

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ
KATEDRA EKOLOGIE



Granulometrická charakteristika říčního sedimentu
ve vztahu k juvenilním jedincům perlorodky říční

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vedoucí práce: Mgr. Michal Bílý, Ph.D.

Zpracovala: Bc. Marta Rojtová

2022

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Marta Rojtová

Voda v krajině

Název práce

Granulometrická charakteristika říčního sedimentu ve vztahu k juvenilním jedincům perlorodky říční

Název anglicky

Granulometric characteristics of river sediment related to juveniles of freshwater pearl mussels

Cíle práce

Práce se tematicky zaměřuje na fyzikální charakteristiku stanovištních požadavků perlorodky říční. Prvním cílem je vyhodnocení variability granulometrického složení říčního sedimentu a jeho změny mezi léty 2020 a 2021 na vybraných lokalitách. Druhým cílem bude posouzení případného vlivu granulometrického složení říčního sedimentu na přežívání juvenilních jedinců perlorodky říční.

Metodika

Experiment proběhne na toku s přirozeným výskytem perlorodky říční – úseku Teplé Vltavy a jejích přítocích. Vzorky říčního sedimentu odebrané v letním období roku 2020 a 2021 budou zpracovány formou granulometrického rozboru. Výsledné zrnitostní křivky budou porovnány z pohledu distribuce jednotlivých zrnitostních frakcí.

Časový a prostorový design odběru vzorků bude volen tak, aby umožňoval:

- 1) porovnání granulometrické charakteristiky předem vytipovaných různých druhů dnového substrátu v různých úsecích toku
- 2) vyhodnotit variabilitu zrnitosti substrátu ve vybraném úseku toku, klíčovém pro populaci perlorodky.
- 3) porovnání změn zrnitosti z roku na rok na vybraných plochách.

Granulometrická charakteristika testovaných ploch dna bude následně porovnána s výsledky experimentu testujícího přežívání juvenilních perlorodek říčních na těchto plochách.

Doporučený rozsah práce

40 stran

Klíčová slova

Zrnitostní rozbor, hyporeál, perlorodka říční, Teplá Vltava

Doporučené zdroje informací

- ČSN EN 933-1 Zkoušení geometrických vlastností kameniva – Část 1: Stanovení zrnitosti – Síťový rozbor, Praha. Český normalizační institut, 2012.
- Geist, J. & Auerswald, K. (2007). Physicochemical stream bed characteristics and recruitment of the freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera*). *Freshwater Biology*. Vol. 52(12), S. 2299–2316.
- Simon, O. a kol., (2015): The status of freshwater pearl mussel in the Czech Republic: Several successfully rejuvenated populations but the absence of natural reproduction. Vol. 50, S. 11-20
- Simon, O. a kol. (2017). Metodika podpory perlorodky říční (*Margaritifera margaritifera*) [E-book]. Fakulta životního prostředí ČZU, Výzkumný ústav vodohospodářský T.G.M.

Předběžný termín obhajoby

2021/22 LS – FZP

Vedoucí práce

Mgr. Michal Bílý, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra ekologie

Elektronicky schváleno dne 18. 3. 2022

prof. Mgr. Bohumil Mandák, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 18. 3. 2022

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 20. 03. 2022

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Granulometrická charakteristika říčního sedimentu ve vztahu k juvenilním jedincům perlorodky říční" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce Mgr. Michalem Bílým, Ph.D. a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob. Jsem si vědoma, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla. Jsem si vědoma, že odevzdáním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Praze dne _____

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala Mgr. Michalu Bílému, Ph.D. za odborné vedení a cenné rady, které mi věnoval při zpracování mé diplomové práce.

Granulometrická charakteristika říčního sedimentu ve vztahu k juvenilním jedincům perlorodky říční

Abstrakt

Tato závěrečná práce se zabývá vyhodnocením zrnitostního složení vzorků říčního dna odebraných na řekách Teplá Vltava, Studená Vltava a Řasnice. Součástí práce je také vyhodnocení přežívání perlorodky říční (*Margaritifera margaritifera*) při bioindikačním experimentu, který byl proveden v létě roku 2021 v oblasti Národního parku Šumava. Experiment byl součástí projektu „Posílení a podpora populace perlorodky říční“, který organizuje společnost Beleco z.s.

Prvním cílem je popsat různorodost zrnitosti říčního dna v rámci čtyř lokalit v oblasti Šumavy pomocí vzorků říčního dna (dále jen „vzorků“) odebraných v roce 2020. Výsledkem práce je jeden souhrnný graf křivek zrnitosti zobrazující variabilitu zrnitosti říčního dna. Druhým cílem je popsat podobnost zrnitosti říčního dna v rámci čtyř lokalit na řece Teplá Vltava pomocí vzorků odebraných v roce 2020. Výsledkem práce jsou 4 grafy, kombinující křivky zrnitosti rozřazené dle zájmové lokality, zobrazující zrnitostní podobnost říčního dna na úrovni jedné řeky. Třetím cílem je vyhodnotit změny v zrnitosti říčního dna mezi rokem 2020 a 2021 na stanovištích v rámci řeky Teplá Vltava pomocí 8 vzorků odebraných v roce 2020 a 8 vzorků odebraných v roce 2021 na stanovištích ve vzdálenosti maximálně 1 m. Výsledkem je 8 grafů kombinujících dvě křivky zrnitosti vzorků odebraných ze stejných stanovišť s odstupem jednoho roku. Čtvrtým cílem je zjistit korelaci mezi zrnitostí říčního dna a přežíváním perlorodky říční v rámci 30 stanovišť situovaných na řece Teplá Vltava. Výsledkem je výpočet korelace a korelační grafy přežívání perlorodky říční s různými zrnitostními atributy říčního dna (číslo křivosti, číslo nestejnozrnnosti, d₅₀ a jiné).

Klíčová slova: zrnitostní rozbor, hyporeál, perlorodka říční, Teplá Vltava

Granulometric characteristics of river sediment related to juveniles of freshwater pearl mussels

Abstract

This diploma thesis deals with the evaluation of the grain composition of riverbed samples, which were taken on the rivers Teplá Vltava, Studená Vltava and Řasnice. Part of the thesis is also an evaluation of the survival of freshwater pearl mussels (*Margaritifera margaritifera*) in a bioindication experiment, which was realized in the summer of 2021 in the Šumava National Park. The experiment was part of the project Strengthening and supporting the population of freshwater pearl mussels, which is supported by Beleco organization.

The first goal is to describe the diversity of the riverbed granularity within four localities in the Šumava region using riverbed samples (hereinafter referred to as "samples") taken in 2020. The result is one summary graph of granularity curves showing the variability of riverbed grain sizes. The second goal is to describe the similarities of the riverbed granularity within four localities on the river Teplá Vltava using samples taken in 2020. The result of the work are 4 graphs, combining granularity curves arranged according to the locality of interest, showing the similarity of the river bottom at the level of one river. The third goal is to evaluate changes in riverbed granularity between years 2020 and 2021 at 8 habitats within the Teplá Vltava river using 8 samples taken in 2020 and 8 samples taken in 2021 at the same habitats. The result is 8 graphs combining two granularity curves of samples taken from the same habitats one year apart. The fourth goal is to determine the correlation between the granularity of the river bottom and the survival of freshwater pearl mussels within 30 habitats situated on the river Teplá Vltava. The result is the calculation of correlation and correlation graphs of river pearl mussel survival with different grain attributes of the river bottom (number of curvature, number of unequal grain, d50 and others).

Keywords: grain size analysis, hyporheic zone, freshwater pearl mussel, Teplá Vltava river

Obsah

Obsah	4
1. Úvod.....	1
2. Cíle práce.....	2
3. Literární řešerše.....	3
3.1 Tekoucí (lotická) voda	3
3.2 Oligotrofní tok.....	3
3.3 Hyporeál.....	3
3.4 Perlorodka říční (Margaritifera margaritifera).....	4
3.4.1 Životní cyklus perlorodky říční	4
3.4.2 Nároky perlorodky říční na životní prostředí.....	6
3.4.3 Nároky perlorodky říční na vlastnosti říčního dna	6
3.4.4 Ohrožení druhu	7
3.5 Textura říčního sedimentu.....	9
3.6 Granulometrie.....	9
3.6.1 Separace a zrnitostní rozbor.....	10
3.6.2 Zkušební vzorek.....	11
3.6.3 Sítování (prosévání)	11
3.6.4 Hustoměrná zkouška – sedimentace	12
3.6.5 Zpracování dat a křivka zrnitosti	12
4. Charakteristika zájmového území	16
5. Metodika.....	20
5.1 Časové rozmezí experimentů	20
5.2 Experimentální stanoviště	20
5.3 Bioindikace.....	28
5.4 Odběry vzorků pro granulometrii	30
5.5 Granulometrie.....	30
5.6 Zpracování dat.....	31
5.6.1 Vyhodnocení granulometrické různorodosti říčního dna	31
5.6.2 Vyhodnocení zrnitostní podobnosti říčního dna na úrovni jednoho toku.....	32
5.6.3 Vyhodnocení rozdílných stavů dnového substrátu mezi roky 2020 a 2021 ...	32
5.6.4 Souvislost zrnitosti říčního dna s přežíváním perlorodky říční	32
5.7 Možné zkeslení výsledků.....	33
6. Výsledky.....	34
6.1 Vyhodnocení zrnitostní různorodosti říčního dna v rámci čtyř lokalit v oblasti Šumavy.....	34

6.2	Vyhodnocení zrnitostní podobnosti říčního dna v rámci čtyř lokalit Teplé Vltavy	37
6.3	Porovnání zrnitosti říčního sedimentu mezi roky 2020 a 2021	44
6.4	Korelace přežití perlorodky říční s různou zrnitostí říčního sedimentu	50
7.	Diskuze	53
7.1	Vyhodnocení zrnitostní různorodosti říčního dna v rámci čtyř lokalit v oblasti Šumavy	53
7.2	Vyhodnocení zrnitostní podobnosti říčního dna v rámci čtyř lokalit Teplé Vltavy	53
7.3	Porovnání zrnitosti říčního sedimentu mezi roky 2020 a 2021	53
7.4	Korelace přežití perlorodky říční s různou zrnitostí říčního sedimentu	54
7.5	Zhodnocení metodiky práce	56
8.	Závěr	58
9.	Přehled literatury	60
10.	Seznam obrázků	64
11.	Seznam tabulek	66
12.	Seznam rovnic	66
13.	Seznam příloh	67
14.	Přílohy	69

1. Úvod

Perlorodka říční (*Margaritifera margaritifera*) je sladkovodní dlouhověký mlž oválného tvaru obývající oligotrofní říční toky (Beran 2002). Je charakteristický svými vysokými nároky na kvalitu okolního prostředí. Pokud jsou však nároky naplněny, dožívá se v našich podmínkách mírného pásma 50–80 let v závislosti na kvalitě prostředí (AOPK 2013). Životní cyklus perlorodky začíná glochidiální fází, kdy je pro jedince nutné najít si vhodného rybího hostitele a přichytit se na jeho žábry, ve kterých bude žít až do metamorfózy v juvenilního jedince. Po metamorfóze juvenilní jedinec opouští hostitele a tráví další část života zahrnut v dnovém sedimentu. Právě v této juvenilní fázi je jedinec velmi citlivý na chemicko – fyzikální vlastnosti okolního prostředí (Young *et* Williams 1984. Geist 2010). V současnosti je tento živočišný druh z důvodu extrémního poklesu populací v důsledku eutrofizace vod, chemického znečištění vod, nedostatku vhodných hostitelů, nebo nevhodným teplotním podmínkám kriticky ohrožen a je nutné ho chránit (AOPK 2013). V současné době se perlorodka v České republice vyskytuje pouze v několika málo řekách a jedna z nich je Teplá Vltava a její přítoky (Simon 2015).

Teplá Vltava je řeka lokalizována na jihu České republiky v oblasti Národního parku Šumava. Meandrující řeka uprostřed široké říční nivy je obklopena mnoha tůňemi, loukami, mokřady a rašeliništi sloužící jako biotopy rozmanitých druhů organismů a vegetace (Kloubec 2007).

Oligotrofní prostředí a chladnější voda Teplé Vltavy a jejích přítoků je pro perlorodku říční vyhovujícím habitatem. I z toho důvodu bylo v této oblasti provedeno mnoho bioindikačních experimentů, nebo podpůrných projektů, které by měly perlorodce zajistit budoucí snížení kritického ohrožení druhu. Tato práce se zabývá vyhodnocením různorodosti zrnitosti říčního dna a jejího vlivu na přežívání perlorodky říční. Vzorke říčního dna odebrané na Teplé Vltavě, Studené Vltavě a Řasnici byly podrobeny zrnitostní zkoušce, která vedla k vyhodnocení zrnitostního složení říčního dna. Vyhodnocená data dále sloužila k popsání různorodosti zrnitosti říčního dna, k vyhodnocení změn v říčním substrátu mezi léty 2020 a 2021, nebo ke zjištění korelace přežívání perlorodky říční s různými druhy zrnitostního složení.

Tato práce byla zhotovena jako součást projektu „Posílení a podpora populace perlorodky říční“, který organizuje společnost Beleco z.s.

2. Cíle práce

Cíle práce

Práce se tematicky zaměřuje na fyzikální charakteristiku stanovištních požadavků perlorodky říční. Prvním cílem je vyhodnocení variability granulometrického složení říčního sedimentu a jeho změny mezi léty 2020 a 2021 na vybraných lokalitách. Druhým cílem bude posouzení případného vlivu granulometrického složení říčního sedimentu na přežívání juvenilních jedinců perlorodky říční.

Experiment proběhne na toku s přirozeným výskytem perlorodky říční – úseku Teplé Vltavy a jejích přítocích. Vzorky říčního sedimentu odebrané v letním období roku 2020 a 2021 budou zpracovány formou granulometrického rozboru. Výsledné zrnitostní křivky budou porovnány z pohledu distribuce jednotlivých zrnitostních frakcí.

Časový a prostorový design odběru vzorků bude volen tak, aby umožňoval:

- 1) porovnání granulometrické charakteristiky předem vytipovaných různých druhů dnového substrátu v různých úsecích toku
- 2) vyhodnotit variabilitu zrnitosti substrátu ve vybraném úseku toku, klíčovém pro populaci perlorodky.
- 3) porovnání změn zrnitosti z roku na rok na vybraných plochách.
- 4) granulometrická charakteristika testovaných ploch dna bude následně porovnána s výsledky experimentu testujícího přežívání juvenilních perlorodek říčních na těchto plochách.

3. Literární rešerše

3.1 Tekoucí (lotická) voda

Voda vzniklá srážkou, která spadne na zemský povrch, spadlým sněhem, roztátým vlivem zvýšené okolní teploty v důsledku například změny ročního období, může být infiltrována, odpařena, nebo být akumulována okolní vegetací. Tyto jevy závisí na charakteristikách povrchu, na kterém vodu pozorujeme, jako je vegetační pokryv, sklon svahu, propustnost povrchové vrstvy půdy, infiltrační kapacita půdy atd.

Voda kumulována na povrchu stéká přirozeným spádem jako povrchový odtok do vodního toku, který se postupně vlévá do toků vyšších kategorií a končí v moři. Spolu s podzemními zdroji vytváří hydrografickou síť v jednom určitém územním celku – povodí. Vodní toky jsou definovány ať již umělým, nebo zcela přirozeným korytem, ve kterém se pohybují. Koryto může být různého tvaru, délky, sklonu, drsnosti a jiných charakteristik (Lellák *et* Kubíček 1991, Wohl 2013). Lotické vody jsou reprezentovány prameny, potoky a řekami (Ambrožová 2003).

Zákon č. 254/2001 Sb. O vodách definuje vodní tok jako povrchovou vodu tekoucí vlastním spádem v korytě trvale, nebo převažující část roku. Jejich součástí jsou i vody ve slepých ramenech a v úsecích přechodně v přirozených dutinách, nebo pod zemí.

Zákon č. 114/1992 Sb. O ochraně přírody a krajiny dodává, že vodní tok je nejen osamocený vodní proud, součástí je jeho prostředí, jímž je koryto vodního toku a jeho břehy.

3.2 Oligotrofní tok

Nejprve je nutné definovat si takzvanou trofii (úživnost), což znamená obsah rozpuštěných chemických látek (živin) ve vodě. Rozlišujeme dva základní typy vod, a to oligotrofní a eutrofní. Vody, bohaté na živiny a vysokou produkcí rostlin i konzumentů nazýváme eutrofní. Vody, kterými se budeme zabývat dále, oligotrofní, se vyznačují nízkým obsahem živin a malou, nebo téměř žádnou produkcí organické hmoty (Lellák *et* Kubíček 1991, Ambrožová 2003). Široce používané termíny oligotrofní a eutrofní však popisují míry úživnosti vody, které představují pouze koncové body spektra trofie. Nejčastěji je možné se setkat s mezotrofní zásobností živin, tedy kontinuem přechodných stupňů trofie (Poindexter 2009).

3.3 Hyporeál

Koryto toku je tvořeno několika zónami:

- zóna volně tekoucí vody
- pobřežní zóna (litorál)
- zóna dna (bentál)
- zóna podříčního dna (hyporeál)

Poslední jmenovaná zóna hyporeálu, která je předmětem této práce, se nachází pod bentálem. Můžeme ji definovat jako dynamický, prostorově kolísající ekoton, ve kterém je mísená voda povrchová (říční) s vodou podzemní (Boulton *et al* 1998). Vnitřní pohyb vody je výsledkem sil gravitačních a kapilárních, které úzce souvisí s charakteristikami dna jako je materiál dnového sedimentu, jeho pórovitost (poměr objemu vody v prostorech mezi částicemi a objemem částic) a propustnost (čím je povrch částice materiálu větší, tím větší je odpor proti pohybu vody), dále tvar a velikost částic (Wohl 2019, Lellák *et* Kubíček 1992, Ambrožová 2003).

3.4 Perlorodka říční (*Margaritifera margaritifera*)

Perlorodka říční (*Margaritifera margaritifera*) je zařazena do kmene měkkýšů (*Mollusca*), třídy mlžů (*Bivalvia*), podtřídy listožábřích (*Eulamellibranchiata*), řádu *Unionoida*, čeledi perlorodkovitých (*Margaritiferidae*) a rodu perlorodka (*Margaritifera*).

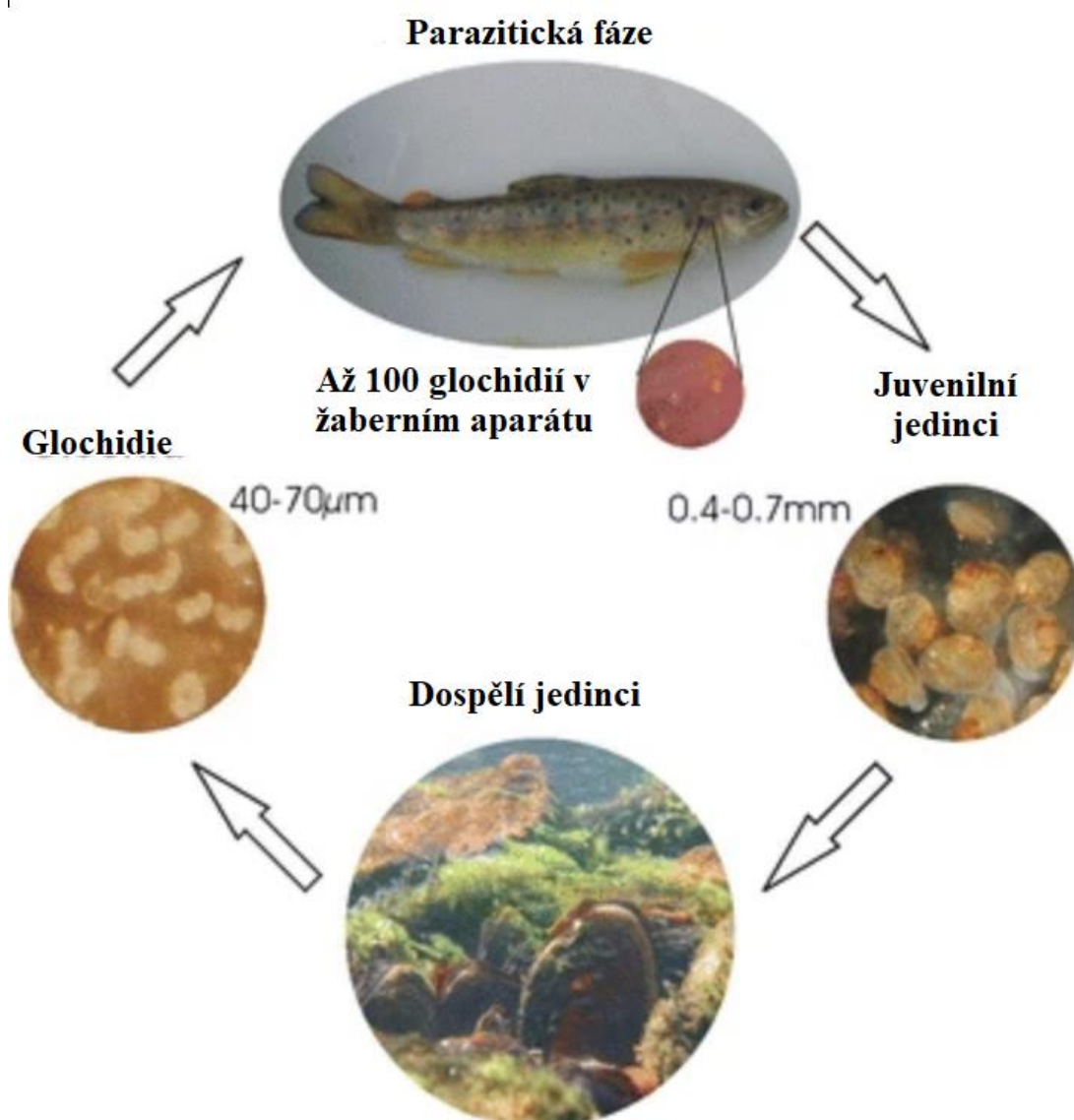
Perlorodka říční je sladkovodní mlž, jehož přirozeným typem prostředí jsou oligotrofní toky – horské potůčky, horní části řek – s mírně kyselou chladnější vodou obsahující malé množství vápníku (Beran 2002). Nejvíce je tento druh rozšířen v arktických a mírných oblastech západního Ruska, v Evropě a na severovýchodním pobřeží Severní Ameriky (Geist 2010). Průměrně se v podmínkách České republiky dožívají 50-80 let v závislosti na kvalitě prostředí (AOPK ČR 2013, Bauer 1994). Berglund 2019 uvedl, že zatímco v prostředí Španělska se jedinci dožívají v průměru 35 let, v chladnějších skandinávských vodách se dožívají přes 200 let. Lastura perlorodky je oválného, ledvinového tvaru, silnostěnná a pevná. Zbarvení je tmavě hnědé, v dospělosti až černé. V dospělosti se velikost lastury v delší ose pohybuje v rozmezí 95-140 mm (délka), v kratší ose 50-60 mm (šířka). Na vnitřní stěně lastury je vytvořen perleťový povrch vytvořen schopností perlorodky obalovat perleť cizorodé částice. Tělo perlorodky je průsvitné, krémovitě bílé (Beran 2002).

3.4.1 Životní cyklus perlorodky říční

Perlorodky jsou gonochoridní, tedy jednotlivec je buď samec, nebo samice. V případech nízké hustoty druhu bylo zaznamenáno, že se samice stávají hermafrodity. Životní cyklus (viz Obrázek 1) začíná od malých larev tzv glochidií o velikosti 0,06 - 0,07 mm, které jsou vyvrženy v počtu několika milionů dospělou samicí perlorodky v čase poloviny až konce letního období (Geist 2010). Glochidie jsou unášeny proudem řeky a snaží se přichytit na vhodného hostitele. Jejich další vývoj probíhá v parazitickém vztahu s lososovitými rybami jako je losos atlantický (*Salmo salar*), nebo v našich podmínkách nejrozšířenější – pstruh obecný (*Salmo trutta*) (Bauer 1994, Berglund 2019). Infikování hostitelské ryby je úspěšné pro zhruba deset larev z milionu (Bauer 1994). Většina glochidií uhynie po šesti dnech ve volné vodě (Bauer 1988), není schopna se přichytit na hostitelské ryby, nebo je hostitel odolný vůči glochidiové infekci (Geist 2010).

V případě úspěšného přichycení na žaberní aparát ryby si glochidie vytvoří cystu a započne metamorfóza na juvenilního jedince perlorodky říční (AOPK ČR 2013).

Když je perlorodka připravena k opuštění hostitele ve velikosti 0,3-0,5 mm, opouští cystu a vypadává na říční dno (Young *et* Williams 1984). V postparazitické fázi se juvenilní jedinec následně zahrabává do říčního sedimentu a vyžaduje velmi příznivé podmínky prostředí – vysoká kvalita sedimentu, ideální teplota, probíhající intenzivní výměna říční vody s vodou ve dně a s ní související procentuální obsah kyslíku. Jedná se o nejkritičtější fázi životního cyklu perlorodky (Geist 2010, Berglund 2019). V případě naplnění podmínek životního prostoru se jedinec bezpečně usadí a vyvíjí se po dobu 5-10 let (Geist 2010) v dospělého jedince, který následně vystoupá na povrch říčního dna (AOPK ČR 2013).



Obrázek 1 Vizualizace životního cyklu perlorodky říční. Převzato z Geist 2010.

3.4.2 Nároky perlorodky říční na životní prostředí

Většina ohrožených sladkovodních druhů mlžů včetně perlorodky říční je závislých na kvalitním říčním sedimentu, který slouží jako dočasné, či trvalé životní stanoviště. Zvláště život juvenilních jedinců v postparazitické fázi, kteří tráví značnou část života zahrnuti v dnovém sedimentu, je podmíněn dobře provzdušňovaným stabilním materiálem a stabilní hodnotou pH (Geist *et* Auerswald 2007, Hastie 2000, Buddensiek 1993). Jedinci preferují žulové oblasti s nízkým obsahem rozpuštěného vápníku (Araujo *et* Ramos 2000). Přežívání druhu je také silně ovlivněno výskytem hostitelských ryb (viz výše), perlorodka se tedy usazuje v pstruhových pásmech.

Mezi nároky životního prostředí z hlediska chemických vlastností patří vysoké nasycení kyslíkem, nízká hodnota konduktivity a BSK₅, teplotní maxima nepřekračující hodnotu 20 °C, nebo neutrální až zásadité pH (AOPK 2013).

3.4.3 Nároky perlorodky říční na vlastnosti říčního dna

Aby bylo dosaženo úspěšného rozmnožování, vyžaduje perlorodka mimo vyvážené vlastnosti prostředí jako obsah kyslíku, či čistota vody s dostatečným množstvím živin také specifické vlastnosti říčního dna. (Berglund 2019). Je nutné vhodné strukturální složení a také pórovitost dnového sedimentu z důvodu snadného zahrnování juvenilních jedinců do volných prostor (Geist *et* Auerswald 2007). Nadměrný obsah jemnozrnných částic v sedimentu není pro perlorodka vhodný. V místě disponujícím nadměrné množství jemnozrnných částic není umožněna výměna okysličené vody mezi prostorem volné vody a říčním dnem, dále jsou materiálem zanášena stanoviště, což má za následek snížení reprodukční schopnosti a případné dušení jedinců (Hastie *et* al 2000, Hansen *et* al 2016, Pulley 2019).

Preferován je povrch říčního dna složených převážně z valounů a balvanů, tedy větších kamenů, kombinovaný s nánosem písku vyplňujícího mezery mezi valouny, do kterého se perlorodka snadno zahrne (Hastie *et* al 2000). Preference souvisí s větší stabilitou sedimentu, tedy menší pravděpodobností pohyblivosti dna a nedobrovolného přesunutí jedince. Větší balvany také stabilizují dno během povodní (Hastie 2000). Při velkém zastoupení jemných částic v kombinaci s malou výškou hladiny je následek zanášení dna a snižování obsahu rozpuštěného kyslíku doprovázený zvyšováním konduktivity vody v prostoru hyporeálu (AOPK 2013). Zanášení hrubozrnného substrátu jemnozrnným jílovitým nánosem je jedna z vážných hrozeb pro perlorodka říční, její reprodukci a vývoj (Pulley 2019, Gosselin 2015, Araujo *et* Ramos 2000).

3.4.4 Ohrožení druhu

Někteří autoři perlorodku říční považují za jednoho ze světově nejohroženějších sladkovodních mlžů. Perlorodky byly ještě před sto lety běžné ve velkých koncentracích a často pokrývaly říční dno v několika vrstvách. Do 90. let 20. století poklesla evropská populace perlorodek více než 90 %, což je trend, který jasně přetrvává nebo se dokonce zrychluje. Hlavním důvodem ohrožení druhu je v současné době nedostatečná reprodukce mláďat ve většině evropských populací (Geist 2010).

Sběr perel, predátoři jako jsou vydra, rak, či úhoř živící se juvenilními jedinci představují pouze ohrožení místního charakteru a nemají vliv na globální úbytek. Za hrozby způsobující globální ohrožení druhu jsou považovány následující jevy.

Eutrofizace povrchových vod, která má za následek vyšší rychlosti metabolismu perlorodek vedoucí ke krátkověkosti druhu a snížení reprodukční schopnosti. Velké množství organického materiálu má také za následek zanášení dnového sedimentu, a tedy znemožnění života juvenilů v důsledku nemožnosti pohybu jedinců a zhoršené distribuce kyslíku v hyporeální oblasti (Bauer 1988, Geist 2010, AOPK ČR 2013).

Chemické znečištění vod způsobené intenzivním hospodářstvím velkoplošně využívajících minerálních hnojiv či pesticidů. Dále industrializací produkující toxické odpadní vody s obsahem toxických kovů a jiných nebezpečných látek (Young 2005, AOPK ČR 2013).

Nedostatek vhodných hostitelů nezbytných k přežití v parazitické fázi. Kvůli rozsáhlé výstavbě přehrad vymizel z českých vod zhruba v polovině 20. století losos obecný (*Salmo salar*) (Andreska 2010), pro vývoj perlorodky se v České republice stal jediným vhodným hostitelem pstruh potoční (*Salmo trutta fario*). Zarybnování invazními druhy, či jejich křížení způsobilo úbytek pstruha a nepřímo i perlorodky říční (AOPK ČR 2013)

Nevhodné teplotní podmínky způsobené zalesňováním okolí řek a snížení teplot toku v důsledku stínění. Pro reprodukční cyklus perlorodky je důležité, aby v části roku překročila teplota vody 15°C. Při této teplotě dochází v těle samice k dozrávání a následnému vypouštění glochidií do vody. Vyšší teplota je také důležitá pro průběh metamorfózy probíhající na žábřácích hostitele.

V neposlední řadě je také nutné jmenovat **globální oteplování**, které má za následek extrémní klimatické jevy jako jsou velká sucha a povodně. Například v pyrenejské oblasti byly před třiceti lety průměrné teploty přízemního vzduchu o 5 °C vyšší než v současné době. Roční průměrné množství srážek v této oblasti kleslo až o 40% a s ním související pokles výšky hladiny negativně ovlivňující reprodukční schopnosti perlorodky (Santos 2015).

Z těchto a dalších důvodů se za posledních 30–50 let většina evropských populací perlorodek nedokázala přirozeně rozmnožovat a jejich rozšíření se kriticky snížilo. V důsledku toho se dříve husté a integrované populace často rozpadly a staly se z nich izolovaní jedinci a ostrovní skupiny (Geist 2010).

3.4.5 Výskyt a ochrana druhu v České republice

V současné době je potvrzen výskyt perlorodky říční v České republice pouze na několika místech v odhadovaném počtu cca 16 000 jedinců. Největší počet jedinců s případnými skupinami lze najít na povodí Vltavy, kde mezi léty 1850-2012 vymizelo 90% populace (Němec 2006, Simon 2015). Jedince lze nalézt na tocích Teplá Vltava, Zlatý potok, nebo Blanice (Simon 2015) kde můžeme nalézt nejpočetnější středoevropskou populaci s počtem jedinců cca 10 000 (AOPK 2013). Dále je potvrzen výskyt v oblasti česko-rakouských hranic v řece Malši, nebo oblasti česko-německých hranic v tocích Bystřina, Lužní potok a Rokytnice [AOPK (2013) však udává, že na Rokytnici je v současné době 0 jedinců]. Se sousední oblastí Bavorska se dělíme o řeky s místy výskytu jako Švarcava, Kamenný potok, Kouba, Pekelský potok a Újezdský potok (Simon 2015). Směrem na sever lze nalézt jedince perlorodky v oblasti Želivky v Jankovském potoce, dále v tocích Stropnice, Křemže, Dluhošském potoce a Chvalšínském potoce.

V minulosti byla perlorodka chráněna již v období Rakouska-Uherska paradoxně jako ekonomicky cenný druh (Vaníčková *et* Simon 2015) od té doby populace perlorodek klesly do takové míry, že je nutné je chránit z důvodu kritického ohrožení. Současná ochrana perlorodky podléhá zákonu **114/1992 Sb Zákon České národní rady o ochraně přírody a krajiny §52 Záchranné programy zvláště chráněných druhů**, který nařizuje orgánům ochrany přírody vytvářet pro ohrožené druhy takové podmínky, aby bylo zajištěno posílení populací těchto druhů, vedoucí ke snížení stupně ohrožení. Zákon upravuje vyhláška 395/1992 Sb.

Záchranný program pro perlorodku říční jako nejstarší záchranný program v ČR vyhlásilo Ministerstvo životního prostředí již v roce 1993 a trvá dodnes. Hlavní koordinátor projektu je Agentura ochrany přírody a krajiny ČR.

Na mezinárodní úrovni je perlorodka chráněna **Směrnici o stanovištích** jako součást projektu **NATURA 2000** a tzv. Bernskou úmluvou – Úmluva o ochraně evropských planě rostoucích rostlin, volně žijících živočichů a přírodních stanovišť (perlorodkaricni.cz 2022)

Zásadní pro podporu přežívání perlorodky říční je obnova přirozených biotopů revitalizacemi. Tento postup je bohužel časově velmi náročný, proto se přistoupilo k umělému posilování populace (Vaníčková *et* Simon 2015) pomocí vysazování jedinců odchovaných v polopřirozeném prostředí krmených detritem z přirozeného prostředí. Odchov probíhá infikováním hostitelských ryb, které nesou jedince až do momentu metamorfózy a opuštění hostitele. Následně se pro juvenilny vytvoří vhodné umělé prostředí ve kterém přežívají až do momentu vysazení do prostoru přirozeného habitatu (Simon *et al* 2017). V minulosti probíhal odlišný postup posilování populace. Infikování hostitelských ryb glochidiemi v experimentálním prostředí probíhalo jako u předchozí metodiky. Po infikaci však byly ryby vypouštěny zpět do volné vody. Tato metodika se přestala uplatňovat v roce 2003 (Vaníčková *et* Simon 2015).

3.5 Textura říčního sedimentu

Slatt (2013) definuje říční (fluviální) sedimenty jako materiál který je transportován pomocí říčního proudu a ukládán v prostoru koryta v kontinentálním prostředí. Říční sediment je velmi nestálý – velmi zřídka zůstává na místě, kam je přemístěn, z větší části je znovu erodován a transportován ve směru proudu. Velkou šanci na přesun mají jemnozrnné sedimenty nacházející se vně koryta. V důsledku neustále se přemísťujícího meandrujícího koryta umístěného v říční nivě jsou sedimenty stále v pohybu – erodovány na konkávních březích a znovu sedimentovány na konvexních březích. Výsledkem transportního procesu se za nějaký čas vyvine šterkopískové koryto stabilnějšího charakteru a přirozené náplavy mimo koryto z prachu a jílu charakteru pohyblivějšího (Máčka 2009, Aslan 2013).

3.6 Granulometrie

Granulometrie jinak zvaná rozbor zrnitosti je klasická analytická technika využívaná napříč vědeckými obory zabývající se půdními vlastnostmi jako jsou pedologie, geologie, ale i archeologie nebo geoarcheologie. Provádí se za účelem stanovení velikostí částic zkoumaného materiálu. Materiál může pocházet z nezpevněného sedimentárního ložiska, usazené horniny, nebo půdní jednotky. Velikost částic je základní vlastností sedimentů a je závislá na vlastnostech půdního prostředí jako jsou textura (velikost a tvar zrn) a struktura (shlukování zrn) zeminy, její hustota, poréznost, nebo propustnost. Zkouška je prováděna s cílem určení typu prostředí, transportního mechanismu (vítr, země, nebo voda), nebo doby transportu a vlastností sedimentace daného vzorku (Lopez 2016). Klasifikace částic dle velikosti je zobrazena v Tabulce 1.

Tabulka 1: Klasifikace částic dle velikosti podle ČSN 73 1001 (převzato z Kořínek 2012).

	Název	Velikost částice
Velmi hrubé částice	Balvan	>200 mm
	Kámen	60-200 mm
Hrubé částice	Štěrk	2-60 mm
	Písek	0,06-2 mm
Jemné částice	Prach	0,002-0,06 mm
	Jíl	<0,002 mm

3.6.1 Separace a zrnitostní rozbor

Před samotným rozbořem a vyhodnocením zrnitosti vzorku se provádí tzv. separace. Tento stupeň bývá předběžnou přípravou vzorku před aplikací různých výzkumných metod. Účelem separace je oddělení různých fází vzorku na základě jejich fyzikálních, chemických, nebo chemicko-fyzikálních rozdílů. Je známo několik metod separace a zrnitostního rozboru, které se volí podle vlastností daného vzorku (Dolníček 2005).

V případě vzorku kameniva:

- pokud je 90 % a více zrn větších než 0,063 mm, je nutné provést zkoušku síťovací
- pokud 10 % a více zrn větších než 0,063 mm, je nutné provést zkoušku sedimentační (gravitační) (ČSN EN ISO 17892-4 2017)
- pokud se jsou ve vzorku obsaženy velmi hrubé částice větší než 63 mm, je nutné je vyjmout a zaznamenat podíl ve zkoušené zemině (ČSN 73 1001 1987)

Pokud je cílem vytvořit kompletní křivku zrnitosti, je nutné provést zkoušku jak prosévací, tak sedimentační (ČSN EN ISO 17892-4 2017).

3.6.2 Zkušební vzorek

Váha zkoušeného vzorku tzv. zkušební navážka je volena dle největší velikosti zrna ve vzorku (viz Tabulka 2). Pokud je váha menší než váha normativní, je nutné tuto skutečnost uvést do protokolu.

Tabulka 2: Hmotnost zkušební navážky dle ČSN EN 933-1.

Největší velikost zrna [mm]	Hmotnost zkušební navážky [kg]
63	40
32	10
16	2,6
8	0,6
</= 4	0,2

Zkušební navážku je nutné vysušit při teplotě 110±5 °C do ustálené hmotnosti. Po vychladnutí se vzorek zváží a zaznamená jako hmotnost M. Zkouška se provádí na vzorku zmenšeného děličem vzorků, či kvartací. Zkoušený vzorek je zvážen a zaznamenán jako hmotnost M1. Aby se zabránilo přetížení sít, množství materiálu na každém síti by nemělo překročit:

Rovnice 1 Výpočet maximálního možného množství materiálu na každém síti.

$$\frac{A \cdot \sqrt{d}}{200} \text{ [g]}$$

A= plocha síti v mm²

d = velikost otvoru síti v mm

(ČSN EN 933-1 2012).

3.6.3 Sítování (prosévání)

Prosévání je základní metoda využívaná pro vzorky kameniva, nebo jiné sypké materiály. Jejím výsledkem je separace zrn určité velikosti – takzvané zrnitostní frakce (Dolníček 2005). Frakce je definována dvojicí zkušebních sít – například 2/4. Tedy nejmenší možný rozměr zrna 2 mm, který je zachycen dolním sítem o velikosti oka 2 mm a největší možný rozměr zrna 4 mm, který propadl vrchním sítem o velikosti otvoru 4 mm (Svoboda *et al* 2018).

Postup zkoušky je následující: předem připravený vzorek materiálu je přesunut na síto a je jím proset. Vzorek se prosévá buď ručně, nebo strojně na tzv. třepačce. Síto s čtvercovými, nebo kruhovými otvory definuje průměr zrna. Zrna menších rozměrů, než je otvor síti propadnou a nesou označení „podsítná frakce“, zrna větších rozměrů zůstanou na síti a nesou označení „nadsítná frakce“ (Dolníček 2005).

K síťování je většinou využívána sada sít vertikálně seřazená shora od sít s největšími otvory, po síta s nejmenšími otvory (Sivakugan 2009, Dolníček 2005). Síta jsou tvořena kovovou obručí vyplněnou plechem s vyřiznutými kruhovými, či čtvercovými otvory, nebo kovovou obručí vypletenou drátem různé tloušťky, který tvoří čtvercové otvory (Murthy 2002), Sada je ze spod doplněna o misku zachycující nejdrobnější částice, ze shora o víko zabráňující ztrátám odprášením jemných částic (ČSN EN 933-1 2012, Dolníček, 2005).

Sítování se provádí za sucha, nebo v případě vzorků s vysokým podílem prachu a jílu pod vodou za mokra (Dolníček, 2005). Sítování je prováděno ručně s menším počtem sít, nebo na automatických laboratorních prosévačkách. Doba setřásání vzorku je obvykle 10 min a déle dokud nejsou frakce dokonale separované (Murthy 2002). Prosévání je možno ukončit, když se zůstatek na sítě během 1 min doby prosévání nezmění o více než 1 %. Po prosetí se odebírají jednotlivá síta ze sady a ručně se dokončuje prosévání (ČSN EN 933-1 2012). Nadsítné frakce jsou po separaci zváženy na laboratorní váze od největší frakce po nejmenší. Jemné částice, které propadly na dno do záchytné misky se zváží a označí jako P. Pokud je váhový rozdíl vzorku před zkouškou (M1) a po provedené zkoušce větší než 1 %, zkouška se musí opakovat (ČSN EN ISO 17892-4 2017, ČSN EN 933-1 2012). Výhodou sítování je levný a jednoduchý postup. Omezením je přesnost ovlivněna technikou provádění sítování (Lopez 2016).

3.6.4 Hustoměrná zkouška – sedimentace

Hustoměrná zkouška je založena na principu Stokesova zákona, který popisuje rychlost gravitačního usazování částic v závislosti na hustotě pevných částic, hustoty a viskozity suspenze, do které je vzorek distribuován. Vzorek jemnozrnných částic se vmíchá do známého množství suspenze a v určitém časovém intervalu se měří těžiště hustoměru. Následnými výpočty se z naměřených hodnot získá procentuální zastoupení jednotlivých zrnitostních frakcí jemnozrnného vzorku (Lamboj *et* Štěpánek 2005, Suits *et al.* 2002).

3.6.5 Zpracování dat a křivka zrnitosti

Výsledek jednotlivých laboratorních zkoušek jsou hmotnostní údaje jednotlivých zrnitostních frakcí. Ty jsou vloženy do tabulky, kde následně probíhají další výpočty (viz Tabulka 3). Z váhy frakce je zjištěno její procentuální zastoupení ve vzorku. Následně jsou vypočteny kumulativní procentuální hodnoty nadsítných frakcí (záchytnů). V dalším kroku je odečtena kumulativní procentuální hodnota zůstatků od hodnoty 100 % k získání procentuálních hodnot propadů, které jsou vyneseny do grafu nazývaného **křivka zrnitosti** (Sivakugan 2009, Step-by-Step Guide for Grain Size Analysis 2022)

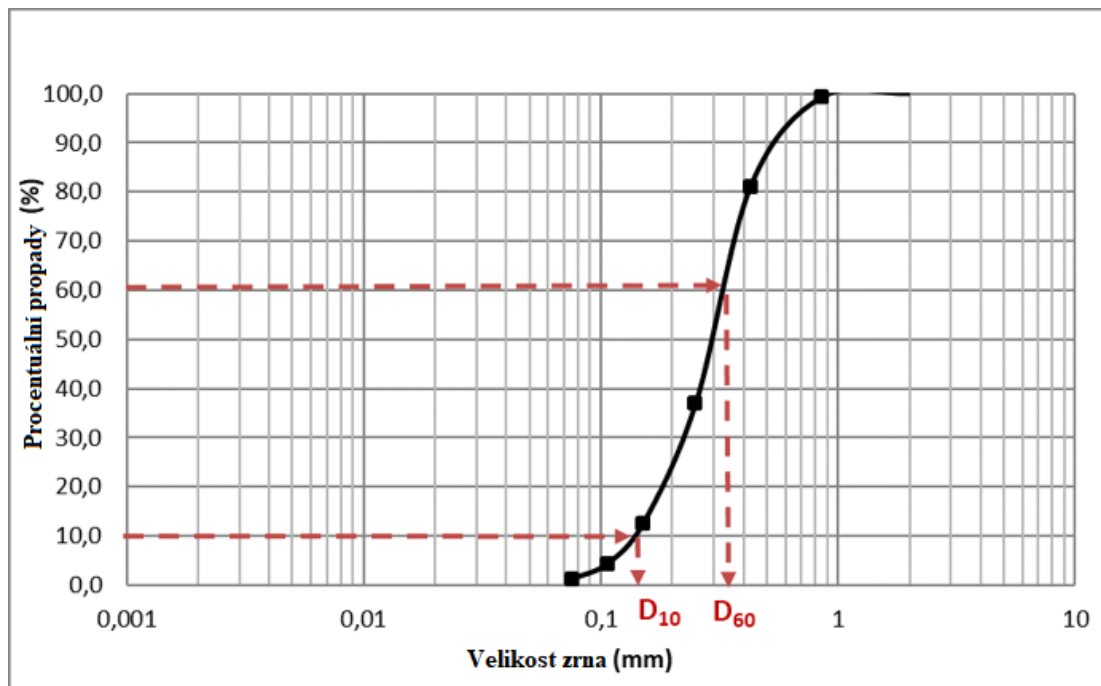
Tabulka 3: Tabulka výpočtů zrnitostní zkoušky. Převzato z Geoengineer.org [online] 2002.

Sito č.	Velikost otvorů (mm)	Zachycený materiál (g)	Procentuální záchyty (%)	Kumulativní záchyty (%)	Procentuální propady (%)
		<i>C</i>	<i>D</i>	<i>E</i>	<i>F</i>
			$D_i = \frac{C_i}{\text{Celková váha}} \cdot 100$	$E_i = D_i + E_{i-1}$	$F_i = 100 - E_i$
4	4,75				
10	2				
20	0,85				
40	0,425				
60	0,25				
100	0,15				
140	0,105				
200	0,075				
Pan					
		Celková váha			

Křivka zrnitosti (viz Obrázek 2) je spojnicový graf zobrazující přehled procentuálních hodnot jednotlivých zrnitostních frakcí. Na ose x je znázorněna velikost zrn vzorku reprezentována velikostí oka jednotlivých laboratorních sít v jednotkách mm. Kresic 2006 a Murthy 2002 hodnoty na ose x řadí sestupně (tedy od největších po nejmenší velikosti částic), ostatní autoři vzestupně. Osa y představuje procentuální propady na jednotlivých laboratorních sítích. Z křivky zrnitosti lze odečíst hodnoty D10, D30 a D60 používané v dalších výpočtech tvaru křivky zrnitosti, určit, zda je vzorek dobře či špatně zrněný a zda je zrnitost plynulá, či přetržitá (Murthy 2002).

Vzorek kameniva je označen za dobře zrněný, pokud je ve vzorku obsažen rozsah velikostí zrn, které tvoří shluky, kde menší zrna vyplňují mezery vytvořené mezi většími balvany (Sivakugan 2009).

Pokud jsou ve vzorku obsaženy všechny velikosti kameniva, zrnitost je označována jako plynulá. Naopak pokud nějaká velikost ve vzorku chybí, zrnitost je přetržitá (Svoboda *et al* 2018, Kresic 2006).



Obrázek 2: Křivka zrnitosti s názorným postupem určení D10 a D60. Převzato z Geoengineer.org [online] 2002.

D_x vyjadřuje hodnotu velikosti zrna při které je X % částic jemnějších a $100 - X$ % částic hrubších (Step-by-Step Guide for Grain Size Analysis 2022). Postup získání hodnoty je znázorněn na Obrázku 2 červenými šipkami.

Číslo křivosti C_c (viz Rovnice 1) je hodnota definována jako:

Rovnice 2: Výpočet čísla křivosti.

$$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{10} \times D_{60}}$$

Kde: D_{30} = hodnota velikosti zrna v mm korespondující s hodnotou 30 % na křivce zrnitosti (viz Obrázek 2)

D_{10} = hodnota velikosti zrna v mm korespondující s hodnotou 10 % na křivce zrnitosti (viz Obrázek 2)

D_{60} = hodnota velikosti zrna v mm korespondující s hodnotou 60 % na křivce zrnitosti (viz Obrázek 2)

Kamenivo je klasifikováno jako dobře zrněné, pokud se hodnota pohybuje mezi 1-3 pro šěrky a písky (Murthy 2002, Sivakugan 2009)

Číslo nestejnozrnnosti C_u (viz Rovnice 2) vyjadřuje rozmanitost velikosti částic půdy a je definován jako:

Rovnice 3: Výpočet čísla nestejnozrnnosti.

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

Kde: D_{60} a D_{10} = viz číslo křivosti

Čím větší je hodnota čísla nestejnozrnnosti, tím větší je rozsah velikostí zrn ve vzorku (Kresic 2006). Kamenivo je klasifikováno jako dobře zrněné, pokud je hodnota:

$C_u > 4$ pro štěrk

$C_u > 6$ pro písek

(Murthy 2002, Kresic 2006)

4. Charakteristika zájmového území

Terénní výzkum v roce 2020 a 2021 byl situován v oblasti I. zóny NP Šumava na části toku Teplá Vltava oblasti Vltavského luhu, který se nachází v blízkosti města Volary. Břeh obklopující říční stanoviště se nachází v nadmořské výšce 734 m. n. m., nadmořská výška dna s experimentálními stanovišti je 733 m. n. m. Oblast je charakteristická zachováním geomorfologie a biologie přírodní říční nivy, svými vlastnostmi se stala součástí mokřadů mezinárodního významu – Ramsar site a ochranného systému NATURA 2000 (MAPY 2022, mzp.cz 2022, ramsar.org 2022). Vltavský luh je také součástí seznamu Maloplošných zvláště chráněných území (Maloplošná zvláště chráněná území 2022). Dle Kloubec (2007) najdeme ve Vltavském luhu jednu z nejzachovalejších říčních niv v České republice. Meandrující řeka uprostřed široké říční nivy je obklopena mnoha tůněmi, loukami, mokřady a rašeliníšti sloužící jako biotopy rozmanitých druhů organismů a vegetace. Typickou vegetací je pro oblast Vltavského luhu vysoká ostrice, mokřadní vrby, tavolníky, ze stromů olšiny, břízy a borovice, dále od toku pak smrky, nebo javory.

Rychlost toku je spíše pomalejší, vysoká rychlost bývá naměřena v peřejnatých úsecích, dochází ke střídání mělčin a proudných úseků (Kloubec 2007). Na nejbližší vodoměrné stanici Chlum byl na Teplé Vltavě naměřen průměrný roční průtok $5,8\text{ m}^3/\text{s}$, $Q_{10}= 104\text{ m}^3/\text{s}$, $Q_{50} = 177\text{ m}^3/\text{s}$ a $Q_{100}= 217\text{ m}^3/\text{s}$ (ČHMI 2022).

Z geologického hlediska leží zájmové území na Českém masivu v regionálním členění, podcelku Vltavické brázdě, Podloží je složeno ze štěrkopísku a rašeliny, převládají granity, granodiority a diority (Databáze významných geologických lokalit 2022).

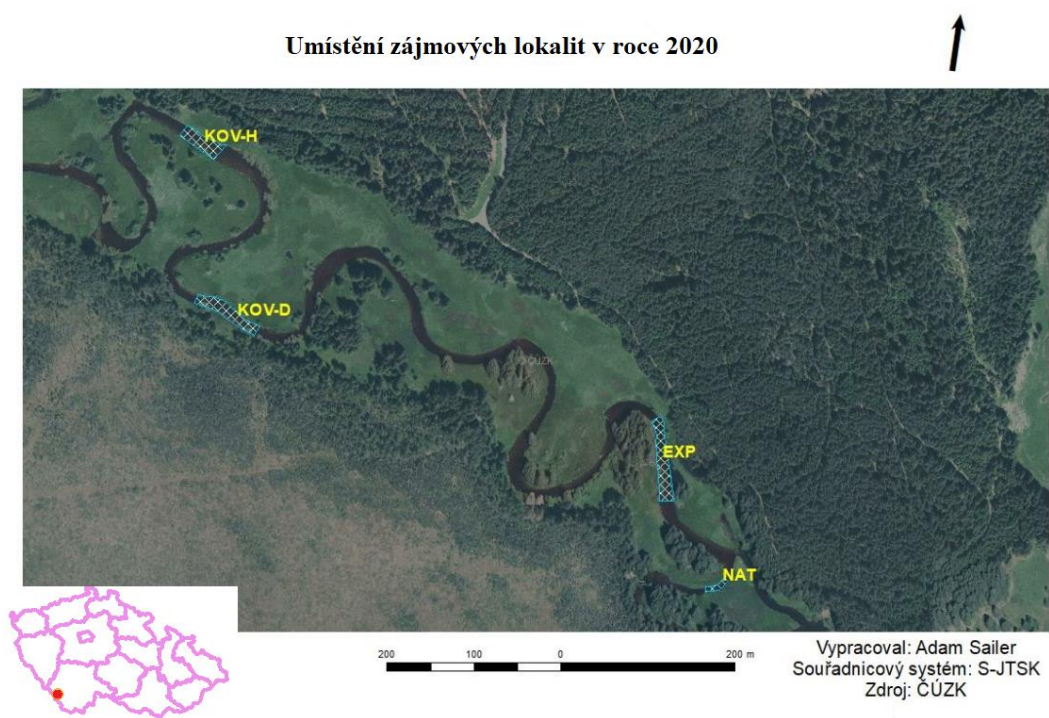
4 zájmové lokality v oblasti Teplé Vltavy roku 2020 jsou zobrazeny na mapě viz Obrázek 3. Souřadnice a označení těchto lokalit je možné nalézt v Tabulce 4.

Tabulka 4: Informace o 4 zájmových lokalitách v oblasti Teplé Vltavy v roce 2020.

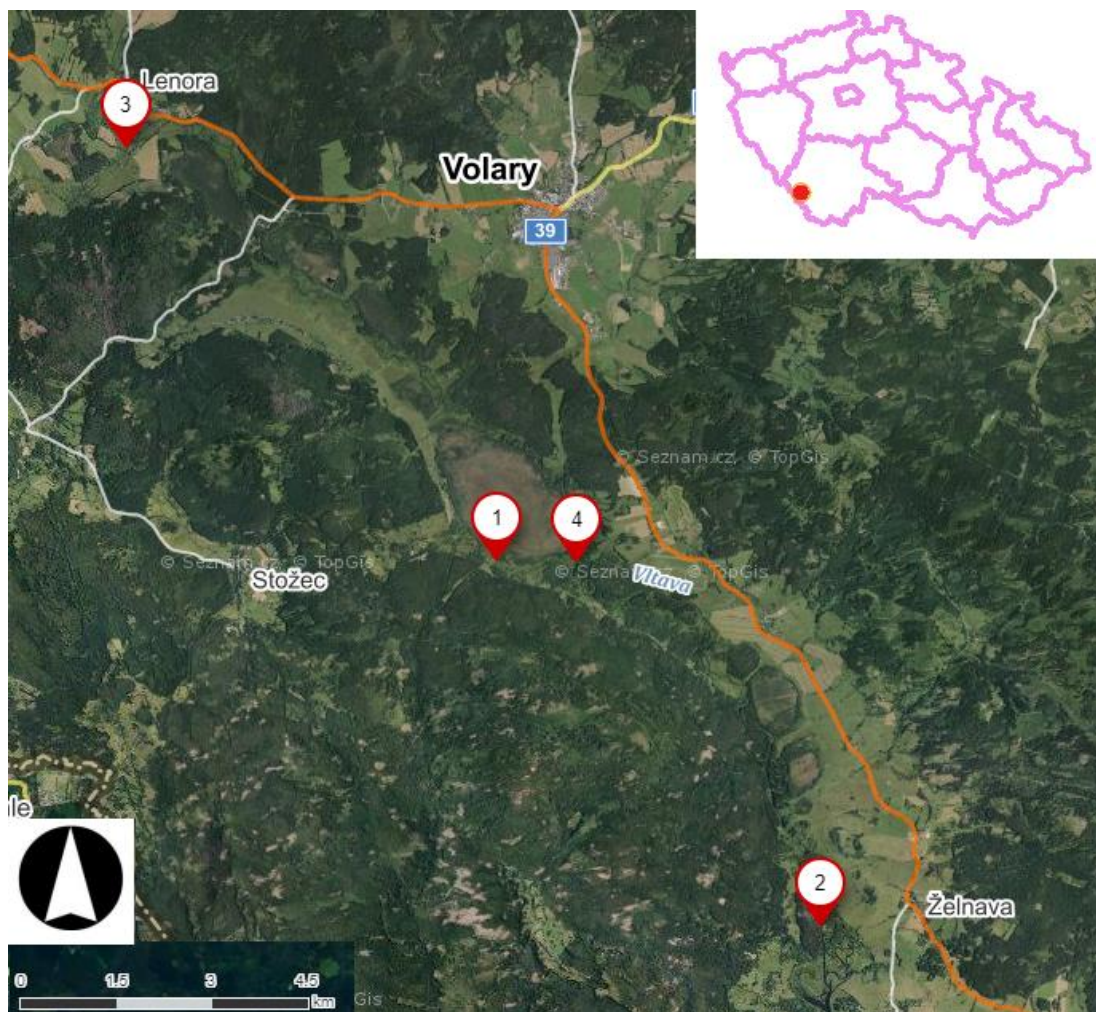
Název lokality	Označení lokality	Souřadnice N (souř. s.WGS84)	Souřadnice E (souř. s.WGS84)	Radius zájmové lokality
Kovadlinový meandr horní	KOV – H	48.8787211	13.8751533	10 m
Kovadlinový meandr dolní	KOV – D	48.8770939	13.8757581	15 m
Experimentální meandr	EXP	48.8760014	13.8830381	30 m
Nátok	NAT	48.8750053	13.8841803	10 m

Mapa zobrazující umístění zájmové lokality EXP v roce 2021 je znázorněna viz Obrázek 6. (Seznam.cz, a.s.). Bod 1 – zájmová lokalita je umístěn zhruba v polovině říčního koryta – experimentální stanoviště leží v okruhu cca 30 m. Souřadnice bodu 1 jsou 48.8760014N, 13.8830381E. Bod 2 – Základna a laboratoře Dobrá na Šumavě má souřadnice 48.8700281N, 13.8642733E. Pohled na lokalitu z místa vstupu do vody je znázorněn viz Obrázek 5.

V roce 2020 proběhl další experiment týkající se granulometrického rozboru vzorků sedimentu odebraných v oblasti Šumavy jako součást výzkumu bentických mikroorganismů. Odběry proběhly na stanovištích v řekách: Studená Vltava, Chlum, Řasnice a Ovesná (viz Obrázek 4).



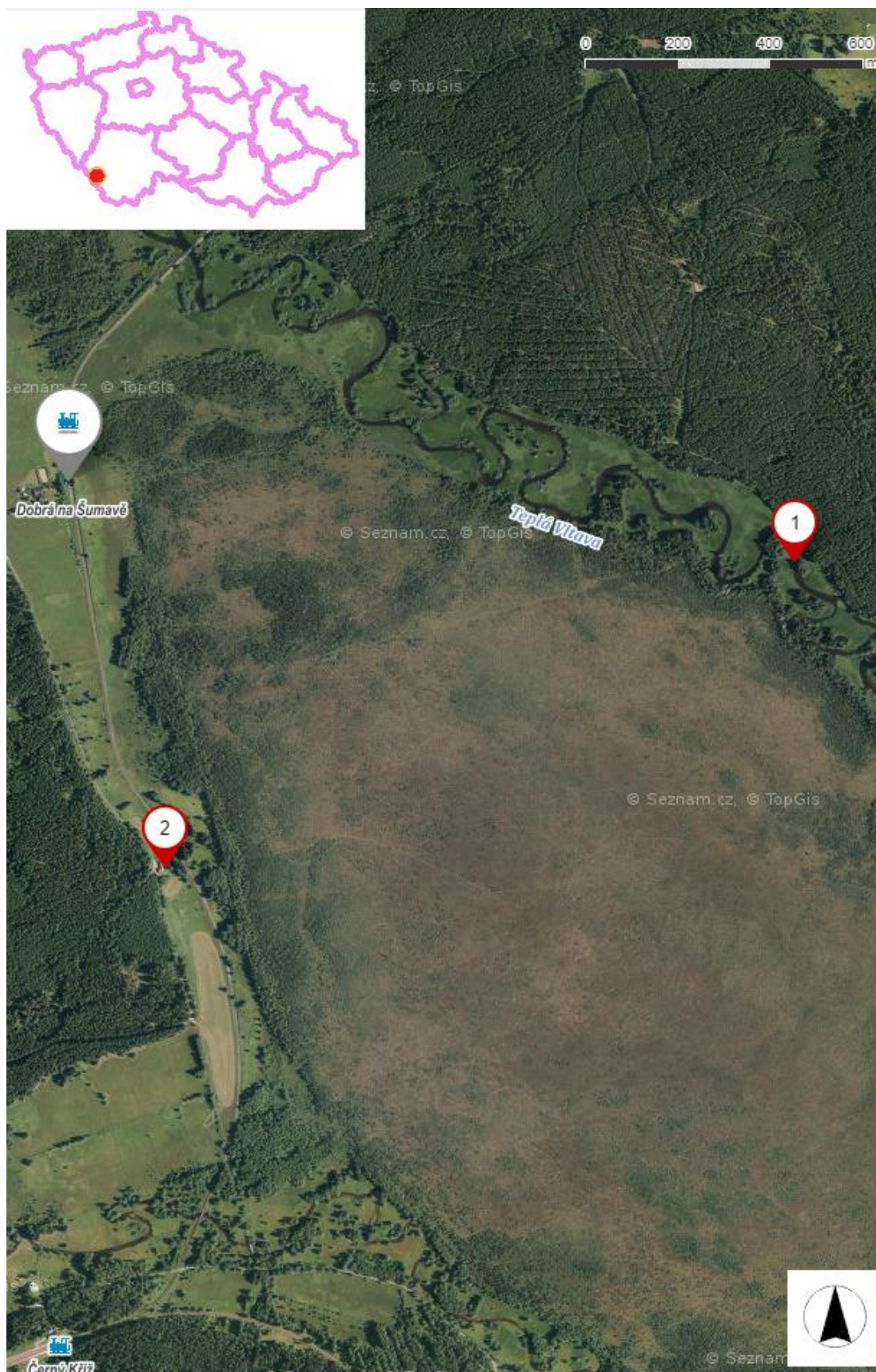
Obrázek 3: Umístění zájmových lokalit na řece Teplá Vltava v roce 2020. Autor: Adam Sailer.



Obrázek 4: Zájmové lokality odběru první sady vzorků v roce 2020. 1 - lokalita Studená Vltava , 2 – lokalita Ovesná, 3 – lokalita Řasnice, 4 – lokalita Chlum. Autor: Marta Rojťová, © Seznam.cz, a.s.



Obrázek 5: Foto zájmové lokality roku 2021 - Experimentální meandr směrem na jihozápad. Foto: Marta Rojťová, 2021.



Obrázek 6: Mapa umístění zájmové lokality experimentu v roce 2021. 1 - Zájmová lokalita EXP, 2 - Základna týmu, laboratoře Záchranná stanice Dobrá na Šumavě. Autor: Marta Rojtová, © Seznam.cz, a.s.

5. Metodika

5.1 Časové rozmezí experimentů

Experimenty popsané v této závěrečné práci byly součástí projektu „Posílení a ochrana populace perlorodky říční v NP Šumava“ společnosti Beleco z.s.

První část popisující granulometrickou různorodost říčního dna byla vyhodnocena z první sady 14 vzorků odebraných v oblasti Šumavy v letním období roku 2020. Mapa odběru první sady vzorků je znázorněna na Obrázku 4.

Druhá část se zabývala podobností zrnitosti říčního dna v rámci čtyř lokalit Teplé Vltavy. Druhá sada s celkem 30 vzorky byla odebrána na 4 lokalitách ve dnech 19. – 22. 7. 2020. Mapy odběru druhé sady vzorků jsou dle lokalit znázorněny na Obrázku 7 – Obrázku 10.

Třetí část týkající se změny říčního sedimentu v období jednoho roku zahrnuje granulometrický rozbor vzorků odebraných ze stanovišť na stejné lokalitě EXP – Experimentální meandr Vltavského luhu. 12 vzorků odebraných na lokalitě EXP jsou součástí druhé sady z roku 2020. Třetí sada 30 vzorků pro porovnání byla odebrána dne 12. 7. 2021.

Třetí sada vzorků odebrána v roce 2021 byla použita i pro čtvrtou část této práce, tj. zjištění korelace přežití perlorodky říční s různou zrnitostí říčního sedimentu. Bioindikační expozice juvenilů perlorodky říční v trubicových síťových systémech (dále „sondice“) do prostoru hyporeálu probíhala od 12. 6. 2021 do 12. 7. 2021. Mapa odběru třetí sady vzorků je znázorněna na Obrázku 11.

5.2 Experimentální stanoviště

Experimentální stanoviště pro druhou sadu vzorků odebíraných v roce 2020 pro bioindikační vysazování perlorodky říční byla určena na základě předchozího zkoumání chemicko – fyzikálních vlastností říčního dna. K tipování vhodného stanoviště byla v první fázi využívána redox sonda, která byla zabodnuta do říčního sedimentu v hloubce cca 3 cm. Pokud redox potenciál vykazoval hodnotu vyšší než 100 V, byly změřeny hodnoty redox potenciálu v okruhu 5-10 cm v celkem 7 bodech. Před měřením série bodů okolo stanoviště byla vždy měřena hodnota volné vody pro vyloučení možného chybového měření přístroje. Pokud byly hodnoty v bodech okolo stanoviště stabilní, stanoviště bylo zaneseno do protokolu pro měření dalších chemicko – fyzikálních vlastností.

Penetrometrický odpor dna byl měřen pomocí ručního penetrometru v cca 3 cm a 13 cm hloubky dna (hodnoty jsou orientační) v jednom bodě zasouváním do dnového sedimentu. Měření bylo opakováno na celkem 7 bodech v okruhu cca 5–10 cm okolo stanoviště.

Pomocí měřicí latě byla změřena momentální výška vodního sloupce nad stanovištěm. Měření probíhalo jednoduchým uvedením latě do svislé polohy a odečtením výšky.

Rychlost proudění vody nad stanovištěm byla měřena hydrometrickou vrtulí v bodech odpovídajícím momentální výšce vodního sloupce. Pokud byla hodnota výšky vodního sloupce do 50 cm, rychlost proudění byla měřena ve dvou bodech svislice - 5 cm nad dnem a 5 cm pod hladinou. Pokud byla výška vodního sloupce vyšší, měřilo se ve 3 bodech svislice – 5 cm nad dnem, 5 cm pod hladinou a v polovině vodního sloupce. Rychlost proudění byla měřena nastavením výšky měření, nasměrováním měřicí sady proti proudu a automatickém sčítání otáček hydrometrické vrtule, které byly později vyhodnoceny převodním vztahem.

Na čtyřech lokalitách bylo vybráno celkem 30 stanovišť, která byla pojmenována písmenem abecedy, které následovalo za názvem lokality. Seznam všech stanovišť seřazených podle jednotlivých lokalit lze nalézt v Tabulce 5.

Na první lokalitě Kovadlinový meandr horní (dále KOV-H) bylo vybráno 6 stanovišť. Mapa stanovišť je znázorněna viz Obrázek 7. Terénní nákres bodů je přiložen viz Příloha 1.

Na druhé lokalitě Kovadlinový meandr dolní (dále KOV-D) bylo vybráno 6 stanovišť. Stanoviště viz Obrázek 8. Terénní nákres bodů je přiložen viz Příloha 2.

Na třetí lokalitě Experimentální meandr (dále EXP) bylo vybráno 12 stanovišť. Mapa stanovišť je znázorněna viz Obrázek 9. Terénní nákres bodů je přiložen viz Příloha 3.

Na čtvrté lokalitě Nátok – perlorodkový meandr (dále NAT) bylo vybráno 6 stanovišť. Mapa stanovišť je znázorněna viz Obrázek 10. Terénní nákres bodů je přiložen viz Příloha 4.

Tabulka 5: Seznam experimentálních stanovišť na 4 lokalitách řeky Teplá Vltava v roce 2020.

Lokalita KOV – H	Lokalita KOV – D	Lokalita EXP	Lokalita NAT
KOV – H – A	KOV – D – A	EXP A	NAT A
		EXP B	
KOV – H – B	KOV – D – B	EXP C	NAT B
		EXP D	
KOV – H – C	KOV – D – C	EXP E	NAT C
		EXP F	
KOV – H – D	KOV – D – D	EXP G	NAT D
		EXP H	
KOV – H – E	KOV – D – E	EXP J	NAT E
		EXP K	
KOV – H – J	KOV – D – F	EXP L	NAT F
		EXP M	

Vybírání stanovišť pro třetí sadu vzorků odebíraných v roce 2021 probíhalo obdobně. Po změření výše zmíněných vlastností, bylo při vyhodnocení rozhodnuto o vhodných stanovištích pro bioindikaci perlorodky říční. Bylo vybráno celkem 30 stanovišť pojmenovaných písmenem abecedy a číslem (s výjimkou posledních tří nazvaných *28, α29 a β30). Umístění jednotlivých stanovišť je znázorněno viz Obrázek 11. Terénní nákres bodů je přiložen viz Příloha 5 a Příloha 6.

Experimentální stanoviště pro první sadu vzorků odebíraných v roce 2020 v oblasti Šumavy byly součástí výzkumu přítomnosti mikroorganismů v bentické oblasti v závislosti na různých typech říčního substrátu. Ze čtyřech lokalit v oblasti Šumavy situovaných na čtyřech řekách byly odebrány vzorky reprezentující všechny druhy říčního substrátu – písku, štěrkopísku, štěrku a valounů.

Odběry na první lokalitě byly provedeny na řece Studené Vltavě nad přítokem malého potoku Hučina.

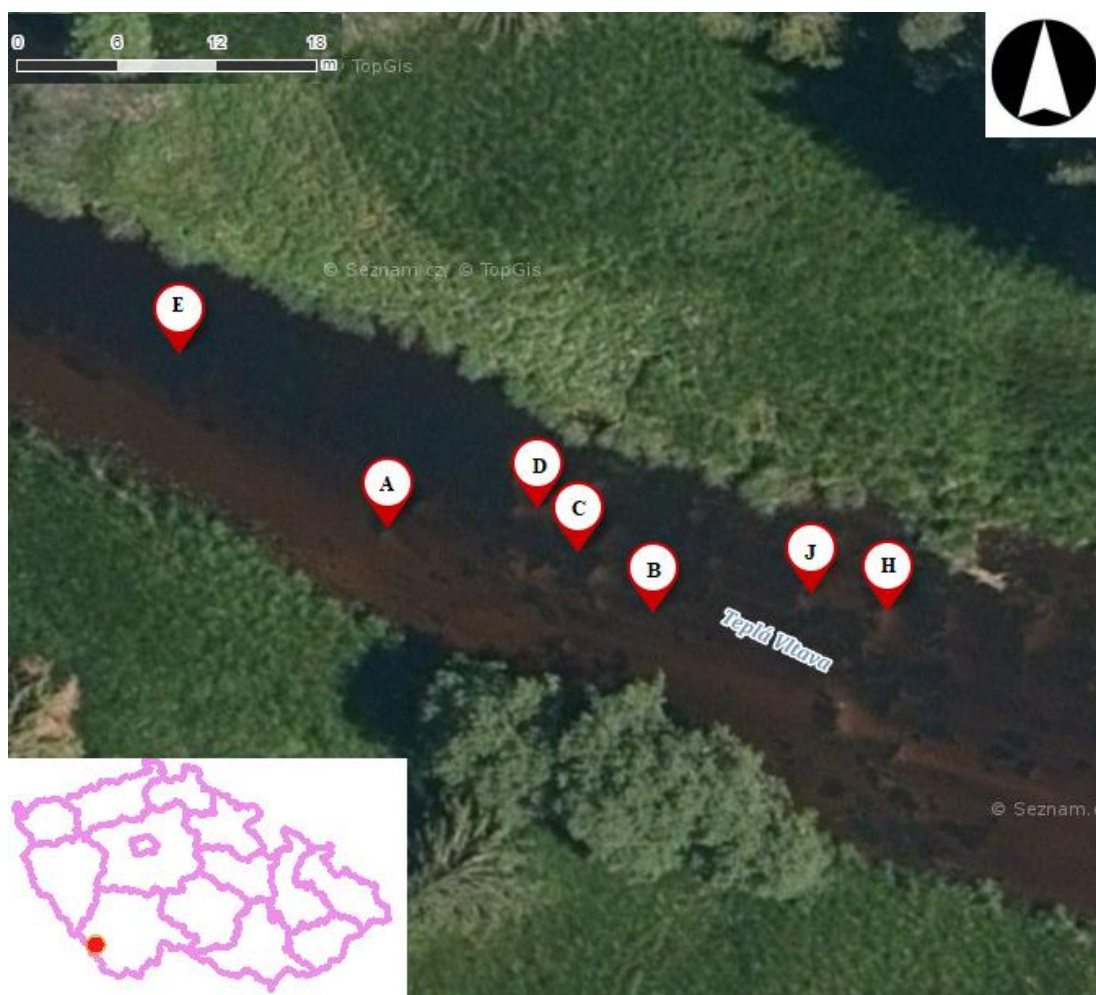
Vzorky substrátu z druhé lokality Ovesná, byly odebrány v korytě řeky Vltava pár km nad koncem vzdutí přehradou Lipno.

Odběry na třetí lokalitě v řece Řasnice byly odebrány nad soutokem Řasnice a Teplé Vltavy.

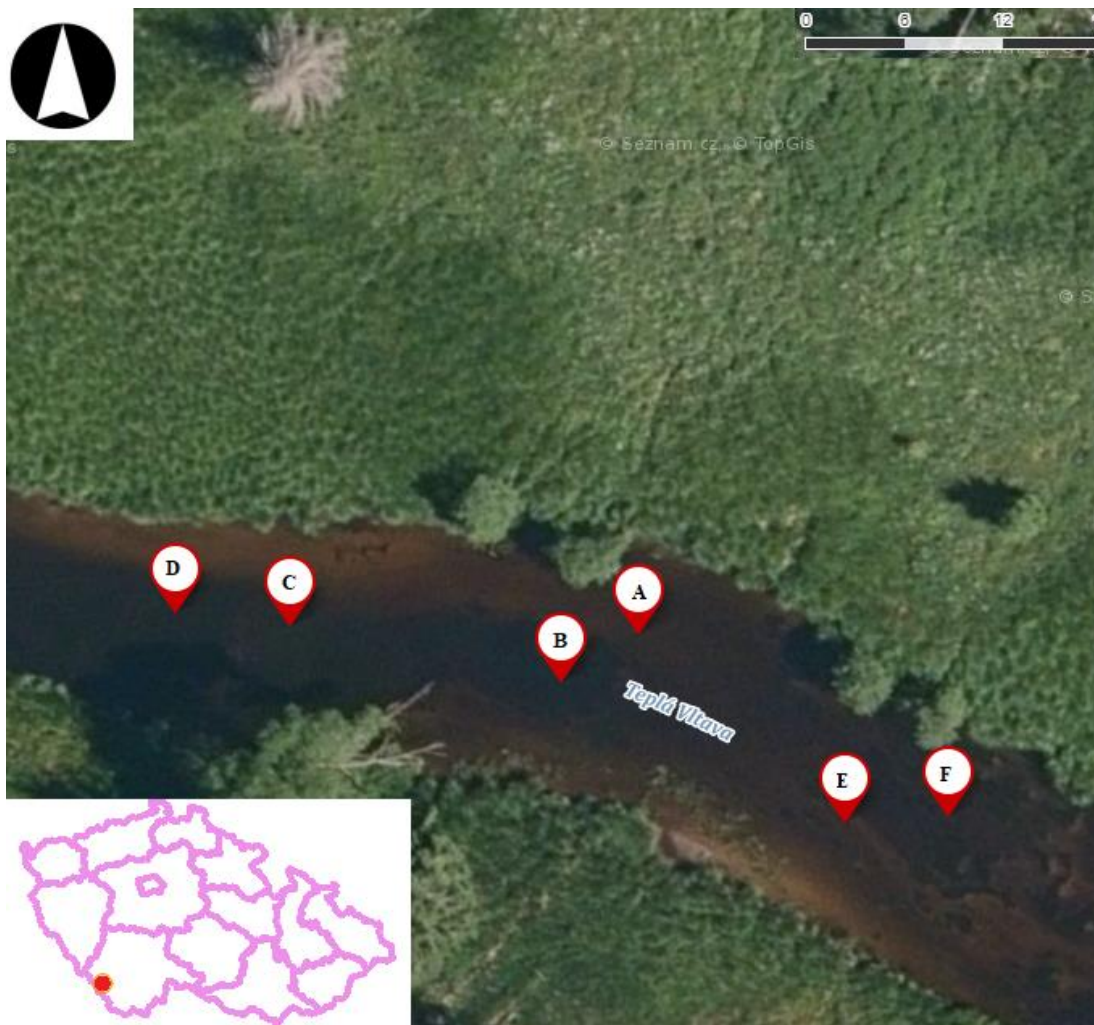
Na čtvrté lokalitě Chlum byly vzorky odebrány z řeky Teplá Vltava nad soutokem s řekou Studenou Vltavou (Bílý, ústní sdělení). Seznam všech stanovišť seřazených podle jednotlivých lokalit lze nalézt v Tabulce 6. Mapa umístění lokalit je znázorněna viz Obrázek 4 v kapitole 3. Charakteristika zájmového území.

Tabulka 6: Seznam experimentálních stanovišť na 4 lokalitách v oblasti Šumavy v roce 2020.

Lokalita Studená Vltava	Lokalita Ovesná	Lokalita Chlum	Lokalita Řasnice
1	5	15	12
2	7	19	13
3	10	20	24
4		21	



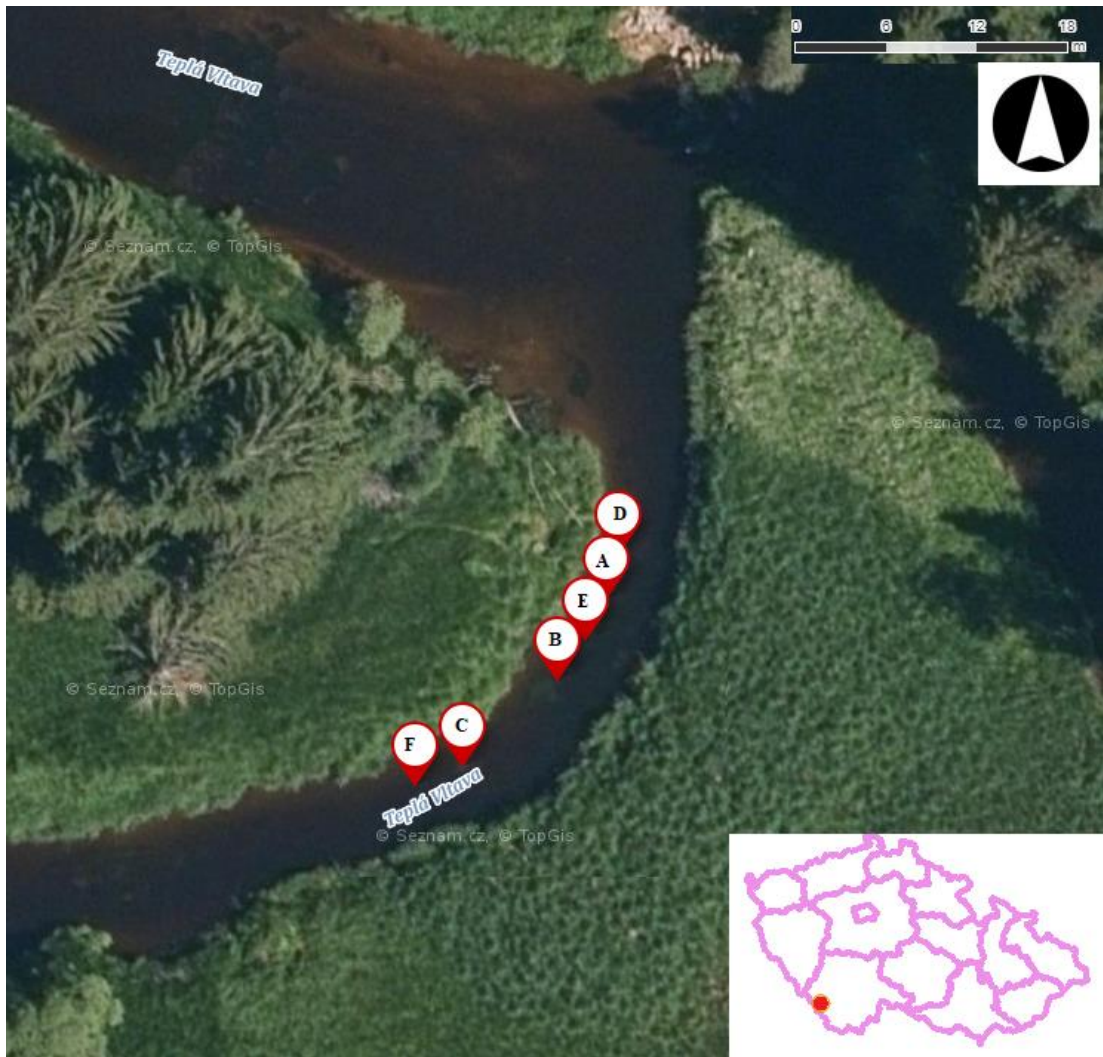
Obrázek 7: Plán umístění stanovišť na lokalitě KOV - H v roce 2020. Autor: Marta Rojtová, © Seznam.cz, a.s.



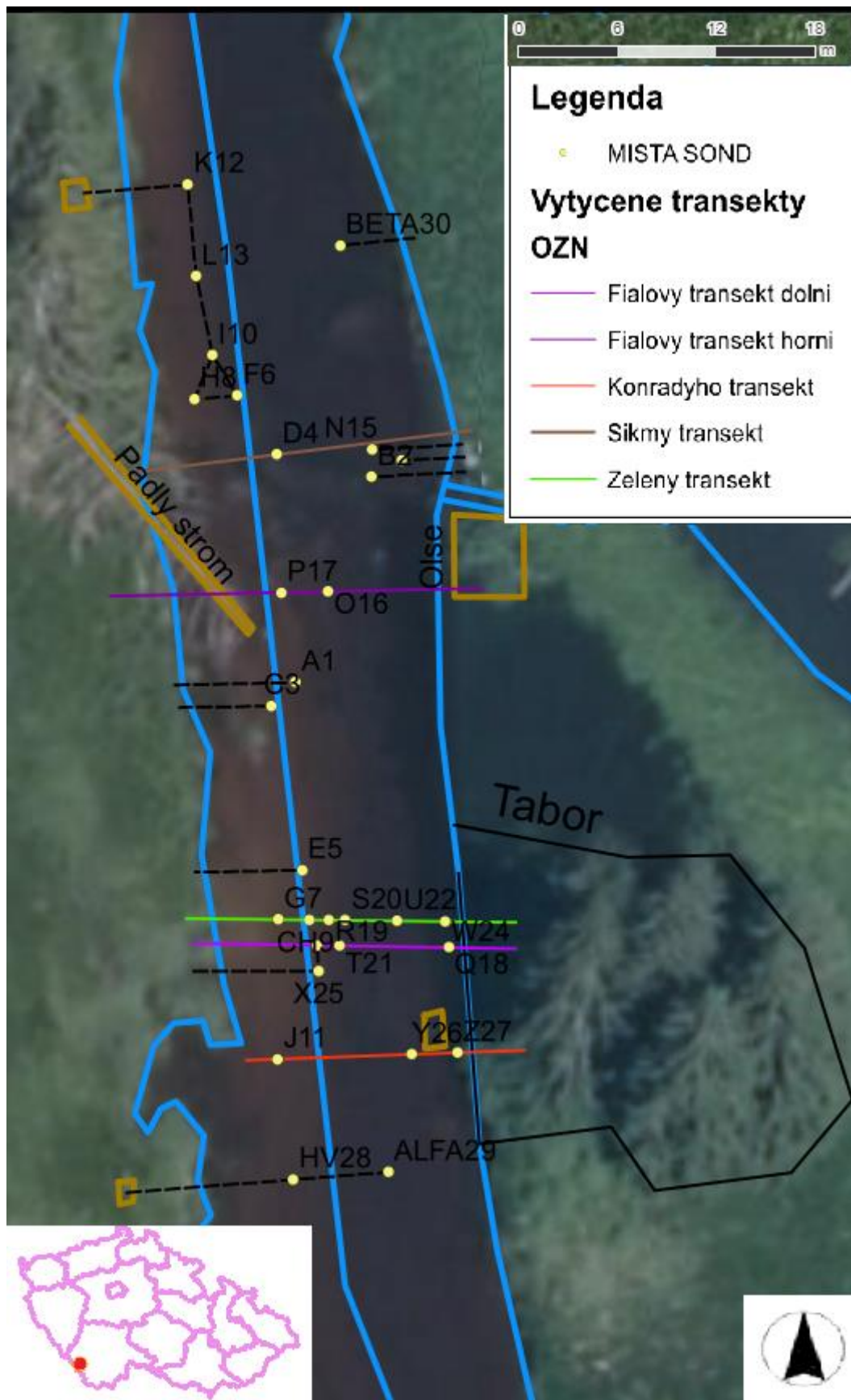
Obrázek 8: Plán umístění stanovišť na lokalitě KOV - D v roce 2020. Autor: Marta Rojtová, © Seznam.cz, a.s.



Obrázek 9: Plán umístění stanovišť na lokalitě EXP v roce 2020. Autor: Marta Rojtová, © Seznam.cz, a.s.



Obrázek 10: Plán umístění stanovišť na lokalitě NAT v roce 2020. Autor: Marta Rojtová, © Seznam.cz, a.s.

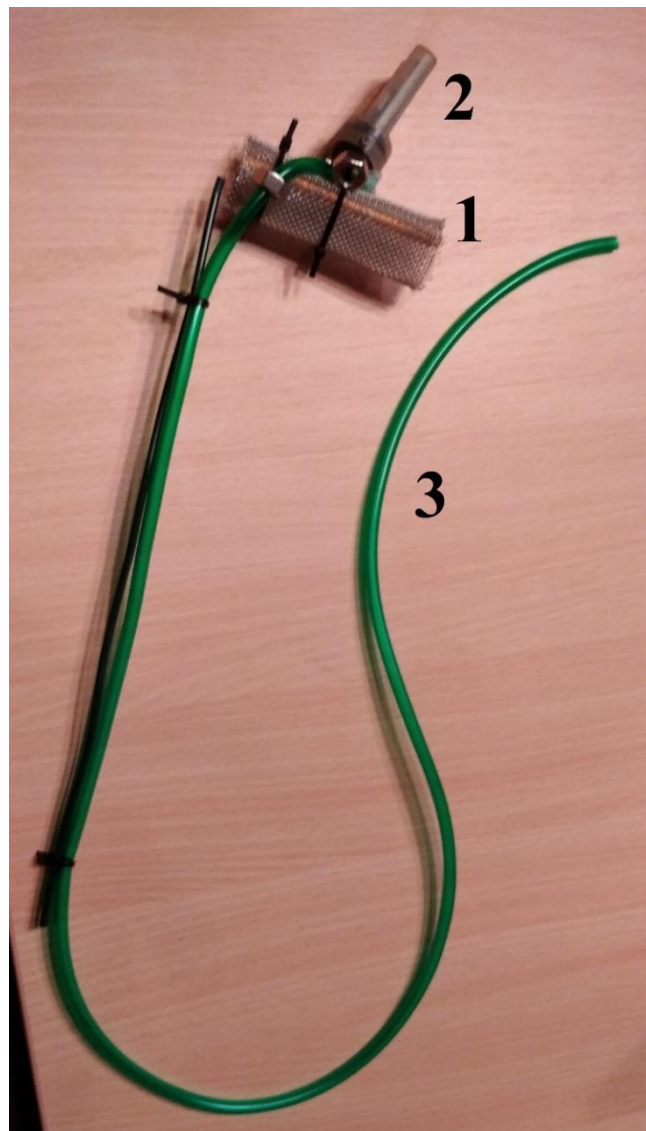


Obrázek 11: Plán umístění stanovišť na lokalitě EXP v roce 2021. Autor: Michal Jeřábek.

5.3 Bioindikace

Bioindikace perlorodky říční v roce 2021 byla realizována po důkladném prozkoumání říčního dna a vytipování vhodných stanovišť pro vysázení bioindikačních sondic.

Sada pro bioindikační experiment (tzv. sondice) zahrnovala trubici z nerezové sítě dlouhou 8 cm o velikosti ok 1 mm, po vnitřní ploše vyloženou uhelonovou síťovinou o velikosti ok 0,25 mm, která zajišťovala juvenilní perlorodky proti úniku. Dále sondice obsahovala kontinuální teploměr HOBO WARE měřící teplotu po dobu experimentu a hadičku uchycenou v polovině sondice, na konči opatřenou sítí proti ucpaní sedimentem sloužící k odběrům vzorků hyporeální vody pro měření obsahu kyslíku. Bioindikační sondice je zobrazena viz Obrázek 12.



Obrázek 12: Bioindikační sondice. 1 - nerezová síť vyložená uhelonovou síťovinou, 2 - kontinuální teploměr HOBO WARE, 3 - hadička sloužící k odběru hyporeální vody. Foto: Marta Rojtová, 2021.

Do celkem 30 stanovišť bylo připraveno 30 sondic. Každá sondice byla uzavřena na konci, který bude zahrnut v sedimentu, následně byl do ní narovnán písek jemné frakce pocházející z místa expozice a do písku vysazeno 12 juvenilních perlorodek stáří 1+ roku. Sondice byla přechodně opatřena plastovým víčkem, které zabraňovalo vysypání, či odnosu obsahu při exponování sondice do prostoru hyporeálu.

Před zahrnutím sondice do sedimentu byla před stanovišti směrem proti proudu instalována clona z plechu výšky cca 30 cm za účelem zpomalení rychlosti proudění a vymílací síly toku nad stanovištěm. Po úspěšném umístění clony byl lopatkou odhrnut říční sediment a do vzniklé prohlubně instalována sondice tak, aby její vrchní hrana korespondovala s původní úrovní říčního dna (viz Obrázek 13). Jako poslední úkon bylo sejmuto ochranné plastové víčko.

Během 30 dnů trvání bioindikace byla čtyřikrát provedena kontrola zahrnující měření jmenovaná výše v těsné blízkosti stanovišť.



Obrázek 13: Instalace bioindikační sondice. Vrchní hrana koresponduje s původní úrovní říčního dna. Foto: Ondřej Simon.

Sondice byly po 30 dnech vyndány, z každé sondice byly rozsortovány 4 vrstvy sedimentu po 2 cm, které byly převezeny do laboratoře, kde probíhalo vyhodnocení úspěšnosti experimentu. Z každé vrstvy sedimentu byly v laboratoři získávány juvenilní perlorodky tzv. flotací – tedy promísením s vodou a vymýváním sedimentu. Při flotaci byly zapisovány údaje o přítomnosti a množství detritu a údaje o substrátu.

5.4 Odběry vzorků pro granulometrii

První sada vzorků říčního sedimentu byla odebírána v ledním období roku 2020 na čtyřech lokalitách v oblasti Šumavy. K odběru byla použita kovová lopatka. Vzorky byly odebrány v množství cca 12 l do plastových kbelíků s víkem a převezeny erozně – sedimentologické laboratoře ke zkoušce granulometrie. Celkem bylo odebráno 14 vzorků.

Druhá sada vzorků říčního sedimentu roku 2020 byl odebírána na čtyřech lokalitách Teplé Vltavy mezi dny 19. - 22. 7. 2020 při extrahování bioindikačních sondic z říčního dna. Říční sediment byl nabrán dvěma dlaněmi a při přenosu do uzavíratelné nádoby překrýván dlaněmi jiné osoby za účelem maximálního omezení odnosu jemných částic. Přenosná nádoba o objemu cca 1,5 l byla uzavřena a převezena do erozně – sedimentologické laboratoře ke zkoušce granulometrie. Celkem bylo na čtyřech lokalitách Teplé Vltavy odebráno 30 vzorků z těsné blízkosti bioindikačních stanovišť.

Odběr vzorků v roce 2021 probíhal stejně. Celkem bylo odebráno 29 vzorků ze stejné lokality. U 30. vzorku ze stanoviště F6 nebyla provedena síťovací zkouška z důvodu chybného odebrání sedimentu.

Vzhledem ke skutečnosti, že odebírání vzorků destruovalo stanoviště, ve třetí části práce se jedná se o porovnání původního říčního sedimentu s nově naplaveným sedimentem, který se vytvořil během jednoho roku.

5.5 Granulometrie

Vzorky sedimentu uskladněné při nízké teplotě byly rozloženy i s přebytečnou vodou na savý papír a byly sušeny při pokojové teplotě v délce trvání 2 týdny. Následně byly přesunuty do laboratorních keramických misek při použití hrubého a jemného kartáče, sloužícího k přesunutí jemných částic přischlých k savému papíru. Misky s vzorky byla náležitě označeny a vloženy do laboratorní sušárny typu VENTICELL 222 - EVO line, kde byly s cílem odstranění zbylé vody sušeny při 105°C v délce trvání 6h.

Po dokonalém vysušení a vychladnutí byl v případě první sady vzorek upraven kvartací na optimální váhu. V případě druhé a třetí sady vzorků byl tento krok přeskočen a vzorek byl celý zvážen na laboratorní váze typu EMS 6K0.1 - KERN & SOHN GmbH s přesností 0,01 g a údaj byl zapsán. Dále byl vzorek vložen do první sady laboratorních sít o velikostech ok: 64 mm, 32 mm, 16 mm a 8 mm. Vzorek byl v sítích ručně proséván po dobu nejméně 30 sekund, nebo do momentu, kdy zrna přestala propadávat. Sada sít byla opatřena miskou pod síty a víkem na sítích. Skupiny zrn, které zůstaly v jednotlivých sítích (dále „nadsítné frakce“) byly přesunuty do keramických misek předem označených velikostí oka síta.

Zrna propadlá do misky byla vložena do druhé sady sít o velikostech ok: 4 mm, 2 mm, 1 mm, 0,5 mm, 0,25 mm, 0,125 mm a 0,063 mm. Sada byla také opatřena miskou pod síty a víkem.

Sada se vzorkem byla prosévána automaticky na laboratorní prosévačce typu Orto Alresa Oass203 po dobu 10 min s intenzitou 70 % a pauzách v prosévání v délce 1 s v intervalu 10 s. Pokud po prosetí zrna stále nebyla správně separována a propadávala mezi síty, prosévání bylo opakováno. Po separaci byly nadsítné frakce přesunuty do keramických misek opatřených označením velikostí oka. Skupina propadlých zrn v misce pod síty byla přesunuta po misky s označením P. Následně byl obsah misek zvážěn na laboratorní váze typu EG 420-3NM - KERN & SOHN GmbH s přesností 0,001 g a zapsán do tabulky. Suma frakcí včetně propadů P byla porovnána s původní váhovou hodnotou vzorku. Pokud rozdíl hodnot činil méně než 1 % z původní váhy vzorku, byla zkouška považována za úspěšnou.

5.6 Zpracování dat

Data získaná při granulometrii i bioindikačním experimentu byla přeepsána do programu Microsoft Excel k dalším analýzám.

Váhy jednotlivých frakcí v modelovém vzorku říčního sedimentu byly vypsány do tabulky, kde byla následně vypočtena jejich procentuální hodnota z celkové váhy vzorku. Procentuální hodnoty byly přepočteny na kumulativní procentuální hodnoty. Odečtením kumulativních procentuálních hodnot frakcí byly spočteny kumulativní procentuální hodnoty propadlých částic na jednotlivých sítích. Tyto hodnoty byly vyneseny do grafu „Křivka zrnitosti“, kde na ose x leží velikost oka síta a na ose y procentuální hodnota propadu sítím.

5.6.1 Vyhodnocení granulometrické různorodosti říčního dna

V první části práce byly křivky zrnitosti vloženy do souhrnného grafu křivek zrnitosti a byly vyhodnoceny případné rozdíly, nebo podobnosti křivek. Vyhodnocení charakteru říčního dna z hlediska velikosti částic říčního sedimentu probíhalo stejně pro první i druhou část práce. Sečtením procentuálních hodnot propadů bylo dosaženo procentuálních zastoupení jednotlivých typů zrnitosti říčního dna. Dle hodnoty procentuálních zastoupení typů zrnitosti říčního dna byl vyhodnocen druh říčního substrátu:

- valounový substrát – nad 25 % obsahu vzorku hrubých šterkových částic velikosti frakce >32 mm
- šterkový substrát – nad 75 % obsahu vzorku hrubých šterkových částic velikosti frakce 2/32 mm, nebo obsah velmi hrubých valounových částic velikosti frakce >32 do 25 % a zároveň obsah jemných částic velikosti frakce 0,063/2 do 20 %

- štěrkopískový substrát – mezi 20 % a 30 % obsahu vzorku jemných pískových částic velikosti frakce 0,063/2 mm a zároveň do 10 % obsahu vzorku hrubých valounových částic velikosti frakce >32 mm
- pískový substrát – nad 70 % obsahu vzorku jemných pískových částic velikosti frakce 0,063/2 mm

Dále byla procentuální data frakcí použita k rozdělení vzorků na valouny, štěrk, písek a jíl a vynesena do kumulativního sloupcového grafu, který zobrazuje procentuální zastoupení jednotlivých typů zrnitosti říčního dna.

5.6.2 Vyhodnocení zrnitostní podobnosti říčního dna na úrovni jednoho toku

Celkem 30 křivek zrnitosti bylo rozděleno dle lokalit odběru vzorků do 4 souhrnných grafů křivek zrnitosti. Grafy vzorků z lokalit KOV – H, KOV – D a NAT obsahují každý 6 křivek zrnitosti, graf vzorků z lokality EXP 12 křivek zrnitosti. Dále byl sestrojen sloupcový graf zobrazující procentuální zastoupení jednotlivých typů zrnitosti říčního dna. Z těchto grafů bylo určen druh říčního substrátu stejnou metodikou jako výše v kapitole 5.6.1 Vyhodnocení různorodosti zrnitosti říčního dna. Po určení druhu říčního substrátu byla vyhodnocena možná zrnitostní podobnost mezi jednotlivými lokalitami.

5.6.3 Vyhodnocení rozdílných stavů dnového substrátu mezi roky 2020 a 2021

Ve třetí části práce byly porovnány křivky zrnitosti stanovištních vzorků z roku 2020 a vzorků z roku 2021. Sjednocení stanovišť s přesností na cca 1 m bylo úspěšné u 8 bodů z 12. Tři body nebyly vyhodnoceny jako vhodné stanoviště v roce 2021 a bod A byl součástí experimentu o komplexní zkoumání okolí stanoviště, tedy nebylo vhodné ho využít jako stanoviště pro samostatnou bioindikaci. Po sjednocení obou grafů byla vyhodnocena změna zrnitostního složení a možné příčiny této změny.

5.6.4 Souvislost zrnitosti říčního dna s přežíváním perlorodky říční

Pro čtvrtou část práce byly kumulativní procentuální hodnoty propadlých částic použity pro výpočet hodnot d_{60} (velikost zrna odvozená z křivky zrnitosti – 60 % vzorku obsahuje menší velikosti zrn a 40 % vzorku větší velikosti zrn), d_{30} (30 % vzorku obsahuje menší velikosti zrn a 70 % vzorku větší velikosti zrn) a d_{10} (10 % vzorku obsahuje menší velikosti zrn a 90 % vzorku větší velikosti zrn) pomocí lineární interpolace nejbližších hodnot. Z hodnot byly vypočteny číslo křivosti (C_c) a číslo nestejnzrnnosti (C_u). Pro potřeby korelace byly také zjištěny hodnoty d_{50} , které reprezentují medián velikosti zrn ve vzorku.

Dále byly zjištěny procentuální hodnoty zastoupení velikostních frakcí ve vzorku. Zkoumány byly klasifikované částice dle ČSN 73 1001 - prach, písek a štěrk (viz Tabulka 1), dále pak vybrané velikosti částic zajímavé pro výsledky – jemné částice velikosti menší než 1 mm, hrubé částice větší než 8 mm a hrubé částice větší než 16 mm.

Čísla křivosti, čísla nestejnzrnnosti, hodnota d_{50} , procentuální zastoupení jílu, písku, štěrku jemných částic <1 mm, hrubých částic > 8 mm a hrubých částic > 16 mm byla vložena společně s daty přežití perlorodky říční do excelového vzorce CORREL. Vzorec automaticky vypočte korelační hodnotu vložených množin. Dále byla data vložena do bodového grafu vykreslující možnou korelaci. Na ose x bylo znázorněno procentuální zastoupení frakce ve vzorku, na ose y počet jedinců, kteří přežili bioindikační experiment.

5.7 Možné zkreslení výsledků

Vzhledem ke skutečnosti, že byly vzorky odebírány z míst předem vytipovaných z hlediska vysoké pravděpodobnosti přežití perlorodky říční, mohou být výsledky v druhé části, třetí a čtvrté části této práce zkreslené. V důsledku snahy o nejnižší možnou míru úmrtnosti nebyla vybírána stanoviště obsahující substrát, který by vykazoval extrémní hodnoty velikostí částic. Tedy ani stanoviště s jemnými prachovými a jílovými částicemi, kde by perlorodka nepřežila kvůli nedostatku kyslíku, ale ani stanoviště s balvanovitými částicemi, které by se nevešly do přenosné nádoby. Většina stanovišť obsahovala substrát štěrkopískového druhu s ideálními hodnotami redox potenciálu, který byl hlavním faktorem tipování stanovišť (viz kapitola 4.2. Experimentální stanoviště).

6. Výsledky

6.1 Vyhodnocení zrnitostní různorodosti říčního dna v rámci čtyř lokalit v oblasti Šumavy

Z první sady celkem 14 vzorků byl vykreslen jednotný graf křivek zrnitosti (viz Obrázek 15) zobrazující zrnitostní různorodost říčního dna. Výsledné křivky zrnitosti je možné také porovnat s grafem procentuálních hodnot zastoupení jednotlivých typů substrátu (viz Obrázek 14) vytvořeném z tabulky procentuálních zastoupení jednotlivých typů substrátu (viz Tabulka 7). Na jednotném grafu křivek zrnitosti jsou patrné čtyři skupiny podobných křivek.

První vizuální skupina je označena červenými barvami. Tyto čtyři křivky reprezentují říční substrát s nízkým obsahem hrubých částic a vysokým obsahem jemných částic, které převyšují hodnotu 70% obsahu vzorku. Tedy zastupují písčový říční substrát. Jedná se o vzorky 20 z lokality Chlum, 13 z lokality Řasnice, 3 z lokality Studená Vltava a 5 z lokality Ovesná.

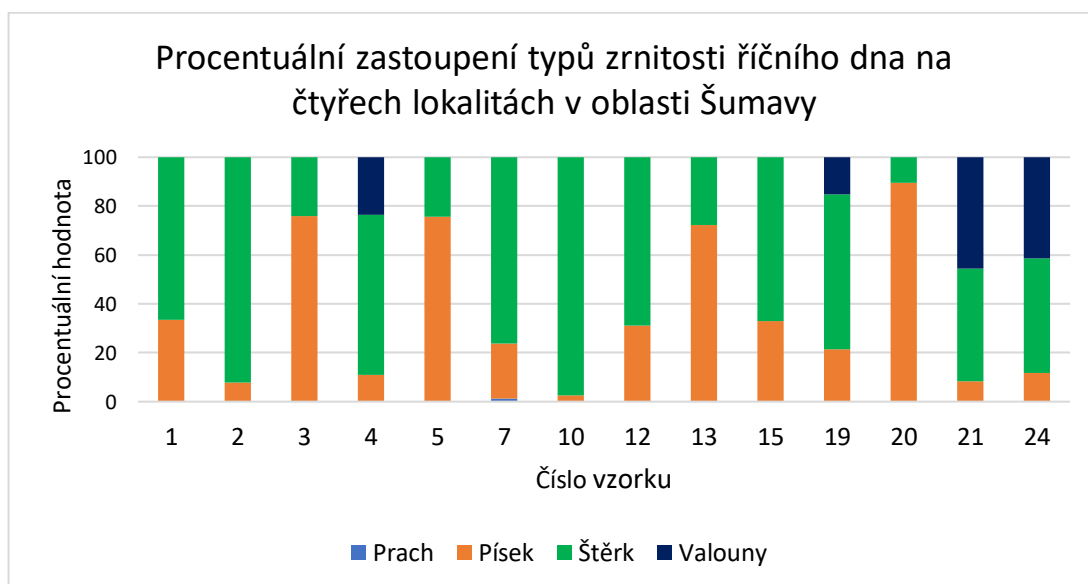
Druhá skupina křivek v barvách zelené reprezentuje říční substrát s obsahem jemných částic – od 25 % do 30 % obsahu vzorku a zbylým obsahem hrubých částic. Vzorky byly tedy odebrány z říčního dna se štěrkopískovým substrátem. Jedná se o vzorky 1 z lokality Studená Vltava, 12 z lokality Řasnice a 15 z lokality Chlum

Třetí skupina křivek značena fialovými barvami reprezentuje říční substrát s vysokým obsahem hrubých částic – nad 75% obsahu vzorku. Tedy říční dno složené ze štěrkového substrátu. Jedná se o vzorky 7 a 10 z lokality Ovesná, 2 z lokality Studená Vltava a 19 z lokality Chlum, který ač nedosahuje 75% obsahu vzorku štěrkových částic, má vysoký podíl velmi hrubých částic, tedy byl zařazen mezi štěrky.

Čtvrtá skupina křivek v modrých barvách reprezentuje nejhrubší říční substrát obsahující nad 25% obsahu vzorku velmi hrubých částic. Tento typ vzorků vykazuje sediment valounovitého druhu. Jedná se o vzorky 4 z lokality Studená Vltava, 21 z lokality Chlum a 24 z lokality Řasnice.

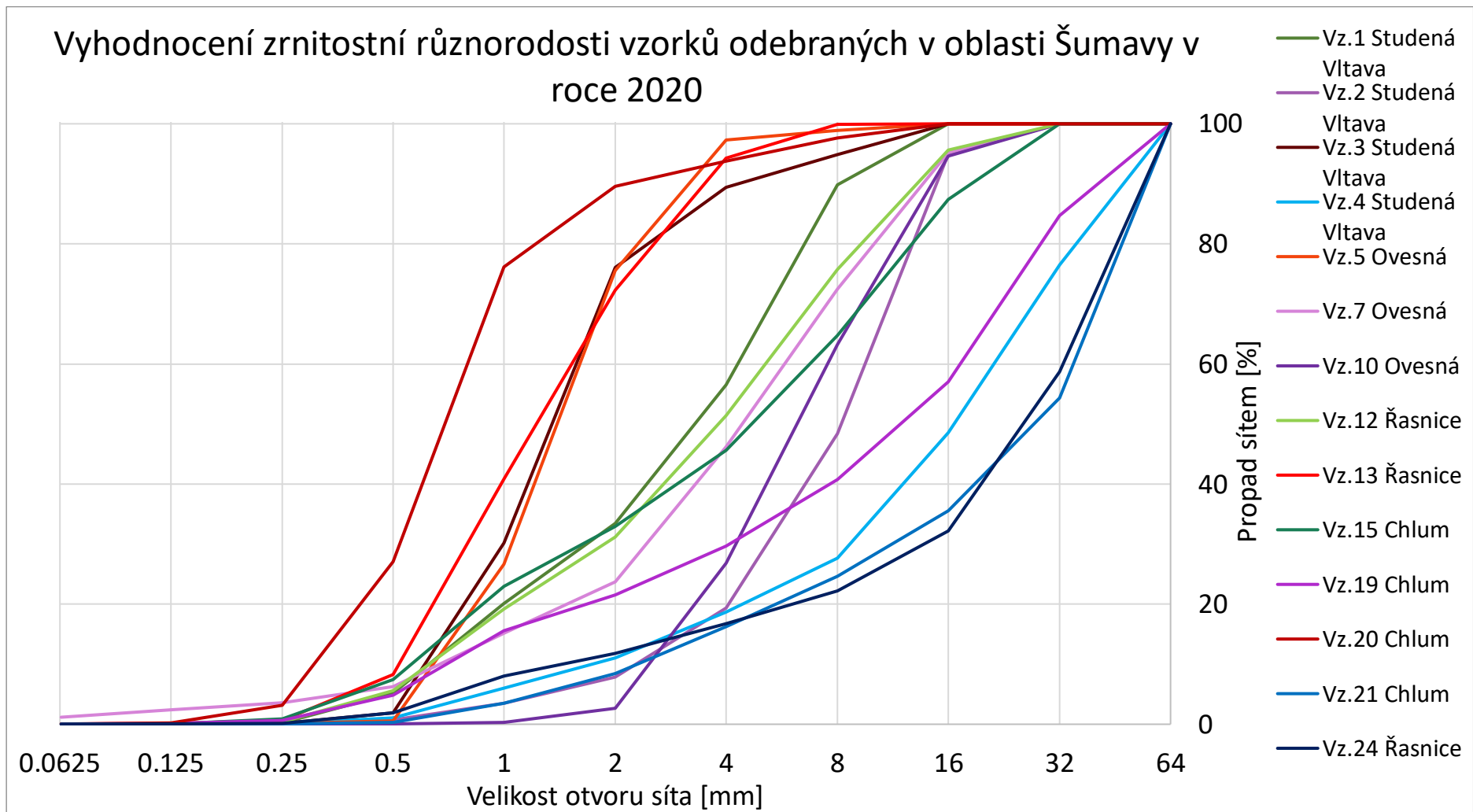
Tabulka 7: Procentuální zastoupení jednotlivých typů substrátu a vyhodnocení druhu říčního substrátu v první sadě vzorků.

Vzorek	Valouny	Štěrk	Písek	Prach	Vyhodnocení
1 (Studená Vltava)	0,00	66,57	33,41	0,02	Štěrkopísek
2 (Studená Vltava)	0,00	92,14	7,85	0,01	Štěrk
3 (Studená Vltava)	0,00	23,96	76,03	0,01	Písek
4 (Studená Vltava)	25,53	64,45	11,02	0,01	Valouny
5 (Ovesná)	0,00	24,43	75,56	0,01	Písek
7 (Ovesná)	0,00	76,30	22,53	1,17	Štěrk
10 (Ovesná)	0,00	97,32	2,67	0,01	Štěrk
12 (Řasnice)	0,00	68,82	31,13	0,05	Štěrkopísek
13 (Řasnice)	0,00	27,66	72,30	0,04	Písek
15 (Chlum)	0,00	67,06	32,91	0,03	Štěrkopísek
19 (Chlum)	15,24	63,22	21,49	0,04	Štěrk
20 (Chlum)	0,00	10,45	89,50	0,04	Písek
21 (Chlum)	45,68	45,88	8,43	0,01	Valouny
24 (Řasnice)	41,26	46,93	11,80	0,01	Valouny



Obrázek 14: Procentuální zastoupení typů zrnitosti říčního dna na čtyřech lokalitách v oblasti Šumavy.

Vyhodnocení zrnitostní různorodosti vzorků odebraných v oblasti Šumavy v roce 2020



Obrázek 15: Soubor křivek zrnitosti vzorků říčního dna odebraných na čtyřech lokalitách v oblasti Šumavy.

6.2 Vyhodnocení zrnitostní podobnosti říčního dna v rámci čtyř lokalit Teplé Vltavy

Z druhé sady celkem 30 vzorků byly sestrojeny 4 souhrnné grafy křivek zrnitosti zobrazující podobnost zrnitosti říčního dna na jednotlivých lokalitách Teplé Vltavy. Pro porovnání s grafy křivek zrnitosti byl pomocí Tabulky 8 sestrojen graf procentuálních hodnot zastoupení jednotlivých typů substrátu (viz Obrázek 16)

První souhrnný graf vykresluje křivky zrnitosti 6 vzorků odebraných na lokalitě KOV – H (viz Obrázek 17). Na grafu se zobrazují 2 křivky zrnitosti vzorků štěrkového substrátu obsahující hrubé částice nad 75 % obsahu vzorku. Jedná se o křivky zrnitosti vzorků, KOV – H – C a KOV – H – D. Křivky zrnitosti vzorků KOV – H – A, KOV – H – B, KOV – H – J a KOV – H – E jsou obsahem jemných částic mezi 25 % a 50 % reprezentací štěrkopískového substrátu.

Druhý souhrnný graf vykresluje křivky zrnitosti 6 vzorků odebraných na lokalitě KOV – D (viz Obrázek 18). Na grafu je štěrkový substrát reprezentován vzorky KOV – D – B a KOV – D – F obsahující štěrková zrna nad 75 % obsahu vzorku. Přesto, že vzorek KOV – D – E obsahuje velmi hrubé částice, byl zařazen z důvodu vysokého obsahu jemných částic do štěrkopískového substrátu stejně jako 4 vzorky KOV – D – C, KOV – D – A, KOV – D – D a KOV – D – F s obsahem jemných částic mezi 25 % a 50 % obsahu vzorku.

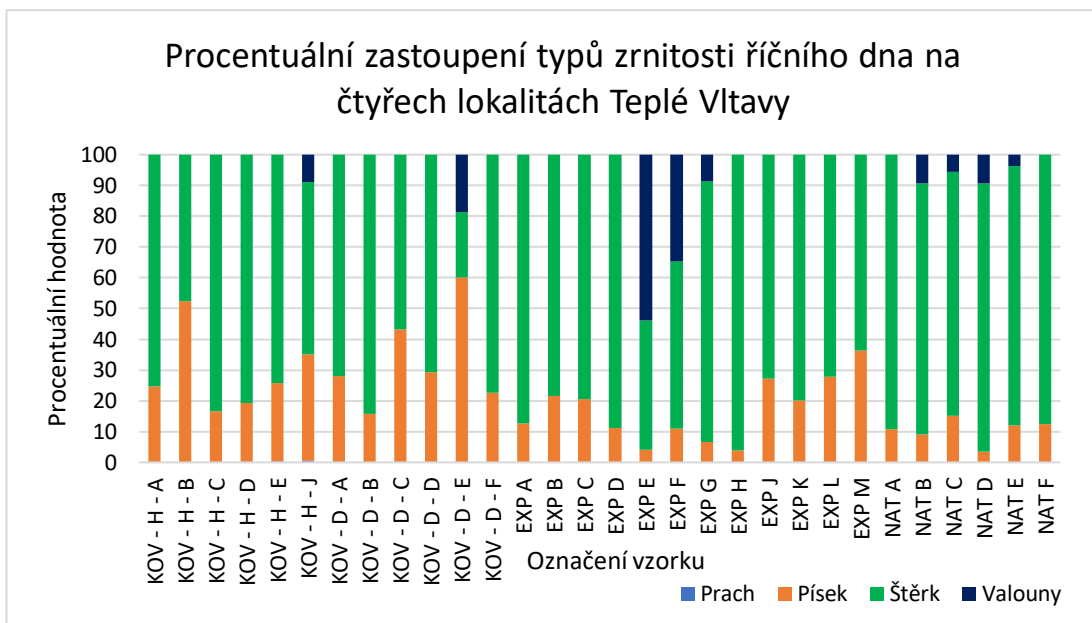
Třetí souhrnný graf vykresluje křivky zrnitosti 12 vzorků odebraných na lokalitě EXP (viz Obrázek 19). V grafu je zobrazených 7 křivek zrnitosti vzorků štěrkového substrátu obsahujících hrubé částice nad 75 % obsahu vzorku. Jedná se o křivky zrnitosti vzorků EXP – A, EXP – B, EXP – C, EXP – D, EXP – H, EXP – K a EXP – G, který obsahuje i malé procento velmi hrubých částic. Říční dno se štěrkopískovým substrátem reprezentují 3 křivky zrnitosti vzorků EXP – J, EXP – L, EXP – M, které obsahují mezi 25 % a 50 % obsahu vzorku. Křivky zrnitosti zbylých vzorků EXP E a EXP F jsou odlišné z důvodu vysokého obsahu velmi hrubých částic. Tyto dva vzorky reprezentují valounový substrát říčního dna.

Čtvrtý souhrnný graf vykresluje křivky zrnitosti 6 vzorků odebraných na lokalitě NAT (viz Obrázek 20). Na grafu se zobrazuje 6 velmi podobných křivek vzorků štěrkového dna s obsahem velmi hrubých částic do 10 % obsahu vzorku a jemných částic do 15 % obsahu vzorku a zároveň obsahem hrubých částic nad 75 %. Jedinou odchylnou se křivkou zrnitosti je vzorek NAT – D, který je také zařazen do štěrkového substrátu. Odchýlení způsobuje velmi nízký obsah jemných částic.

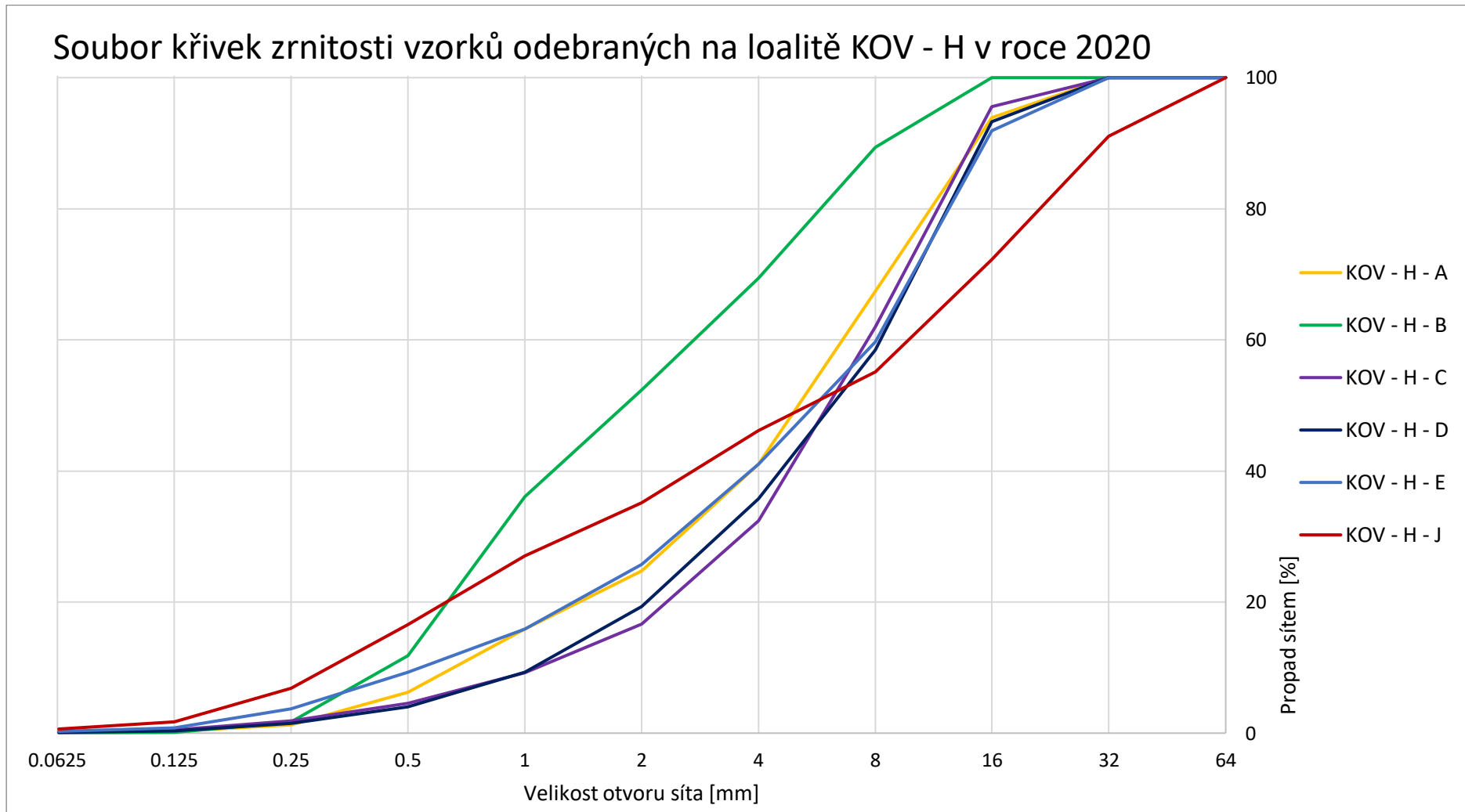
Z grafů je zřejmé, že vybraná stanoviště obsahovala převážně štěrkový, nebo štěrkopískový substrát napříč všemi lokalitami.

Tabulka 8: Procentuální zastoupení jednotlivých typů substrátu a vyhodnocení druhu říčního substrátu v druhé sadě vzorků.

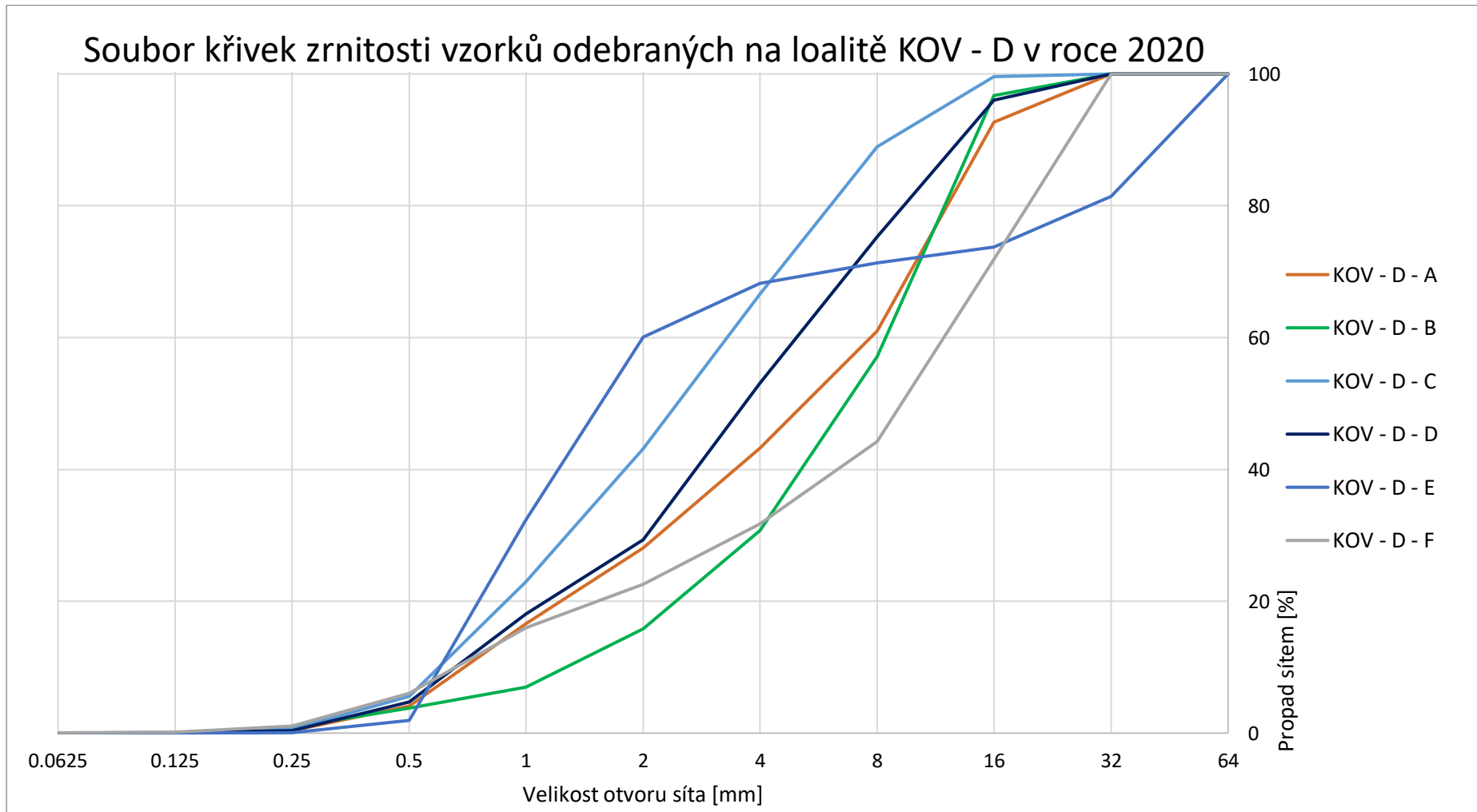
Vzorek	Valouny	Štěrk	Písek	Prach	Vyhodnocení
EXP A	0,00	87,34	12,58	0,08	Štěrk
EXP B	0,00	78,45	21,54	0,01	Štěrk
EXP C	0,00	79,45	20,44	0,11	Štěrk
EXP D	0,00	88,85	11,06	0,09	Štěrk
EXP E	53,79	42,13	4,08	0,01	Valouny
EXP F	34,72	54,22	11,01	0,06	Valouny
EXP G	8,70	84,73	6,54	0,02	Štěrk
EXP H	0,00	96,18	3,79	0,03	Štěrk
EXP J	0,00	72,77	27,20	0,03	Štěrkopísek
EXP K	0,00	79,83	20,11	0,06	Štěrk
EXP L	0,00	72,14	27,77	0,10	Štěrkopísek
EXP M	0,00	63,66	36,31	0,04	Štěrkopísek
KOV - H - A	0,00	75,28	24,61	0,11	Štěrkopísek
KOV - H - B	0,00	47,66	52,30	0,04	Štěrkopísek
KOV - H - C	0,00	83,33	16,47	0,19	Štěrk
KOV - H - D	0,00	80,66	19,22	0,12	Štěrk
KOV - H - E	0,00	74,25	25,49	0,27	Štěrkopísek
KOV - H - J	8,91	55,95	34,51	0,63	Štěrkopísek
KOV - D - A	0,00	71,92	28,07	0,01	Štěrkopísek
KOV - D - B	0,00	84,21	15,77	0,02	Štěrk
KOV - D - C	0,00	56,81	43,16	0,02	Štěrkopísek
KOV - D - D	0,00	70,66	29,32	0,02	Štěrkopísek
KOV - D - E	18,60	21,36	60,03	0,01	Štěrkopísek
KOV - D - F	0,00	77,45	22,50	0,05	Štěrkopísek
NAT A	0,00	89,32	10,52	0,16	Štěrk
NAT B	9,37	81,55	9,01	0,08	Štěrk
NAT C	5,56	79,36	14,87	0,21	Štěrk
NAT D	9,34	87,25	3,40	0,01	Štěrk
NAT E	3,77	84,28	11,88	0,06	Štěrk
NAT F	0,00	87,63	12,32	0,05	Štěrk



Obrázek 16: Procentuální zastoupení typů zrnitosti říčního dna na čtyřech lokalitách Teplé Vltavy.

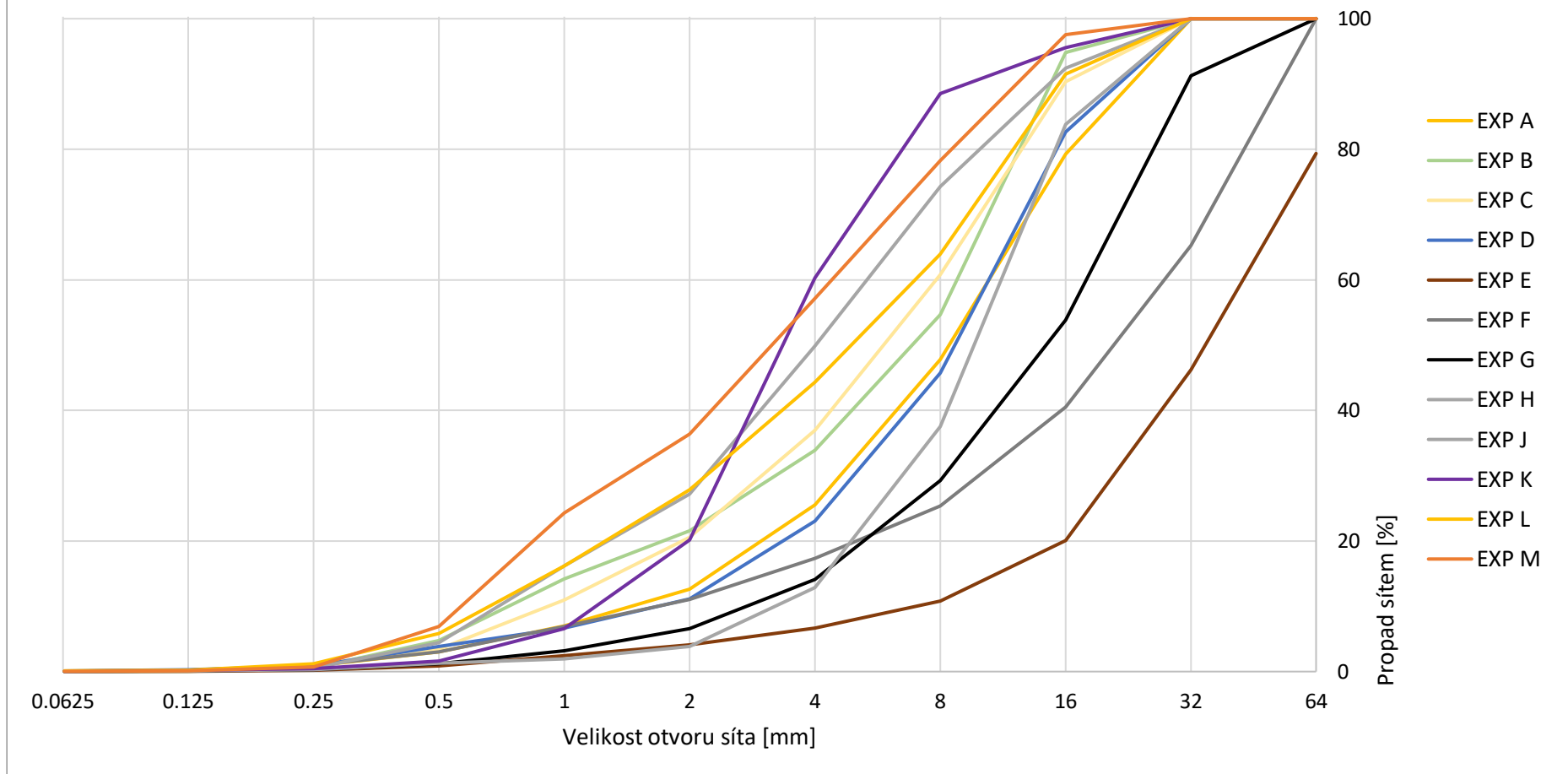


Obrázek 17: Soubor křivek zrnitosti vzorků říčního dna odebraných na lokalitě KOV – H řeky Teplá Vltava v roce 2020.



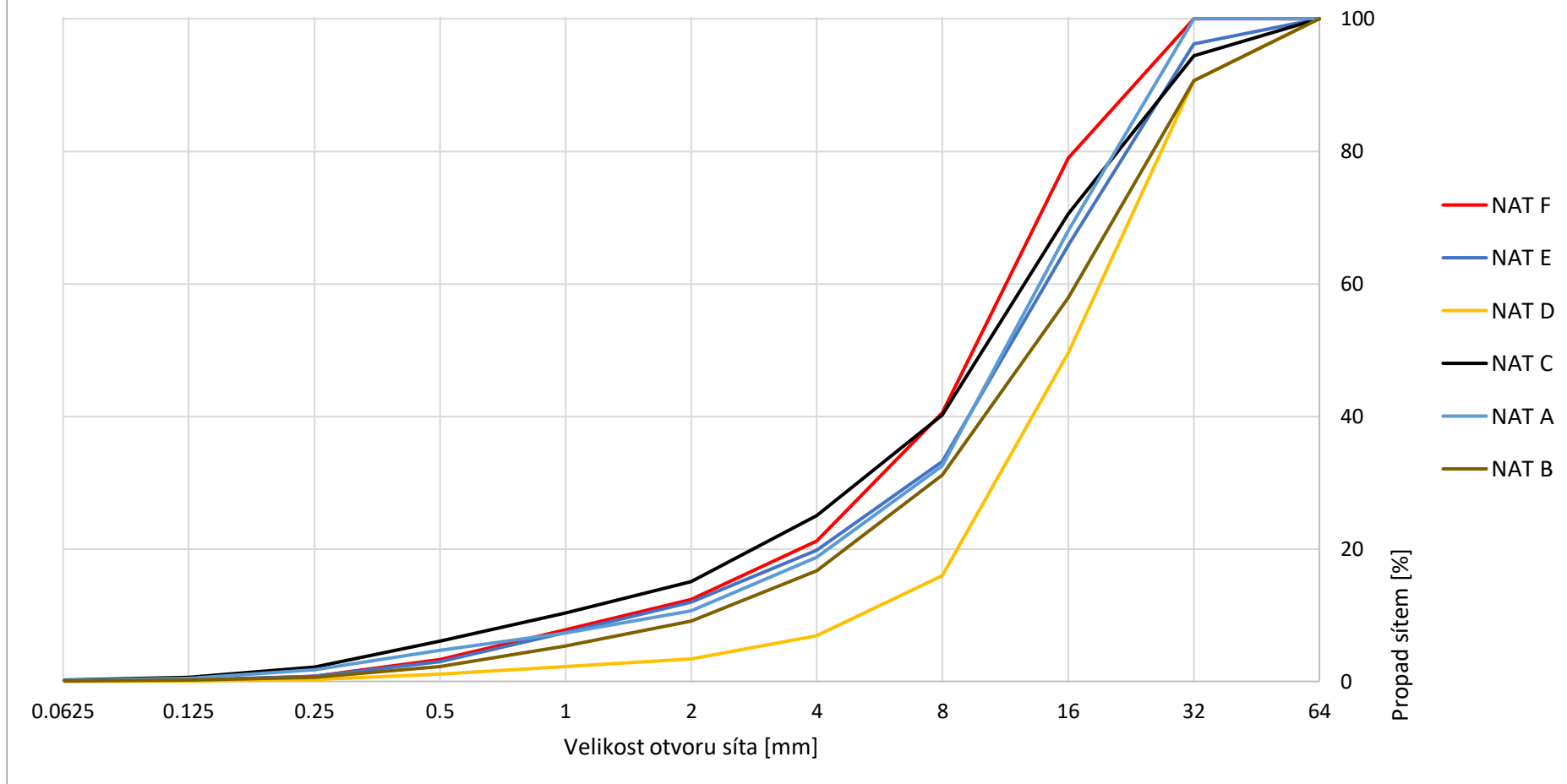
Obrázek 18: Soubor křivek zrnitosti vzorků říčního dna odebraných na lokalitě KOV – D řeky Teplá Vltava v roce 2020.

Soubor křivek zrnitosti vzorků odebraných na lokalitě EXP v roce 2020



Obrázek 19: Soubor křivek zrnitosti vzorků říčního dna odebraných na lokalitě EXP řeky Teplá Vltava v roce 2020.

Soubor křivek zrnitosti vzorků odebraných na lokalitě NAT v roce 2020



Obrázek 20: Soubor křivek zrnitosti vzorků říčního dna odebraných na lokalitě NAT řeky Teplá Vltava v roce 2020.

6.3 Porovnání zrnitosti říčního sedimentu mezi roky 2020 a 2021

Na celkem 8 stanovištích v těsné blízkosti s přesností cca 1 m byla mezi roky 2020 (označené: EXP – písmeno) a 2021 (označené: písmeno číslo) provedena analýza zrnitostního složení a sestrojeny grafy křivek zrnitosti pro každé stanoviště (viz Obrázek 22 – Obrázek 29). Pro kontrolu byl z Tabulky 9 sestrojen sloupcový graf zobrazující procentuální zastoupení jednotlivých typů zrnitosti říčního dna (viz Obrázek 21).

Z jednotlivých grafů křivek zrnitosti je zřejmé, že druh substrátu se na bioindikačních stanovištích ve velké míře nezměnil.

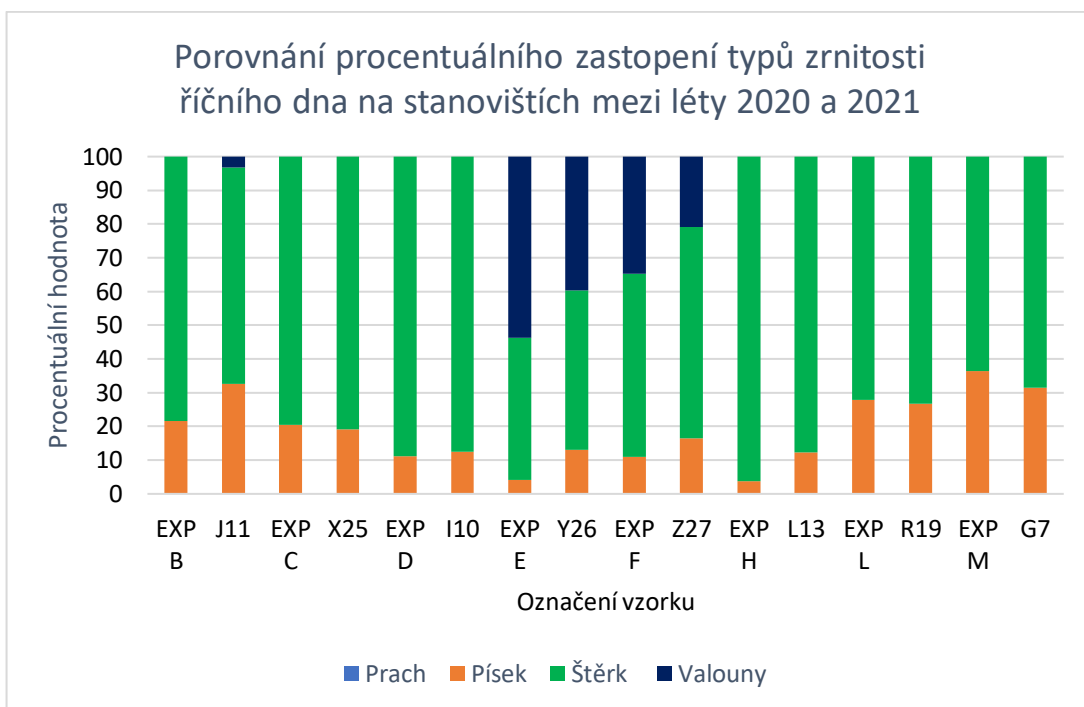
Na stanovištích EXP C/J11, EXP D/X25 a EXP L/R19 byla v zrnitostním složení pozorována pouze minimální změna v řádu procent.

Na stanovištích EXP B/J11, EXP D/I10, EXP H/L13, EXP E/Y26 a EXP F/Z27 byl zjištěn vyšší obsah jemných částic a nižší obsah hrubých částic. Zároveň na stanovištích EXP E/Y26 a EXP F/Z27 byl zjištěn nižší obsah velmi hrubých částic. Naopak na stanovišti EXP B/J11 bylo zjištěno drobné zvýšení obsahu velmi hrubých částic.

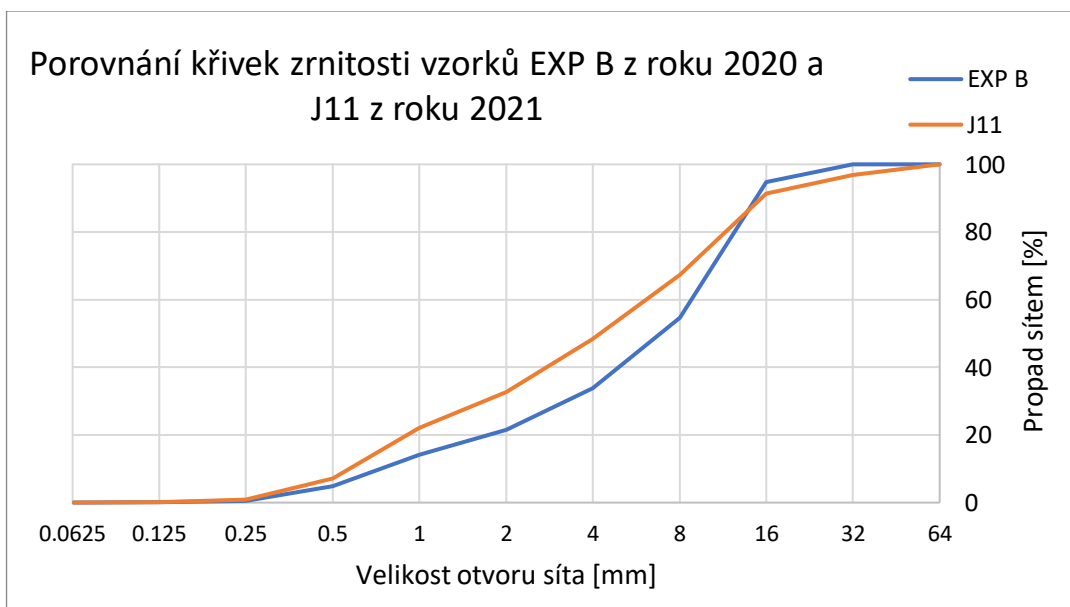
Na jediném stanovišti EXP M/G7 byl pozorován nižší obsah jemných částic a vyšší obsah hrubých částic.

Tabulka 9: Vyhodnocení změn zrnitostního složení mezi léty 2020 a 2021.

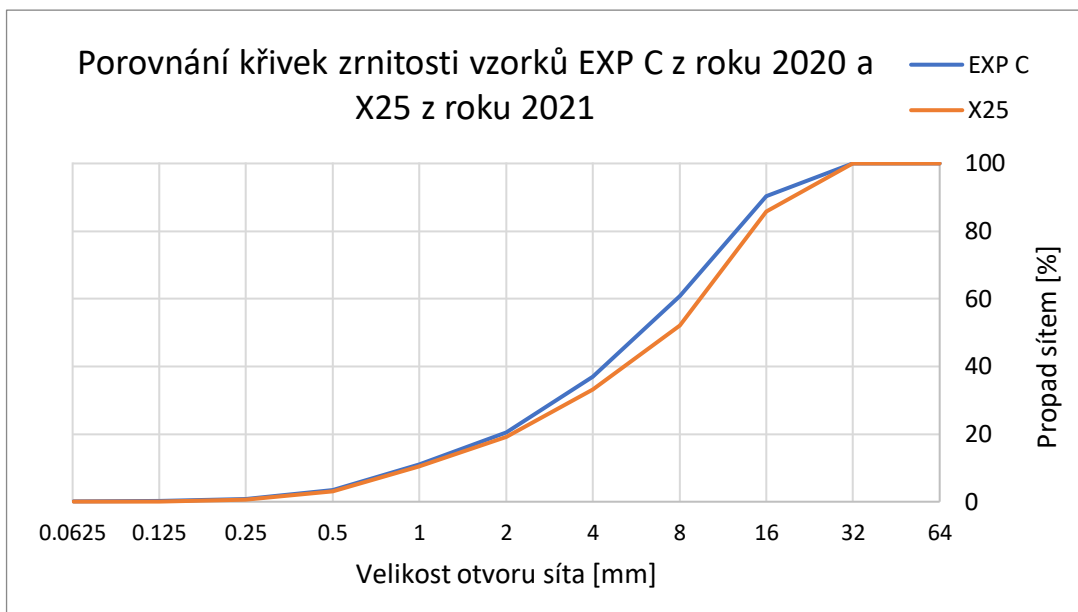
Vzorek	Valouny	Štěrk	Písek	Prach
EXP B	0,00	78,45	21,54	0,01
J11	3,16	64,24	32,58	0,02
EXP C	0,00	79,45	20,44	0,11
X25	0,00	80,79	19,17	0,04
EXP D	0,00	88,85	11,06	0,09
I10	0,00	87,57	12,39	0,05
EXP E	53,79	42,13	4,08	0,01
Y26	39,73	47,29	12,94	0,04
EXP F	34,72	54,22	11,01	0,06
Z27	20,80	62,76	16,33	0,10
EXP H	0,00	96,18	3,79	0,03
L13	0,00	87,75	12,17	0,08
EXP L	0,00	72,14	27,77	0,10
R19	0,00	73,19	26,71	0,10
EXP M	0,00	63,66	36,31	0,04
G7	0,00	68,58	31,40	0,00



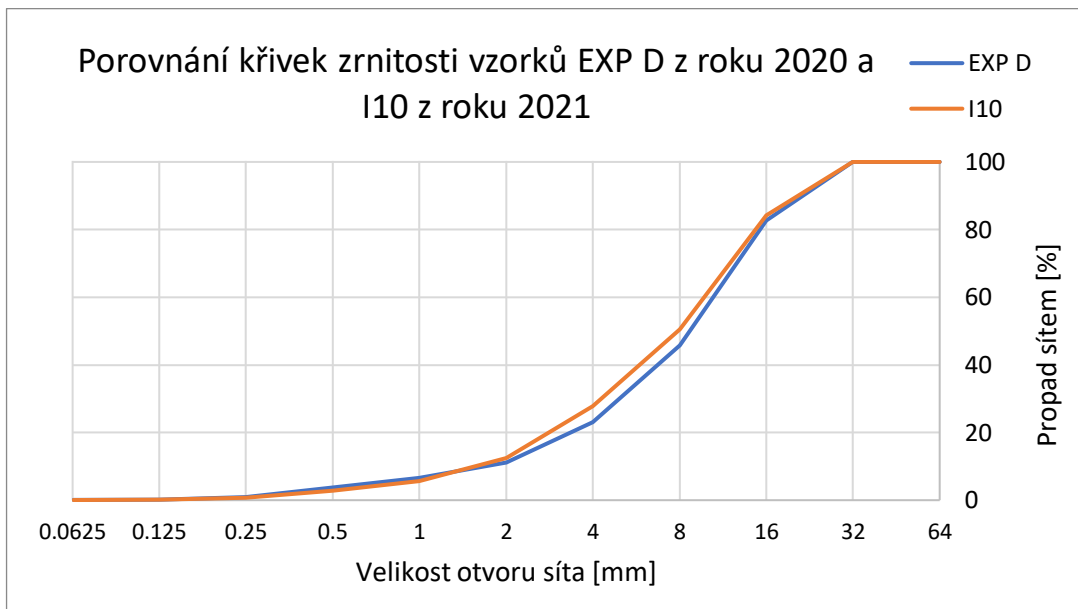
Obrázek 21: Porovnání procentuálního zastoupení prachu, písku, štěrku a valounů v dnovém sedimentu mezi vzorky ze stanovišť v těsné blízkosti mezi léty 2020 a 2021.



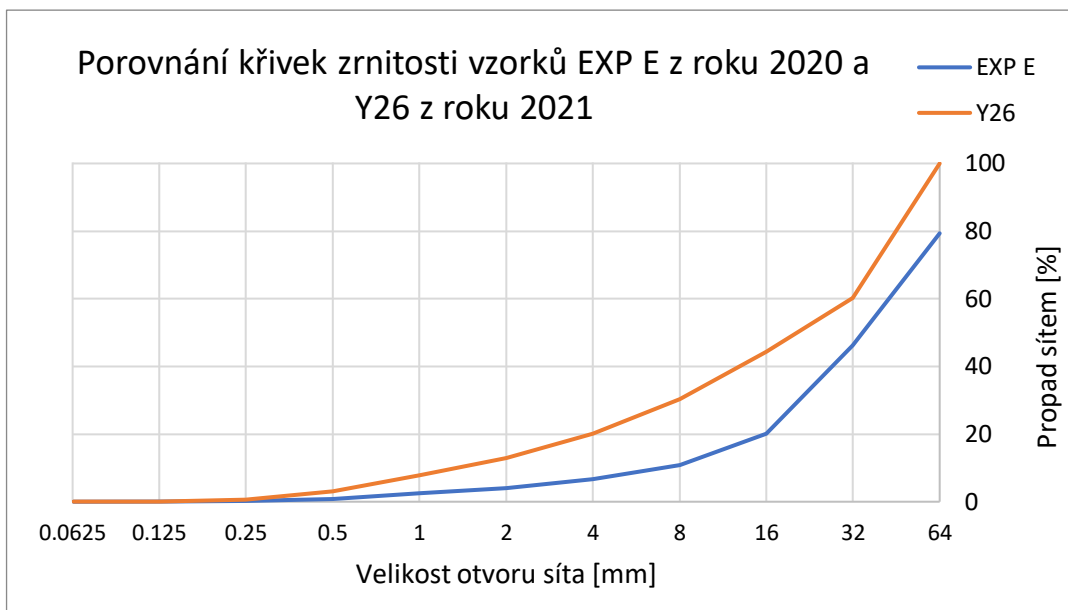
Obrázek 22: Porovnání křivek zrnitosti vzorků EXP B z roku 2020 a J11 z roku 2021.



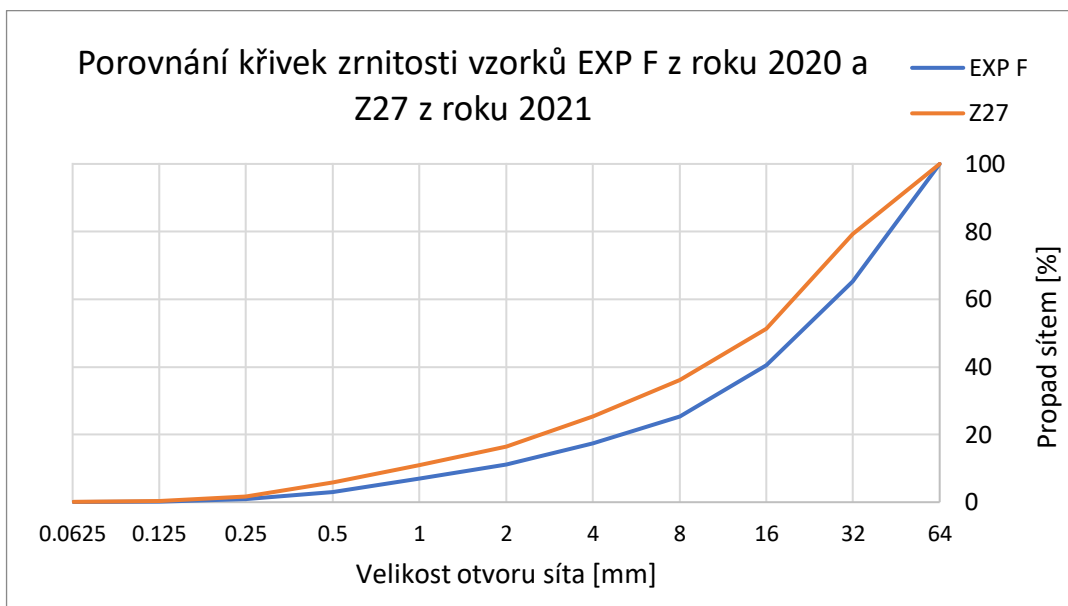
Obrázek 23: Porovnání křivek zrnitosti vzorků EXP C z roku 2020 a X25 z roku 2021.



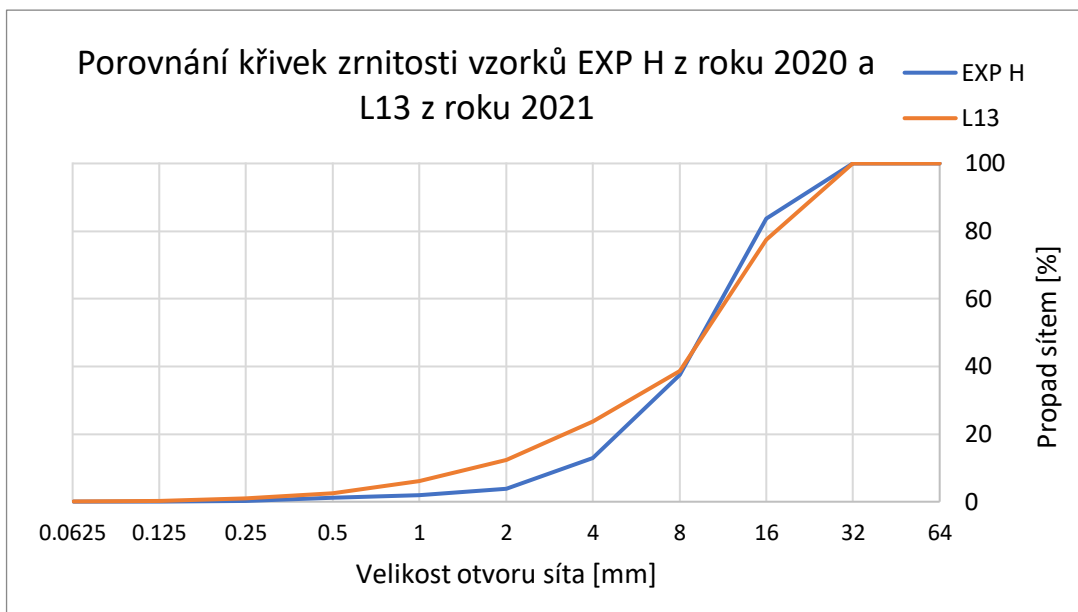
Obrázek 24: Porovnání křivek zrnitosti vzorků EXP D z roku 2020 a I10 z roku 2021.



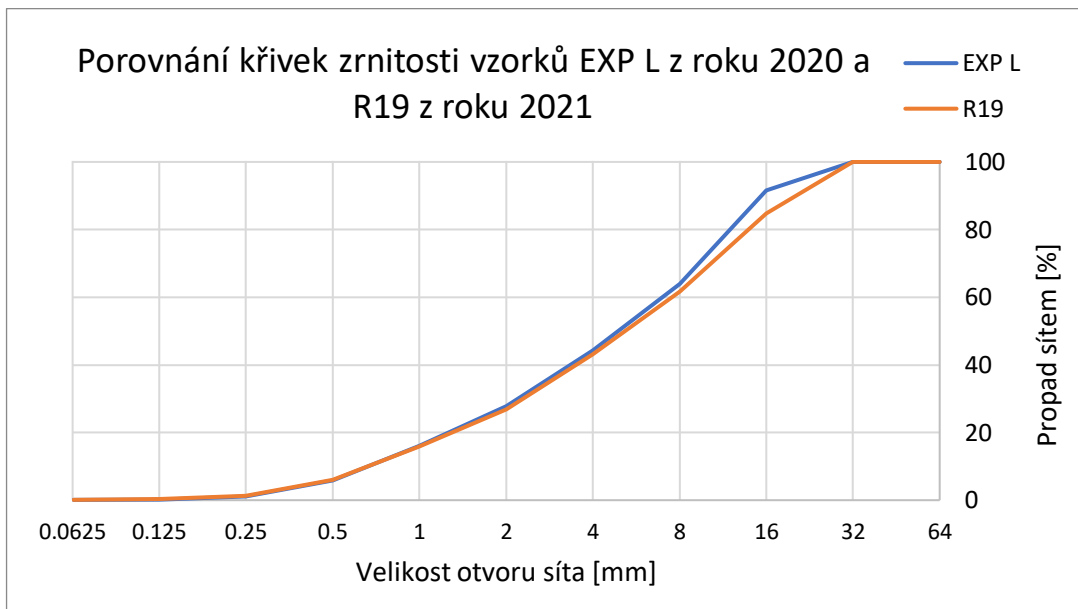
Obrázek 25: Porovnání křivek zrnitosti vzorků EXP E z roku 2020 a Y26 z roku 2021.



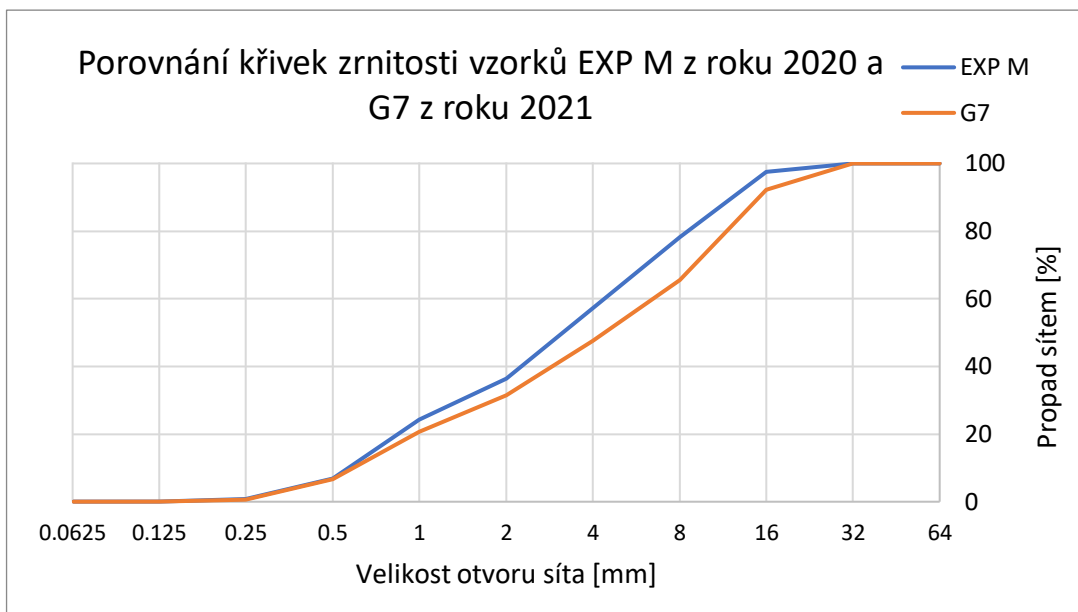
Obrázek 26: Porovnání křivek zrnitosti vzorků EXP F z roku 2020 a Z27 z roku 2021.



Obrázek 27: Porovnání křivek zrnitosti vzorků EXP H z roku 2020 a L13 z roku 2021.



Obrázek 28: Porovnání křivek zrnitosti vzorků EXP L z roku 2020 a R19 z roku 2021.



Obrázek 29: Porovnání křivek zrnitosti vzorků EXP M z roku 2020 a G7 z roku 2021

6.4 Korelace přežití perlorodky říční s různou zrnitostí říčního sedimentu

Většina bioindikačních stanovišť reprezentovaných třetí sadou vzorků vykazovala zrnitost dna šterkového, nebo šterkopískového charakteru (viz Tabulka 10). Tedy většina vzorků obsahovala nad 75 % obsahu vzorku hrubých šterkových částic, nebo obsah velmi hrubých valounových částic do 25 % a zároveň obsah jemných částic do 20 %, nebo mezi 20 % a 30 % obsahu vzorku jemných pískových částic mm a zároveň do 10 % obsahu vzorku hrubých valounových částic. Tyto druhy zrnitostního složení říčního dna jsou vhodné pro přežití perlorodky říční (viz kapitola 3.4.3 Nároky perlorodky říční na vlastnosti říčního dna).

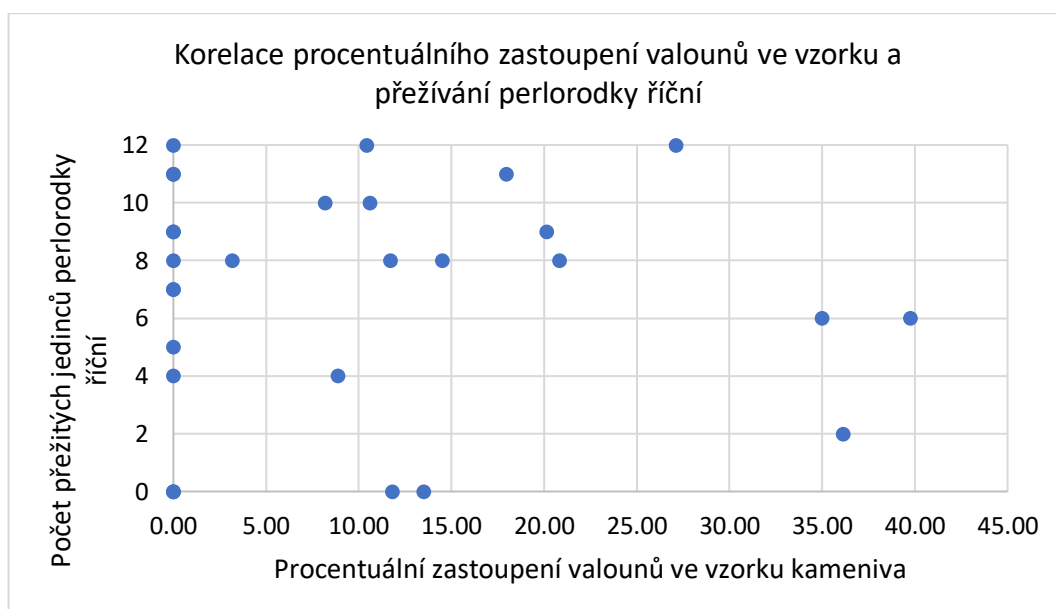
Tabulka 10 Procentuální zastoupení jednotlivých typů substrátu a vyhodnocení druhu říčního substrátu v třetí sadě vzorků.

Vzorek	Valouny	Šterk	Písek	Prach	Vyhodnocení
A1	0,00	74,62	25,35	0,03	Šterkopísek
B2	27,09	68,25	4,65	0,01	Valouny
C3	17,96	64,57	17,44	0,03	Šterk
D4	8,16	83,00	8,82	0,03	Šterk
E5	0,00	74,15	25,84	0,01	Šterkopísek
G7	0,00	68,58	31,40	0,02	Šterkopísek
H8	0,00	72,91	27,05	0,04	Šterkopísek
CH9	0,00	78,54	21,44	0,01	Šterk
I10	0,00	87,57	12,39	0,05	Šterk
J11	3,16	64,24	32,58	0,02	Šterkopísek
K12	0,00	94,12	5,85	0,03	Šterk
L13	0,00	87,75	12,17	0,08	Šterk
M14	10,58	72,07	17,28	0,07	Šterkopísek
N15	10,43	81,93	7,59	0,05	Šterk
O16	8,85	78,42	12,67	0,06	Šterk
P17	0,00	76,89	23,08	0,03	Šterk
Q18	20,13	61,74	17,98	0,15	Šterkopísek
R19	0,00	73,19	26,71	0,10	Šterkopísek
S20	11,79	71,99	16,15	0,07	Šterk
T21	11,68	69,23	19,05	0,04	Šterk
U22	14,49	68,74	16,73	0,05	Šterk
V23	0,00	75,00	24,96	0,03	Šterk
W24	13,50	72,66	13,78	0,06	Šterk
X25	0,00	80,79	19,17	0,04	Šterk
Y26	39,73	47,29	12,94	0,04	Valouny
Z27	20,80	62,76	16,33	0,10	Šterk
*28	0,00	84,15	15,81	0,04	Šterk
alfa29	34,98	55,39	9,61	0,02	Valouny
beta30	36,12	56,94	6,93	0,01	Valouny

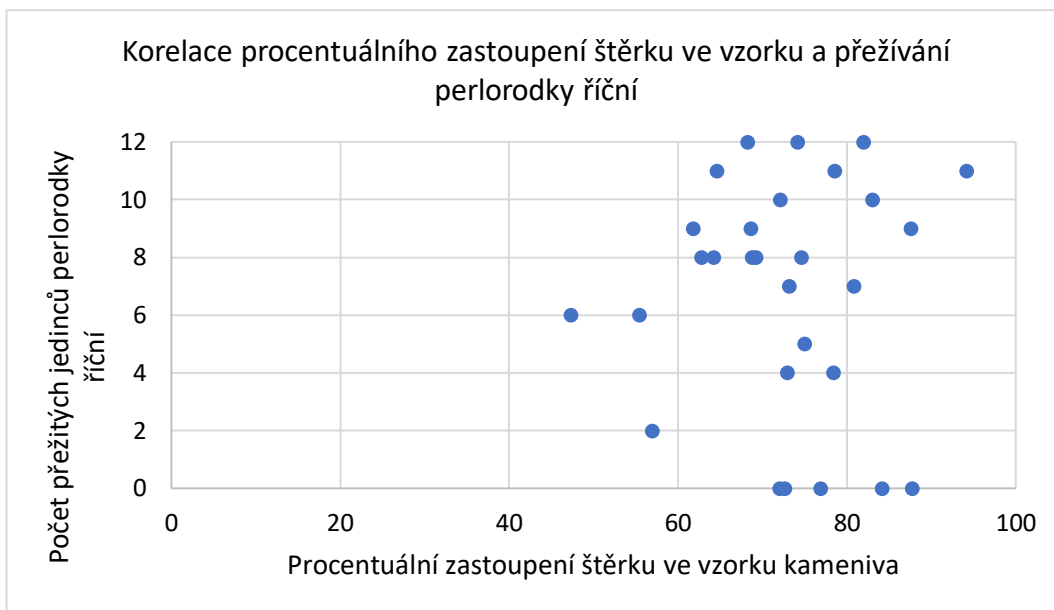
Jak je patrné z Tabulky 11 a obrázků Obrázek 30 – Obrázek 32 a příloh Příloha 80 – Příloha 84, korelace naměřených zrnitostních parametrů říčního dna s přežíváním perlorodky říční je nulová, nebo blízká nule. Tedy výsledek experimentu je takový, že korelace se nedá na odebraných vzorcích prokázat.

Tabulka 11: Korelace parametrů zrnitosti říčního dna s přežitím perlorodky říční

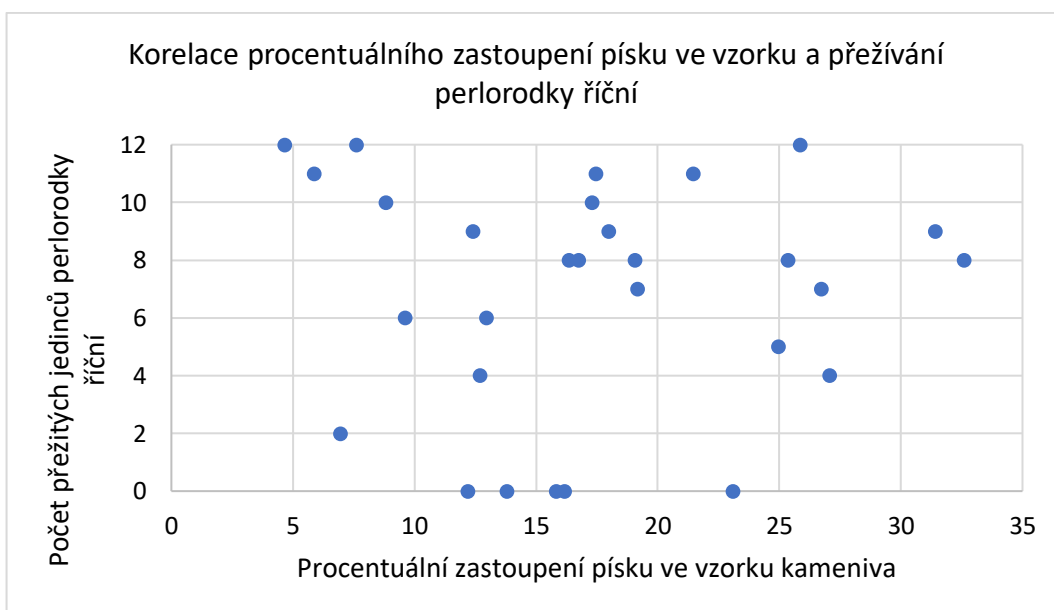
Korelace přežití perlorodky říční s parametrem:	Číslo křivosti	Číslo nestejnozrnosti	d50	Štěrk	Písek	Jemné částice <1mm	Hrubé částice >16mm
	-0,095	-0,106	-2,62E-06	0,010	-0,010	-0,031	0,040



Obrázek 30: Korelace procentuálního zastoupení valounů ve vzorku a přežívání perlorodky říční.



Obrázek 31: Korelace procentuálního zastoupení štěrku ve vzorku a přežívání perlorodky říční.



Obrázek 32: Korelace procentuálního zastoupení písku ve vzorku a přežívání perlorodky říční.

7. Diskuze

7.1 Vyhodnocení zrnitostní různorodosti říčního dna v rámci čtyř lokalit v oblasti Šumavy

V první části práce (viz kapitola 6.1 Vyhodnocení zrnitostní různorodosti říčního dna v rámci čtyř lokalit v oblasti Šumavy) je dobře vizualizována různorodost zrnitosti říčního dna. Na každé lokalitě byly záměrně odebírány vzorky různého zrnitostního složení pro bohatou variabilitu výsledků, která se po zkouškách zrnitosti projevila.

7.2 Vyhodnocení zrnitostní podobnosti říčního dna v rámci čtyř lokalit Teplé Vltavy

V druhé části práce (viz kapitola 6.2 Vyhodnocení zrnitostní podobnosti říčního dna v rámci čtyř lokalit Teplé Vltavy) byly stanoviště, ze kterých byly odebírány vzorky vybírány záměrně s vysokou pravděpodobností přežití perlorodky říční. Tedy stanoviště s vysokou hodnotou redox potenciálu a většinou štěrkopískovým sedimentem. Výsledek je takový, že téměř 90 % sedimentu odebraných ze stanovišť je štěrk, nebo štěrkopísek. Nelze tak brát vzorky jako reprezentaci říčního substrátu Teplé Vltavy. Lze však křivky porovnat se studii zabývajícími se vlivem říčního substrátu na prosperitu perlorodky říční (viz kapitola 7.4 Korelace přežití perlorodky říční s různou zrnitostí říčního sedimentu).

7.3 Porovnání zrnitosti říčního sedimentu mezi roky 2020 a 2021

Třetí část práce (viz kapitola 6.3 Porovnání zrnitosti říčního sedimentu mezi roky 2020 a 2021) vykazuje velmi příznivé výsledky z hlediska ochrany druhu perlorodky říční. Všechny stanoviště i přes jejich destrukci při odebírání vzorků v prvním roce nevykazují vyšší změny zrnitostního složení. Nejvyšší změna byla pozorována na stanovišti EXP E/Y26, kde se křivky zrnitosti rozdělily s mezerou 25 %. V porovnání byl pozorován menší obsah velmi hrubých částic a vyšší obsah jemných částic. Tato změna byla pozorována v místě ovlivnění proudu velkým balvanem. Je možné, že změna rychlosti a síly vodního proudu v důsledku obtékání balvanu způsobila tuto změnu. Podobně, ale v menší míře se změnilo stanoviště EXP F/Z27, které leží v blízkosti stanoviště EXP E/Y26.

Bez ohledu na umístění stanoviště z hlediska rychlosti proudění, tedy klidnější břehová stanoviště, nebo stanoviště uprostřed říčního koryta, mimo stanoviště EXP E/Y26 jsou rozdíly mezi zrnitostním složením vzorků minimální.

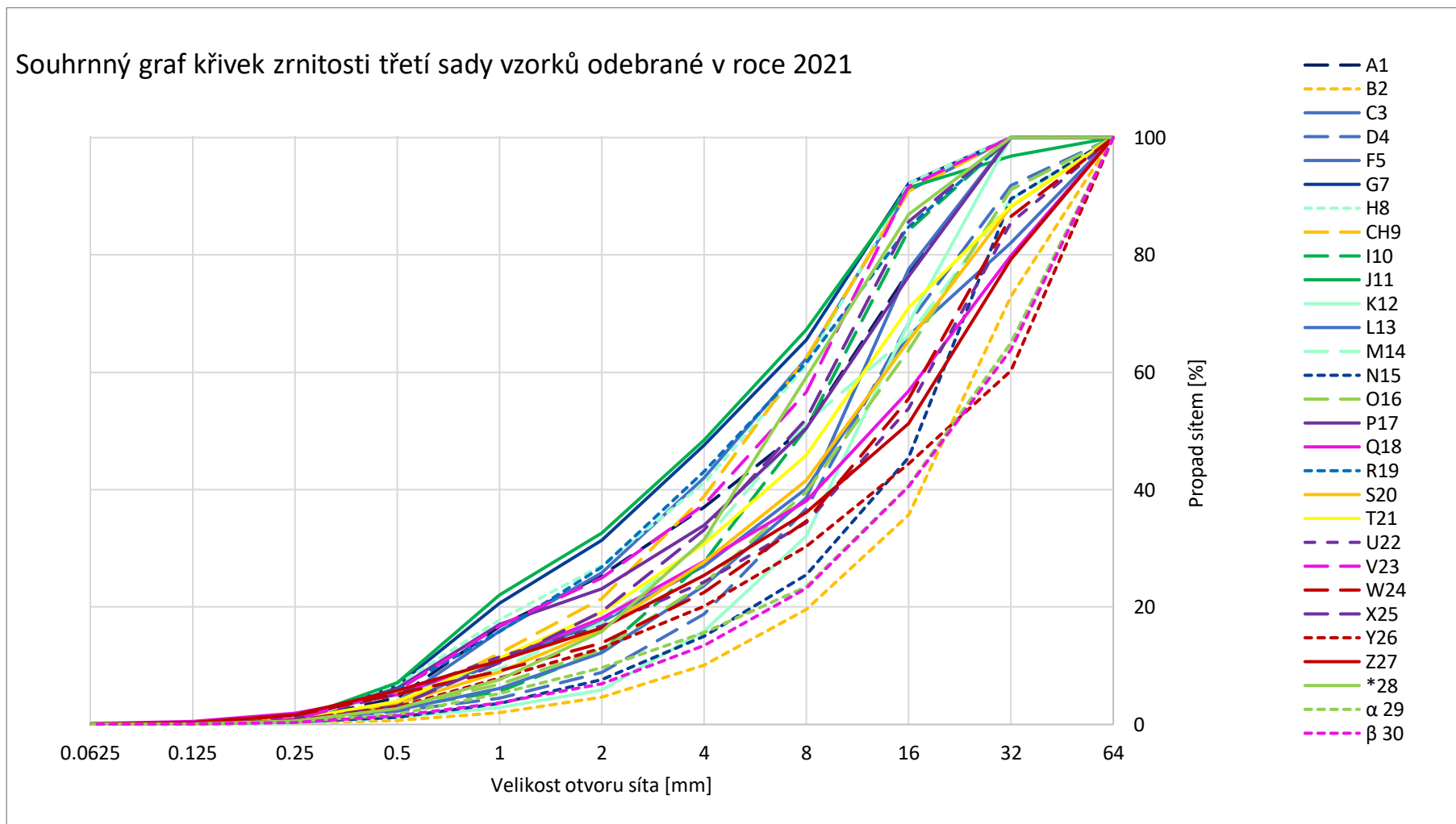
Tento experiment prokazuje skutečnost, že vybraná stanoviště jsou pro perlorodku říční nejen vhodná z hlediska krátkodobě měřených chemicko – fyzikálních charakteristik, ale i z hlediska nízké míry pohyblivosti říčního dna, které je pro perlorodku z důvodu vysokých nároků na stabilitu říčního substrátu velmi důležité.

7.4 Korelace přežití perlorodky říční s různou zrnitostí říčního sedimentu

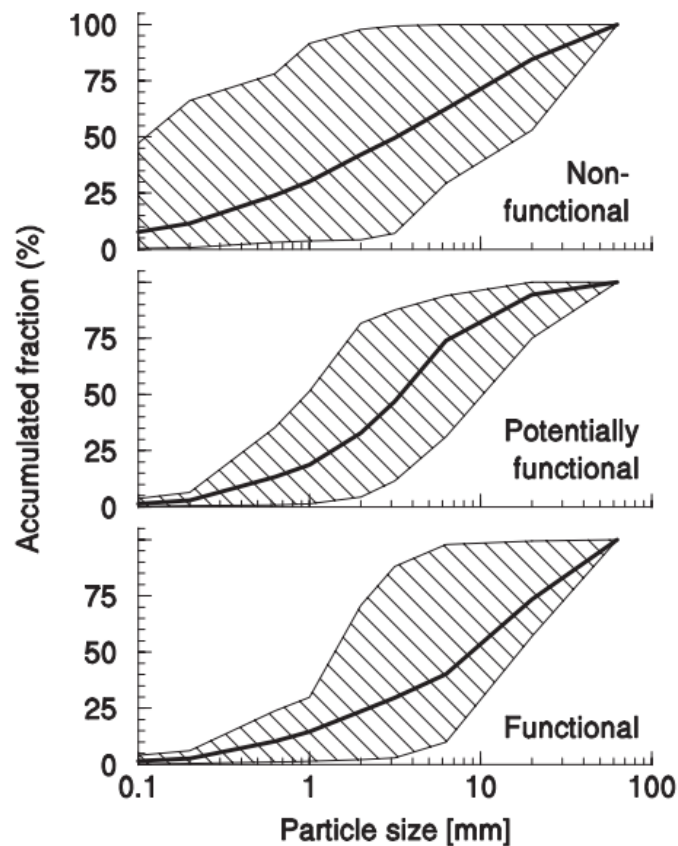
Čtvrtá část práce (viz kapitola 6.4 Korelace přežití perlorodky říční s různou zrnitostí říčního sedimentu) týkající se závislosti zrnitostního složení a přežívání perlorodky říční, neprokázala existující korelaci. Vzhledem ke skutečnosti, že v roce 2021 byla vybírána pouze stanoviště vykazující dobré podmínky pro bioindikační vysazení perlorodky říční, mělo zrnitostní složení říčního dna pouze pozitivní vliv na jejich přežití. Pokud by byly záměrně vybírány stanoviště s extrémními hodnotami velikostí částic (např. prachovité částice), měl by experiment potenciálně existující korelaci, ale juvenilní jedinci by byli uměle odchováni (viz kapitola 3.5.5 Výskyt a ochrana druhu v České republice) pouze za účelem jejich jistého uhynutí. Tento postup z hlediska jejich kritického ohrožení nebyl možný ani vhodný.

Porovnáme-li výsledný graf (viz Obrázek 33) s Obrázkem 34 ze studie Geist *et Auerswald* (2007), je patrné, že se zrnitostní složení stanovišť pohybovala v množině třetího dílčího obrázku „FUNKČNÍ“. Tedy substrát štěrkového a štěrkopískového charakteru vhodný pro přežití perlorodky. Tento graf potvrzuje, že štěrková a štěrkopísková zrnitost říčního dna reprezentovaného odebranými vzorky, mělo na přežití perlorodky pouze pozitivní vliv.

Souhrnný graf křivek zrnitosti třetí sady vzorků odebrané v roce 2021



Obrázek 33 Souhrnný graf křivek zrnitosti třetí sady vzorků odebrané v roce 2021.



Obrázek 34: Vliv zrnitosti říčního dna na přežívání perlorodky říční. Převzato z Geist *et* Auerswald 2007.

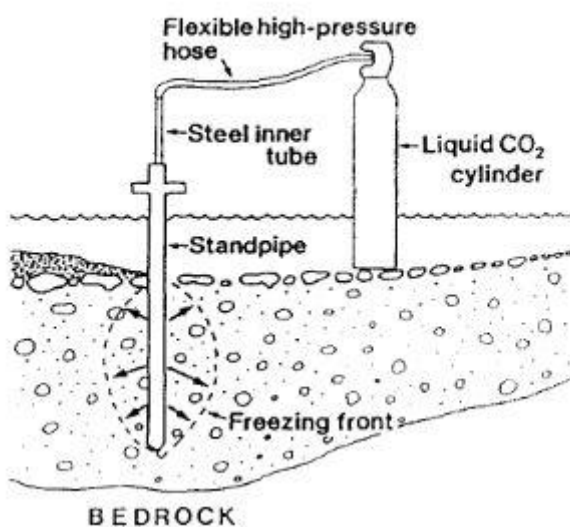
7.5 Zhodnocení metodiky práce

Kompletní metodiku bioindikace perlorodky říční hodnotím velmi kladně. Z celkem 360 juvenilních jedinců perlorodky přežilo minimálně 201 jedinců, tedy téměř 56 %. Metodika výběru stanovišť pomocí redox sondy se osvědčila jako nejrychlejší a nejjednodušší řešení, které má výsledky v řádu jednotek minut. Zhotovené bioindikační sondy v roce 2021 nevykazovaly žádné zkreslení výsledků bioindikace oproti roku 2020, kdy byla síť z jiného materiálu, než nerez a mohla uvolňovat toxické látky způsobující vysokou úmrtnost juvenilních jedinců (Sailer 2020).

Metodika odběru vzorků určených ke granulometrickému rozboru v obou obdobích odběru nebyla velmi efektivní. Jak odebírání kovovou lopatkou, tak odebírání dlaněmi, mělo za následek ztrátu nejjemnějších částic, které byly uneseny říčním proudem a nebyly odebrány do odběrové nádoby.

Řešením tohoto problému je například metodika popsaná v Geist *et* Auerswald (2007). Válcovitá roura se zahloubí do říčního dna v hloubce 10 cm. Následně se substrát na spodní hraně roury zarovná a roura se i se substrátem přenesse do odběrové nádoby, kam je substrát přesunut. Pro příští odběry vzorků říčního dna bych doporučila tuto popsanou metodiku.

Další metodika spolehlivého, avšak vysoce destruktivního odebírání vzorků říčního sedimentu je metoda zmrazování. Metodika popsaná v Thoms (1992) spočívá v zavedení měděné roury o průměru 2,5 cm do volitelné hloubky říčního dna. Do měděné roury je zavedena ocelová trubka vedoucí tekutý CO₂. CO₂ v měděné rouře způsobí zmrznutí okolní vody proudící v prostoru dna v pevné skupenství spolu s říčním sedimentem. Po 10-20 min je měděná roura vytažena spolu s pevně spojeným v celistvým zmrzlým celkem vody a říčního sedimentu. Experiment je vizualizován viz Obrázek 35. Zmrzlý celek se následně přesune do odběrové nádoby a převezde do laboratoře k dalšímu testování. Tato metodika byla však pro účely experimentu neadekvátně nákladná. Vzhledem k likvidaci všeho živého mrazem jsme také nechtěli ohrozit potenciálně přítomné juvenilní jedince perlorodky říční přirozeně se vyskytující na zájmové lokalitě.



Obrázek 35: Vizualizace metodiky odebírání vzorků říčního dna zmrazováním. Převzato z Thoms (1992).

Metodika zrnitostního rozboru dle ČSN EN 933-1 byla velmi efektivní a výsledky uspokojivé. Nelze této metodice nic vytknout.

8. Závěr

Cílem předkládané práce bylo:

- popsat zrnitostní různorodost říčního dna v rámci čtyř lokalit v oblasti Šumavy
- popsat zrnitostní podobnosti říčního dna v rámci čtyř lokalit na řece Teplá Vltava
- vyhodnotit změny v zrnitosti říčního dna mezi rokem 2020 a 2021 na 8 stanovištích v rámci řeky Teplá Vltava
- zjistit korelaci mezi zrnitostí říčního dna a přežíváním perlorodky říční v rámci 30 stanovišť situovaných na řece Teplá Vltava.

V roce 2020 bylo odebráno na čtyřech lokalitách v oblasti Šumavy 14 vzorků říčního sedimentu a na čtyřech lokalitách na řece Teplá Vltava 30 vzorků říčního sedimentu. V roce 2021 bylo na jedné lokalitě na řece Teplá Vltava odebráno 30 vzorků říčního sedimentu. V létě roku 2021 byly tyto vzorky podrobeny zrnitostní analýze, která byla vyhodnocena křivkami zrnitosti a sloupcovými grafy. Pomocí vlastní metodiky určování druhu zrnitostního složení bylo provedeno určení typu říčního substrátu.

Na čtyřech lokalitách v oblasti Šumavy byly popsány čtyři typy říčního substrátu – písek, štěrk, štěrkopísek a valouny. Na lokalitách Studená Vltava, Chlum i Řasnice byly vyhodnoceny všechny 4 typy říčního substrátu, pouze lokalita Ovesná obsahovala jen 2 stanoviště se štěrkovým substrátem a 1 stanoviště s pískovým substrátem.

Na čtyřech lokalitách na řece Teplá Vltava byly popsány tři typy říčního substrátu – štěrk, štěrkopísek a valouny. Všechna stanoviště na lokalitě NAT obsahovala štěrkový substrát. Většina stanovišť na lokalitách KOV – H a KOV – D obsahovala štěrkopískový substrát a 3 stanoviště štěrkové substráty. Stanoviště na lokalitě EXP obsahovala 3 štěrkopískové a 2 valounové substráty, zbylé stanoviště obsahovaly štěrkové substráty. V celkovém zhodnocení byla vyhodnocena 2 stanoviště s valounovým substrátem, 12 stanovišť se štěrkopískovým substrátem a 16 stanovišť se štěrkovým substrátem.

Mezi 8 bioindikačními stanovišti stejného umístění na lokalitě EXP byla vyhodnocena změna zrnitostního složení mezi léty 2020 a 2021. Zrnitostní složení říčního substrátu se mezi léty změnilo v řádech jednotek procent. Lze tedy stanoviště považovat za stabilní, a tedy bezpečná pro další bioindikační, nebo ochranné vysazování perlorodky říční.

Na 30 bioindikačních stanovištích v roce 2021 nebyla zjištěna korelace mezi zrnitostí říčního substrátu a přežíváním perlorodky říční. Korelace byla vyhodnocena jako nulová, nebo blížící se nule. Tento výsledek byl způsoben záměrným vybíráním stanovišť vhodných pro přežití juvenilních jedinců perlorodky,

a tedy šterkové a šterkopískové zrnitostní složení říčního dna reprezentovaného odebranými vzorky, mělo na přežití perlorodky pouze pozitivní vliv.

S ohledem na výše popsané výsledky lze tvrdit, že byl experiment přínosný a cíle práce byly splněny.

Přínosem této práce je zejména zjištění, že granulometrické složení vybraných stanovišť má pozitivní vliv na přežívání perlorodky říční. Dále je přínosné zjištění, že zkoumaná stanoviště jsou stabilní z hlediska přesunu říčního substrátu v důsledku unášecí síly vodního proudu. Obě tato zjištění mohou mít za následek, že nalezená stanoviště budou dále využívána k vysazování juvenilních jedinců perlorodky říční, nebo jiným experimentům.

9. Přehled literatury

- Andreska, J. (2010). Losos labský v historických záznamech a v současnosti II. *Živa* 276-279
- AOPK ČR, 2013. "Záchranný program perlorodky říční *Margaritifera margaritifera* v České republice". Agentura ochrany přírody České republiky. S. 77
- Araujo R. & Ramos A. (2000), Council of Europe CONVENTION ON THE CONSERVATION OF EUROPEAN WILDLIFE AND NATURAL HABITATS Action plan for *Margaritifera margaritifera* in Europe.
- Aslan A. (2013). FLUVIAL ENVIRONMENTS | Sediments, Encyclopedia of Quaternary Science (Second Edition), Elsevier, 2013, Pages 663-675, ISBN 9780444536426, <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-53643-3.00111-4>.
- Bauer, G. (1988). Threats to the freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera* L. in Central Europe. *Biological Conservation*, 45(4), 239–253. [https://doi.org/10.1016/0006-3207\(88\)90056-0](https://doi.org/10.1016/0006-3207(88)90056-0)
- Bauer, G. (1994). The Adaptive Value of Offspring Size among Freshwater Mussels (Bivalvia; Unionoidea). *The Journal of Animal Ecology*, 63(4), 933. <https://doi.org/10.2307/5270>
- Bauer, G. (1987). Reproductive Strategy of the Freshwater Pearl Mussel *Margaritifera margaritifera*. *The Journal of Animal Ecology*, 56(2), 691. <https://doi.org/10.2307/5077>
- Berglund, J. (2019). Freshwater Pearl Mussel (*Margaritifera margaritifera*)-Belgium CON.
- Buddensiek, V. et al. (1993). Studies on the chemistry of interstitial water taken from defined horizons in the fine sediments of bivalve habitats in several northern German lowland waters II: Microhabitats of *Margaritifera margaritifera* L., *Unio crassus* (Philipsson) and *Unio tumidus* Philipsson. *Archiv Für Hydrobiologie*, 127(2), 151–166. <https://doi.org/10.1127/archiv-hydrobiol/127/1993/151>
- ČSN EN 1997-1 (73100): Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí - Část 1: Obecná pravidla. Český normalizační institut, Praha, 2006. 138 s.

- ČSN EN 933-1 Zkoušení geometrických vlastností kameniva - Část 1: Stanovení zrnitosti - Síťový rozbor. Praha: Český normalizační institut, 2012.
- ČSN EN ISO 17892-4 (721007) Geotechnický průzkum a zkoušení - Laboratorní zkoušky zemin - Část 4: Stanovení zrnitosti. Praha: Český normalizační institut, 2017.
- ČSN ISO 5667-12. Kvalita vod - Odběr vzorků - Část 12: Návod pro odběr vzorků dnových sedimentů z řek, jezer a z oblastí ústí řek. Praha: Český normalizační institut, 2018.
- Databáze významných geologických lokalit: 2147 [online]. Praha: Česká geologická služba, 1998 [cit. 2022-01-23]. Dostupné z: <http://lokality.geology.cz/2147>.
- David Suits, L. *et al.* (2002). A Comparative Study of Particle Size Analyses by Sieve-Hydrometer and Laser Diffraction Methods. *Geotechnical Testing Journal*, 25(4), 10036. <https://doi.org/10.1520/gtj11289j>
- di Stefano, C. *et al.* (2010). Comparison between grain-size analyses using laser diffraction and sedimentation methods. *Biosystems Engineering*, 106(2), 205–215. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2010.03.013>
- Geist, J. (2010). Strategies for the conservation of endangered freshwater pearl mussels (*Margaritifera margaritifera* L.): a synthesis of Conservation Genetics and Ecology. *Hydrobiologia*, 644(1), 69–88. <https://doi.org/10.1007/s10750-010-0190-2>
- Geist, J., & Auerswald, K. (2007). Physicochemical stream bed characteristics and recruitment of the freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera*). *Freshwater Biology*, 52(12), 2299–2316. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2007.01812.x>
- Gosselin, M. P. (2015). Conservation of the freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera*) in the river Rede, UK: Identification of instream indicators for catchment-scale issues. *Limnologia*, 50, 58–66. <https://doi.org/10.1016/j.limno.2014.12.004>
- Hansen, A. T. (2016). Coupling freshwater mussel ecology and river dynamics using a simplified dynamic interaction model. *Freshwater Science*, 35(1), 200–215. <https://doi.org/10.1086/684223>
- Hastie, L. C., Young, M. R., & Boon, P. J. (2000). Growth characteristics of freshwater pearl mussels, *Margaritifera margaritifera* (L.). *Freshwater Biology*, 43(2), 243–256. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2427.2000.00544.x>
- Home | Ramsar Sites Information Service. Home | Ramsar Sites Information Service [online]. Dostupné z: <https://rsis.ramsar.org/>

- Kloubec, B. (2007). Avifauna Teplé a Studené Vltavy a vlivy vodáctví. *Silva Gabreta*, 13(2), 149–169.
- Kresic, N. (2006). *Hydrogeology and Groundwater Modeling* (2nd ed.). CRC Press. ISBN 1420004999, 9781420004991
- Lamboj, L.; Štěpánek, Zdeněk. *Mechanika zemin a zakládání staveb*. 2005. vyd. [s.l.]: Vydavatelství ČVUT 214 s. ISBN 8001030946.
- Máčka, Z. (2009). Lekce 9 FLUVIÁLNÍ SEDIMENTY IS MUNI [online]. Brno: Masarykova universita Brno [cit. 2022-01-29]. Dostupné z: <https://is.muni.cz/el/1431/podzim2009/Z8308/um/Prednaska9.pdf>
- Maloplošná zvláště chráněná území. [online]. Copyright ©AOPK [cit. 23.01.2022]. Dostupné z: https://drusop.nature.cz/ost/chrobjecty/zchru/index.php?SHOW_ONE=1&ID=1152
- Mapy.cz. Mapy.cz [online]. [cit. 03.03.2022] Dostupné z: <https://mapy.cz/>
- Murthy, V. (2002). *Geotechnical Engineering: Principles and Practices of Soil Mechanics and Foundation Engineering (Civil and Environmental Engineering)* (1st ed.). CRC Press. ISBN 1482275856, 9781482275858
- Němec J. *et al.* 2006: Voda v České republice. Praha: Ministerstvo zemědělství. Consult. ISBN 80-903482-1-1
- Perlorodka říční | Ochrana. Perlorodka říční | Perlorodka říční [online]. [cit. 23.01.2022]. Dostupné z: <http://www.perlorodkaricni.cz/lide/ochrana.html>
- Pulley, S. *et al.* (2019). The sources and dynamics of fine-grained sediment degrading the Freshwater Pearl Mussel (*Margaritifera margaritifera*) beds of the River Torridge, Devon, UK. *Science of The Total Environment*, 657, 420–434. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.11.401>
- Sailer, A., Variabilita prostředí mělkého hyporeálu ve vztahu k vývoji juvenilů perlorodky říční na Teplé Vltavě. Praha, 2020. Diplomová práce. Česká zemědělská univerzita v Praze. Vedoucí práce Michal Bílý.
- Santos, R. *et al.* (2015). Impacts of climate change and land-use scenarios on *Margaritifera margaritifera*, an environmental indicator and endangered species. *Science of The Total Environment*, 511, 477–488. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.12.090>
- Simon O. *et al.* (2015). The status of freshwater pearl mussel in the Czech Republic: Several successfully rejuvenated populations but the absence of natural reproduction. Vol. 50. S. 11-20

- Simon, O. et al. (2017). *Metodika podpory perlorodky říční (Margaritifera margaritifera)* [E-book]. Fakulta životního prostředí ČZÚ, Výzkumný ústav vodohospodářský T.G.M.
- Sivakugan, N., & Das, B. (2009). *Geotechnical Engineering: A Practical Problem Solving Approach (Eureka)* (Pap/DVD ed.). J. Ross Publishing. ISBN 9781604270167 1604270160
- Slatt R. M. (2013). Chapter 7 - Fluvial Deposits and Reservoirs, *Developments in Petroleum Science*, Elsevier, Volume 61, 2013, Pages 283-369, ISSN 0376-7361, ISBN 9780444563651, <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-56365-1.00007-9>.
- Step-by-Step Guide for Grain Size Analysis | Geoengineer.org. Geotechnical Engineering News & Technical Resources for Geotech Professionals | Geoengineer.org [online]. Copyright © 2002 [cit. 03.02.2022]. Dostupné z: <https://www.geoengineer.org/index.php/education/laboratory-testing/step-by-step-guide-for-grain-size-analysis>
- Svoboda, L. *Stavební hmoty* [online]. 4. vydání. Praha: Luboš Svoboda Dům “U staré podkovy”, 2018 [cit. 2022-02-05]. Dostupné z: <http://people.fsv.cvut.cz/~svobodasl/>
The Journal of Animal Ecology 61(2):425-436.
- Thoms, M. (1992). A comparison of grab- and freeze-sampling techniques in the collection of gravel-bed river sediment. *Sedimentary Geology*, 78(3–4), 191–200. [https://doi.org/10.1016/0037-0738\(92\)90019-n](https://doi.org/10.1016/0037-0738(92)90019-n)
- Vaničková I, Simon OP, Dort B. 2014: *Omlazení populací perlorodky říční. Ochrana přírody*. 6: 10–15.
- Vyhláška č. 395/1992 Sb., kterou se provádějí některá ustanovení zákona České národní rady č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny.
- Young, M. (2005). A literature review of the water quality requirements of the freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera*) and related freshwater bivalves. Scottish Natural Heritage Commissioned Report No. 084.
- Young, M. R. & J. C. Williams, 1984. The reproductive biology of the freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera* (Linn.) in Scotland. I. Field studies. *Archiv für Hydrobiologie* 99:405-422.
- Zákon č. 114/1992 Sb., O ochraně přírody a krajiny, v platném znění. Zákon upravuje vyhláška 395/1992 Sb.

10. Seznam obrázků

Obrázek 1 Vizualizace životního cyklu perlorodky říční. Převzato z Geist 2010.	5
Obrázek 2: Křivka zrnitosti s názorným postupem určení D10 a D60. Převzato z Geoengineer.org [online] 2002.	14
Obrázek 3: Umístění zájmových lokalit na řece Teplá Vltava v roce 2020. Autor: Adam Sailer.	17
Obrázek 4: Zájmové lokality odběru první sady vzorků v roce 2020. 1 - lokalita Studená Vltava, 2 – lokalita Ovesná, 3 – lokalita Řasnice, 4 – lokalita Chlum. Autor: Marta Rojtová, © Seznam.cz, a.s.	18
Obrázek 5: Foto zájmové lokality roku 2021 - Experimentální meandr směrem na jihozápad. Foto: Marta Rojtová, 2021.....	18
Obrázek 6: Mapa umístění zájmové lokality experimentu v roce 2021. 1 - Zájmová lokalita EXP, 2 - Základna týmu, laboratoře Záchraná stanice Dobrá na Šumavě. Autor: Marta Rojtová, © Seznam.cz, a.s.	19
Obrázek 7: Plán umístění stanovišť na lokalitě KOV - H v roce 2020. Autor: Marta Rojtová, © Seznam.cz, a.s.	23
Obrázek 8: Plán umístění stanovišť na lokalitě KOV - D v roce 2020. Autor: Marta Rojtová, © Seznam.cz, a.s.	24
Obrázek 9: Plán umístění stanovišť na lokalitě EXP v roce 2020. Autor: Marta Rojtová, © Seznam.cz, a.s.	25
Obrázek 10: Plán umístění stanovišť na lokalitě NAT v roce 2020. Autor: Marta Rojtová, © Seznam.cz, a.s.	26
Obrázek 11: Plán umístění stanovišť na lokalitě EXP v roce 2021. Autor: Michal Jeřábek.	27
Obrázek 12: Bioindikační sondice. 1 - nerezová síť vyložená uhelonovou síťovinou, 2 - kontinuální teploměr HOBOWARE, 3 - hadička sloužící k odběru hyporeální vody. Foto: Marta Rojtová, 2021.....	28
Obrázek 13: Instalace bioindikační sondice. Vrchní hrana koresponduje s původní úrovní říčního dna. Foto: Ondřej Simon.....	29
Obrázek 14: Procentuální zastoupení typů zrnitosti říčního dna na čtyřech lokalitách v oblasti Šumavy.....	35
Obrázek 15: Soubor křivek zrnitosti vzorků říčního dna odebraných na čtyřech lokalitách v oblasti Šumavy.....	36
Obrázek 16: Procentuální zastoupení typů zrnitosti říčního dna na čtyřech lokalitách Teplé Vltavy.....	39
Obrázek 17: Soubor křivek zrnitosti vzorků říčního dna odebraných na lokalitě KOV – H řeky Teplá Vltava v roce 2020.....	40
Obrázek 18: Soubor křivek zrnitosti vzorků říčního dna odebraných na lokalitě KOV – D řeky Teplá Vltava v roce 2020.....	41
Obrázek 19: Soubor křivek zrnitosti vzorků říčního dna odebraných na lokalitě EXP řeky Teplá Vltava v roce 2020.	42
Obrázek 20: Soubor křivek zrnitosti vzorků říčního dna odebraných na lokalitě NAT řeky Teplá Vltava v roce 2020.	43
Obrázek 21: Porovnání procentuálního zastoupení prachu, písku, šterku a valounů v dnovém sedimentu mezi vzorky ze stanovišť v těsné blízkosti mezi léty 2020 a 2021.....	45
Obrázek 22: Porovnání křivek zrnitosti vzorků EXP B z roku 2020 a J11 z roku 2021.	45
Obrázek 23: Porovnání křivek zrnitosti vzorků EXP C z roku 2020 a X25 z roku 2021.	46
Obrázek 24: Porovnání křivek zrnitosti vzorků EXP D z roku 2020 a I10 z roku 2021.	46
Obrázek 25: Porovnání křivek zrnitosti vzorků EXP E z roku 2020 a Y26 z roku 2021.	47
Obrázek 26: Porovnání křivek zrnitosti vzorků EXP F z roku 2020 a Z27 z roku 2021.....	47

Obrázek 27: Porovnání křivek zrnitosti vzorků EXP H z roku 2020 a L13 z roku 2021.	48
Obrázek 28: Porovnání křivek zrnitosti vzorků EXP L z roku 2020 a R19 z roku 2021.	48
Obrázek 29: Porovnání křivek zrnitosti vzorků EXP M z roku 2020 a G7 z roku 2021	49
Obrázek 30: Korelace procentuálního zastoupení valounů ve vzorku a přežívání perlorodky říční.	51
Obrázek 31: Korelace procentuálního zastoupení štěrku ve vzorku a přežívání perlorodky říční.	52
Obrázek 32: Korelace procentuálního zastoupení písku ve vzorku a přežívání perlorodky říční.	52
Obrázek 33 Souhrnný graf křivek zrnitosti třetí sady vzorků odebrané v roce 2021.....	55
Obrázek 34: Vliv zrnitosti říčního dna na přežívání perlorodky říční. Převzato z Geist <i>et</i> Auerswald 2007.	56
Obrázek 35: Vizualizace metodiky odbírání vzorků říčního dna zmrazováním. Převzato z Thoms (1992).....	57

11. Seznam tabulek

Tabulka 1: Klasifikace částic dle velikosti podle ČSN 73 1001 (převzato z Kořínek 2012)..	10
Tabulka 2: Hmotnost zkušební navážky dle ČSN EN 933-1.....	11
Tabulka 3: Tabulka výpočtů zrnitostní zkoušky. Převzato z Geoengineer.org [online] 2002.	13
Tabulka 4: Informace o 4 zájmových lokalitách v oblasti Teplé Vltavy v roce 2020.....	16
Tabulka 5: Seznam experimentálních stanovišť na 4 lokalitách řeky Teplá Vltava v roce 2020.....	22
Tabulka 6: Seznam experimentálních stanovišť na 4 lokalitách v oblasti Šumavy v roce 2020.....	23
Tabulka 7: Procentuální zastoupení jednotlivých typů substrátu a vyhodnocení druhu říčního substrátu v první sadě vzorků.	35
Tabulka 8: Procentuální zastoupení jednotlivých typů substrátu a vyhodnocení druhu říčního substrátu v druhé sadě vzorků.....	38
Tabulka 9: Vyhodnocení změn zrnitostního složení mezi léty 2020 a 2021.	44
Tabulka 10 Procentuální zastoupení jednotlivých typů substrátu a vyhodnocení druhu říčního substrátu v třetí sadě vzorků.	50
Tabulka 11: Korelace parametrů zrnitosti říčního dna s přežitím perlorodky říční	51

12. Seznam rovnic

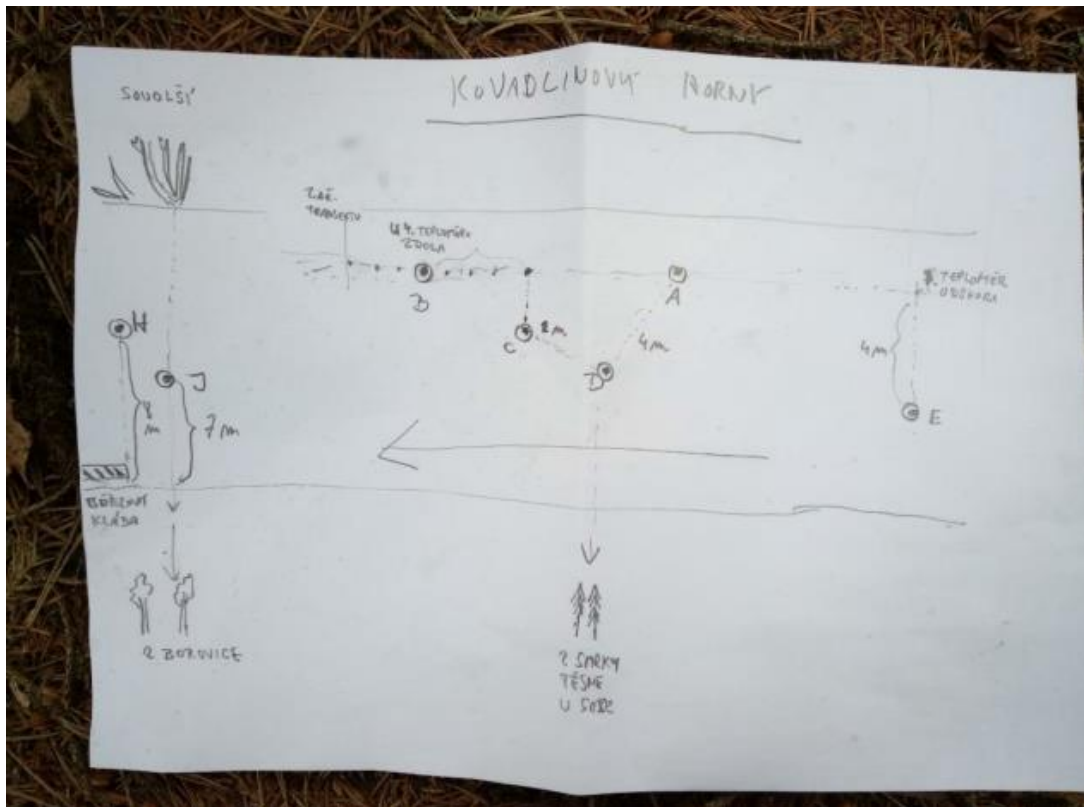
Rovnice 1 Výpočet maximálního možného množství materiálu na každém síti.....	11
Rovnice 2: Výpočet čísla křivosti.	14
Rovnice 3: Výpočet čísla nestejnozrnosti.....	15

13. Seznam příloh

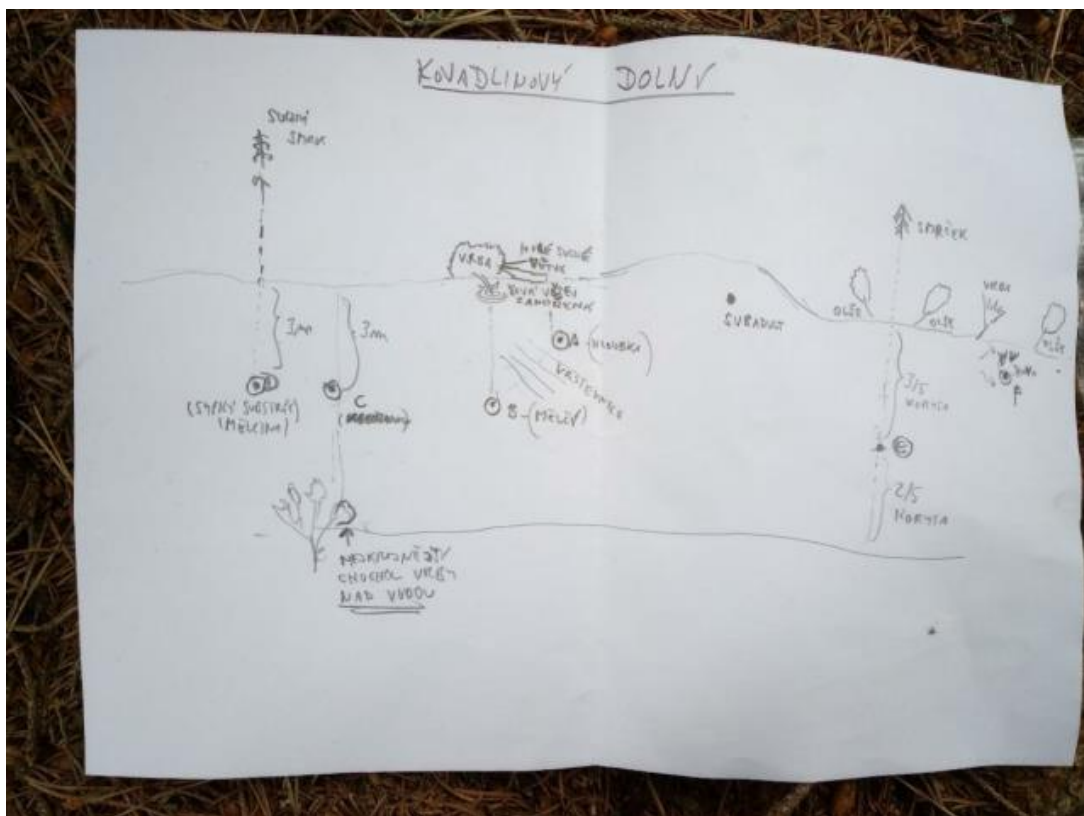
Příloha 1: Terénní nákres bodů experimentálních stanovišť na lokalitě KOV - H v roce 2020.	69
Příloha 2: Terénní nákres bodů experimentálních stanovišť na lokalitě KOV - D v roce 2020.	69
Příloha 3: Terénní nákres bodů experimentálních stanovišť na lokalitě EXP v roce 2020.	70
Příloha 4: Terénní nákres bodů experimentálních stanovišť na lokalitě NAT v roce 2020.	71
Příloha 5: Terénní nákres bodů experimentálních stanovišť na lokalitě EXP v roce 2021 – první část.	71
Příloha 6: Terénní nákres bodů experimentálních stanovišť na lokalitě EXP v roce 2021 – druhá část.	72
Příloha 7: Křivka zrnitosti vzorku 1 odebraného na lokalitě Studená Vltava v roce 2020.	72
Příloha 8: Křivka zrnitosti vzorku 2 odebraného na lokalitě Studená Vltava v roce 2020.	73
Příloha 9: Křivka zrnitosti vzorku 3 odebraného na lokalitě Studená Vltava v roce 2020.	73
Příloha 10: Křivka zrnitosti vzorku 4 odebraného na lokalitě Studená Vltava v roce 2020.	74
Příloha 11: Křivka zrnitosti vzorku 5 odebraného na lokalitě Ovesná v roce 2020.	74
Příloha 12: Křivka zrnitosti vzorku 7 odebraného na lokalitě Ovesná v roce 2020.	75
Příloha 13: Křivka zrnitosti vzorku 10 odebraného na lokalitě Ovesná v roce 2020.	75
Příloha 14: Křivka zrnitosti vzorku 12 odebraného na lokalitě Řasnice v roce 2020.	76
Příloha 15: Křivka zrnitosti vzorku 13 odebraného na lokalitě Řasnice v roce 2020.	76
Příloha 16: Křivka zrnitosti vzorku 15 odebraného na lokalitě Chlum v roce 2020.	77
Příloha 17: Křivka zrnitosti vzorku 19 odebraného na lokalitě Chlum v roce 2020.	77
Příloha 18: Křivka zrnitosti vzorku 20 odebraného na lokalitě Chlum v roce 2020.	78
Příloha 19: Křivka zrnitosti vzorku 21 odebraného na lokalitě Chlum v roce 2020.	78
Příloha 20: Křivka zrnitosti vzorku 24 odebraného na lokalitě Řasnice v roce 2020.	79
Příloha 21: Křivka zrnitosti vzorku KOV - H - A odebraného v roce 2020.	79
Příloha 22: Křivka zrnitosti vzorku KOV - H - B odebraného v roce 2020.	80
Příloha 23: Křivka zrnitosti vzorku KOV - H - C odebraného v roce 2020.	80
Příloha 24: Křivka zrnitosti vzorku KOV - H - D odebraného v roce 2020.	81
Příloha 25: Křivka zrnitosti vzorku KOV - H - E odebraného v roce 2020.	81
Příloha 26: Křivka zrnitosti vzorku KOV - H - J odebraného v roce 2020.	82
Příloha 27: Křivka zrnitosti vzorku KOV - D - A odebraného v roce 2020.	82
Příloha 28: Křivka zrnitosti vzorku KOV - D - B odebraného v roce 2020.	83
Příloha 29: Křivka zrnitosti vzorku KOV - D - C odebraného v roce 2020.	83
Příloha 30: Křivka zrnitosti vzorku KOV - D - D odebraného v roce 2020.	84
Příloha 31: Křivka zrnitosti vzorku KOV - D - E odebraného v roce 2020.	84
Příloha 32: Křivka zrnitosti vzorku KOV - D - F odebraného v roce 2020.	85
Příloha 33: Křivka zrnitosti vzorku EXP A odebraného v roce 2020.	85
Příloha 34: Křivka zrnitosti vzorku EXP B odebraného v roce 2020.	86
Příloha 35: Křivka zrnitosti vzorku EXP C odebraného v roce 2020.	86
Příloha 36: Křivka zrnitosti vzorku EXP D odebraného v roce 2020.	87
Příloha 37: Křivka zrnitosti vzorku EXP E odebraného v roce 2020.	87
Příloha 38: Křivka zrnitosti vzorku EXP F odebraného v roce 2020.	88
Příloha 39: Křivka zrnitosti vzorku EXP G odebraného v roce 2020.	88
Příloha 40: Křivka zrnitosti vzorku EXP H odebraného v roce 2020.	89
Příloha 41: Křivka zrnitosti vzorku EXP J odebraného v roce 2020.	89
Příloha 42: Křivka zrnitosti vzorku EXP K odebraného v roce 2020.	90
Příloha 43: Křivka zrnitosti vzorku EXP L odebraného v roce 2020.	90
Příloha 44: Křivka zrnitosti vzorku EXP M odebraného v roce 2020.	91

Příloha 45: Křivka zrnitosti vzorku NAT A odebraného v roce 2020.....	91
Příloha 46: Křivka zrnitosti vzorku NAT B odebraného v roce 2020.....	92
Příloha 47: Křivka zrnitosti vzorku NAT C odebraného v roce 2020.....	92
Příloha 48: Křivka zrnitosti vzorku NAT D odebraného v roce 2020.....	93
Příloha 49: Křivka zrnitosti vzorku NAT E odebraného v roce 2020.....	93
Příloha 50: Křivka zrnitosti vzorku NAT F odebraného v roce 2020.....	94
Příloha 51: Křivka zrnitosti vzorku A1 odebraného v roce 2021.....	94
Příloha 52: Křivka zrnitosti vzorku B2 odebraného v roce 2021.....	95
Příloha 53: Křivka zrnitosti vzorku C3 odebraného v roce 2021.....	95
Příloha 54: Křivka zrnitosti vzorku D4 odebraného v roce 2021.....	96
Příloha 55: Křivka zrnitosti vzorku E5 odebraného v roce 2021.....	96
Příloha 56: Křivka zrnitosti vzorku G7 odebraného v roce 2021.....	97
Příloha 57: Křivka zrnitosti vzorku H8 odebraného v roce 2021.....	97
Příloha 58: Křivka zrnitosti vzorku CH9 odebraného v roce 2021.....	98
Příloha 59: Křivka zrnitosti vzorku I10 odebraného v roce 2021.....	98
Příloha 60: Křivka zrnitosti vzorku J11 odebraného v roce 2021.....	99
Příloha 61: Křivka zrnitosti vzorku K12 odebraného v roce 2021.....	99
Příloha 62: Křivka zrnitosti vzorku L13 odebraného v roce 2021.....	100
Příloha 63: Křivka zrnitosti vzorku M14 odebraného v roce 2021.....	100
Příloha 64: Křivka zrnitosti vzorku N15 odebraného v roce 2021.....	101
Příloha 65: Křivka zrnitosti vzorku O16 odebraného v roce 2021.....	101
Příloha 66: Křivka zrnitosti vzorku P17 odebraného v roce 2021.....	102
Příloha 67: Křivka zrnitosti vzorku Q18 odebraného v roce 2021.....	102
Příloha 68: Křivka zrnitosti vzorku R19 odebraného v roce 2021.....	103
Příloha 69: Křivka zrnitosti vzorku S20 odebraného v roce 2021.....	103
Příloha 70: Křivka zrnitosti vzorku T21 odebraného v roce 2021.....	104
Příloha 71: Křivka zrnitosti vzorku U22 odebraného v roce 2021.....	104
Příloha 72: Křivka zrnitosti vzorku V23 odebraného v roce 2021.....	105
Příloha 73: Křivka zrnitosti vzorku W24 odebraného v roce 2021.....	105
Příloha 74: Křivka zrnitosti vzorku X25 odebraného v roce 2021.....	106
Příloha 75: Křivka zrnitosti vzorku Y26 odebraného v roce 2021.....	106
Příloha 76: Křivka zrnitosti vzorku Z27 odebraného v roce 2021.....	107
Příloha 77: Křivka zrnitosti vzorku *28 odebraného v roce 2021.....	107
Příloha 78: Křivka zrnitosti vzorku α29 odebraného v roce 2021.....	108
Příloha 79: Křivka zrnitosti vzorku β30 odebraného v roce 2021.....	108
Příloha 80: Korelace procentuálního zastoupení jemných částic <1 mm ve vzorku a přežívání perlorodky říční.....	109
Příloha 81: Korelace procentuálního zastoupení hrubých částic >16 mm ve vzorku a přežívání perlorodky říční.....	109
Příloha 82: Korelace čísla křivosti vzorku a přežívání perlorodky říční.....	110
Příloha 83: Korelace čísla nestejnozrnosti vzorku a přežívání perlorodky říční.....	110
Příloha 84: Korelace mediánu hodnot velikosti částic vzorku a přežívání perlorodky říční.....	111

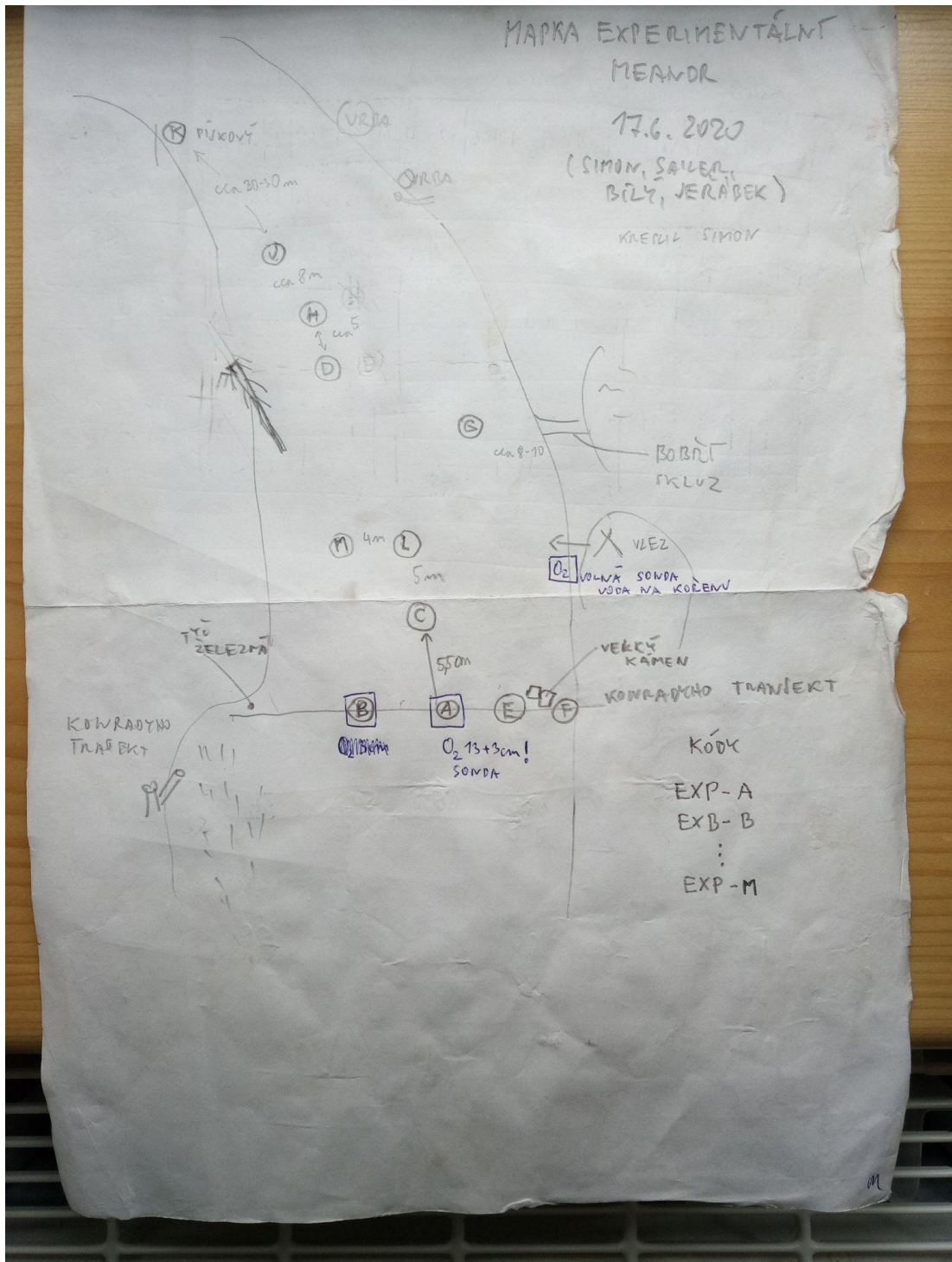
14. Přílohy



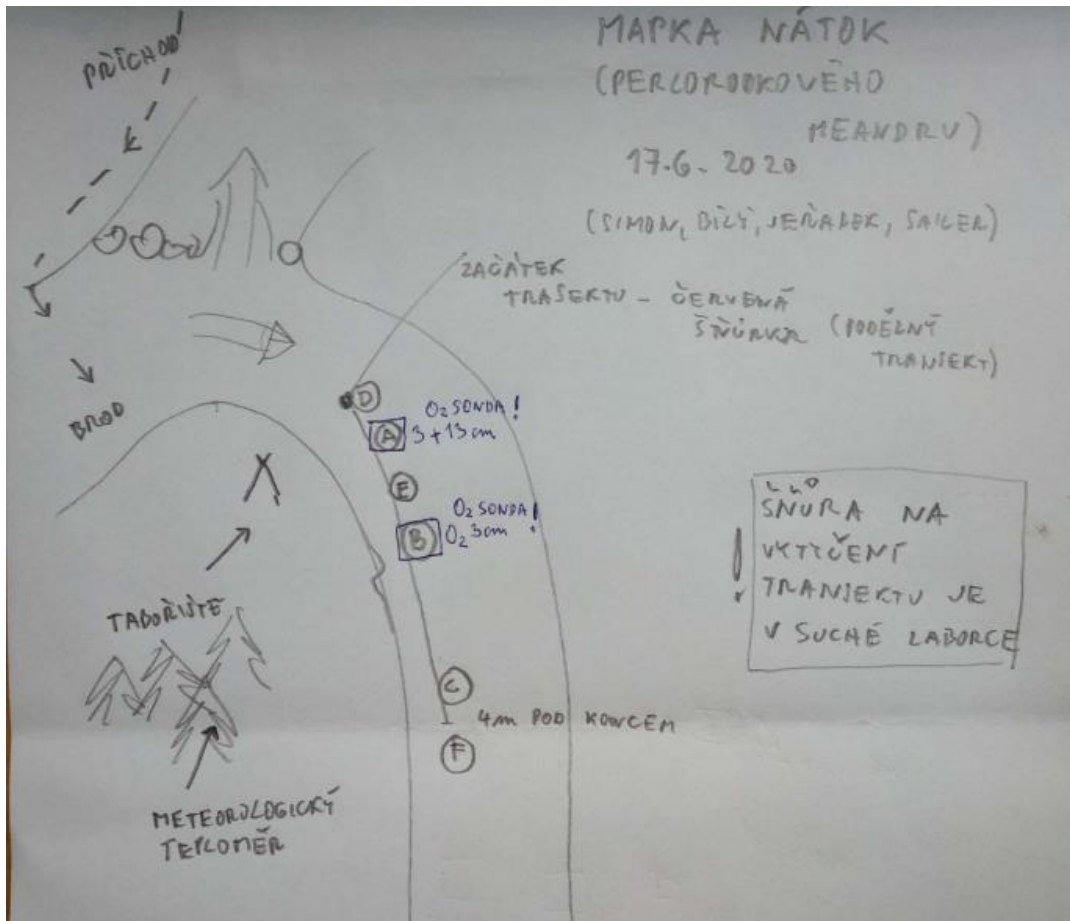
Příloha 1: Terénní nákres bodů experimentálních stanišť na lokalitě KOV - H v roce 2020.



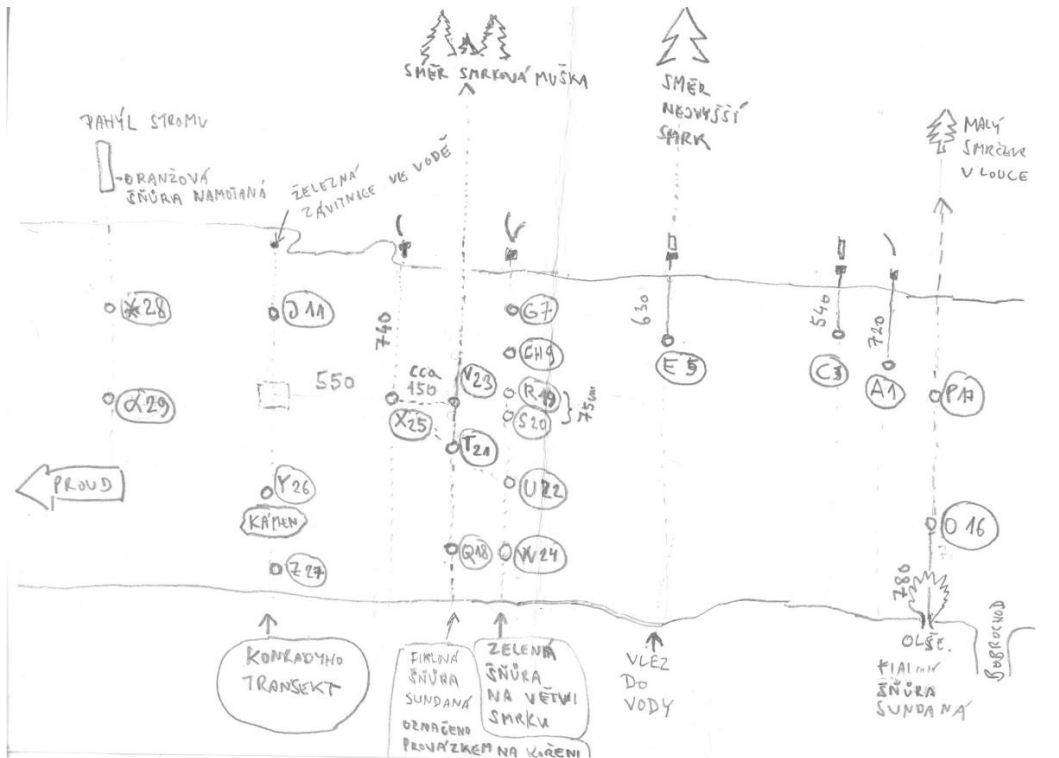
Příloha 2: Terénní nákres bodů experimentálních stanišť na lokalitě KOV - D v roce 2020.



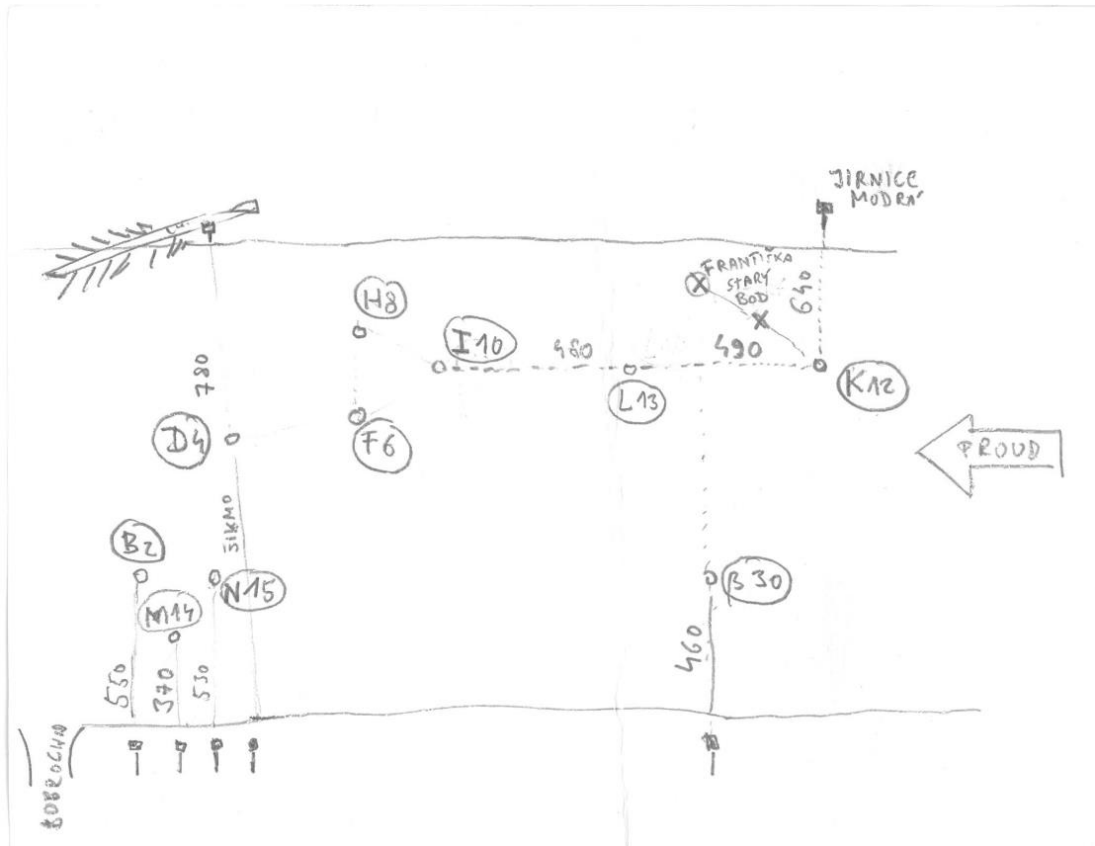
Příloha 3: Terénní náčrt bodů experimentálních stanišť na lokalitě EXP v roce 2020.



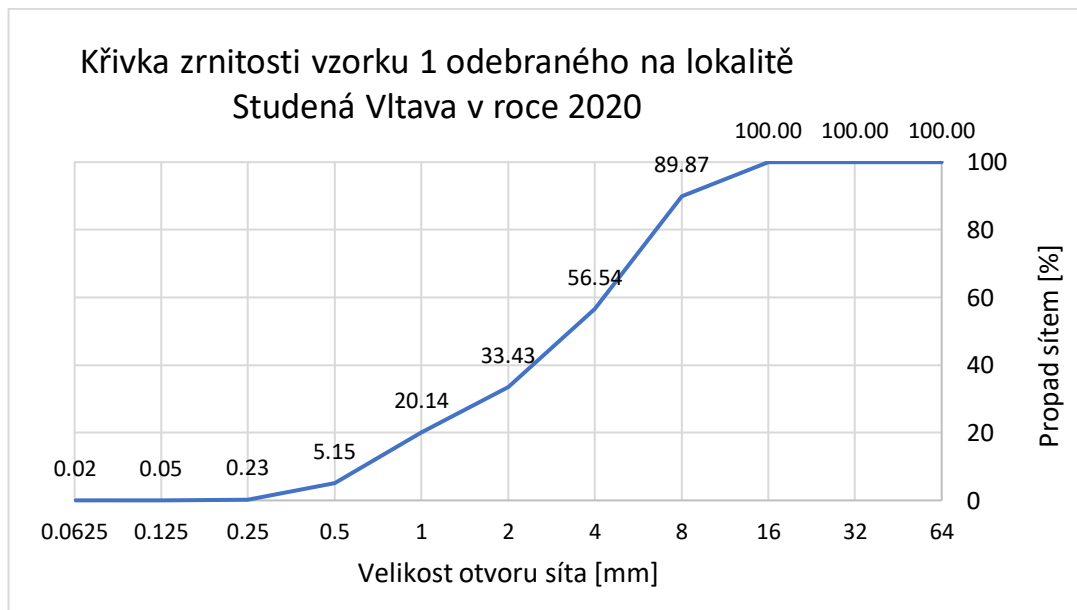
Příloha 4: Terénní náčrt bodů experimentálních stanišť na lokalitě NAT v roce 2020.



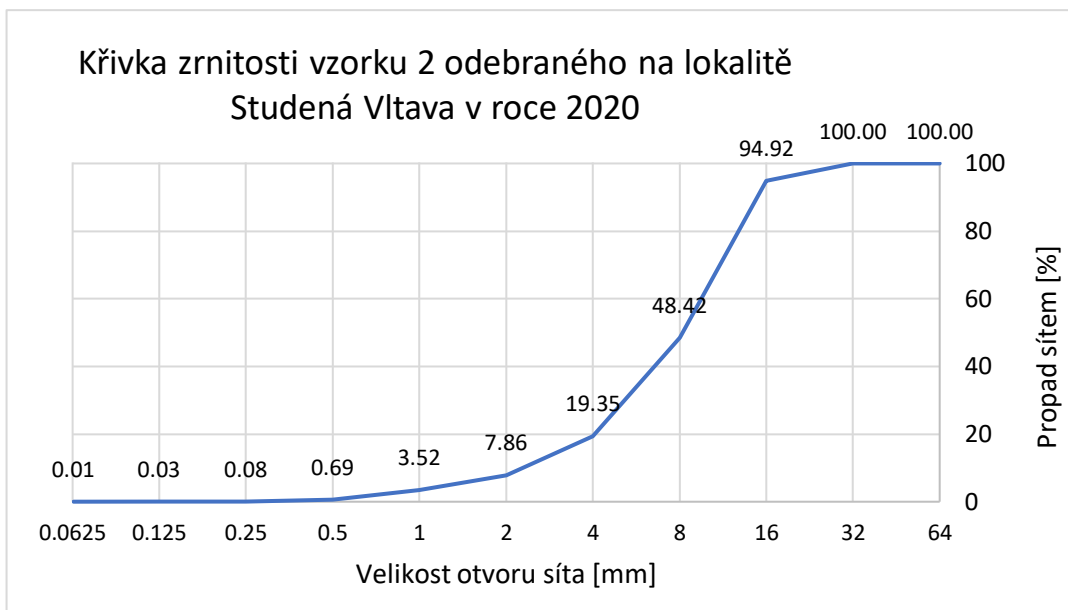
Příloha 5: Terénní náčrt bodů experimentálních stanišť na lokalitě EXP v roce 2021 – první část.



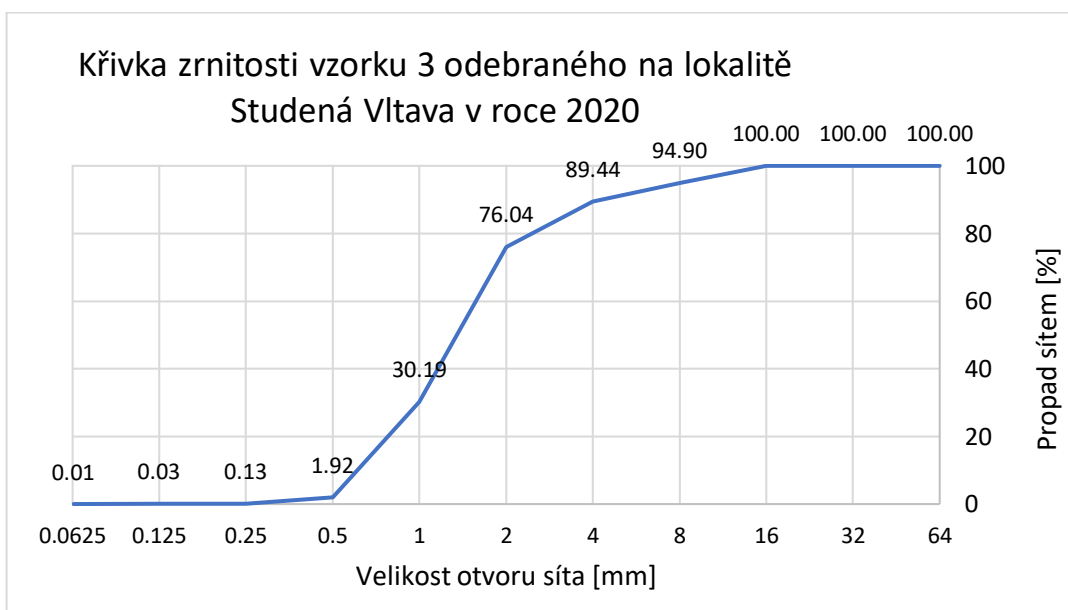
Příloha 6: Terénní náčrt bodů experimentálních stanišť na lokalitě EXP v roce 2021 – druhá část.



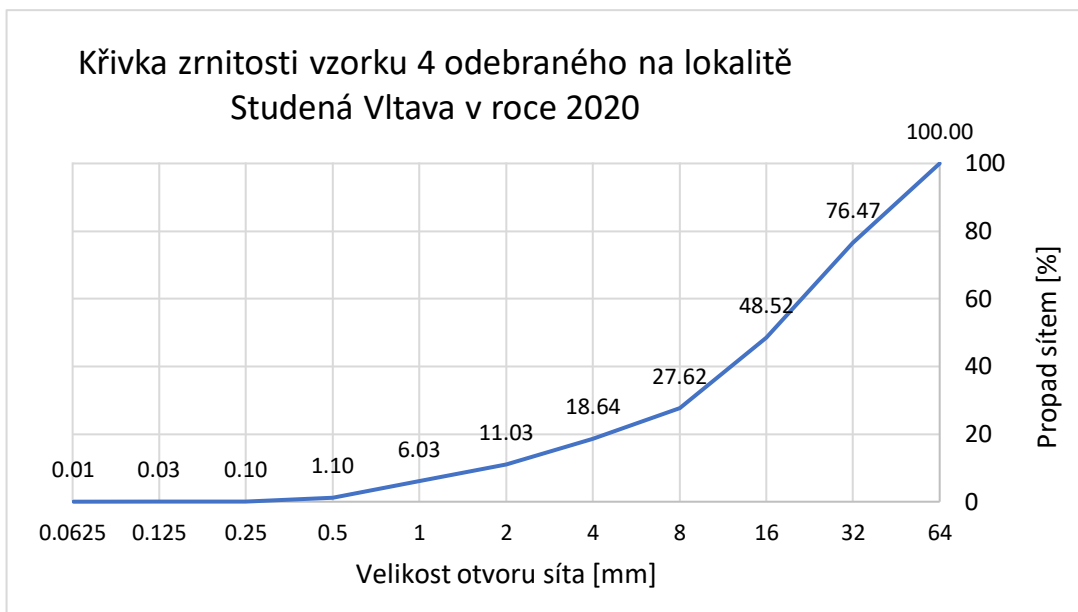
Příloha 7: Křivka zrnitosti vzorku 1 odebraného na lokalitě Studená Vltava v roce 2020.



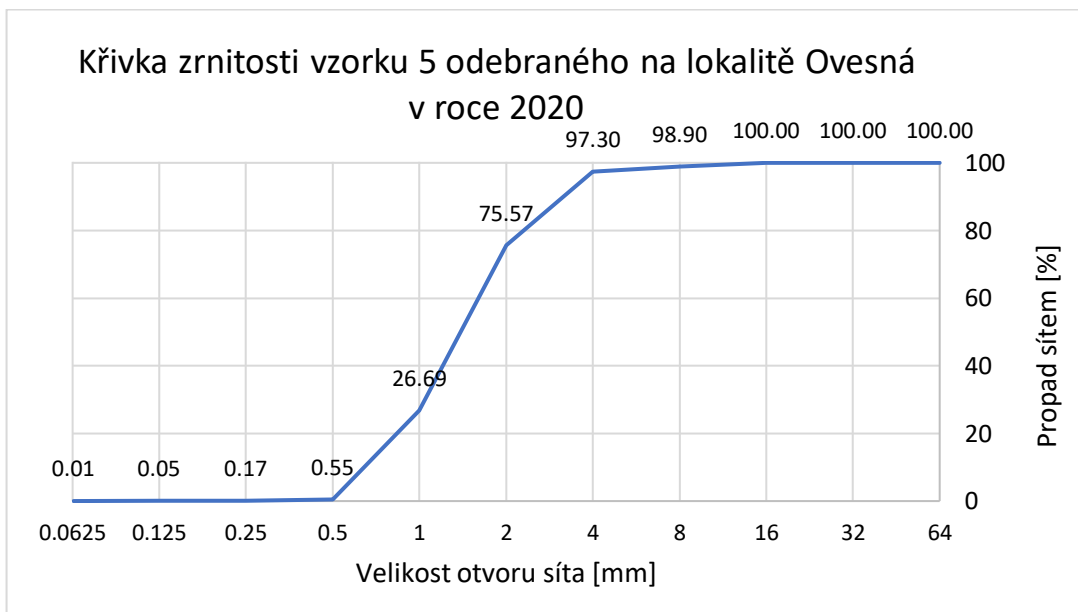
Příloha 8: Křivka zrnitosti vzorku 2 odebraného na lokalitě Studená Vltava v roce 2020.



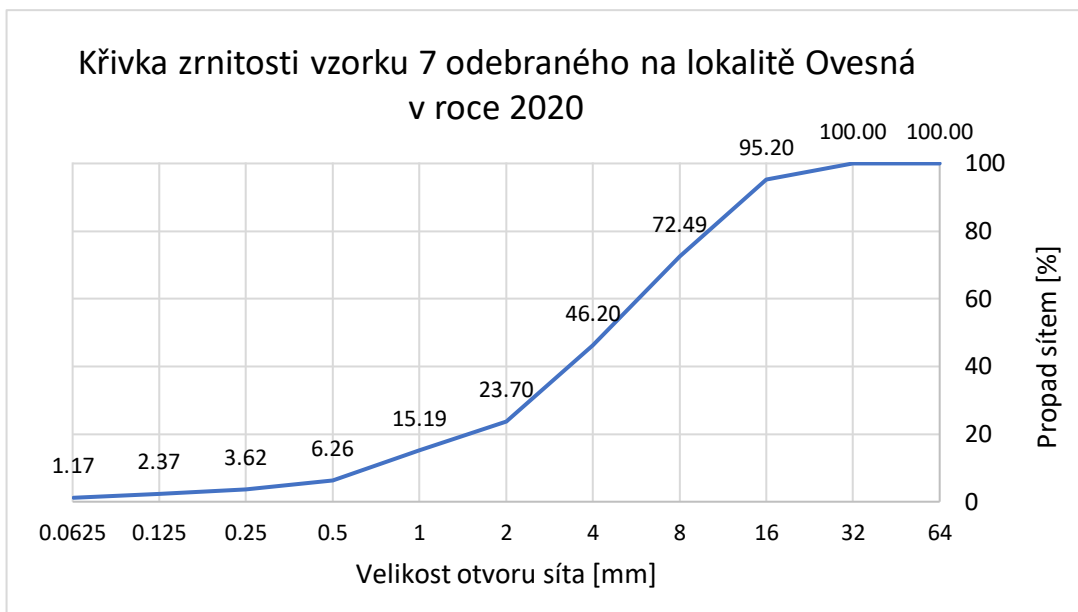
Příloha 9: Křivka zrnitosti vzorku 3 odebraného na lokalitě Studená Vltava v roce 2020.



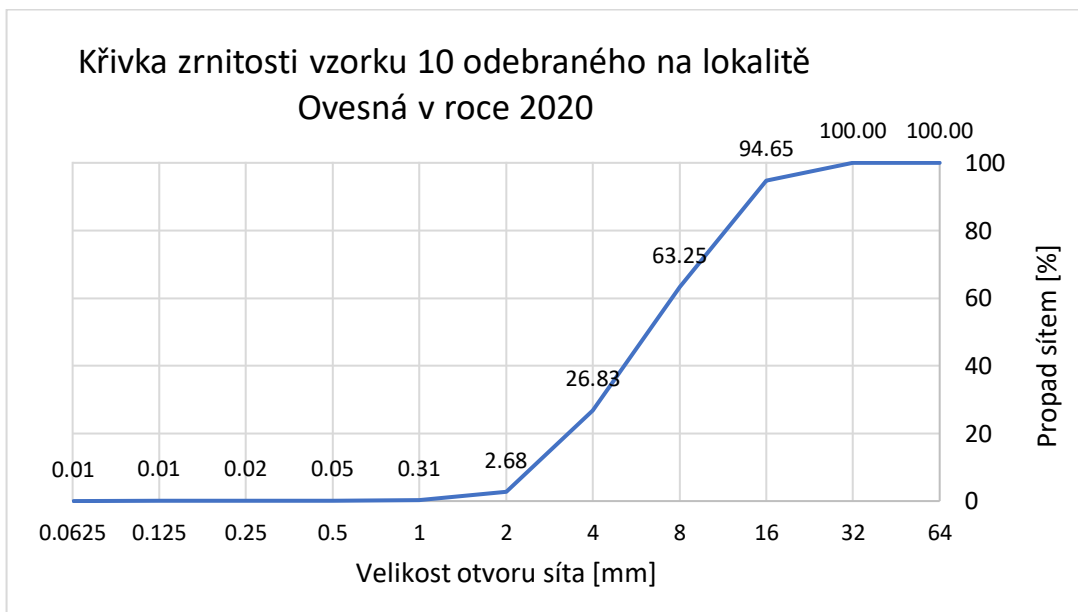
Příloha 10: Křivka zrnitosti vzorku 4 odebraného na lokalitě Studená Vltava v roce 2020.



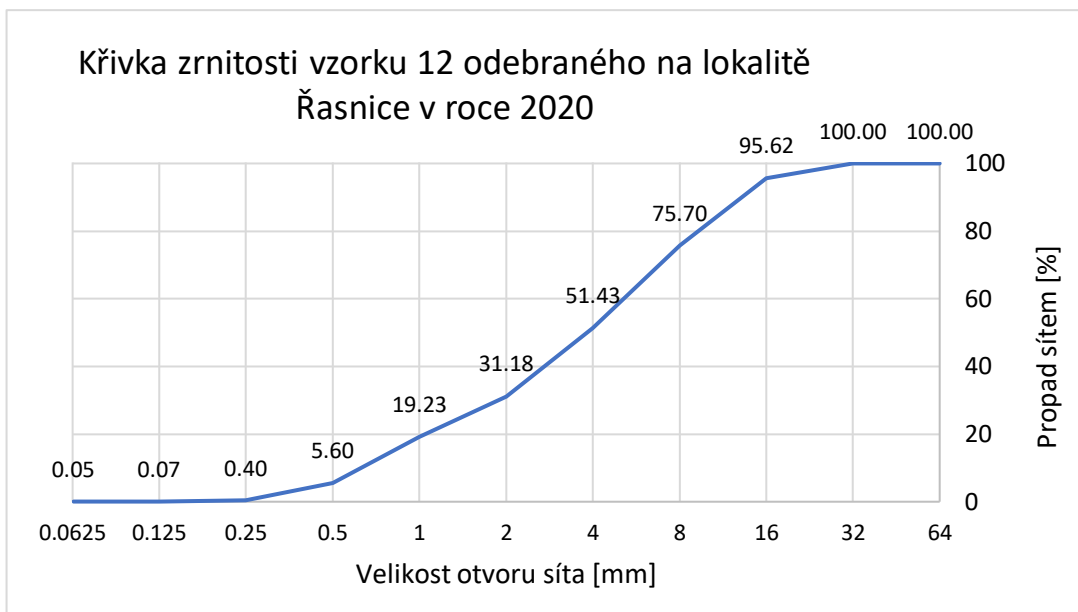
Příloha 11: Křivka zrnitosti vzorku 5 odebraného na lokalitě Ovesná v roce 2020.



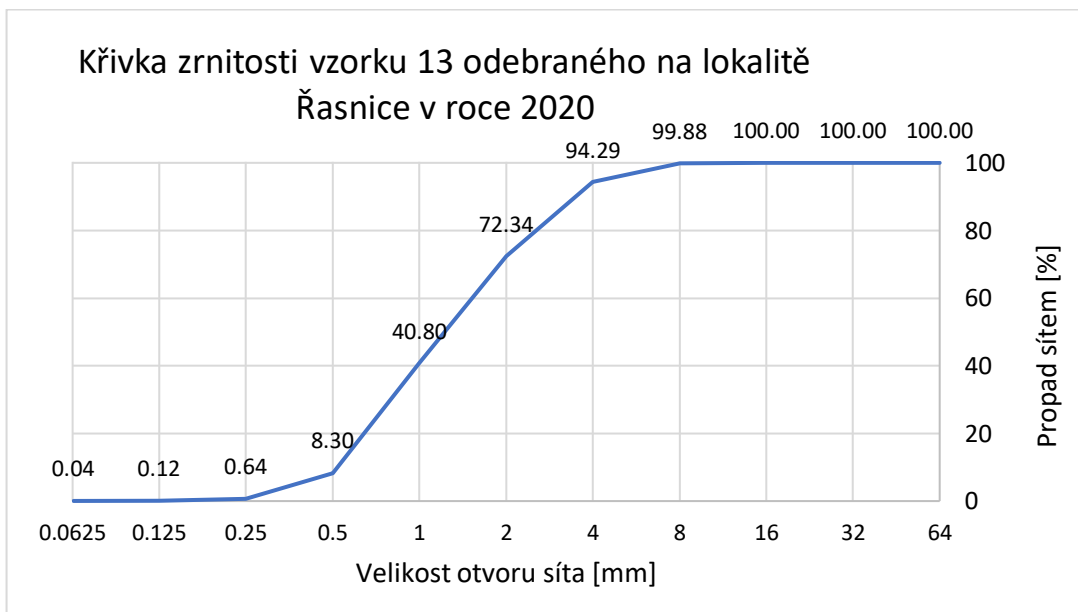
Příloha 12: Křivka zrnitosti vzorku 7 odebraného na lokalitě Ovesná v roce 2020.



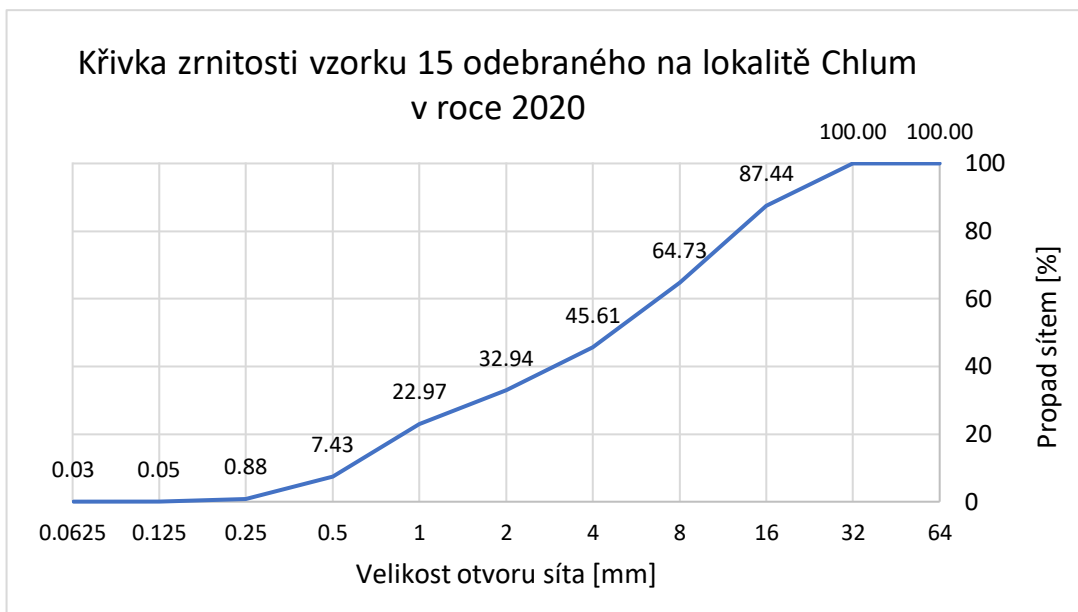
Příloha 13: Křivka zrnitosti vzorku 10 odebraného na lokalitě Ovesná v roce 2020.



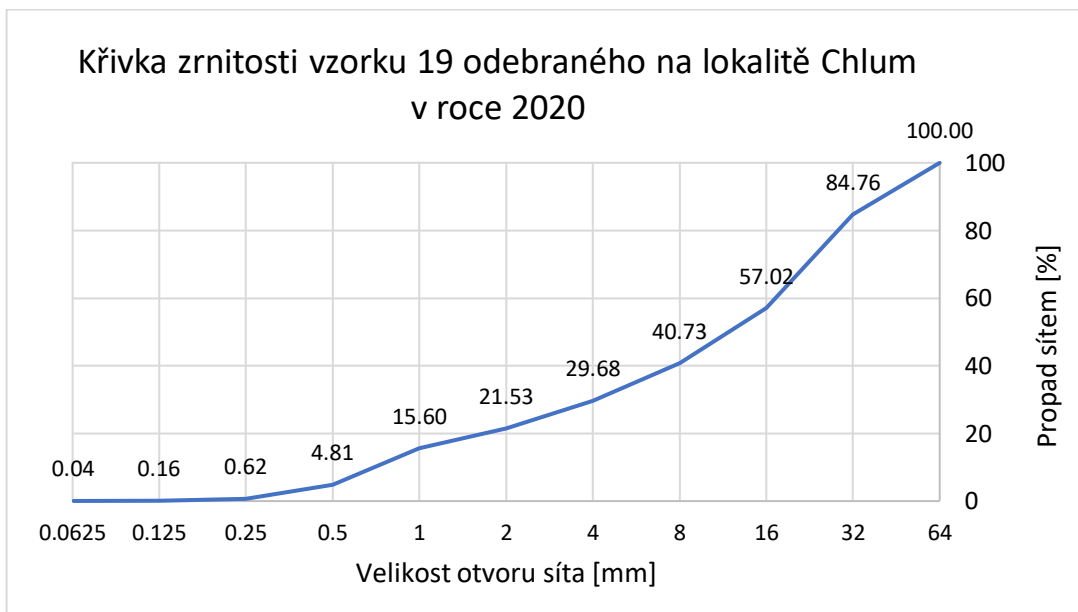
Příloha 14: Křivka zrnitosti vzorku 12 odebraného na lokalitě Řasnice v roce 2020.



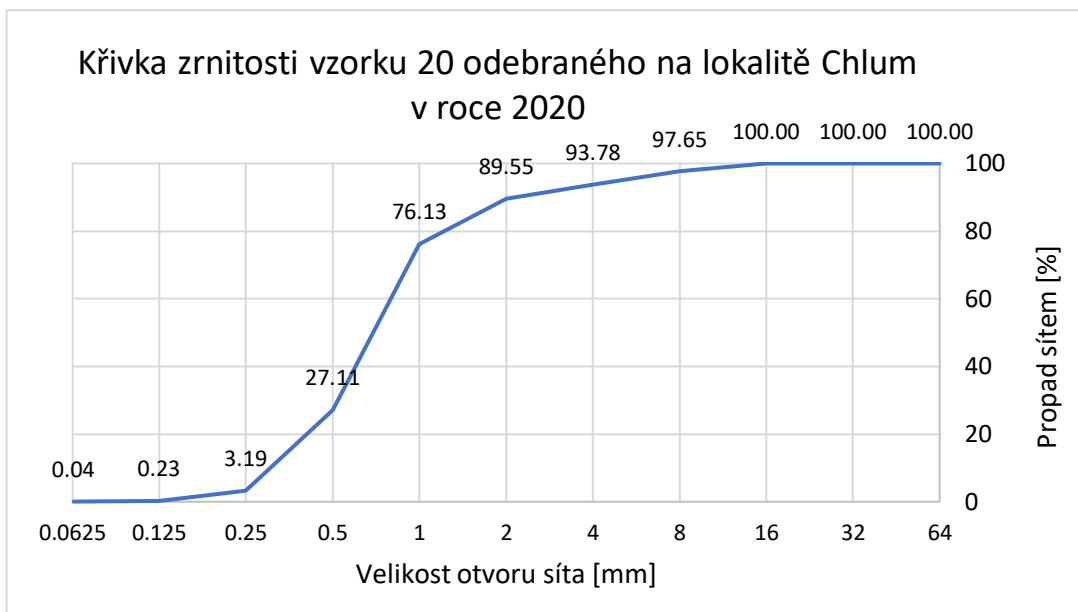
Příloha 15: Křivka zrnitosti vzorku 13 odebraného na lokalitě Řasnice v roce 2020.



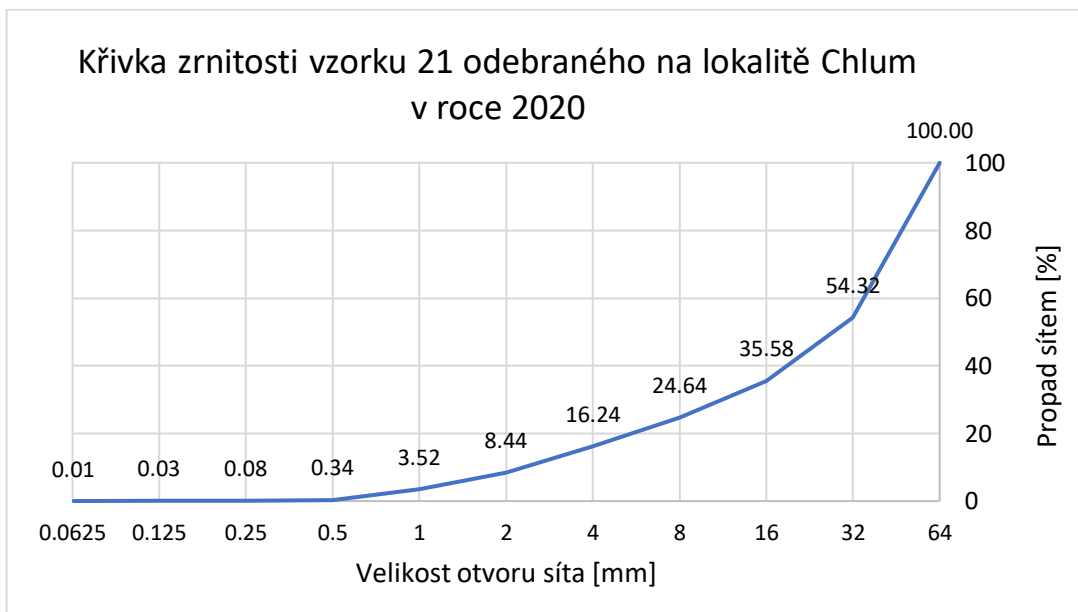
Příloha 16: Křivka zrnitosti vzorku 15 odebraného na lokalitě Chlum v roce 2020.



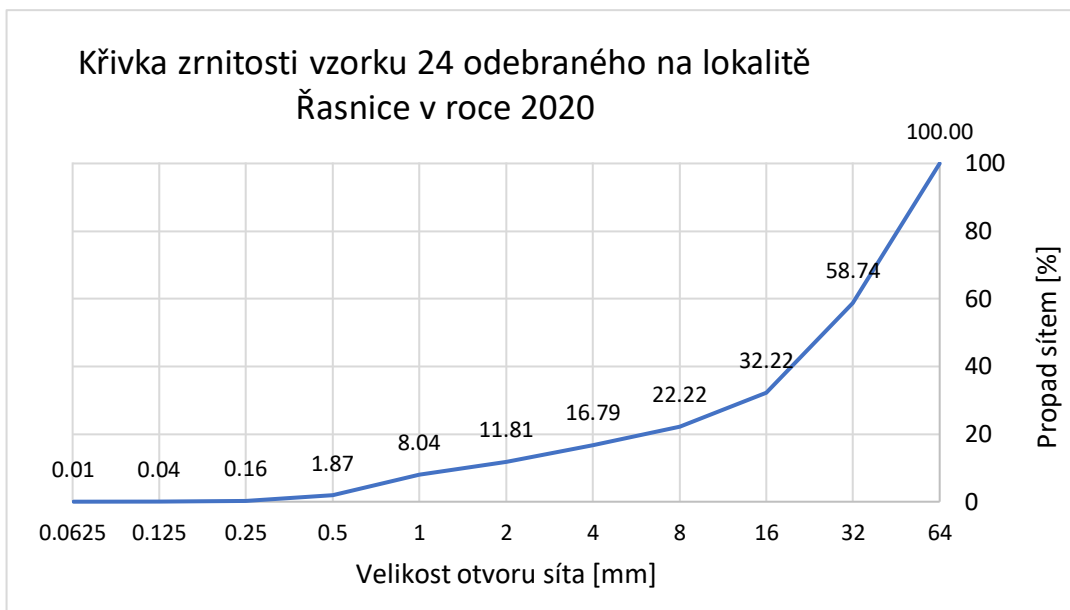
Příloha 17: Křivka zrnitosti vzorku 19 odebraného na lokalitě Chlum v roce 2020.



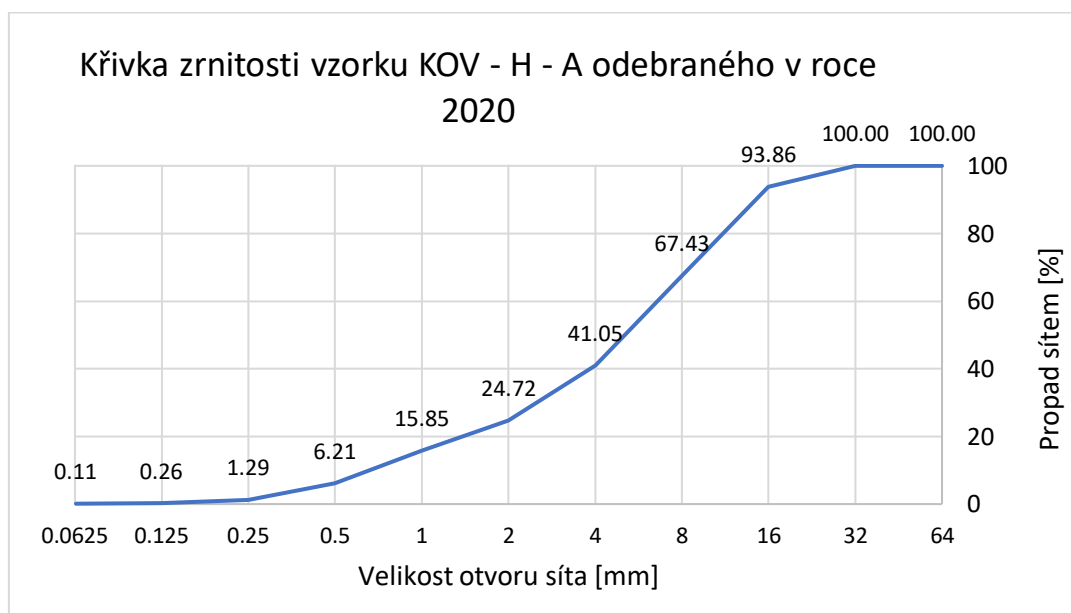
Příloha 18: Křivka zrnitosti vzorku 20 odebraného na lokalitě Chlum v roce 2020.



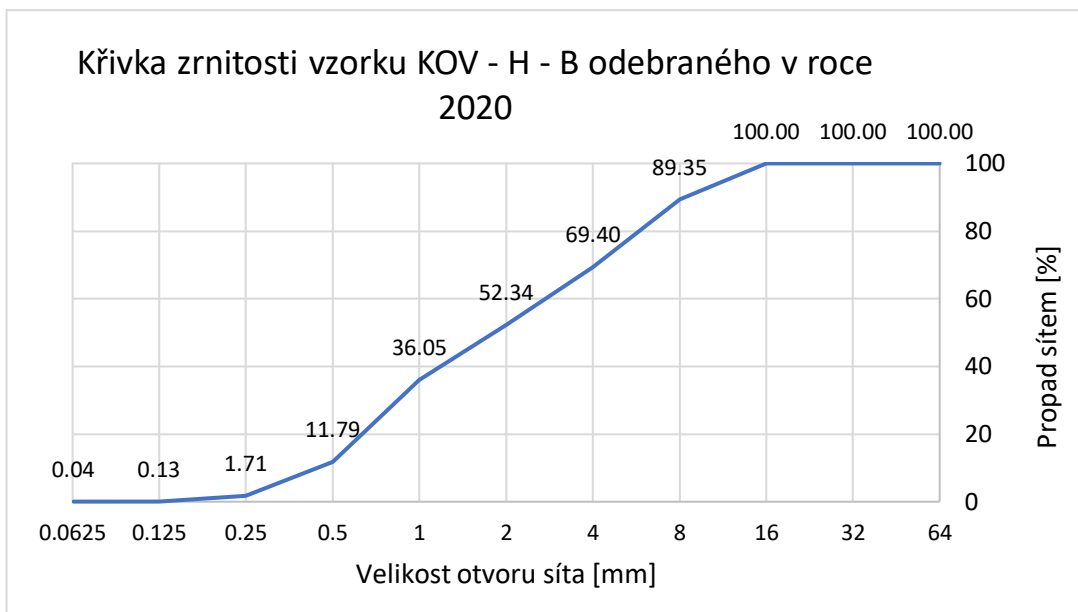
Příloha 19: Křivka zrnitosti vzorku 21 odebraného na lokalitě Chlum v roce 2020.



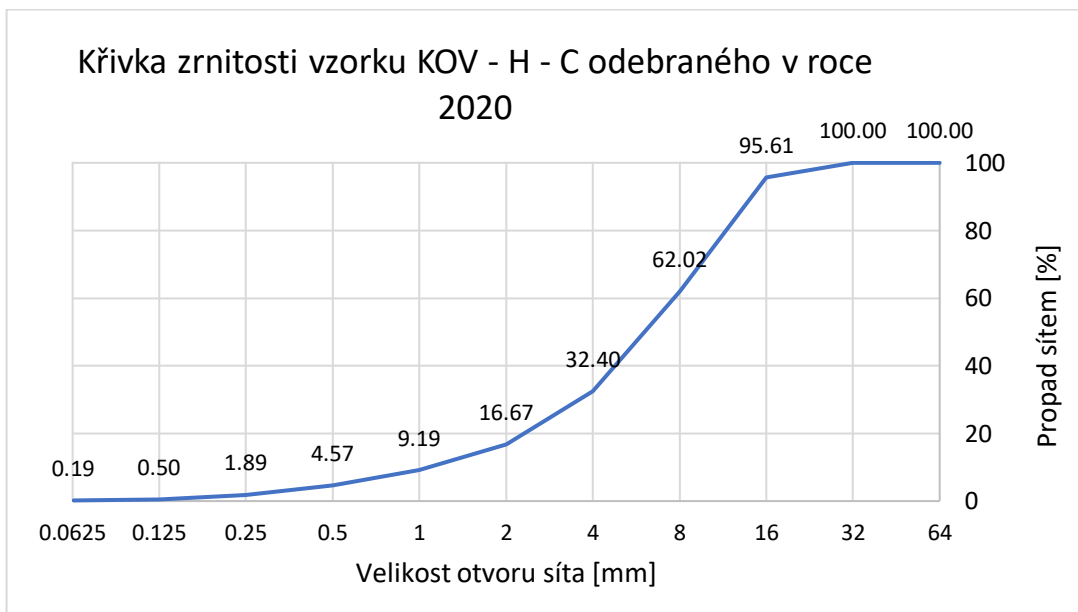
Příloha 20: Křivka zrnitosti vzorku 24 odebraného na lokalitě Řasnice v roce 2020.



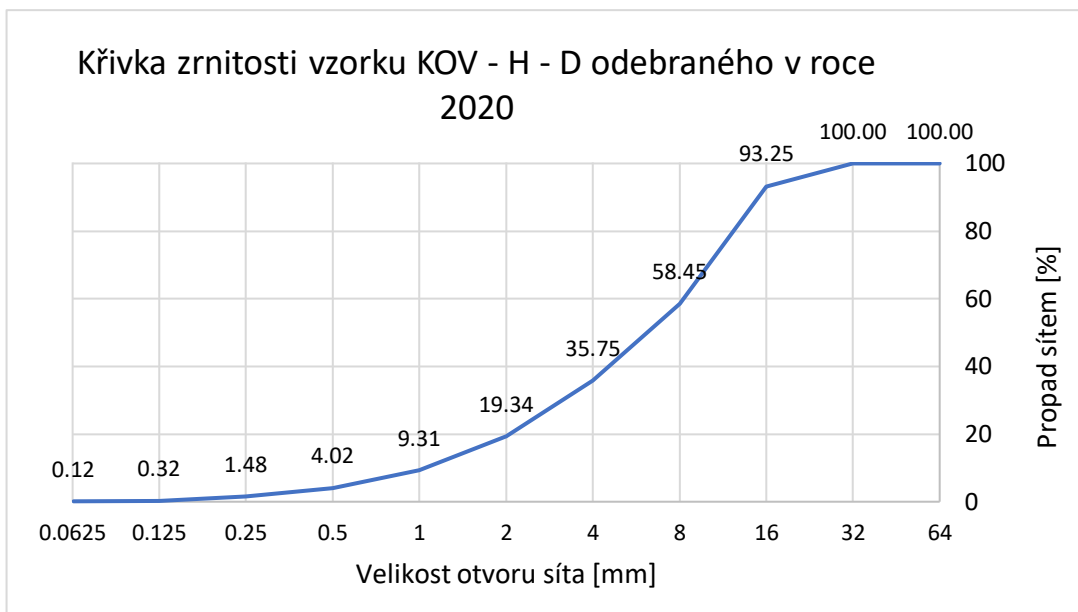
Příloha 21: Křivka zrnitosti vzorku KOV - H - A odebraného v roce 2020.



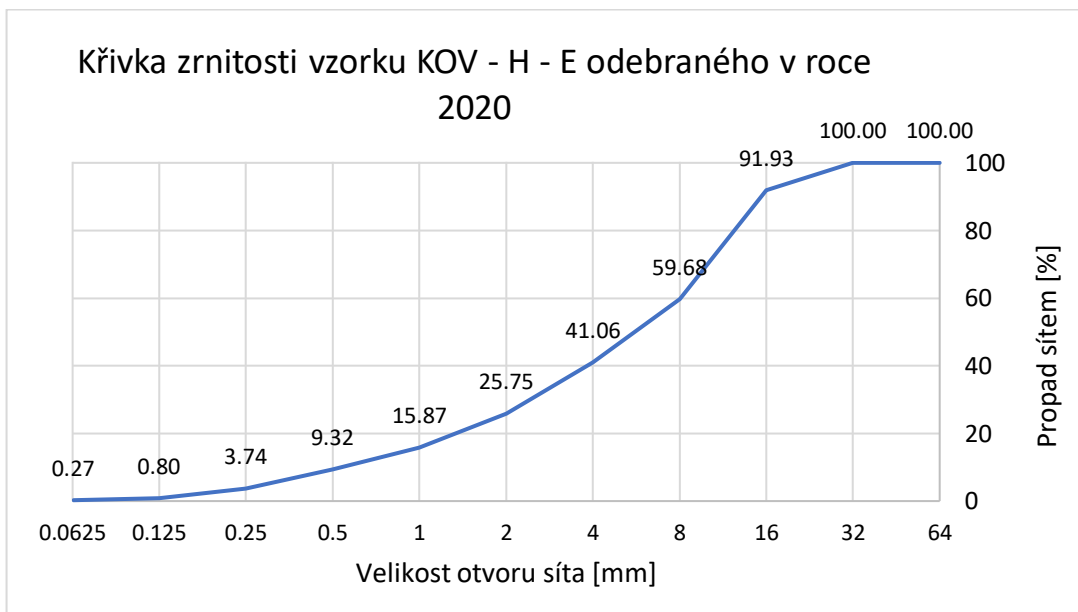
Příloha 22: Křivka zrnitosti vzorku KOV - H - B odebraného v roce 2020.



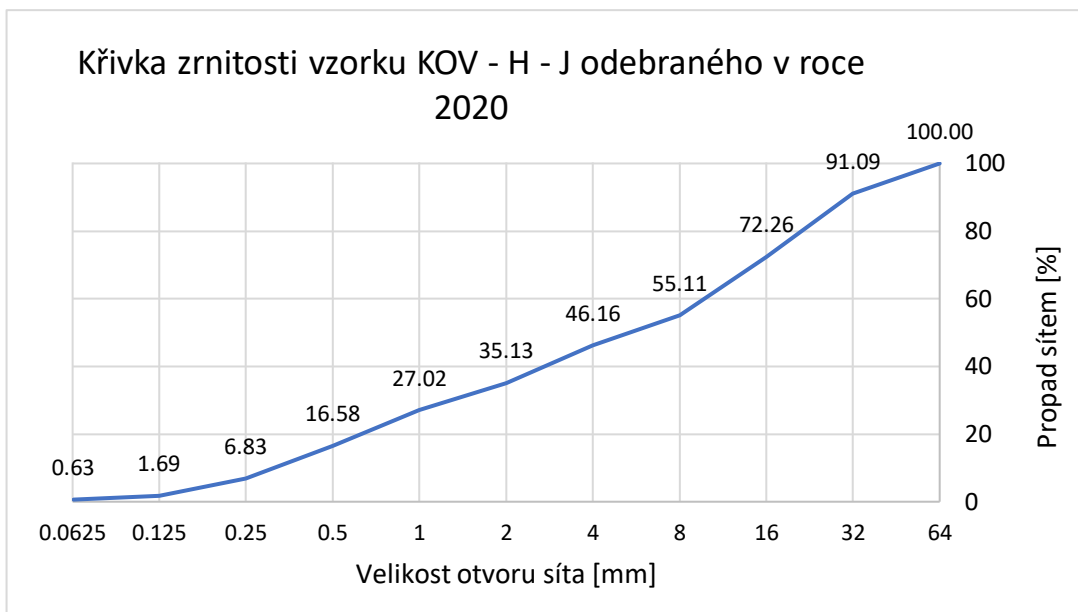
Příloha 23: Křivka zrnitosti vzorku KOV - H - C odebraného v roce 2020.



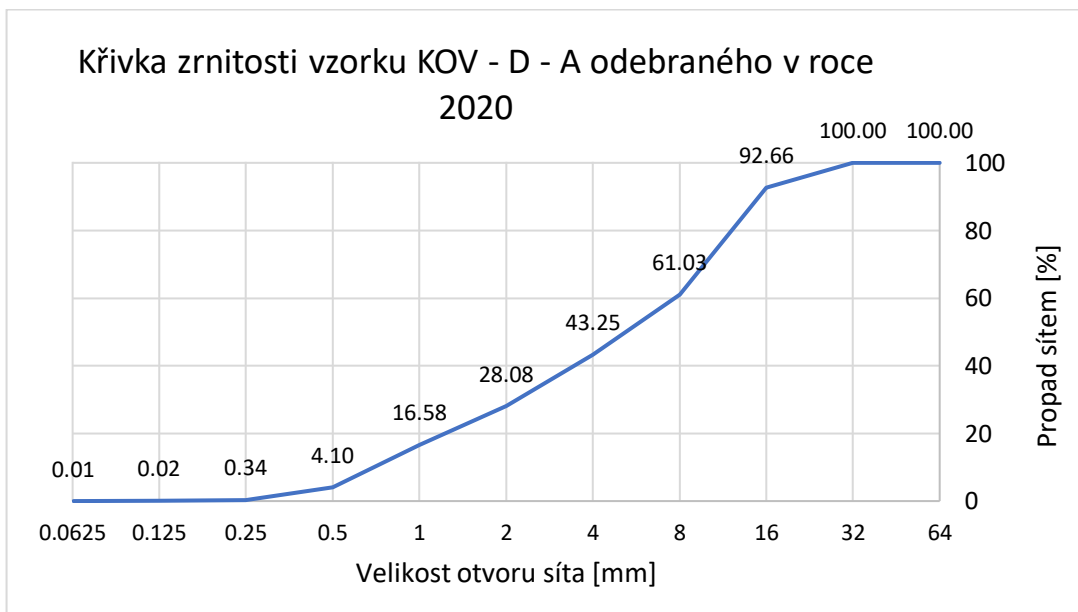
Příloha 24: Křivka zrnitosti vzorku KOV - H - D odebraného v roce 2020.



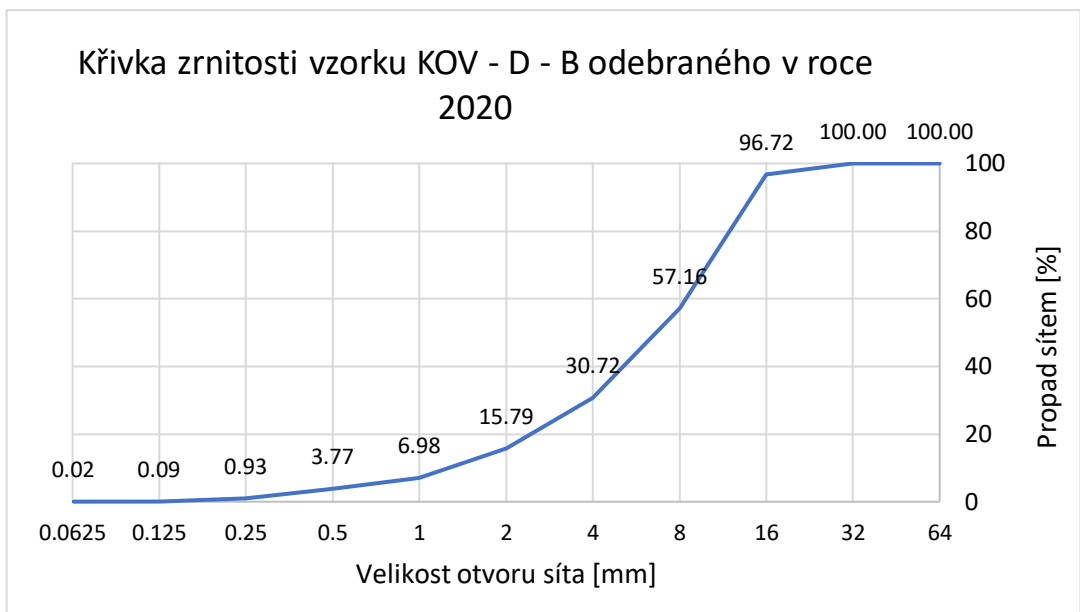
Příloha 25: Křivka zrnitosti vzorku KOV - H - E odebraného v roce 2020.



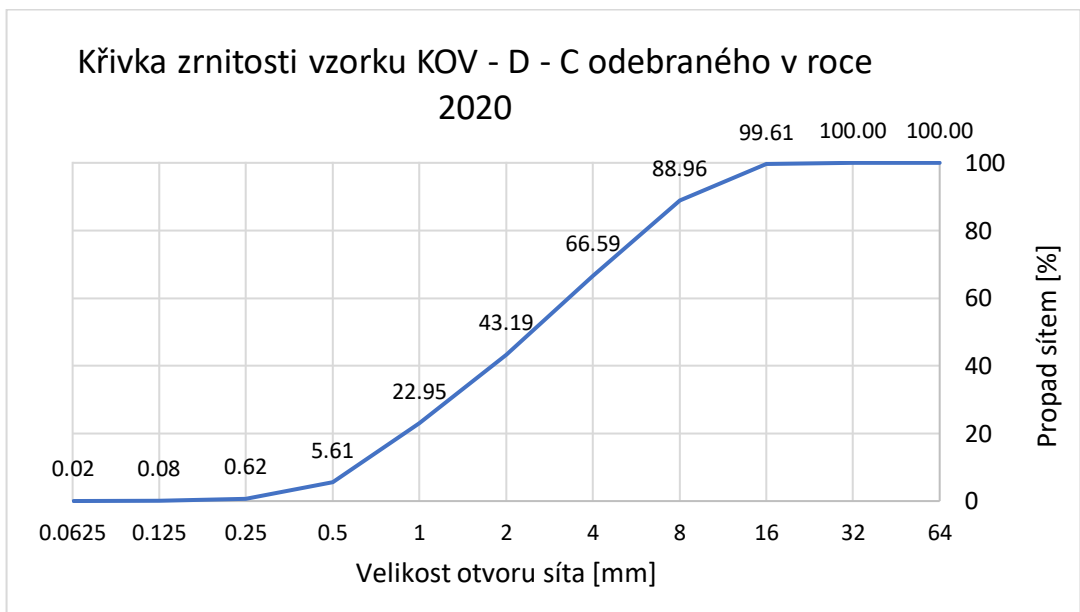
Příloha 26: Křivka zrnitosti vzorku KOV - H - J odebraného v roce 2020.



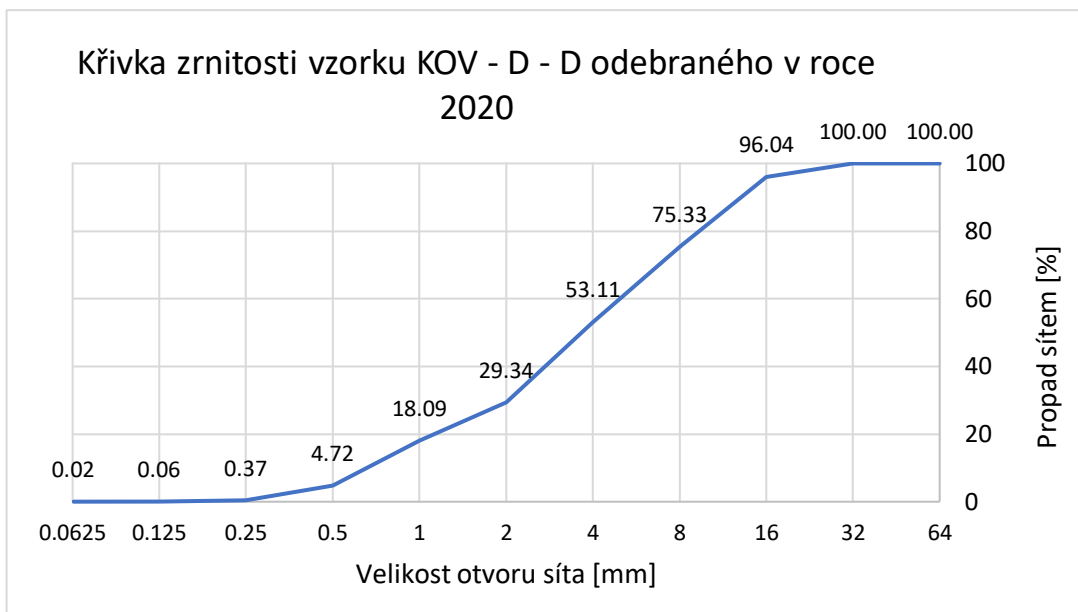
Příloha 27: Křivka zrnitosti vzorku KOV - D - A odebraného v roce 2020.



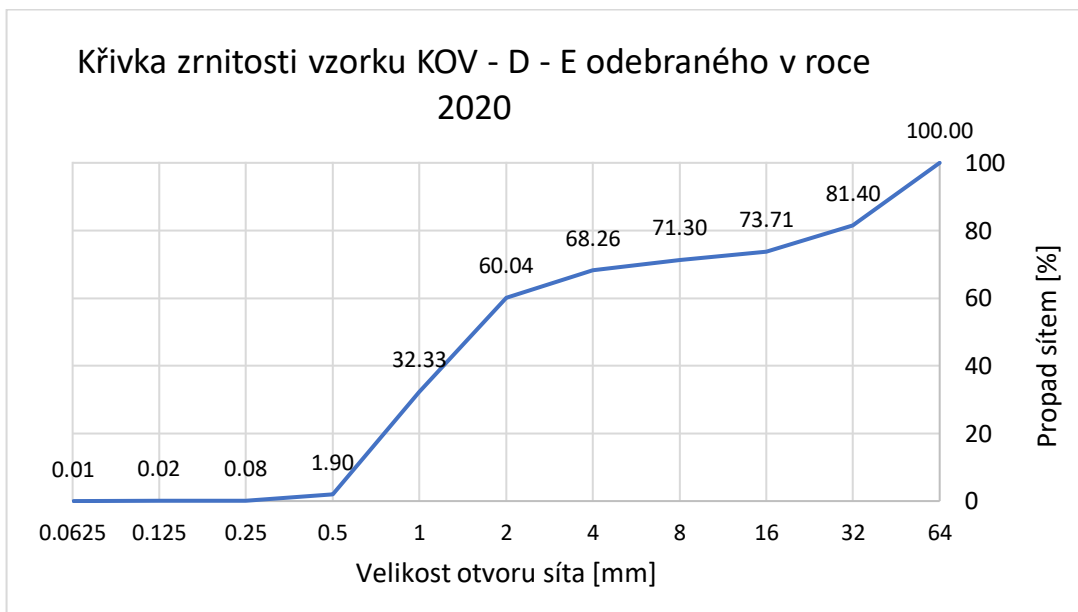
Příloha 28: Křivka zrnitosti vzorku KOV - D - B odebraného v roce 2020.



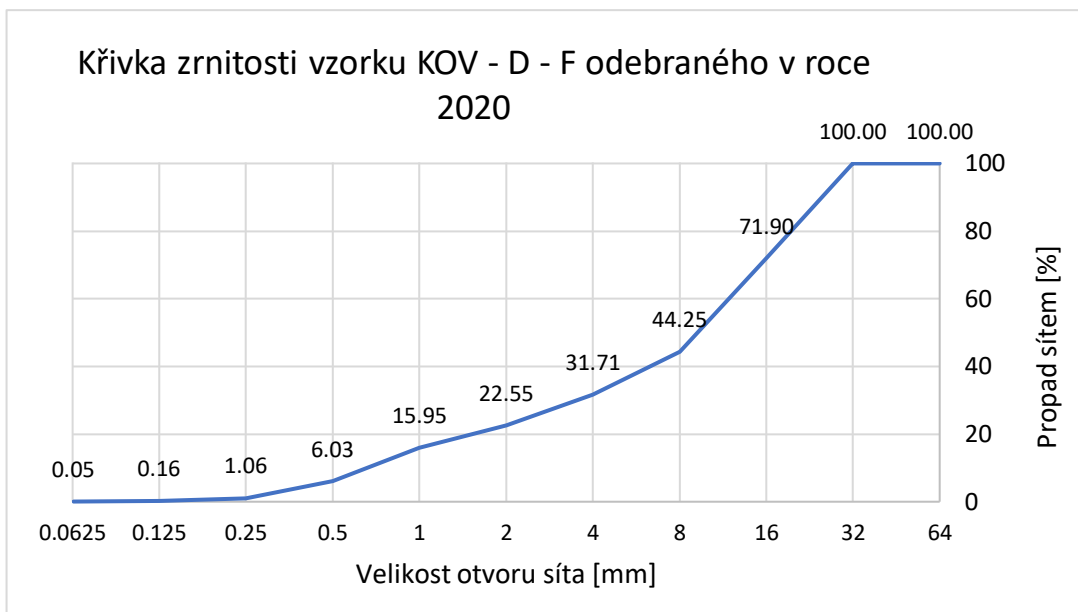
Příloha 29: Křivka zrnitosti vzorku KOV - D - C odebraného v roce 2020.



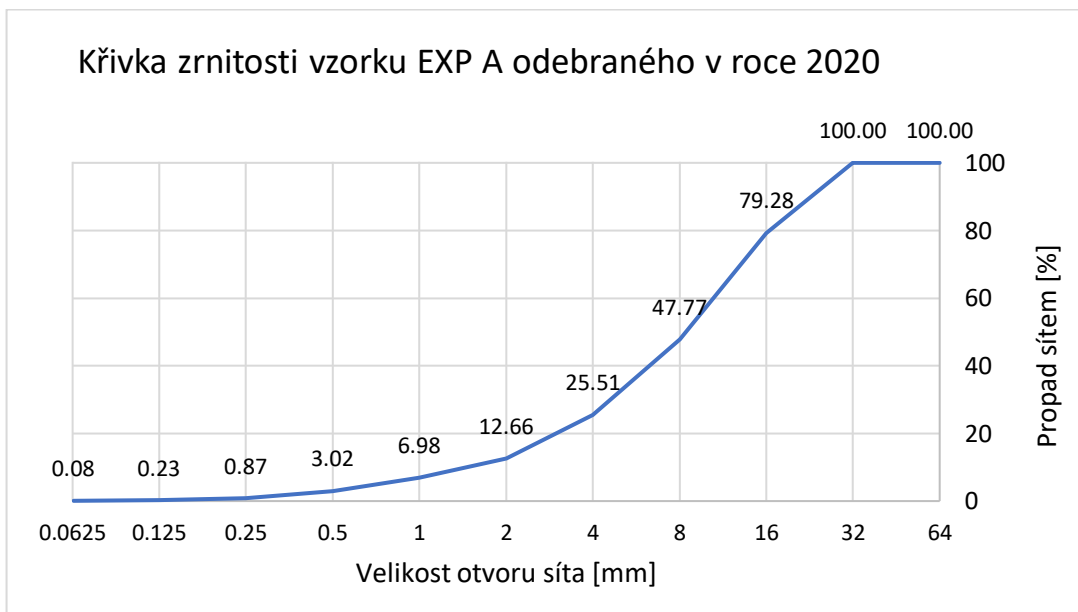
Příloha 30: Křivka zrnitosti vzorku KOV - D - D odebraného v roce 2020.



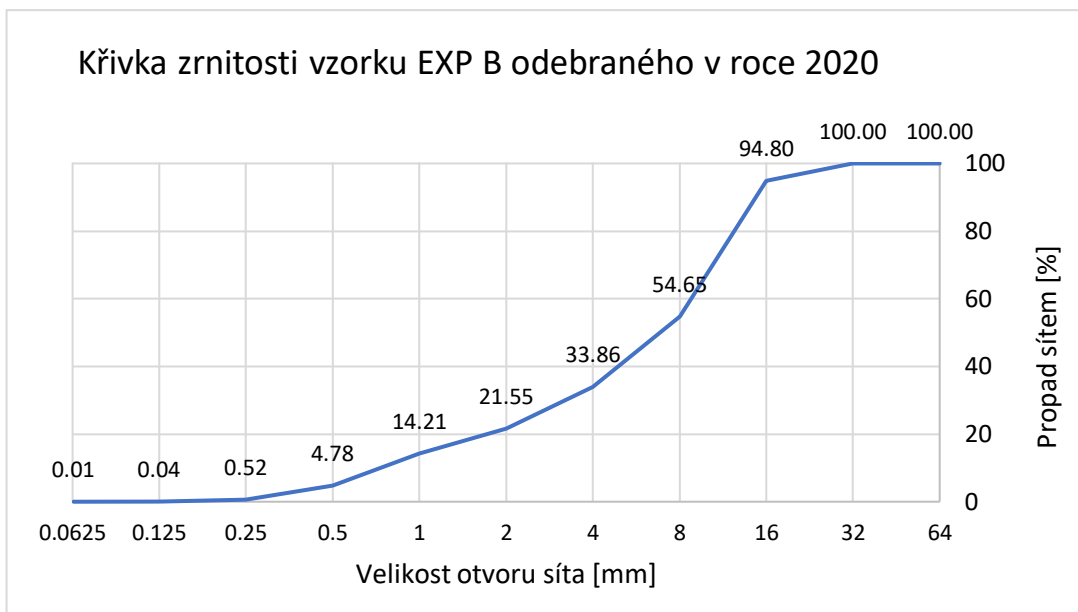
Příloha 31: Křivka zrnitosti vzorku KOV - D - E odebraného v roce 2020.



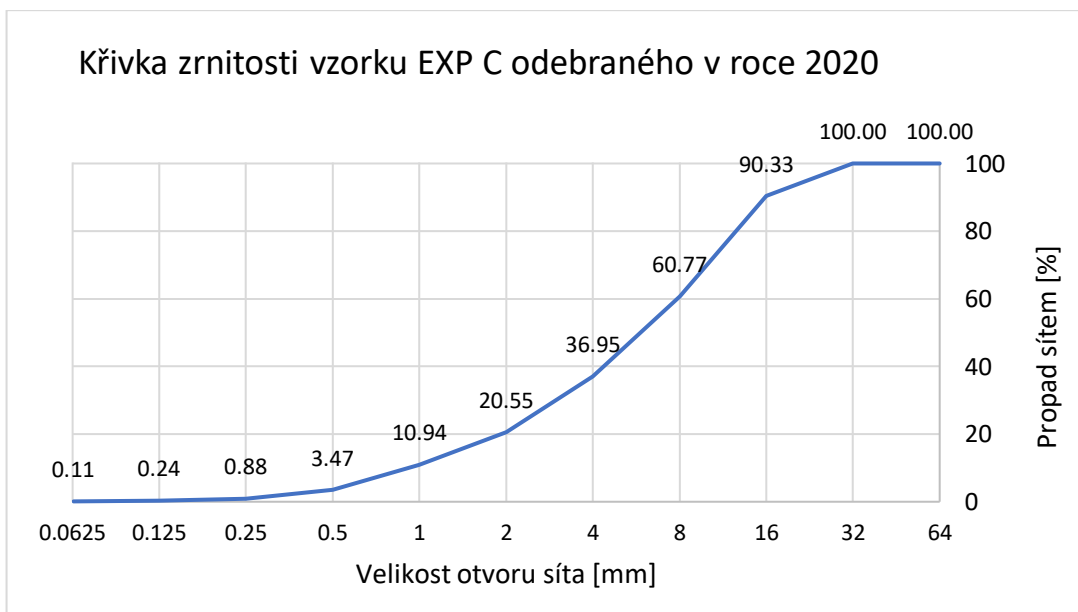
Příloha 32: Křivka zrnitosti vzorku KOV - D - F odebraného v roce 2020.



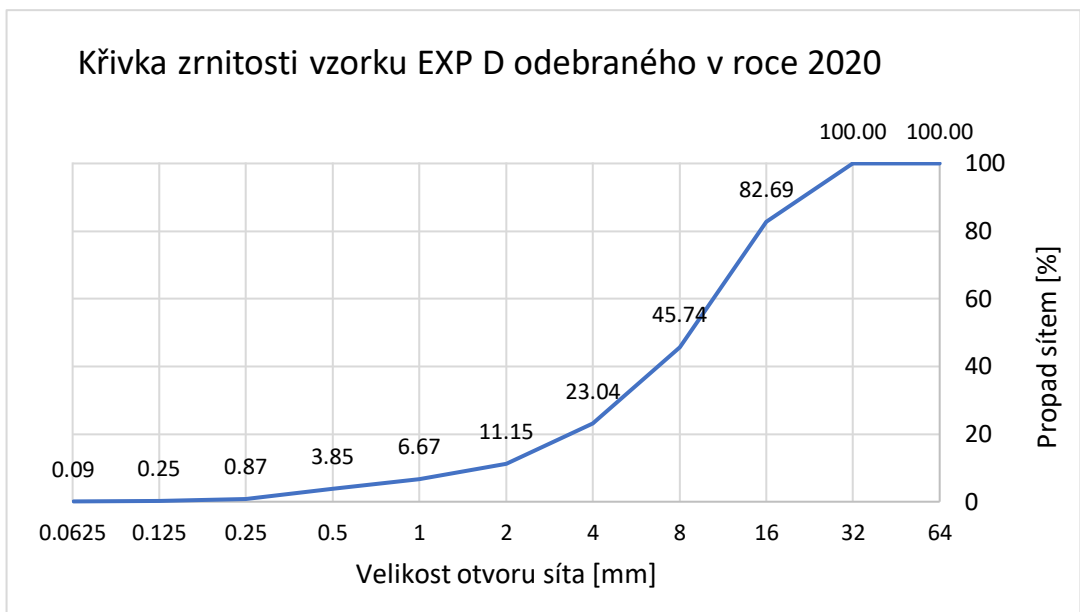
Příloha 33: Křivka zrnitosti vzorku EXP A odebraného v roce 2020.



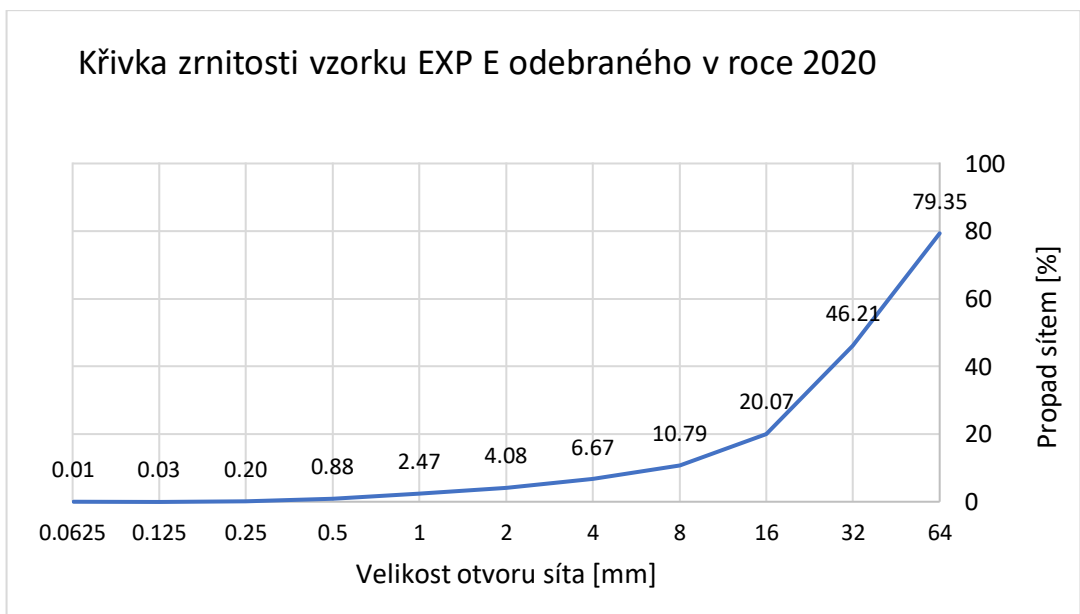
Příloha 34: Křivka zrnitosti vzorku EXP B odebraného v roce 2020.



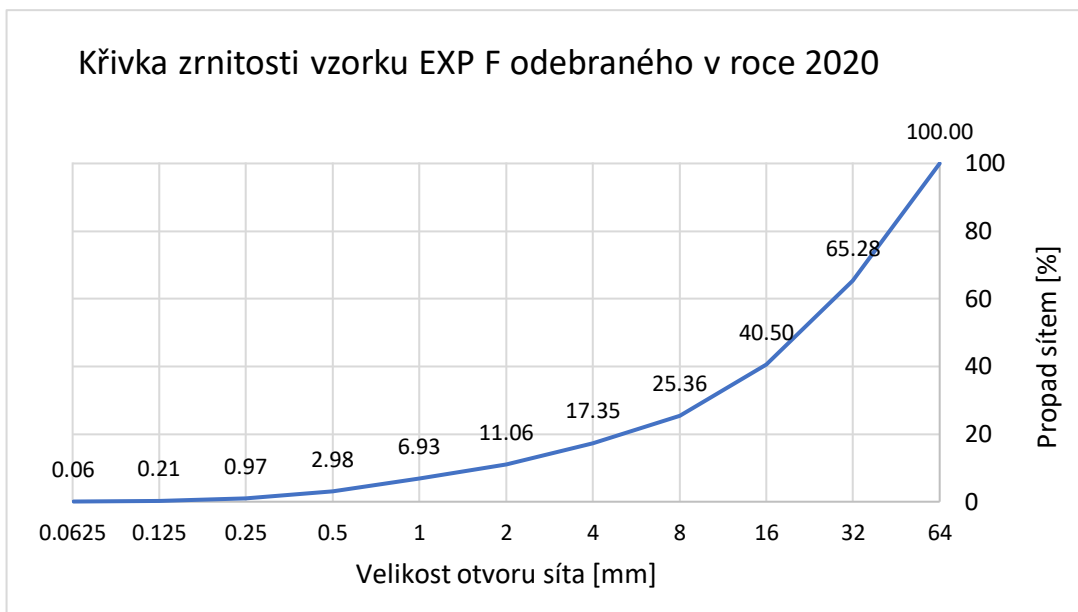
Příloha 35: Křivka zrnitosti vzorku EXP C odebraného v roce 2020.



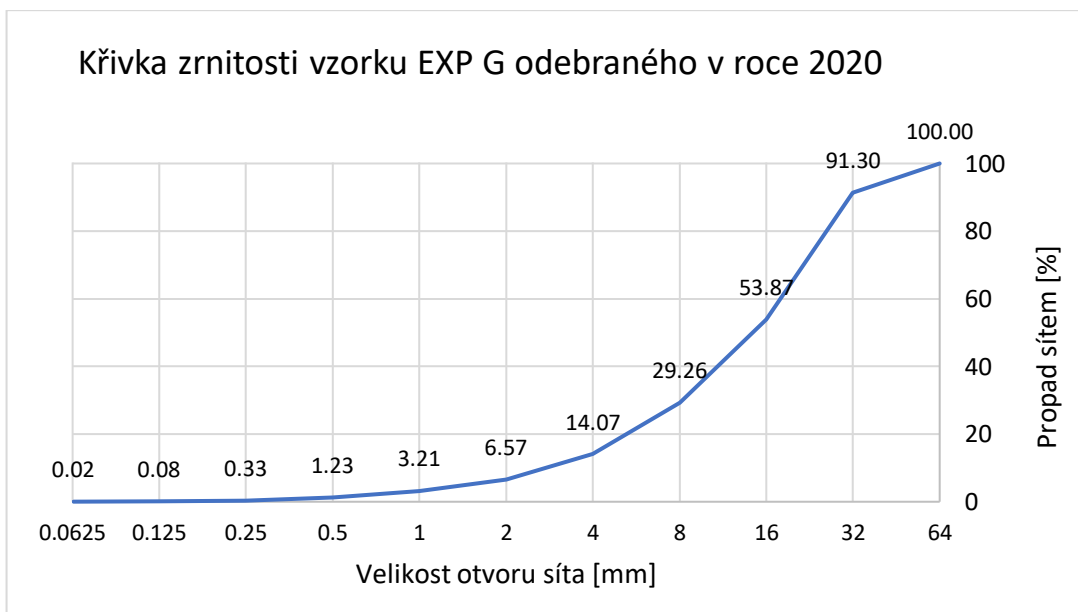
Příloha 36: Křivka zrnitosti vzorku EXP D odebraného v roce 2020.



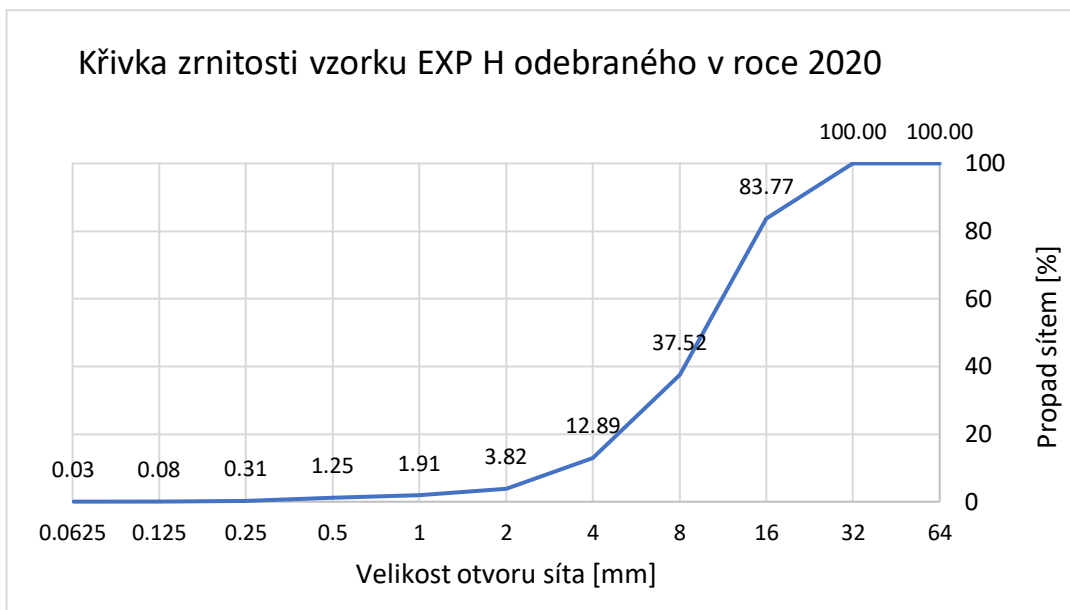
Příloha 37: Křivka zrnitosti vzorku EXP E odebraného v roce 2020.



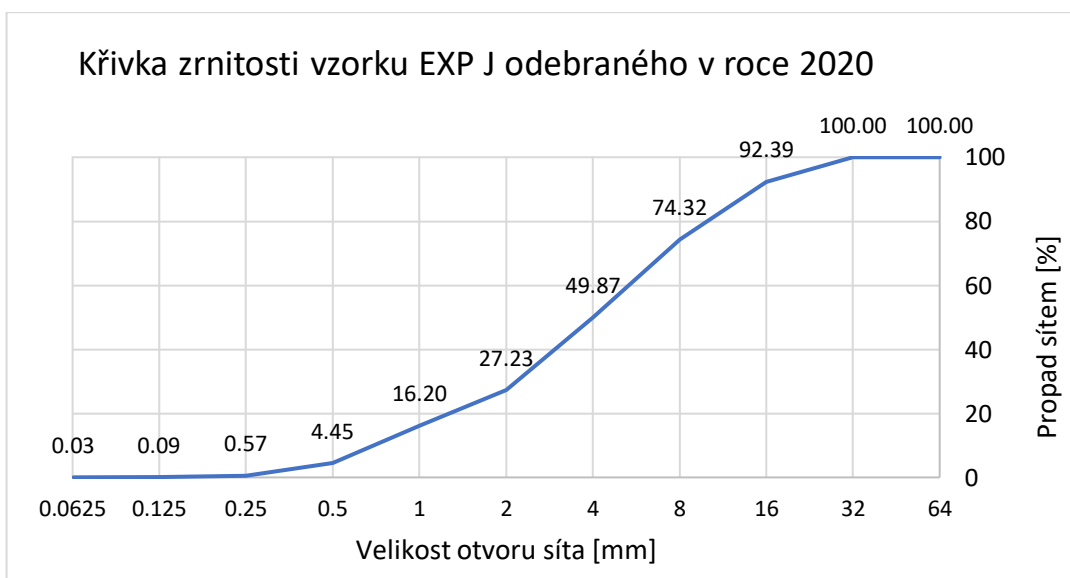
Příloha 38: Křivka zrnitosti vzorku EXP F odebraného v roce 2020.



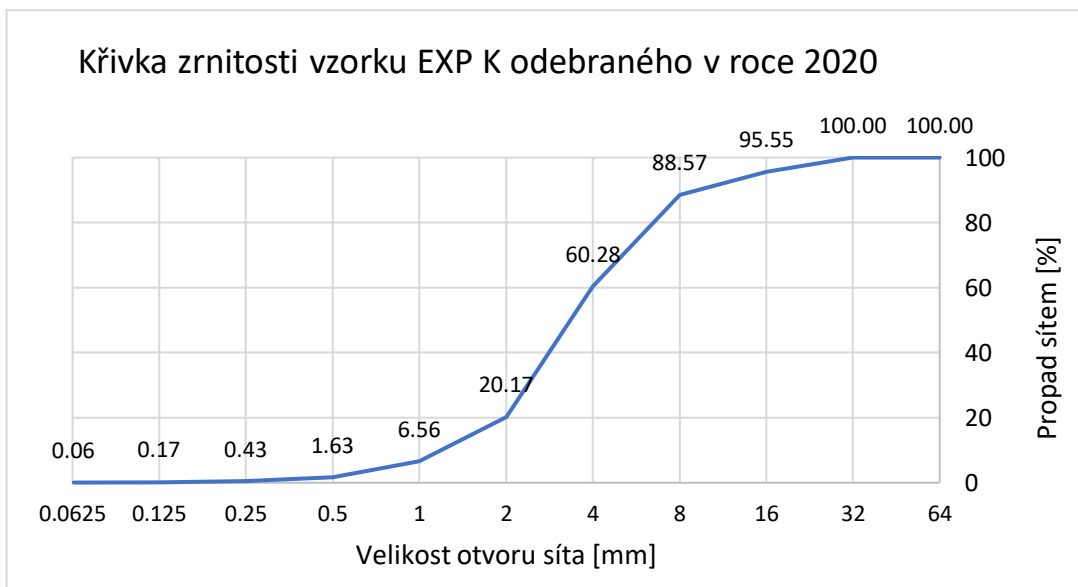
Příloha 39: Křivka zrnitosti vzorku EXP G odebraného v roce 2020.



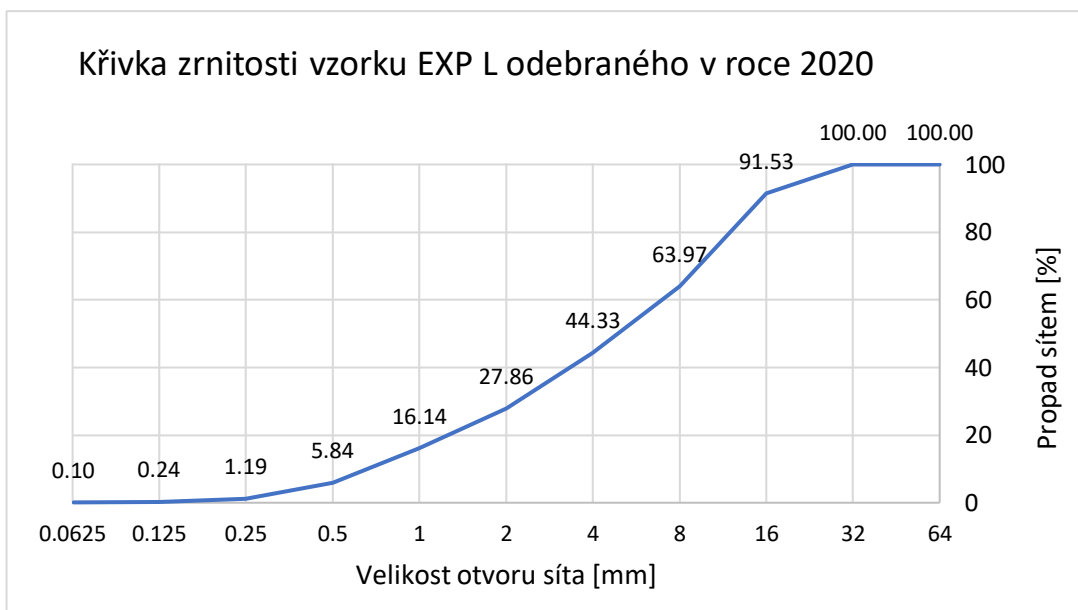
Příloha 40: Křivka zrnitosti vzorku EXP H odebraného v roce 2020.



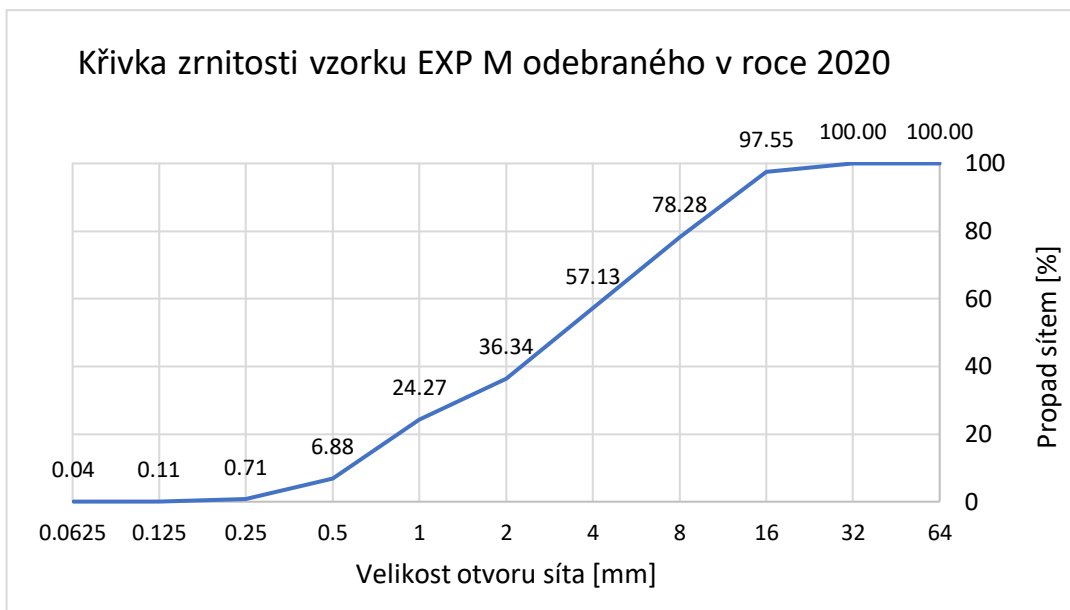
Příloha 41: Křivka zrnitosti vzorku EXP J odebraného v roce 2020.



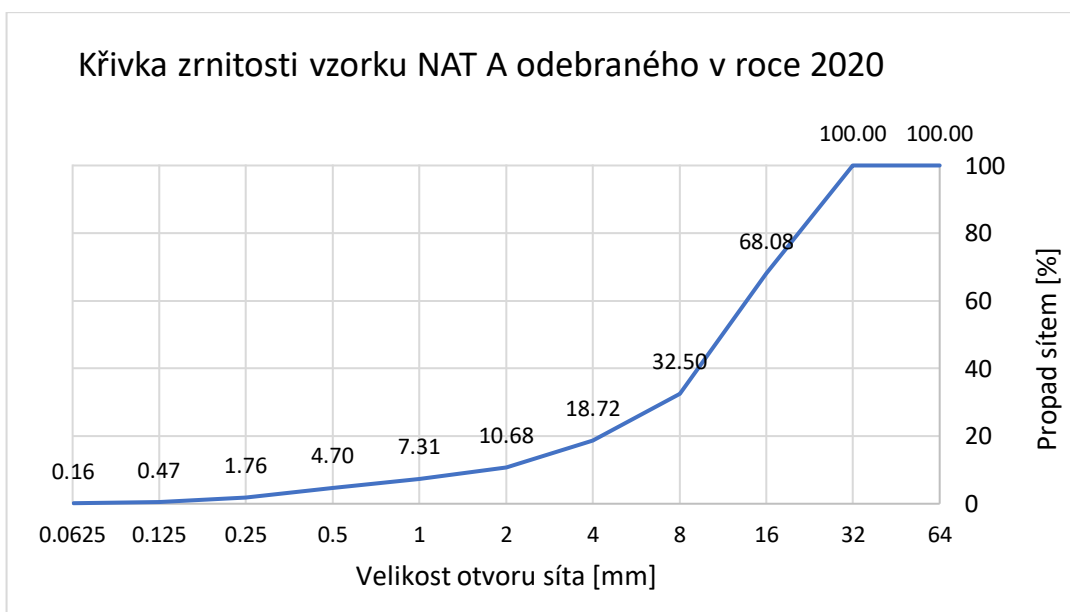
Příloha 42: Křivka zrnitosti vzorku EXP K odebraného v roce 2020.



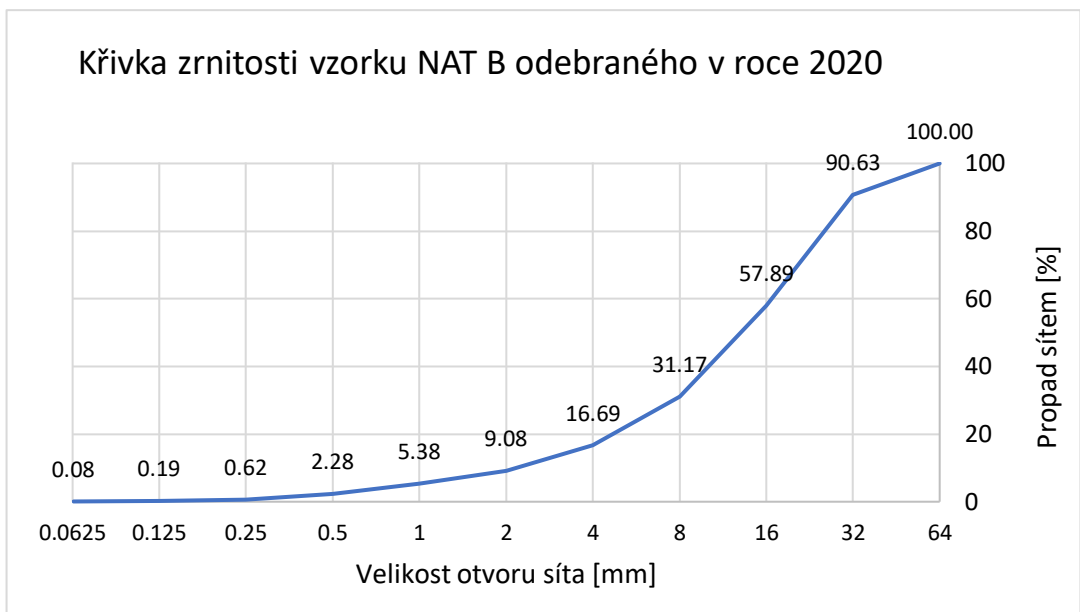
Příloha 43: Křivka zrnitosti vzorku EXP L odebraného v roce 2020.



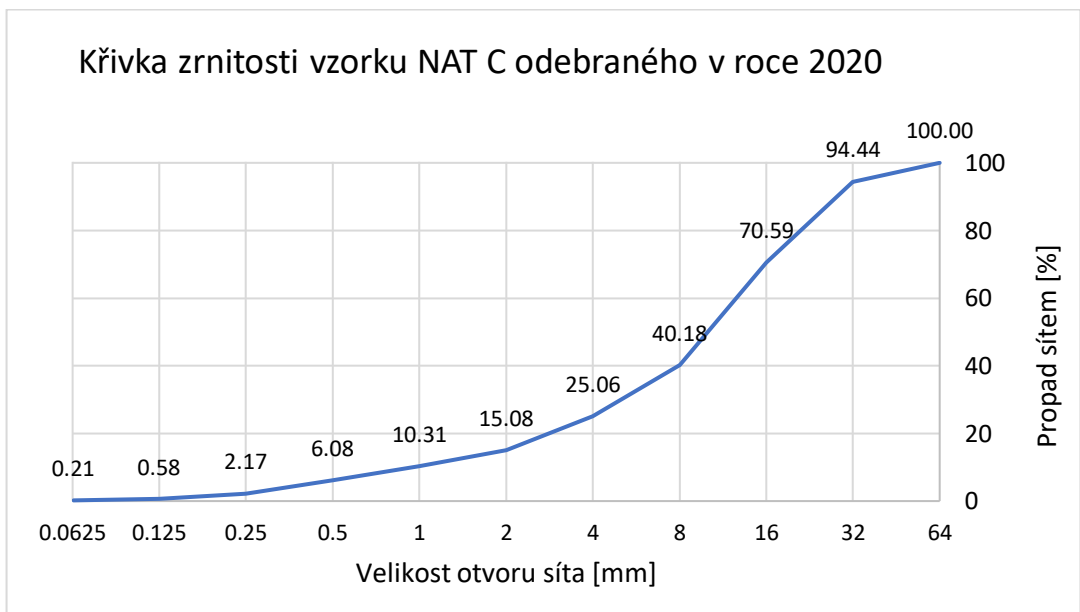
Příloha 44: Křivka zrnitosti vzorku EXP M odebraného v roce 2020.



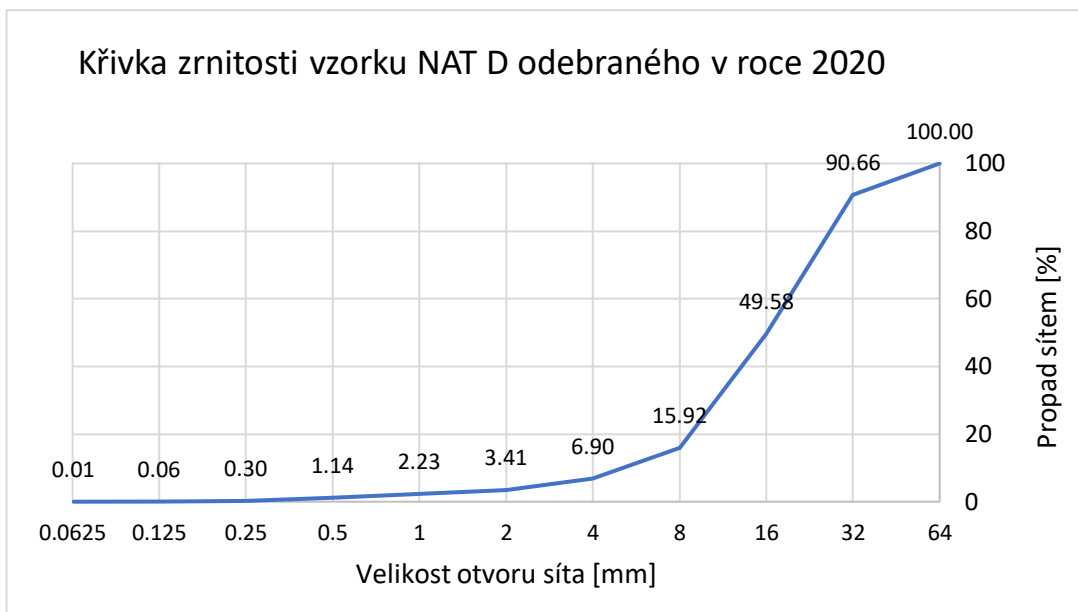
Příloha 45: Křivka zrnitosti vzorku NAT A odebraného v roce 2020.



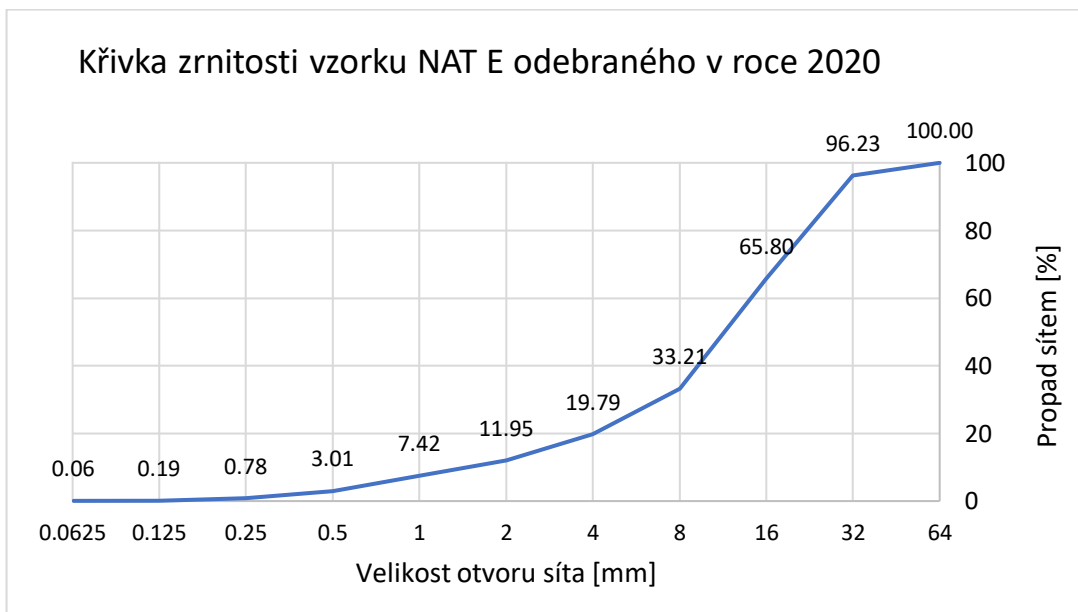
Příloha 46: Křivka zrnitosti vzorku NAT B odebraného v roce 2020.



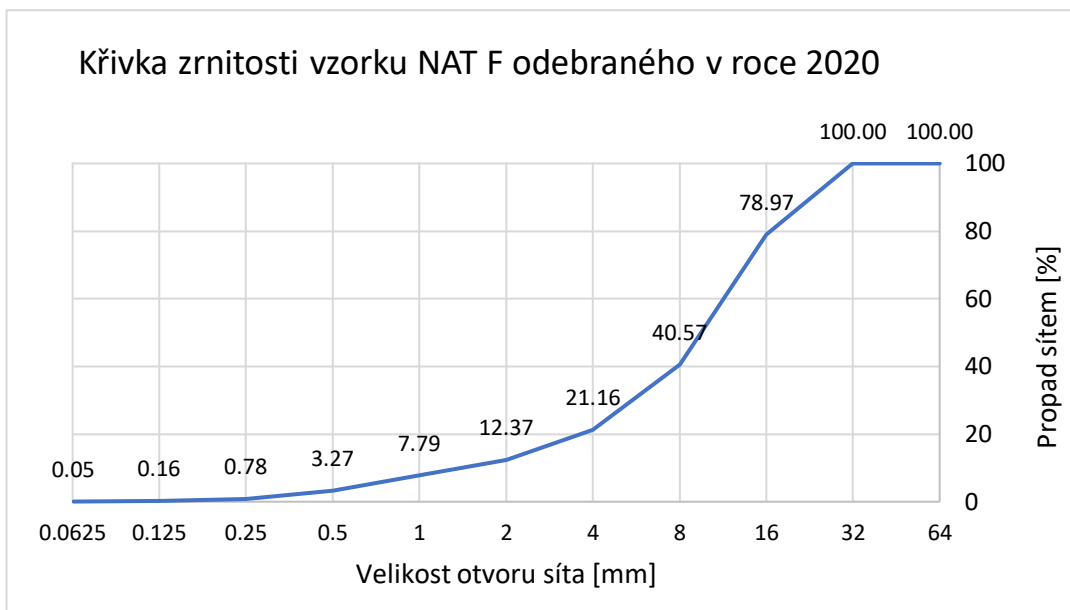
Příloha 47: Křivka zrnitosti vzorku NAT C odebraného v roce 2020.



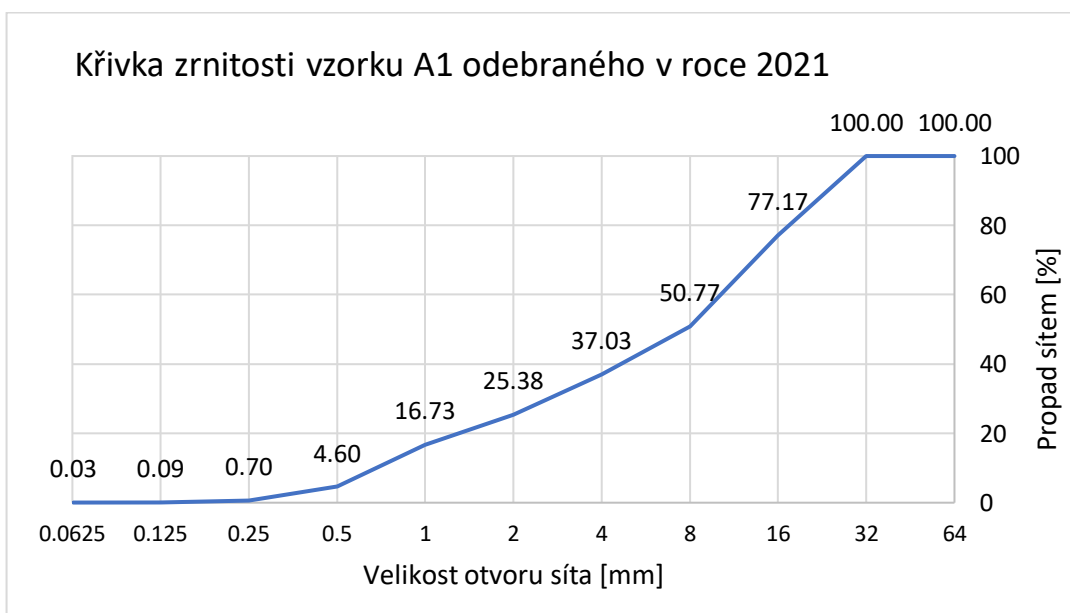
Příloha 48: Křivka zrnitosti vzorku NAT D odebraného v roce 2020.



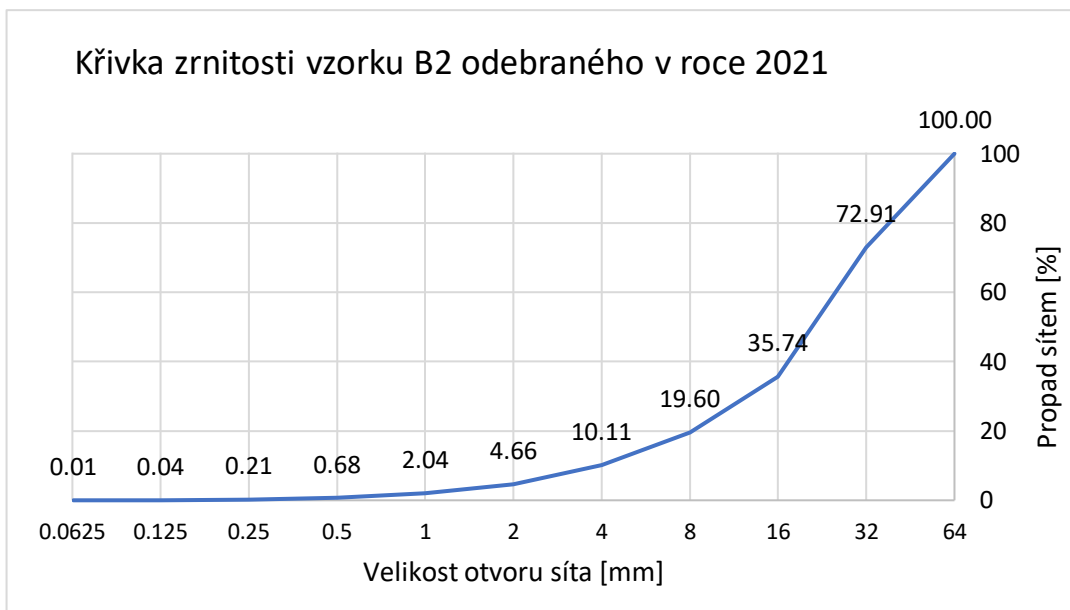
Příloha 49: Křivka zrnitosti vzorku NAT E odebraného v roce 2020.



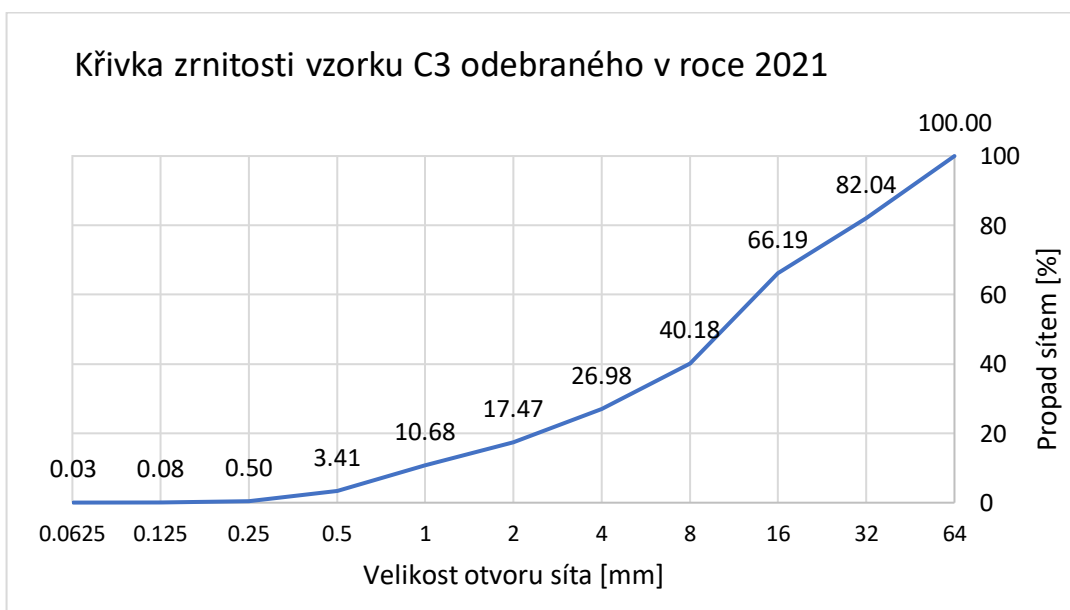
Příloha 50: Křivka zrnitosti vzorku NAT F odebraného v roce 2020.



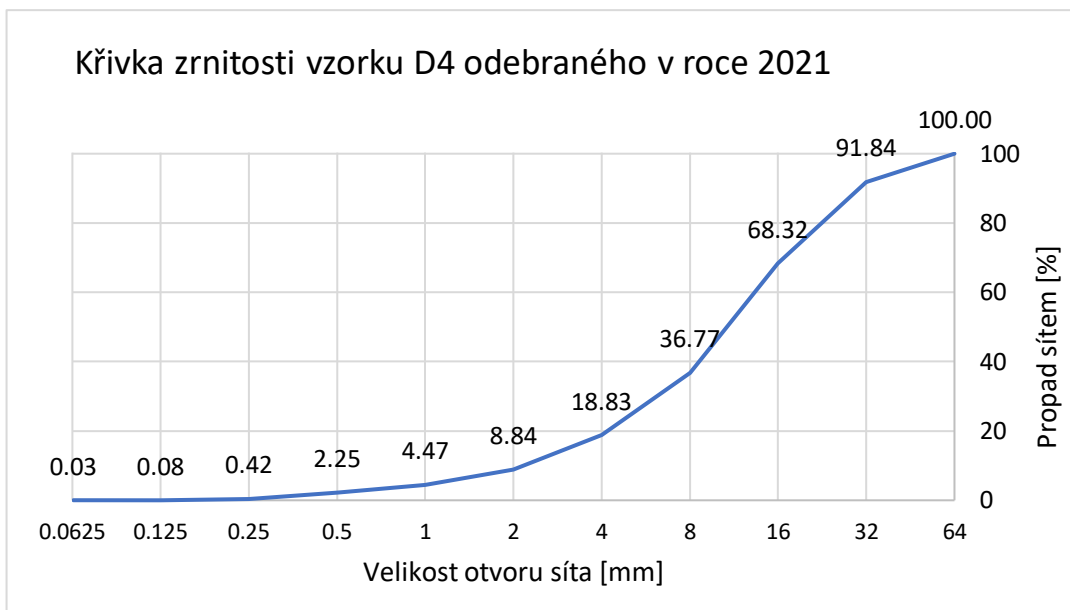
Příloha 51: Křivka zrnitosti vzorku A1 odebraného v roce 2021



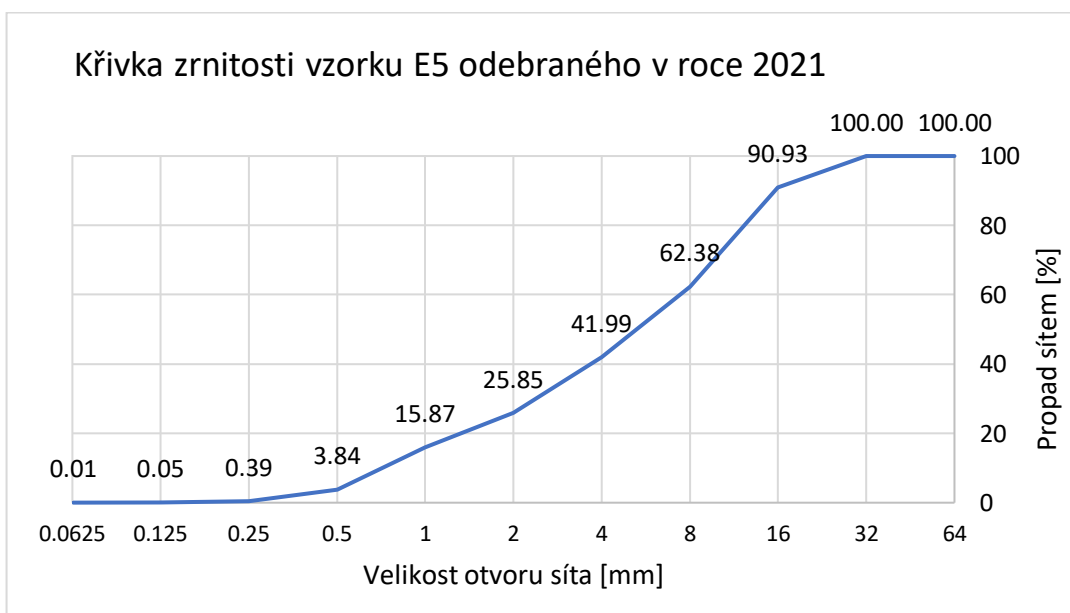
Příloha 52: Křivka zrnitosti vzorku B2 odebraného v roce 2021.



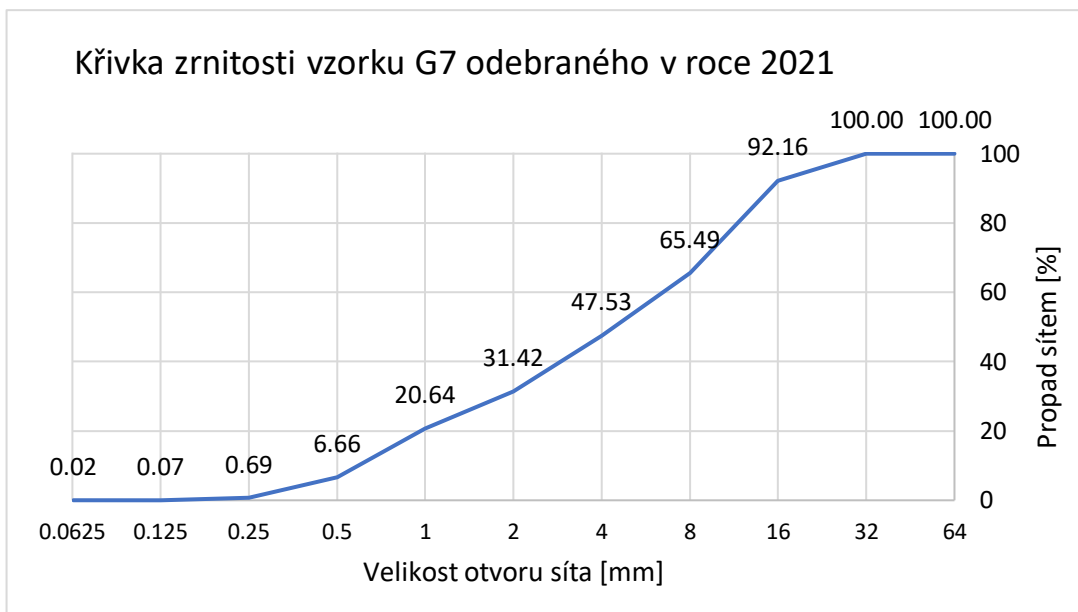
Příloha 53: Křivka zrnitosti vzorku C3 odebraného v roce 2021.



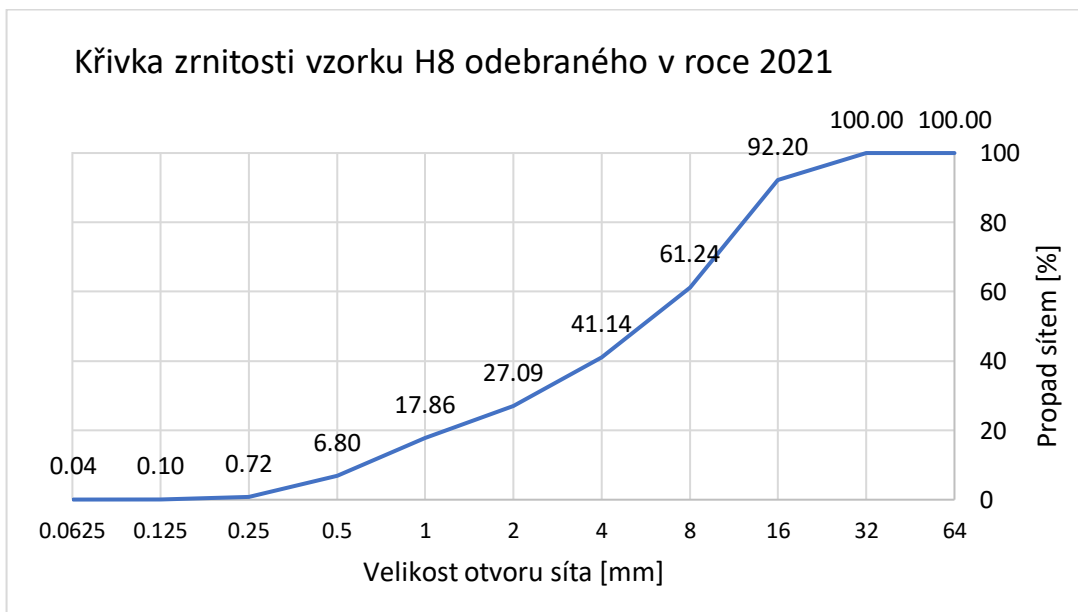
Příloha 54: Křivka zrnitosti vzorku D4 odebraného v roce 2021.



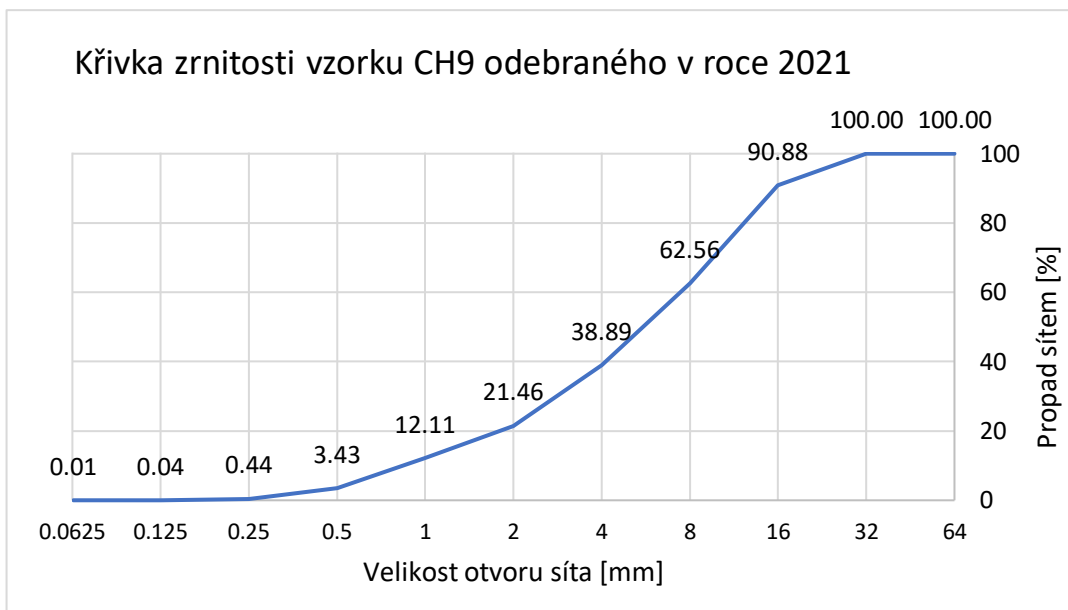
Příloha 55: Křivka zrnitosti vzorku E5 odebraného v roce 2021.



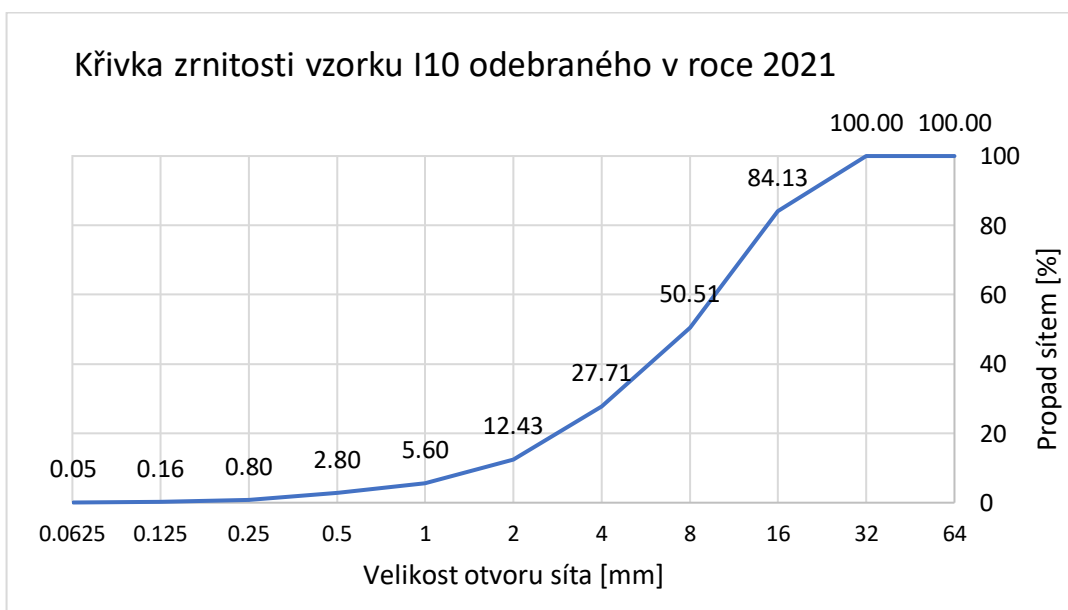
Příloha 56: Křivka zrnitosti vzorku G7 odebraného v roce 2021.



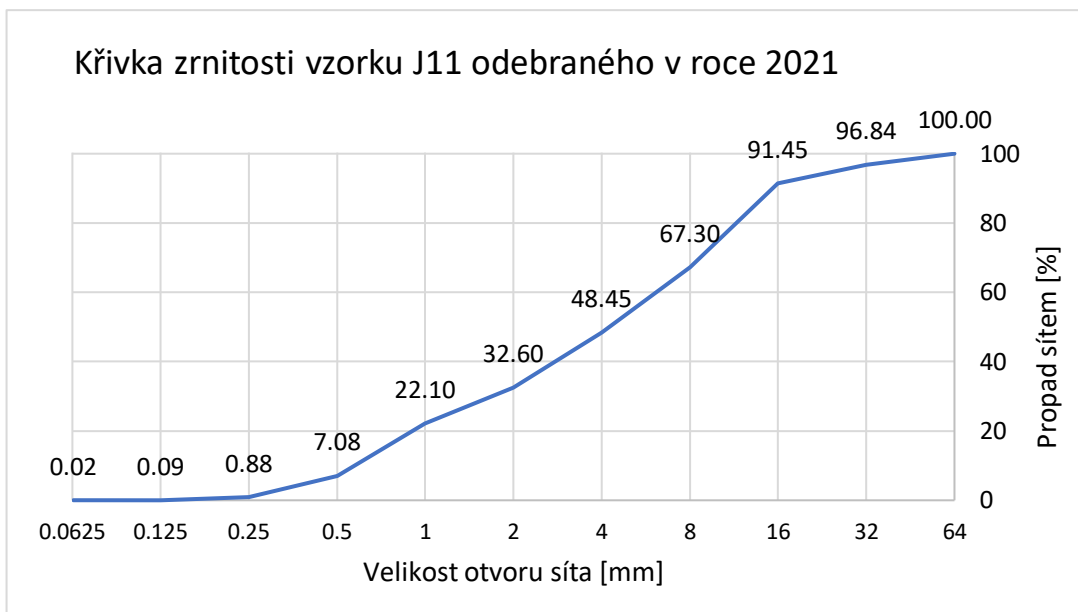
Příloha 57: Křivka zrnitosti vzorku H8 odebraného v roce 2021



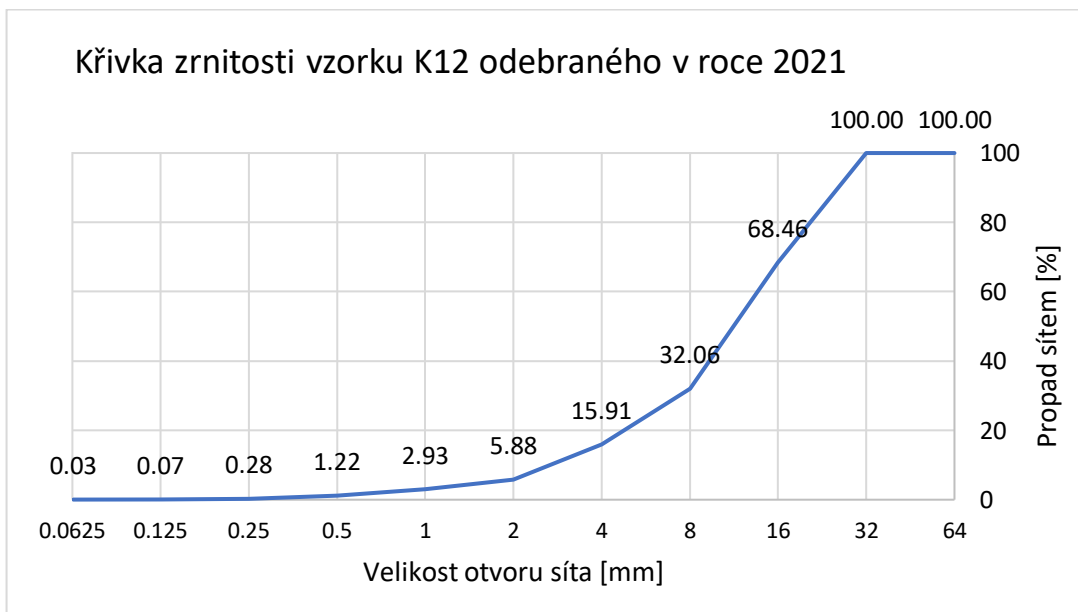
Příloha 58: Křivka zrnitosti vzorku CH9 odebraného v roce 2021.



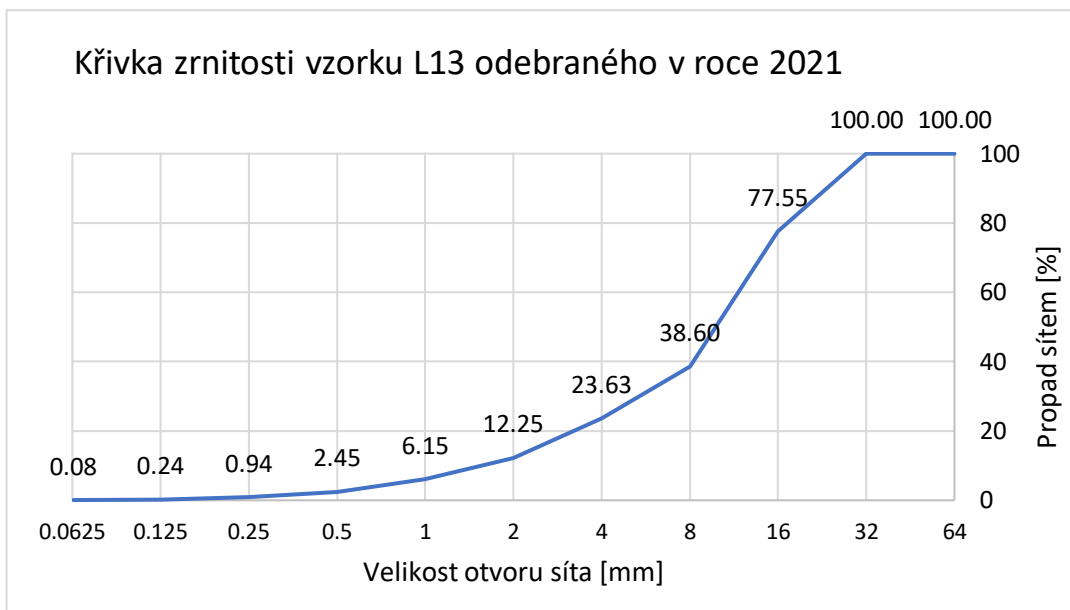
Příloha 59: Křivka zrnitosti vzorku I10 odebraného v roce 2021.



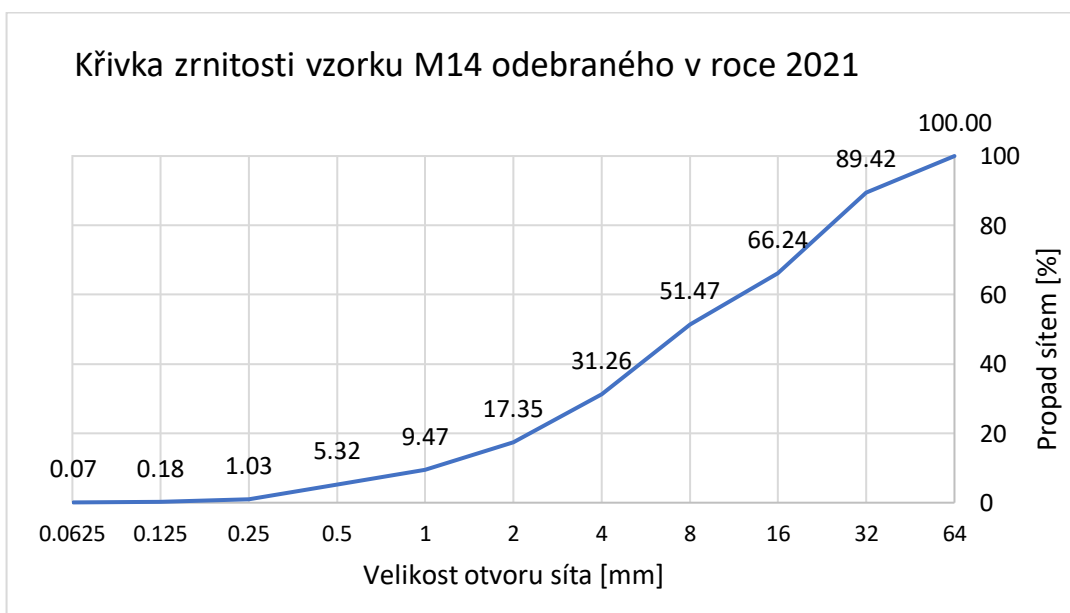
Příloha 60: Křivka zrnitosti vzorku J11 odebraného v roce 2021.



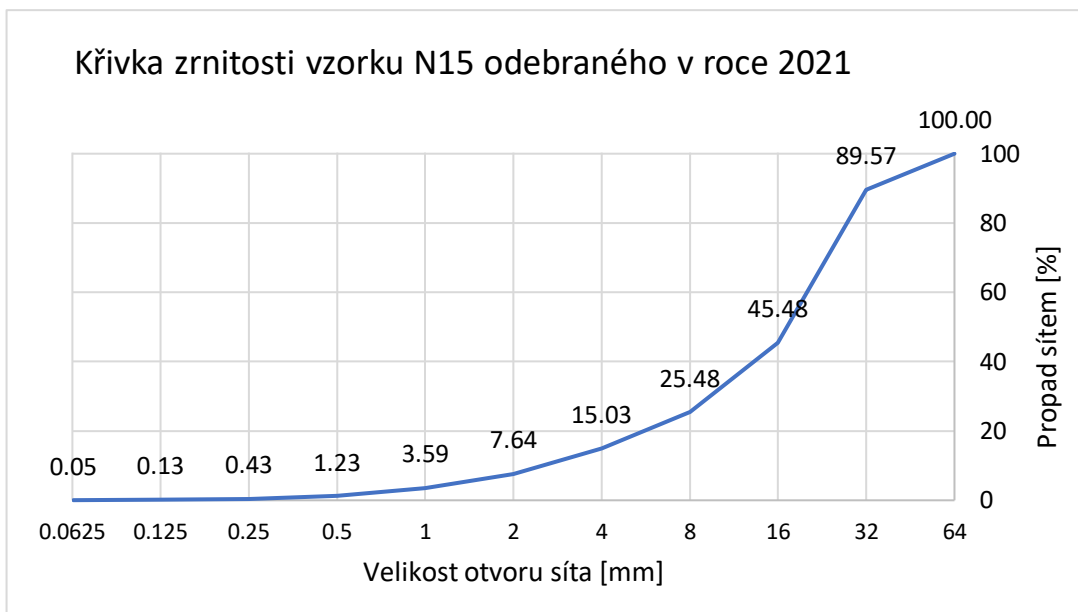
Příloha 61: Křivka zrnitosti vzorku K12 odebraného v roce 2021.



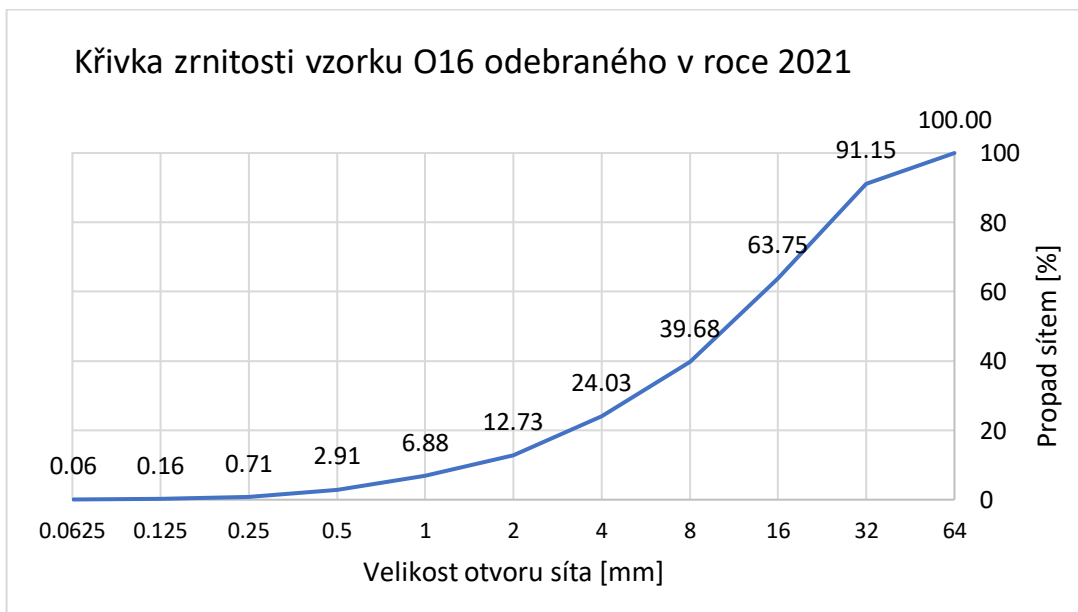
Příloha 62: Křivka zrnitosti vzorku L13 odebraného v roce 2021.



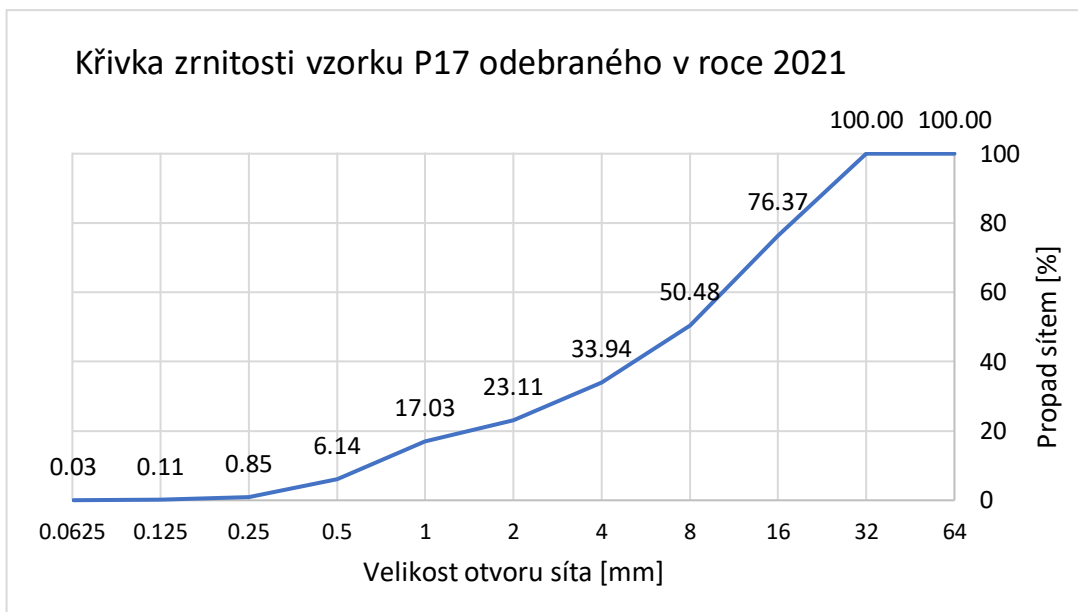
Příloha 63: Křivka zrnitosti vzorku M14 odebraného v roce 2021.



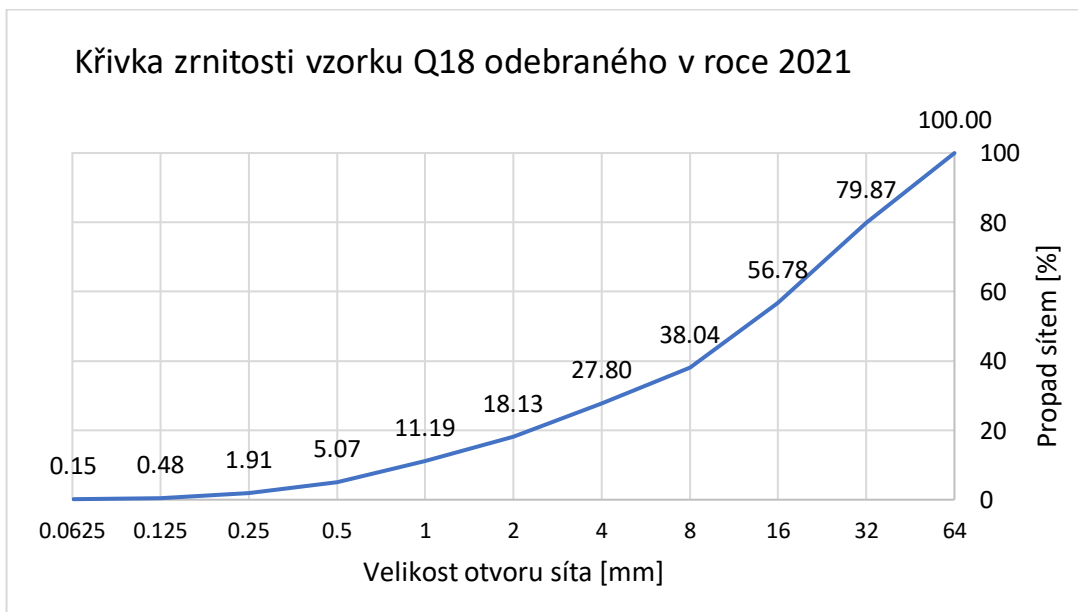
Příloha 64: Křivka zrnitosti vzorku N15 odebraného v roce 2021.



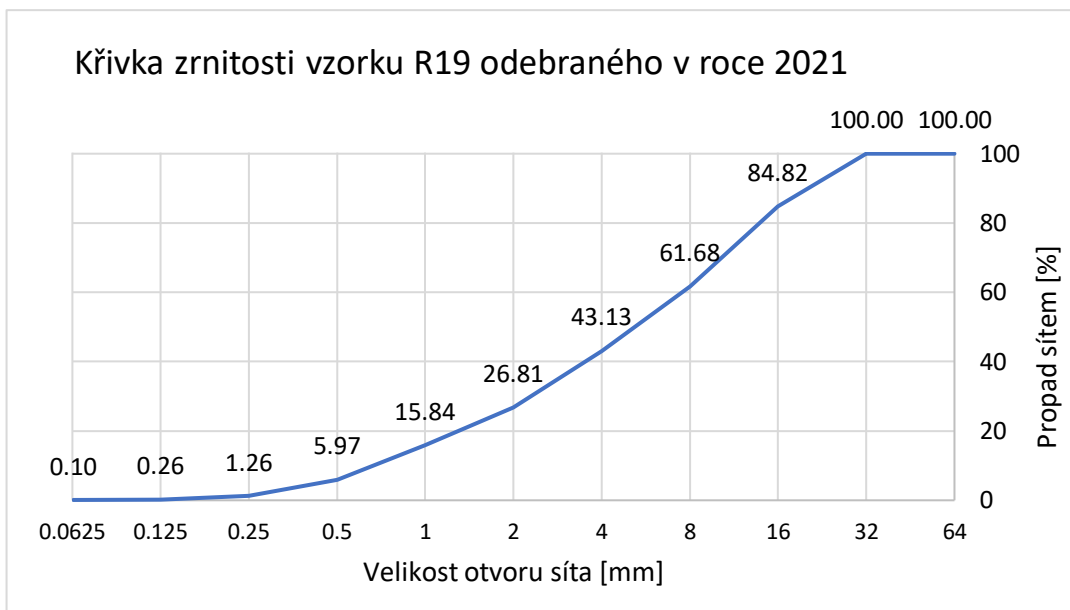
Příloha 65: Křivka zrnitosti vzorku O16 odebraného v roce 2021.



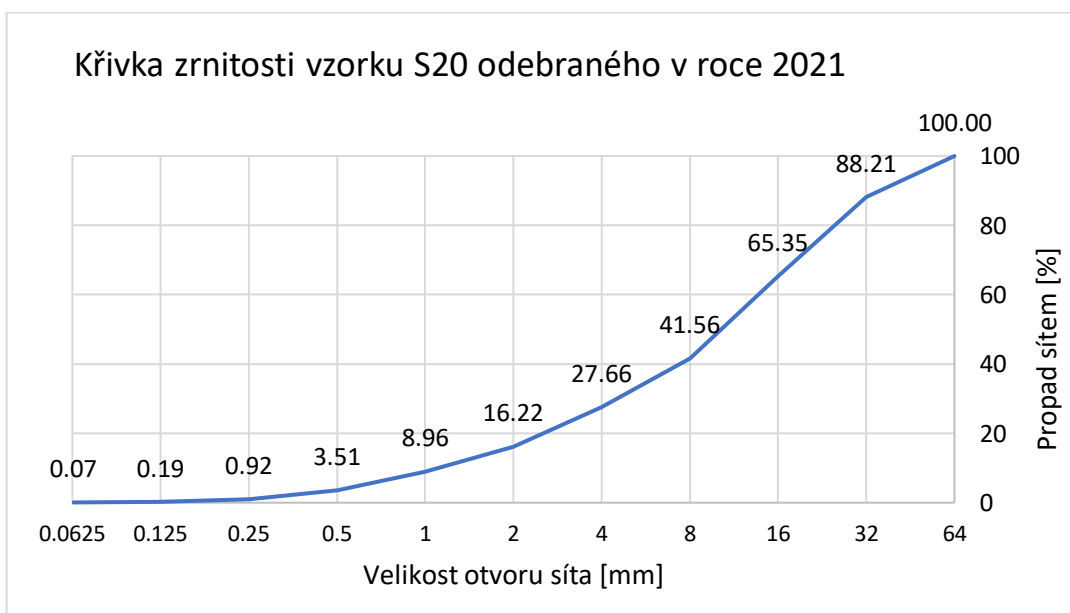
Příloha 66: Křivka zrnitosti vzorku P17 odebraného v roce 2021.



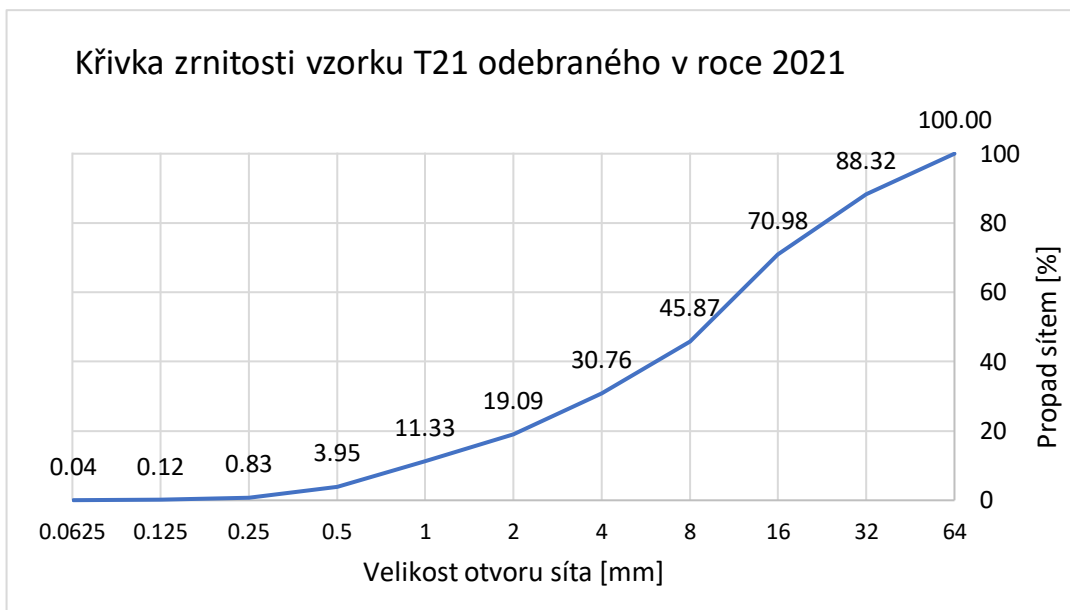
Příloha 67: Křivka zrnitosti vzorku Q18 odebraného v roce 2021.



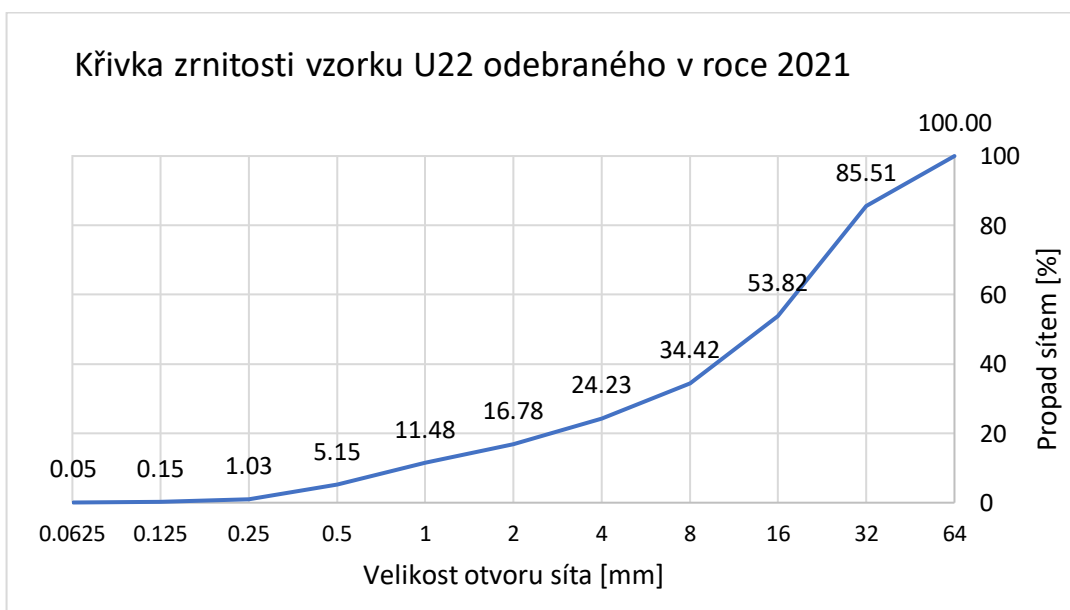
Příloha 68: Křivka zrnitosti vzorku R19 odebraného v roce 2021.



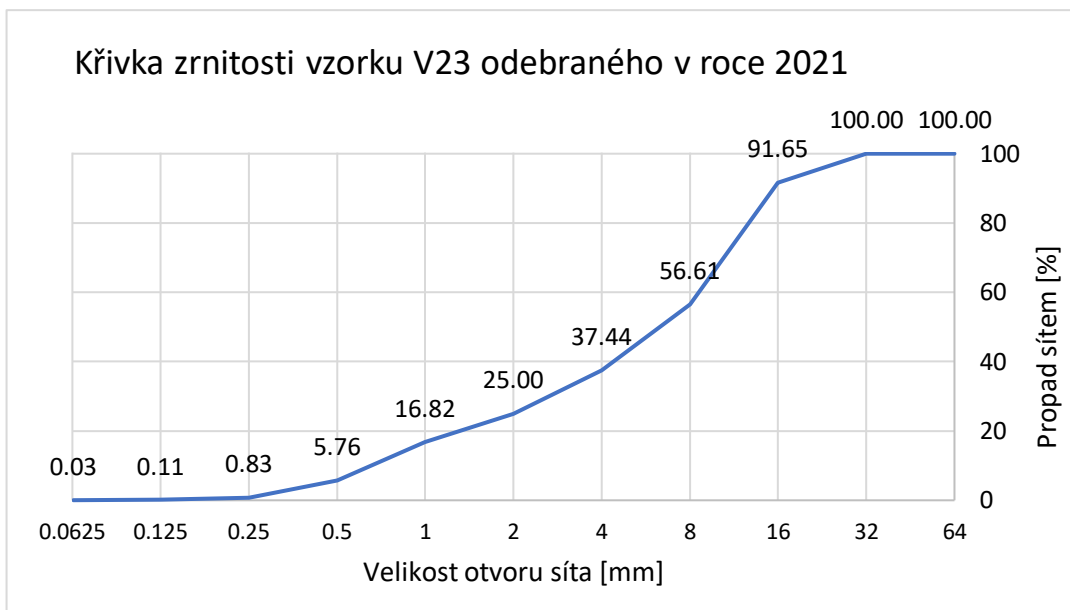
Příloha 69: Křivka zrnitosti vzorku S20 odebraného v roce 2021.



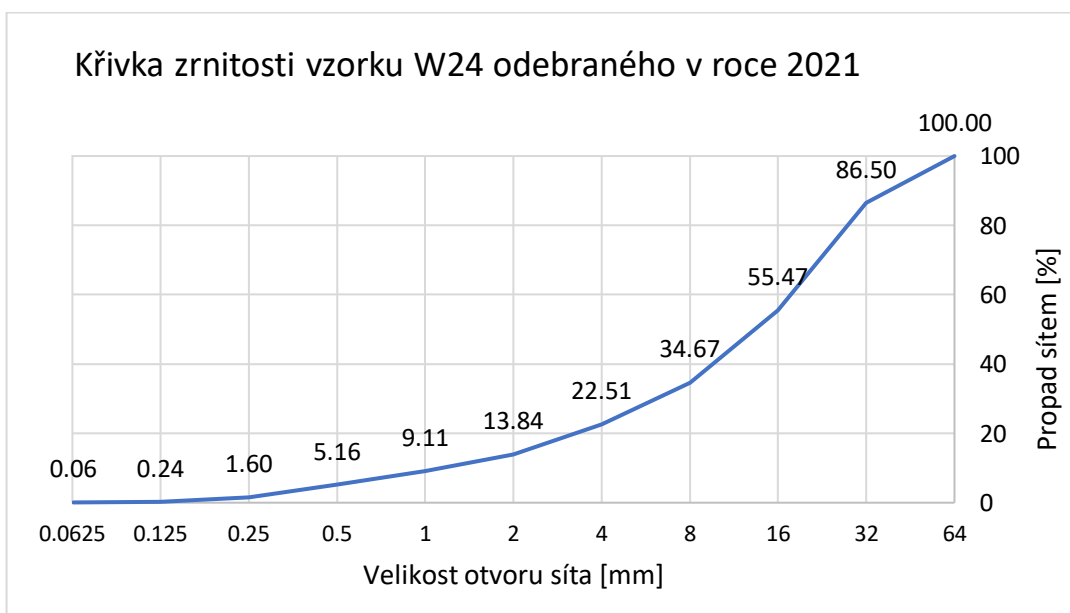
Příloha 70: Křivka zrnitosti vzorku T21 odebraného v roce 2021.



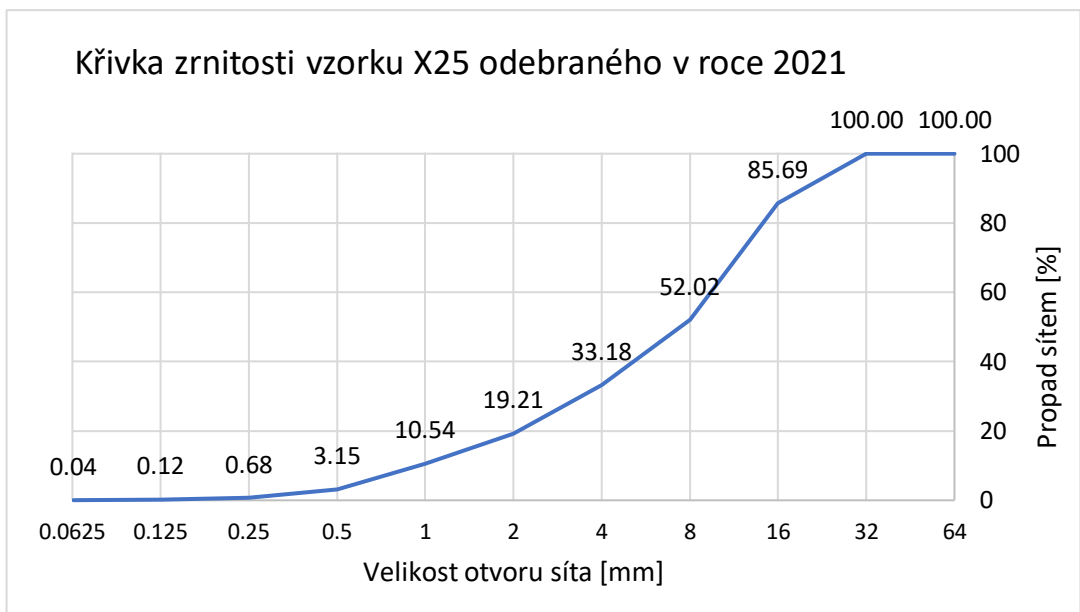
Příloha 71: Křivka zrnitosti vzorku U22 odebraného v roce 2021.



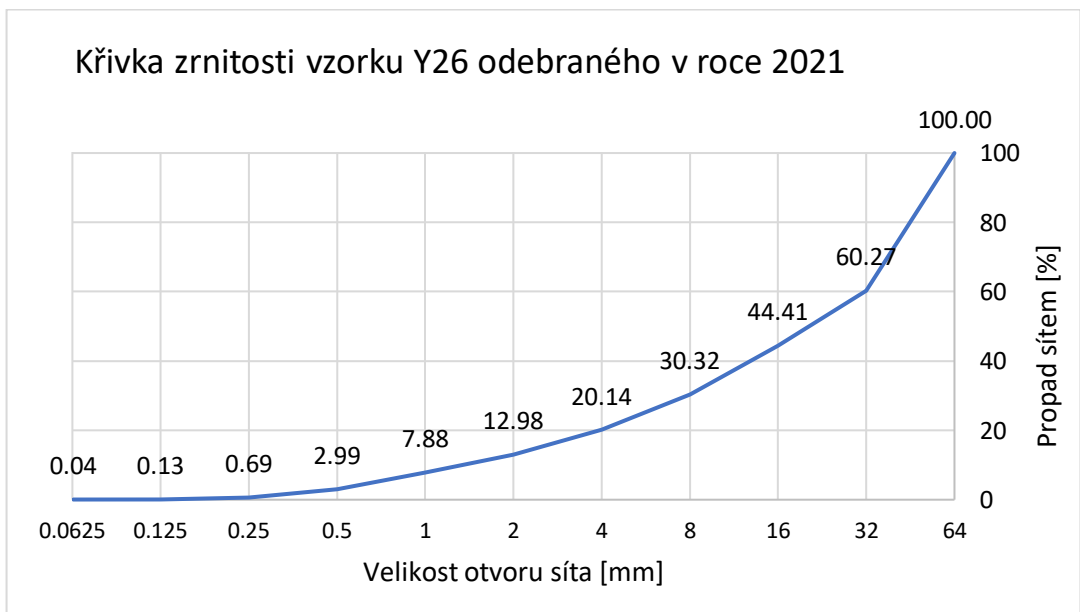
Příloha 72: Křivka zrnitosti vzorku V23 odebraného v roce 2021.



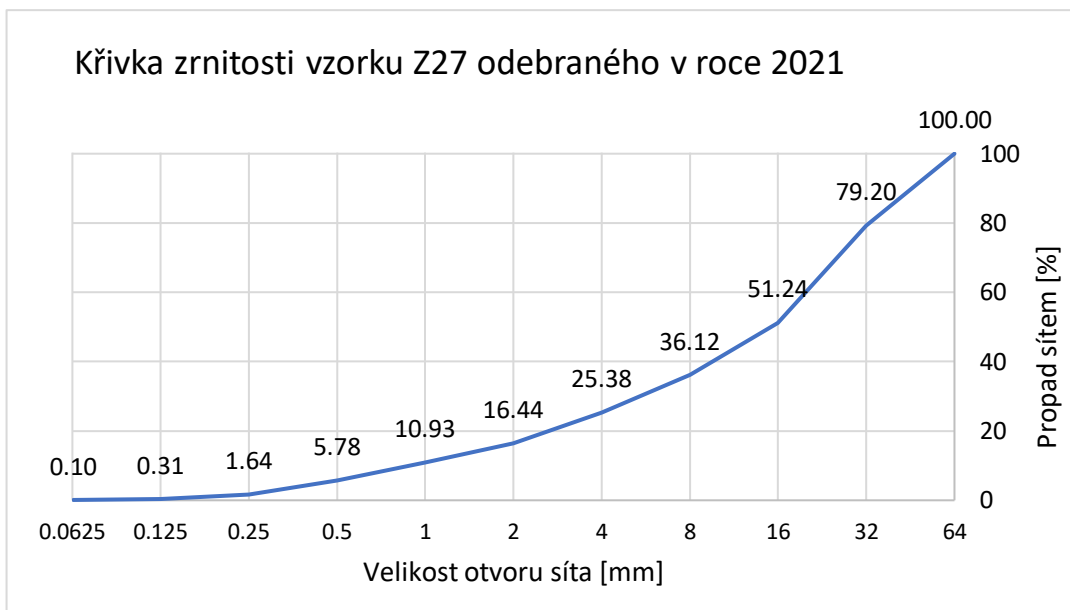
Příloha 73: Křivka zrnitosti vzorku W24 odebraného v roce 2021.



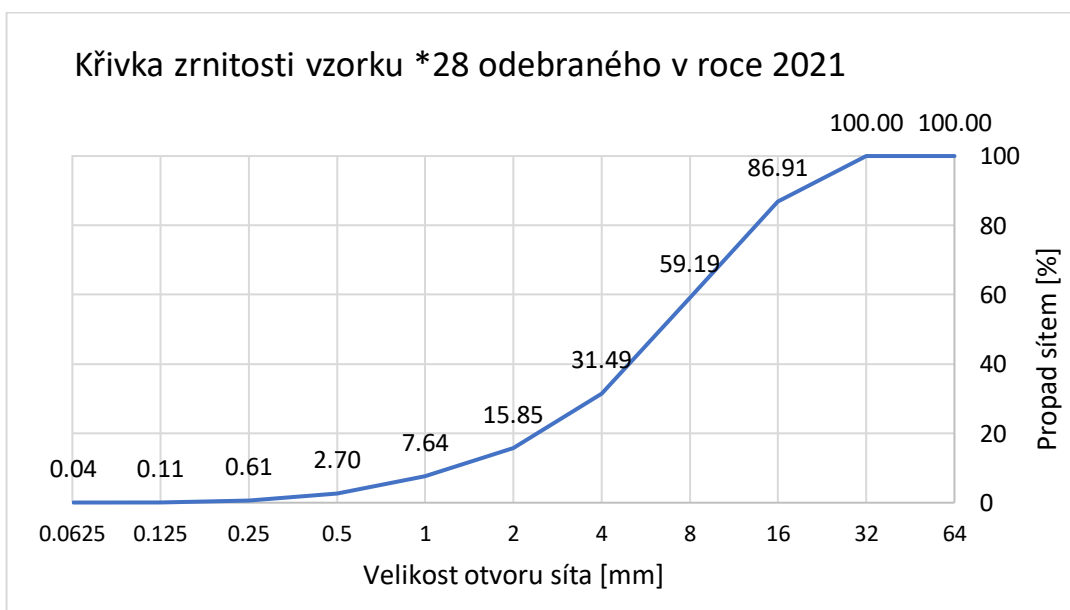
Příloha 74: Křivka zrnitosti vzorku X25 odebraného v roce 2021.



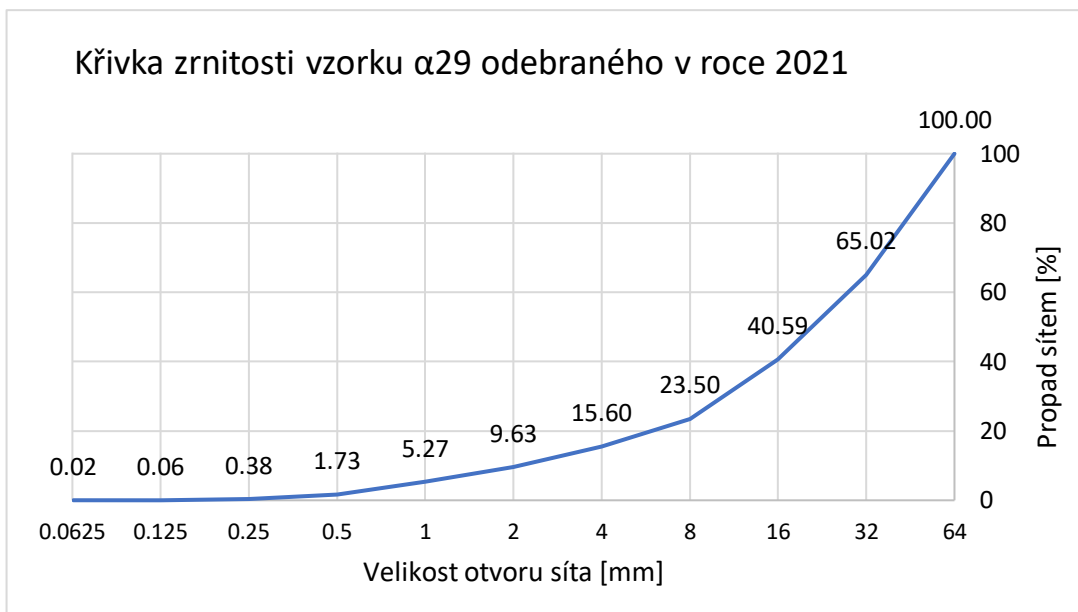
Příloha 75: Křivka zrnitosti vzorku Y26 odebraného v roce 2021.



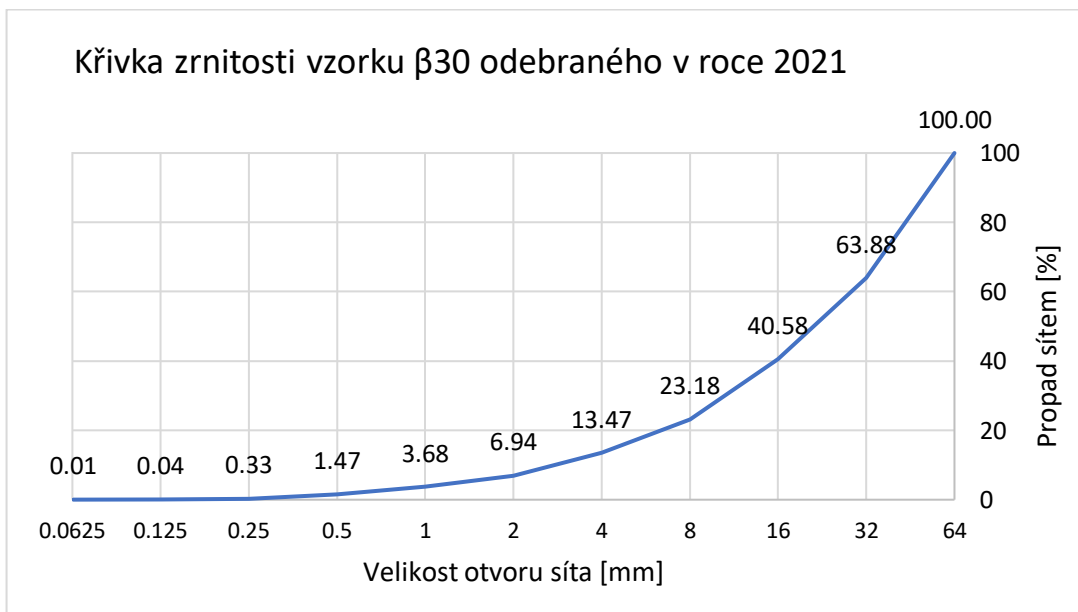
Příloha 76: Křivka zrnitosti vzorku Z27 odebraného v roce 2021.



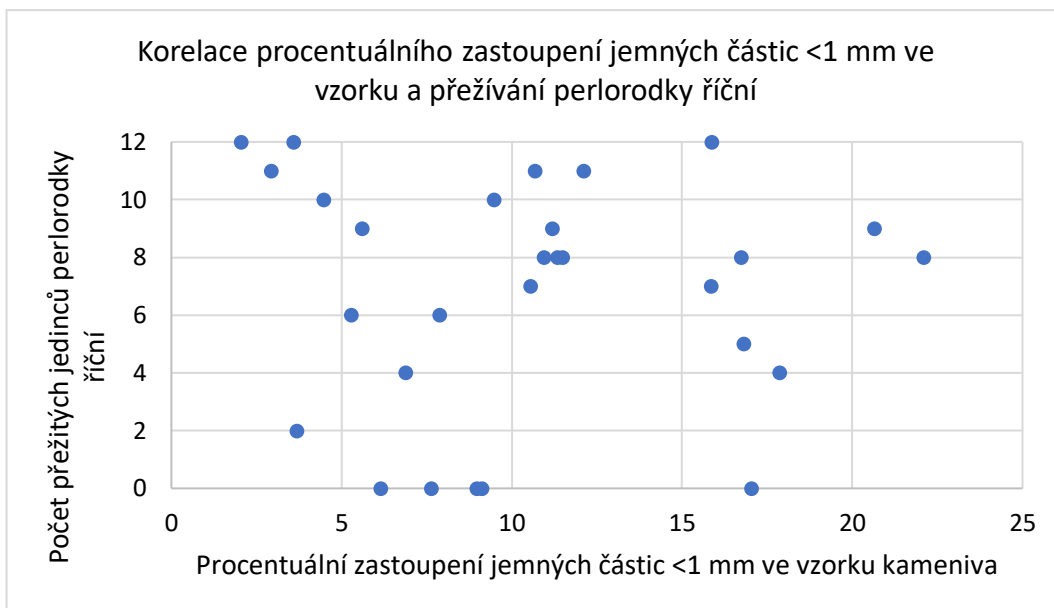
Příloha 77: Křivka zrnitosti vzorku *28 odebraného v roce 2021.



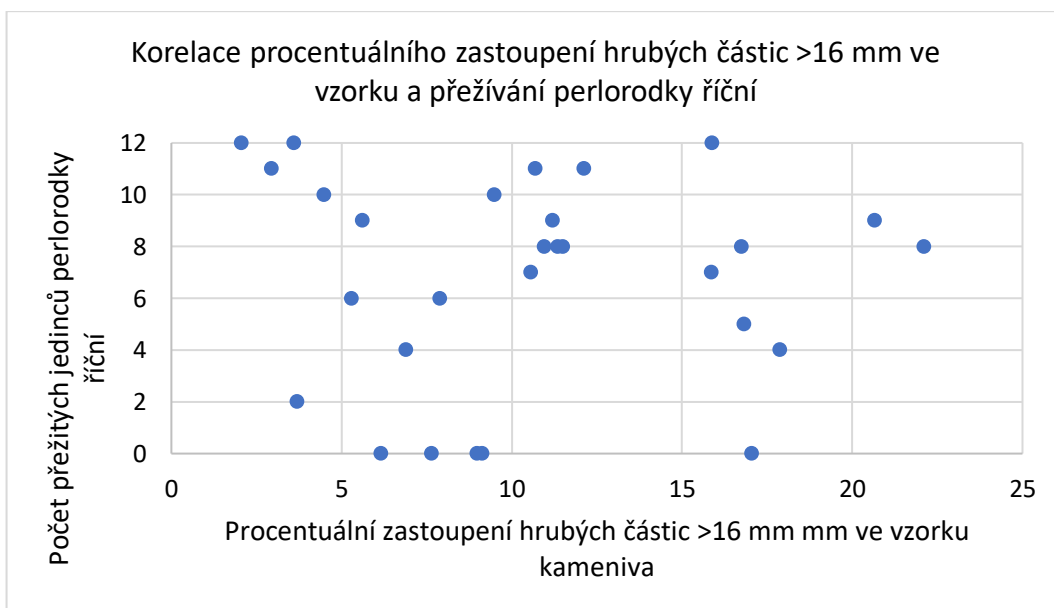
Příloha 78: Křivka zrnitosti vzorku $\alpha 29$ odebraného v roce 2021.



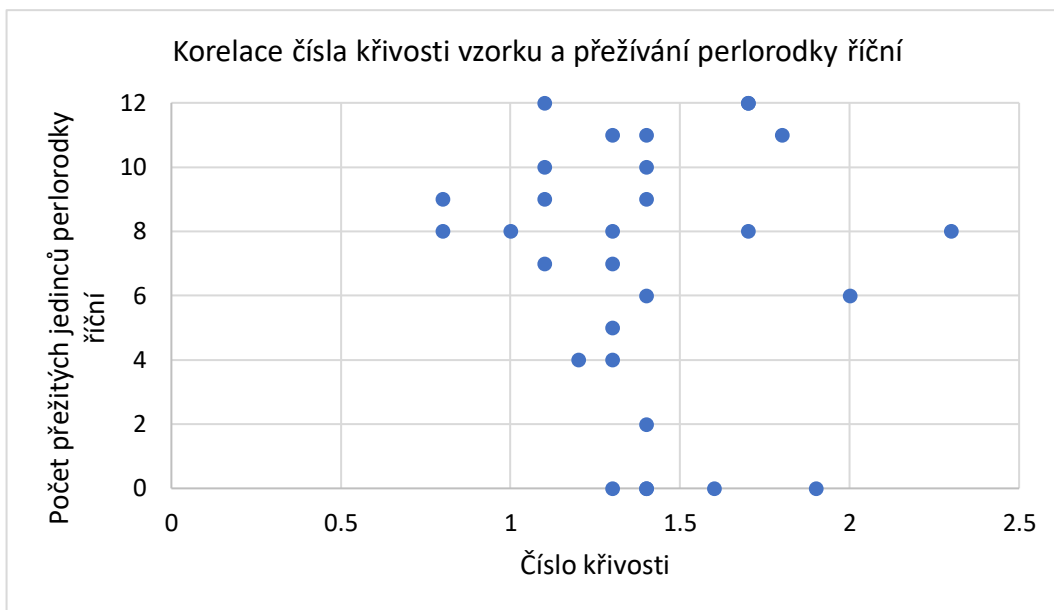
Příloha 79: Křivka zrnitosti vzorku $\beta 30$ odebraného v roce 2021.



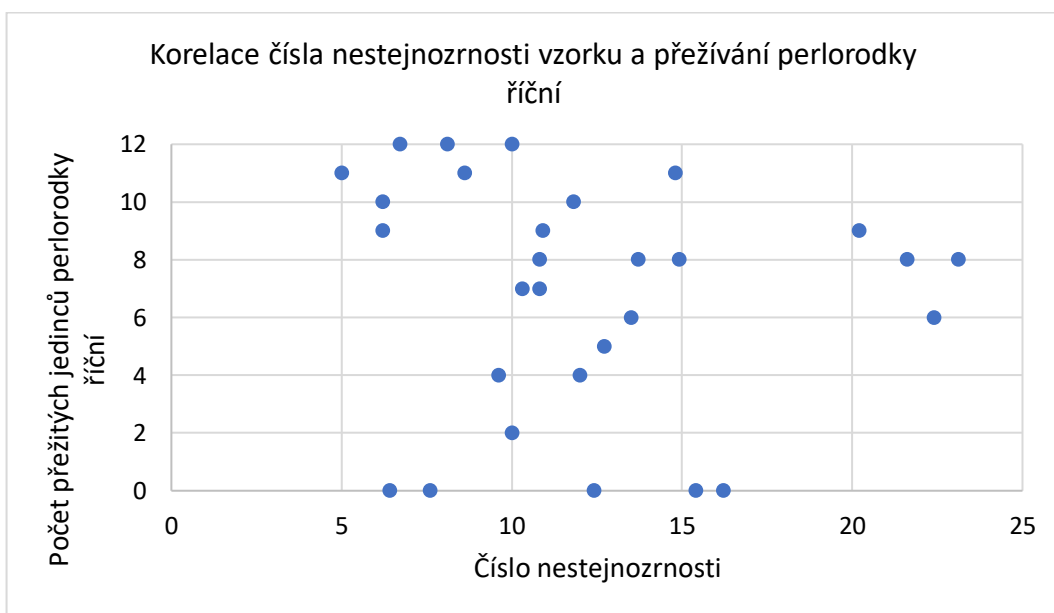
Příloha 80: Korelace procentuálního zastoupení jemných částic <1 mm ve vzorku a přežívání perlorodky říční.



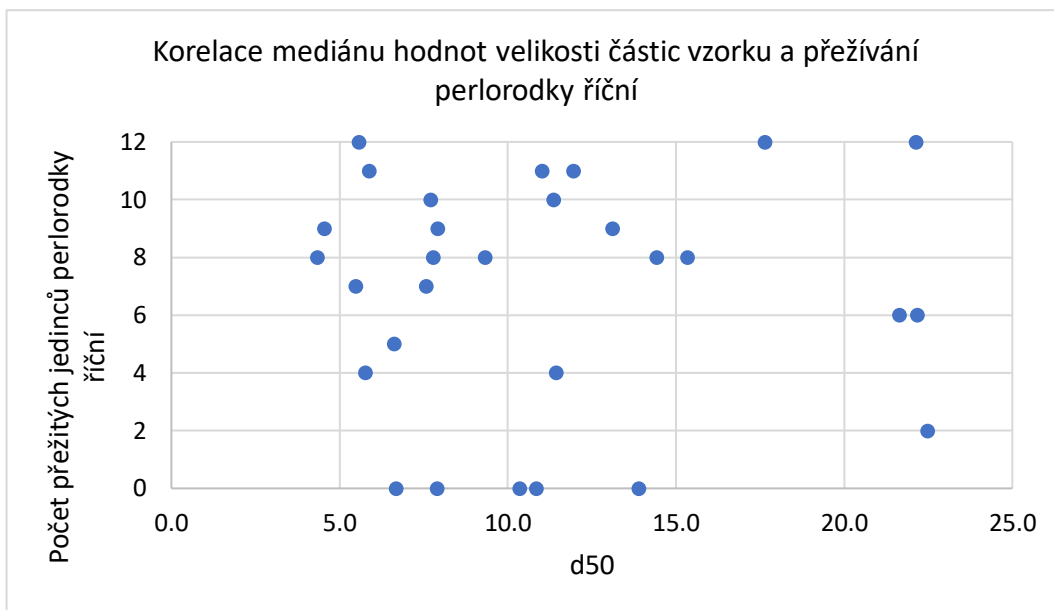
Příloha 81: Korelace procentuálního zastoupení hrubých částic >16 mm ve vzorku a přežívání perlorodky říční.



Příloha 82: Korelace čísla křivosti vzorku a přežívání perlorodky říční.



Příloha 83: Korelace čísla nestejnozrnosti vzorku a přežívání perlorodky říční.



Příloha 84: Korelace mediánu hodnot velikosti částic vzorku a přežívání perlorodky říční.