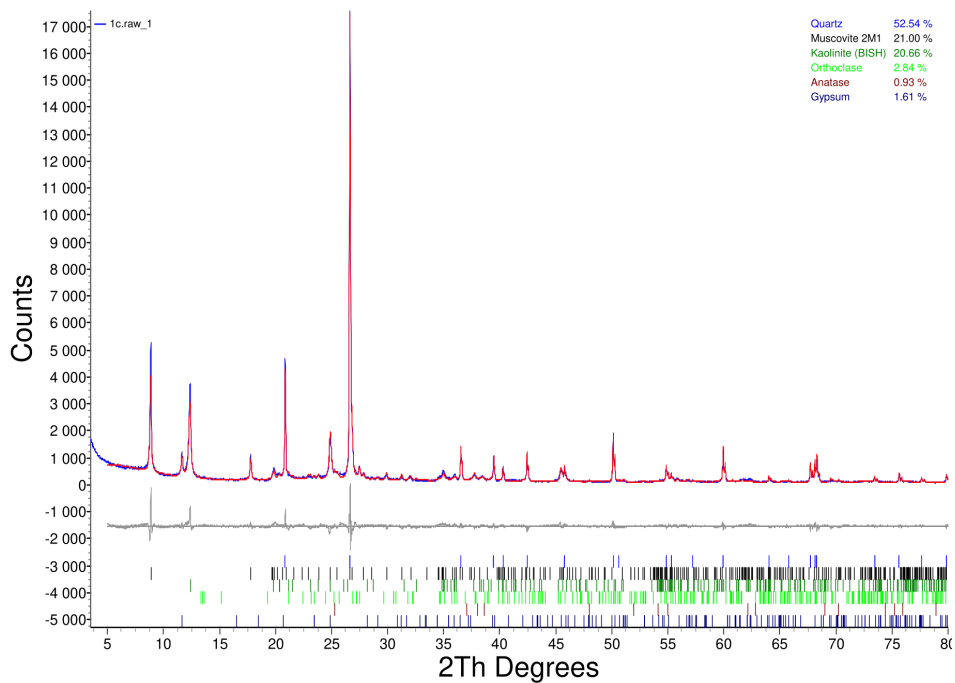
Zrnitostní křivka a statistiky vzorku 9a.

<b>SAMPLE STATISTICS</b>						
SAMPLE IDENTITY: <b>9a</b>			ANALYST & DATE: ,			
SAMPLE TYPE: Bimodal, Poorly Sorted			TEXTURAL GROUP: Sandy Mud			
SEDIMENT NAME: Very Fine Sandy Very Coarse Silt						
	$\mu\text{m}$	$\phi$	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	119,1	3,072	GRAVEL: 0,0%		COARSE SAND: 0,0%	
MODE 2:	32,72	4,935	SAND: 44,8%		MEDIUM SAND: 0,0%	
MODE 3:			MUD: 55,2%		FINE SAND: 16,3%	
D <sub>10</sub> :	22,45	2,829			V FINE SAND: 28,5%	
MEDIAN or D <sub>50</sub> :	51,80	4,271	V COARSE GRAVEL: 0,0%		V COARSE SILT: 29,5%	
D <sub>90</sub> :	140,7	5,477	COARSE GRAVEL: 0,0%		COARSE SILT: 23,1%	
(D <sub>90</sub> / D <sub>10</sub> ):	6,269	1,936	MEDIUM GRAVEL: 0,0%		MEDIUM SILT: 0,7%	
(D <sub>90</sub> - D <sub>10</sub> ):	118,3	2,648	FINE GRAVEL: 0,0%		FINE SILT: 0,0%	
(D <sub>75</sub> / D <sub>25</sub> ):	3,478	1,558	V FINE GRAVEL: 0,0%		V FINE SILT: 0,0%	
(D <sub>75</sub> - D <sub>25</sub> ):	76,43	1,798	V COARSE SAND: 0,0%		CLAY: 1,9%	
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\phi$	$\mu\text{m}$	$\phi$	
MEAN ( $\bar{x}$ ):	70,34	51,77	4,272	55,28	4,177	Very Coarse Silt
SORTING ( $\sigma$ ):	47,53	2,668	1,416	2,050	1,035	Poorly Sorted
SKEWNESS ( $Sk$ ):	0,732	-2,494	2,494	0,087	-0,087	Symmetrical
KURTOSIS ( $K$ ):	2,507	14,27	14,27	0,702	0,702	Platykurtic



Příloha 4: Difraktogramy a tabulky rentgenové difrakční analýzy (XRD).

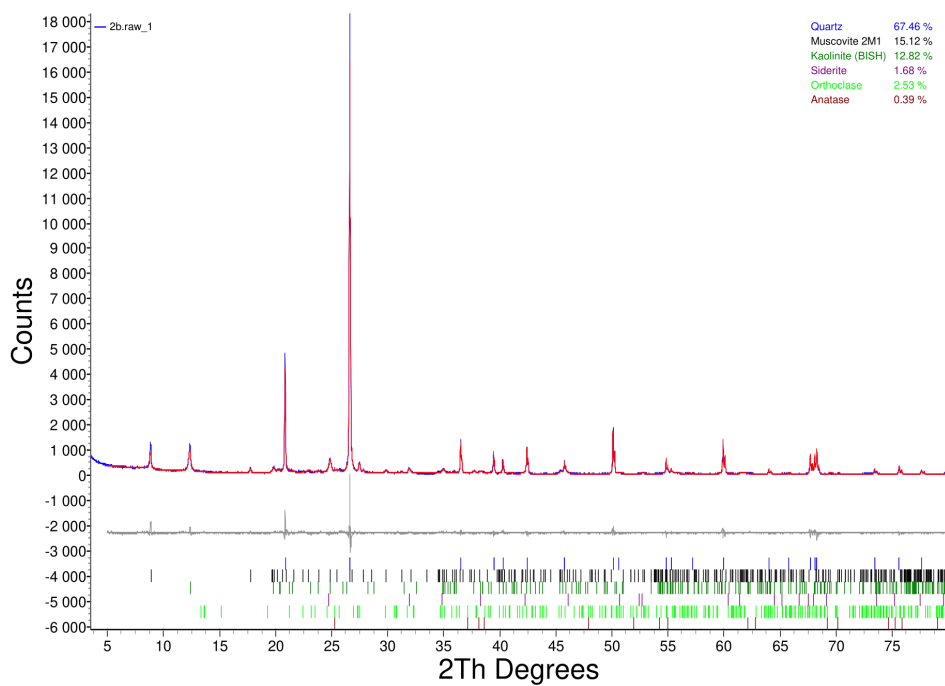
Difraktogram 1 – vzorek 1c.



Tabulka 1 – vzorek 1c.

1c		
Kvantitativní analýza – Rietveld		
Fáze 1	Křemen	52.54(39) %
Fáze 2	Muskovit 2M1	21.00(33) %
Fáze 3	Kaolinit (BISH)	20.66(36) %
Fáze 4	Ortoklas	2.84(26) %
Fáze 5	Anatas	0.93(11) %
Fáze 6	Sádrovec	1.61(14) %
R-hodnoty		
R <sub>exp</sub>		5,58
R <sub>wp</sub>		11,82

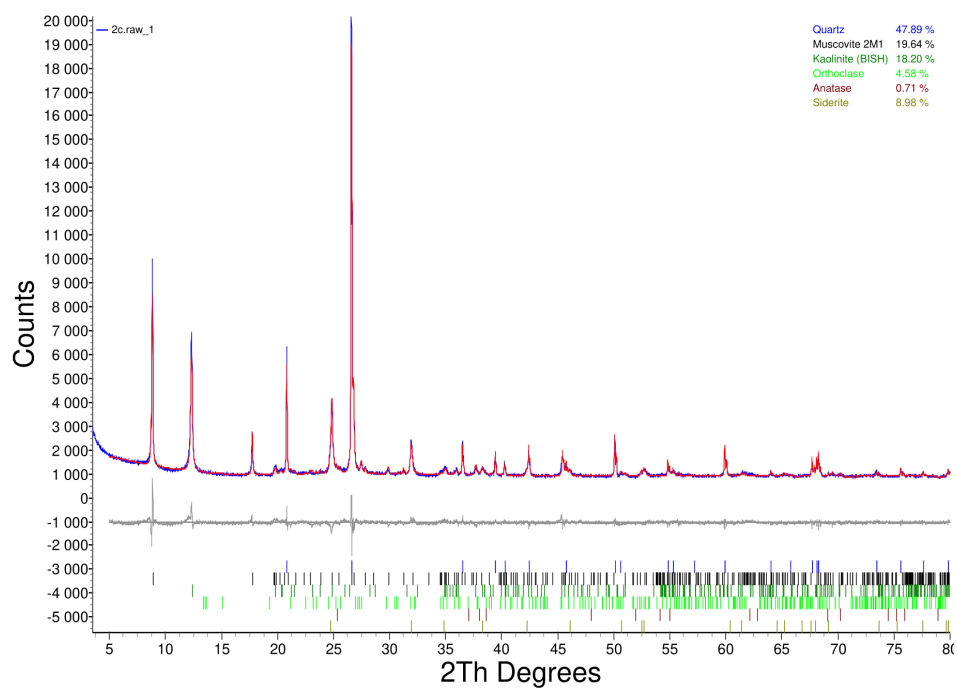
Difraktogram 2 – vzorek 2b.



Tabulka 2 – vzorek 2b.

2b		
Kvantitativní analýza – Rietveld		
Fáze 1	Křemen	67.46(41) %
Fáze 2	Muskovit 2M1	15.12(35) %
Fáze 3	Kaolinit (BISH)	12.82(31) %
Fáze 4	Siderit	1.684(95) %
Fáze 5	Ortoklas	2.53(19) %
Fáze 6	Anatas	0.388(70) %
R-hodnoty		
Rexp		7,35
Rwp		12,77

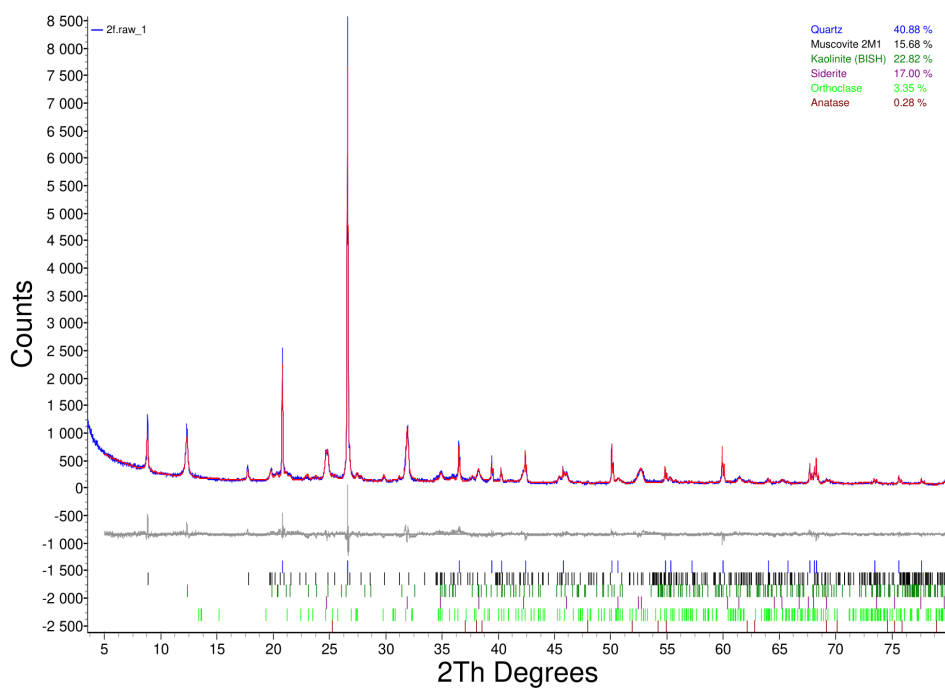
Difraktogram 3 – vzorek 2c.



Tabulka 3 – vzorek 2c.

2c		
Kvantitativní analýza – Rietveld		
Fáze 1	Křemen	47.89(52) %
Fáze 2	Muskovit 2M1	19.64(45) %
Fáze 3	Kaolinit (BISH)	18.20(55) %
Fáze 4	Ortoklas	4.58(41) %
Fáze 5	Anatas	0.71(11) %
Fáze 6	Siderit	8.98(21) %
R-hodnoty		
Rexp		2,94
Rwp		5,15

Difraktogram 4 – vzorek 2f.

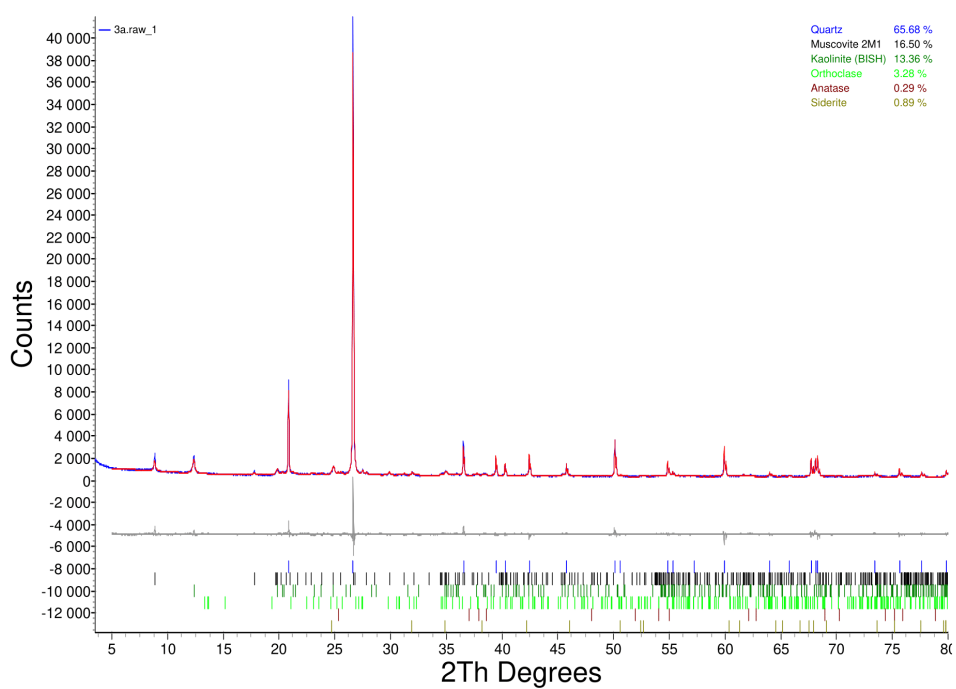


Tabulka 4 – vzorek 2f.

2f		
Kvantitativní analýza – Rietveld		
Fáze 1	Křemen	40.88(41) %
Fáze 2	Muskovit 2M1	15.68(42) %
Fáze 3	Kaolinit (BISH)	22.82(44) %
Fáze 4	Siderit	17.00(26) %
Fáze 5	Ortoklas	3.35(35) %
Fáze 6	Anatas	0.284(70) %
R-hodnoty		
Rexp		7,11
Rwp		11,66



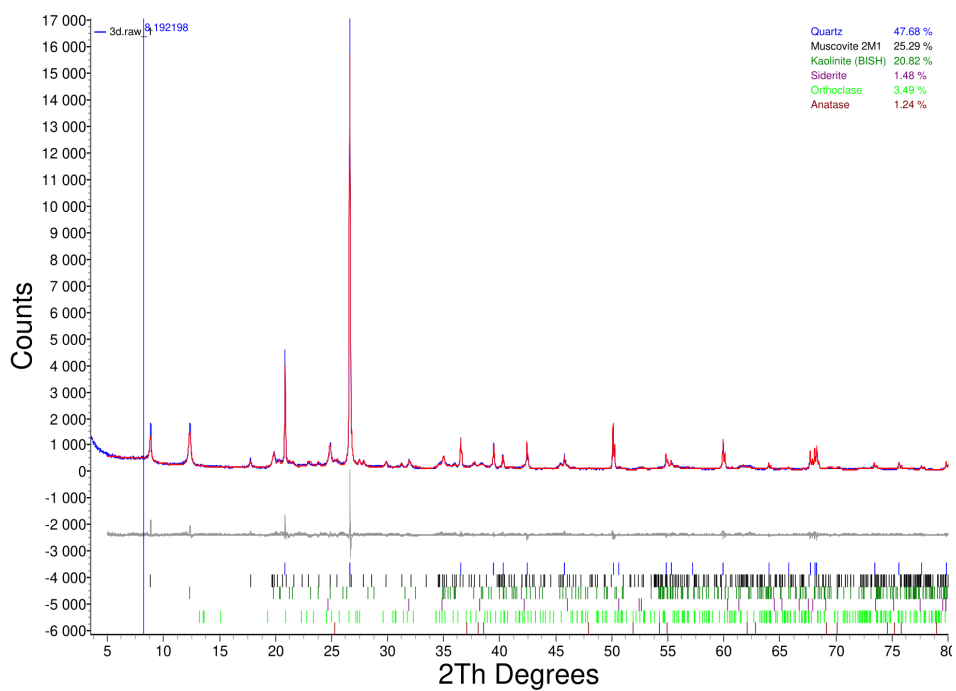
Difraktogram 5 – vzorek 3a.



Tabulka 5 – vzorek 3a.

3a		
Kvantitativní analýza – Rietveld		
Fáze 1	Křemen	65.68(45) %
Fáze 2	Muskovit 2M1	16.50(40) %
Fáze 3	Kaolinit (BISH)	13.36(33) %
Fáze 4	Ortoklas	3.28(29) %
Fáze 5	Anatas	0.292(58) %
Fáze 6	Siderit	0.888(83) %
R-hodnoty		
Rexp		3,97
Rwp		7,74

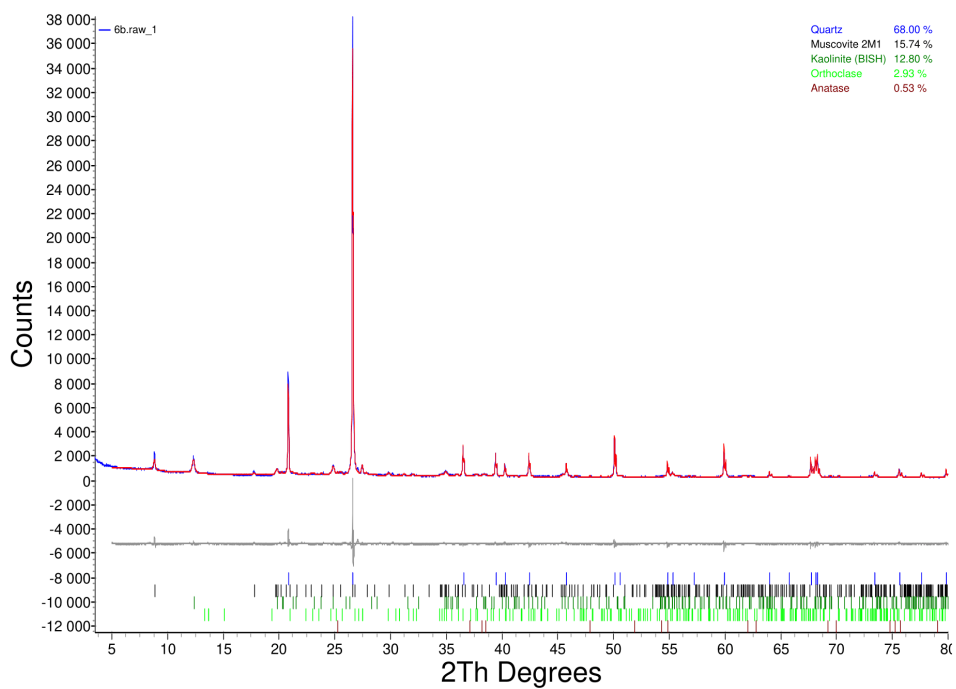
Difraktogram 6 – vzorek 3d.



Tabulka 6 – vzorek 3d.

3d		
Kvantitativní analýza – Rietveld		
Fáze 1	Křemen	47.68(46) %
Fáze 2	Muskovit 2M1	25.29(40) %
Fáze 3	Kaolinit (BISH)	20.82(35) %
Fáze 4	Siderit	1.479(93) %
Fáze 5	Ortoklas	3.49(28) %
Fáze 6	Anatas	1.24(12) %
R-hodnoty		
Rexp		6,11
Rwp		11,33

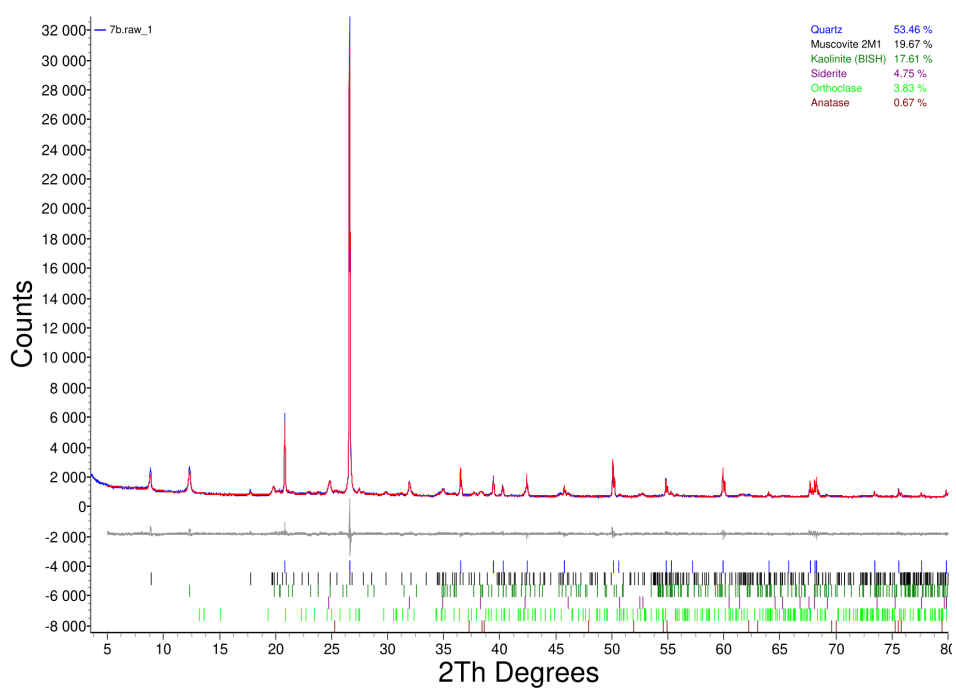
Difraktogram 7 – vzorek 6b.



Tabulka 7 – vzorek 6b.

6b		
Kvantitativní analýza – Rietveld		
Fáze 1	Křemen	68.00(42) %
Fáze 2	Muskovit 2M1	15.74(37) %
Fáze 3	Kaolinit (BISH)	12.80(32) %
Fáze 4	Ortoklas	2.93(22) %
Fáze 5	Anatas	0.528(93) %
R-hodnoty		
Rexp		4,16
Rwp		8,01

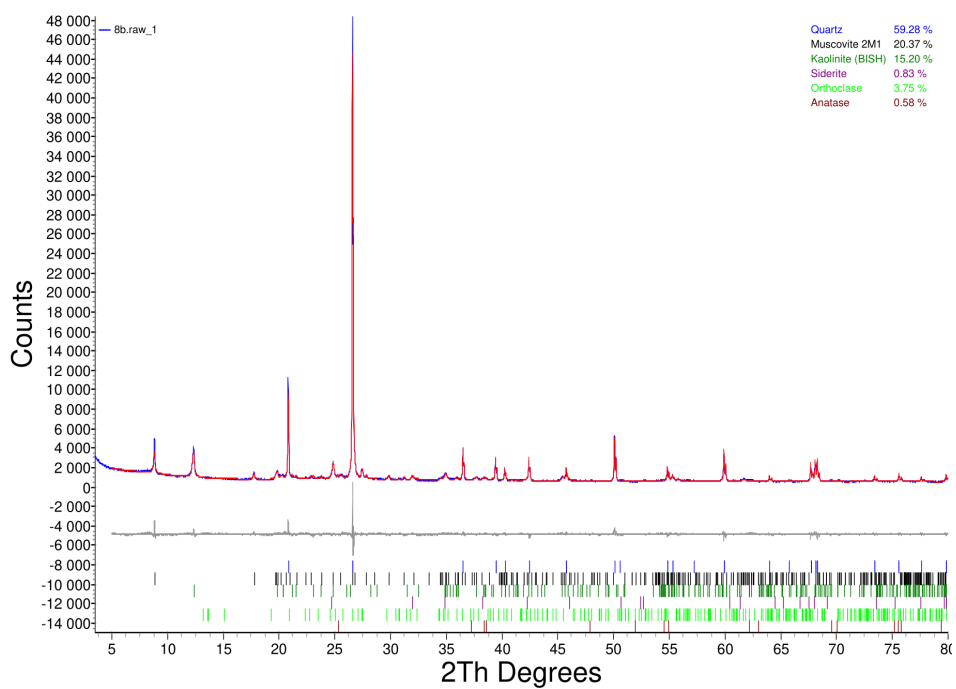
Difraktogram 8 – vzorek 7b.



Tabulka 8 – vzorek 7b.

7b		
Kvantitativní analýza – Rietveld		
Fáze 1	Křemen	53.46(45) %
Fáze 2	Muskovit 2M1	19.67(44) %
Fáze 3	Kaolinit (BISH)	17.61(38) %
Fáze 4	Siderit	4.75(13) %
Fáze 5	Ortoklas	3.83(35) %
Fáze 6	Anatas	0.670(85) %
R-hodnoty		
Rexp		3,3
Rwp		5,13

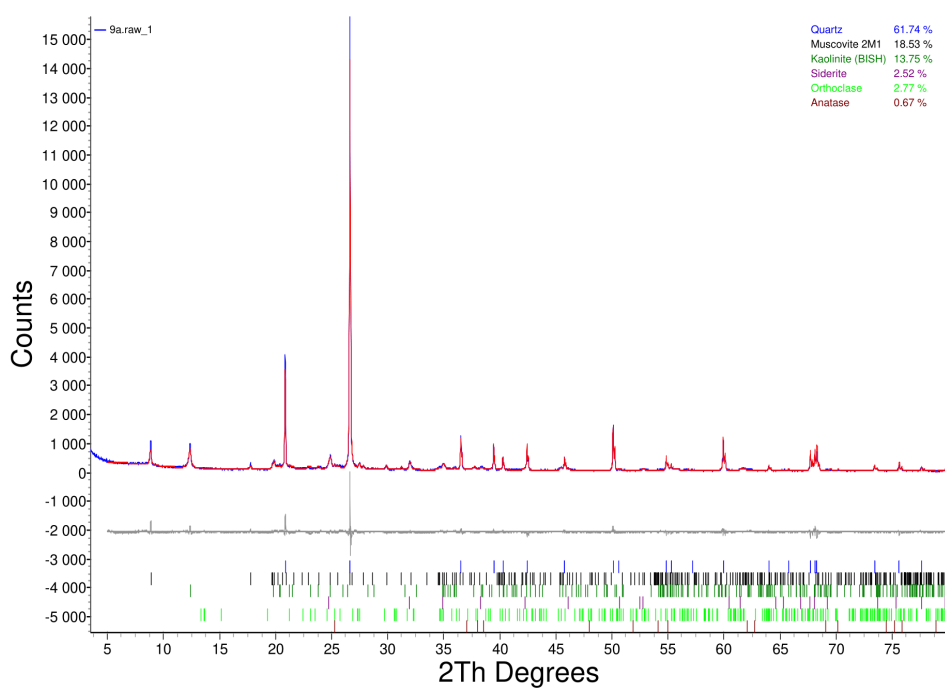
Difraktogram 9 – vzorek 8b.



Tabulka 9 – vzorek 8b.

8b		
Kvantitativní analýza – Rietveld		
Fáze 1	Křemen	59.28(38) %
Fáze 2	Muskovit 2M1	20.37(34) %
Fáze 3	Kaolinit (BISH)	15.20(30) %
Fáze 4	Siderit	0.829(83) %
Fáze 5	Ortoklas	3.75(25) %
Fáze 6	Anatas	0.577(79) %
R-hodnoty		
Rexp		3,17
Rwp		6,78

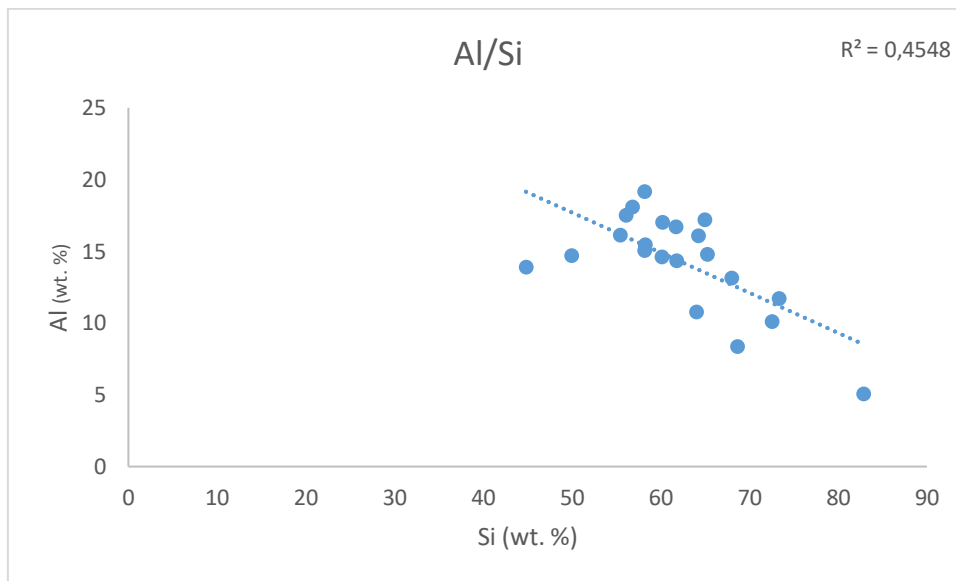
Difraktogram 10 – vzorek 9a.



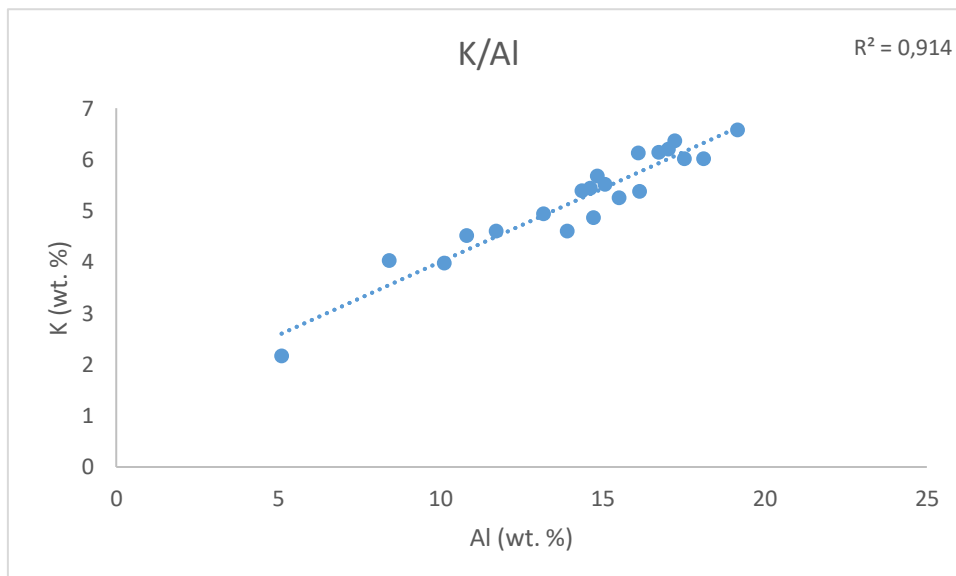
Tabulka 10 – vzorek 9a.

9a		
Kvantitativní analýza – Rietveld		
Fáze 1	Křemen	61.74(41) %
Fáze 2	Muskovit 2M1	18.53(36) %
Fáze 3	Kaolinit (BISH)	13.75(31) %
Fáze 4	Siderit	2.52(10) %
Fáze 5	Ortoklas	2.77(24) %
Fáze 6	Anatas	0.672(93) %
R-hodnoty		
Rexp		7,46
Rwp		12,32

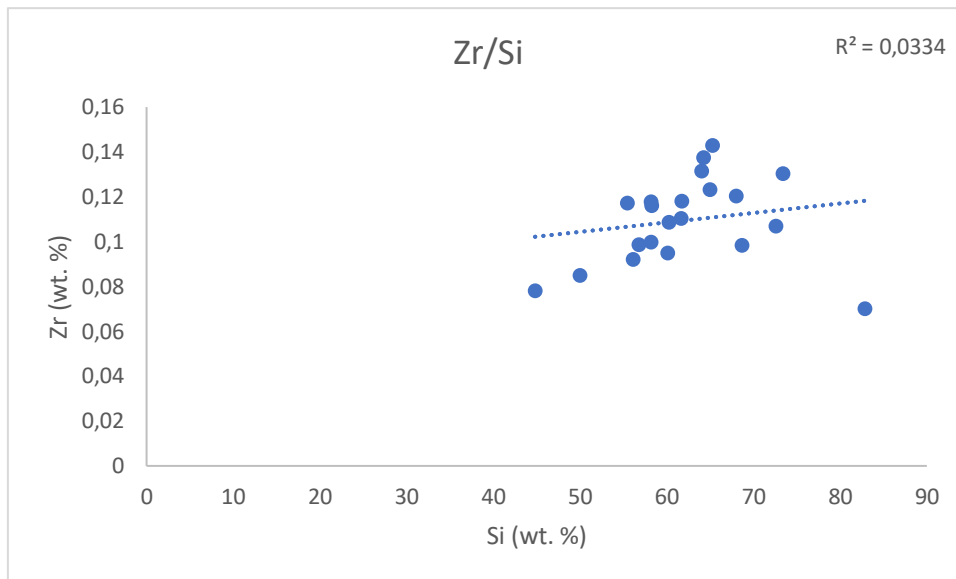
Příloha 5: Grafy poměrů prvků



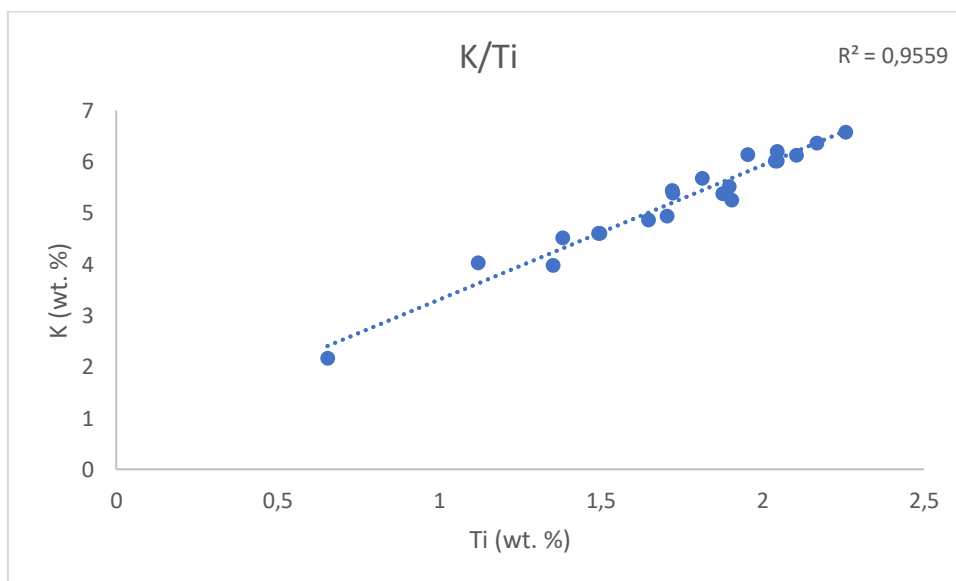
Graf 1: Poměr prvků Al/Si.



Graf 2: Poměr prvků K/Al.

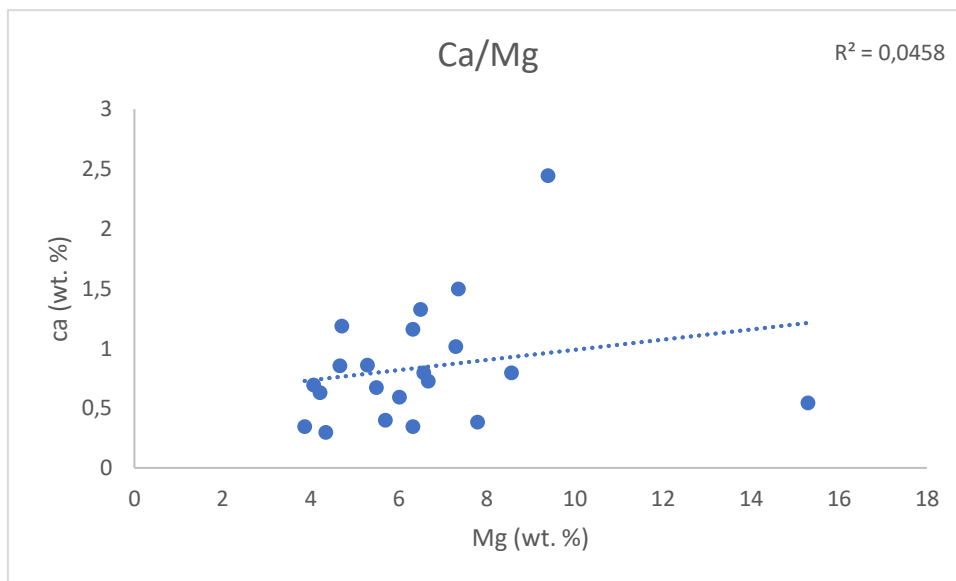


*Graf 3: Poměr prvků Zr/Si.*

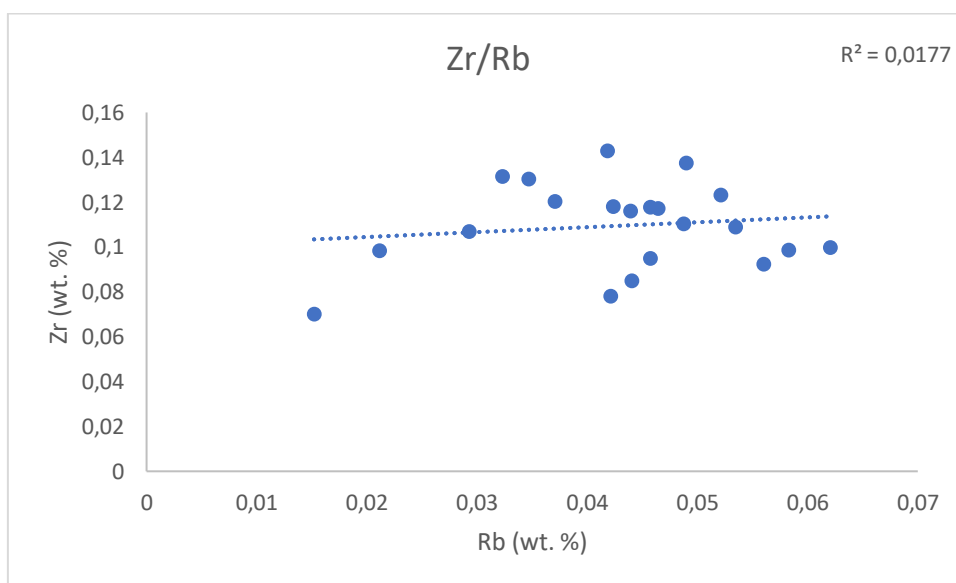


*Graf 4: Poměr prvků K/Ti.*

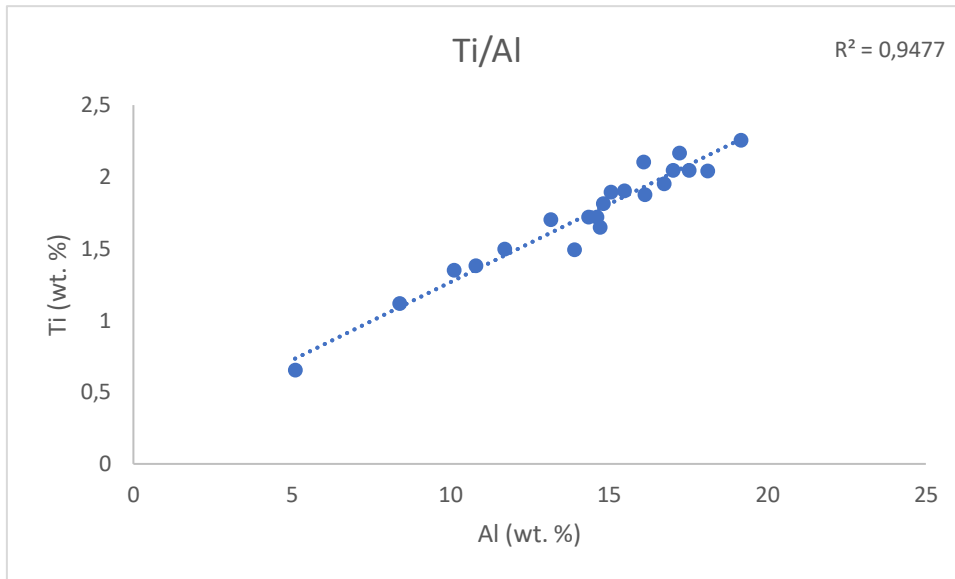




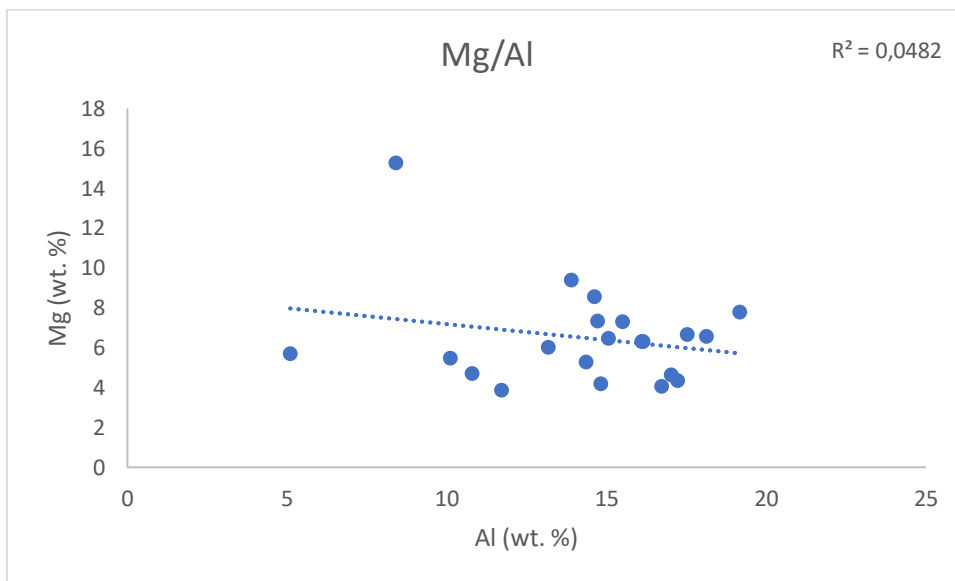
Graf 5: Poměr prvků Ca/Mg.



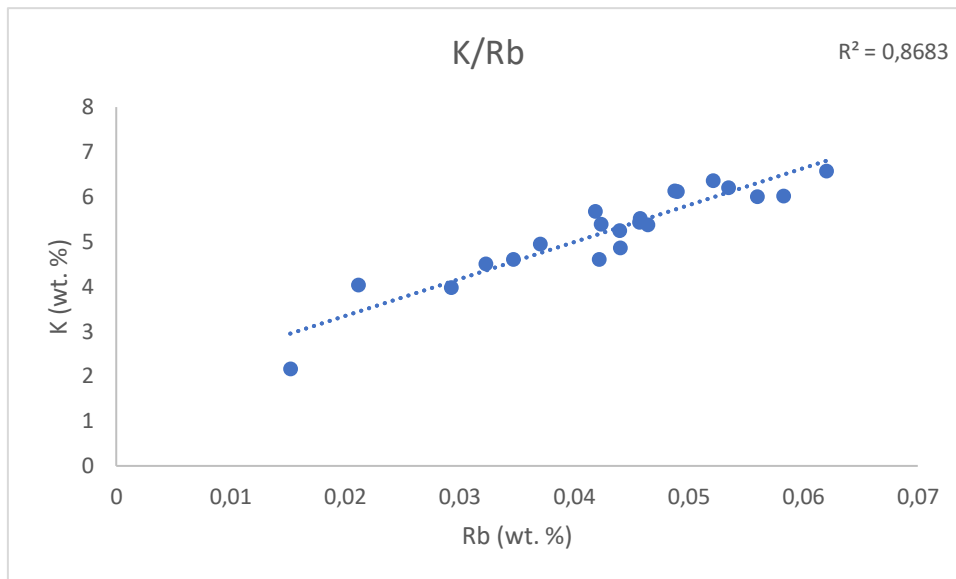
Graf 6: Poměr prvků Zr/Rb.



*Graf 7: Poměr prvků Ti/Al.*



*Graf 8: Poměr prvků Mg/Al.*



*Graf 9: Poměr prvků K/Rb.*

Příloha 6: Výtah dokumentace skryvkových řezů K99, lom Bílina 2016-2022, zmenšeno, upraveno.

