



Hodnocení vybraných vlastností geosilikátů

Disertační práce

Studijní program:

P2301 Strojní inženýrství

Studijní obor:

Materiálové inženýrství

Autor práce:

Ing. Iva Dufková

Školitel práce:

prof. Ing. Petr Louda, CSc.

Katedra materiálu



Prohlášení

Prohlašuji, že svou disertační práci jsem vypracovala samostatně jako původní dílo s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé disertační práce a konzultantem.

Jsem si vědoma toho, že na mou disertační práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci nezasahuje do mých autorských práv užitím mé disertační práce pro vnitřní potřebu Technické univerzity v Liberci.

Užiji-li disertační práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědoma povinnosti informovat o této skutečnosti Technickou univerzitu v Liberci; v tomto případě má Technická univerzita v Liberci právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Současně čestně prohlašuji, že text elektronické podoby práce vložený do IS/STAG se shoduje s textem tištěné podoby práce.

Beru na vědomí, že má disertační práce bude zveřejněna Technickou univerzitou v Liberci v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů.

Jsem si vědoma následků, které podle zákona o vysokých školách mohou vyplývat z porušení tohoto prohlášení.

1. června 2021

Ing. Iva Dufková

Poděkování

Ráda bych poděkovala za podporu mnoha lidem z mého pracovního i domácího okolí. Prvotně děkuji prof. Ing. Petru Loudovi, CSc. za podporu mého doktorandského studia, trpělivost a motivaci. Chtěla bych také poděkovat všem členům katedry, kteří mi pomáhali a pomáhají během studia, zejména Ing. Vladimíru Kovačičovi za jeho podporu, přístup a odborné rady a zároveň jako konzultantovi mé práce. Panu Ing. Su Le Van Ph. D a Ing. Totce Bakalové Ph.D. Poděkování patří také projektu SGS za finanční pomoc během studia a finanční podporu této práce projektem „Aplikace geopolymerních kompozitů jako protipožární bariéry, AGK“. Dále panu Ing. Kühnelovi z firmy Ciur a.s. za poskytnutí materiálu k výzkumu. Poděkování také patří panu Ing. Pavlu Kejzlarovi Ph.D., z KMT TUL, Ing. Przemysławu Plaskotovi Ph.D. z Wroclawské University, Ing. K. E. Buczkowské PhD. a Ing. Michaelovi Szczypinskému Ph. D za pomoc v realizaci experimentů.

Anotace

Práce je zaměřena na studium struktury geopolymerních kompozitů z různých typů plniv s využitím především ve stavebnictví. Teoretická část se zabývá přiblížením pojmu geosilikáty a vlivu hluku ze silniční a železniční dopravy na lidský organismus a možností snížení negativních účinků. Experimentální část zahrnuje výrobu kompozitů s různými plnivy, jejich specifikaci a popisu zvolených metod testování. Dále se práce zabývá zpracováním výsledků z akustické pohltivosti, mechanických a tepelných vlastností s možností užití ve stavebnictví a se zaměřením na hodnocení jejich souhrnných vlastností.

Klíčová slova: Geopolymerní kompozit, Baucis, Akustická pohltivost, Pevnost v tlaku, Pevnost v ohybu, Tepelná vodivost.

Annotation

Thesis are focused on the study of the structure of geopolymers from the studied different types of fillers with use mainly in construction. The theoretical part deals with defining and describing geosilicates and the effect of road and rail transport noise on the human body and the possibility of reducing negative effects. The experimental part includes the production of composites with various fillers, their specification and description of selected testing methods. Furthermore, the work deals with the processing of results from acoustic absorption, mechanical and thermal properties with the possibility of use in construction and with a focus on the evaluation of their overall properties.

Keywords: Geopolymer composite, Baucis, Acoustic absorption, Flexural strength, Compressive strength, Thermal conductivity.

OBSAH

Seznam použitých zkratk a symbolů	13
Seznam obrázků	14
Seznam tabulek.....	17
Seznam grafů	20
1. Úvod	23
2. Cíle práce a teze.....	24
3. TEORETICKÁ ČÁST	25
3.1 Historie geosilikátů	25
3.2 Základní vlastnosti geopolymery	26
3.2.1 Plné geopolymery	27
3.2.2 Vypěněné geopolymery	27
3.2.3 Geopolymerní kompozity	28
3.3 Akustika.....	28
3.3.1 Zvuk, hluk.....	29
3.3.2 Zvuková pohltivost.....	31
3.4 Akustika ve stavebnictví	34
3.4.1 Pohltivost porézních materiálů	34
3.4.2 Hluk vyvolaný silničním provozem	35
3.4.3 Hluk způsobený železniční dopravou	37
3.4.4 Protihlukové stěny	39
4. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	43
4.1 Přehled jednotlivých materiálů	43
4.1.1 Baucis Lk	43
4.1.2 Písek	44
4.1.3 Mikrosférka	44
4.1.4 Šamot A 111 VHR.....	46
4.1.5 Lněná vlákna	46
4.1.6 Konopná vlákna	47
4.1.7 Hygienické stelivo.....	48
4.1.8 Vypěňovací činidlo	48
4.1.9 EPS kuličky 500PL	49
4.1.10 Liapor.....	49
4.1.11 Korek.....	50
4.1.12 Vzorky Ciur	51

4.1.15 Skartovaný papír	52
4.1.14 Korálky	53
Metodika měření.....	54
4.2 Příprava vzorků	54
4.3 Přehled vzorků	57
4.3.1 Vzorek AV	57
4.3.2 Vzorek CV	58
4.3.3 Vzorek DV	60
4.3.4 Vzorek EV.....	61
4.3.5 Vzorek FV	63
4.3.6 Vzorek GV	65
4.3.7 Vzorek HV	66
4.3.8 Vzorek IV	68
4.3.9 Vzorek JV	69
4.3.10 Vzorek KV	70
4.3.11 Vzorek MV	72
4.3.12 Vzorek NV	74
4.3.14 Vzorek OV	75
4.3.15 Vzorek PV	77
4.3.16 Vzorek RV	78
4.3.17 Vzorek SV	80
4.3.18 Vzorek TV.....	81
4.3.19 Vzorek UV	82
4.3.20 Vzorek WV	84
4.3.22 Vzorek XV	85
4.3.23 Vzorek XV1	87
4.3.25 Vzorek XV3	88
4.3.27 Vzorek YV	90
4.3.28 Vzorek YV1	91
4.3.29 Vzorek YV2	93
4.3.30 Vzorek YV3	94
4.3.31 Vzorek YV4	95
4.3.32 Vzorek C1V	97
4.3.33 Vzorek C2V	98
4.3.34 Vzorek C3V	100

4.3.35 Vzorky 0.1 K a 0.1KM.....	102
4.3.36 Vzorek 0.2 V a 0.2 VM.....	103
4.3.37 Vzorek 3.1 K, 4.1V, 5.1 K a 6.1V	105
4.3.38 Vzorek 7 V	106
4.3.39 Vzorek 7.1 V	108
4.3.40 Vzorek 8 K	109
4.3.41 Vzorek 9 V	110
4.3.42 Vzorky 1 K, 2 V, 3 K , 4 V, 5K a 6V	112
4.3.43 Vzorky BV, 22K, 23V, 24K	113
4.4 Použité metody měření.....	115
4.4.1 Tepelná vodivost.....	115
4.4.2 Zkouška tlakem a ohybem	118
4.4.3 Metoda SEM.....	122
4.4.4 Měření akustické pohltivosti.....	122
4.5 Pohltivost	124
4.5.1. Vzorky s plnivem Konopí.....	124
4.5.2 Vzorky s plnivem z firmy Ciur a.s.....	135
4.5.3 Vzorky s plnivem vláken lnu.....	146
4.5.4 Vzorky s plnivem Keramzit	154
4.5.5 Vzorky s plnivem skartovaný kancelářský papír	162
4.5.6 Vzorky s plnivem kočkolit.....	172
4.5.7 Vzorky s plnivem samotná mikrosférka a šamot.....	180
4.5.8 Vzorky s plnivem popílek, piliny	187
4.5.9 Vzorky měřené na KVM TUL	188
5. Diskuze výsledků.....	189
6. Přínosy disertační práce	191
7. Závěr	193
Seznam použité literatury.....	195
Seznam příloh	200
Publikace.....	201

Seznam použitých zkratk a symbolů

Zkratky:

AAM	Alkalicky-aktivovaný materiál
ISO	Mezinárodní organizace pro normalizaci
SEM	Skenovací elektronový mikroskop
WHO	Světová zdravotnická organizace
PHS	Protihlukové stěny
dB	Decibel, jednotka intenzity zvuku (hluku)
Hz	Hertz, jednotka
MPa	Megapascal, jednotka
μm	Mikrometr, jednotka
wt%	Koncentrace v hmotnostních procentech prvku
atd.	A tak dále
např.	Například

Symbols:

α	[-]	Akustická pohltivost
λ	$[\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}]$	Tepelná vodivost
ρ	$[\text{kg}/\text{m}^3]$	Měrná hustota
R_{mt}	[MPa]	Pevnost v tlaku
R_{mo}	[MPa]	Pevnost v ohybu
L_p	[dB]	Hladina akustického tlaku
L_I	$[\text{W}/\text{m}^2]$	Hladina intenzity zvuku
L_w	[dB]	Hladina akustického výkonu
f	[Hz]	Frekvence

Seznam obrázků

Obrázek 1: Porovnání Rmt geopolymery a portlandského cementu [37]	26
Obrázek 2: Výroba porézního geopolymery [61]	27
Obrázek 3: Schéma vnímání zvuku člověkem [autor]	29
Obrázek 4: Schéma průběhu amplitudy v čase [72].....	31
Obrázek 5 : Šíření zvuku [43]	35
Obrázek 6: Zdroje hlučnosti vozidla [81].....	36
Obrázek 7: Hluk vozidel v závislosti na rychlosti [81]	37
Obrázek 8:Závislost hladiny akustického tlaku na rychlosti s regresními funkcemi [80]	38
Obrázek 9: Třetinooktávová analýza průměrných vážených hladin akustického tlaku [79] ...	38
Obrázek 10: Výškové rozložení zdrojů hluku železničního vozidla [40]	39
Obrázek 11: Vlevo Baucis Lk, vpravo aktivátor [autor]	43
Obrázek 12: L Křemenný písek [autor].....	44
Obrázek 13: Mikrosférka 0–160 μm , a) SEM snímek 100 μm b) makro snímek c) balení dutých kuliček [autor]	45
Obrázek 14: Mikrosférka, pohled z mikroskopu o rozlišení 10 μm [SEM TUL].....	45
Obrázek 15: Šamot A111VHR. a) rozlišení 10 μm [SEM TUL] b) makro snímek [autor]	46
Obrázek 16: Lněné vlákno a) makro snímek [autor], b) rozlišení mikroskopem 750 μm [SEM TUL].....	47
Obrázek 17: Konopné pazdeří a) makro snímek [autor], b) přiblížení mikroskopem [KMT TUL].....	47
Obrázek 18: Hygienické stelivo a) makrosnímek, b) balení steliva [autor]	48
Obrázek 19: Vlevo a) balení Al, vpravo b) hliníkový prášek [autor]	48
Obrázek 20: Kuličky EPS 500PL [autor]	49
Obrázek 21: Vlevo balení, vpravo Liapor 1–4 mm [autor].....	50
Obrázek 22: Korková drť 0,5 – 1 mm [autor]	50
Obrázek 23: Makrosnímek vzorku a) F500, b) CC F3550 CF [autor]	51
Obrázek 24: Makrosnímek vzorku a) F1000 b) F 2550 N [autor]	51
Obrázek 25: Makrosnímek HS-5 [autor].....	52
Obrázek 26: Skartovaný papír [autor]	52
Obrázek 27: Rokajl 1,4 - 8 mm [autor]	53
Obrázek 28: Forma ve tvaru trámečku rozměr 160x40x40 mm [autor]	54
Obrázek 29: Vpravo forma z 3D tisku, vlevo formy 150 x 150 x 40 mm a $\varnothing$ 90 mm [autor] .	54
Obrázek 30: Vpravo míchačka, vlevo robot Kenwood [autor]	55
Obrázek 31: Čerstvě vyrobené vzorky)zabalené PE folií a) vzorky na α , b) vzorky na λ [autor]	55
Obrázek 32: Sušárny vlevo Binder, vpravo Hereaeus [autor].....	56
Obrázek 33: Vodní pila [autor]	56
Obrázek 34: Vzorky připravené na akustiku o $\varnothing$ 9 mm [autor].....	56
Obrázek 35: Struktura vzorku AV a) v rozlišení 100 μm , b) v rozlišení 10 μm [SEM TUL] .	58
Obrázek 36: Makro snímek vzorku AV [autor]	58
Obrázek 37: Struktura vzorku CV, a) zvětšení 250x b) zvětšení 100x [SEM TUL]	59
Obrázek 38: Makro snímek vzorku CV [autor]	60
Obrázek 39: Struktura vzorku DV, a) v rozlišení 100 μm , b) v rozlišení 10 μm [SEM TUL]	61
Obrázek 40: Makro snímek vzorku DV [autor]	61

Obrázek 41: Struktura vzorku EV, a) v rozlišení 100 μm , b) v rozlišení 10 μm [SEM TUL].	62
Obrázek 42: Makro snímek vzorku EV [autor].....	63
Obrázek 43: Struktura vzorku FV, a) v rozlišení 100 μm , b) v rozlišení 100 μm [SEM TUL]	64
Obrázek 44: Makro snímek vzorku FV [autor].	64
Obrázek 45: Struktura vzorku GV, a) v rozlišení 100 μm , b) v rozlišení 10 μm [SEM TUL]	65
Obrázek 46: Makro struktura vzorku GV [autor].....	66
Obrázek 47: Struktura vzorku HV, a) 100 μm , b) 10 μm [SEM TUL].	67
Obrázek 48: Makro struktura vzorku HV [autor].....	67
Obrázek 49: Struktura vzorku IV, a) v rozlišení 10 μm , b) v rozlišení 100 μm [SEM TUL]..	68
Obrázek 50: Makro struktura vzorku IV [autor]	69
Obrázek 51: Struktura vzorku JV, a) v rozlišení 100 μm , b) v rozlišení 100 μm [SEM TUL]	70
Obrázek 52: Makro struktura vzorku JV [autor]	70
Obrázek 53: Struktura vzorku KV, v rozlišení a) 100 μm , b) 100 μm [SEM TUL]	71
Obrázek 54: Makro snímek vzorku KV [autor]	72
Obrázek 55: Struktura vzorku MV, v rozlišení a) 100 μm , b) 100 μm [SEM TUL]	73
Obrázek 56: Ukázka vzorku MV a) po vyjmutí z formy b) po řezu vodní pilou [autor].....	73
Obrázek 57: Struktura vzorku NV, a) v rozlišení 10 μm , b) v rozlišení 200 μm [SEM TUL]	74
Obrázek 58: Makro snímek vzorku NV [autor]	75
Obrázek 59: Struktura vzorku OV, v rozlišení a) 100 μm , b) 100 μm [SEM TUL]	76
Obrázek 60: Makro snímek vzorku OV [autor]	76
Obrázek 61: Struktura vzorku P, a) v rozlišení 100 μm , b) v rozlišení 100 μm [SEM TUL]..	77
Obrázek 62: Makro snímek vzorku PV [autor]	78
Obrázek 63: Struktura vzorku RV, v rozlišení a) 100 μm , b) 100 μm [SEM TUL]	79
Obrázek 64: Makro snímek vzorku RV [autor]	79
Obrázek 65: Struktura vzorku SV, a) v rozlišení 100 μm , b) v rozlišení 100 μm [SEM TUL]	80
Obrázek 66: Makro snímek vzorku SV [autor]	81
Obrázek 67: Struktura vzorku TV, a) v rozlišení 100 μm , b) v rozlišení 100 μm [SEM TUL]	82
Obrázek 68: Makro snímek vzorku TV [autor].....	82
Obrázek 69: Struktura vzorku UV, a) v rozlišení 100 μm , b) v rozlišení 10 μm [SEM TUL]	83
Obrázek 70: Makro snímek vzorku UV [autor]	84
Obrázek 71: Struktura vzorku WV, v rozlišení a) 100 μm , b) 100 μm [SEM TUL]	85
Obrázek 72: Makro snímek vzorku WV [autor]	85
Obrázek 73: Struktura vzorku XV, v rozlišení a) 100 μm , b) 200 μm [SEM TUL]	86
Obrázek 74: Makro snímek vzorku XV [autor]	86
Obrázek 75: Struktura vzorku XV1, v rozlišení a) 100 μm , b) 100 μm [SEM TUL]	87
Obrázek 76: Makro snímek vzorku XV1 a) řez b) lom [autor].....	88
Obrázek 77: Struktura vzorku XV3, a v rozlišení) 100 μm , b) 100 μm [SEM TUL]	89
Obrázek 78: Makro snímek vzorku XV3 a) řez b) lom [autor].....	89
Obrázek 79: Struktura vzorku YV, v rozlišení a) 100 μm , b) 100 μm [SEM TUL]	90
Obrázek 80: Makro snímek vzorku YV a) řez b) odformovaný vzorek [autor]	91
Obrázek 81: Struktura vzorku YV1, v rozlišení a) 10 μm , b) 100 μm [SEM TUL]	92
Obrázek 82: Makro snímek vzorku YV1 [autor]	92
Obrázek 83: Struktura vzorku YV2, v rozlišení a) 10 μm , b) 100 μm [SEM TUL]	93
Obrázek 84: Makro snímek vzorku YV2 [autor]	94
Obrázek 85: Struktura vzorku YV3, v rozlišení a) 10 μm , b) 100 μm [SEM TUL]	95
Obrázek 86: Makro snímek vzorku YV3 a) řez b) odformovaný vzorek [autor]	95
Obrázek 87: Struktura vzorku YV4, v rozlišení a) 100 μm , b) 200 μm [SEM TUL]	96

Obrázek 88: Makro snímek vzorku YV4 [autor]	97
Obrázek 89: Struktura vzorku C1V, v rozlišení a) 20 μm , b) 200 μm [SEM TUL]	98
Obrázek 90: Makro snímek vzorku CV1 [autor]	98
Obrázek 91: Struktura vzorku CV2, v rozlišení a) 100 μm , b) 100 μm [SEM TUL]	99
Obrázek 92: Makro snímek vzorku CV2 [autor]	100
Obrázek 93: Struktura vzorku CV3, a) v rozlišení 100 μm , b) v rozlišení 100 μm [SEM TUL]	101
Obrázek 94: Makro snímek vzorku CV3 [autor]	101
Obrázek 95: a) v rozlišení 100 μm , struktura vzorku 0.1 KM a b) 200 μm , struktura vzorku 0.1 K [SEM TUL]	102
Obrázek 96: Makro snímek vzorku 0.1 K a) řez, b) vlevo neseříznutá strana, vpravo seříznutá strana vzorku,	103
Obrázek 97: Struktura vzorků v rozlišení a) 200 μm , b) 10 μm c) 100 μm [SEM TUL].....	104
Obrázek 98: Makro snímek vzorku 0.2 V a) řez b) lom c) vzorek 0.2 V M [autor]	104
Obrázek 99: Makro snímek a) vzorku 0.1 K, b) vzorku 0.2 V [autor].....	105
Obrázek 100: Makro snímek a) vzorku 4.1V b) vzorku 3.1K [autor].....	106
Obrázek 101: Struktura vzorku 7 V, a) v rozlišení 100 μm , b) v rozlišení 10 μm [SEM TUL]	107
Obrázek 102: Makro snímek vzorku 7V a) řez, b) odformovaný vzorek [autor]	108
Obrázek 103: Struktura vzorku 7.1V, v rozlišení a) 100 μm , b) 100 μm [SEM TUL].....	109
Obrázek 104: Makrosnímek vzorku 7.1 V [autor]	109
Obrázek 105: Makrosnímek vzorku 8 K, [autor]	110
Obrázek 106: Struktura vzorku 9 V v rozlišení a) 200 μm , b) 10 μm [SEM TUL]	111
Obrázek 107: Makrosnímek vzorku 9 V [autor]	111
Obrázek 108: Makro snímek vzorku a) 3K b) 2V [autor].....	113
Obrázek 109: Makro snímek vzorku a) 22K b) 23V c) 24K [autor].....	114
Obrázek 110: Netzsch, model HFM436 Lambda [autor].....	115
Obrázek 111: Operační systém přístroje Netzsch HFM436 Lambda [19]	115
Obrázek 112: Vzorky připravené na mechanické zkoušky	118
Obrázek 113: Mechanické zkoušky. a) Zkouška pevnosti v ohybu, b) Zkouška pevnosti v tlaku	118
Obrázek 114: a) terčíky b) vzorky c) SEM	122
Obrázek 115: Impedanční trubice Brüel & Kjaer typ 4206 [88].....	122
Obrázek 116: Vzorky na měření akustické pohltivosti [autor]	123

Seznam tabulek

Tabulka 1: Ukázka působení různých činností hluku v dB [24, 29, 62]	30
Tabulka 2: Oktávová a třetinooktávová pásma [30, 73]	32
Tabulka 3: Klasifikace zvukové pohltivosti podle ČSN EN ISO 11654	33
Tabulka 4: Hodnoty činitele pohltivosti zvuku α [-] vybraných povrchů a konstrukcí [37]....	33
Tabulka 5: Limity pro chráněný venkovní prostor staveb [79].....	36
Tabulka 6: Chemická analýzy Mikrosférky ze SEM	44
Tabulka 7: Chemická analýza šamotu.....	46
Tabulka 8: Chemické složení a velikost hliníkového prášku	48
Tabulka 9: Složení vzorku AV.....	57
Tabulka 10: Naměřené hodnoty λ , ρ , R_{mt} a R_{mo} vzorku AV	57
Tabulka 11: Naměřené akustické pohltivosti vzorku AV	57
Tabulka 12: Složení vzorku CV	59
Tabulka 13: Naměřené hodnoty λ , ρ , R_{mt} a R_{mo} vzorku CV	59
Tabulka 14: Naměřené akustické pohltivosti vzorku CV	59
Tabulka 15: Složení vzorku DV.....	60
Tabulka 16: Naměřené hodnoty λ , ρ , R_{mt} a R_{mo} vzorku DV	60
Tabulka 17: Naměřené akustické pohltivosti vzorku DV	60
Tabulka 18: Složení vzorku EV	62
Tabulka 19: Naměřené hodnoty λ , ρ , R_{mt} a R_{mo} vzorku EV	62
Tabulka 20: Naměřené akustické pohltivosti vzorku EV.....	62
Tabulka 21: Složení vzorku FV	63
Tabulka 22: Naměřené hodnoty λ , ρ , R_{mt} a R_{mo} vzorku FV.....	63
Tabulka 23: Naměřené akustické pohltivosti vzorku FV	64
Tabulka 24: Složení vzorku GV.....	65
Tabulka 25: Naměřené hodnoty λ , ρ , R_{mt} a R_{mo} vzorku GV.....	65
Tabulka 26: Naměřené akustické pohltivosti vzorku GV	65
Tabulka 27: Složení vzorku HV.....	66
Tabulka 28: Naměřené hodnoty λ , ρ , R_{mt} a R_{mo} vzorku HV	66
Tabulka 29: Naměřené akustické pohltivosti vzorku HV	66
Tabulka 30: Složení vzorku IV	68
Tabulka 31: Naměřené hodnoty λ , měrná hustota ρ vzorku IV	68
Tabulka 32: Naměřené akustické pohltivosti vzorku IV	68
Tabulka 33: Složení vzorku JV	69
Tabulka 34: Naměřené hodnoty λ , měrná hustota ρ vzorku JV	69
Tabulka 35: Naměřené akustické pohltivosti vzorku JV	69
Tabulka 36: Složení vzorku KV.....	71
Tabulka 37: měrná hustota ρ vzorku KV	71
Tabulka 38: Naměřené akustické pohltivosti vzorku KV	71
Tabulka 39: Složení vzorku MV	72
Tabulka 40: Naměřené hodnoty λ , ρ , R_{mt} a R_{mo} vzorku MV	72
Tabulka 41: Naměřené akustické pohltivosti vzorku MV	72
Tabulka 42: Složení vzorku NV.....	74
Tabulka 43: Naměřené hodnoty λ , ρ , R_{mt} a R_{mo} vzorku NV.....	74
Tabulka 44: Naměřené akustické pohltivosti vzorku NV	74

Tabulka 45: Složení vzorku OV	75
Tabulka 46: Naměřené hodnoty ρ , R_{mt} a R_{mo} vzorku OV	75
Tabulka 47: Naměřené akustické pohltivosti vzorku OV	75
Tabulka 48: Složení vzorku PV	77
Tabulka 49: Naměřené hodnoty λ , ρ , R_{mt} a R_{mo} vzorku PV	77
Tabulka 50: Naměřené akustické pohltivosti vzorku PV	77
Tabulka 51: Složení vzorku RV	78
Tabulka 52 : Naměřené hodnoty λ , ρ , R_{mt} a R_{mo} vzorku RV	78
Tabulka 53: Naměřené akustické pohltivosti vzorku RV	79
Tabulka 54: Složení vzorku SV	80
Tabulka 55: Naměřené hodnoty λ , ρ , R_{mt} a R_{mo} vzorku SV	80
Tabulka 56: Naměřené akustické pohltivosti vzorku SV	80
Tabulka 57: Složení vzorku TV	81
Tabulka 58: Naměřené hodnoty λ , ρ , R_{mt} a R_{mo} vzorku TV	81
Tabulka 59: Naměřené akustické pohltivosti vzorku TV	81
Tabulka 60: Složení vzorku UV	83
Tabulka 61: Naměřené hodnoty λ , ρ , R_{mt} a R_{mo} vzorku UV	83
Tabulka 62: Naměřené akustické pohltivosti vzorku UV	83
Tabulka 63: Složení vzorku WV	84
Tabulka 64: Naměřené hodnoty λ , ρ , pevnost v tlaku a pevnost v ohyb vzorku WV	84
Tabulka 65: Naměřené akustické pohltivosti vzorku WV	84
Tabulka 66: Složení vzorku XV	85
Tabulka 67: Naměřené hodnoty ρ , R_{mt} a R_{mo} vzorku XV	86
Tabulka 68: Naměřené akustické pohltivosti vzorku XV	86
Tabulka 69: Složení vzorku XV1	87
Tabulka 70: Naměřené hodnoty ρ , R_{mt} a R_{mo} vzorku XV1	87
Tabulka 71: Naměřené akustické pohltivosti vzorku XV1	87
Tabulka 72: Složení vzorku XV3	88
Tabulka 73: Naměřené hodnoty λ , ρ , R_{mt} a R_{mo} vzorku XV3	88
Tabulka 74: Naměřené akustické pohltivosti vzorku XV3	89
Tabulka 75: Složení vzorku YV	90
Tabulka 76: Naměřené hodnoty ρ , R_{mt} a R_{mo} vzorku YV	90
Tabulka 77: Naměřené akustické pohltivosti vzorku YV	90
Tabulka 78: Složení vzorku YV1	91
Tabulka 79: Naměřené hodnoty měrné hustoty, pevnost v tlaku a pevnost v ohybu vzorku YV1	91
Tabulka 80: Naměřené akustické pohltivosti vzorku YV1	92
Tabulka 81: Složení vzorku YV2	93
Tabulka 82: Měrná hustota ρ , pevnost v tlaku R_{mt} a pevnosti v ohybu R_{mo} vzorku YV2	93
Tabulka 83: Naměřené akustické pohltivosti vzorku YV2	93
Tabulka 84: Složení vzorku YV3	94
Tabulka 85: Naměřené hodnoty měrné hustoty ρ , pevnosti v tlaku R_{mt} a pevnosti v ohybu R_{mo} vzorku YV3	94
Tabulka 86: Naměřené akustické pohltivosti vzorku YV3	94
Tabulka 87: Složení vzorku YV4	96
Tabulka 88: Naměřené hodnoty , měrná hustota ρ , pevnost v tlaku R_{mt} a pevnosti v ohybu R_{mo} vzorku YV4	96

Tabulka 89: Naměřené akustické pohltivosti vzorku YV4	96
Tabulka 90: Složení vzorku C1V	97
Tabulka 91: Naměřené hodnoty ρ , pevnost v tlaku a pevnost v ohyb vzorku C1V	97
Tabulka 92: Naměřené akustické pohltivosti vzorku C1V	97
Tabulka 93: Složení vzorku C2V	99
Tabulka 94: Naměřené hodnoty ρ , Rmt a Rmo vzorku C2V	99
Tabulka 95: Naměřené akustické pohltivosti vzorku C2V	99
Tabulka 96: Složení vzorku C3V	100
Tabulka 97: Naměřené hodnoty ρ , Rmt a Rmo vzorku C3V	100
Tabulka 98: Naměřené akustické pohltivosti vzorku C3V	100
Tabulka 99: Složení vzorku 0.1K a 0.1KM	102
Tabulka 100: Naměřené hodnoty λ , ρ , Rmt a Rmo vzorku 0,1K a 0.1KM.....	102
Tabulka 101: Naměřené akustické pohltivosti vzorku 0.1 K	102
Tabulka 102: Složení vzorku 0.2 V	103
Tabulka 103: Naměřené hodnoty λ , ρ , Rmt a Rmo vzorku 0.2 V	103
Tabulka 104: Naměřené akustické pohltivosti vzorku 0.2 V	104
Tabulka 105: Složení vzorku 3.1K a 4.1V	105
Tabulka 106: Naměřené hodnoty λ , ρ , Rmt a Rmo vzorku 4.1V	106
Tabulka 107: Naměřené akustické pohltivosti vzorku 3.1K a 4.1V	106
Tabulka 108: Složení vzorku 7 V	107
Tabulka 109: Naměřené hodnoty λ , ρ , Rmt a Rmo vzorku 7V	107
Tabulka 110: Naměřené akustické pohltivosti vzorku 7 V	107
Tabulka 111: Složení vzorku 7.1 V	108
Tabulka 112: Naměřené hodnoty ρ , pevnost v tlaku a pevnost v ohyb vzorku 7.1 V.....	108
Tabulka 113: Naměřené akustické pohltivosti vzorku 7.1 V	108
Tabulka 114 : Složení vzorku 8 K.....	109
Tabulka 115: Naměřené akustické pohltivosti vzorku 8 K	110
Tabulka 116: Složení vzorku 9 V	110
Tabulka 117: Naměřené hodnoty ρ , Rmt a Rmo vzorku 9V	110
Tabulka 118: Naměřené akustické pohltivosti vzorku 9 V	111
Tabulka 119: Složení vzorku 1K a 2V	112
Tabulka 120: Složení vzorku 3K a 4V	112
Tabulka 121: Složení vzorku 5K a 6V	112
Tabulka 122: Naměřené akustické pohltivosti vzorku 3 K	112
Tabulka 123: Složení vzorku BV, 22K, 23V, 24K	113
Tabulka 124: Naměřené hodnoty λ , ρ , pevnost v tlaku a pevnost v ohyb vzorků BV, 22K, 23V a 24K	113
Tabulka 125: Naměřené akustické pohltivosti vzorků BV, 22K, 23V a 24K	114
Tabulka 126: Složení kompozitů s plnivem konopí	124
Tabulka 127: Přehled složení vzorků s plnivem z firmy Ciur a. s.	136
Tabulka 128: Přehled složení vzorků s plnivem len	146
Tabulka 129: Přehled složení vzorků s plnivem Keramzit	154
Tabulka 130: Přehled složení vzorků s plnivem Papír	162
Tabulka 131: Přehled složení vzorků s plnivem Kočkolit	172
Tabulka 132: Přehled složení vzorků s plnivem Mikrosférka, Šamot	180

Seznam grafů

Graf 1: Tepelná vodivost naměřených vzorků	116
Graf 2: Průběh naměřených funkcí závislosti tepelné vodivosti na hustotě vzorků	117
Graf 3: Porovnání Pevnosti v ohybu R_{mo} a tlaku R_{mt} [MPa].....	119
Graf 4: Pevnost v tlaku R_{mt} [MPa].....	120
Graf 5: Pevnost v ohybu R_{mo} [MPa].....	120
Graf 6: Pevnost v ohybu R_{mo} [MPa].....	121
Graf 7: Pevnost v ohybu R_{mo} [MPa].....	121
Graf 8: α [-] pro vzorky h 25 mm.....	125
Graf 9: α [-] pro vzorky h 50 mm.....	125
Graf 10: α [-] pro vzorky h 75 mm.....	126
Graf 11: Vzorky konopí h 25 mm a) 160 Hz, b) 200 Hz, c) 250 Hz, d) 315 Hz, e) 400 Hz, f) 500 Hz, g) 630 Hz, h) 800 Hz, i) 1000 Hz, j) 1250 Hz, j) 1600 Hz	127
Graf 12: Vzorky konopí h 50 mm a) 160 Hz, b) 200 Hz, c) 250 Hz, d) 315 Hz, e) 400 Hz, f) 500 Hz, g) 630 Hz, h) 800 Hz, i) 1000 Hz, j) 1250 Hz, j) 1600 Hz	128
Graf 13: Vzorky konopí h 75 mm a) 160 Hz, b) 200 Hz, c) 250 Hz, d) 315 Hz, e) 400 Hz, f) 500 Hz, g) 630 Hz, h) 800 Hz, i) 1000 Hz, j) 1250 Hz, j) 1600 Hz	130
Graf 14: α [-], vzorek DV.....	131
Graf 15: α [-], vzorek EV	131
Graf 16: α [-], vzorek FV	132
Graf 17: α [-], vzorek GV.....	132
Graf 18: α [-], vzorek 7.1V.....	133
Graf 19: α [-], vzorek MV	133
Graf 20: α [-], vzorek NV.....	134
Graf 21: α [-], vzorek OV.....	134
Graf 22: α [-], vzorek AV.....	135
Graf 23: α [-] pro vzorky h 25 mm.....	136
Graf 24: α [-] pro vzorky h 50 mm.....	137
Graf 25: α [-] pro vzorky h 75 mm.....	137
Graf 26: Vzorky Ciur h 25 mm a) 160 Hz, b) 200 Hz, c) 250 Hz, d) 315 Hz, e) 400 Hz, f) 500 Hz, g) 630 Hz,	139
Graf 27: Vzorky Ciur h 50 mm a) 160 Hz, b) 200 Hz, c) 250 Hz, d) 315 Hz, e) 400 Hz, f) 500 Hz, g) 630 Hz, h) 800 Hz, i) 1000 Hz, j) 1250 Hz, j) 1600 Hz	140
Graf 28: Vzorky Ciur h 75 mm a) 160 Hz, b) 200 Hz, c) 250 Hz, d) 315 Hz, e) 400 Hz, f) 500 Hz, g) 630 Hz, h) 800 Hz, i) 1000 Hz, j) 1250 Hz, j) 1600 Hz	141
Graf 29: α [-] pro vzorek HV	142
Graf 30: α [-] pro vzorek IV	142
Graf 31: α [-] pro vzorek JV.....	143
Graf 32: α [-] pro vzorek KV	143
Graf 33: α [-] pro vzorek 9V	144
Graf 34: α [-] pro vzorek 7V	144
Graf 35: α [-] pro vzorek 8V	145
Graf 36: α [-] pro vzorek 3K	145
Graf 37: α [-] pro vzorky lnu h 25 mm.....	146
Graf 38: α [-] pro vzorky lnu, h 50 mm.....	147

Graf 39: α [-] pro vzorky lnu, h 75 mm.....	147
Graf 40: Vzorky Lnu h 25 mm a) 160 Hz, b) 200 Hz, c) 250 Hz, d) 315 Hz, e) 400 Hz, f) 500 Hz, g) 630 Hz, h) 800 Hz, i) 1000 Hz, j) 1250 Hz, j) 1600 Hz	149
Graf 41: Vzorky Lnu h 50 mm a) 160 Hz, b) 200 Hz, c) 250 Hz, d) 315 Hz, e) 400 Hz, f) 500 Hz, g) 630 Hz, h) 800 Hz, i) 1000 Hz, j) 1250 Hz, j) 1600 Hz	150
Graf 42: Vzorky Lnu h 75 mm a) 160 Hz, b) 200 Hz, c) 250 Hz, d) 315 Hz, e) 400 Hz, f) 500 Hz, g) 630 Hz, h) 800 Hz, i) 1000 Hz, j) 1250 Hz, j) 1600 Hz	151
Graf 43: α [-] pro vzorek C1V.....	152
Graf 44: α [-] pro vzorek C2V.....	152
Graf 45: α [-] pro vzorek C3V.....	153
Graf 46: α [-] pro vzorek CV.....	153
Graf 47: α [-] pro vzorky h 25 mm.....	154
Graf 48: α [-] pro vzorky h 50 mm.....	155
Graf 49: α [-] pro vzorky h 75 mm.....	155
Graf 50: Vzorky Keramzit h 25 mm a) 160 Hz, b) 200 Hz, c) 250 Hz, d) 315 Hz, e) 400 Hz, f) 500 Hz, g) 630 Hz, h) 800 Hz, i) 1000 Hz, j) 1250 Hz, j) 1600 Hz	157
Graf 51: Vzorky Keramzit, h 50 mm a) 160 Hz, b) 200 Hz, c) 250 Hz, d) 315 Hz, e) 400 Hz, f) 500 Hz, g) 630 Hz, h) 800 Hz, i) 1000 Hz, j) 1250 Hz, j) 1600 Hz	158
Graf 52: Vzorky Keramzit 75 mm a) 160 Hz, b) 200 Hz, c) 250 Hz, d) 315 Hz, e) 400 Hz, f) 500 Hz, g) 630 Hz, h) 800 Hz, i) 1000 Hz, j) 1250 Hz, j) 1600 Hz	159
Graf 53: α [-] pro vzorek SV	160
Graf 54: α [-] pro vzorek TV	160
Graf 55: α [-] pro vzorek UV	161
Graf 56: α [-] pro vzorek YV	161
Graf 57: α [-] pro vzorek XV	162
Graf 58: α [-] pro vzorky h 25 mm.....	163
Graf 59: α [-] pro vzorky h 75 mm.....	163
Graf 60: α [-] pro vzorky h 75 mm.....	164
Graf 61: Vzorky Papír, h 25 mm a) 160 Hz, b) 200 Hz, c) 250 Hz, d) 315 Hz, e) 400 Hz, f) 500 Hz, g) 630 Hz, h) 800 Hz, i) 1000 Hz, j) 1250 Hz, j) 1600 Hz	165
Graf 62: Vzorky Papír h 50 mm a) 160 Hz, b) 200 Hz, c) 250 Hz, d) 315 Hz, e) 400 Hz, f) 500 Hz, g) 630 Hz, h) 800 Hz, i) 1000 Hz, j) 1250 Hz, j) 1600 Hz	166
Graf 63: Vzorky papír h 75 mm a) 160 Hz, b) 200 Hz, c) 250 Hz, d) 315 Hz, e) 400 Hz, f) 500 Hz, g) 630 Hz, h) 800 Hz, i) 1000 Hz, j) 1250 Hz, j) 1600 Hz	168
Graf 64: α [-] pro vzorek XV	168
Graf 65: α [-] pro vzorek XV1	169
Graf 66: α [-] pro vzorek XV3	169
Graf 67: α [-] pro vzorek YV	170
Graf 68: α [-] pro vzorek YV1	170
Graf 69: α [-] pro vzorek YV2	171
Graf 70: α [-] pro vzorek YV3	171
Graf 71: α [-] pro vzorek YV4	172
Graf 72: α [-] pro vzorky h 25 mm.....	173
Graf 73: α [-] pro vzorky h 50 mm.....	173
Graf 74: α [-] pro vzorky h 75 mm.....	174
Graf 75: Vzorky Kočkolit h 25 mm a) 160 Hz, b) 200 Hz, c) 250 Hz, d) 315 Hz, e) 400 Hz, f) 500 Hz, g) 630 Hz, h) 800 Hz, i) 1000 Hz, j) 1250 Hz, j) 1600 Hz	175

Graf 76: Vzorky Kočkolit, h 50 mm a) 160 Hz, b) 200 Hz, c) 250 Hz, d) 315 Hz, e) 400 Hz, f) 500 Hz, g) 630 Hz, h) 800 Hz, i) 1000 Hz, j) 1250 Hz, j) 1600 Hz	176
Graf 77: Vzorky Kočkolit, h 75 mm a) 160 Hz, b) 200 Hz, c) 250 Hz, d) 315 Hz, e) 400 Hz, f) 500 Hz, g) 630 Hz, h) 800 Hz, i) 1000 Hz, j) 1250 Hz, j) 1600 Hz	178
Graf 78: α [-] pro vzorek WV	178
Graf 79: α [-] pro vzorek CV2.....	179
Graf 80: α [-] pro vzorek CV	179
Graf 81: α [-] pro vzorky h 25 mm.....	180
Graf 82: α [-] pro vzorky h 50 mm.....	181
Graf 83: α [-] pro vzorky h 75 mm.....	181
Graf 84: Vzorky mikrosférka a šamot, h 25 mm a) 160 Hz, b) 200 Hz, c) 250 Hz, d) 315 Hz, e) 400 Hz, f) 500 Hz, g) 630 Hz, h) 800 Hz, i) 1000 Hz, j) 1250 Hz, j) 1600 Hz	183
Graf 85: Vzorky mikrosférka a šamot t, h 50 mm a) 160 Hz, b) 200 Hz, c) 250 Hz, d) 315 Hz, e) 400 Hz, f) 500 Hz, g) 630 Hz, h) 800 Hz, i) 1000 Hz, j) 1250 Hz, j) 1600 Hz	184
Graf 86Graf 85: Vzorky mikrosférka a šamot t, h 75 mm a) 160 Hz, b) 200 Hz, c) 250 Hz, d) 315 Hz, e) 400 Hz, f) 500 Hz, g) 630 Hz, h) 800 Hz, i) 1000 Hz, j) 1250 Hz, j) 1600 Hz....	185
Graf 87: α [-] pro vzorek PV	186
Graf 88: α [-] pro vzorek RV	186
Graf 89: α [-] pro vzorky h 25 mm.....	187
Graf 90: α [-] pro vzorek BV	188
Graf 91: Vzorky o h 25, všech frekvencí KEZ TUL.....	188

1. Úvod

V dnešní době, s rozvojem průmyslu a moderních technologií je všude kolem nás poměrně velká hluková zátěž. Ta, i když si to někdy ani neuvědomujeme, neblaze působí na náš organismus, jak po fyzické, tak i duševní stránce. Z tohoto důvodu se lidská společnost ve vyspělých zemích snaží tento hluk eliminovat různými novými materiály, konstrukcemi a výrobky. Například formou zvukových izolací nebo protihlukovými bariérami. Tato zátěž má poměrně velký dopad na naše zdraví, hlavně při dlouhodobém působení, nebo velmi krátkém, ale intenzivním.

Cílem této práce byl návrh implementace a testování optimálního geopolymerního materiálu pro zlepšení fyzikálních vlastností geopolymerních kompozitů, jako je například zvuková vodivost. Vyhodnocením chování geopolymerních kompozitů, zvukové pohltivosti a dále zjištěním např. jejich optimálních izolačních vlastností, tepelných vlastností a vlastností akustických. Dále se jedná o vliv mikrovláken na akustické vlastnosti geopolymerních pěn a betonů vytvrzováním při pokojové teplotě.

Výzkum je zaměřen na hodnocení vybraných vlastností geosilikátů, a to jak po stránce fyzikálních, tak i některých mechanických vlastností. Byly vytvořeny geopolymerní vzorky s různými plnivy a zkoumány jejich vybrané mechanické a akustické vlastnosti. Následující experimentální postupy jsou směřovány také na výzkum a hodnocení jednotlivých zastoupení poměrů plniv. Byly zkoumány rozdíly mezi jednotlivými recepturami a vlastností těchto kompozitů. Zároveň byly sledovány metodiky hodnocení jednotlivých zkoumaných vlastností. Byly sledována změna chování geopolymerního na změnu struktury chemického složení, způsob přípravy geopolymerních vzorků a jejich následná odezva ve fyzikálních vlastnostech. Vzorky z různých směsí byly mezi sebou porovnány, aby se následně mohl posoudit vliv sledovaného faktoru. Popis přípravy vzorků, materiálů a provedených zkoušek na jejich tepelné vlastnosti a akustickou pohltivost byly následně zpracovány a vyhodnoceny pro širší využití.

2. Cíle práce a teze

Teze: Geopolymerní kompozity jsou vhodnými materiály pro akustické stínění hluku a výrobu protihlukových stěn.

Cíle práce:

- Teoretické seznámení s problematikou akustické pohltivosti materiálu
- Výběr vhodné metodiky měření
- Výroba vzorků k experimentálnímu měření
- Návrh optimálního složení materiálu na výrobu protihlukové stěny.

3. TEORETICKÁ ČÁST

3.1 Historie geosilikátů

Základ vědeckého výzkumu alkalické aktivace různých hlinitokřemičitanů dal Victor Glukhovskiy z Kyjeva, který svůj dlouhodobý výzkum předložil roku 1957. Díky jeho rozsáhlé výzkumné činnosti dal základ novému vědnímu oboru, v němž se mu podařilo začlenit i odpadní suroviny ve vývoji zcela nových materiálů [1].

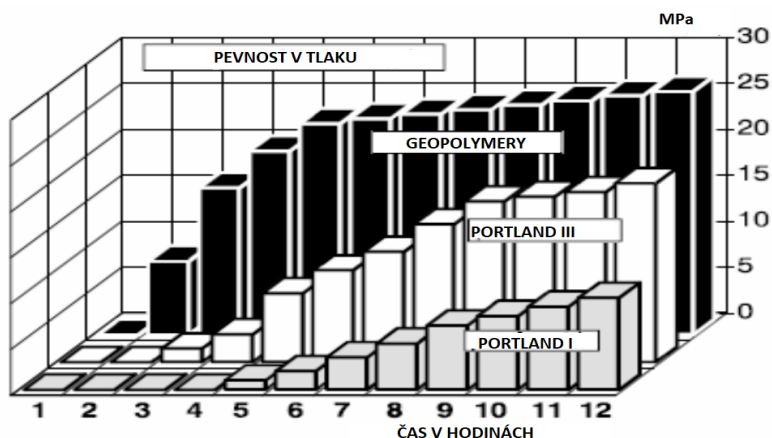
Materiály, které vznikly výzkumem Glukhovského nazval „gruntosilikáty“, později jako „geosilikáty“ („Soil-cement“). Glukhovský pro svůj výzkum v procesu alkalické aktivace využíval přírodní materiály – hlinitokřemičité zeminy a průmyslové odpady bohaté na alkálie, což je základem geosilikátů [2].

Objev nové třídy anorganických materiálů, geopolymerních pryskyřic, pojiv, cementů a betonů, vedl k širokému vědeckému zájmu. Velký rozvoj v oblasti alkalicky-aktivovaných materiálů (AAM) nastartoval v roce 1972 profesor J. Davidovits z Francie v Cordi-Geopolymere research laboratory v Saint Quentin, kde je také od roku 1979 ředitelem Geopolymer Institutu. Davidovits vycházel z prací Borcherta, Howela a Olsena a jeho následníka Berga. Davidovits je světovým odborníkem v oblasti nízkoteplotní geosyntézy, ale i vědeckým odborníkem v archeologii. Práce a výzkum Davidovitse vedly k rychlému rozvoji AAM a jejich četným aplikacím. Geopolymery dostali své jméno v roce 1979, kdy Joseph Davidovich označil alkalicky aktivované aluminosilikáty jako Geopolymery, chemie geopolymeryzace. Je držitelem více jak 50 patentů. [2, 3, 6, 69].

Geopolymery jsou definovány jako alkalicky aktivované aluminosilikáty ve formě metakaolinu, popílku, vysokopeční strusky a dalších složek. Minerální polymery vznikající geosyntézou. Skládají se z řetězců nebo sítí minerálních molekul spojených kovalentními vazbami. Surovinami jsou převážně nerosty geologického původu, z čehož i vychází název "geopolymer". „Zahrnují několik molekulárních jednotek, například: silikoxid (Na, K) - (- Si-O-Si-O-) pro (Na, K) - poly (silikát) nebo (Na, K) -poly (siloxonát), křeminičitan (Na, K) - (- Si-O-Al-O-) pro (Na, K) -poly (sialat), ferosilikanitan (Na, K) - (- Fe-O-Si) -O-Al-O-) nebo (Na, K) -poly (ferosilát), alumino-fosfát (-Al-OPO-) pro poly (alumino-fosfát), vytvořený v procesu geopolymeryzace“ [2, 4, , 38, 69].

V dnešní době se po celém světě zvyšuje poptávka po betonu, což znamená zvýšenou výrobu portlandského cementu, avšak nevýhodou portlandského cementu je, že z výroby 1 tuny zároveň vzniká exhalace 1- 1,2 tuny CO₂. Například jen v České republice výrobou cementu vzniklo v roce 2018 srovnatelné množství celkových emisí skleníkových plynů se středně velkou uhelnou elektrárnou (2,7 %), tedy přibližně 3,8 miliónů tun CO₂. Beton, jako nejčastěji používaný stavební materiál přispívá 5 % k celkovým emisím CO₂ v Evropě. Při započtení oceli v železobetonu je to pak 9 %. Oxid uhličitý z chemické reakce při výrobě betonu není prakticky možné snížit. Vzniká při zahřívání vápence CaCO₃ a jílu a zároveň spalováním uhlí či plynu při zahřívání vápence [7, 70]. Tato

skutečnost vede i k výzkumu použití nových materiálů jako ekologičtější a k ochraně přírody šetrnější cesta k částečnému nahrazení výroby portlandského cementu. Vzhledem k ekologičtější výrobě geopolymerních kompozitů je vhodné uvažovat jako možnost řešení nahrazení betonu geopolymery. Je to ekologičtější a šetrnější alternativa k naší planetě. Na obrázku č. 1 je ukázka porovnání jedné z vlastností geopolymery a portlandského cementu z pohledu pevnosti v tlaku. Výhodou geopolymery není tedy pouze, že je šetrnější k ekologii, ale dosahuje lepších parametrů i v jiných vlastnostech pro použití v praxi [37, 42].



Obrázek 1: Porovnání Rmt geopolymery a portlandského cementu [37]

Geopolymerní kompozity jsou známy také svojí vysokou pevností a odolností proti žáru, a to až do teploty 1200 °C, po dobu až 60 min v závislosti na jejich druhu a množství plniv. Beton, oproti geopolymery začíná ztrácet svou pevnost a odolnost proti žáru zhruba při 500 °C. V současné době jsou geopolymery podrobovány vývoji a výzkumu skoro po celém světě se zaměřením hlavně na využití odpadových materiálů [2, 3, 7, 38, 44].

3.2 Základní vlastnosti geopolymery

„Významný vliv na proces alkalické aktivace a na výsledný materiál má druh alkalického aktivátoru a koncentrace alkálií. Aktivátorem lze velkou měrou ovlivňovat rychlost tuhnutí i nárůst pevnosti“ [5]. Není však vhodné používat vyšší procento koncentrace alkálií, jelikož roste nebezpečnost v důsledku vyšší alkality roztoku i když rostou rozpouštěcí schopnosti aktivátoru. „Z tohoto důvodu se jeví jako výhodnější využívat menší koncentrace alkálií v kombinaci s roztokem křemičitanů“ [5].

Geopolymery vyráběné v Českých lupkových závodech a.s. jsou „anorganická, dvousložková, hlinitokřemičitá pojiva aktivovaná alkalickým aktivátorem splňujícím certifikaci ISO 9001:2000. Vzniklý amorfni řetězec je chemicky a strukturálně srovnatelný s přírodní horninou“ [5].

Výsledná struktura geopolymerního kompozitu je ovlivněna použitými plnivý, chemickým složením základní suroviny a poměrem Si/Al, který udává výsledný typ sítě vytvořené v geopolymery. Na složení geopolymery má také vliv, že zdrojem křemíku je roztok křemičitanu v alkalickém roztoku a použité základní suroviny nemají stejně reaktivní křemík. Další faktory, které mají vliv na průběh tvrdnutí a tuhnutí je měrný povrch základního materiálu neboli jeho jemnost a voda která při reakci ve fázi polykondenzace ovlivňuje výsledné fyzikální vlastnosti kompozitu snížením pevnosti [6].

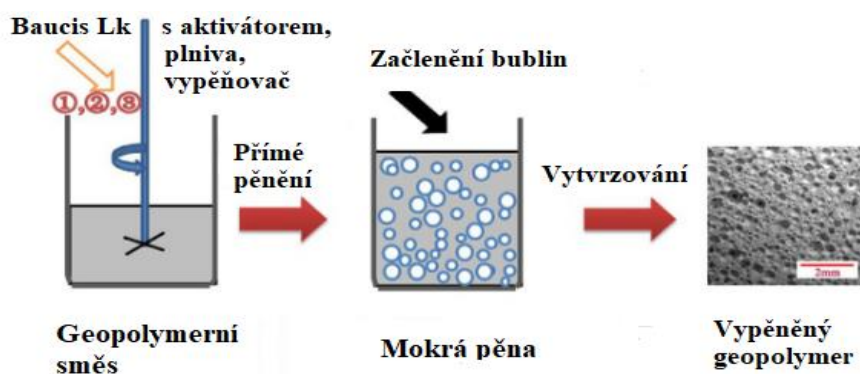
Dalším z činitelů, je použití alkalického aktivátoru Na^+ nebo K^+ , které ovlivňují pevnost výsledného kompozitu. Aluminosilikát lépe rozpouští Na^+ . Má menší iontový poloměr a tím je v reakcích více aktivnější než K^+ . Zkoumáním přírodních aluminosilikátů aktivovaných buď NaOH , nebo KOH se zabývali Xu a van Deventer, kteří tuto teorii ve své studii potvrdili [6, 7].

3.2.1 Plné geopolymery

Vzorky tohoto typu geopolymery jsou kompaktní neboli plné. Vlastnosti udávané dodavatelem zmiňují jejich vysokou pevnost a chemickou odolnost k agresivnímu prostředí. Pevnost v tlaku výrobcem udávána po 28 dnech minimálně 60 MPa, závisí však na podílu a typu plniva. Pevnost v tahu ohybem je první den min. 3 MPa, 28. den min. 11 MPa, 7. den min. 7 MPa vždy v závislosti na podílu a typu plniva. Tento materiál má také velmi dobrou odolnost proti teplotním změnám. Smrštění po vyžehání se udává při 1000 °C maximálně 2,0 % [5]. Rozdíl mezi plnými geopolimery oproti vypěněným je, že jsou znatelně těžší a pevnější. Jejich měrná hmotnost za sucha se pohybuje kolem 1700-1800 kg/m³.

3.2.2 Vypěněné geopolymery

Vzorky tohoto typu geopolymery jsou vypěněné neboli porézní. Pro přípravu těchto vzorků je třeba uplatnit stejný postup jako u plných geopolymery.



Obrázek 2: Výroba porézního geopolymery [61]

Po připravení základní směsi a jejím promíchání je následně přidán a vmíchán do hotové směsi např. hliníkový prášek. Tento prášek vytváří bubliny v objemu materiálu, čímž snižuje jeho hmotnost a zvyšuje pórovitost geopolymery. Směs při tvrdnutí zvětší svůj objem oproti plným geopolymerym zhruba trojnásobně. U geopolymery s přísadkou plniv je zvětšení při zachování stejných vstupních ingrediencí čistého geopolymery, hliníku a poměru jednotlivých plniv odlišné. Měrná hmotnost za sucha se pohybuje kolem 400-800 kg/m³. Materiál je křehčí. U zkoušek ohybem má materiál řádově nižší odolnost v tlaku a ohybu oproti kompaktním geopolymerym. Na obrázku 2 je znázorněn průběh výrobního postupu vypěnění geosilakátu.

3.2.3 Geopolymerní kompozity

Jako kompozity se označují materiály, které jsou složeny ze dvou nebo více složek, které se výrazně liší svými fyzikálními a chemickými vlastnostmi. Geopolymery jsou matrice do kterých jsou přidávány různé typy plniv, převážně látky odpadního charakteru. Spojením těchto složek vznikne zcela nový materiál s unikátními vlastnostmi, které nemohou být dosaženy kteroukoli složkou samostatně, jedná se o geopolymerní kompozit [7, 8, 20].

Geopolymerní kompozity mají snadnou přípravu a díky mnoha velmi užitečným vlastnostem i široké využití. Nejsou hořlavé, nevytvářejí zplodiny a jejich rozpad začíná až kolem teploty 1200 °C. Nejsou rozpustné ve vodě a vyznačují se dobrou chemickou odolností. Zároveň vykazují nízkou tepelnou vodivost a tepelnou roztažnost s vysokou pevností v tlaku a to až 100 MPa. Kompozity jsou jak vláknové, tak i částicové. Je možné zapracování plniv jak submikronových tak manometrických rozměrů. Nejčastěji užívaným plnivem jsou písek a různá vlákna [9, 59].

3.3 Akustika

Akustika je velmi obsáhlý vědní obor, který se dá aplikovat na skoro všechna odvětví lidské činnosti. Dá se definovat jako věda, která se zabývá fyzikálními ději a studiem mechanického kmitání, zvukového vlnění a jeho šířením v daném prostředí [29,71]. Akustika zahrnuje všechny stupně tónů slyšitelné i neslyšitelné pro lidský sluchový orgán [56, 63].

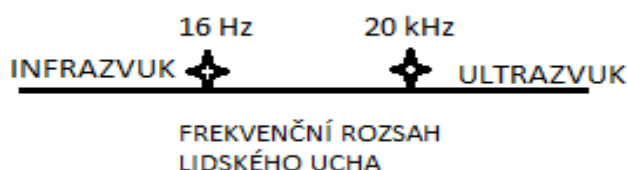
Dělí se do několika základních kategorií:

- Fyzikální akustika – zabývá se způsobem vzniku a šíření zvuku a je základem pro veškerá odvětví akustiky. Zabývá se i odrazivostí a pohltivostí zvuku v jednotlivých materiálech.

- Hudební akustika – zabývá se veškerými zvuky, souzvuky, tóny a jejich kombinacemi v hudbě, vně a uvnitř budov.
- Fyziologická akustika – zabývá se dvěma lidskými schopnostmi, zvukem vytvořeným hlasivkami a vnímání sluchem.
- Stavební akustika – zabývá se studiem akustických jevů v budovách a jejich okolí jako jsou průmysl, doprava a dopravní stavby.
- Elektroakustika – zabývá se šířením zvuku a akustickým vlněním vyvolaných elektrickým proudem a elektrickými přístroji [21, 29, 30, 54, 71].

3.3.1 Zvuk, hluk

„Vlnění hmotného prostředí, o jehož existenci se můžeme přesvědčit sluchem, se v běžné řeči i ve fyzice nazývá zvuk“ [29]. V kapalinách a plynech se šíří podélným akustickým vlněním a v pevných látkách se šíří akustické vlnění ve vlnoplochách. Vnímáním zvuku se rozumí schopnost sluchového orgánu člověka. Zvuk způsobuje akustické vlnění, jehož intenzita vyjadřuje, jak je daný zdroj zvuku hlasitý na určité frekvenci. Vlnová délka je definována jako dráha, kterou urazí vlna během jednoho kmitu za jednu sekundu. Oblasti rozsahu všech frekvencí slyšitelných pro lidské ucho se nazývají prahem slyšitelnosti, rozhraním nebo sluchovým polem. Na obrázku č. 2 je znázorněn rozsah slyšitelnosti lidského ucha. Nižší a vyšší hodnoty ucho nezachytí, zvuk se mění v bolest. Pobyt člověka mimo prah slyšitelnosti je zdraví škodlivý [63].



Obrázek 3: Schéma vnímání zvuku člověkem [autor]

Infrazvuk se nachází v oblasti pod hranicí slyšitelnosti naopak ultrazvuk je v poloze nad hranicí slyšitelnosti. Frekvence je 1 kmit za sekundu = 1 Hz.

Hluk je nepříjemný, obtěžující škodlivý zvuk. Hladina akustického tlaku je vyjádřením intenzity hluku, jejíž jednotkou je decibel. Mladý jedinec je schopen vnímat zvuky o intenzitě od 2–5 dB do 130 dB. Hluk nepůsobí na každého jedince stejně. Základní druhy měření hluku lze rozdělit na technická měření, která popisují akustické vlastnosti zdroje hluku. Dále hygienická měření, stavební akustiku a ostatní měření [27, 56, 63, 71]. Hluk působí negativně na člověka v mnoha oblastech jeho zdraví a činnosti. Ovlivňuje jeho srdeční a mozkovou činnost, srdeční rytmus, krevní

tlak, zhoršení sluchu a například vyvolává stres a ovlivňuje soustředění a výkon a agresivitu člověka. V tabulce č. 1 je náhled na stupnici hlasitosti a účinky různých zdrojů hluku.

Tabulka 1: Ukázka působení různých činností hluku v dB [24, 29, 62]

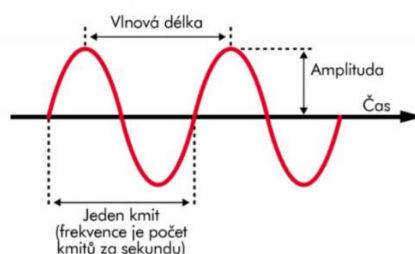
<20 dB	Volná příroda za bezvětrí, považováno za hluboké ticho, práh slyšitelnosti, obtížně měřitelné
20-30 dB	Velmi klidný pokoj, považováno za příjemné ticho bez vlivu na schopnost koncentrace
30-40 dB	Běžné hlukové pozadí,
40-50 dB	Normální zábava, snižuje schopnost soustředění
50-60 dB	Hlasitost domácí elektroniky, vyžaduje hlasitější hovor
60-70 dB	Zvuk klávesnice. Výpadky výkonu. Při 65 dB změny vegetativních reakcí
70-80 dB	Zvuk osobního auta v městském provozu
80-90 dB	Nákladní auto v městském provozu. Při 85 dB se začínají projevovat trvalé poruchy sluchu, dopad na nervovou soustavu
90-100 dB	Sbiječka na stlačený vzduch, nutná ochrana sluchu
100-110 dB	Rockový koncert, vleklá poškození sluchu
110-120 dB	Tryskové letadlo při ověřovacím běhu, hranice bolestivosti
120-130 dB	Tryskové letadlo při startu. Účinek projevu bolesti v uších, fyzické poškození
130-140 dB	Výstřel z děla v bezprostřední blízkosti. Nezvratné poškození sluchu
>160 dB	Protržení bubínku

Hluk lze zmírnit pěti základními metodami, kterými jsou:

- Redukce hluku ve zdroji – lze zajistit například tlumení vibrací
- Metodou dispozice – vhodné rozmístění hlučných zařízení
- Metodou izolace zdroje hluku – odizolování stropu, podlahy, celého stroje
- Využitím zvukové pohltivosti materiálů a konstrukcí – využití jejich schopnosti pohltit akustickou energii a přeměnit ji na energii tepelnou
- Využitím ochranných pomůcek – sluchátka, ušní zátky [29].

Tento rozsah se však s přibývajícím věkem snižuje, především u vysokých frekvencí. Hluk se definuje intenzitou, která se měří v decibelech (dB) a působí na tělo i psychiku člověka. Frekvence

udává počet opakování kmitů za daný časový úsek, jak je patrné na obrázku č. 4. Vlnovou délkou je možné definovat pro každé vlnění jako vyjádření vzdálenosti dvou míst s amplitudou. Je to vzdálenost, kterou zvuková vlna urazí za dobu jednoho kmitu T . Převrácená hodnota doby kmitu T je frekvence f (Hz) neboli kmitočet. Určuje počet kmitů za sekundu, které vykoná hmotný bod v prostředí, v němž se vlna šíří [21, 22, 73,74].



Óbrázek 4: Schéma průběhu amplitudy v čase [72]

Souzněním s fyzikálními zákony dochází s rostoucí vzdáleností od zdroje zvuku k poklesu hladiny akustického tlaku. Zvětšuje se vzdálenost, tedy měřená plocha od zdroje zvuku. Tím se zmenšuje hladina akustického tlaku L_p i akustického výkonu L_w . Na základě měření hladiny akustického tlaku, který je měřítkem zvukové energie vyzařované ze zdroje hluku, lze přímo stanovit hladinu intenzity zvuku L_I , aniž bychom podstatným způsobem ovlivnili přesnost výpočtů a měření zvuku. L_p a L_I jsou přibližně stejné. Intenzita zvuku je vektorová veličina, akustický výkon procházející 1 m^2 vlnoplochy, která má charakter vlnění. Má velký význam u stanovení akustického výkonu a rozpoznání místa působení hluku. Zdroj hluku je charakterizován akustickým výkonem [21, 22, 31, 73, 74].

3.3.2 Zvuková pohltivost

Zvuková pohltivost u materiálů, tedy jejich schopnost pohlcovat zvuk, pohlcovat část dopadající akustické energie se vyjadřuje hodnotou činitele zvukové pohltivosti. Ten je definován poměrem akustické energie pohlcované určitou plochou a energií, která na tuto plochu dopadne. Zbytek akustické energie je odražen zpět. Jedná se o nevratnou přeměnu akustické energie v pevných látkách v energii jinou. Přeměny vznikají třením, poklesem akustického tlaku neboli relaxační přeměnou a nepružnou deformací těles. Akustickou energii značíme řeckým písmenem alfa α [-], je bezrozměrná a frekvenčně závislá. Pro běžné povrchy jsou střední kmitočty oktávových pásem 125 až 4000 Hz. V praxi se využívá oktávových a tříoktávových analýz, které se provádí pomocí filtrů. Střední frekvence se zaokrouhluje a odvíjí od frekvence 1 kHz. Dělí se do tříd, viz tabulka 3, na A-E,

kdy A je nejlepší. Tyto hodnoty si můžeme připodobnit procentní stupnici, kdy například $\alpha = 68$ znamená, že materiál nám je schopen pohltit 68% dopadající akustické energie [14, 15, 30].

Tabulka 2: Oktávová a třetinooktávová pásma [30, 73]

Střední frekvence pásma		Mezní frekvence	
oktávové	třetinooktávové	dolní	horní
31,5	25	22	28
	31,5	28	35
	40	35	44
63	50	44	57
	63	57	71
	80	71	88
125	100	88	113
	125	113	141
	160	141	176
250	200	176	225
	250	225	283
	315	283	353
500	400	353	440
	500	440	565
	630	565	707
1000	800	707	880
	1000	880	1130
	1250	1130	1414
2000	1600	1414	1760
	2000	1760	2250
	2500	2250	2825
4000	3150	2825	3530
	4000	3530	4400
	5000	4400	5650
8000	6300	5650	7070
	8000	7070	8800
	10000	8800	11300
16000	12500	11300	14140
	16000	14140	17600
	20000	17600	22500

Rozdělením oktávového pásma na třetiny vznikne v logaritmických souřadnicích třetinooktávové pásmo. Z tohoto důvodu je celkem $n = 30$ třetinooktávových pásem, jak je znázorněno v tabulce č.2. Zavedení těchto pásem zajišťuje zjednodušení frekvenčních spekter akustických veličin, aniž se tím příliš změní přesnost k určení celkové hlučnosti [30,73].

Tabulka 3: Klasifikace zvukové pohltivosti podle ČSN EN ISO 11654

Třída zvukové pohltivosti (podle ČSN EN ISO 11654)	Hodnoty α_w	Třída pohltivosti (podle VDI 3755/2000)
A	0,90; 0,95; 1,00	velmi vysoko pohltivý
B	0,80; 0,85	velmi vysoko pohltivý
C	0,60; 0,65; 0,70; 0,75	vysoko pohltivý
D	0,30; 0,35; 0,40; 0,45; 0,50; 0,55	pohltivý
E	0,15; 0,20; 0,25	málo pohltivý
Není klasifikováno	0,05; 0,10	odrazivý

Absorpce je pak ovlivněna různými faktory, jako jsou drsnost či poréznost povrchu, na něž akustická vlna dopadá, ale mění se i s frekvencí vlnění – pro nižší frekvence je součinitel pohltivosti menší a naopak. Koeficient pohltivosti je zpravidla vyšší u pórovitých látek (koberce, závěsy), u hladkých materiálů jako jsou kovy, dlaždice či sklo je velmi malý. V tabulce č. 4 jsou uvedeny koeficienty vybraných povrchů a konstrukcí pro frekvence 125-4000 Hz [73].

Hodnota činitele zvukové pohltivosti se zjišťuje v závislosti na kmitočty dopadající vlny měřením vzorků v dozvukové místnosti. Minimální rozsah kmitočtů se uvažuje 63 Hz až 8 000 Hz. Výjimečně 125 Hz až 4 000 Hz po třetinách oktávy [71].

Tabulka 4: Hodnoty činitele pohltivosti zvuku α [-] vybraných povrchů a konstrukcí [37, 45]

Konstrukce (tloušťka [mm] / odsazení [mm])	Frekvence f [Hz]				
	125	250	500	1000	2000
Beton hutný	0,01	0,016	0,019	0,023	0,035
Beton vylehčený	0,2	0,22	0,23	0,25	0,21
Beton s olejovým nátěrem	0,01	0,014	0,016	0,017	0,018
Dřevotřísková deska (20/50 až 150)	0,3	0,25	0,1	0,08	0,05
Dřevotřísková deska (odsazení = 0 mm)	0,08	0,08	0,09	0,1	0,1
Dřevovláknitá měkká deska (15/0)	0,1	0,15	0,55	0,52	0,5
Deska z pěnového polystyrénu (18 až 32/0)	0,02	0,02	0,03	0,08	0,14
Koberce kokosový (6/0)	0,17	0,06	0,11	0,19	0,37
Koberce plyšový (10/0)	0,13	0,11	0,15	0,3	0,63
Linoleum (-/0)	0,02	0,025	0,03	0,035	0,04
Okenní otvor zasklený	0,3	0,2	0,15	0,1	0,06
Omítka malovaná hlinkou (-/0)	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04
Omítka s olejovým nátěrem (-/0)	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
Otvor jeviště s dekoracemi	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3
Publikum v hledišti (plocha obsazená publikem)	0,41	0,48	0,54	0,57	0,56
Překližka laťová (18/70)	0,27	0,08	0,11	0,09	0,09
Sádrokartonová deska (9,5/100)	0,11	0,13	0,05	0,02	0,02
Vlasy dřevěné (-/0)	0,03	0,04	0,06	0,12	0,1

K určení akustických vlastností materiálů lze použít mnoho různých metod. Jedna z metod k měření akustické pohltivosti je využití impedanční trubice. Impedanční trubice jsou měření založená na metodě přenosu dvou mikrofónů podle ISO 10534-2, v uzavřené trubici s reproduktorem na jedné straně a se vzorkem materiálu na straně druhé. Příkladem impedanční trubice je Brüel & Kjær Type

4206. Metoda odrazu akustické vlny je velmi snadnou metodou, kterou lze zjistit akustickou pohltivost materiálu. Tato metoda je vhodná pro porovnávací měření [17 37].

Pro provedení měření se do trubice vloží vzorky materiálu. Reprodukter v trubici poté vydává přesně kvantifikovaný zvuk a mikrofony měří hladinu akustického tlaku na konkrétních místech po celé délce trubice. Následně se softwarem vypočítá normální dopadající akustické vlastnosti materiálu na základě funkcí frekvenční odezvy měřených mezi různými místy měření.

3.4 Akustika ve stavebnictví

Z hygienických předpisů vznikly požadavky na vlastnosti části staveb, neprůzvučnost nebo zvukovou pohltivost a jsou uvedeny v normách. Akustika ve stavebnictví se zabývá hlavně studiem mechanického kmitání a mechanického vlnění v konstrukcích. Nejčastějšími konstrukcemi jsou stěnové a deskové konstrukce. Zvukové vlny, které na ně dopadají nesou akustický výkon. Ten se po dopadu dělí na jednotlivé složky:

- W1 Akustický výkon odražené vlny
- W2 Akustický výkon pohlcené vlny (ten se dělí na část pohlcenou konstrukcí, část šířící se konstrukcí)
- W3 Akustický výkon, který projde do sousedního prostoru.

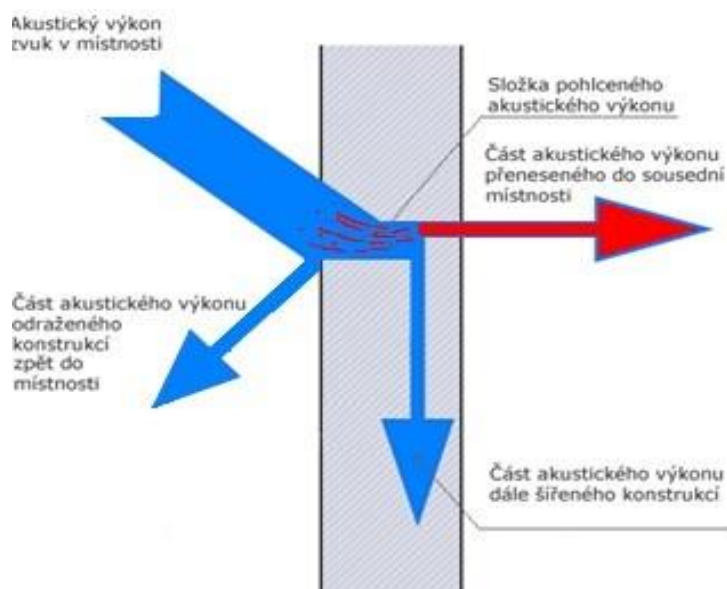
Konstrukce tvrdé, hutné, těžké a hladké pohlcují zvuk méně než konstrukce vláknité, houbovité, lehké s hrubým povrchem. Za zdroje vnějšího hluku považujeme takové zdroje, které vyzařují do ohraničujících konstrukcí zvukové vlny vzduchem. Zvuková neprůzvučnost jednoduchých konstrukcí vystavených všesměrovému dopadu zvukových vln, závisí na jejich ohybové tuhosti a na jejich plošné hmotnosti. Izolace proti vnějšímu hluku je především zejména u silniční a železniční dopravy doprovázena vibracemi. Vibrace, které se pak šíří v přilehlých budovách má vliv na jejich nosnou konstrukci. Proto je, pokud to je možné, tyto stavby proti otřesům ochránit [71].

3.4.1 Pohltivost porézních materiálů

Porézní materiály se používají ke zmenšování amplitudy odražené zvukové vlny. Zvuková pohltivost u porézních materiálů se pohybuje ve vyšších frekvencích a se zvyšující se tloušťkou materiálu se posunuje zvuková pohltivost směrem k nižším frekvencím. Čím vyšší je akustická pohltivost, tím je nižší hluková hladina v místnosti. Jak můžeme vidět na obrázku č. 5, energie, která dopadne na materiál se částečně odrazí, absorbuje i projde materiálem, stěnou. Třením kmitajících částíček vzduchu je spotřebováno největší množství energie. V mezivrstvě se snižuje rychlostní

stupeň a dochází k nevratné přeměně částic kinetické energie v energii tepelnou. U nízkých frekvencí může dojít v blízkosti stěny pórů k nevratnému odvedení tepelné energie [23].

Na vnímání zvuku v prostoru jako hlasitější nebo tišší má vliv vhodně nastavená zvuková pohltivost. Schopnost hmoty pohlcovat zvukové vlny závisí na jejich vlastnostech. Zvuk obvykle dobře absorbují porézní nebo perforované materiály. Podmínky v místnosti, které umožňují co nejlepší přenos zvuku od jeho zdroje k posluchači nazýváme jako tzv. „dobrou slyšitelnost“ [29].



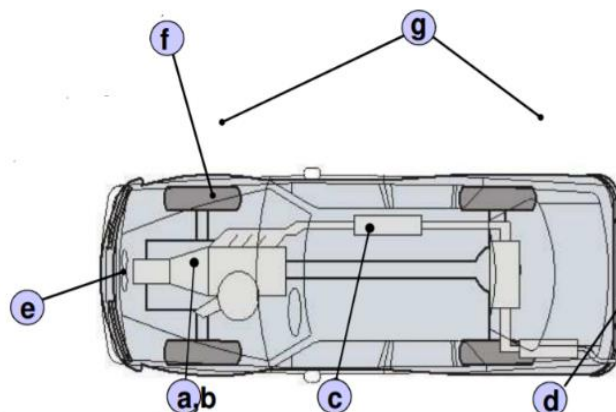
Obrázek 5 : Šíření zvuku [43]

Je také důležité rozlišovat pojmy zvuková neprůzvučnost a zvuková pohltivost. Zvuková neprůzvučnost, nebo se dá říci i „zvuková izolace“ je zvuk který přes materiál neprojde z místnosti ven, ale z části se pohltí a zbytek se odrazí zpět do místnosti. Je-li mnoho odrazů tak se stává, že to narušuje akustiku místnosti. Dosáhne se odhlučnění ale ne dobré akustiky. U zvukové pohltivosti je zvuk z velké části pohlcen a není odražen, což má velmi pozitivní vliv na akustiku místnosti, avšak jistá jeho část projde skrz a může stále způsobovat hluk ve vedlejší místnosti [58].

3.4.2 Hluk vyvolaný silničním provozem

Hluk ze silniční dopravy ovlivňují základní parametry, jako kvalita povrchu silnice, intenzita dopravy, skladba vozidlového parku, rychlost vozidel, resp. dopravního proudu a akustické emise vozidel. Velký podíl na vytvoření hluku má druh použitých pneumatik. Zdroje hluku, které jsou vytvářena vozidlem jsou znázorněna na obrázku 6: a) motor, b) převodová a rozvodová skříň, c) výfuk, d) přívod a odvádění vzduchu, e) chlazení vzduchem, f) pneumatiky, g) aerodynamika [81].

Na hlavních silničních tazích je maximální přípustná hladina hluku za 24 hodin ze silniční dopravy 60 decibelů. Hluk nad 55 dB je podle dat WHO již velmi obtěžující a vede k celé řadě psychických a fyzických onemocnění [76, 77, 80, 81, 82].



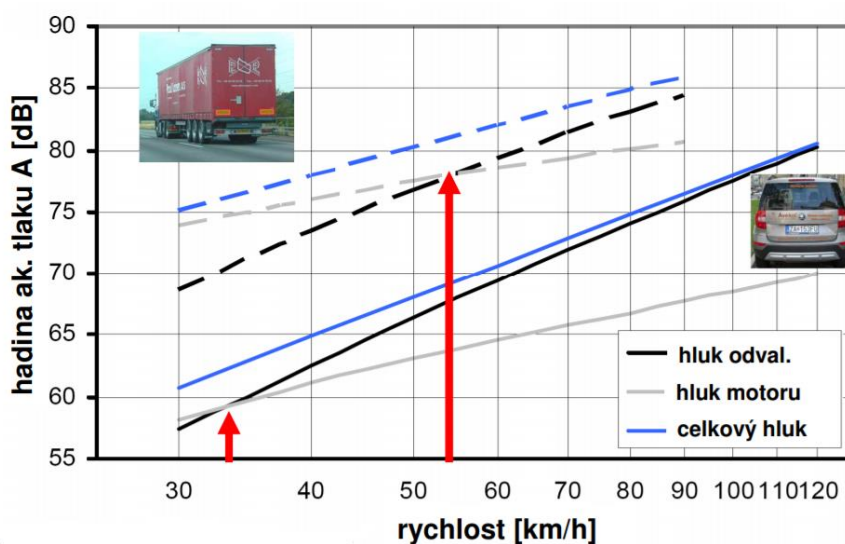
Obrázek 6: Zdroje hlučnosti vozidla [81]

Hluk ze silniční dopravy se hodnotí přes den mezi 6:00h – 22:00 hodin a v noci 22:00- 06:00 hodin. Noční doba 22:00 – 06:00 - hodnotí se ekvivalentní hladinou akustického tlaku stanovenou pro celou dobu hodnocení. Při pohybu pneumatiky po vozovce má z pohledu hluku význam samotný dezén pneumatiky. V tabulce č. 5 jsou uvedeny limity hluku z dopravy do 2 m okolo bytových rodinných domů, škol a zdravotních a sociálních zařízení. Hluková zátěž je stav způsobený silniční a železniční dopravou, který nastal před rokem 2000. Jedná se o změkčení podmínek pro starší zdroje hluku [46, 49, 79]. Pokud se podíváme na tuto problematiku z pohledu frekvenčního pásma, pak jsme schopni rozlišovat zdroje zvuku v oblasti nízkých a vysokých frekvencí. V oblasti nízkých frekvencí (500–800 Hz) se výrazněji projevuje vibrace pneumatik. Při pohybu kola vpřed pneumatika naráží na nerovnosti povrchu vozovky, výstupky povrchu vozovky. Bočnice pneumatik se rozvibrují a stávají se zdrojem hluku. Pneumatiky vyzařují hluk v rozmezí vysokých frekvencí 1000–2000 Hz vznikem tzv. „Air pumping“, sání vzduchu otáčením náprav, vtlačováním a nasáváním vzduchu [64, 75, 79, 81, 82]

Tabulka 5: Limity pro chráněný venkovní prostor staveb [79]

	den (6:00-22:00)	noc (22:00-6:00)
základní limit – pro hluk jiný, než z dopravy	50 dB	40 dB
pro hluk ze silniční dopravy	55 dB	45 dB
pro hluk z železniční dopravy	55 dB	50 dB
pro hluk z hlavních silnic	60 dB	50 dB
pro hluk v ochranných pásmech drah	60 dB	55 dB
pro starou hlukovou zátěž	70 dB	60 dB
pro starou hlukovou zátěž u železničních drah	70 dB	65 dB

Spektrum pro snížení hluku silničního provozu udává ČSN EN 1793–3. U nákladních vozidel vzniká hluk při jakékoliv rychlosti, při rychlosti 65 km/h je dominantním zdrojem hluku hnací jednotka. Závažný je hluk pneumatik u vysoké rychlosti. U osobních vozidel je závažný hluk vydávaný motorem při nízké rychlosti se může pohybovat v rozmezí 40–50 km/h. Při vyšších rychlostech je dominantní již zmíněný hluk vznikající stykem pneumatiky s vozovkou, hluk z valení. Velký vliv má tedy dezén pneumatik. Pneumatika narazí na vozovku. Bočnice vibrují a vyzářují hluk. Na obrázku č. 7 je znázorněn hluk silničních vozidel osobní a dálniční dopravy na rychlosti [28, 75, 79,81,82].

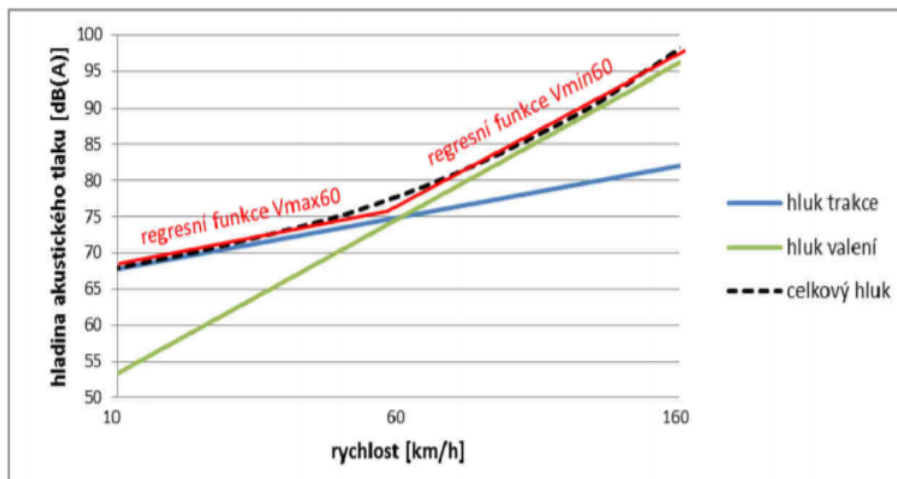


Obrázek 7: Hluk vozidel v závislosti na rychlosti [81]

3.4.3 Hluk způsobený železniční dopravou

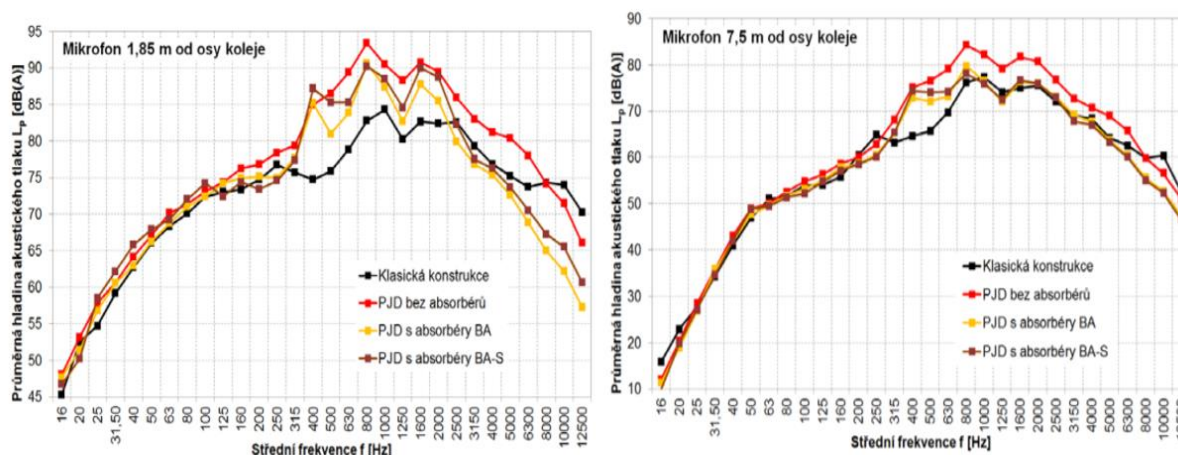
Sledované parametry železničních tratí z pohledu měření emise hluku jsou traťová rychlost, typ upevnění koleje, typ pražce, typ styku kolejnice, technický stav jízdní dráhy a vozidel. Vliv má například i meteorologický součinitel útlumu a celoročně průměrné klimatické podmínky. Další parametry jsou dosahované úsekové rychlosti viz obrázek č.8 a charakter železničních vozidel, velikost soupravy, vzdálenost od pozorovatele při průjezdu vlakové soupravy, brždění. Do hluku ve venkovním prostředí tzv. nechtěný nebo škodlivý zvuk patří i hluky vyzářované dopravními prostředky. U kolejové dopravy rozlišujeme při průjezdu vlakové soupravy hluk hlavně mechanický, který je způsoben mechanickými kmity povrchu strojů a jejich částí (do cca 50 km/h). Zde

se akustická energie akustickými vlnami šíří do celého akustického prostředí. Druhý typ je hluk aerodynamický, vznikající působením proudu vzduchu na okolní prostředí nebo při prudké změně tlaku vzduchu při proudění (převažuje až nad 200 km/h) a hluk z valivého pohybu kola po kolejnici, který je považován za dominantní (60–200 km/h) [66, 68, 76, 78, 79].



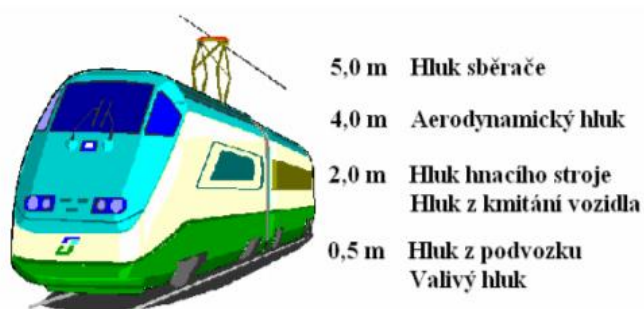
Obrázek 8: Závislost hladiny akustického tlaku na rychlosti s regresními funkcemi [80]

Frekvence do 500 Hz jsou spíše dynamického charakteru a jako takové souvisí více než s protihlukovými opatřeními se samotnou konstrukcí železničního svršku včetně systému upevnění kolejnic. Další významnou oblastí jsou frekvence 700 Hz až 950 Hz. Amplitudy u kolejových absorbérů vykazují v tomto pásmu již patrný útlum hodnot. Maximální amplitudy dosahují přibližně poloviční velikosti. Na obrázku č. 9 je znázorněno měření akustických hladin tlaku v závislosti na frekvenci [40, 75, 80, 83].



Obrázek 9: Třetinoctávová analýza průměrných vážených hladin akustického tlaku [79]

Hygienické limity hluku jsou stanoveny zákonem č. 258/2000 Sb. o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů novelou 205/2020 Sb.



Obrázek 10: Výškové rozložení zdrojů hluku železničního vozidla [40]

„Na hlavních tratích železniční sítě provozované SŽDC byla již v uplynulých letech provedena řada protihlukových opatření, zejména byly vybudovány ucelené úseky klasických převážně betonových protihlukových stěn v zastavěných úsecích“ [76]. Na obrázku č. 10 jsou znázorněny různé zdroje hluku z vlakové soupravy a v jaké výšce se nachází. Značný hluk je také způsoben nákladní dopravou. Na intenzitě hluku se podílí například délka soupravy, prázdné či plné vagóny nebo rychlost projíždějícího vlaku. U rychlosti 160 km/h se pohybuje nejvyšší hlučnost kolem 1000 Hz, naopak při průjezdu souprav kolem 60 km/h se vrchol pohybuje již od frekvence 500 Hz [76,83].

3.4.4 Protihlukové stěny

Doprava silniční, nebo železniční je svým provozem zdrojem hluku, který při dlouhém působení na lidský organismus způsobuje nepohodlí, podráždění a následně poškození zdraví. Tyto skutečnost klade na provozovatele dopravy nároky na potřebu provést taková opatření, která by chránila okolí dopravních cest před působením nadměrného hluku. Jako opatření, která vedení železnic zvolilo můžeme rozdělit na dvě základní skupiny:

- opatření aktivní, které se týká přímo vozového parku.
- opatření pasivní, to se týká dopravní cesty a vyvolaná opatření, která přímo ovlivňují šíření hluku do okolí železniční trati a silnic [25, 86].

Mezi pasivní opatření se dají uvést příkladně různé clony, protihlukové valy a protihlukové stěny (PHS). S ohledem na omezený prostor kolem trati se ukazuje velmi vhodná výstavba protihlukových stěn. Akustické charakteristiky materiálů se určují z hlediska absorpce neboli

pohltivosti, odrazu, impedance a ztráty přenosu. Současné akustické absorbéry lze vyrobit tak, aby účinně pohlcovaly zvolený rozsah frekvencí. Protihlukovými clonami, které jsou v dnešní době nejčastěji používaným protihlukovým opatřením, jsou vyrobeny z vhodných materiálů a správně nainstalovány, lze snížit intenzitu hluku až o 20 decibelů. Pro porovnání účinnosti protihlukových stěn se zavádí tzv. vložný útlum. Podmínkou technické způsobilosti zařízení k jejich provozu je splnění určitých akustických parametrů jako je akustický výkon, případně akustický tlak zjišťovaný v určité vzdálenosti od zařízení. Je-li požadována absorpce zvuku, musí být protihluková stěna na straně přilehlé k trati zvukově pohltivá. Ke zjištění těchto hodnot jsou prováděna podrobná měření [60, 71, 82, 84, 86]. „Naměřené hodnoty hluku (W , Pa, respektive W/m^2) jsou nejprve korigovány filtrem A, který vyjadřuje subjektivní vnímání intenzity zvuku (druhé mocniny akustického tlaku) člověkem. Filtř A neuvažuje frekvence vyšší než 20 kHz“ [26, 48, 50, 84].

Záporem PHS je zejména to, že z převážné části nepohlcují energii hluku, ale jen ji odrážejí jinam. Z pohledu cestujícího ve vlakové soupravě a zaměstnanců železnice, jsou tyto stěny tedy nikoliv protihlukové, ale prohlukové. Zvyšují vnitřní hluk ve vozidlech a vzhledem k jejich běžné výšce která se pohybuje průměrně ve 2-3 m, zamezují cestujícím sledovat z vlaku krajinu a zhoršují přístup k trati při její údržbě a mimořádných událostech. Stěny vyšší 6 m a více se nedoporučují. Jejich montáž a doprava jsou náročné. Tloušťka stěn je dána výpočtem projektanta. Pohybuje se zpravidla od 10 do 15 cm. Protihlukové stěny se vyrábějí v délkách 3,15 až 5,95 m. Rozhodujícím faktorem je použití materiálů z akusticko – izolačních směsí [48, 76, 84, 87].

Na hlavních tratích železniční sítě provozované SŽDC byla již v uplynulých letech provedena řada protihlukových opatření. Byly vybudovány ucelené úseky klasických, převážně betonových protihlukových stěn. Podmínkou technické způsobilosti, technických zařízení k jejich provozu je splnění určitých akustických parametrů (akustický výkon, případně akustický tlak). Hodnoty hluku se zjišťují v určité vzdálenosti od zařízení (zdroje) hluku. Podle účinku pohltivosti α dle ČSN EN 1793-1:2013 se dělí PHS následovně:

- do 4 dB (klasifikace A1): odrazivá protihluková stěna,
- 4 dB až 8 dB (klasifikace A2): pohltivá protihluková stěna,
- 8 dB až 12 dB (klasifikace A3): vysoce pohltivá protihluková stěna
- nad 12 dB (klasifikace A4) [49, 50, 51].

V českých podmínkách byly zkoušeny zejména betonové konstrukce. Zajímavé varianty PHS byly použity v roce 2018 v Sedleci. Lehčí, nízké protihlukové clony, sklopné konstrukce, jejichž výška pohybuje v rozmezí 0,5 - 1,2 m. Svojí plochou zakrývají soukolí, což je hlavní zdroj valivého hluku [76].

Důležitým parametrem materiálů protihlukových stěn je závislost činitele zvukové pohltivosti na frekvenci vlnění. Pohltivost je zejména důležitá z důvodu potlačení vzniku stojatých vln při konstrukci oboustranných bariér. Mezi takové materiály, které výrazně pohlcují zvuk patří porézní

materiály. Používají se ve formě rohoží, kobereců, desek či různě tvarově předlisovaných elementů. Protihlukové stěny se nejčastěji vyrábějí z recyklovaného plastu, dřeva, lehkých kovů, skla a betonu [52, 67]. Jednotlivé protihlukové stěny rozdělujeme podle jejich akustických vlastností takto:

- stěny odrazivé, kdy se hluk po nárazu na stěnu z většiny odráží, tloušťka $l=10-160$ mm,
 - stěny pohltivé, ty jsou schopny část hluku pohltit, kdy $l=10-130$ mm + pohlcující vrstva
- úplného zastínění hluku pomocí protihlukových stěn není možno dosáhnout [86, 87].

Hluk se dále šíří ohybem okolo stěny. To se děje i přesto, že část hluku je stěnou pohlcena a část stěnou prochází. Protihluková stěna musí splňovat několik základních požadavků. Plošná hmotnost je minimálně 10 kg.m^{-2} . Jedná se o uzavřenou plochu bez velkých otvorů, musí zohlednit vedení podzemních inženýrských sítí projektant musí přihlédnout k jejich estetickému ztvárnění. Protihluková stěna nesmí odrážet světelný tok, aby nebyla ohrožena bezpečnost provozu.

Protihluková stěna musí být vyrobena z materiálů, které v důsledku přírodních a průmyslových procesů nebo při požáru neuvolňují jedovaté výpary a nemohou z nich vznikat jedovaté louhy. Kromě neprůzvučnosti a pohltivosti záleží také na výškové poloze okolní zástavby. Pro horní podlaží vyšších budov je účinnost pouze 1 až 3 dB(A). Pro rodinné domky vedle tratě, vedené rovinným územím je účinnost asi 8 až 12 dB(A). Pro domy vedle tratě vedené na cca 5 m vysokém náspu dosahuje účinnost až 18 dB(A).

Z hlediska konstrukčního protihlukové stěny dělíme na:

- Protihlukové stěny členěné, které jsou tvořeny nosnými sloupy a panely
- Protihlukové stěny samonosné, bez nosných sloupů
- Protihlukové stěny z protihlukových tvárnic
- Valy a jejich kombinace s protihlukovou stěnou

Nejvyšší účinnosti se docílí tehdy, je-li protihluková stěna co nejbližší ke zdroji hluku. Základem pro navrhování protihlukových stěn je akustická studie. Ta určuje její akustické požadavky, její polohu a umístění i její výšku. [86].

Jednotlivé protihlukové stěny rozdělujeme podle jejich akustických vlastností takto:

- stěny odrazivé, kdy se hluk po nárazu na stěnu z většiny odráží, tloušťka $l=10-160$ mm
- stěny pohltivé, ty jsou schopny část hluku pohltit, kdy $l=10-130$ mm + pohlcující vrstva
- úplného zastínění hluku pomocí protihlukových stěn není možno dosáhnout [86, 87].

Hluk se dále šíří ohybem okolo stěny. To se děje i přesto, že část hluku je stěnou pohlcena a část stěnou prochází. Protihluková stěna musí splňovat tyto základní požadavky:

- plošná hmotnost je minimálně 10 kg.m^{-2} . Jedná se o uzavřenou plochu bez velkých otvorů,
- musí zohlednit vedení podzemních inženýrských sítí

- projektant musí přihlédnout k jejich estetickému ztvárnění. Protihluková stěna nesmí odrážet světelný tok, aby nebyla ohrožena bezpečnost provozu.

Protihluková stěna musí být vyrobena z materiálů, které v důsledku přírodních a průmyslových procesů nebo při požáru neuvolňují jedovaté výpary a nemohou z nich vznikat jedovaté louhy. Kromě neprůzvučnosti a pohltivosti záleží také na výškové poloze okolní zástavby. Pro horní podlaží vyšších budov je účinnost pouze 1 až 3 dB(A). Pro rodinné domky vedle tratě, vedené rovinným územím je účinnost asi 8 až 12 dB(A). Pro domy vedle tratě vedené na cca 5 m vysokém náspu dosahuje účinnost až 18 dB(A).

Z hlediska konstrukčního protihlukové stěny dělíme na:

- Protihlukové stěny členěné, které jsou tvořeny nosnými sloupy a panely
- Protihlukové stěny samonosné, bez nosných sloupů
- Protihlukové stěny z protihlukových tvárnic
- Valy a jejich kombinace s protihlukovou stěnou

Nejvyšší účinnosti se docílí tehdy, je-li protihluková stěna co nejbližší ke zdroji hluku. Základem pro navrhování protihlukových stěn je akustická studie. Ta určuje její akustické požadavky, její polohu a umístění i její výšku. [86].

4. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

4.1 Přehled jednotlivých materiálů

V následujících kapitolách budou postupně představeny jednotlivé materiály, kterých bylo použito jako matrice a plniv do navržených geopolymerních kompozitů.

4.1.1 Baucis Lk

Jako Geopolymerní pojivo bylo použito Baucisu L_k, dodávaný firmou České Lupkové Závody, a.s., v ČR. Jedná se o anorganické dvousložkové hlinitokřemičité pojivo na bázi metakaolinu Mefisto L05 (složka A), obrázek č. 11a), aktivovaný alkalickým aktivátorem (složka B) na obrázku č. 11 b). Složka B je vodní sklo draselné, tekuté, čirá nebo slabě zakalená viskózní kapalina (křemičitan draselný). Jeho hustota se pohybuje v rozmezí 1 220-1670 g/cm³. Zpracovatelnost Baucisu L_k je při pokojové teplotě 20 °C do 60 minut. Předností tohoto materiálu je jeho výborná adheze



Obrázek 11: Vlevo Baucis Lk, vpravo aktivátor [autor]

k původnímu povrchu jako je např. beton, kámen, kov. S vybraným ostřivem se dá použít až do 1200 °C. Má výbornou chemickou odolnost v agresivním prostředí, odolnost k teplotním změnám a výborné mechanické vlastnosti. Pevnost v tahu ohybem po 28 dnech je min. 60 MPa. Objemová hmotnost geopolymerního pojiva je 1,8 - 1,9 g/cm³. Smrštění po 28 dnech je max. 0,5 %, po vyžhání na 1000 °C je max. 2 %. Tento materiál je velice vhodný pro výrobu kompozitních materiálů. Další hodnoty jsou uvedeny v technickém listu viz přílohy.

4.1.2 Písek

Přírodní upravená surovina byla dodána ze Sklopísek Střeleč, a.s. v Hrdoňovicích viz obrázek č. 12 vlevo balení a vpravo surovina. Bylo použito technického křemičitého písku frakce 02/06 a 03/08 s velikostí středního zrna 0,35 až 0,65mm o sypké hmotnosti 1,52 a 1,5 kg/l. Tento písek má obsah Fe_2O_3 a to 0,04 % a zároveň obsah SiO_2 , 99,2 %. Jeho hustota je 2,65 g/ml. Jeho vlhkost se pohybuje do max. 0,2 %. Písek je ve stavebnictví velmi často používán jako plnivo, které zlepšuje soudržnost materiálu, která je závislá na chemickém složení písku. Cena písku je okolo 6 Kč za 1 kg.



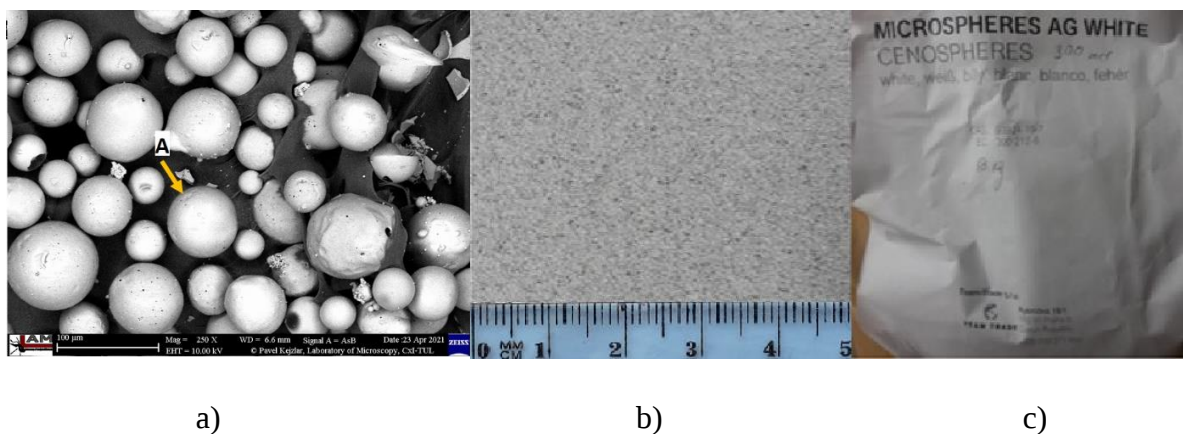
Obrázek 12: L Křemenný písek [autor]

4.1.3 Mikrosférka

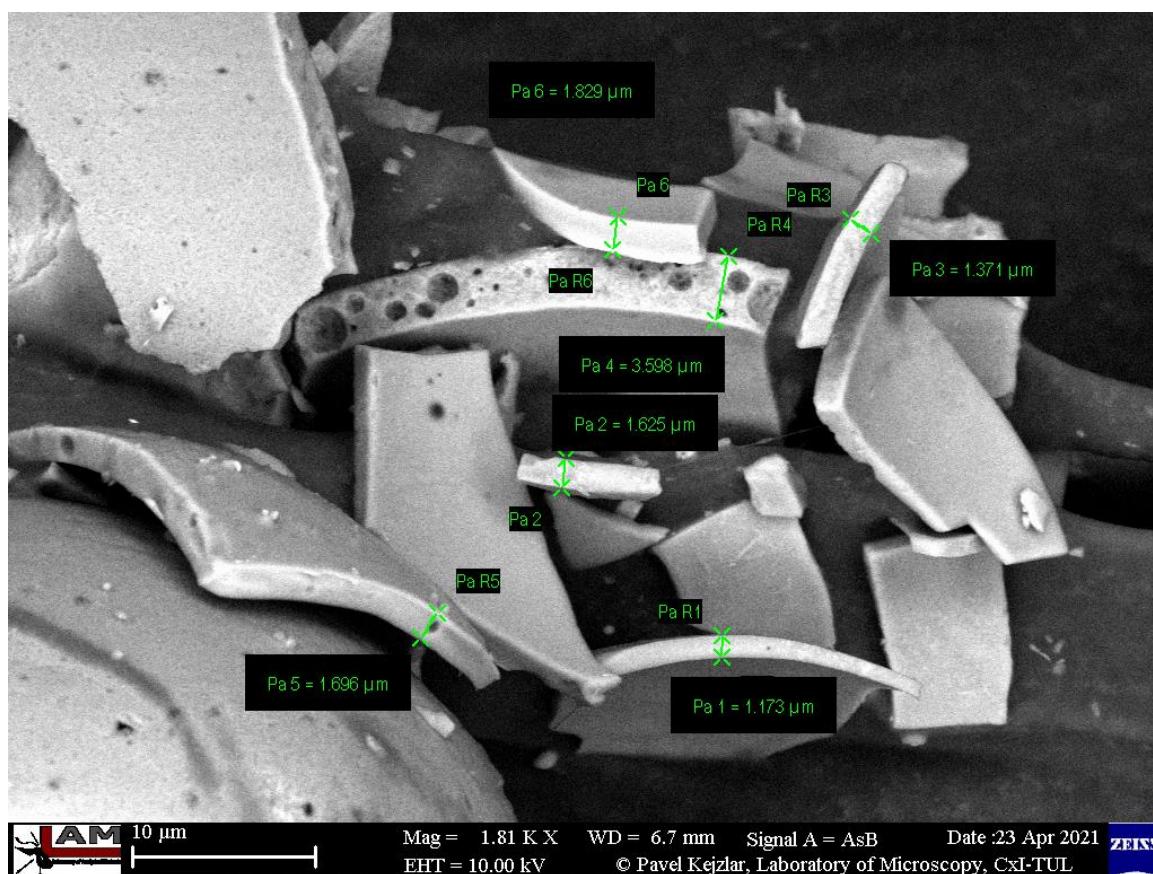
Jsou to duté kuličky vyráběné ve formě jak keramické, tak skleněné. Pro experiment bylo využito keramických kuliček od firmy AG Chemi group. s. r. o. Kuličky mají zrnitost od 0–160 μm , užívá se jich například v nátěrových hmotách jako tepelná izolace. [10, 11] Cena se pohybuje kolem 100 Kč/kg. V tabulce č 6 je uvedena chemická analýza získána z rastrovacího mikroskopu a na obrázku č. 13 a) je vidět podoba mikrosférky (šipka z bodu A) v rozlišení 100 μm , b), je k porovnání makrosnímek s měřítkem, v pohledu oka, c) je balení suroviny.

Tabulka 6: Chemická analýzy Mikrosférky ze SEM

Štítek spektra	O	Na	Mg	Al	Si	K	Ti	Celkem
Spektrum	47.81	0.62	0.27	22.92	26.68	0.88	0.80	100.00



Obrázek 13: Mikrosférka 0–160 μm, a) SEM snímek 100 μm b) makro snímek c) balení dutých kuliček [autor]

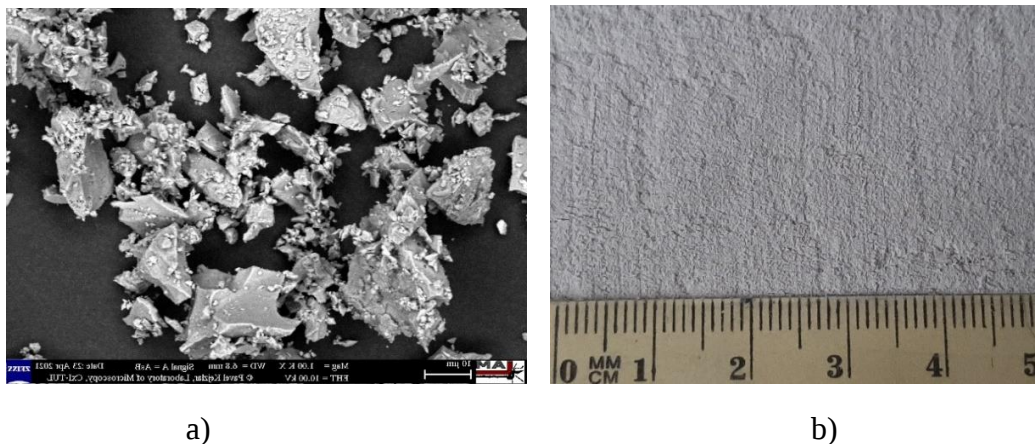


Obrázek 14: Mikrosférka, pohled z mikroskopu o rozlišení 10 μm [SEM TUL]

Na obrázku č.14 jsou zobrazeny kuličky v rozlišení 10 μm, po rozlámání, kde byla následně změřena jejich tloušťka. Tloušťka stěn kuliček se pohybuje mezi 1,2 – 3,5 μm.

4.1.4 Šamot A 111 VHR

Plnivo je výrobkem Českých lupkových závodů v Novém Strašecí, pod obchodním názvem Pálený lupek A111 VHR o zrnitosti 0,1 μm . Fyzikální vlastnosti páleného lupku A 111 VHR jsou dle technického listu viz příloha: teplota výpalu 1 350 $^{\circ}\text{C}$ v rotační peci s předehříváčem, objemová hmotnost 2,55 - 2,62 g/cm^3 a nasákavost materiálu je 1,20 - 1,50 %. Cena za 1 kg je cca 7 Kč.



Obrázek 15: Šamot A111VHR. a) rozlišení 10 μm [SEM TUL] b) makro snímek [autor]

Na obrázku č. 15 a) je vidět struktura tohoto plniva při rozlišení 10 μm na SEM v porovnání, b) s pohledem na materiál okem. Zároveň byla provedena chemická analýza šamotu, kde výsledek je zanesen v tabulce č.7.

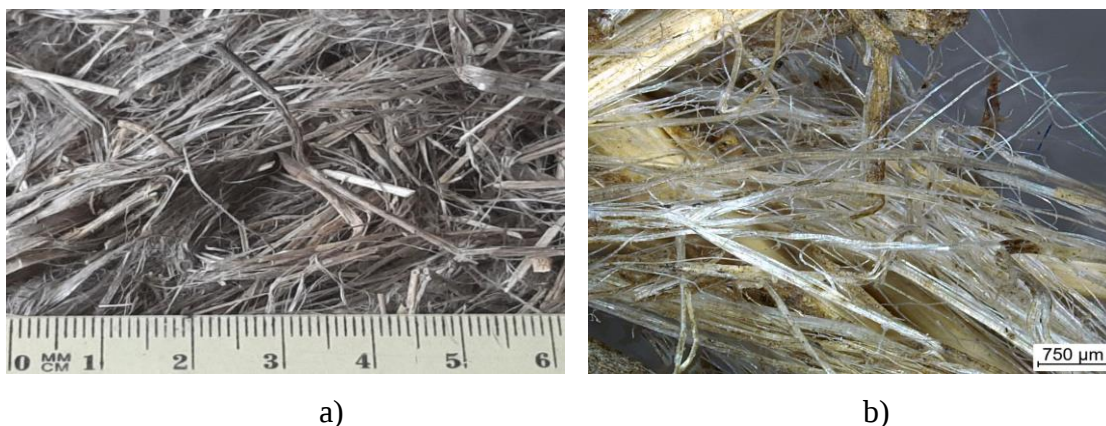
Tabulka 7: Chemická analýza šamotu

Prvek	C	O	Al	Si	K	Ti
Wt%	07.11	41.04	24.52	22.73	2.07	2.53

4.1.5 Lněná vlákna

Dalším plnivem, které pomáhá k získání lepších mechanických a akustických vlastností jsou lněná vlákna na obrázku č. 16, kde a) je pohled na vlákna okem a za b) vlákna v rozlišení mikroskopem 750 μm . Jako plnivo lze použít komerčně dodávaná vlákna o délce 3-30 mm. Pro zvýšení adheze mezi pojivem a plnivem je tento odpad vhodné nasekat či namlít na délku přibližně cca 2 až 10 mm. Po zpracování se získává technické vlákno dlouhé až 1 m. Toto technické vlákno se skládá z elementárních vláken. Délka základního vlákna je 40-60 mm. Průměr technického

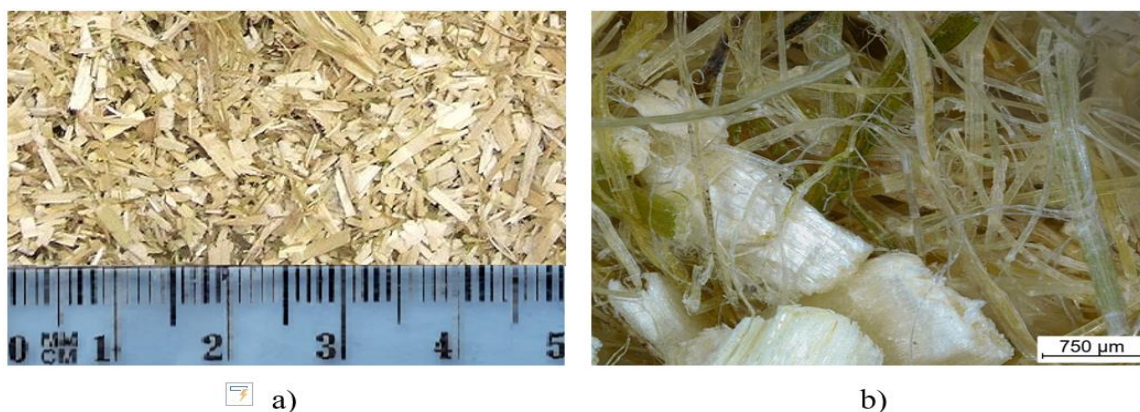
vlákna 600 μm [9, 61]. V této práci bylo do vzorků použito odpadních, nasekaných vláken. Cena za 1 kg se pohybuje okolo 2,20 Kč.



Obrázek 16: Lněné vlákno a) makro snímek [autor], b) rozlišení mikroskopem 750 μm [SEM TUL]

4.1.6 Konopná vlákna

Vlákno je hlavním produktem získávaným z konopí. Konopná sláma obsahuje 30 % vláken, 55 % pazdeří (dřeňová část) a 15 % prachu [32]. Prvotní zpracování stonků konopí probíhá na tírenských zařízeních, kde je stonek rozmělněn, až do oddělení vláken a pazdeří. Výstupem jsou chaoticky uspořádaná dlouhá i krátká vlákna, která nacházejí uplatnění především při výrobě celulózy (papíru), netkaných textilií, tepelných a zvukových izolací. Působením tepla a tlaku na rostlinné vlákno je možné vyrábět ohnivzdorné pevné stavební panely nahrazující suché zdi a překližku. Využívají se i jako konopné izolace [33, 34, 65]. Jako plnivo bylo použito konopí ve formě pazdeří. Cena za konopné pazdeří se pohybuje v rozmezí 4,5-7,36 za 1 kg. Na obrázku č. 17 je a) makrosnímek použitého konopného pazdeří s měřítkem, na druhé m snímku b) snímek z optického mikroskopu ,750 μm .



Obrázek 17: Konopné pazdeří a) makro snímek [autor], b) přiblížení mikroskopem [KMT TUL]

4.1.7 Hygienické stelivo

Bylo použito běžně dostupného steliva. Minerální granule tzv. kočkolit jsou složené z bentonitu a přírodního vápencového a křemenného písku pohlcují vlhkost. Stelivo je bez barviv a azbestu [35]. Velikost granulí je v rozmezí 2 až 4 mm [35]. Cena za stelivo se pohybuje od 5 Kč za 1 kg. Na obrázku č.18 je znázorněn a) makrosnímek steliva. Pro názornost je doplněn měřítkem, b) je ukázka balení kočkolitu.



Obrázek 18: Hygienické stelivo a) makrosnímek, b) balení steliva [autor]

4.1.8 Vypěňovací činidlo

Jako pěnového činidla k vypěnění vzorků bylo použito hliníku ve formě jemného prášku, stříbrošedé barvy Aipra. Chemické složení a velikost hliníkového prášku je uvedeno v tabulce č. 8. Průměrná velikost částic D50 je 51,47 mikronů – částice sférického tvaru, sytná hustota 0,95 - 1,36 g/cm³. Cena za 100 g stojí 80 Kč. Na obrázku č.19 je znázorněno a) balení Al, b) makrosnímek použitého vypěňovacího činidla.

Tabulka 8: Chemické složení a velikost hliníkového prášku

Název	Průměr	Al	FeO	Si	Cu
D50	51,47 μm	98%	0.11%	0.07%	0.001%



a)

b)

Obrázek 19: Vlevo a) balení Al, vpravo b) hliníkový prášek [autor]

4.1.9 EPS kuličky 500PL

Plnivo jsou expandovatelný polystyren (EPS), tvořený kulovitými polystyrenovými perličkami bílé barvy, které obsahují nový typ retardéru hoření a uhlovodíkové nadouvadlo (pentan). Výrobce je firma Synthos v Polsku. Materiál je povrchově upraven proti slepování při zpracování a tvorbě elektrostatického náboje. Vzhledem k obsahu halogenovaného retardéru hoření a uhlovodíkového nadouvadla je nevhodný pro zpracování na předměty určené pro přímý styk s potravinami. Polystyrenové kuličky mají nízkou tepelnou vodivost, která je dána buněčnou strukturou s uzavřenými buňkami vyplněnými vzduchem. Mají výborné izolační vlastnosti, velmi nízkou hmotnost i mechanickou odolnost. Jsou velmi lehké, velikost granulátu 800 F/PL je 1,0-1,8 mm. Objemová hmotnost předpěněných perliček je $<15 \text{ kg/m}^3$. Reakce na oheň je dle EN ISO 11925-2 třídy E. Další informace jsou k nahlédnutí v technickém listu v příloze. Cena za kuličky, obrázek č. 20, se pohybuje okolo 25 Kč za kilogram.



Obrázek 20: Kuličky EPS 500PL [autor]

4.1.10 Liapor

Liapor je lehký pórovitý granulát z expandovaných jíílů pro stavební účely, obecně známý jako keramzit. Téměř kulovitá zrna jsou nestejnorodých velikostí, jsou lehká, a přesto velice pevná. Díky své keramické podstatě jsou také chemicky stálá a ekologická. Liapor se používá jako vynikající náhrada běžného kameniva. Jeho nasákavost je $w_{60} = 5 \%$ o zrnitosti 1–4 mm. Ve stavebnictví se využívá například pro své velmi dobré tepelně-izolační vlastnosti, a proto je používán na zásyp stropů nebo plochých střech, na vyrovnávací podsyp podlah, do lehkých tepelně-izolačních betonů a malt, pro zemní konstrukce, dále jako zásyp pro filtraci odpadních vod a pro řadu dalších aplikací. Objemová hmotnost Liaporu je 500 kg/m^3 v sypaném stavu, reakce na oheň třída A1 a součinitel

tepelné vodivosti 0,11 W/m K [12]. Cena za kilogram je cca 2,70 Kč. Na obrázku č.21 je na snímku a) balení, b) granulát Liaporu s měřítkem.



a)

b)

Obrázek 21: Vlevo balení, vpravo Liapor 1–4 mm [autor]

4.1.11 Korek

Díky svým přírodním vlastnostem jsou korkové izolace odolné proti plísním, parazitům a v zaizolovaném prostoru neumožňují pobyt hlodavců. Navíc korkové izolace neobsahují žádné chemické látky, které mohou prostupovat do obytného prostoru a životnost korkové izolace je prakticky neomezená. Rozšířené je také použití korkových rolí jako ekologické podkladové izolace. Používá se jako tepelná a zvuková izolace nebo jako izolace konstrukčních prvků. Velikost korkové drti



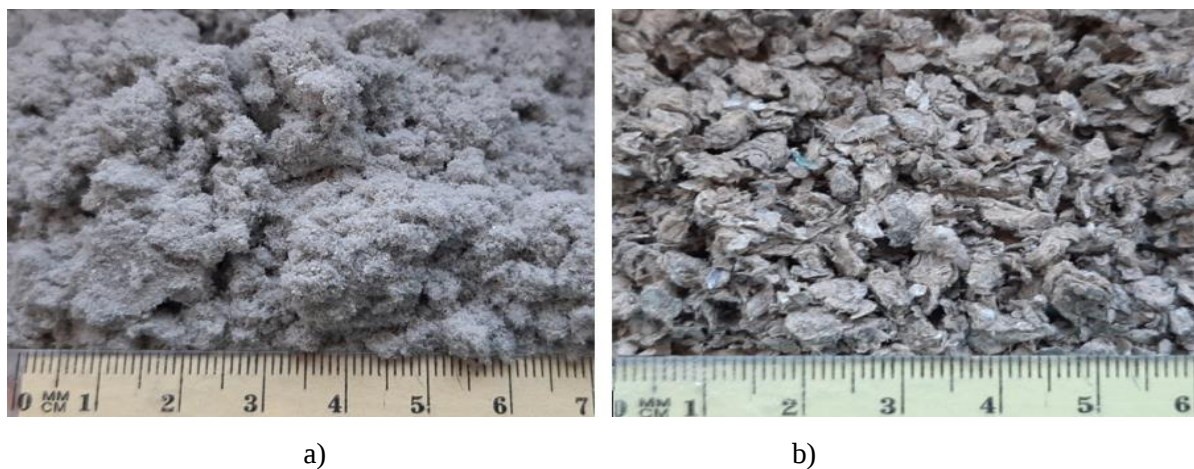
Obrázek 22: Korková drť 0,5 – 1 mm [autor]

je 0,5 – 1 mm při hustotě 70-80 kg/m³. Koeficient tepelné vodivosti: 0,040 - 0,043 W/mK (EN 1745;2002). [13]. Tato drť se používá především k izolaci meziprostorů. Cena za kilogram je cca 300 Kč. Na makrosnímku, obrázek č. 22 je znázorněna použitá korková drť s měřítkem.

4.1.12 Vzorky Ciur

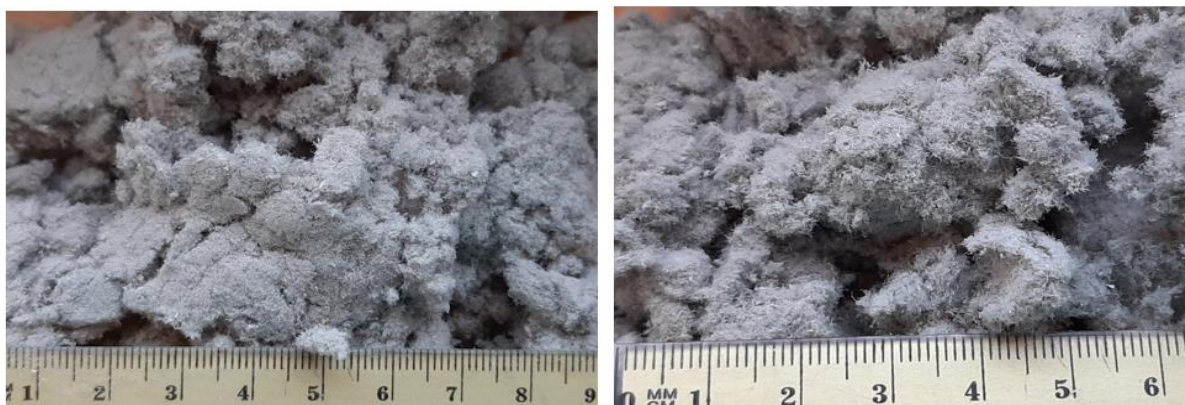
Firma Ciur a.s. je česká rodinná firma založená v roce 1991 a.s. se sídlem v Brandýse nad Labem. Patří ke světové špičce v oblasti výroby celulózových vláken na bázi recyklovaného papíru. Jedna z oblastí, ve které uplatňuje své výrobky jsou tepelné, zvukové a požární izolace [41].

Produkty mají české i evropské certifikáty jako výrobky z recyklátu ekologicky šetrné. Od firmy Ciur bylo při přípravě vzorků použito několik materiálů na bázi celulózy, a to vzorky s názvy CC F3550 CF, F2550 N, F500, F1000, HS5. Požadovaná struktura a vlastnosti vláken jsou získávána několikastupňovým zpětným rozvláknováním vytríděného papíru.



Obrázek 23: Makrosnímek vzorku a) F500, b) CC F3550 CF [autor]

Plnivo F500 je jemné celulózové vlákno vyrobeno pro průmyslové účely z přírodních vláken, které je na makrosnímku č. 23 a), snímek je opatřen měřítkem. Obsah celulózy je cca 70-80 %. Objemová hmotnost vlákna je 85-95 g/l a jeho pH má hodnotu 6-7. Na obrázku č. 23 b) je makrosnímek plniva CC F3550 CF. Jsou to šedé celulózové vločky o objemové hmotnosti 300-340 kg/m³l s absorpcí vody kolem 510 % a ztrátě při sušení 7 %. Na obrázku č. 23 a) je makrosnímek s měřítkem plniva s označením F1000. Jedná se o středně dlouhé šedé celulózové



Obrázek 24: Makrosnímek vzorku a) F1000 b) F 2550 N [autor]

vlákno určené pro průmyslové účely. Obsahuje zhruba 70-80% celulózy, jeho pH je hodnoty 7 o objemové hmotnosti 85-95 g/l. Na obrázku č 18 b) je snímek materiálu F2550 N. Jedná se o šedá celulózová vlákna a vločky pro průmyslové účely, které obsahuje zhruba 80 % celulózy. Délka vláken je okolo 1,1 mm s objemovou hmotností 35 g/l a pH 6. Při sušení dochází k pěti procentním ztrátám.



Obrázek 25: Makrosnímek HS-5 [autor]

Posledním použitým materiálem z této skupiny je HS-5 na obrázku č. 25. Jedná se o přírodní vlákninu šedé barvy, která se získává z tříděného recyklovaného papíru a je určena ke stabilizaci travního semene v terénu. Hydrosevní substrát má pH 6-7,5 s obsahem vlhkosti 5 +/- 3 % a absorpci vody 1.000 – 1500 %. Obsah popelovin v suchém stavu je 20 %.

4.1.15 Skartovaný papír

Do vzorků bylo použito běžného kancelářského papíru po skartaci. Byl použit jak v suchém stavu, tak i po namáčení ve vodě po dobu jedné hodiny. Následně byla voda vymačkána a papír vmíchán do směsi.



Obrázek 26: Skartovaný papír [autor]

4.1.14 Korálky

Korálky použité na vzorcích je odpad z výroby firmy PRECIOSA ORNELA, a.s., obchodní název „Rokajl“ vyráběných v Desné a Zásadě. Průmyslově se tyto korálky názvem Rokajl, lidově „šmelc“ a v angličtině seed beads vyrábí v Čechách už od 18. století sekáním skleněných trubiček. Rokajl je směs odpadu z výroby ve velikostech od 1,4 mm do 8 mm v tzv. nulové řadě. Jsou zde dva



Obrázek 27: Rokajl 1,4 - 8 mm [autor]

typy Rokajlu a to hutní, čistě skleněný, tak zušlechtěný, který se například barví nebo galvanizuje. Třpytivé korálky se kombinují ještě s broušením. Na obrázku č. 27 je makrosnímek použitého korálku s měřítkem.

Metodika měření

4.2 Příprava vzorků

Nejdříve byly vyrobeny formy ve tvaru trámečků, které můžeme vidět na obrázku č. 28, pro pevnostní zkoušky tlakem a ohybem. Během času se osvědčily více formy vyrobené z plexiskla. Připravené směsi pro mechanické zkoušky byly hutněny do připravených normovaných forem (ČSN 72 2117), tzv. rámečků.



Obrázek 28: Forma ve tvaru trámečku rozměr 160x40x40 mm [autor]

Pro další typ zkoušek bylo třeba vyrobit speciální tvar formy, a to pro zkoušku akustického útlumu impedanční trubici. Tyto formy byly nakresleny v kreslicím programu a následně vytištěny na 3D tiskárně. Vytištěná forma je vidět na obrázku č. 29 vlevo. Forma je ve tvaru válce o velikosti rozměrů $h = 25, 50$ a 75 mm a $d = 100$ mm. Tyto formy se po několika použitích rychle znehodnocovaly. Jako další typ formy bylo použito odpadových trubek, ale zde nastal problém s odformováním a docílením přesného rozměru vzorku. Po dalších pokusech se přešlo na formy z plexiskla XT, které můžeme vidět na obrázku č.29 vpravo. Výrobní výkresy forem jsou k náhledu v příloze. Formy byly lepeny k podložce pro vytvoření dna formy (aby směs nevytekla), např. silikonovým tmelem. Forma se potře separátorem pro snadnější vyjmutí vzorku a je přichystána k zalití připravenou namíchanou směsí. Největší nesnází u akustických forem byl předem daný průměr vzorku, aby přesně seděl do přístroje při následném měření. Směs byla nalita do připravených a vymazaných forem, které jsou znázorněny na obrázcích č.29.



Obrázek 29: Vpravo forma z 3D tisku, vlevo formy 150 x 150 x 40 mm a $\varnothing 90$ mm [autor]

Stěny formy pro přípravu zkušebních trámečků byly nejprve dostatečně natřeny separátorem CHRYSO DEM OLEO 50, který zabraňuje interakci zkušební malty s povrchem formy v průběhu hydratačního procesu a zajišťuje bezproblémové odformování. Nejprve byl pomalou rychlostí míchán na míchačce při větším objemu směsi z obrázku č.30 vpravo nebo na robotu značky Kenwood, obrázek č.30 vlevo, při menším množství připravované směsi. cement a aktivátor po dobu zhruba 7 minut. Následně byly přidávány další materiály po dobu dalších 10 minut a celé dohromady promícháno další 3 minuty. U vypěněných vzorků bylo vypěňovadlo dáno jako poslední přísada do již řádně promíchané směsi.



Obrázek 30: Vpravo míchačka, vlevo robot Kenwood [autor]



a)



b)

Obrázek 31: Čerstvě vyrobené vzorky zabalené PE folií a) vzorky na α , b) vzorky na λ [autor]

Horní strana směsi byla pomocí špachtle uhlazena do roviny a ponechána po dobu 24 hodin přikrytá zatvrdnout. Vzorky byly zakryty PE folií, aby se předešlo smršťování vzorků obrázek č. 31. Zkušební trámečky nebo válce byly odformovány po 24 hodinách a dány ještě na 24 h do sušárny, obrázek č.32, nejdříve na 50 °C a následně ještě na 80 °C po dobu 5 hodin. Po vyjmutí byly vzorky ponechány volně dozrát při laboratorní teplotě.



Obrázek 32: Sušárny vlevo Binder, vpravo Hereaeus [autor]

Po odformování byly vzorky připraveny pro následující pevnostní a akustické zkoušky, a to zkoušku v tahu a ohybu, zkoušku pohltivosti a zkoušku tepelné vodivosti. Forma pro přípravu zkušebních trámečků na mechanické zkoušky je o rozměrech 40 x 40 x 150 mm. U vypěněných vzorků se vytvrzené vzorky ještě musely nařezat na vodní pile, obrázky č. 33, aby bylo dosaženo požadovaného rozměru.



Obrázek 33: Vodní pila [autor]

Vzorky byly připravovány ve formě vypěněného geopolymery s přídavkem hliníku na vypění tak i ve formě plného geopolymery. Ukázka připravených vzorků po vyjmutí z forem, obrázek č.34, na akustickou zkoušku.



Obrázek 34: Vzorky připravené na akustiku o $\varnothing$ 9 mm [autor]

4.3 Přehled vzorků

V následujících kapitolách je seznámení s navrženými vzorky, jejich složením a výsledky měření. Označení u vzorku písmenem „V“ značí, že vzorek je vypěněn. Písmeno „K“ v názvu označuje vzorek nepěněný, tedy kompaktní. Tyto vzorky se již většinou nemusí po odformování nijak upravovat na potřebný rozměr. U vypěněných vzorků v této fázi výzkumu se nedá předem odhadnout síla vypěnění vzorku. Záleží na jednotlivých navržených směsích, a proto jsou pak dále upravovány. Akustická pohltivost je u vzorků pouze informativní u nejdůležitějších frekvencí vzhledem k člověku a dopravě. Podrobněji bude pohltivost zpracována v kapitolách 3.5.

4.3.1 Vzorek AV

Vzorek AV se skládá ze směsi namíchané viz tabulka č. 9. V tabulce č.10 je přehled naměřených a vypočtených hodnot tepelné vodivosti a hustoty vzorku. Z mechanických zkoušek byla střední hodnota meze pevnosti v ohybu provedena na třech vzorcích. Střední hodnota meze pevnosti v tlaku byla naměřena a vypočtena z pěti vzorků. Na těchto vzorcích byla vypočtena jejich směrodatná odchylka. V tabulce č.11 je ukázka hodnot akustické pohltivosti na vybraných frekvencích pro dvě tloušťky vzorků.

Tabulka 9: Složení vzorku AV

Vzorek	Cement Lk	Aktivátor	Šamot	Konopí	Hliník
AV	1000 g	900 g	500 g	100 g	10 g

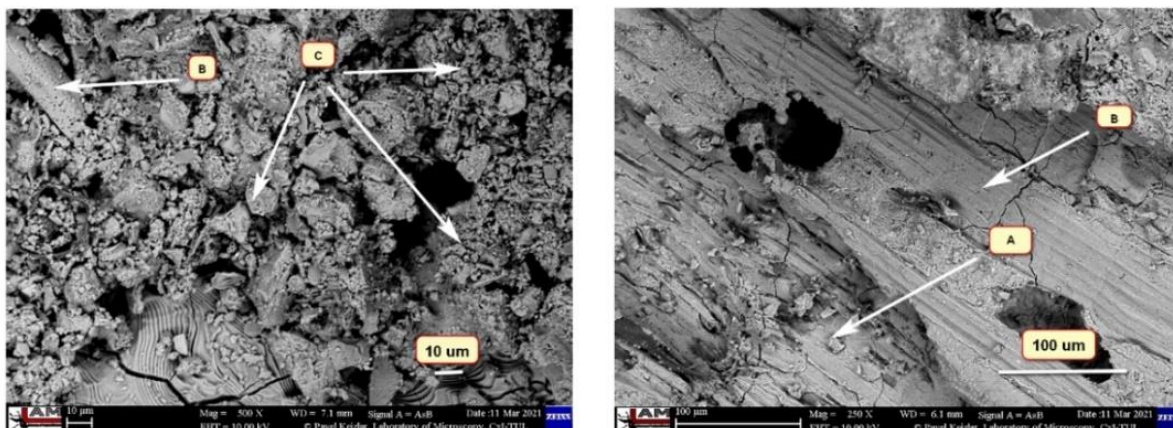
Tabulka 10: Naměřené hodnoty λ , ρ , R_{mt} a R_{mo} vzorku AV

λ	ρ [kg/m ³]	R_{mt} [MPa]		R_{mo} [MPa]	
stř. h.	stř. h.	stř. h.	sm. odch.	stř. h.	sm. odch.
0,2	870	4,75	0,61	1,30	0,1

Tabulka 11: Naměřené akustické pohltivosti vzorku AV

Vzorek	α [-]	α [-]	α [-]
AV	f 500 [Hz]	f 800 [Hz]	f 1000 [Hz]
h 25 mm	0,47	0,46	0,29
h 50 mm	0,52	0,32	0,28

Na obrázku č.35 jsou fotografie vzorku AV pořízeny na rastrovacím mikroskopu. Na obrázku a), je vidět v bodě B konopné pazdeří, v bodě C struktura geopolymery ve zvětšení 500x. Na druhém snímku b) ve zvětšení 250x směřuje šipka A k částici šamotu, B je konopné pazdeří.

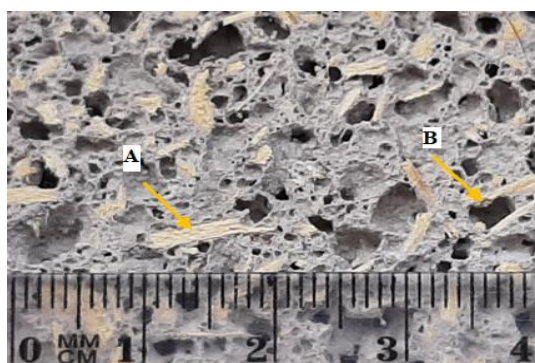


a)

b)

Obrázek 35: Struktura vzorku AV a) v rozlišení 100 µm, b) v rozlišení 10 µm [SEM TUL]

Na fotografii č. 36 je vidět struktura vzorku AV, jak je zachycena okem. Fotografie je doplněna pro názornost měřítkem v centimetrech. Šipka od bodu A ukazuje na konopná vlákna a od bodu B na vzniklé vzduchové póry po vypěnění hliníkem. Tato směs byla připravena v maximální možné míře zastoupení jednotlivých plniv, při které byla směs možná promíchat. Nejdříve byl vmíchán šamot a až poté konopí.



Obrázek 36: Makro snímek vzorku AV [autor]

4.3.2 Vzorek CV

Vzorek CV se skládá ze směsi namíchané viz tabulka č.12. V tabulce č. 13 je přehled naměřených a vypočtených hodnot tepelné vodivosti a hustoty vzorku. Z mechanických zkoušek byla

střední hodnota meze pevnosti v ohybu provedena na třech vzorcích. Střední hodnota meze pevnosti v tlaku byla naměřena a vypočtena z pěti vzorků. Na těchto vzorcích je vypočtena jejich směrodatná odchylka. V tabulce č.14 jsou hodnoty na vybraných frekvencích akustické pohltivosti pro dvě tloušťky vzorku.

Tabulka 12: Složení vzorku CV

Vzorek	Cement L _k	Aktivátor	Mikrosférka	Len	Kočkolit	Hliník
CV	1000 g	900 g	100 g	50 g	50 g	10 g

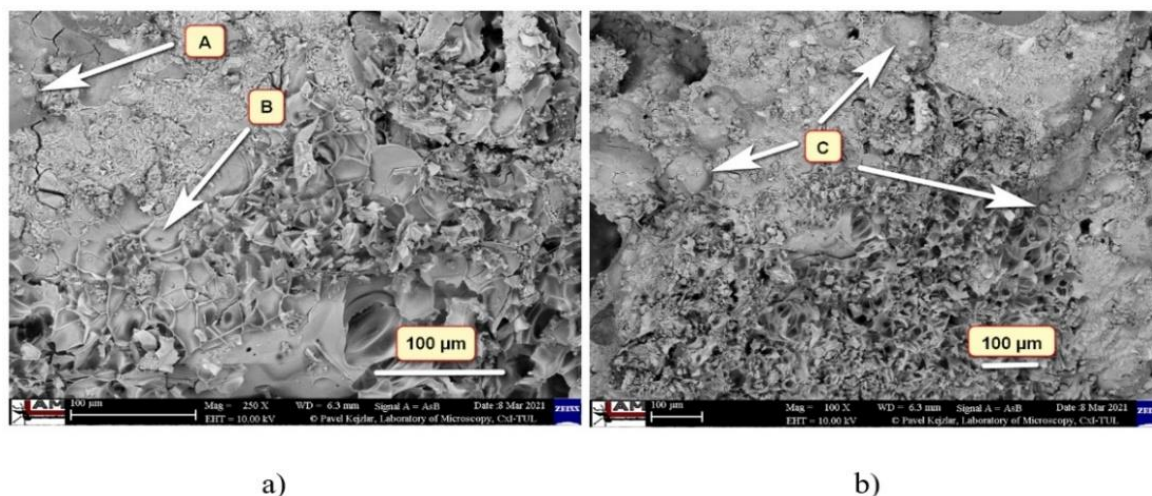
Tabulka 13: Naměřené hodnoty λ , ρ , R_{mt} a R_{mo} vzorku CV

Vzorek CV	λ	ρ [kg/m ³]	R_{mt} [MPa]		R_{mo} [MPa]	
	stř. h.	stř. h.	stř. h.	sm. odch.	stř. h.	sm. odch.
	0,14	560	2,31	0,46	0,70	0,1

Tabulka 14: Naměřené akustické pohltivosti vzorku CV

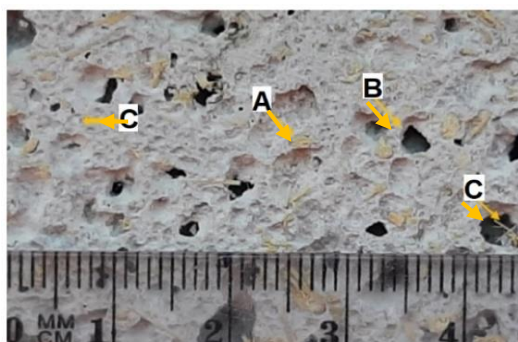
Vzorek	α [-]	α [-]	α [-]
CV	f 500 [Hz]	f 800 [Hz]	f 1000 [Hz]
h 25 mm	0,44	0,49	0,36
h 50 mm	0,40	0,37	0,33

Na obrázku č. 37 jsou vidět snímky struktury vzorku CV, pořízeny na rastrovacím mikroskopu. Na snímku a) ve zvětšení 250x jsou šipkou od bodu A znázorněny fragmenty mikrosférky, bod B směřuje na částičky lnu. Snímek b) ve zvětšení 100x ukazuje v bodech C na částice kočkolitu.



Obrázek 37: Struktura vzorku CV, a) zvětšení 250x b) zvětšení 100x [SEM TUL]

Na obrázku č. 38 je vidět struktura vzorku CV jak je vidět okem. Fotografie je doplněna pro názornost měřítkem v centimetrech. Pod bodem A jsou vidět líná vlákna, bod B ukazuje šipkou na pór vzniklý vypěněním Al a bod C znázorňuje fragment kočkolitu. Směs je dobře míchatelná.



Obrázek 38: Makro snímek vzorku CV [autor]

4.3.3 Vzorek DV

Vzorek DV se skládá ze směsi namíchané viz tabulka č.15. V tabulce č.16 je přehled naměřených a vypočtených hodnot tepelné vodivosti a hustoty vzorku. Z mechanických zkoušek je střední hodnota meze pevnosti v ohybu provedena na třech vzorcích. Střední hodnota meze pevnosti v tlaku je naměřena a vypočtena z pěti vzorků. Na těchto vzorcích je vypočtena jejich směrodatná odchylka. V tabulce č. 17 je ukázka hodnot akustické pohltivosti na vybraných frekvencích pro tři tloušťky vzorku.

Tabulka 15: Složení vzorku DV

Vzorek	Cement L _k	Aktivátor	Písek	Mikrosférka	Konopí	Hliník
DV	1000 g	900 g	200 g	300 g	100 g	10 g

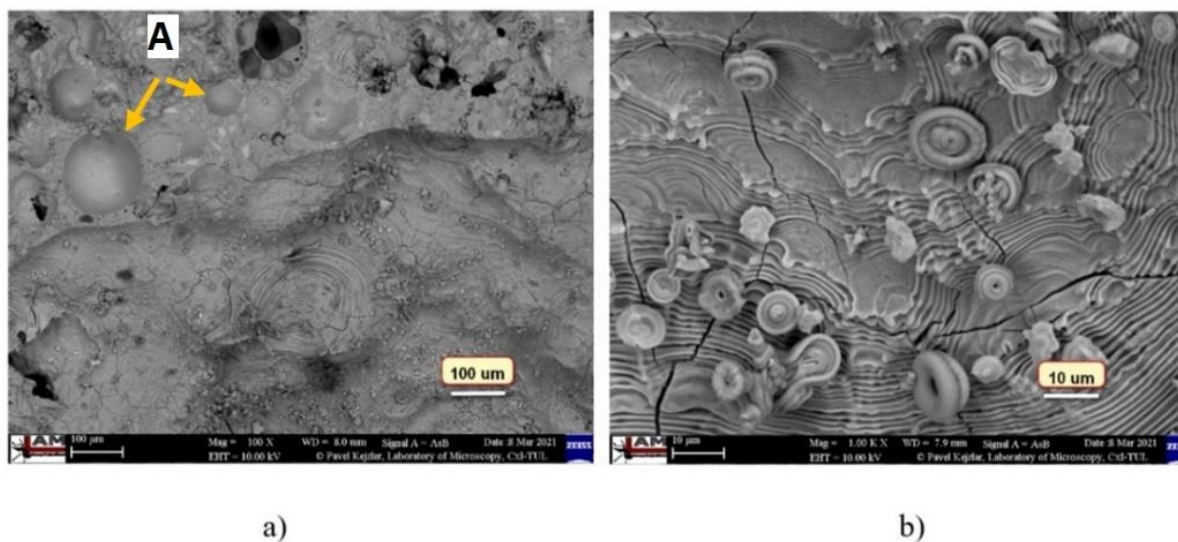
Tabulka 16: Naměřené hodnoty λ , ρ , R_{mt} a R_{mo} vzorku DV

Vzorek	λ stř. h.	ρ [kg/m ³] stř. h.	R_{mt} [MPa]		R_{mo} [MPa]	
			stř. hod.	sm. odch.	stř. hod.	sm. odch.
DV	0,22	835	2,43	0,41	0,60	0.1

Tabulka 17: Naměřené akustické pohltivosti vzorku DV

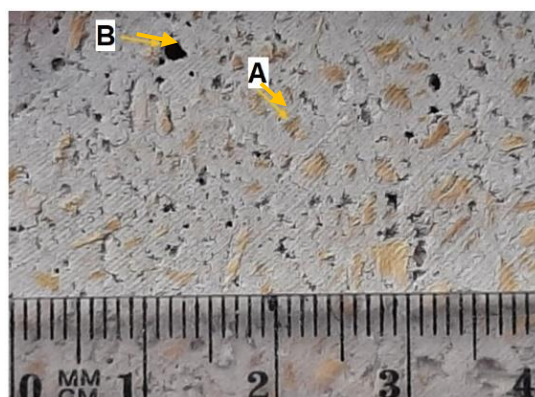
Vzorek	α [-]	α [-]	α [-]
DV	f 500 [Hz]	f 800 [Hz]	f 1000 [Hz]
h 25 mm	0,32	0,23	0,23
h 50 mm	0,40	0,32	0,28
h 75 mm	0,30	0,23	0,23

Na obrázku č. 39 je vidět struktura vzorku s názvem DV, pořízena rastrovacím mikroskopem při a), zvětšení 250x a rozlišením 100 μm , kde bod A ukazuje na kuličky mikrosférky, b) při zvětšení 100 x, s rozlišením 10 μm . Na snímku jsou zřetelné stopy po míchání.



Obrázek 39: Struktura vzorku DV, a) v rozlišení 100 μm , b) v rozlišení 10 μm [SEM TUL]

Na obrázku č. 40 je vidět struktura vzorku DV viditelná okem. Na fotografii jsou pravidelné rýhy zanechány vodní pilou při řezání vzorku na správný rozměr. Bod A znázorňuje konopí. Pod bodem B je vzduchová mezera vzniklá vypěněním. Směs je lehce hustší, ale míchatelná.



Obrázek 40: Makro snímek vzorku DV [autor]

4.3.4 Vzorek EV

Vzorek EV se skládá ze směsi namíchané viz tabulka č.18. V tabulce č. 19 je přehled naměřených a vypočtených hodnot tepelné vodivosti a hustoty vzorku. Z mechanických zkoušek byla

střední hodnota meze pevnosti v ohybu provedena na třech vzorcích. Střední hodnota meze pevnosti v tlaku byla naměřena a vypočtena z pěti vzorků. Na těchto vzorcích je vypočtena jejich směrodatná odchylka. V tabulce č. 20 je ukázka hodnot akustické pohltivosti na vybraných frekvencích pro dvě tloušťky vzorku.

Tabulka 18: Složení vzorku EV

Vzorek	Cement L_k	Aktivátor	Písek	Konopí	Hliník
EV	1000 g	900 g	500 g	100 g	10 g

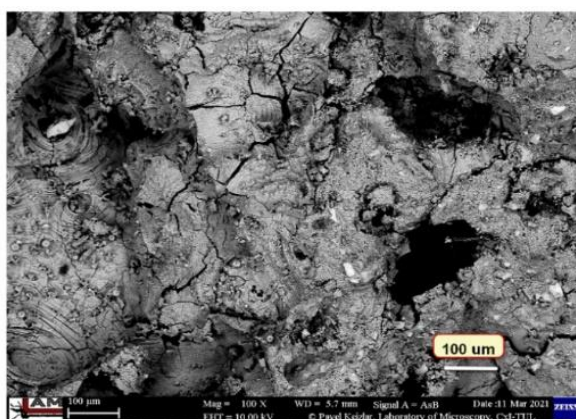
Tabulka 19: Naměřené hodnoty λ , ρ , R_{mt} a R_{mo} vzorku EV

Vzorek	λ stř. h.	ρ [kg/m ³] stř. h.	R_{mt} [MPa]		R_{mo} [MPa]	
			stř. hod.	sm. odch	stř. hod.	sm. odch
EV	0,28	921	3,16	0,39	0,90	0,1

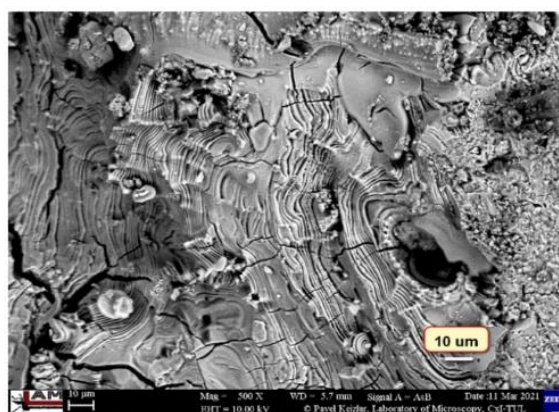
Tabulka 20: Naměřené akustické pohltivosti vzorku EV

Vzorek	α [-]	α [-]	α [-]
EV	f 500 [Hz]	f 800 [Hz]	f 1000 [Hz]
h 25 mm	0,52	0,56	0,34
h 50 mm	0,50	0,31	0,29
h 75 mm	0,33	0,25	0,25

Na obrázku č. 41 je vidět fotografie struktury vzorku EV pořízena na rastrovacím mikroskopu a) ve zvětšení 100x a b) zvětšení 500x.



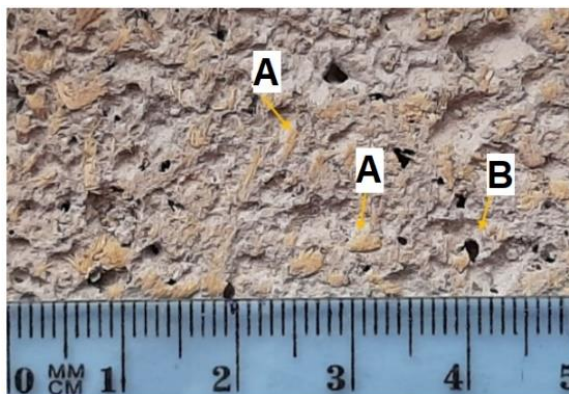
a)



b)

Obrázek 41: Struktura vzorku EV, a) v rozlišení 100 μ m, b) v rozlišení 10 μ m [SEM TUL]

Na fotografii č. 42 je vidět struktura vzorku EV, zaznamenaná okem. Fotografie je doplněna pro názornost měřítkem v centimetrech. Bod A znázorňuje konopné pazdeří. Pod bodem B je vzduchová mezera vzniklá vypěněním. Směs je lépe míchatelná než vzorek AV, který je se šamotem ve stejném množství jako zde u EV písku.



Obrázek 42: Makro snímek vzorku EV [autor]

4.3.5 Vzorek FV

Vzorek FV se skládá ze směsi namíchané viz tabulka č. 21. V tabulce č. 22 je přehled naměřených a vypočtených hodnot tepelné vodivosti a hustoty vzorku. Z mechanických zkoušek je střední hodnota meze pevnosti v ohybu provedena na třech vzorcích. Střední hodnota meze pevnosti v tlaku je naměřena a vypočtena z pěti vzorků. Na těchto vzorcích je vypočtena jejich směrodatná odchylka. V tabulce č. 23 je ukázka hodnot akustické pohltivosti na vybraných frekvencích pro tři tloušťky vzorku.

Tabulka 21: Složení vzorku FV

Vzorek	Cement L_k	Aktivátor	Mikrosféřka	Konopí	Hliník
FV	1000 g	900 g	500 g	100 g	10 g

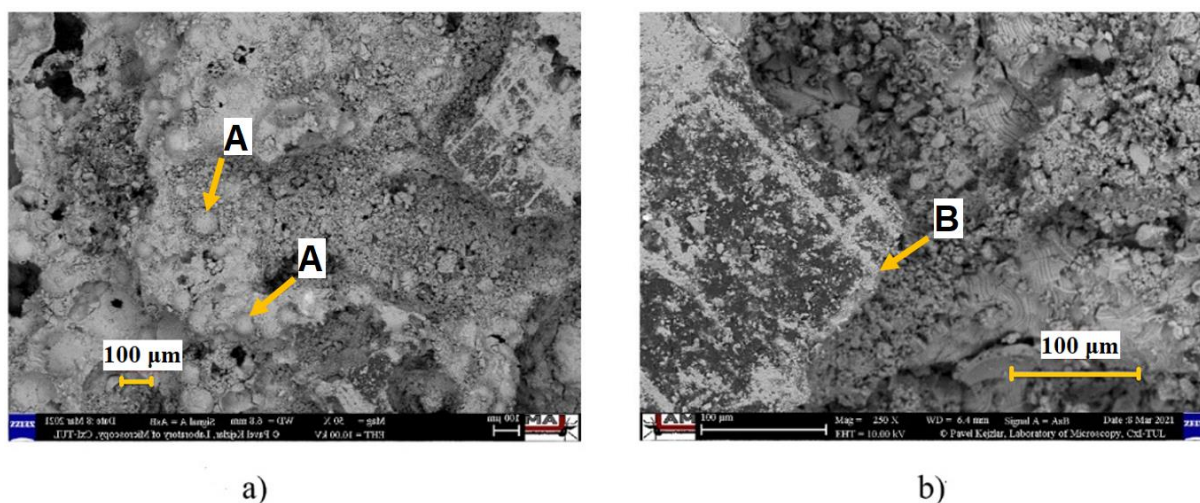
Tabulka 22: Naměřené hodnoty λ , ρ , R_{mt} a R_{mo} vzorku FV

Vzorek	λ	ρ [kg/m ³]	R_{mt} [MPa]		R_{mo} [MPa]	
	stř. h.	stř. h.	stř. h.	sm. odch.	stř. h.	sm. odch.
FV	0,16	634	3,58	0,35	0,90	0,1

Tabulka 23: Naměřené akustické pohltivosti vzorku FV

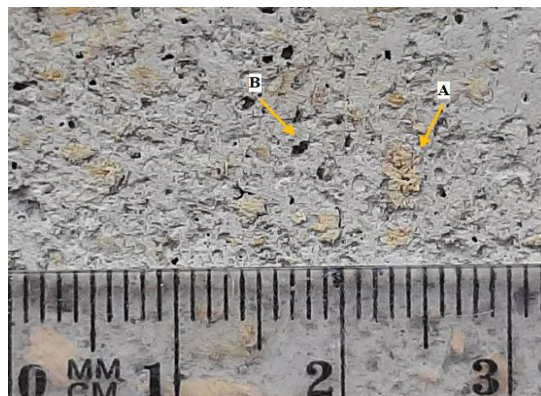
Vzorek	α [-]	α [-]	α [-]
FV	f 500 [Hz]	f 800 [Hz]	f 1000 [Hz]
h 25 mm	0,48	0,46	0,33
h 50 mm	0,46	0,23	0,25
h 75 mm	0,33	0,20	0,24

Na obrázku č. 43 jsou vidět fotografie struktury vzorku FV pořízeny na rastrovacím mikroskopu. Vlevo a) je zvětšení 50x, v rozlišení 100 μm , kde jsou v bodech A zřetelné kuličky mikrosférky, vpravo b) je zvětšení 250x v rozlišení také 100 μm . Zde je pod bodem B konopné pazdeří.



Obrázek 43: Struktura vzorku FV, a) v rozlišení 100 μm , b) v rozlišení 100 μm [SEM TUL]

Na fotografii č. 44 je vidět struktura vzorku FV jak je zřetelná okem. Fotografie je doplněna pro názornost měřítkem v centimetrech. Šipka od bodu A směřuje na vlákna konopného pazdeří a bod B směřuje ke vzduchové kapse vytvořené vypěněním vzorku hliníkem.



Obrázek 44: Makro snímek vzorku FV [autor].

4.3.6 Vzorek GV

Vzorek GV se skládá ze směsi namíchané viz tabulka č. 24. V tabulce č. 25 je přehled naměřených a vypočtených hodnot tepelné vodivosti a hustoty vzorku. Z mechanických zkoušek je střední hodnota meze pevnosti v ohybu provedena na třech vzorcích. Střední hodnota meze pevnosti v tlaku je naměřena a vypočtena z pěti vzorků. V tabulce č. 26 je ukázka hodnot akustické pohltivosti na vybraných frekvencích pro tři tloušťky vzorku.

Tabulka 24: Složení vzorku GV

Vzorek	Cement L _k	Aktivátor	Písek	Mikrosférka	Konopí	Korek	Hliník
GV	1000 g	900 g	200 g	100 g	100 g	50 g	10 g

Tabulka 25: Naměřené hodnoty λ , ρ , R_{mt} a R_{mo} vzorku GV

Vzorek	λ	ρ [kg/m ³]	R_{mt} [MPa]		R_{mo} [MPa]	
	stř. h.	stř. h.	stř. hod.	sm. odch.	stř. h.	sm. odch.
GV	0,22	841	2,78	0,54	0,80	0,1

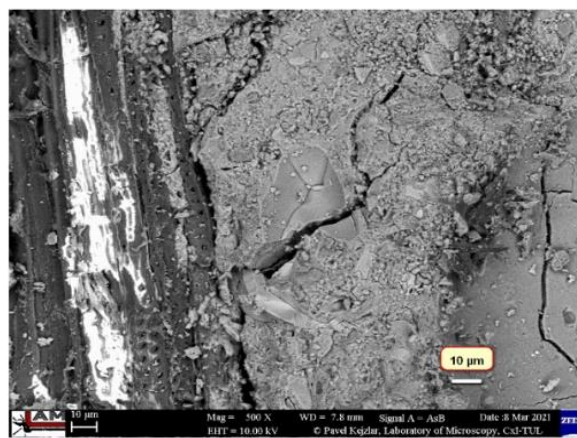
Tabulka 26: Naměřené akustické pohltivosti vzorku GV

Vzorek	α [-]	α [-]	α [-]
GV	f 500 [Hz]	f 800 [Hz]	f 1000 [Hz]
h 25 mm	0,54	0,43	0,28
h 50 mm	0,50	0,33	0,29
h 75 mm	0,54	0,28	0,26

Na fotografii č. 45 je vidět struktura vzorku GV ze skenovacího mikroskopu. Vlevo a) je rozlišení 100 μm , zvětšení 100x. Na fotografii je pěkně zachycena kulička mikrosférky. Vpravo za b) v rozlišení 10 μm a zvětšení 500x je na levé straně patrné konopné pazdeří.



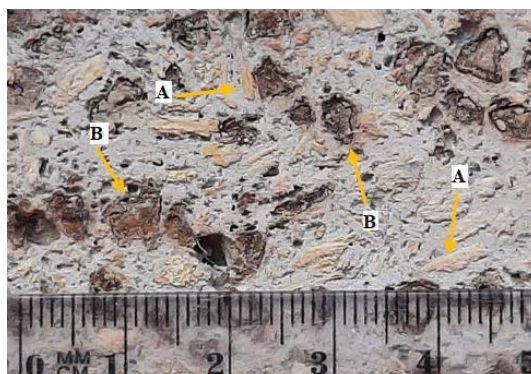
a)



b)

Obrázek 45: Struktura vzorku GV, a) v rozlišení 100 μm , b) v rozlišení 10 μm [SEM TUL]

Na fotografii č. 46 je vidět struktura vzorku GV jak je vidět okem. Fotografie je doplněna pro názornost měřítkem v centimetrech. Bod A směřuje ke konopnému pazdeří, bod B znázorňuje korek.



Obrázek 46: Makro struktura vzorku GV [autor]

4.3.7 Vzorek HV

Vzorek HV se skládá ze směsi namíchané viz tabulka č. 27. V tabulce č 28 je přehled naměřených a vypočtených hodnot tepelné vodivosti a hustoty vzorku. Z mechanických zkoušek byla střední hodnota meze pevnosti v ohybu provedena na třech vzorcích. Střední hodnota meze pevnosti v tlaku je naměřena a vypočtena z pěti vzorků. V tabulce č. 29 je ukázka hodnot akustické pohltivosti na vybraných frekvencích pro tři tloušťky vzorku.

Tabulka 27: Složení vzorku HV

Vzorek	Cement Lk	Aktivátor	Písek	Mikrosférka	Ciur 2550	Hliník
HV	1000 g	900 g	200 g	300 g	40 g	10 g

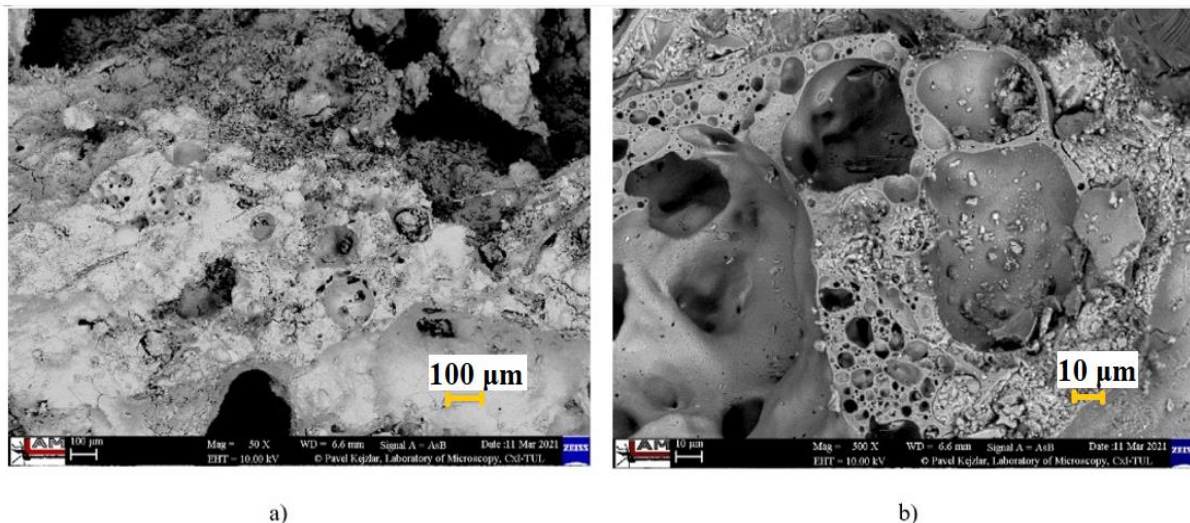
Tabulka 28: Naměřené hodnoty λ , ρ , R_{mt} a R_{mo} vzorku HV

Vzorek	λ	ρ [kg/m ³]	R_{mt} [MPa]		R_{mo} [MPa]	
	stř. h.	stř. h.	stř. hod.	sm. Odch	stř. hod.	sm. Odch
HV	0,17	690	3,45	0,34	1,10	0,1

Tabulka 29: Naměřené akustické pohltivosti vzorku HV

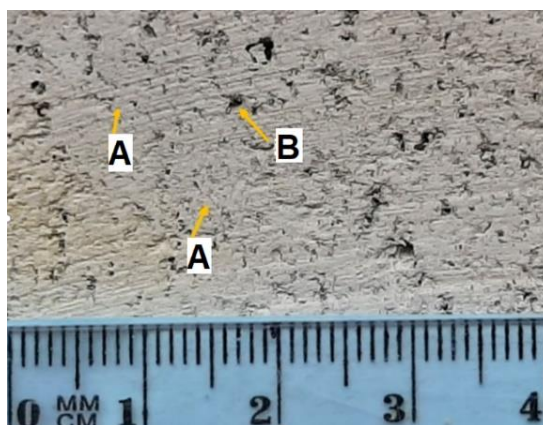
Vzorek	α [-]	α [-]	α [-]
HV	f 500 [Hz]	f 800 [Hz]	f 1000 [Hz]
h 25 mm	0,25	0,36	0,38
h 50 mm	0,43	0,26	0,22
h 75 mm	0,34	0,22	0,20

Na obrázku č. 47 je vidět fotografie struktury vzorku HV pořízena na rastrovacím mikroskopu. Vlevo a) je struktura při 50x násobném zvětšení v rozlišení 100 μm , b) je zvětšení 500x při rozlišení 10 μm , kde jsou pěkně vidět fragmenty plniva Ciur F2550.



Obrázek 47: Struktura vzorku HV, a) 100 μm , b) 10 μm [SEM TUL]

Na obrázku č. 48 je vidět struktura vzorku HV jak je vidět pouhým okem. Fotografie je pro názornost doplněna měřítkem v centimetrech. Rýhy na povrchu jsou po řezu vodní pilou. Pod bodem A jsou nepatrně vidět vlákna Ciuru F2550 a pod bodem B je vzduchová kapsa po vypěnění hliníkem. Do vzorku bylo přidáno maximálně možné množství vláken F 2550, která byla ještě možná zamíchat do směsi.



Obrázek 48: Makro struktura vzorku HV [autor]

4.3.8 Vzorek IV

Vzorek IV se skládá ze směsi namíchané viz tabulka č. 30. V tabulce č. 31 je přehled naměřených a vypočtených hodnot tepelné vodivosti a hustoty vzorku. Mechanické zkoušky nebylo možné na připravených vzorcích provést z technických důvodů. V tabulce č. 32 je ukázka hodnot akustické pohltivosti na vybraných frekvencích pro dvě tloušťky vzorku.

Tabulka 30: Složení vzorku IV

Vzorek	Cement Lk	Aktivátor	Písek	Mikrosférka	Ciur F2550	Korek	Hliník
IV	1000 g	900 g	200 g	100 g	40 g	50 g	10 g

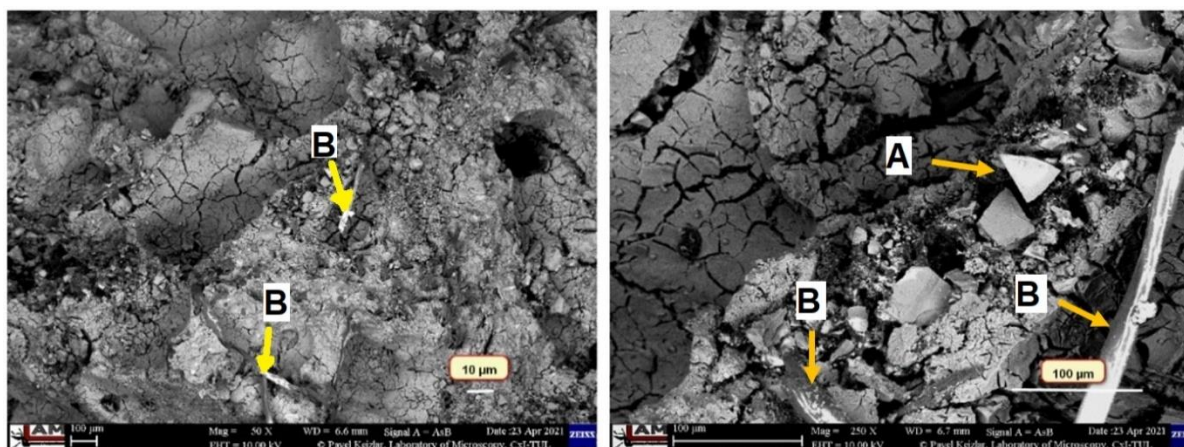
Tabulka 31: Naměřené hodnoty λ , měrná hustota ρ vzorku IV

Vzorek	λ	ρ [kg/m ³]
	stř. h.	stř. h.
IV	0,24	927

Tabulka 32: Naměřené akustické pohltivosti vzorku IV

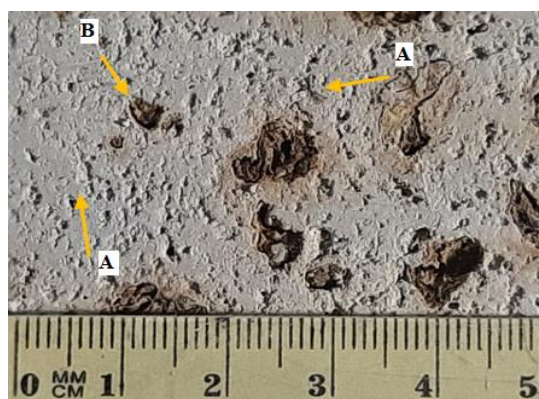
Vzorek	α [-]	α [-]	α [-]
IV	f 500 [Hz]	f 800 [Hz]	f 1000 [Hz]
h 25 mm	0,20	0,35	0,49
h 50 mm	0,48	0,20	0,18

Struktura vzorku IV ze SEM je vidět na obrázku č 49. Vlevo a) ve zvětšení 50x jsou pod bodem B patrna vlákna F 2550, vpravo b) je zvětšení 250 x v rozlišení 100 μ m, bod A směřuje k úlomku mikrosférky, bod B směřuje k vláknům F 2550.



Obrázek 49: Struktura vzorku IV, a) v rozlišení 10 μ m, b) v rozlišení 100 μ m [SEM TUL]

Na fotografii č. 50 je vidět struktura vzorku IV, jak je zřetelná pouhým okem. Fotografie je doplněna měřítkem. Bod A směřuje k vláknům F 2550 a bod B směřuje na korek.



Obrázek 50: Makro struktura vzorku IV [autor]

4.3.9 Vzorek JV

Vzorek JV se skládá ze směsi namíchané viz tabulka č. 33. V tabulce č. 34 je přehled naměřených a vypočtených hodnot tepelné vodivosti a hustoty vzorku. Mechanické zkoušky nebylo možné na připravených vzorcích provést z technických důvodů. V tabulce č. 35 je ukázka hodnot akustické pohltivosti na vybraných frekvencích pro tři tloušťky vzorku.

Tabulka 33: Složení vzorku JV

Vzorek	Cement L_k	Aktivátor	Písek	Ciur 2550	Hliník
JV	1000 g	900 g	500 g	40 g	10 g

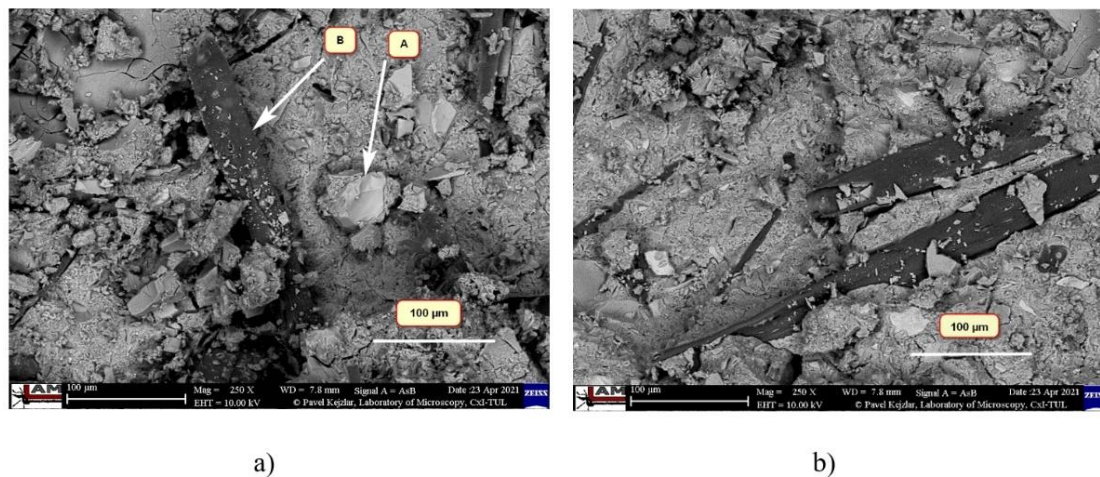
Tabulka 34: Naměřené hodnoty λ , měrná hustota ρ vzorku JV

Vzorek	λ stř. h.	ρ [kg/m ³] stř. h.
JV	0,23	936

Tabulka 35: Naměřené akustické pohltivosti vzorku JV

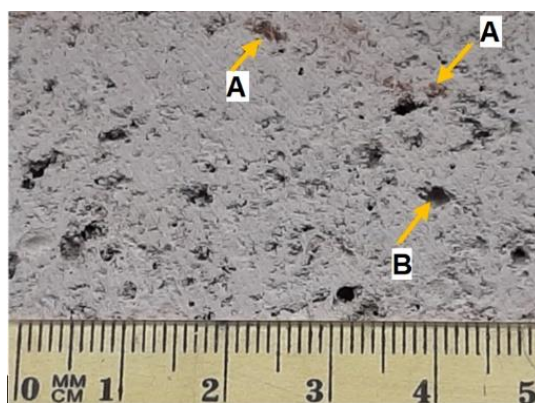
Vzorek	α [-]	α [-]	α [-]
JV	f 500 [Hz]	f 800 [Hz]	f 1000 [Hz]
h 25 mm	0,27	0,41	0,39
h 50 mm	0,49	0,25	0,21
h 75 mm	0,52	0,28	0,26

Na obrázku č. 51 je vidět struktura vzorku JV, a) při zvětšení 250x pod rozlišením 100 μm je v bodě A patrna struktura geopolymery a v bodě B vlákno z plniva F 2550. Vpravo b) jsou uprostřed snímku patrna vlákna F 2550.



Obrázek 51: Struktura vzorku JV, a) v rozlišení 100 μm , b) v rozlišení 100 μm [SEM TUL]

Na fotografii č. 52 je vidět struktura vzorku JV jak je vidět okem. Fotografie je doplněna pro názornost měřítkem v centimetrech. Pod bodem A jsou vidět chumle vláken F2550, šipka od bodu B směřuje k dutině vzniklé vypěněním vzorku. Směs jde míchat obtížněji. Vláknina byla přidávána jako poslední složka před vypěňovacím činidlem.



Obrázek 52: Makro struktura vzorku JV [autor]

4.3.10 Vzorek KV

Vzorek KV se skládá ze směsi namíchané viz tabulka č. 36. V tabulce č. 37 je přehled naměřených a vypočtených hodnot tepelné vodivosti a hustoty vzorku. Mechanické zkoušky nebylo možné na připravených vzorcích provést z technických důvodů. V tabulce č.38 je ukázka hodnot akustické pohltivosti na vybraných frekvencích pro tři tloušťky vzorku.

Tabulka 36: Složení vzorku KV

Vzorek	Cement Lk	Aktivátor	Mikrosférka	Ciur 2550	Hliník
KV	1000 g	900 g	500 g	40 g	10 g

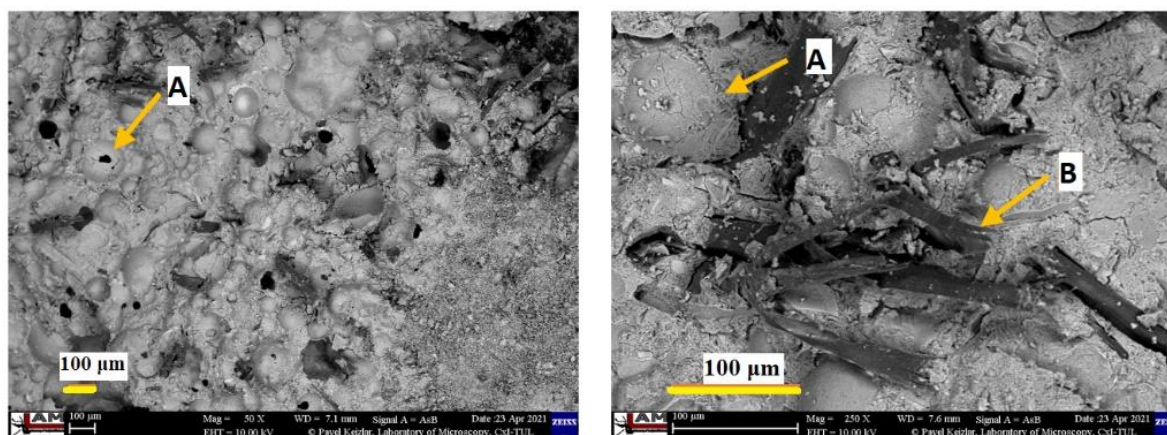
Tabulka 37: měrná hustota ρ vzorku KV

Vzorek	ρ [kg/m ³]
	stř. h.
KV	910

Tabulka 38: Naměřené akustické pohltivosti vzorku KV

Vzorek	α [-]	α [-]	α [-]
KV	f 500 [Hz]	f 800 [Hz]	f 1000 [Hz]
h 25 mm	0,53	0,31	0,19
h 50 mm	0,35	0,25	0,17
h 75 mm	0,39	0,16	0,14

Na struktuře KV ze SEM, která je na obrázku č. 53 je a) při zvětšení 50x vidět pod bodem A prasklá kulička mikrosférky. Na pravé straně za b) je při zvětšení 250x vidět pod bodem A kulička mikrosférky a bodem B ukazuje na vlákna plniva F 2550.



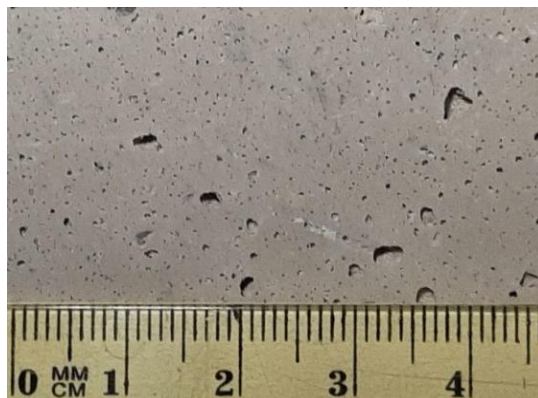
a)

b)

Obrázek 53: Struktura vzorku KV, v rozlišení a) 100 µm, b) 100 µm [SEM TUL]

Na obrázku č. 54 je vidět struktura vzorku KV jak je vidět pouhým okem. Fotografie je doplněna pro názornost měřítkem v centimetrech. Na fotografii je stěna vzorku, která doléhala

na dno formy z plexiskla. Z tohoto důvodu zde nejsou jasně patrná vlákna F2550. Vzhledem k tomu, že směs byla příliš hustá při zamíchávání plniva, je třeba snížit přidávané množství jednotlivých plniv, nebo vlákna.



Obrázek 54: Makro snímek vzorku KV [autor]

4.3.11 Vzorek MV

Vzorek MV se skládá ze směsi namíchané viz tabulka č. 39. V tabulce č. 40 je přehled naměřených a vypočtených hodnot tepelné vodivosti a hustoty vzorku. Z mechanických zkoušek je střední hodnota meze pevnosti v ohybu provedena na třech vzorcích. Střední hodnota meze pevnosti v tlaku je naměřena a vypočtena z pěti vzorků. V tabulce č. 41, je ukázka hodnot akustické pohltivosti na vybraných frekvencích pro tři tloušťky vzorku.

Tabulka 39: Složení vzorku MV

Vzorek	Cement L _k	Aktivátor	Mikrosférika	Šamot	Konopí	Hliník
MV	1000 g	900 g	500 g	50 g	100 g	10 g

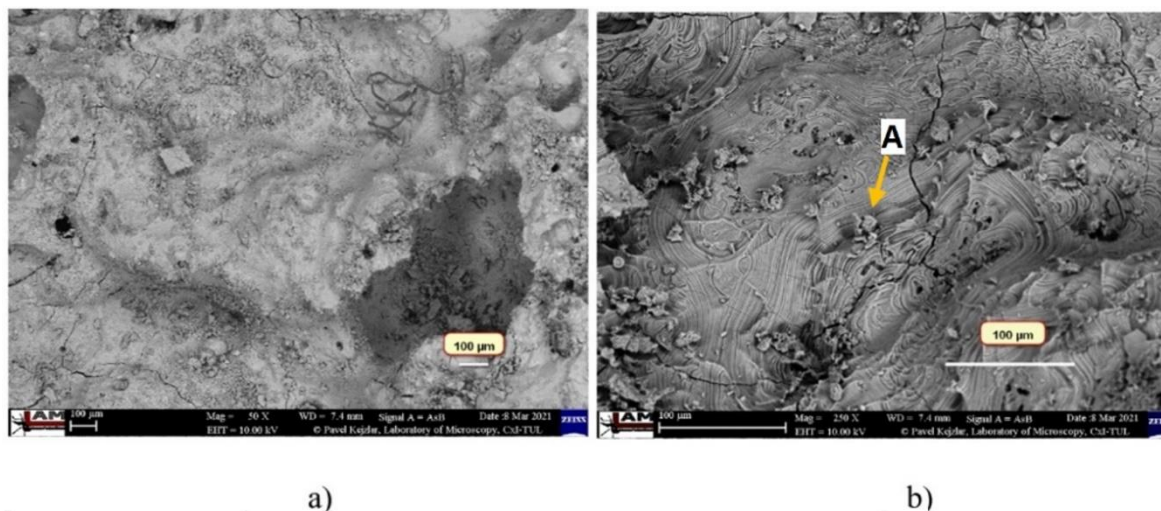
Tabulka 40: Naměřené hodnoty λ , ρ , R_{mt} a R_{mo} vzorku MV

Vzorek	λ	ρ [kg/m ³]	R_{mt} [MPa]		R_{mo} [MPa]	
	stř. h.	stř. h.	stř. h.	sm. odch.	stř. h.	sm. odch.
MV	0,18	770	3,32	0,67	0,90	0,1

Tabulka 41: Naměřené akustické pohltivosti vzorku MV

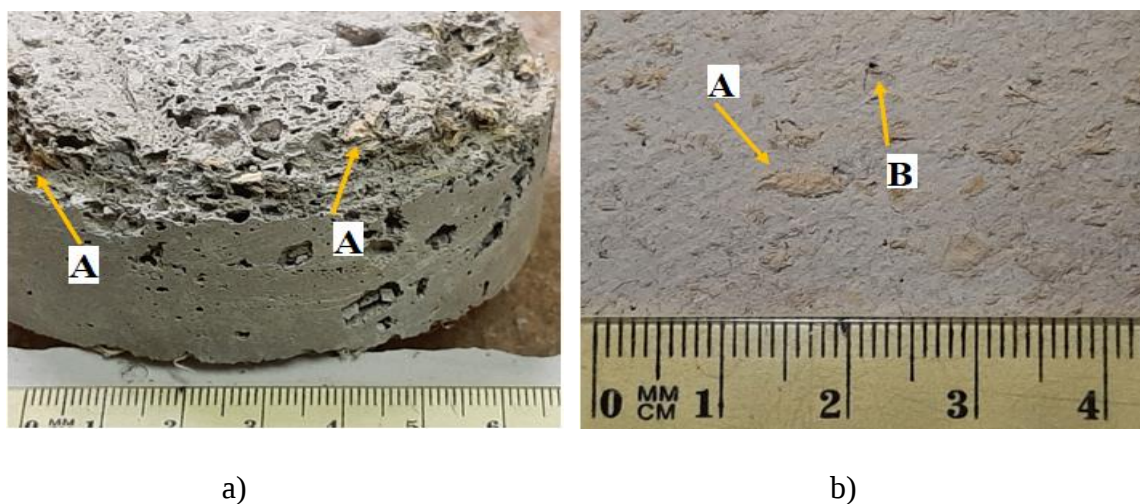
Vzorek	α [-]	α [-]	α [-]
MV	f 500 [Hz]	f 800 [Hz]	f 1000 [Hz]
h 25 mm	0,53	0,35	0,27
h 50 mm	0,43	0,28	0,24
h 75 mm	0,33	0,23	0,22

Na obrázku č. 55 je vidět fotografie vzorku MV pořízena na rastrovacím mikroskopu. V části za a) je struktura při zvětšení 50x v rozlišení 100 μm , b) zvětšení 250x v rozlišení 100 μm . Pod bodem A jsou vidět částice šamotu.



Obrázek 55: Struktura vzorku MV, v rozlišení a) 100 μm , b) 100 μm [SEM TUL]

Na fotografii č. 56 je vidět struktura vzorku MV jak je možná zaznamenat okem. Fotografie je doplněna pro názornost měřítkem v centimetrech. Na obr. č. 54 a) je vidět čerstvě odformovaný vypěněný vzorek před seříznutím na požadovaný rozměr. Šipky od bodu A ukazují na konopné pazdeří. Obr. 54 b) znázorňuje seříznutou plochu vzorku. Bod A směřuje na konopné pazdeří, bod B na vzduchovou kapsu. Tím, že byla směs hutná nemá vzorek v řezu mnoho vzduchových bublin.



Obrázek 56: Ukázka vzorku MV a) po vyjmutí z formy b) po řezu vodní pilou [autor]

4.3.12 Vzorek NV

Vzorek MV se skládá ze směsi namíchané viz tabulka č. 42. V tabulce č. 43 je přehled naměřených a vypočtených hodnot tepelné vodivosti a hustoty vzorku. Z mechanických zkoušek byla střední hodnota meze pevnosti v ohybu provedena na třech vzorcích. Střední hodnota meze pevnosti v tlaku byla naměřena a vypočtena z pěti vzorků. V tabulce č. 44 je ukázka hodnot akustické pohltivosti na vybraných frekvencích pro tři tloušťky vzorku.

Tabulka 42: Složení vzorku NV

Vzorek	Cement L_k	Aktivátor	Mikrosféřka	Konopí	EPS	Hliník
NV	1000 g	900 g	500 g	100 g	7 g (0,4l)	10 g

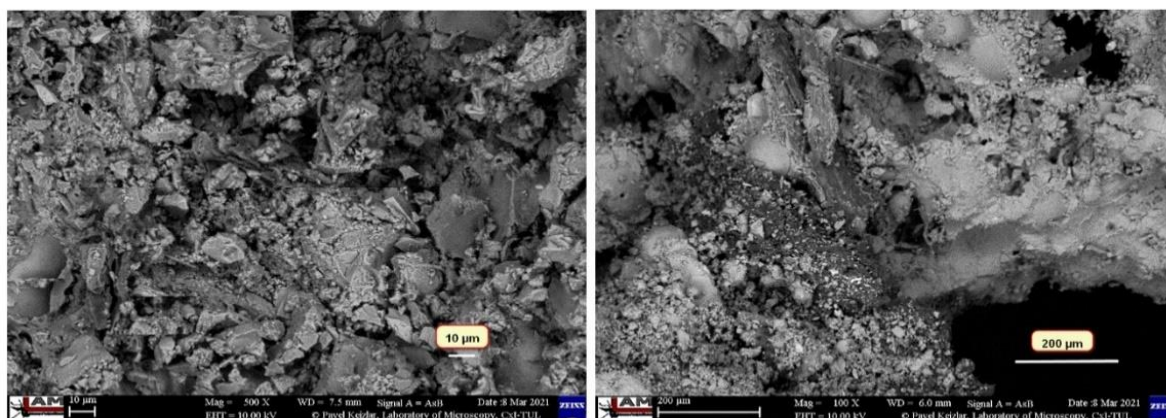
Tabulka 43: Naměřené hodnoty λ , ρ , R_{mt} a R_{mo} vzorku NV

Vzorek	λ	ρ [kg/m ³]	R_{mt} [MPa]		R_{mo} [MPa]	
	stř. h.	stř. h.	stř. h.	sm. odch.	stř. h.	sm. odch.
NV	0,16	602	3,31	0,54	0,80	0,1

Tabulka 44: Naměřené akustické pohltivosti vzorku MV

Vzorek	α [-]	α [-]	α [-]
NV	f 500 [Hz]	f 800 [Hz]	f 1000 [Hz]
h 25 mm	0,29	0,25	0,19
h 50 mm	0,28	0,21	0,17
h 75 mm	0,28	0,18	0,16

Na obrázku č. 57 je vidět fotografie vzorku NV pořízena na rastrovacím mikroskopu SEM. Nalevo a) je ve zvětšení 500x při rozlišení 10 μm a za b) zvětšení 100x při rozlišení 200 μm .

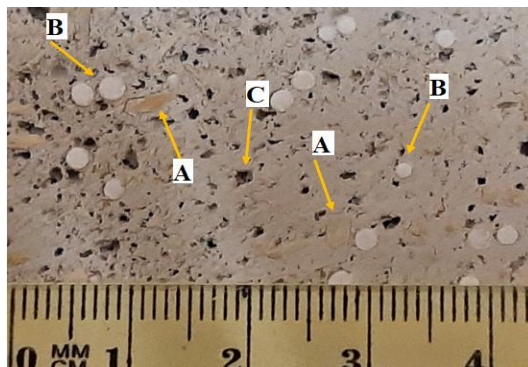


a)

b)

Obrázek 57: Struktura vzorku NV, a) v rozlišení 10 μm , b) v rozlišení 200 μm [SEM TUL]

Na obrázku č. 58 je vidět struktura vzorku NV jak je viditelná pouhým okem. Fotografie je doplněna pro názornost měřítkem v centimetrech. Bod A směřuje ke konopnému vláknu, bod B znázorňuje EPS kuličky a bod C směřuje k vzduchové dutině. Směs je obtížněji míchatelná.



Obrázek 58: Makro snímek vzorku NV [autor]

4.3.14 Vzorek OV

Vzorek OV se skládá ze směsi namíchané viz tabulka č.45. V tabulce č. 46 je přehled naměřených a vypočtených hodnot hustoty vzorku, z mechanických zkoušek střední hodnota meze pevnosti v ohybu provedena na třech vzorcích a střední hodnota meze pevnosti v tlaku je naměřena a vypočtena z pěti vzorků. V tabulce č.47, je ukázka hodnot akustické pohltivosti na vybraných frekvencích pro tři tloušťky vzorku.

Tabulka 45: Složení vzorku OV

Vzorek	Cement L _k	Aktivátor	Mikrosférka	Konopí	Korek	Hliník
OV	1000 g	900 g	500 g	100 g	50 g	10 g

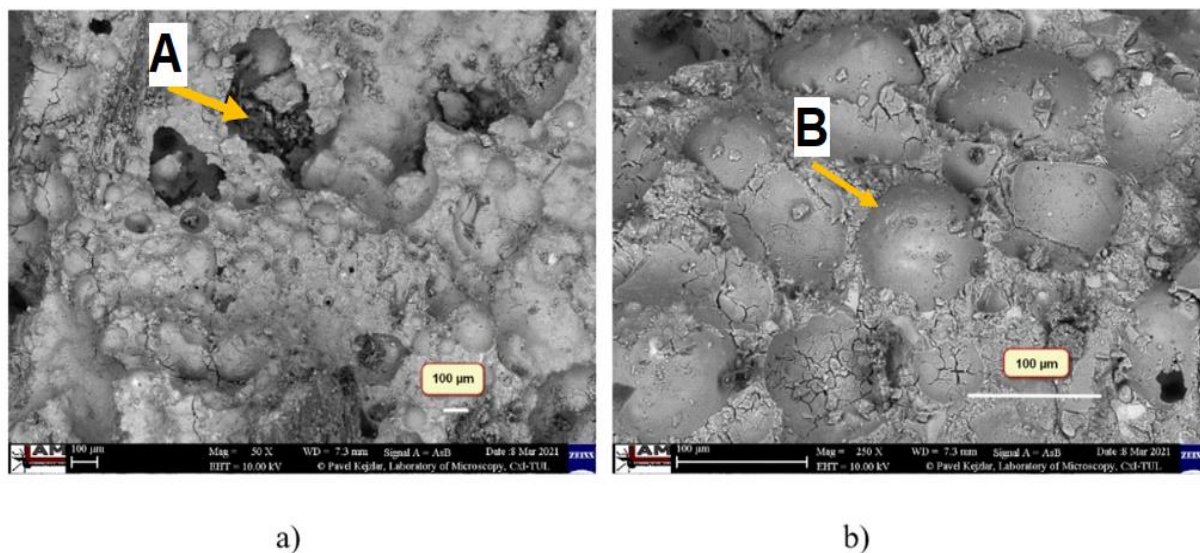
Tabulka 46: Naměřené hodnoty ρ , R_{mt} a R_{mo} vzorku OV

Vzorek	ρ [kg/m ³]	R_{mt} [MPa]		R_{mo} [MPa]	
	stř. h.	stř. h.	sm. odch.	stř. h.	sm. odch.
OV	210	5,80	0,43	0,40	0,1

Tabulka 47: Naměřené akustické pohltivosti vzorku OV

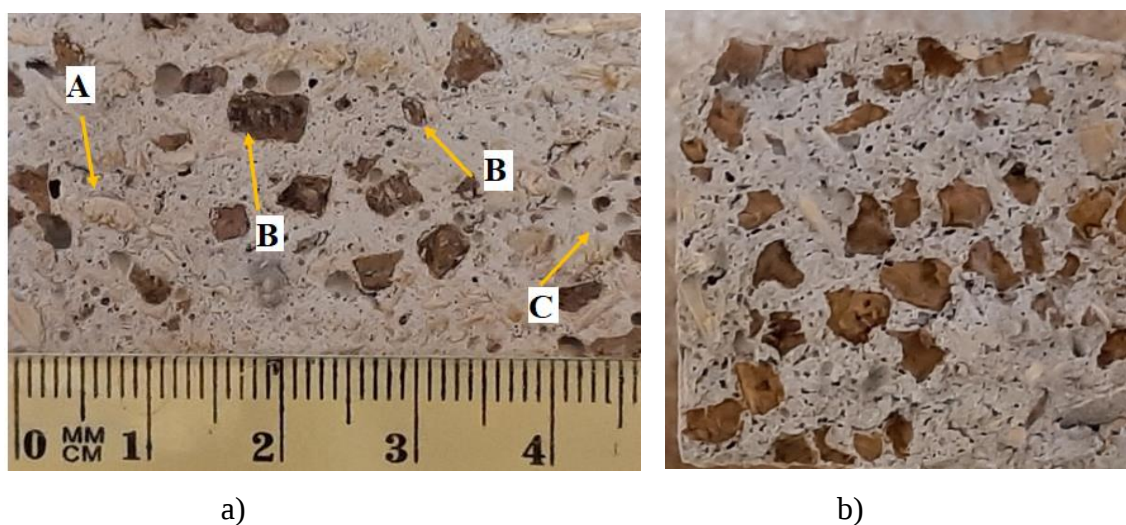
Vzorek	α [-]	α [-]	α [-]
OV	f 500 [Hz]	f 800 [Hz]	f 1000 [Hz]
h 25 mm	0,32	0,23	0,16
h 50 mm	0,32	0,24	0,17
h 75 mm	0,23	0,15	0,13

Na obrázku č. 59 je vidět fotografie vzorku OV pořízena na rastrovacím mikroskopu. Vlevo a) ve zvětšení 50x pod bodem A vidíme fragment korku, b) ve zvětšení 250 x bod B směřuje ke kuličce mikrosférky.



Obrázek 59: Struktura vzorku OV, v rozlišení a) 100 µm, b) 100 µm [SEM TUL]

Na obrázku č.60 je vidět struktura vzorku OV viditelná okem. Fotografie je doplněna pro názornost měřítkem v centimetrech. Zřetelně jsou zde vidět pod bodem A fragmenty konopí, pod bodem B korek a šipka bodu C směřuje k vzduchové kapse. Na druhé fotografii č je pohled na lom vzorku po mechanické zkoušce pevnosti v ohybu, kde je vidět, že korek je rovnoměrně rozmístěn v materiálu a nevyplaval k povrchu.



Obrázek 60: Makro snímek vzorku OV [autor]

4.3.15 Vzorek PV

Vzorek PV se skládá ze směsi namíchané viz tabulka č. 48. V tabulce č. 49 je přehled naměřených a vypočtených hodnot tepelné vodivosti a hustoty vzorku. Z mechanických zkoušek byla střední hodnota meze pevnosti v ohybu provedena na třech vzorcích. Střední hodnota meze pevnosti v tlaku byla naměřena a vypočtena z pěti vzorků. V tabulce č. 50, je ukázka hodnot akustické pohltivosti na vybraných frekvencích pro tři tloušťky vzorku.

Tabulka 48: Složení vzorku PV

Vzorek	Cement Lk	Aktivátor	Písek	Mikrosfěrka	Hliník
PV	1000 g	900 g	200 g	150 g	10 g

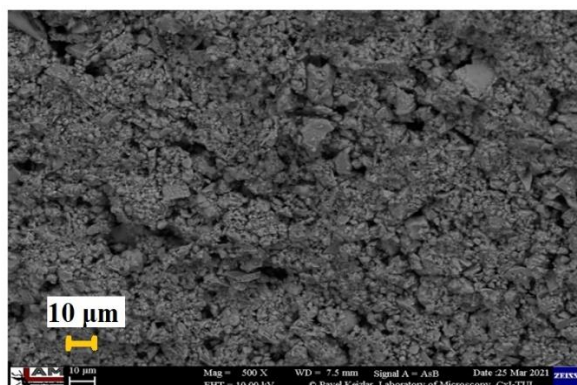
Tabulka 49: Naměřené hodnoty λ , ρ , R_{mt} a R_{mo} vzorku PV

Vzorek	λ	ρ [kg/m ³]	R_{mt} [MPa]		R_{mo} [MPa]	
	stř. h.	stř. h.	stř. h.	sm. odch.	stř. h.	sm. odch.
PV	0,11	1274	1,18	0,37	0,40	0,1

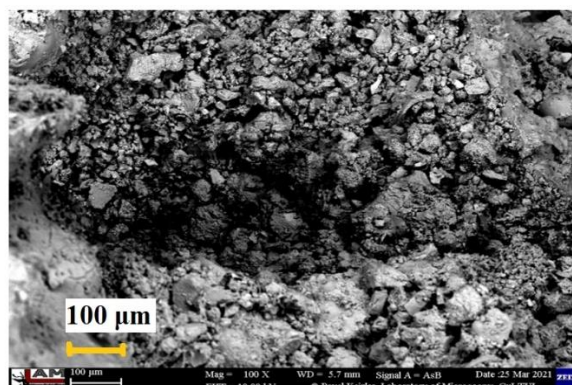
Tabulka 50: Naměřené akustické pohltivosti vzorku PV

Vzorek	α [-]	α [-]	α [-]
PV	f 500 [Hz]	f 800 [Hz]	f 1000 [Hz]
h 25 mm	0,45	0,38	0,32
h 50 mm	0,63	0,41	0,32
h 75 mm	0,37	0,27	0,28

Na obrázku č. 61 je snímek vzorku PV pořízen na rastrovacím mikroskopu SEM a) geopolymerní struktura při zvětšení 500x, b) při zvětšení 100x.



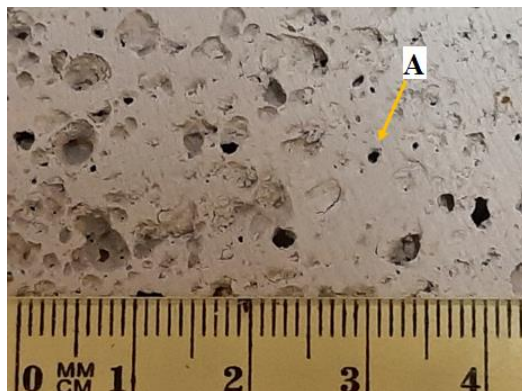
a)



b)

Obrázek 61: Struktura vzorku P, a) v rozlišení 100 μm, b) v rozlišení 100 μm [SEM TUL]

Na fotografii č. 62 je vidět struktura vzorku PV viditelná okem. Fotografie je doplněna měřítkem v centimetrech. Šipka bodu A směřuje ke vzduchové kapse vzniklé po vypěnění. Směs je dobře míchatelná.



Obrázek 62: Makro snímek vzorku PV [autor]

4.3.16 Vzorek RV

Vzorek PV se skládá ze směsi namíchané viz tabulka č.51. V tabulce č. 52 je přehled naměřených a vypočtených hodnot tepelné vodivosti a hustoty vzorku. Z mechanických zkoušek je střední hodnota meze pevnosti v ohybu provedena na třech vzorcích. Střední hodnota meze pevnosti v tlaku je naměřena a vypočtena z pěti vzorků. V tabulce č. 53, je ukázka hodnot akustické pohltivosti na vybraných frekvencích pro tři tloušťky vzorku.

Tabulka 51: Složení vzorku RV

Vzorek	Cement L _k	Aktivátor	Mikrosférka	Hliník
RV	1000 g	900 g	500 g	10 g

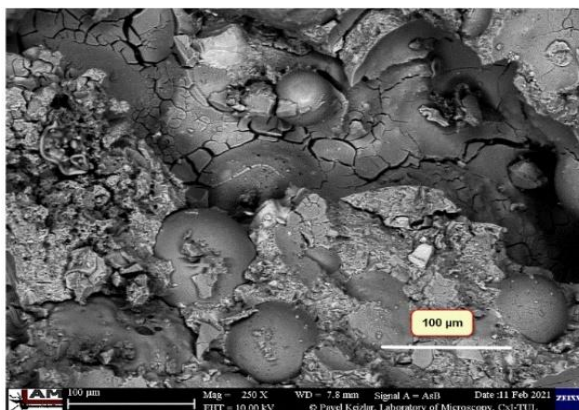
Tabulka 52 : Naměřené hodnoty λ , ρ , R_{mt} a R_{mo} vzorku RV

Vzorek	λ	ρ [kg/m ³]	R_{mt} [MPa]		R_{mo} [MPa]	
	stř. h.	stř. h.	stř. h.	sm. odch.	stř. h.	sm. odch.
RV	0,12	411	0,78	0,11	0,30	0,1

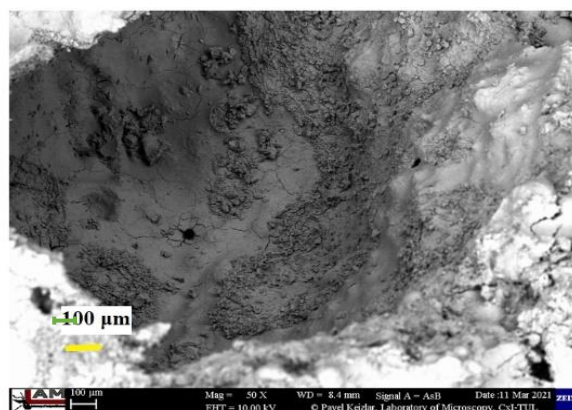
Tabulka 53: Naměřené akustické pohltivosti vzorku RV

Vzorek	α [-]	α [-]	α [-]
RV	f 500 [Hz]	f 800 [Hz]	f 1000 [Hz]
h 25 mm	0,50	0,68	0,44
h 50 mm	0,41	0,33	0,31
h 75 mm	0,52	0,32	0,30

Na obrázku č. 63 je vidět fotografie vzorku RV pořízena na rastrovacím mikroskopu SEM, kde je za a) zvětšení 250x. Jsou zde krásně vidět kuličky mikrosférky, b) 50x, geopolymerní struktura.



a)



b)

Obrázek 63: Struktura vzorku RV, v rozlišení a) 100 μm, b) 100 μm [SEM TUL]

Na obrázku č. 64 je vidět struktura vzorku RV okem. Fotografie je doplněna pro názornost měřítkem v centimetrech. Tento vzorek nemá mimo mikrosférky jiné plnivo a tím, jak je zřetelné, vzorek po přidání stejného množství hliníku vypěnil. Vzduchové kapsy jsou více jak dvojnásobné, některé i přes 10 mm, například oproti vzorku PV. Vzorek OV nemá v porovnání se vzorkem RV i pouhým pohledem skoro žádné dutiny. Velikost dutin je zhruba kolem centimetru. Vzorek RV je také znatelně lehčí. Směs je po zamíchání tekoucí.



Obrázek 64: Makro snímek vzorku RV [autor]

4.3.17 Vzorek SV

Vzorek SV se skládá ze směsi namíchané viz tabulka č. 54. V tabulce č. 55 je přehled naměřených a vypočtených hodnot tepelné vodivosti a hustoty vzorku. Z mechanických zkoušek je střední hodnota meze pevnosti v ohybu provedena na třech vzorcích. Střední hodnota meze pevnosti v tlaku je naměřena a vypočtena z pěti vzorků. V tabulce č.56, je ukázka hodnot akustické pohltivosti na vybraných frekvencích pro tři tloušťky vzorku.

Tabulka 54: Složení vzorku SV

Vzorek	Cement L _k	Aktivátor	Mikrosférka	Keramzit	Hliník
SV	1000 g	900 g	500 g	200 g	10 g

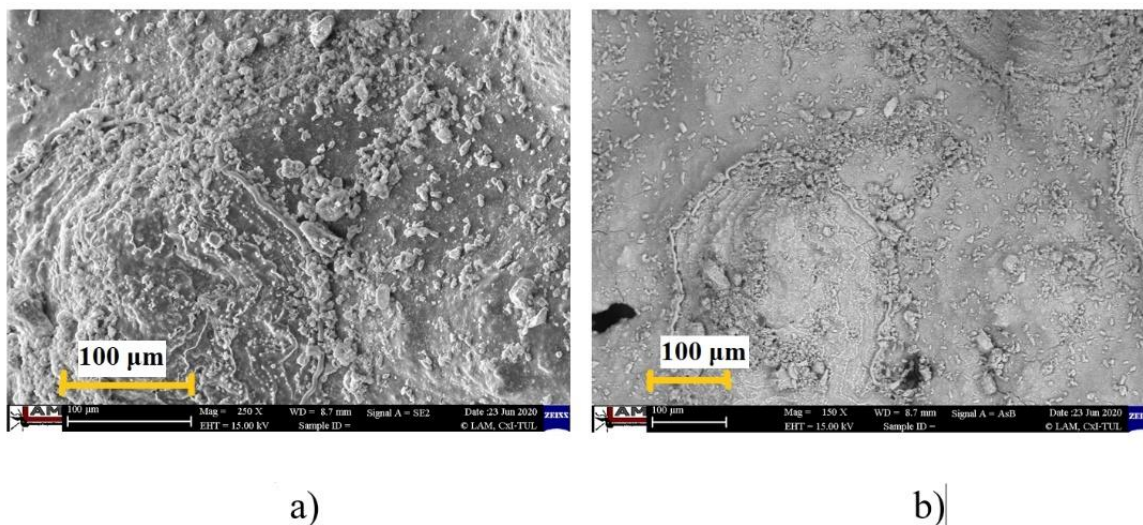
Tabulka 55: Naměřené hodnoty λ , ρ , Rmt a Rmo vzorku SV

Vzorek	λ stř. h.	ρ [kg/m ³] stř. h.	Rmt [MPa]		Rmo [MPa]	
			stř. h.	sm. odch.	stř. h.	sm. odch.
SV	0,12	453	0,83	0,26	0,40	0,1

Tabulka 56: Naměřené akustické pohltivosti vzorku SV

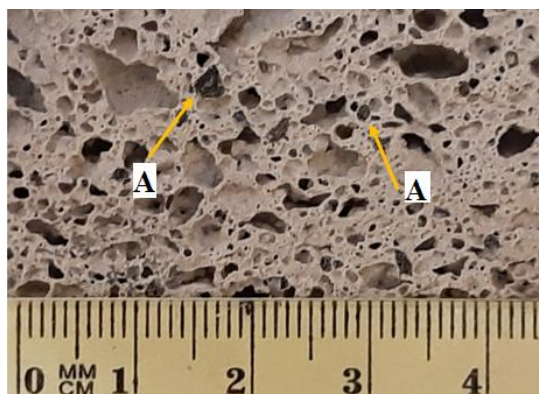
Vzorek	α [-]	α [-]	α [-]
SV	f 500 [Hz]	f 800 [Hz]	f 1000 [Hz]
h 25 mm	0,44	0,36	0,36
h 50 mm	0,56	0,33	0,29
h 75 mm	0,32	0,28	0,27

Na obrázku č. 65 jsou geopolymerní struktury vzorku SV pořízeny na rastrovacím mikroskopu a) ve zvětšení 250x, b)150x.



Obrázek 65: Struktura vzorku SV, a) v rozlišení 100 µm, b) v rozlišení 100 µm [SEM TUL]

Na fotografii č. 65 je vidět struktura vzorku SV pohledem oka. Fotografie je doplněna pro názornost měřítkem v centimetrech. Směs byla tekutá a velmi dobře vypěnila. Šipka od bodu A směřuje na keramzit.



Obrázek 66: Makro snímek vzorku SV [autor]

4.3.18 Vzorek TV

Vzorek TV se skládá ze směsi namíchané viz tabulka č. 57. V tabulce č. 58 je přehled naměřených a vypočtených hodnot tepelné vodivosti a hustoty vzorku. Z mechanických zkoušek je střední hodnota meze pevnosti v ohybu provedena na třech vzorcích. Střední hodnota meze pevnosti v tlaku je naměřena a vypočtena z pěti vzorků. V tabulce č.59, je ukázka hodnot akustické pohltivosti na vybraných frekvencích pro tři tloušťky vzorku.

Tabulka 57: Složení vzorku TV

Vzorek	Cement L _k	Aktivátor	Šamot	Keramzit	Hliník
TV	1000 g	900 g	500 g	400 g	10 g

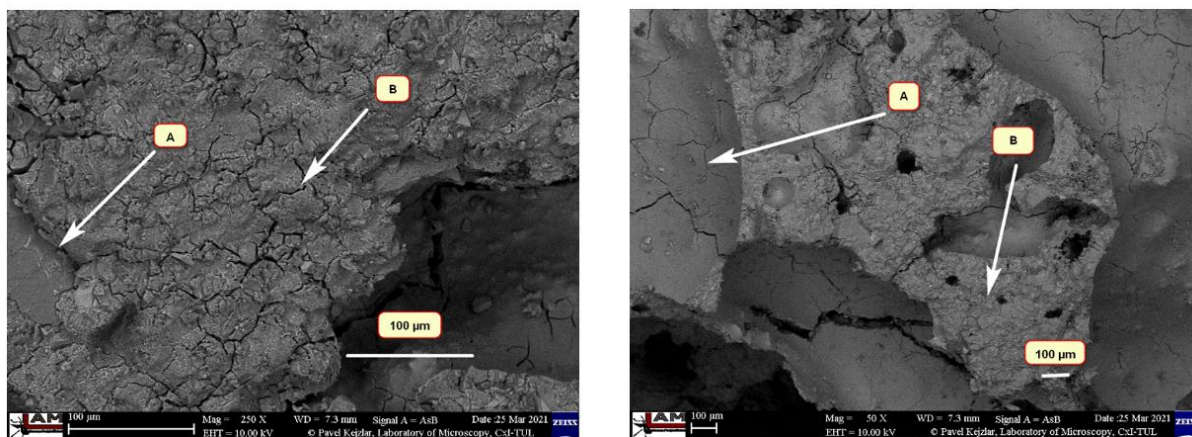
Tabulka 58: Naměřené hodnoty λ , ρ , R_{mt} a R_{mo} vzorku TV

Vzorek	λ	ρ [kg/m ³]	R_{mt} [MPa]		R_{mo} [MPa]	
	stř. h.	stř. h.	stř. h.	sm. odch.	stř. h.	sm. odch.
TV	0,21	781	1,65	0,23	0,5	0,2

Tabulka 59: Naměřené akustické pohltivosti vzorku TV

Vzorek	α [-]	α [-]	α [-]
TV	f 500 [Hz]	f 800 [Hz]	f 1000 [Hz]
h 25 mm	0,45	0,32	0,31
h 50 mm	0,51	0,37	0,33
h 75 mm	0,34	0,26	0,25

Na obrázku č. 67 je vidět fotografie vzorku TV pořízena na SEM. Vpravo a) ve zvětšení 250x je pod bodem A keramzit, bod B směřuje k šamotu. Na obrázku b) jsou body A a B při zvětšení 50x.

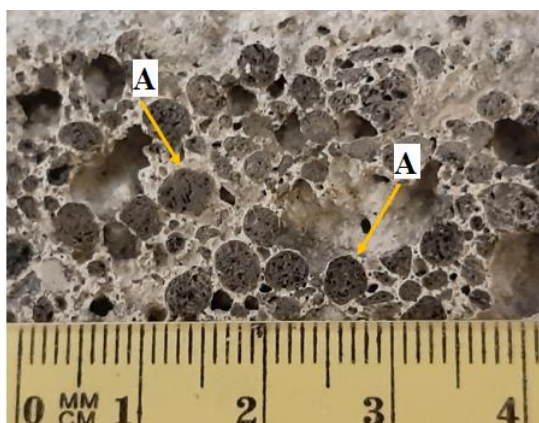


a)

b)

Obrázek 67: Struktura vzorku TV, a) v rozlišení 100 µm, b) v rozlišení 100 µm [SEM TUL]

Na obrázku č. 68 je vidět struktura vzorku TV jak je možné zachytit okem. Fotografie je doplněna pro názornost měřítkem v centimetrech. Bod A směřuje k částicím keramzitu.



Obrázek 68: Makro snímek vzorku TV [autor]

4.3.19 Vzorek UV

Vzorek UV se skládá ze směsi namíchané viz tabulka č. 60. V tabulce č. 61 je přehled naměřených a vypočtených hodnot tepelné vodivosti a hustoty vzorku. Z mechanických zkoušek je střední hodnota meze pevnosti v ohybu provedena na třech vzorcích. Střední hodnota meze pevnosti v

tlaku je naměřena a vypočtena z pěti vzorků. V tabulce č.62, je ukázka hodnot akustické pohltivosti na vybraných frekvencích pro tři tloušťky vzorku.

Tabulka 60: Složení vzorku UV

Vzorek	Cement L_k	Aktivátor	Mikrosférka	Keramzit	Hliník
UV	1000 g	900 g	500 g	400 g	10 g

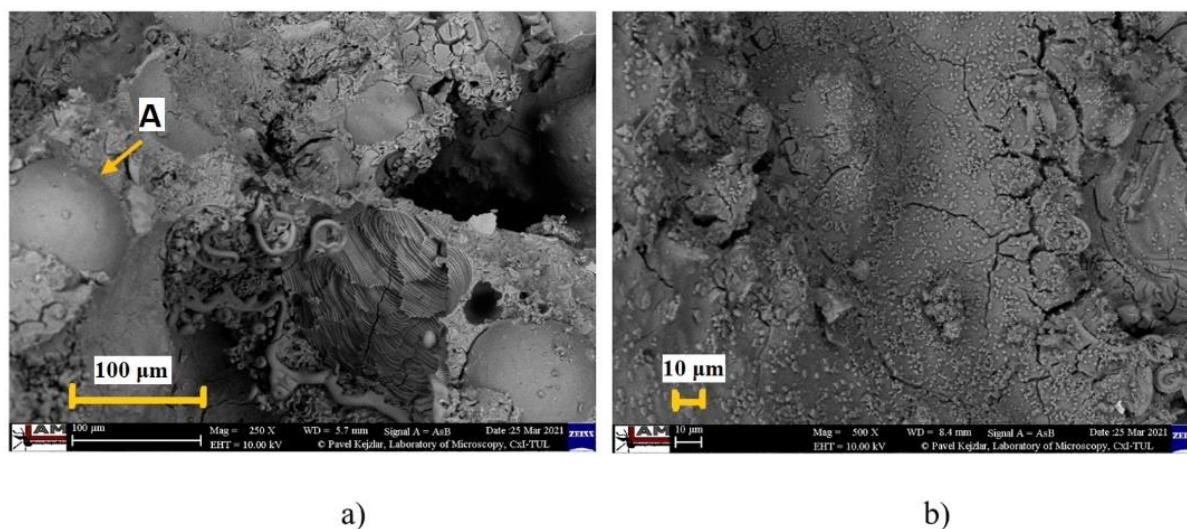
Tabulka 61: Naměřené hodnoty λ , ρ , R_{mt} a R_{mo} vzorku UV

Vzorek	λ	ρ [kg/m ³]	R_{mt} [MPa]		R_{mo} [MPa]	
	stř. h.	stř. h.	stř. h.	sm. odch.	stř. h.	sm. odch.
UV	0,14	485	0,92	0,18	0,30	0,1

Tabulka 62: Naměřené akustické pohltivosti vzorku UV

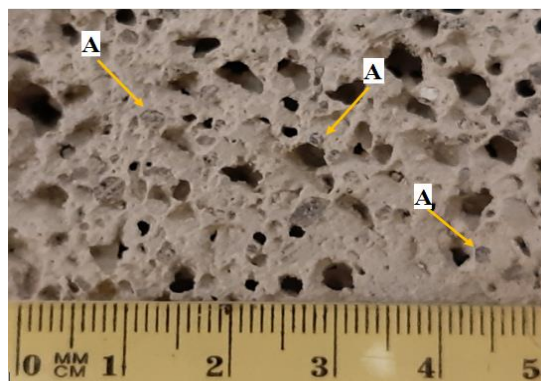
Vzorek	α [-]	α [-]	α [-]
UV	f 500 [Hz]	f 800 [Hz]	f 1000 [Hz]
h 25 mm	0,46	0,63	0,48
h 50 mm	0,41	0,31	0,29
h 75 mm	0,41	0,30	0,30

Na obrázku č. 69 vidíme strukturu vzorku UV pořízenou na SEM. V části a) při zvětšení 250x směřuje bod A ke kuličce mikrosférky b) je struktura geopolymerního kompozitu při zvětšení 500x.



Obrázek 69: Struktura vzorku UV, a) v rozlišení 100 µm, b) v rozlišení 10 µm [SEM TUL]

Na obrázku č. 70 je vidět struktura vzorku UV viditelná okem. Fotografie je doplněna pro názornost měřítkem v centimetrech. Šipky bodu A směřují ke granulím plniva keramzit. Vzorek dobře vypěnil, směs nebyla hustá.



Obrázek 70: Makro snímek vzorku UV [autor]

4.3.20 Vzorek WV

Vzorek WV se skládá ze směsi namíchané viz tabulka č. 63. V tabulce č. je přehled naměřených a vypočtených hodnot tepelné vodivosti a hustoty vzorku. Z mechanických zkoušek je střední hodnota meze pevnosti v ohybu provedena na třech vzorcích. Střední hodnota meze pevnosti v tlaku je naměřena a vypočtena z pěti vzorků. V tabulce č. 65, je ukázka hodnot akustické pohltivosti na vybraných frekvencích pro tři tloušťky vzorku.

Tabulka 63: Složení vzorku WV

Vzorek	Cement L_k	Aktivátor	Mikrosférka	Kočkolit	Hliník
WV	1000 g	900 g	100 g	100 g	10 g

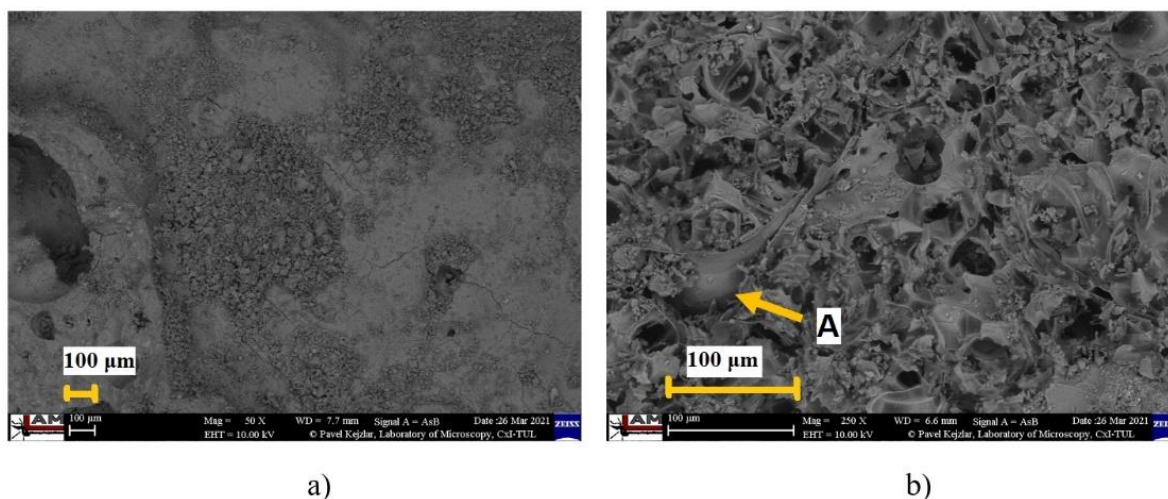
Tabulka 64: Naměřené hodnoty λ , ρ , pevnost v tlaku a pevnost v ohyb vzorku WV

Vzorek	λ	ρ [kg/m ³]	R_{mt} [MPa]		R_{mo} [MPa]	
	stř. h.	stř. h.	stř. hod.	sm. odch	stř. hod.	sm. odch
WV	0,12	522	1,41	0,44	0,3	0,1

Tabulka 65: Naměřené akustické pohltivosti vzorku WV

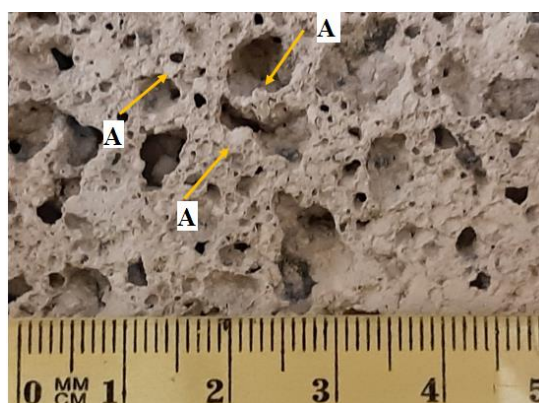
Vzorek	α [-]	α [-]	α [-]
WV	f 500 [Hz]	f 800 [Hz]	f 1000 [Hz]
h 25 mm	0,49	0,41	0,33
h 50 mm	0,68	0,43	0,37
h 75 mm	0,35	0,3	0,27

Obrázek č. 71 a) znázorňuje strukturu vzorku WV při zvětšení 50x, b) při zvětšení 250x. Bod A směřuje ke kuličce mikrosférky.



Obrázek 71: Struktura vzorku WV, v rozlišení a) 100 µm, b) 100 µm [SEM TUL]

Na obrázku č. 72, jsou označeny části kočkolitu. Toto plnivo je po vypěnění rovnoměrně rozmístěno. Směs je dobře míchatelná.



Obrázek 72: Makro snímek vzorku WV [autor]

4.3.22 Vzorek XV

Vzorek WV se skládá ze směsi namíchané viz tabulka č. 66. V tabulce č. 67 je přehled naměřených a vypočtených hodnot hustoty vzorku, z mechanických zkoušek byla střední hodnota meze pevnosti v ohybu provedena na třech vzorcích. Střední hodnota meze pevnosti v tlaku je naměřena a vypočtena z pěti vzorků. V tabulce č. 68, je ukázka hodnot akustické pohltivosti na vybraných frekvencích pro dvě tloušťky vzorku.

Tabulka 66: Složení vzorku XV

Vzorek	Cement Lk	Aktivátor	Papír suchý	Mikrosférka	Keramzit	Hliník
XV	1000 g	900 g	30 g	100 g	100 g	10 g

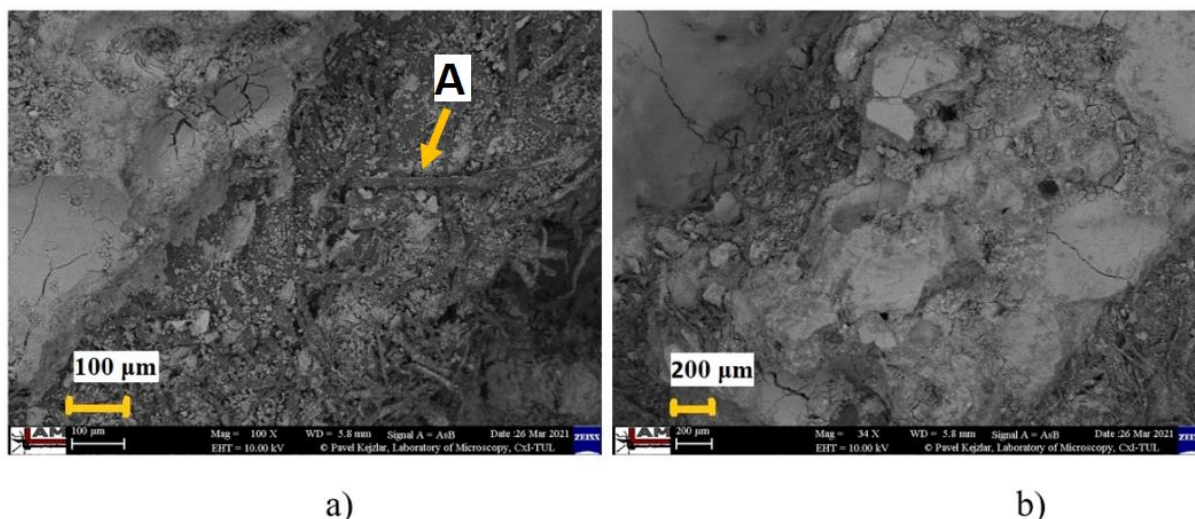
Tabulka 67: Naměřené hodnoty ρ , R_{mt} a R_{mo} vzorku XV

Vzorek	ρ [kg/m ³]	R_{mt} [MPa]		R_{mo} [MPa]	
	stř. h.	stř. h.	sm. odch.	stř. h.	sm. odch.
XV	1073	3,39	0,83	10	0,1

Tabulka 68: Naměřené akustické pohltivosti vzorku XV

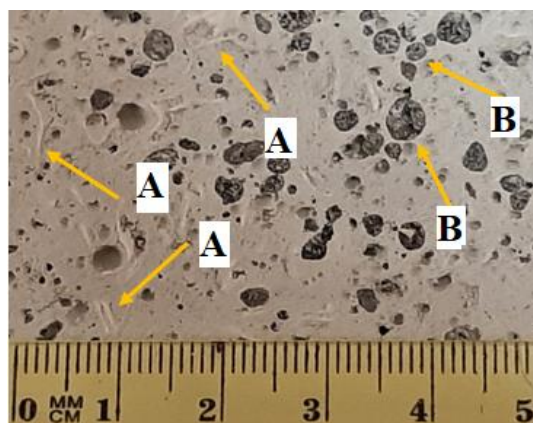
Vzorek	α [-]	α [-]	α [-]
XV	f 500 [Hz]	f 800 [Hz]	f 1000 [Hz]
h 25 mm	0,34	0,32	0,27
h 75 mm	0,34	0,26	0,26

Na obrázku č. 72 je zachycena struktura vzorku XV pořízena na SEM. A) je zvětšení 100x. Bod A směřuje na plnivo papír. Část b) je geopolymerní struktura ve zvětšení 34x.



Obrázek 73: Struktura vzorku XV, v rozlišení a) 100 µm, b) 200 µm [SEM TUL]

Na obrázku č. 74 pořízeném fotoaparátem je pod body A vidět části plniva suchý skartovaný papír a pod body B plnivo keramzit. Toto plnivo v suchém stavu se namotávalo na míchací zařízení, čímž bylo těžší ho vmísit do směsi.



Obrázek 74: Makro snímek vzorku XV [autor]

4.3.23 Vzorek XV1

Vzorek XV1 se skládá ze směsi namíchané viz tabulka č. 69. V tabulce č. 67 je přehled naměřených a vypočtených hodnot hustoty vzorku, z mechanických zkoušek je střední hodnota meze pevnosti v ohybu provedena na třech vzorcích. Střední hodnota meze pevnosti v tlaku byla naměřena a vypočtena z pěti vzorků. V tabulce č. 71, je ukázka hodnot akustické pohltivosti na vybraných frekvencích pro dvě tloušťky vzorku.

Tabulka 69: Složení vzorku XV1

Vzorek	Cement Lk	Aktivátor	Papír suchý	Mikrosféřka	Keramzit	Hliník
XV1	1000 g	900 g	40 g	150 g	100 g	10 g

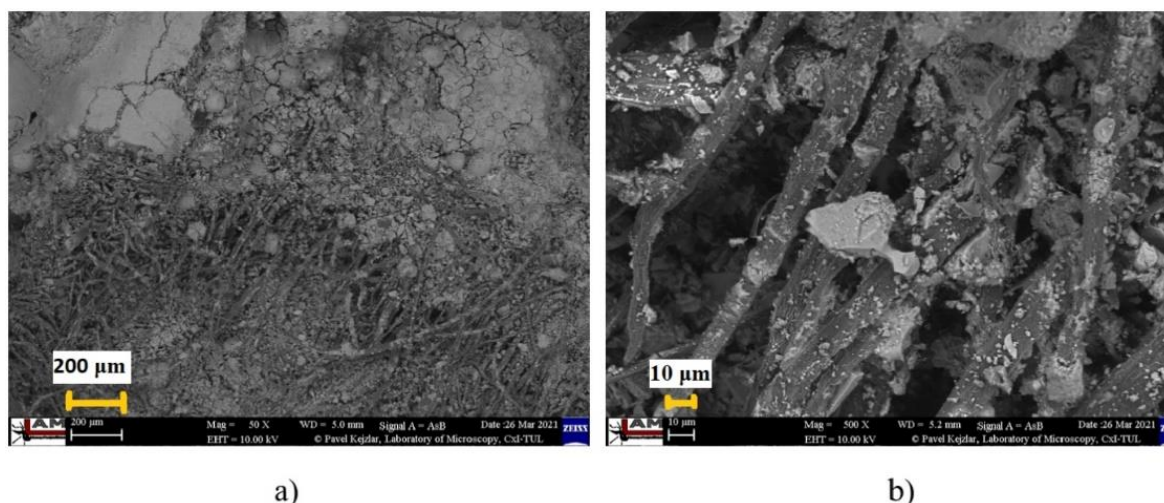
Tabulka 70: Naměřené hodnoty ρ , R_{mt} a R_{mo} vzorku XV1

Vzorek	ρ [kg/m ³]	R_{mt} [MPa]		R_{mo} [MPa]	
	stř. h.	stř. h.	sm. odch.	stř. h.	sm. odch.
XV1	550	2,02	0,26	0,80	0,1

Tabulka 71: Naměřené akustické pohltivosti vzorku XV1

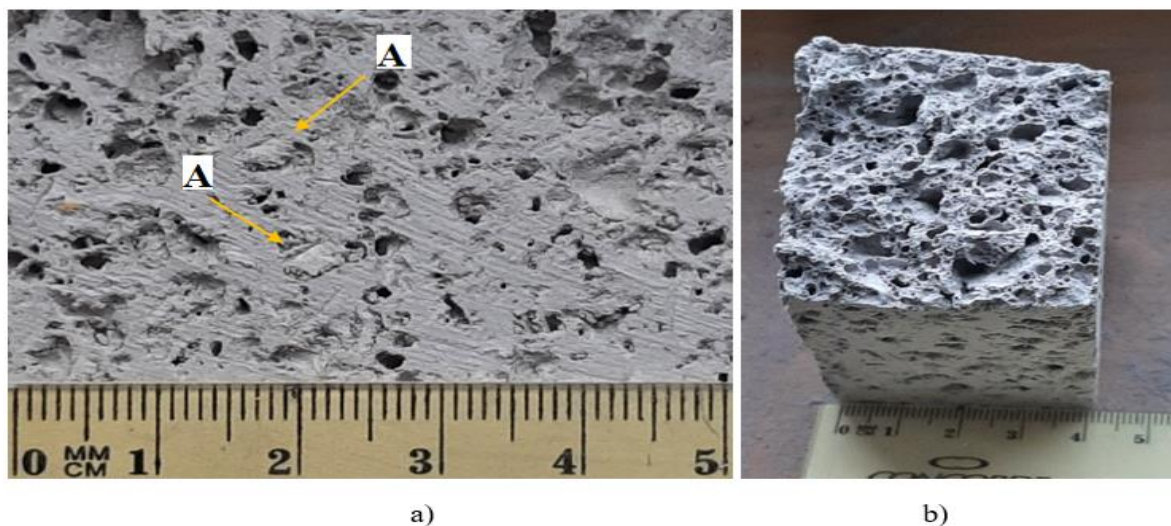
Vzorek	α [-]	α [-]	α [-]
XV1	f 500 [Hz]	f 800 [Hz]	f 1000 [Hz]
h 25 mm	0,57	0,71	0,45
h 75 mm	0,39	0,28	0,26

Na obrázku č. 75 je zachycena struktura vzorku XV1 pořízena na SEM. Na snímku za a) je při zvětšení 50x, na druhém snímku b) jsou vidět částice papíru v přiblížení 500x.



Obrázek 75: Struktura vzorku XV1, v rozlišení a) 100 µm, b) 100 µm [SEM TUL]

Na obrázku č. 76 jsou viditelné části suchého skartovaného papíru, ke kterým v části a) směřují šipky od bodu A. Zároveň jsou zde viditelné čáry po řezu na vodní pile. Na obrázku b) je vidět lom vzorku po zkoušce pevnosti v ohybu. S touto směsí byl také problém s namotáváním papíru na míchadlo.



Obrázek 76: Makro snímek vzorku XV1 a) řez b) lom [autor]

4.3.25 Vzorek XV3

Vzorek XV3 se skládá ze směsi namíchané viz tabulka č. 72. V tabulce č. 73 je přehled naměřených a vypočtených hodnot hustoty vzorku, z mechanických zkoušek byla střední hodnota meze pevnosti v ohybu provedena na třech vzorcích. Střední hodnota meze pevnosti v tlaku byla naměřena a vypočtena z pěti vzorků. V tabulce č. 74, je ukázka hodnot akustické pohltivosti na vybraných frekvencích pro tři tloušťky vzorku.

Tabulka 72: Složení vzorku XV3

Vzorek	Cement L_k	Aktivátor	Papír suchý	Mikrosférka	Písek	Hliník
XV3	1000 g	900 g	40 g	150 g	50 g	10 g

Tabulka 73: Naměřené hodnoty λ , ρ , R_{mt} a R_{mo} vzorku XV3

Vzorek	ρ [kg/m ³]	R_{mt} [MPa]		R_{mo} [MPa]	
	stř. h.	stř. h.	sm. odch.	stř. h.	sm. odch.
XV3	520	3,44	0,62	1,20	0,1

Tabulka 74: Naměřené akustické pohltivosti vzorku XV3

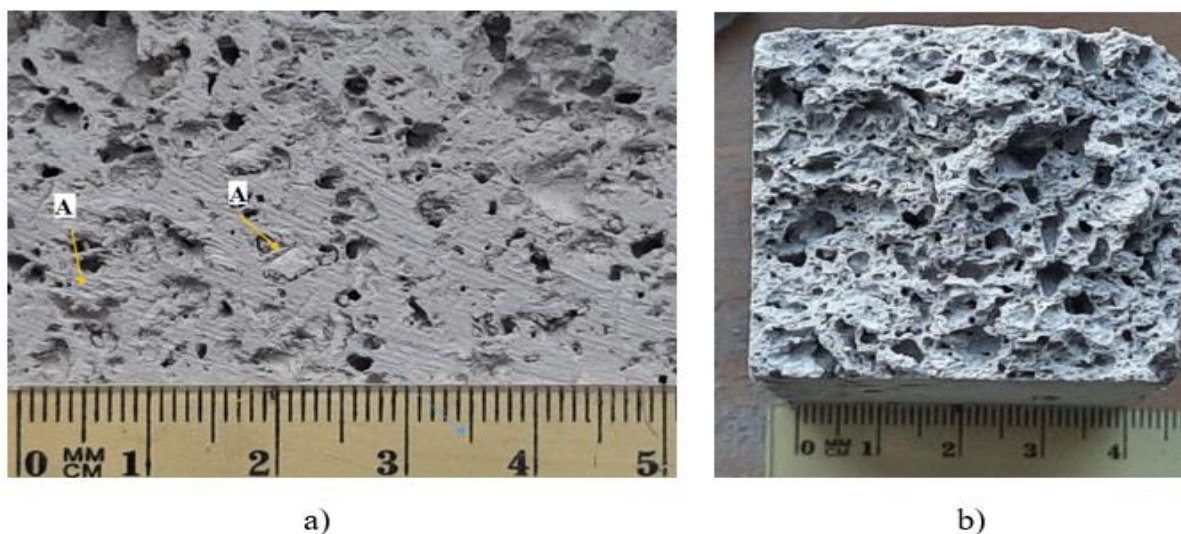
Vzorek	α [-]	α [-]	α [-]
XV3	f 500 [Hz]	f 800 [Hz]	f 1000 [Hz]
h 25 mm	0,60	0,48	0,32
h 50 mm	0,48	0,34	0,31
h 75 mm	0,34	0,25	0,24

Na obrázku č. 77 je zachycena struktura vzorku XV3 pořízena na skenovacím mikroskopu. Snímek a) je ve zvětšení 100x, b) ve zvětšení 50x.



Obrázek 77: Struktura vzorku XV3, a) v rozlišení 100 µm, b) 100 µm [SEM TUL]

Výrobou bylo zjištěno, že pro úspěšnost přimíchávání suchého papíru, je dobré ho dát do aktivovaného Baucisu, zatlačit do matrice a až poté spustit míchač. Tímto způsobem se papír nenamotává. Na obrázku č. 78 je vidět a) struktura vzorku XV3 po řezu pilou. Pod bodem A jsou vidět části skartovaného papíru.



Obrázek 78: Makro snímek vzorku XV3 a) řez b) lom [autor]

4.3.27 Vzorek YV

Vzorek YV se skládá ze směsi namíchané viz tabulka č. 75. V tabulce č. 76 je přehled naměřených a vypočtených hodnot hustoty vzorku z mechanických zkoušek byla střední hodnota meze pevnosti v ohybu provedena na třech vzorcích. Střední hodnota meze pevnosti v tlaku je naměřena a vypočtena z pěti vzorků. V tabulce č. 77, je ukázka hodnot akustické pohltivosti na vybraných frekvencích pro dvě tloušťky vzorku.

Tabulka 75: Složení vzorku YV

Vzorek	Cement Lk	Aktivátor	Papír mokrý	Mikrosférka	Keramzit	Hliník
YV	1000 g	900 g	30 g	100 g	100 g	10 g

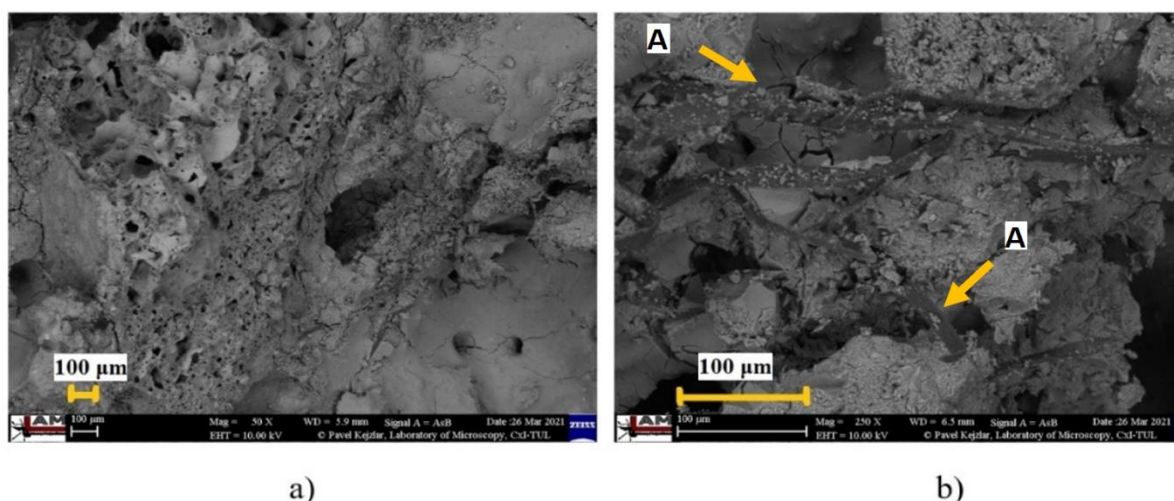
Tabulka 76: Naměřené hodnoty ρ , Rmt a Rmo vzorku YV

Vzorek	ρ [kg/m ³]	Rmt [MPa]		Rmo [MPa]	
	stř. h.	stř. hod.	sm. odch	stř. hod.	sm. odch
YV	638	2,44	0,30	0,70	0,1

Tabulka 77: Naměřené akustické pohltivosti vzorku YV

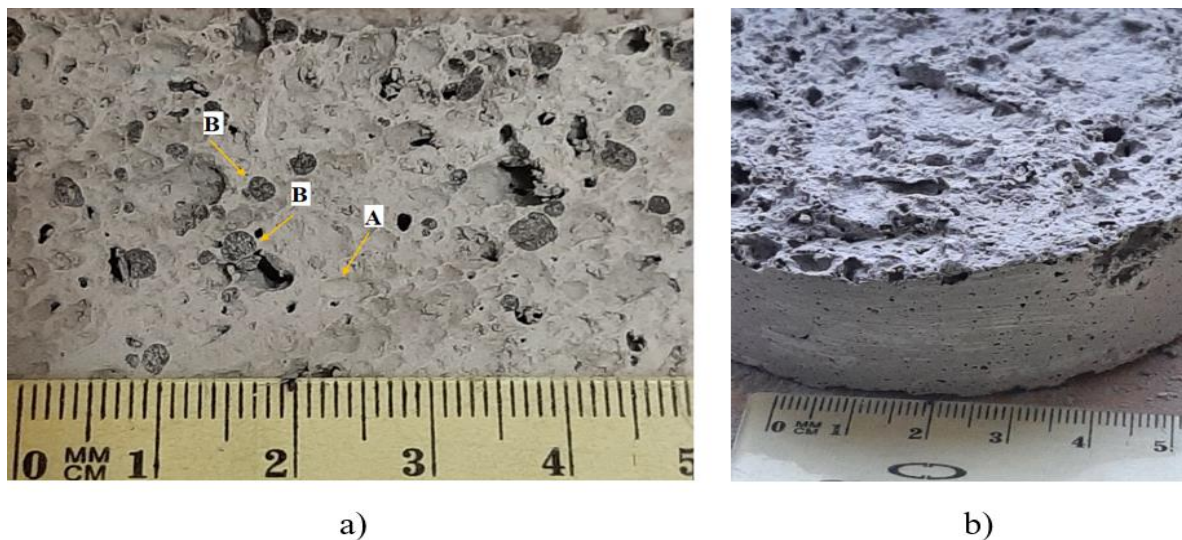
Vzorek	α [-]	α [-]	α [-]
YV	f 500 [Hz]	f 800 [Hz]	f 1000 [Hz]
h 50 mm	0,45	0,33	0,31
h 75 mm	0,58	0,19	0,14

Na obrázku č. 79 je struktura vzorku YV pořízena na SEM. Na snímku a) je struktura při zvětšení 50x. V levé části je vidět keramzit. Na snímku b) jsou při zvětšení 250x pod body A patrné části papíru.



Obrázek 79: Struktura vzorku YV, v rozlišení a) 100 µm, b) 100 µm [SEM TUL]

Na obrázku č. 80 je vidět a) struktura vzorku YV. Pod bodem A jsou vidět části skartovaného papíru. Body B směřují na částice keramzitu, který je rovnoměrně v matrici rozmístěn. Na snímku b) je ukázka odformovaného vzorku.



Obrázek 80: Makro snímek vzorku YV a) řez b) odformovaný vzorek [autor]

4.3.28 Vzorek YV1

Vzorek YV1 se skládá ze směsi namíchané viz tabulka č. 78. V tabulce č. 79 je přehled naměřených a vypočtených hodnot hustoty vzorku, z mechanických zkoušek byla střední hodnota meze pevnosti v ohybu provedena na třech vzorcích. Střední hodnota meze pevnosti v tlaku je naměřena a vypočtena z pěti vzorků. V tabulce č. 80, je ukázka hodnot akustické pohltivosti na vybraných frekvencích pro dvě tloušťky vzorku.

Tabulka 78: Složení vzorku YV1

Vzorek	Cement L _k	Aktivátor	Papír mokrý	Písek	Mikrosférka	Hliník
YV	1000 g	900 g	40 g	50 g	100 g	10 g

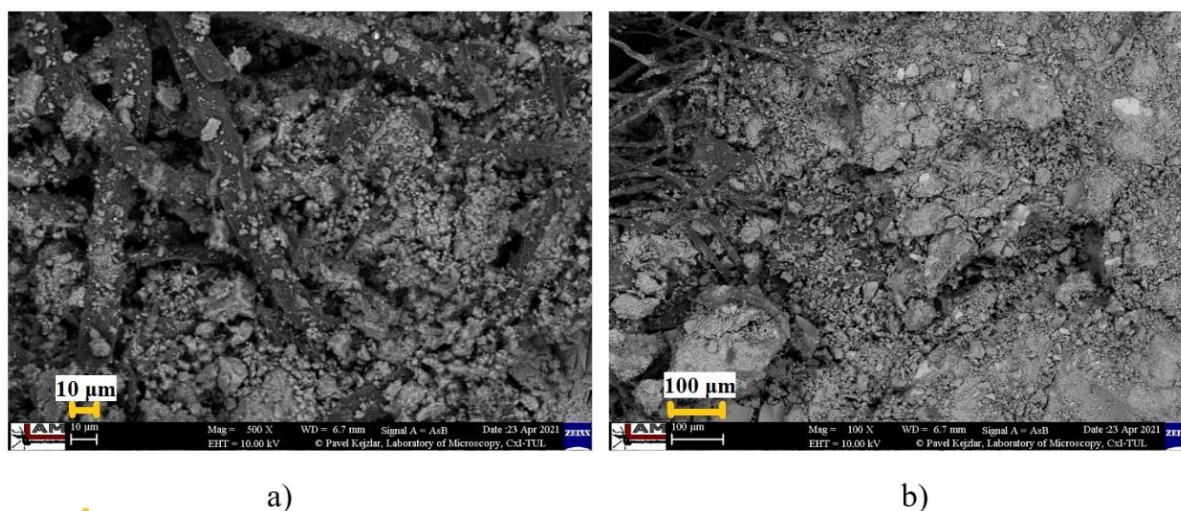
Tabulka 79: Naměřené hodnoty měrné hustoty, pevnost v tlaku a pevnost v ohybu vzorku YV1

Vzorek	ρ [kg/m ³]	R _{mt} [MPa]		R _{mo} [MPa]	
	stř. h.	stř. h.	sm. odch.	stř. h.	sm. odch.
YV1	770	2,21	0,52	0,80	0,1

Tabulka 80: Naměřené akustické pohltivosti vzorku YV1

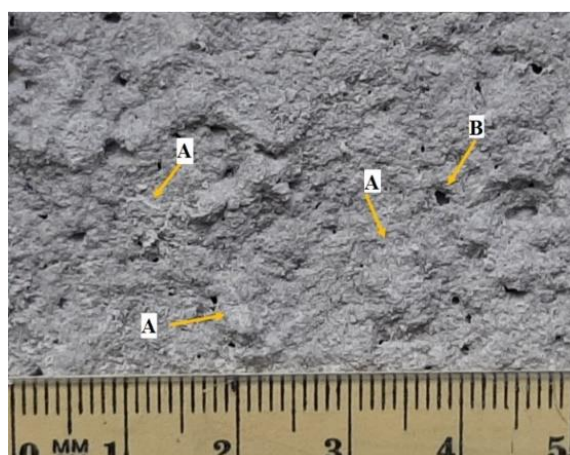
Vzorek	α [-]	α [-]	α [-]
YV1	f 500 [Hz]	f 800 [Hz]	f 1000 [Hz]
h 25 mm	0,44	0,45	0,39
h 75 mm	0,37	0,27	0,27

Na obrázku č. 81 je struktura vzorku YV1 pořízena na SEM. Na snímku a) je dobře patrna struktura při zvětšení 500x s fragmenty papíru. Na snímku b) je geopolymerní struktura při zvětšení 100x.



Obrázek 81: Struktura vzorku YV1, v rozlišení a) 10 µm, b) 100 µm [SEM TUL]

Na obrázku č. 82 je vidět struktura vzorku YV1. Pod bodem A jsou vidět části skartovaného papíru. Body B směřují na vduchovou mezeru po vypěnění.



Obrázek 82: Makro snímek vzorku YV1 [autor]

4.3.29 Vzorek YV2

Vzorek YV2 se skládá ze směsi namíchané viz tabulka č. 81. V tabulce č. 82 je přehled naměřených a vypočtených hodnot hustoty vzorku, z mechanických zkoušek je střední hodnota meze pevnosti v ohybu provedena na třech vzorcích. Střední hodnota meze pevnosti v tlaku byla naměřena a vypočtena z pěti vzorků. V tabulce č. 83, je ukázka hodnot akustické pohltivosti na vybraných frekvencích pro tři tloušťky vzorku.

Tabulka 81: Složení vzorku YV2

Vzorek	Cement L _k	Aktivátor	Papír mokrý	Mikrosférka	Hliník
YV2	1000 g	900 g	50 g	150 g	10 g

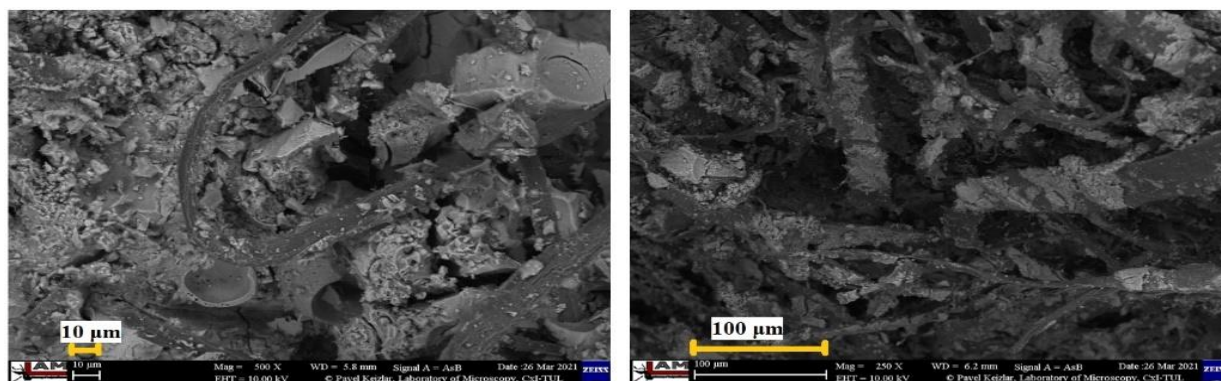
Tabulka 82: Měrná hustota ρ , pevnost v tlaku R_{mt} a pevnosti v ohybu R_{mo} vzorku YV2

Vzorek	ρ [kg/m ³]	R_{mt} [MPa]		R_{mo} [MPa]	
	stř. h.	stř. h.	sm. odch.	stř. h.	sm. odch.
YV2	650	2,13	0,35	0,92	0,1

Tabulka 83: Naměřené akustické pohltivosti vzorku YV2

Vzorek	α [-]	α [-]	α [-]
XV	f 500 [Hz]	f 800 [Hz]	f 1000 [Hz]
h 25 mm	0,46	0,53	0,39
h 50 mm	0,46	0,33	0,29
h 75 mm	0,36	0,28	0,28

Na obrázku č. 81 je dobře viditelná struktura vzorku YV2 pořízena na SEM s částmi papíru. Na snímku a) při zvětšení 500x. Na snímku b) při zvětšení 250x.

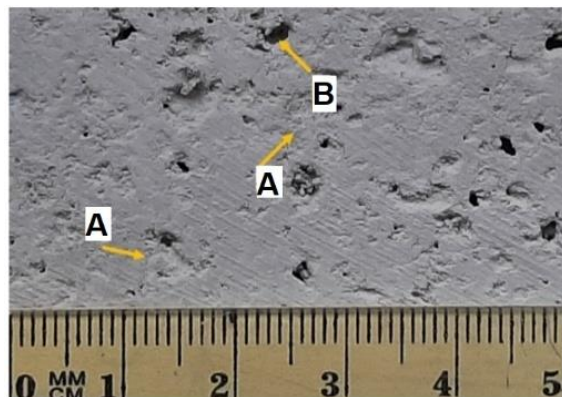


a)

b)

Obrázek 83: Struktura vzorku YV2, v rozlišení a) 10 µm, b) 100 µm [SEM TUL]

Na obrázku č. 84 je fotografie struktury vzorku YV2 pořízena mobilním telefonem. Pod body A jsou vidět části skartovaného papíru. Bod B směřuje vzduchový pór.



Obrázek 84: Makro snímek vzorku YV2 [autor]

4.3.30 Vzorek YV3

Vzorek YV3 se skládá ze směsi namíchané viz tabulka č. 84. V tabulce č. 85 je přehled naměřených a vypočtených hodnot hustoty vzorku, střední hodnota meze pevnosti v ohybu, která byla provedena na třech vzorcích a střední hodnota meze pevnosti v tlaku, naměřena a vypočtena z pěti vzorků. V tabulce č. 86, je ukázka hodnot akustické pohltivosti na vybraných frekvencích pro tři tloušťky vzorku.

Tabulka 84: Složení vzorku YV3

Vzorek	Cement L_k	Aktivátor	Papír mokrý	Písek	Mikrosférka	Keramzit	Hliník
YV3	1000 g	900 g	50 g	50 g	100 g	100 g	10 g

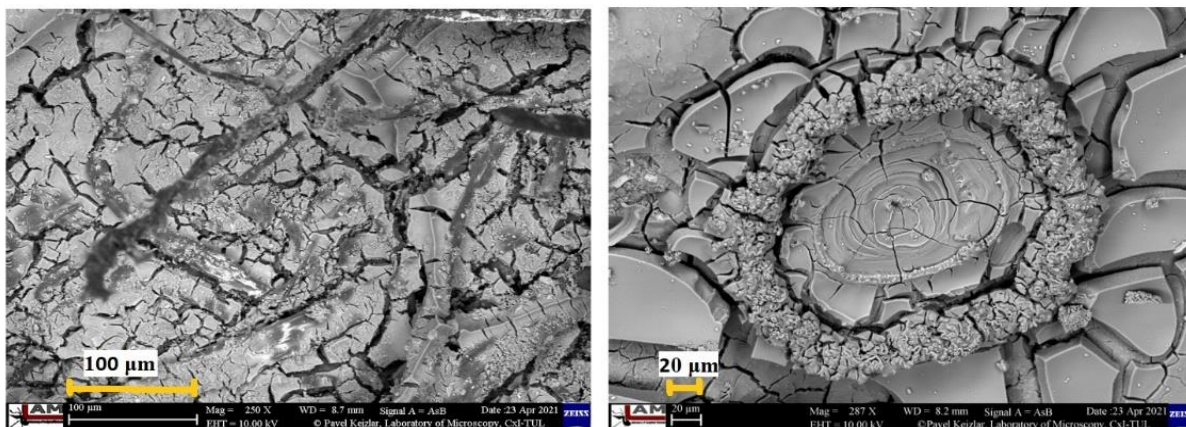
Tabulka 85: Naměřené hodnoty měrné hustoty ρ , pevnosti v tlaku R_{mt} a pevnosti v ohybu R_{mo} vzorku YV3

Vzorek	ρ [kg/m ³]	R_{mt} [MPa]		R_{mo} [MPa]	
	stř. h.	stř. h.	sm. odch.	stř. h.	sm. odch.
YV3	580	2,28	0,34	1,20	0,1

Tabulka 86: Naměřené akustické pohltivosti vzorku YV3

Vzorek	α [-]	α [-]	α [-]
YV3	f 500 [Hz]	f 800 [Hz]	f 1000 [Hz]
h 25 mm	0,54	0,71	0,42
h 50 mm	0,51	0,38	0,34
h 75 mm	0,43	0,31	0,29

Na obrázku č. 85 je dobře vidět struktura vzorku YV3 pořízena na SEM. Na snímku a) při zvětšení 250x. Na snímku b) při zvětšení 287x v rozlišení 20 μm .

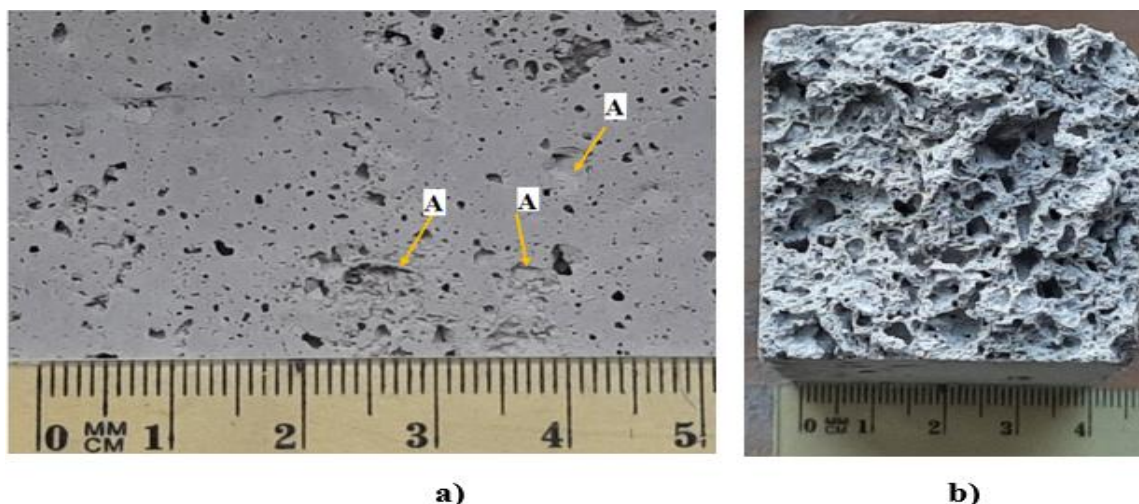


a)

b)

Obrázek 85: Struktura vzorku YV3, v rozlišení a) 10 µm, b) 100 µm [SEM TUL]

Na obrázku č. 86 je fotografie struktury vzorku YV3 pořízena mobilním telefonem. Na snímku a) pod body A jsou vidět části skartovaného papíru na snímku b) je lom po pevnostní zkoušce ohybem.



a)

b)

Obrázek 86: Makro snímek vzorku YV3 a) řez b) odformovaný vzorek [autor]

4.3.31 Vzorek YV4

Vzorek YV4 se skládá ze směsi namíchané viz tabulka č. 87, je přehled naměřených a vypočtených hodnot hustoty vzorku, z mechanických zkoušek byla střední hodnota meze pevnosti v ohybu provedena na třech vzorcích. Střední hodnota meze pevnosti v tlaku byla naměřena a vypočtena z pěti vzorků. V tabulce č. 89, je ukázka hodnot akustické pohltivosti na vybraných frekvencích proti tloušťky vzorku.

Tabulka 87: Složení vzorku YV4

Vzorek	Cement L_k	Aktivátor	Papír mokrý	Keramzit	Hliník
YV4	1000 g	900 g	40 g	100 g	10 g

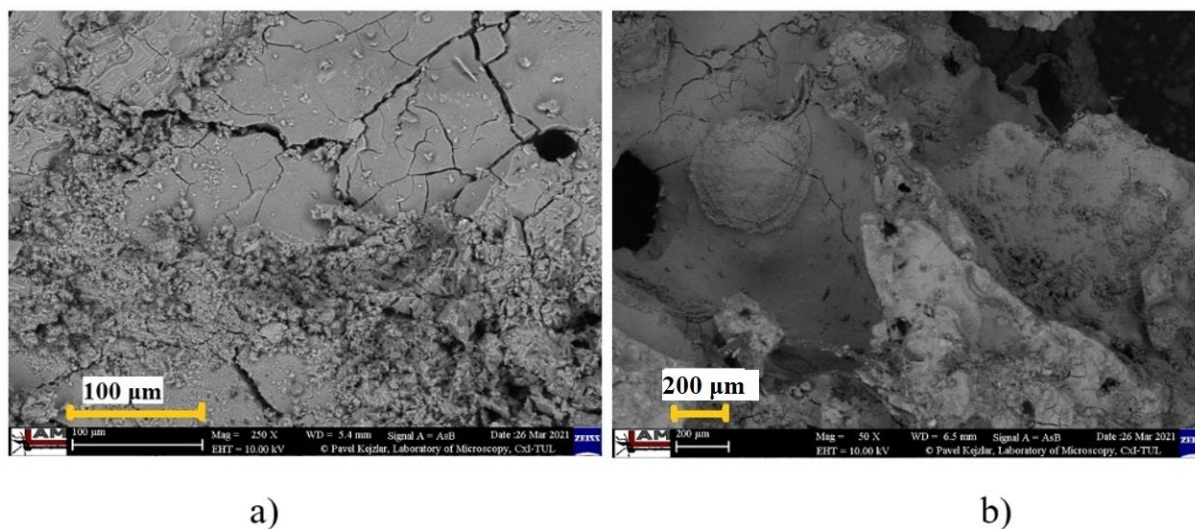
Tabulka 88: Naměřené hodnoty, měrná hustota ρ , pevnost v tlaku R_{mt} a pevnosti v ohybu R_{mo} vzorku YV4

Vzorek	ρ [kg/m ³]	R_{mt} [MPa]		R_{mo} [MPa]	
	stř. h.	stř. h.	sm. odch.	stř. h.	sm. odch.
YV4	630	2,42	0,34	0,9	0,2

Tabulka 89: Naměřené akustické pohltivosti vzorku YV4

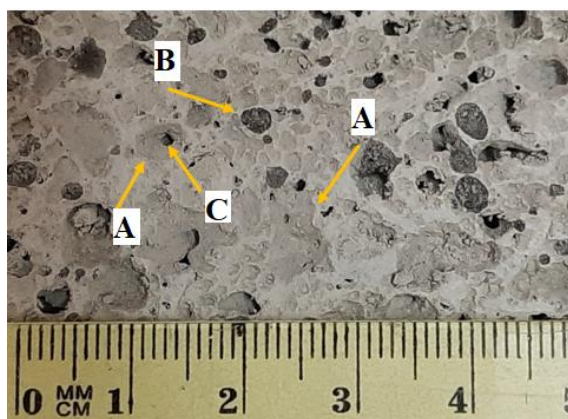
Vzorek	α [-]	α [-]	α [-]
XV4	f 500 [Hz]	f 800 [Hz]	f 1000 [Hz]
h 25 mm	0,52	0,43	0,31
h 50 mm	0,44	0,33	0,29
h 75 mm	0,31	0,25	0,23

Na obrázku č. 87 je struktura vzorku YV4 pořízena rastrovacím mikroskopem. Na snímku a) při zvětšení 250x. Na snímku b) při zvětšení 50x v rozlišení 200 μm .



Obrázek 87: Struktura vzorku YV4, v rozlišení a) 100 μm , b) 200 μm [SEM TUL]

Na obrázku č. 88 je fotografie struktury vzorku YV4 pořízena mobilním telefonem. Na snímku a) pod body A jsou vidět části skartovaného papíru na snímku. Bod B směřuje ke keramzitu, bod C na vzduchový pór.



Obrázek 88: Makro snímek vzorku YV4 [autor]

4.3.32 Vzorek C1V

Vzorek C1V se skládá ze směsi namíchané viz tabulka č. 90. V tabulce č. 91 je přehled naměřených a vypočtených hodnot měrné hustoty, střední hodnoty meze pevnosti v ohybu, která byla provedena na třech vzorcích a střední hodnota meze pevnosti v tlaku z pěti vzorků. V tabulce č. 92, je ukázka hodnot akustické pohltivosti na vybraných frekvencích proti tloušťky vzorku.

Tabulka 90: Složení vzorku C1V

Vzorek	Cement L_k	Aktivátor	Mikrosférka	Len	Hliník
C1V	1000 g	900 g	100 g	100 g	10 g

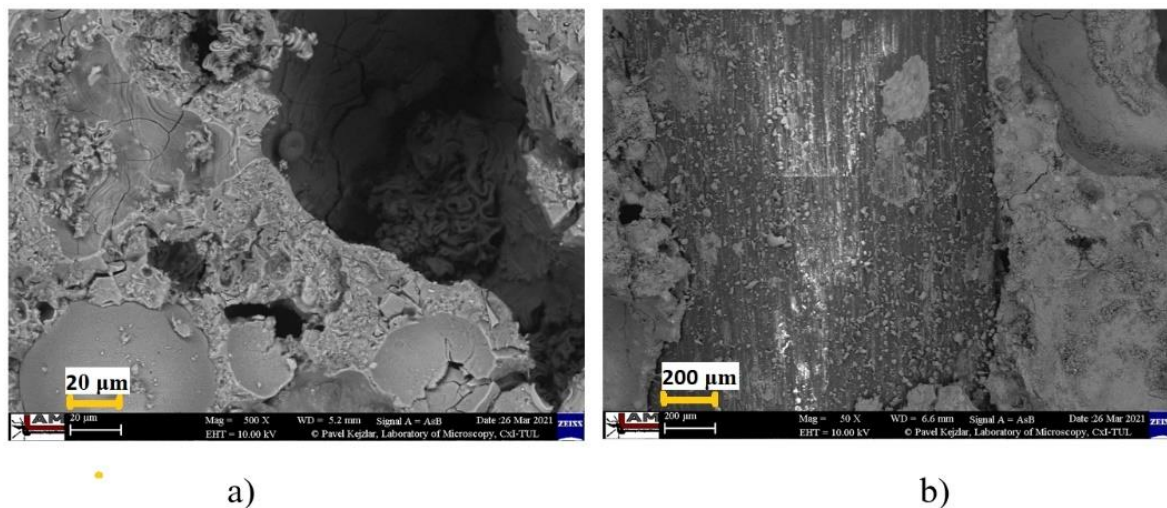
Tabulka 91: Naměřené hodnoty ρ , pevnost v tlaku a pevnost v ohyb vzorku C1V

Vzorek	ρ [kg/m ³]	R_{mt} [MPa]		R_{mo} [MPa]	
	stř. h.	stř. h.	sm. odch.	stř. h.	sm. odch.
C1V	630	3,31	0,38	0,90	0,10

Tabulka 92: Naměřené akustické pohltivosti vzorku C1V

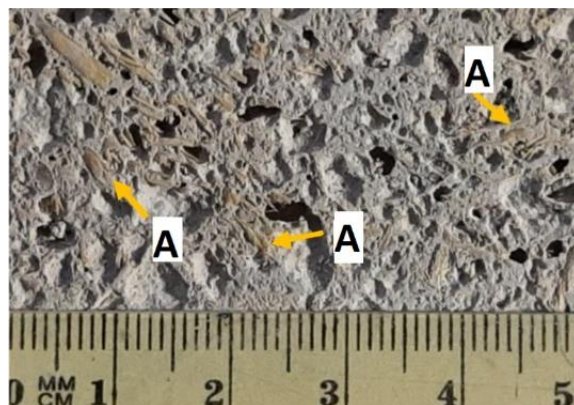
Vzorek	α [-]	α [-]	α [-]
C1V	f 500 [Hz]	f 800 [Hz]	f 1000 [Hz]
h 25 mm	0,44	0,38	0,3
h 50 mm	0,33	0,28	0,28
h 75 mm	0,36	0,27	0,25

Na obrázku č. 89 je struktura vzorku C1V pořízena rastrovacím mikroskopem. Na snímku a) při zvětšení 500x v rozlišení 20 μm . Na snímku b) při zvětšení 50x v rozlišení 200 μm je vidět vlákno lnu.



Obrázek 89: Struktura vzorku C1V, v rozlišení a) 20 μm , b) 200 μm [SEM TUL]

Na obrázku č. 90 je fotografie struktury vzorku CV1 pořízena mobilním telefonem. Na snímku pod body A jsou vidět vlákna lnu. V tomto poměru plniv je směs obtížně míchatelná, velmi hustá.



Obrázek 90: Makro snímek vzorku CV1 [autor]

4.3.33 Vzorek C2V

Vzorek C2V se skládá ze směsi namíchané viz tabulka č. 93. V tabulce č. 92 je přehled naměřených a vypočtených hodnot měrné hustoty vzorku, střední hodnota meze pevnosti v ohybu provedena na třech vzorcích a střední hodnota meze pevnosti v tlaku, naměřena a vypočtena z pěti vzorků. V tabulce č. 93, je ukázka hodnot akustické pohltivosti na vybraných frekvencích proti tloušťky vzorku.

Tabulka 93: Složení vzorku C2V

Vzorek	Cement L _k	Aktivátor	Mikrosférka	Len	Kočkolit	Hliník
C2V	1000 g	900 g	100 g	60 g	100 g	10 g

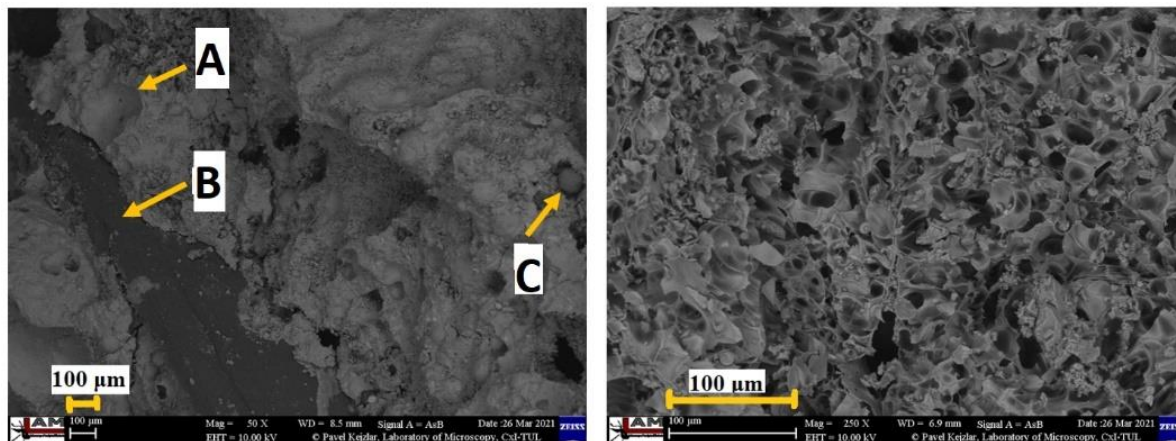
Tabulka 94: Naměřené hodnoty ρ , R_{mt} a R_{mo} vzorku C2V

Vzorek	ρ [kg/m ³]	R _{mt} [MPa]		R _{mo} [MPa]	
	stř. h.	stř. h.	sm. odch.	stř. h.	sm. odch.
C2V	635	2,39	0,55	0,71	0.1

Tabulka 95: Naměřené akustické pohltivosti vzorku C2V

Vzorek	α [-]	α [-]	α [-]
C2V	f 500 [Hz]	f 800 [Hz]	f 1000 [Hz]
h 25 mm	0,42	0,32	0,3
h 50 mm	0,4	0,32	0,29
h 75 mm	0,25	0,22	0,22

Na obrázku č. 91 je struktura vzorku C1V pořízena rastrovacím mikroskopem. Na snímku a) při zvětšení 50x v rozlišení 100 μm je pod bodem A kočkolit, bodem B vlákno lnu a bodem C mikrosferka. Na snímku b) je struktura při zvětšení 250x v rozlišení 100 μm .



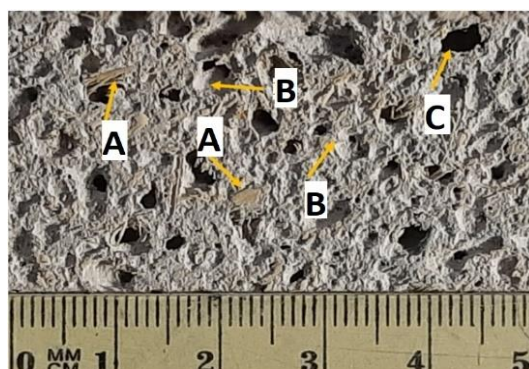
a)

b)

Obrázek 91: Struktura vzorku CV2, v rozlišení a) 100 μm , b) 100 μm [SEM TUL]

Na obrázku č. 92 je snímek z mobilního telefonu. Směs jde velmi obtížně míchat. Je vhodné snížit objem plniva. Nejdříve byl dán z plniv Keramzit a poté se již nedalo vmísit původně zamýšlených 100 g lnu. Maximum možné dávky bylo 60 g. I tak je směs moc hutná. Body A směřují

ke lněným vláknům, body B směřují k částicím kočkolitu a bod C ukazuje vytvořenou vzduchovou kapsu vzniklou vypěněním.



Obrázek 92: Makro snímek vzorku CV2 [autor]

4.3.34 Vzorek C3V

Vzorek C3V se skládá ze směsi namíchané viz tabulka č. 96. V tabulce č. 97 je přehled naměřených a vypočtených hodnot hustoty vzorku, střední hodnota meze pevnosti v ohybu provedena na třech vzorcích a střední hodnota meze pevnosti v tlaku je naměřena a vypočtena z pěti vzorků. V tabulce č. 98, je ukázka hodnot akustické pohltivosti na vybraných frekvencích pro tři tloušťky vzorku.

Tabulka 96: Složení vzorku C3V

Vzorek	Cement L _k	Aktivátor	Šamot	Len	Hliník
C3V	1000 g	900 g	100 g	100 g	10 g

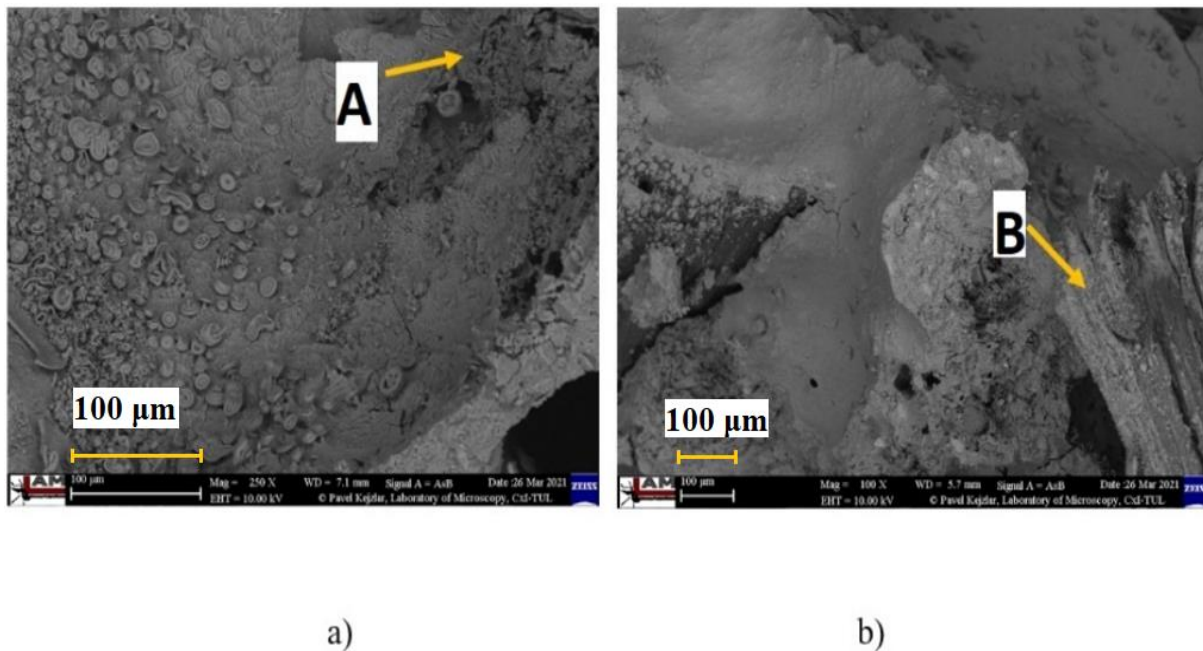
Tabulka 97: Naměřené hodnoty ρ , R_{mt} a R_{mo} vzorku C3V

Vzorek	ρ [kg/m ³]	R_{mt} [MPa]		R_{mo} [MPa]	
	stř. h.	stř. h.	sm. odch.	stř. h.	sm. odch.
C3V	580	3,34	0,76	10	0,1

Tabulka 98: Naměřené akustické pohltivosti vzorku C3V

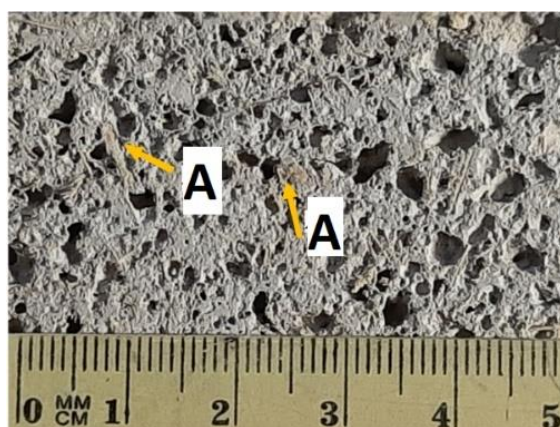
Vzorek	α [-]	α [-]	α [-]
C3V	f 500 [Hz]	f 800 [Hz]	f 1000 [Hz]
h 25 mm	0,61	0,51	0,44
h 50 mm	0,46	0,32	0,29
h 75 mm	0,34	0,26	0,26

Na obrázku č. 93 je struktura vzorku C3V pořízena rastrovacím mikroskopem. Na snímku a) při zvětšení 250x v rozlišení 100 μm je pod bodem A vidět šamot. Na snímku b) je struktura při zvětšení 100x v rozlišení 100 μm . Bod B směřuje k vláknu lnu.



Obrázek 93: Struktura vzorku CV3, a) v rozlišení 100 μm , b) v rozlišení 100 μm [SEM TUL]

Na obrázku č. 94 je snímek pořízen mobilním telefonem. Směs je hustá, obtížněji míchatelná. Šipky od bodu A ukazují na lněná vlákna. Vlákna jsou rozmístěna po celém vzorku. Nevyplavují se k povrchu.



Obrázek 94: Makro snímek vzorku CV3 [autor]

4.3.35 Vzorky 0.1 K a 0.1KM

Vzorky 0.1K a 0.1KM mají složení viz tabulka č. 99. V tabulce č. 100 je přehled naměřených a vypočtených hodnot tepelné vodivosti, hustoty vzorku, střední hodnoty meze pevnosti v ohybu provedeny na třech vzorcích a střední hodnoty meze pevnosti v tlaku z pěti vzorků pro vzorky 0.1K a 01KM. V tabulce č. 101 je ukázka hodnot akustické pohltivosti na vybraných frekvencích pro tloušťku vzorku 25 mm vzorku 0.1K. Na vzorku 0.1KM nebyla akustická zkouška provedena.

Tabulka 99: Složení vzorku 0.1K a 0.1KM

Vzorek	Cement L _k	Aktivátor	Písek	Mikrosféřka	Korek	Hliník
0.1 K	1000 g	900 g	400 g	x	100 g	10 g
0.1 K M	1000 g	900 g	x	400 g	100 g	10 g

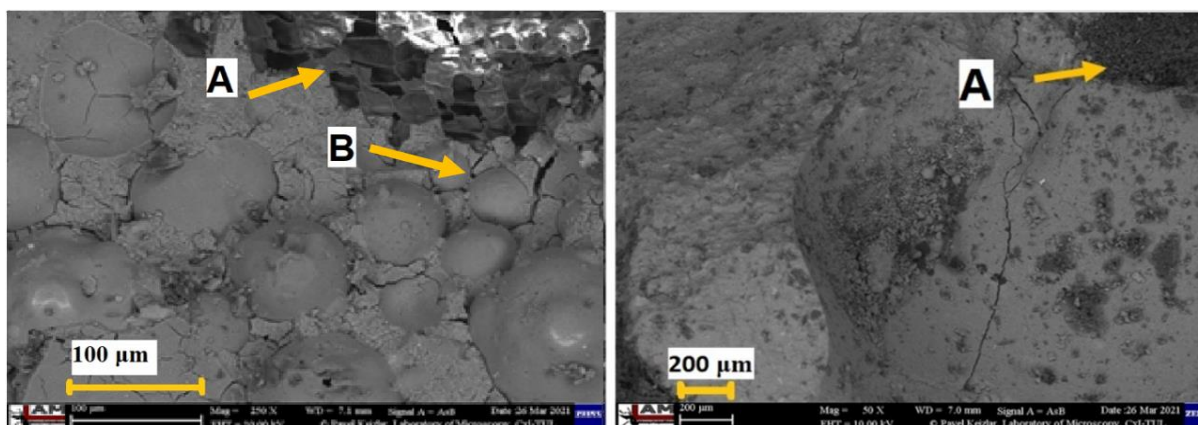
Tabulka 100: Naměřené hodnoty λ , ρ , R_{mt} a R_{mo} vzorku 0,1K a 0.1KM

Vzorek	λ	ρ [kg/m ³]	R_{mt} [MPa]		R_{mo} [MPa]	
	stř. h.	stř. h.	stř. h.	sm. odch.	stř. h.	sm. odch.
0.1 K	0,32	1105	8,7	1,46	0,71	0,2
0.1 K M	0,25	804	3,51	0,85	10	0,2

Tabulka 101: Naměřené akustické pohltivosti vzorku 0.1 K

Vzorek	α [-]	α [-]	α [-]
0.1 K	f 500 [Hz]	f 800 [Hz]	f 1000 [Hz]
h 25 mm	0,24	0,42	0,42

Na obrázku č. 95 jsou snímky z rastrovacího mikroskopu. Na snímku a) je struktura vzorku 0.1KM při zvětšení 250x v rozlišení 100 μ m. Pod bodem A vidět korek, bod B směřuje k mikrosféře. Na snímku b) je struktura vzorku 0.1 K při zvětšení 50x v rozlišení 200 μ m. Bod A směřuje ke korku.

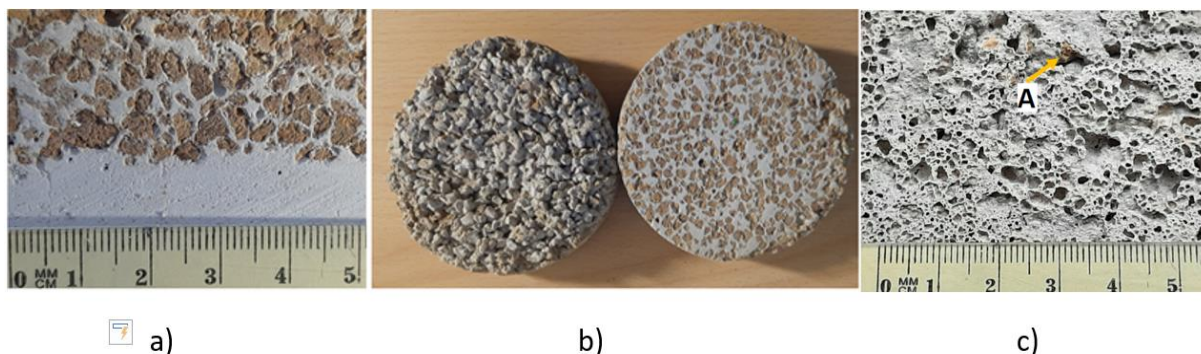


a)

b)

Obrázek 95: a) v rozlišení 100 μ m, struktura vzorku 0.1 KM a b) 200 μ m, struktura vzorku 0.1 K [SEM TUL]

Na obrázku č. 96 jsou snímky pořízené mobilním telefonem. Vlevo a) na vzorku 0.1.K je vidět, že korek vyplave při tuhnutí do horní části což je i patrné na snímku b) nalevo. Vpravo je u vzorku 0.1 K seříznut vzorek na vodní pile do potřebného rozměru na akustickou zkoušku. c) zde je vzorek 0.1KM, kde byl zaměněn ve stejném množství písek za mikrosférku oproti vzorku 0.1K. Šipka od bodu A směřuje na korek.



Obrázek 96: Makro snímek vzorku 0.1 K a) řez, b) vlevo neseříznutá strana, vpravo seříznutá strana vzorku, c) vzorek 0.1.KM [autor]

4.3.36 Vzorek 0.2 V a 0.2 VM

Vzorek 0.2 V se skládá ze směsi namíchané viz tabulka č. 103. Zároveň byl pro porovnání vytvořen i vzorek 0.2.VM v kterém bylo místo písku použito stejné množství mikrosférky. V tabulce č. 104 je přehled naměřených a vypočtených hodnot tepelné vodivosti a hustoty obou vzorků. Z mechanických zkoušek je střední hodnota meze pevnosti v ohybu provedena na třech vzorcích. Střední hodnota meze pevnosti v tlaku je naměřena a vypočtena z pěti vzorků. V tabulce č. 105, je ukázka hodnot akustické pohltivosti na vybraných frekvencích proti tloušťky vzorku 0.2 V. Na vzorku 0.2 VM nebyla akustická zkouška provedena.

Tabulka 102: Složení vzorku 0.2 V

Vzorek	Cement L_k	Aktivátor	Písek	Mikrosférka	Korek	Hliník
0.2 V	1000 g	900 g	400 g	x	100 g	10 g
0.2 V M	1000 g	900 g	x	400 g	100 g	10 g

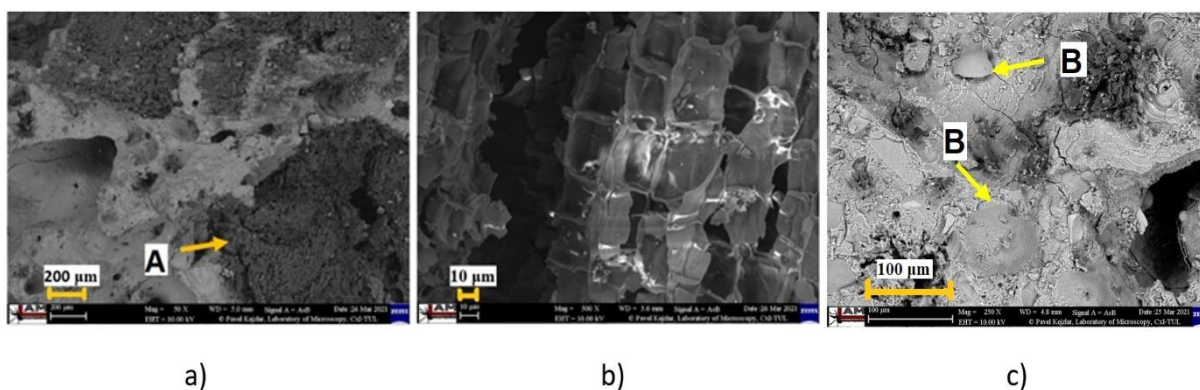
Tabulka 103: Naměřené hodnoty λ , ρ , R_{mt} a R_{mo} vzorku 0.2 V

Vzorek	λ	ρ [kg/m ³]	R_{mt} [MPa]		R_{mo} [MPa]	
	stř. h.	stř. h.	stř. hod.	sm. odch	stř. hod.	sm. Odch
02 V	0,18	646	2,28	0,33	0,30	0,1
02 V M	0,13	462	1,26	0,11	0,50	0,1

Tabulka 104: Naměřené akustické pohltivosti vzorku 0.2 V

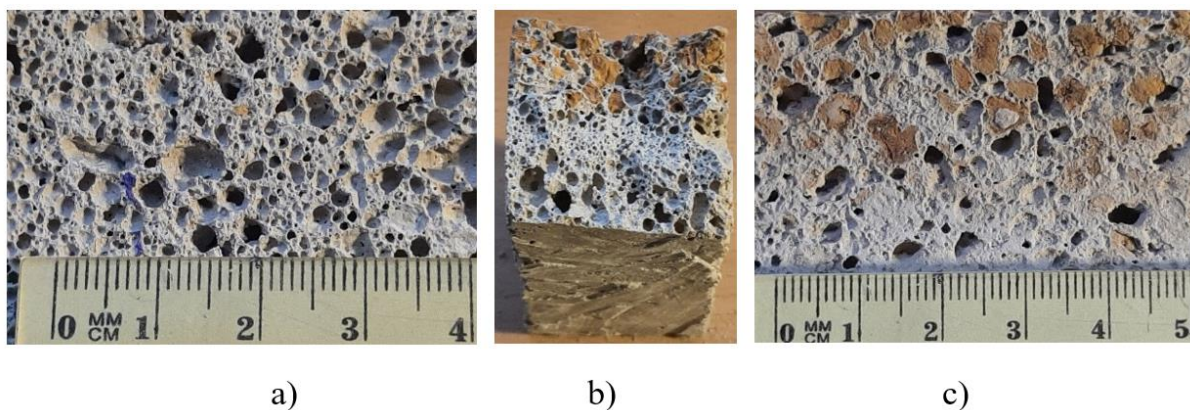
Vzorek	α [-]	α [-]	α [-]
0.2 V	f 500 [Hz]	f 800 [Hz]	f 1000 [Hz]
h 25 mm	0,30	0,39	0,34
h 50 mm	0,51	0,30	0,29
h 75 mm	0,41	0,27	0,27

Na obrázku č. 97 jsou snímky z rastrovacího mikroskopu. Na snímku a) je struktura vzorku 0.2V při zvětšení 50x. Bod A směřuje na korek, Na snímku b) je struktura vzorku 0.2V při zvětšení 500x. Jsou zde vidět fragmenty korku. Na třetím snímku c) vzorek O2VM je v přiblížení 250x bod B směřuje k mikrosféře.



Obrázek 97: Struktura vzorků v rozlišení a) 200 µm, b) 10 µm c) 100 µm [SEM TUL]

Na obrázku č. 98 jsou snímky pořízené mobilním telefonem. Na snímku a) je struktura vzorek 0.2V. Na snímku b) je lom po zkoušce pevnosti v ohybu vzorku 0.2V. Je zde vidět, že korek vyplave při tuhnutí do horní části. Na snímku c) je vzorek 0.2VM, kde byl zaměněn ve stejném množství písek za mikrosféru oproti vzorku 0.2V.



Obrázek 98: Makro snímek vzorku 0.2 V a) řez b) lom c) vzorek 0.2 V M [autor]

Na obrázku č. 99 jsou snímky pořízené mobilním telefonem. Snímky jsou zde na porovnání kompaktní a vypěněné směsi. Na snímku a) je struktura kompaktního vzorku 0.1K. Na snímku b) je struktura vypěněného vzorku 0.2V. U vypěněného vzorku je korek rovnoměrněji rozmístěn. U kompaktního vzorku vyplave všechny korek nahoru.



a)

b)

Obrázek 99: Makro snímek a) vzorku 0.1 K, b) vzorku 0.2 V [autor]

4.3.37 Vzorek 3.1 K, 4.1V, 5.1 K a 6.1V

Složení vzorků 3.1 K, 4.1V, 5.1 K a 6.1V je v tabulce č. 105. V tabulce č. 106 je přehled výsledků mechanických zkoušek vzorku 4.1 V, 5.1 K a 6.1V. Střední hodnota meze pevnosti v ohybu byla získána ze třech vzorků. Střední hodnota meze pevnosti v tlaku je naměřena a vypočtena z pěti vzorků. Vzorek 3.1K nebyl měřen. V tabulce č. 107 je ukázka hodnot akustické pohltivosti vzorků 3.1 K, 4.1 V, 5.1 K a 6.1V na vybraných frekvencích tloušťky vzorku 25 mm.

Tabulka 105: Složení vzorku 3.1K a 4.1V

Vzorek	Cement L_k	Aktivátor	Mikrosférka	Hliník
3.1 K	1000 g	900 g	100 g	x
4.1 V	1000 g	900 g	100 g	10 g
5.1 K	1000 g	900 g	100 g	x
6.1 V	1000 g	900 g	100 g	10 g

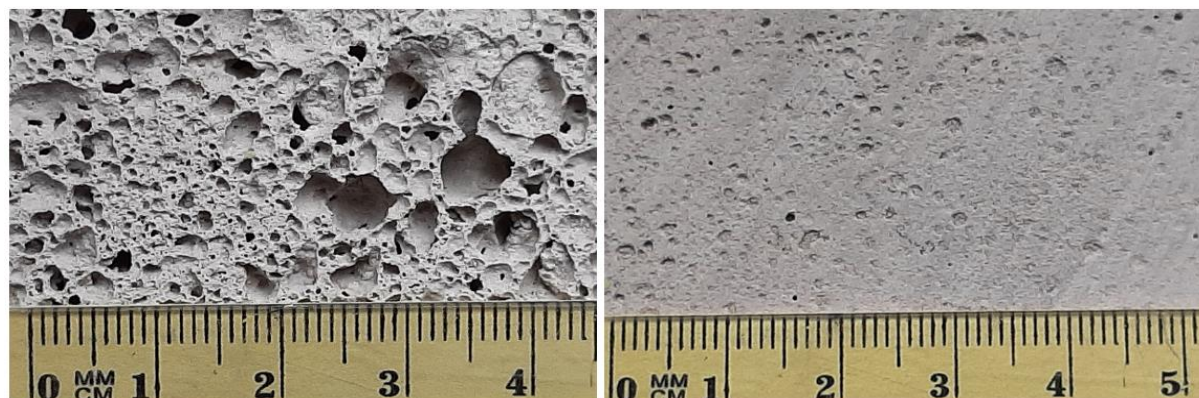
Tabulka 106: Naměřené hodnoty λ , ρ , R_{mt} a R_{mo} vzorku 4.1V

Vzorek	R_{mt} [MPa]		R_{mo} [MPa]	
	stř. hod.	sm. odch	stř. hod.	sm. odch
4.1 V	1,24	0,14	0,40	0,1
5.1 K	28,78	2,35	4,5	0,4
6.1 V	1,86	0,16	0,70	0,1

Tabulka 107: Naměřené akustické pohltivosti vzorku 3.1K a 4.1V

Vzorek	f 500 Hz	f 800 Hz	f 1000 Hz
3.1 K 25	0,09	0,16	0,31
4.1 V 25	0,22	0,77	0,29
5.1 K 25	0,11	0,17	0,24
6.1 V 25	0,42	0,40	0,36

Na obrázku č. 100 jsou snímky pořízené mobilním telefonem s měřítkem. Je zde dobře vidět rozdíl v pórech mezi a) vypěněného vzorku 4.1V a b) kompaktního vzorku 3.1K.



a)

b)

Obrázek 100: Makro snímek a) vzorku 4.1V b) vzorku 3.1K [autor]

4.3.38 Vzorek 7 V

Vzorek 7V se skládá ze směsi namíchané viz tabulka č. 108. V tabulce č. 109 je přehled naměřených a vypočtených hodnot tepelné vodivosti a hustoty vzorku. Z mechanických zkoušek byla střední hodnota meze pevnosti v ohybu provedena na třech vzorcích. Střední hodnota meze pevnosti v tlaku byla naměřena a vypočtena z pěti vzorků. V tabulce č. 110 je ukázka hodnot akustické pohltivosti na vybraných frekvencích pro tři různé tloušťky vzorku.

Tabulka 108: Složení vzorku 7 V

Vzorek	Cement L_k	Aktivátor	Mikrosférka	F500	Hliník
7 V	1000 g	900 g	100 g	30 g	10 g

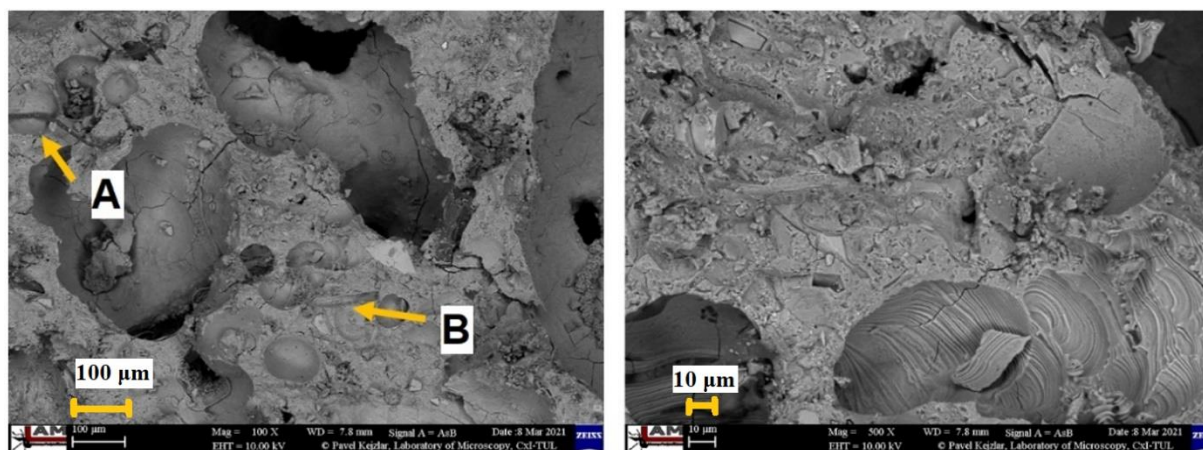
Tabulka 109: Naměřené hodnoty λ , ρ , R_{mt} a R_{mo} vzorku 7V

Vzorek	λ	ρ [kg/m ³]	R_{mt} [MPa]		R_{mo} [MPa]	
	stř. h.	stř. h.	stř. hod.	sm. odch	stř. hod.	sm. Odch
7 V	0,15	593,00	1,68	0,16	0,70	0,10

Tabulka 110: Naměřené akustické pohltivosti vzorku 7 V

Vzorek	α [-]	α [-]	α [-]
7 V	f 500 [Hz]	f 800 [Hz]	f 1000 [Hz]
h 25 mm	0,39	0,33	0,29
h 50 mm	0,58	0,37	0,33
h 75 mm	0,47	0,30	0,30

Na obrázku č. 101 jsou snímky z rastrovacího mikroskopu vzorku 7V. Na snímku a) je struktura vzorku při zvětšení 100x. Bod A směřuje na kuličku mikrosférky, přes kterou je vidět vlákno plniva F500, bod B ukazuje na vlákno F500. Na snímku b) je struktura vzorku při zvětšení 500x.

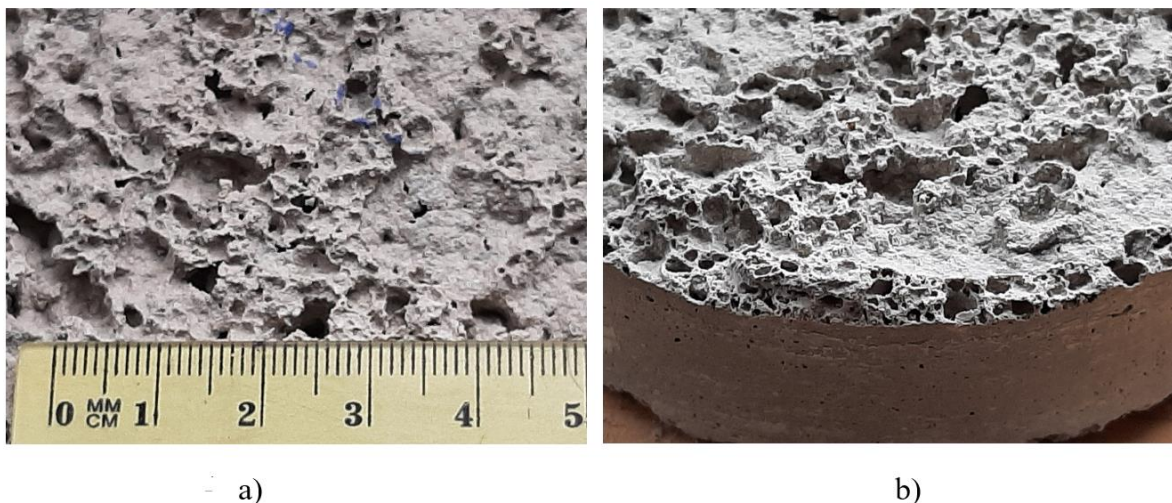


a)

b)

Obrázek 101: Struktura vzorku 7 V, a) v rozlišení 100 µm, b) v rozlišení 10 µm [SEM TUL]

Na obrázku č. 102 jsou snímky pořízené mobilním telefonem s přiloženým měřítkem. Na snímku a) je struktura viditelná okem na snímku b) je ukázka čerstvě odformovaného vzorku.



Obrázek 102: Makro snímek vzorku 7V a) řez, b) odformovaný vzorek [autor]

4.3.39 Vzorek 7.1 V

Vzorek 7.1V se skládá ze směsi namíchané viz tabulka č. 111. V tabulce č. 112 je přehled naměřených a vypočtených hodnot tepelné vodivosti a hustoty vzorku. Z mechanických zkoušek byla střední hodnota meze pevnosti v ohybu provedena na třech vzorcích. Střední hodnota meze pevnosti v tlaku byla naměřena a vypočtena z pěti vzorků. V tabulce č. 113 je ukázka hodnot akustické pohltivosti na vybraných frekvencích proti tloušťky vzorku.

Tabulka 111: Složení vzorku 7.1 V

Vzorek	Cement Lk	Aktivátor	Mikrosférka	Šamot	Konopí	Keramzit	Korálek	Hliník
7.1 V	1000 g	900 g	200 g	150 g	100 g	50 g	dle formy	10 g

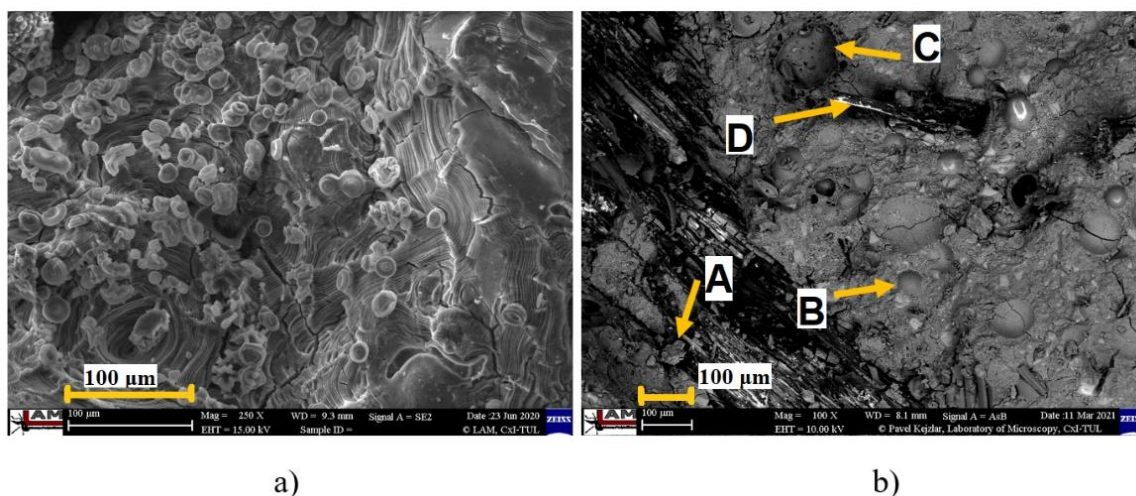
Tabulka 112: Naměřené hodnoty ρ , pevnost v tlaku a pevnost v ohyb vzorku 7.1 V

Vzorek	ρ [kg/m ³]	R _{mt} [MPa]		R _{mo} [MPa]	
	stř. h.	stř. hod.	sm. odch	stř. hod.	sm. odch
7.1 V	530,00	14,66	1,65	2,70	0,40

Tabulka 113: Naměřené akustické pohltivosti vzorku 7.1 V

Vzorek	α [-]	α [-]	α [-]
7.1 V	f 500 [Hz]	f 800 [Hz]	f 1000 [Hz]
h 25 mm	0,31	0,29	0,25
h 50 mm	0,53	0,24	0,20
h 75 mm	0,80	0,59	0,42

Na obrázku č. 103 je vidět struktura vzorku 7.1 V a) ve zvětšení 250x, b) při zvětšení 100x, bod A směřuje na šamot, bod B mikrosférku, C keramzit a pod bodem D vlákno konopného pazdeří.



Obrázek 103: Struktura vzorku 7.1V, v rozlišení a) 100 µm, b) 100 µm [SEM TUL]

Na obrázku č.104 a) je pod bodem A je vidět konopné pazdeří, bod B ukazuje částici keramzitu, na druhém snímku b) je pohled na odformovaný vzorek z vrchu s ozdobným korálkem.



Obrázek 104: Makrosnímek vzorku 7.1 V [autor]

4.3.40 Vzorek 8 K

Vzorek 8K se skládá ze směsi namíchané viz tabulka č. 114. V tabulce č.115 je ukázka hodnot akustické pohltivosti na vybraných frekvencích pro tři tloušťky vzorku.

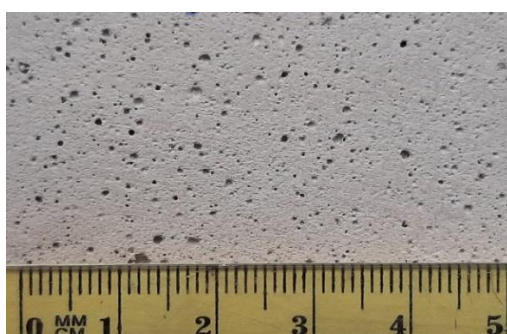
Tabulka 114 : Složení vzorku 8 K

Vzorek	Cement L _k	Aktivátor	Mikrosférka	F 500
8 K	1000 g	900 g	100 g	30 g

Tabulka 115: Naměřené akustické pohltivosti vzorku 8 K

Vzorek	α [-]	α [-]	α [-]
8 K	f 500 [Hz]	f 800 [Hz]	f 1000 [Hz]
h 25 mm	0,13	0,13	0,15
h 50 mm	0,65	0,17	0,12
h 75 mm	0,49	0,15	0,12

Na obrázku č.105 je snímek struktury vzorku pořízený fotoaparátem s přiloženým měřítkem. Vlákna F500 nejsou okem na vzorku viditelná.

**Obrázek 105: Makrosnímek vzorku 8 K, [autor]**

4.3.41 Vzorek 9 V

Vzorek 9V se skládá ze směsi namíchané viz tabulka č. 116. V tabulce č. 117 je přehled naměřených a vypočtených hodnot z mechanických zkoušek. Střední hodnota meze pevnosti v ohybu byla provedena na třech vzorcích. Střední hodnota meze pevnosti v tlaku je naměřena a vypočtena z pěti vzorků. V tabulce č. 118, je ukázka hodnot akustické pohltivosti na vybraných frekvencích pro tři tloušťky vzorku.

Tabulka 116: Složení vzorku 9 V

Vzorek	Cement L _k	Aktivátor	Mikrosférka	F2550N	Hliník
9 V	1000 g	900 g	100 g	30 g	10 g

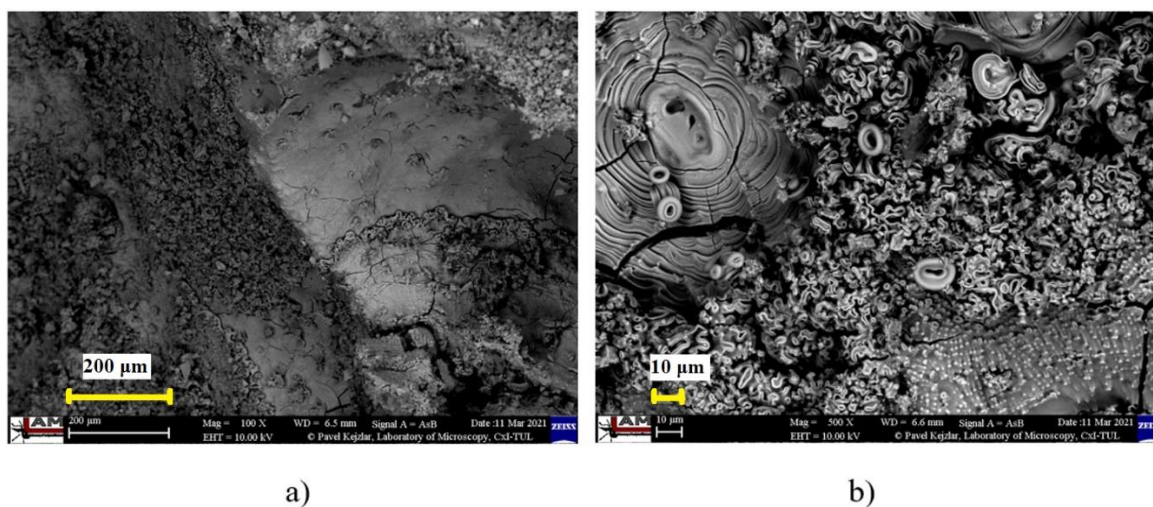
Tabulka 117: Naměřené hodnoty ρ , R_{mt} a R_{mo} vzorku 9V

Vzorek	ρ [kg/m ³]	R_{mt} [MPa]		R_{mo} [MPa]	
	stř. h.	stř. hod.	sm. odch	stř. hod.	sm. Odch
9 V	570	2,42	0,58	0,8	0,1

Tabulka 118: Naměřené akustické pohltivosti vzorku 9 V

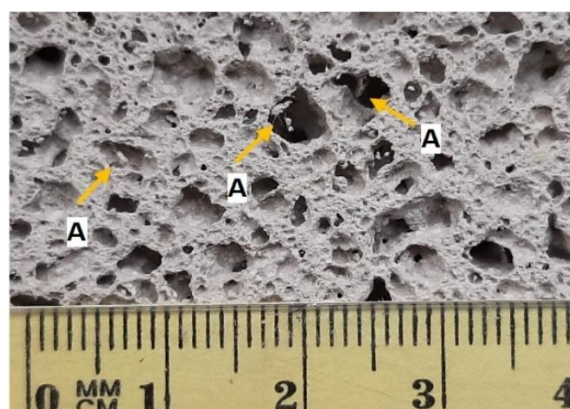
Vzorek	α [-]	α [-]	α [-]
9 V	f 500 [Hz]	f 800 [Hz]	f 1000 [Hz]
h 25 mm	0,28	0,39	0,44
h 50 mm	0,64	0,46	0,39
h 75 mm	0,44	0,31	0,31

Na obrázku č. 106 je vidět struktura vzorku 9V ze SEM, a) ve zvětšení 100x, b) při zvětšení 500x.



Obrázek 106: Struktura vzorku 9 V v rozlišení a) 200 µm, b) 10 µm [SEM TUL]

Na obrázku č. 107 je vidět snímek struktury vzorku 9V pořízen fotoaparátem. Body A směřují k vláknům plniva F2550N, která jsou zde viditelná okem.



Obrázek 107: Makrosnímek vzorku 9 V [autor]

4.3.42 Vzorky 1 K, 2 V, 3 K, 4 V, 5K a 6V

Složení vzorků 1K a 2V je v tabulce č. 119. Složení vzorků 3K a 4V je v tabulce č. 120. U těchto vzorků bylo do směsi přidáno maximální možné množství vlákn, tak aby se dala směs promíchat. Složení vzorků 5K a 6V v tabulce č.121. Zkouška tepelné vodivosti a mechanické zkoušky na těchto vzorcích nebyly prováděny. V tabulce č. 122 je ukázka hodnot akustické pohltivosti na vybraných frekvencích pro dvě tloušťky vzorku 3K. Pro vzorky 1 K, 2V, 4V, 5 K a 6V budou výsledky měření akustické pohltivosti uvedeny v kapitole 3.5.9.

Tabulka 119: Složení vzorku 1K a 2V

Vzorek	Cement L _k	Aktivátor	Mikrosférka	F3550CF	Hliník
1 K	900 g	900 g	100 g	200 g	x
2 V	1000 g	900 g	100 g	200 g	10 g

Tabulka 120: Složení vzorku 3K a 4V

Vzorek	Cement L _k	Aktivátor	Mikrosférka	Grey HS5	Hliník
3 K	1000 g	900 g	100 g	80 g	x
4 V	1000 g	900 g	100 g	80 g	10 g

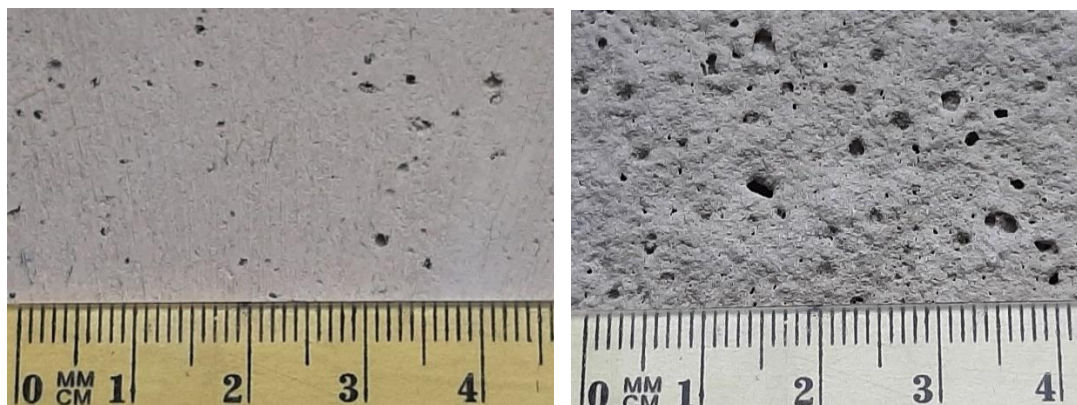
Tabulka 121: Složení vzorku 5K a 6V

Vzorek	Cement L _k	Aktivátor	Mikrosférka	Konopí	Hliník
5 K	1000 g	900 g	100 g	150 g	x
6 V	1000 g	900 g	100 g	150 g	10 g

Tabulka 122: Naměřené akustické pohltivosti vzorku 3 K

Vzorek	α [-]	α [-]	α [-]
3 K	f 500 [Hz]	f 800 [Hz]	f 1000 [Hz]
h 25 mm	0,12	0,14	0,19
h 75 mm	0,35	0,14	0,11

Na obrázku č.108 je vidět vzorek a) 3K po řezu pilou na potřebný rozměr. Vlákn HS5 nejsou okem na řezu znatelná. Tento vzorek je kompaktní, tím je na vzorku pouze minimálně vzduchových porů. Na snímku b) je struktura vzorku 2V. Zde jsou nepatrně okem viditelná vlákna F3550CF.



a)

b)

Obrázek 108: Makro snímek vzorku a) 3K b) 2V [autor]

4.3.43 Vzorky BV, 22K, 23V, 24K

Složení vzorků BV, 22K, 23V, 24K 1K a 2V je v tabulce č. 123. U všech těchto vzorků bylo do směsi přidáno maximální možné množství vlákna, tak aby se dala směs řádně promíchat. V tabulce č. 124 jsou uvedeny výsledky měření tepelné vodivosti, měrné hustoty a pevnosti v tlaku a ohybu. V tabulce č. 125 je ukázka hodnot akustické pohltivosti na vybraných frekvencích pro tloušťku vzorku 25 mm.

Tabulka 123: Složení vzorku BV, 22K, 23V, 24K

Vzorek	Cement L_k	Aktivátor	Písek	Šamot	Plnivo	Hliník
BV	1000 g	900 g	x	500 g	60 g Řepka olejka	10 g
22K	1000 g	900 g	1000 g	x	14 g Popílek	x
23V	1000 g	900 g	1000 g	x	14 g Popílek	15 g
24K	1000 g	900 g	250 g	x	250 g Piliny (smrk, modřín)	x

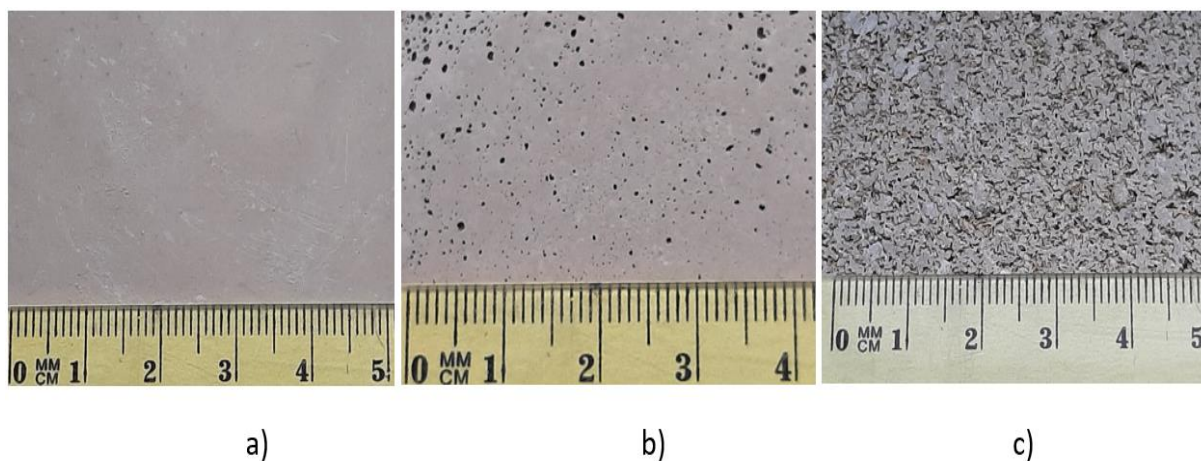
Tabulka 124: Naměřené hodnoty λ , ρ , pevnost v tlaku a pevnost v ohyb vzorků BV, 22K, 23V a 24K

Vzorek	λ	ρ [kg/m ³]	Tlak [MPa]		R _{mo} [MPa]	
	stř. h.	stř. h.	stř. hod.	sm. Odch	stř. hod.	sm. Odch
BV	0,23	909	4,60	0,91	1,11	0,3
22K	x	1233	31,53	1,2	1,30	0,2
23V	x	680	3,65	0,71	0,62	0,1
24K	x	562	3,69	0,19	0,71	0,1

Tabulka 125: Naměřené akustické pohltivosti vzorků BV, 22K, 23V a 24K

Pohltivost α [-] pro tloušťku vzorku 25 mm			
Vzorek	500 Hz	800 Hz	1000 Hz
BV	0,28	0,46	0,43
22K	0,11	0,14	0,23
23V	0,24	0,29	0,38
24K	0,15	0,20	0,27

Na obrázku č.109 je vidět vzorek a) 22K, který je naprosto hladký. Tím, že je kompaktní, nemusí se po odformování již nijak upravovat. Na snímku b) je struktura vzorku 23V po řezu pilou na potřebný rozměr. Přidáním hliníku směs vypěnila a musela být po odformování upravena na potřebný rozměr. Na snímku za c) jsou jasně okem zřetelné částice pilin.



Obrázek 109: Makro snímek vzorku a) 22K b) 23V c) 24K [autor]

4.4 Použité metody měření

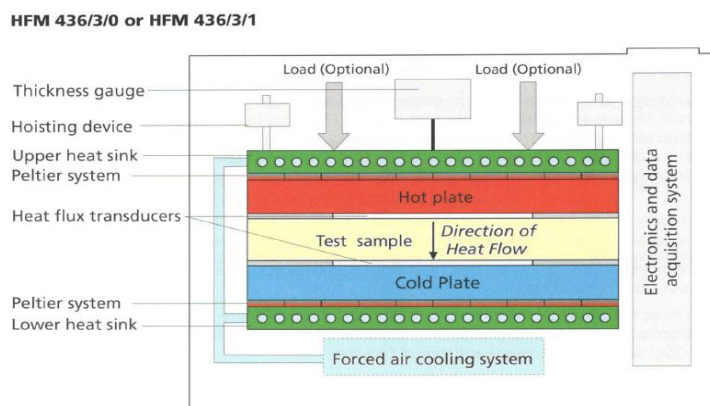
4.4.1 Tepelná vodivost

Tepelná vodivost λ byla stanovena pomocí přístroje od firmy Netzsch, model HFM436 Lambda, obrázek č. 110. Je to měřicí systém schopný provozu mezi 30 až 100 °C. Systém je ideálně vhodný



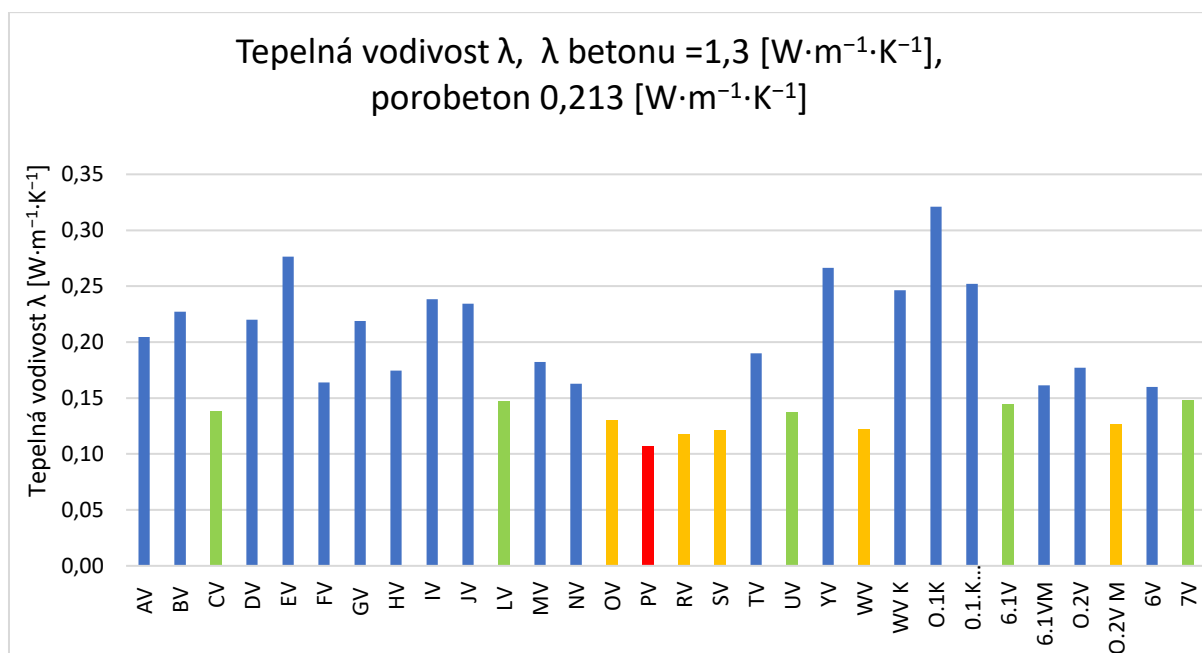
Obrázek 110: Netzsch, model HFM436 Lambda [autor]

pro měření izolačních materiálů s tepelnou vodivostí do 1,0 W / (m · K). Vzorky musí být o rozměru délky hrany do 300 mm a tloušťky od 5 mm až 100 mm. Snímač umožňuje měření s vynikající přesností a opakovatelností v krátkých časech měření. Volitelná sada příslušenství rozšiřuje rozsah měření na více druhů materiálů jako například beton, výrobky ze dřeva nebo cihel do 2 W / (m · K). Vzorky, byly odlévány do forem o rozměrech 150 x 150 x 40 mm³. Funkce přístroje umožňuje použití přesného zatížení na vzorek stlačitelných materiálů a provést měření pod definovaným tlakem (do 21kPa) s vysokou přesností a opakovatelností, jak můžeme vidět na obrázku č. 111. Pořizování a vyhodnocování dat provádí interní počítač s integrovanou tiskárnou nebo kabelem připojený k PC a software NETZSCH-Proteus-HFM pracující pod Windows® [18, 19].



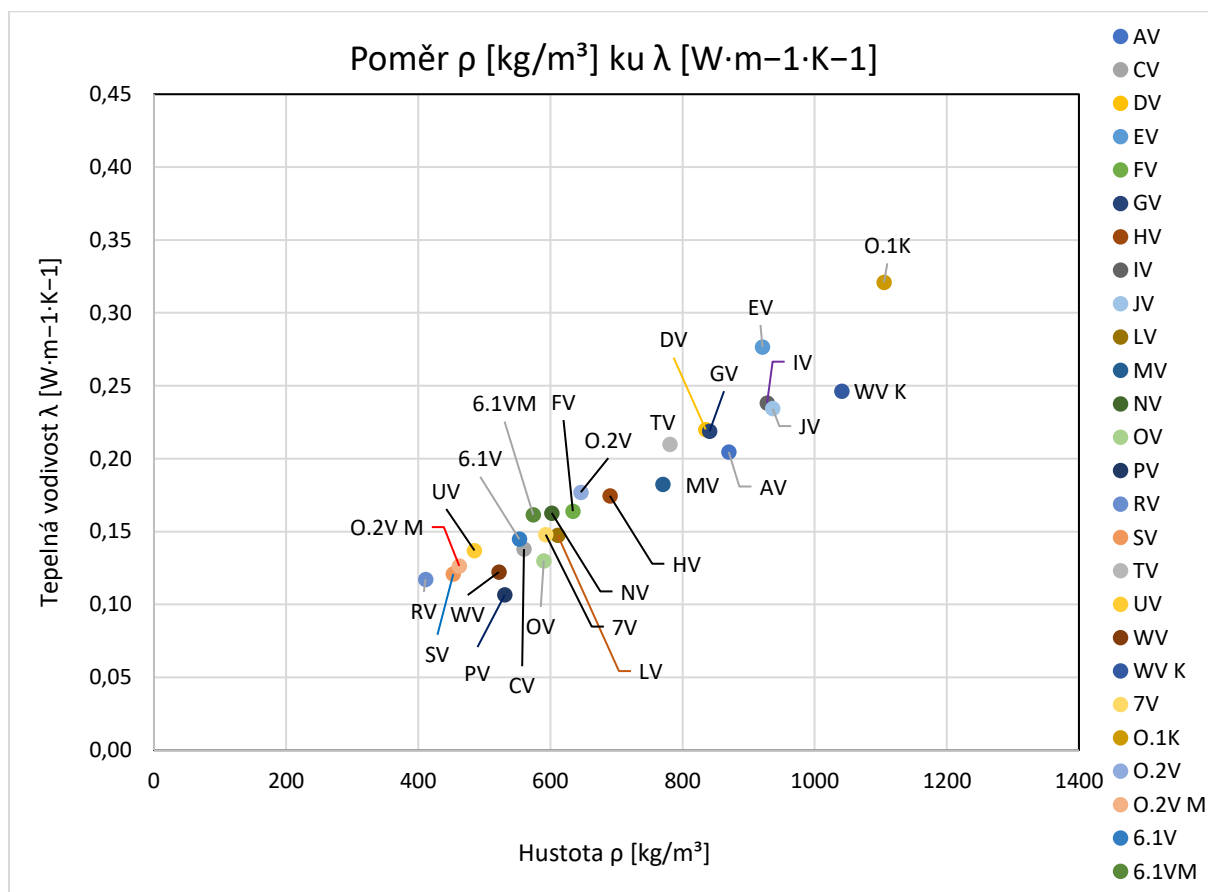
Obrázek 111: Operační systém přístroje Netzsch HFM436 Lambda [19]

Samotné měření bylo prováděno od každého materiálu na třech vzorcích. Následující graf č. 1 nám znázorňuje střední hodnotu měřených vzorků z naměřené hodnoty tepelné vodivosti. Jak je z grafu patrné, nejmenší tepelnou vodivost vykazují vzorky vypěněné oproti vzorkům kompaktním. Zároveň všechny vzorky, které vyšly s nejmenší tepelnou vodivostí obsahují nějaké zastoupení ve směsi plnivo mikrosférka. Naopak křemičitý písek má vodivost ve vyšších hodnotách. Vzhledem ke kompozitním vzorkům, které se od sebe liší rozmanitými plnivy a jejich poměry, nedá se přesně říci, že je jedno plnivo, které je vždy na nejnižších hodnotách. Vždy záleží na různorodosti směsi a jestli je daný vzorek plný nebo vypěněný. Jako ukázka rozdílu můžeme zmínit vzorky se stejným plnivem 01KM a 02VM. Vzorek 02VM se nachází mezi nejnižší naměřenými hodnotami oproti tomu vzorek 01KM, který je kompaktní vyšel s nejvyšší naměřenou hodnotou. Jako další plnivo ve spojení s mikrosférou se dá říci, že vykazuje nižší hodnoty λ nejvíce kočkolit ve vzorcích CV, WV, kdy se dá říci, dle množství jednotlivých plniv, že u vzorku CV zvýšil hodnotu λ přídavek lnu. Jako další plniva ke snížení hodnoty λ lze z grafu vyčíst, že na snížení hodnoty působí i Ciur F500 u vzorku 7V a PST kuličky u vzorku LV. Nejlépe vyšel vzorek s kombinací mikrosférka, šamot u vzorku PV. Hned za ním se řadí vzorek RP pouze s mikrosférou. Nejvyšší naměřené hodnoty λ jsou kombinací plniv s pískem a konopím. Zde hraje velkou roli písek u vypěněného vzorku EV a zda je vzorek kompaktní 0,1K, 0,1KM. U obou vzorků je zastoupen korek, ale ani v případě, že je v kombinaci s mikrosférou, 01KM, nevykazuje nízké hodnoty tepelné vodivosti. Z grafu č. 1 lze také vyčíst, že přídavek konopných odpadních vláken v kombinaci s pískem zvyšuje hodnotu tepelné vodivosti geopolymerních pěn. Výsledky také ukazují, že tepelná vodivost je zvýšena po přidání plniv skartovaného papíru, vzorek YV.



Graf 1: Tepelná vodivost naměřených vzorků

U betonu je známa velká tepelná vodivost, a to přibližně v rozmezí $1,0 \div 1,8 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$, u pórobetonů je to kolem $0,22 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$. U geopolymérů, jak je patrné i z naměřených výsledků je tepelná vodivost poměrně malá, a proto touto vlastností je velmi dobře využitelný např. na použití pro stavební konstrukce, u nichž je zapotřebí dobrých tepelně-izolačních vlastností. Póry neboli dutiny, které jsou obsaženy ve vypěněných vzorcích se také podílí na snížení hodnoty λ . Z toho vyplývá, že čím je vzorek pórovitější, tím se může i zmenšit jeho tepelná vodivost.



Graf 2: Průběh naměřených funkcí závislosti tepelné vodivosti na hustotě vzorků

Graf č. 2 zobrazuje průběh závislosti tepelné vodivosti na hustotě jednotlivých vzorků. Z grafu vyplývá, že čím vyšší máme hustotu vzorku, tím je i vyšší tepelná vodivost. Tento poznatek se dá využít u některých tepelně izolačních materiálů ve stavebnictví.

4.4.2 Zkouška tlakem a ohybem

Pro zkoušení pevnosti geopolymerních vzorků v ohybu a v tlaku bylo použito již připravených sad vzorků, které byly rozděleny do třech skupin dle zkoušek pohltivosti. Testování mechanických vlastností zkušebních trámečků bylo prováděno po 28 dnech na testovacím zařízení firmy LabTest P100, lis 10 t. Vzorky pro zkoušku pevnosti v ohybu jsou na obrázku č.112, ve tvaru trámečků o rozměrech 40x40x160 mm.



Obrázek 112: Vzorky připravené na mechanické zkoušky

Výrobní výkres formy k náhledu je v přílohách. Byly připraveny tři vzorky od každé varianty plniv. Pro zkoušku pevnosti v tlaku bylo připraveno pět vzorků od každé z variant plniv. Testování pevnosti je vidět na obrázku č.113. Na snímku a) zkouška pevnosti v ohybu a na snímku b) zkouška pevnosti v tlaku.



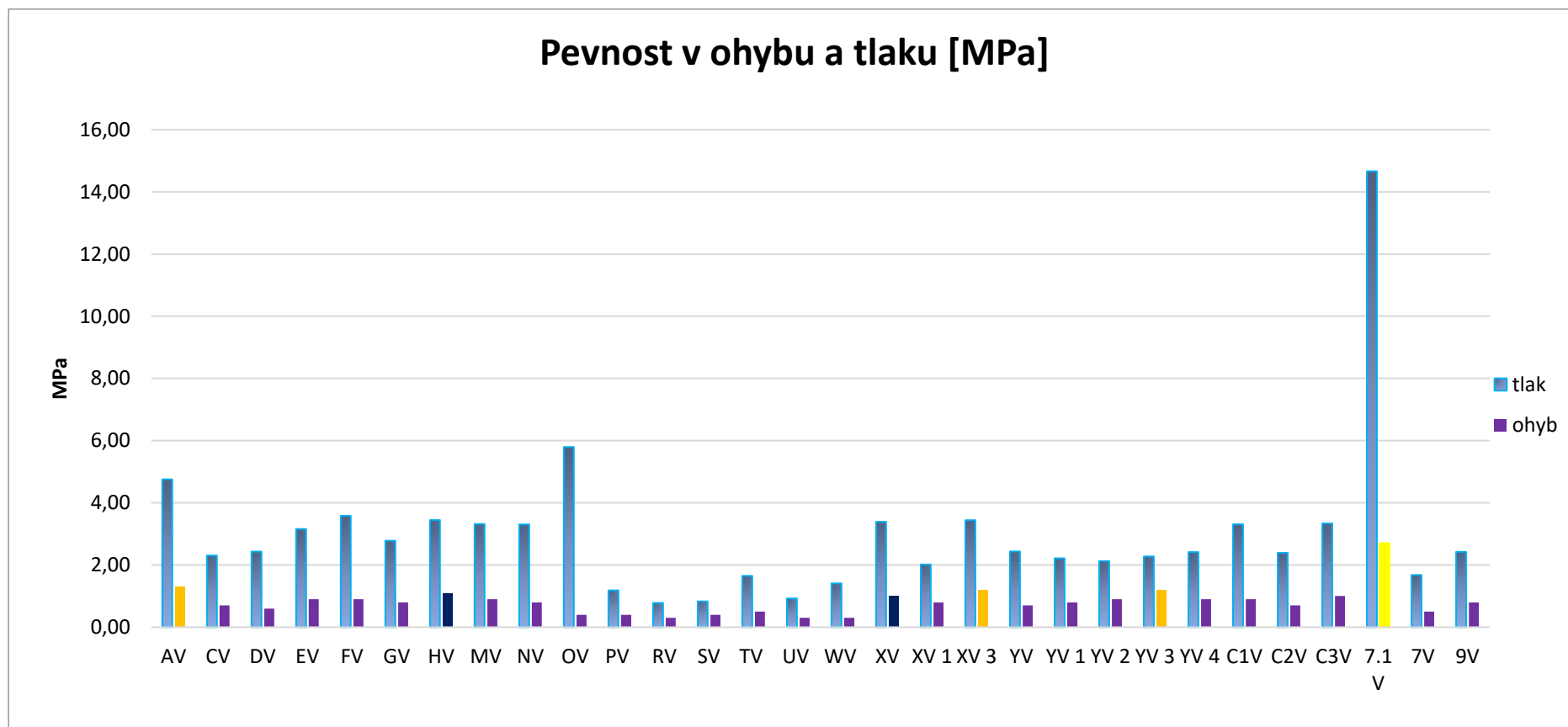
a)



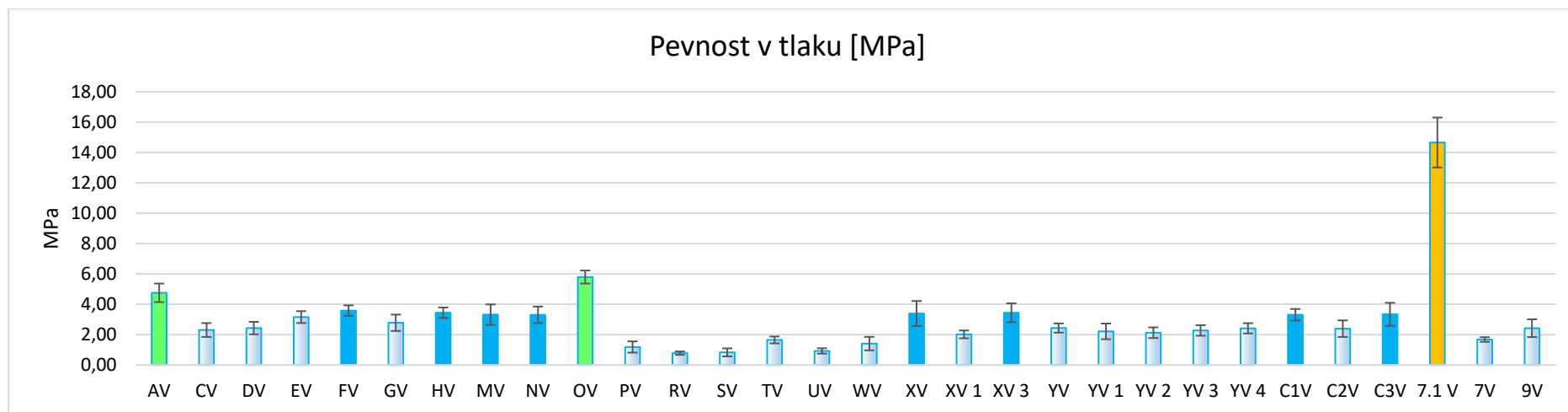
b)

Obrázek 113: Mechanické zkoušky. a) Zkouška pevnosti v ohybu, b) Zkouška pevnosti v tlaku

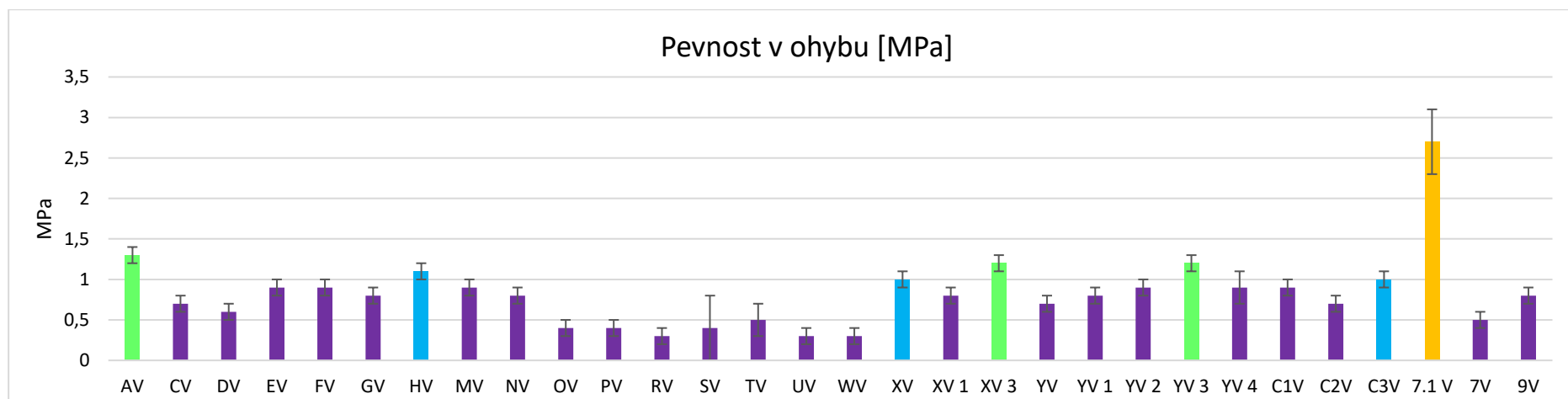
Výsledky těchto měření vzorků s třemi měřeními pohltivosti jsou souhrnně v grafu č. 3. Modře je znázorněna zkouška pevnosti v tlaku a fialově pevnost v ohybu. Nejlépe v porovnání obou zkoušek vyšel vzorek 7.1V, kde je zastoupen šamot s konopím a korálkem. Následuje směs AV, kde je jiný poměr také šamotu a konopí. Následují vzorky XV3 A XV. Nejmenší pevnost vyšla u vzorků RV, SV a UV, kde je u všech velké zastoupení mikrosférky.



Graf 3: Porovnání Pevnosti v ohybu R_{m0} a tlaku R_{mt} [MPa]



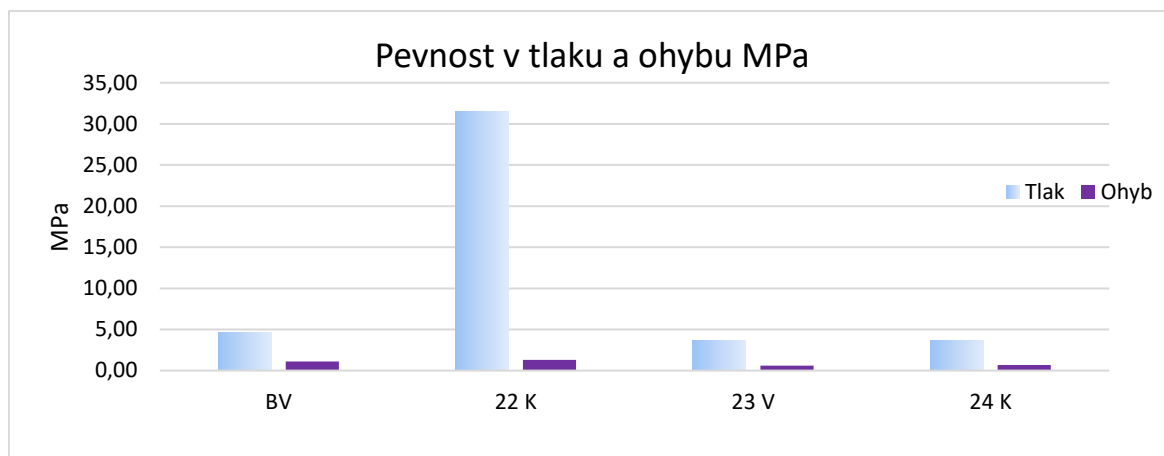
Graf 4: Pevnost v tlaku Rmt [MPa]



Graf 5: Pevnost v ohybu Rmo [MPa]

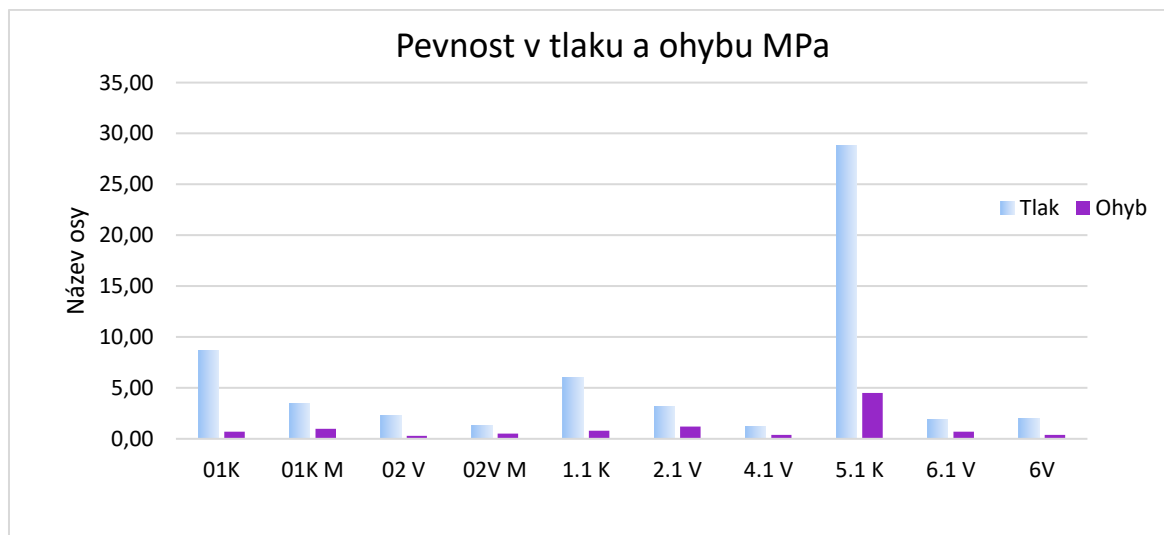
Podrobněji můžeme vidět výsledky pro zkoušku pevnosti v tlaku v grafu č. 4. U Rmt vyšel nejlépe vzorek 7.1V, následován vzorky OV, AV, XV3 a YV3. Naopak nejhůře dopadly vzorky UV, RV, WV a PV. Zkoušky pevnosti v ohybu jsou znázorněny v grafu č. 5. Nejlépe vyšly výsledky u vzorků 7.1V, AV, XV, XV3. Nejhůře dopadly vzorky RV, UV, WV.

Z dalších výsledků jsou v grafu č. 6 uvedeny výsledky vzorků s jednou akustickou zkouškou. Nejlépe vyšel kompaktní vzorek s popílkem. Z vypěněných vzorků má nejlepší výsledek BV s šamotem.



Graf 6: Pevnost v ohybu R_{mo} [MPa]

V grafu č. 7 jsou uvedeny výsledky třetí skupiny vzorků. Nejlépe opět dopadly vzorky kompaktní. Nejhůře dopadl vypěněný vzorek 4.1V pouze s mikrosférou a 0.2VM, kde je navíc ještě korek.

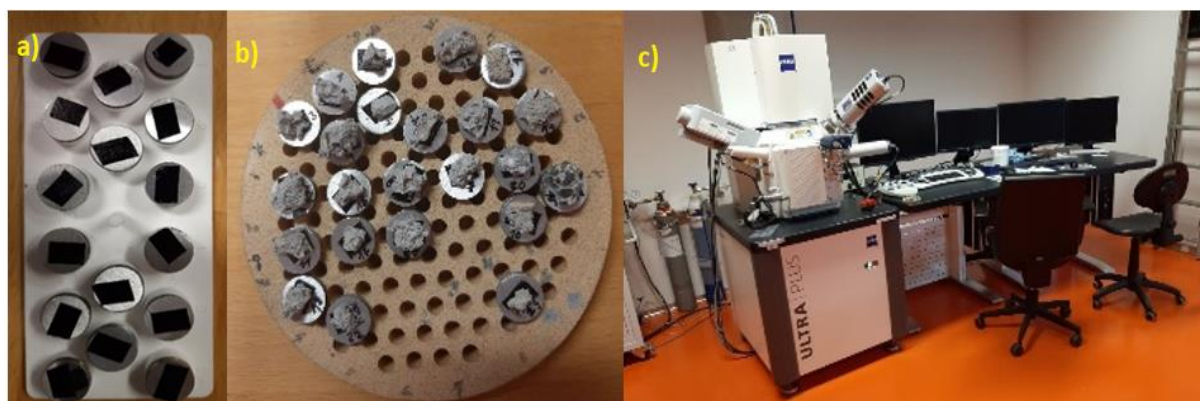


Graf 7: Pevnost v ohybu R_{mo} [MPa]

V souhrnu všech naměřených skupin vzorků vyšly nejlépe vzorky 5.1 , 7.1V, 22K a 0.1K.

4.4.3 Metoda SEM

Fotodokumentace vzorků byla provedena dvěma způsoby. Makroskopicky mobilním telefonem a mikroskopicky na skenovacím (rastrovacím) elektronovém mikroskopu. Zároveň byla u vybraných vzorků provedena chemická analýza. Vybrané snímky ze SEM v této práci se pohybují v rozlišení 10, 20, 100 a 200 μm . Na obrázku č.114 a) vidíme přípravu terčů a za b) terče s geopolymerními vzorky, které byly následně skenovány na SEM Carl Zeiss Ultra plus s mikroanalytickým systémem Oxford Instruments, obrázek č.114 c). Celkem bylo analyzováno přes 50 vzorků.



Obrázek 114: a) terče b) vzorky c) SEM

4.4.4 Měření akustické pohltivosti

Další fyzikální veličinou, která byla zkoumána byla akustická pohltivost převážně vypěněných geopolymérů. K měření akustické pohltivosti byla využita metoda impedanční trubice. Trubice, které bylo k měření použito je Impedanční trubice Brüel & Kjaer typ 4206 na obrázku č.115.



Obrázek 115: Impedanční trubice Brüel & Kjaer typ 4206 [88]

Jedná se o uzavřenou trubici s reproduktorem na jedné straně a se vzorkem materiálu na straně druhé. Do trubice jsou zasunuty dva mikrofony pro měření přenosových funkcí. Pro měření akustické pohltivosti v impedanční trubici byly vyrobeny geopolymerní kompozity o průměru 90 mm a výškou 25, 50 a 75 mm, obrázek č. 116. Měření akustické pohltivosti lze provádět širokopásmově při použití bílého šumu jako zdroje signálu pro zabudovaný reproduktor. Výsledkem měření je akustická pohltivost pro kolmý dopad akustického vlnění [16, 17].



Obrázek 116: Vzorky na měření akustické pohltivosti [autor]

V dalších kapitolách budou rozčleněny výsledky měření akustické pohltivosti do skupin dle plniva. Každá skupina pak obsahuje tři kategorie grafů:

- Tři spojnicové grafy, se všemi vzorky pro všechny frekvence jedné tloušťky vzorků
- Tři série sloupcových grafů. Každá série se skládá ze snímků a) - k) vždy pro jednotlivou frekvenci všech vzorků skupiny
- Spojnicový graf každého vzorku ze skupiny. V grafu jsou výsledky všech naměřených tloušťek daného vzorku

4.5 Pohltivost

V následujících podkapitolách jsou vyrobené vzorky zařazeny do sedmi jednotlivých kategorií dle shodného plniva. Všechny tyto vzorky byly měřeny v laboratoři na univerzitě Wrocław. Každá skupina obsahuje informace o složení vzorků, naměřených hodnotách pohltivosti a vyhodnocení naměřených hodnot α , podle jednotlivých materiálů ve skupinách. Následují další dvě skupiny vzorků, kdy první jsou vzorky měřeny jen orientačně, s plnivem popílek a řepka pouze na tloušťce vzorků 25 mm. Poslední skupinou jsou vzorky měřené v laboratoři na univerzitě v Liberci, na katedře KVM FS. Z důvodu měření v jiné laboratoři jsou výsledky prezentovány samostatné kapitole. U grafů, které jsou po jednotlivých frekvencích jsou vždy žlutě označeny vzorky, které vyšly nejlépe a červeně ty, které vyšly nejhůře. Všechny tyto grafy jsou také pro porovnání proloženy vodorovnou přímkou znázorňující hodnotou pohltivosti betonu pro danou frekvenci.

4.5.1. Vzorky s plnivem Konopí

Do této skupiny byly zařazeny vzorky, u kterých je jako plnivo zvoleno konopné pazdeří. Přehled jednotlivých složení vzorků ve skupině je uveden v tabulce č. 126. Zde bylo u všech vzorků zastoupeno stejné množství konopného pazdeří, a to o hmotnosti 100 g. Dále bylo zkoumáno, jak na kompozitní vlastnosti působí výměna hlavního plniva ve stejném množství 500 g, a to písku, mikrosférky a šamotu u vzorků AV, EV a FV.

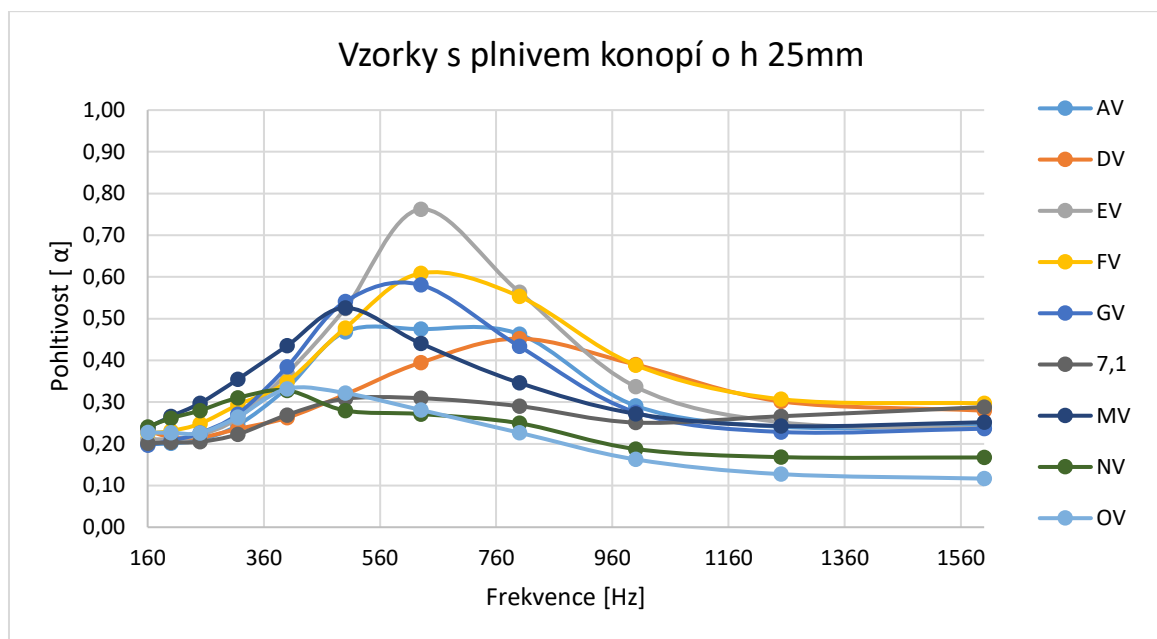
Tabulka 126: Složení kompozitů s plnivem konopí

Vzorek	Cement Lk	Aktivátor	Písek	Mikrosférka	Šamot	Konopí	Plnivo 1	Plnivo 2	Hliník
AV	1000 g	900 g	x	x	500 g	100 g	x	x	10 g
DV	1000 g	900 g	200 g	300 g	x	100 g	x	x	10 g
EV	1000 g	900 g	500 g	x	x	100 g	x	x	10 g
FV	1000 g	900 g	x	500 g	x	100 g		x	10 g
GV	1000 g	900 g	200 g	100 g	x	100 g	50 g Korek	x	10 g
7.1 V	1000 g	900 g	x	200 g	150 g	100 g	50 g Keramzit	Korálek	10 g
MV	1000 g	900 g	x	500 g	50 g	100 g	x	x	10 g
NV	1000 g	900 g	x	500 g	x	100 g	7 g PST (0,4 l)	x	10 g
OV	1000 g	900 g	x	500 g	x	100 g	50 g Korek	x	10 g

Naměřené hodnoty pro různé tloušťky materiálu jsou vyobrazeny v následujících grafech. Naměřená data jsou uvedena v příloze. První skupina grafů ukazuje průběh jednotlivých frekvencí u všech vzorků měřených pro jednu tloušťku všech vzorků s plnivem konopí.

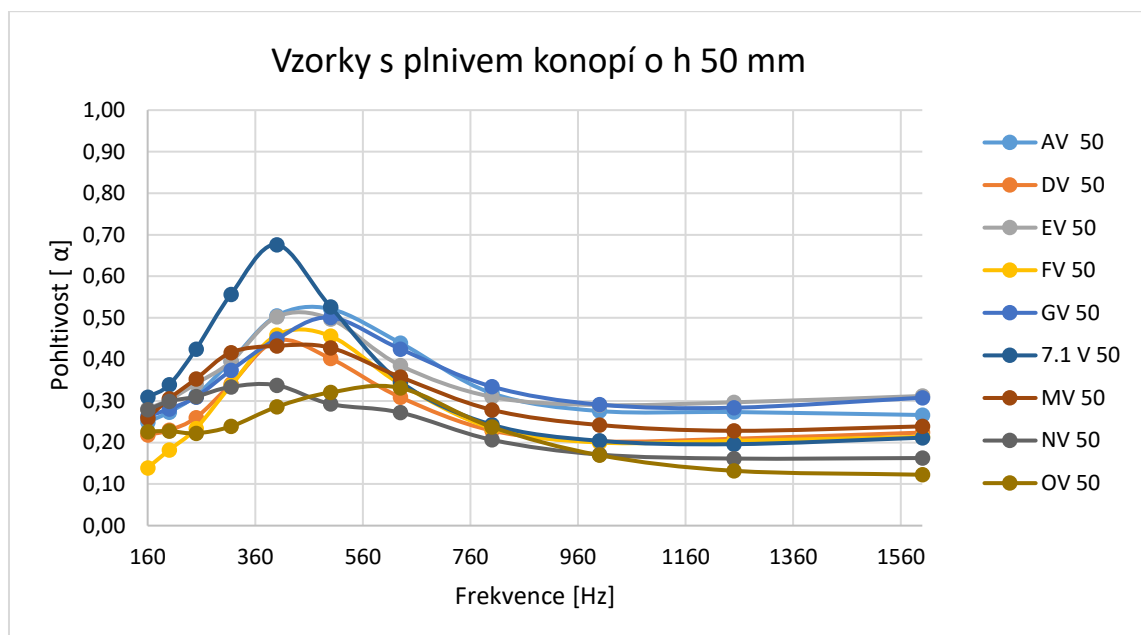
Z výsledků vyplývá, že pro výšku vzorků s konopným pazdeřím h 25 mm, jak je patrné níže na souhrnném grafu č. 8. Nejlépe vychází frekvence 500 až 800 Hz. Nejvýhodněji zde vyšel

vzorek EV s hodnotou pohltivosti 0,76 u frekvence 630 Hz. Naopak u vzorku OV vychází hodnoty u všech frekvencí velmi nízké. Dále jsou velmi nízké hodnoty i u vzorku 7.1V.



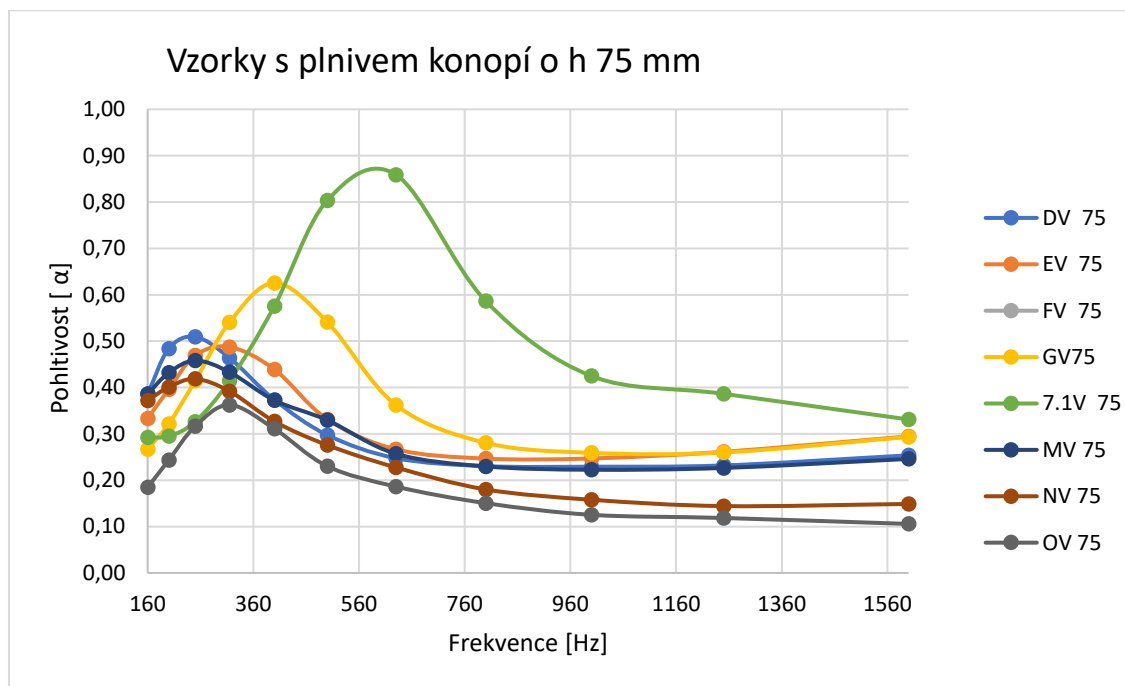
Graf 8: α [-] pro vzorky h 25 mm

Průběhy frekvencí pro tloušťku 50 mm jsou znázorněny v grafu č.9. Zde vyšly nejlépe hodnoty u nízkých frekvencí, a to v rozmezí 250 až 500 Hz, kde nejvyšších hodnot dosáhl vzorek 7.1V u frekvence 400 Hz a nejnižší pohltivost vychází u vzorku NV.



Graf 9: α [-] pro vzorky h 50 mm

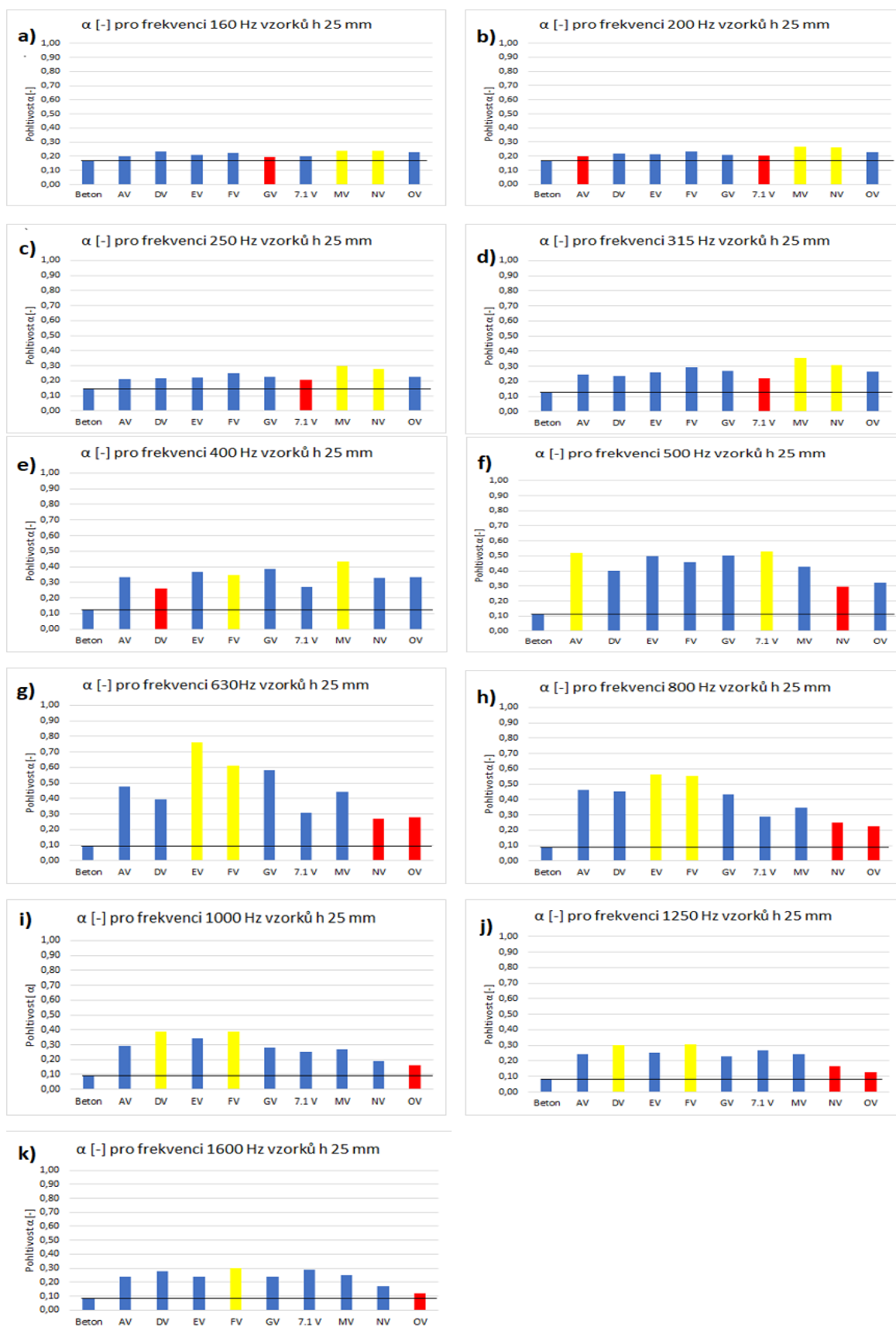
Pro tloušťku vzorků 75 mm jsou v grafu č.10 výsledky frekvenčního pásma od 160 Hz do 1600 Hz. Z grafu vyplývá, že vychází nejlépe ještě nižší frekvence než u h 50 mm, a to u frekvencí 160 až 400 Hz. Výjimkou jsou zde vzorky 7.1V a GV, které dosáhly vynikajících výsledků a to především vzorek 7.1V u frekvence 500 Hz. Vzorek 7.1V má z pohledové strany aplikován korálek, který pravděpodobně zlepšuje výsledky u silnějšího vzorku.



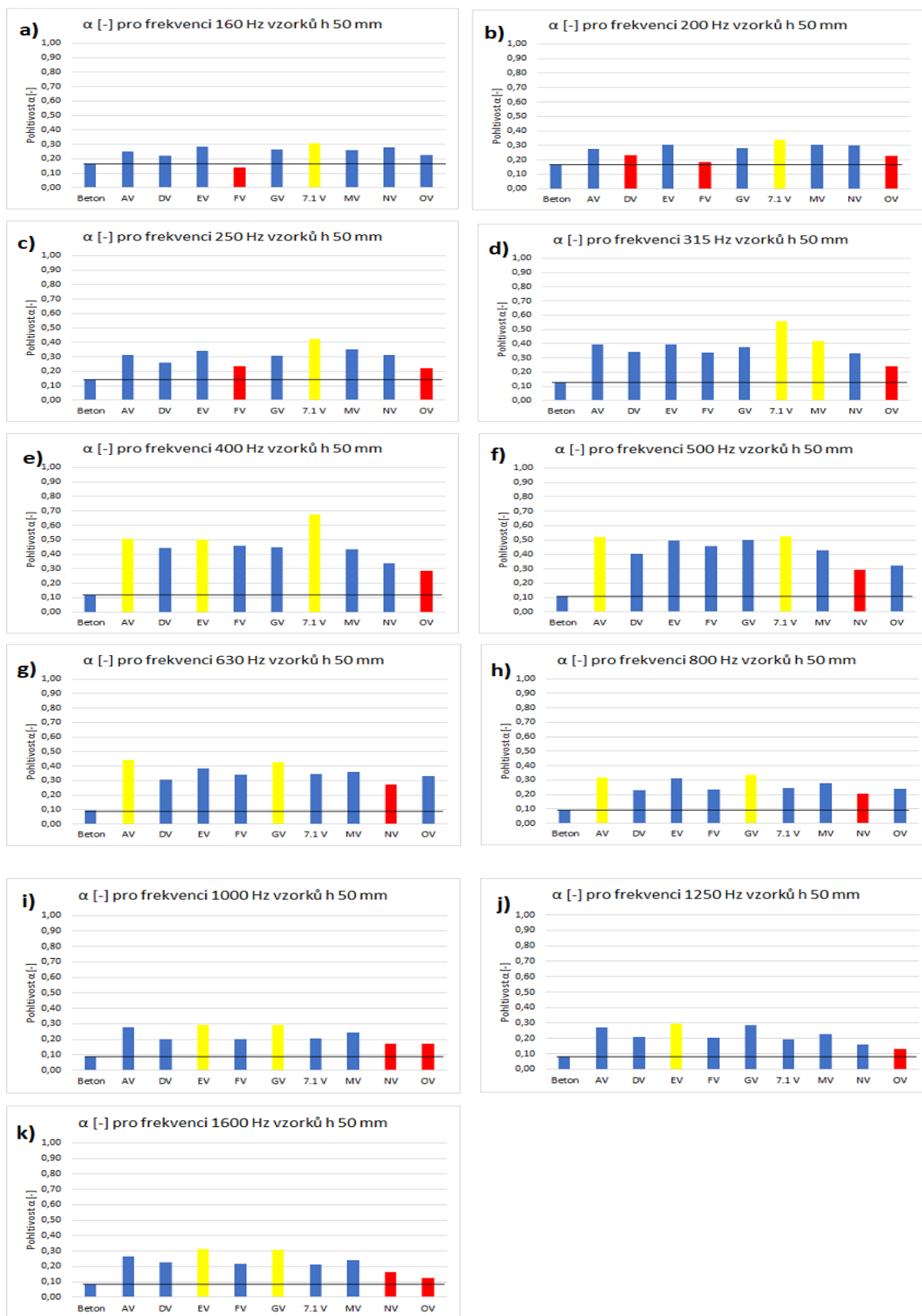
Graf 10: α [-] pro vzorky h 75 mm

V následujících grafech jsou znázorněny výsledky vzorků po jednotlivých frekvencích. V první sérii výsledků, graf č. 11, jsou znázorněny naměřené pohltivosti po jednotlivých frekvencích pro tloušťku vzorků h 25 mm.

Z jednotlivých grafů lze vyčíst, že pro h 25 mm nejlépe vyšla frekvence 630 Hz následována frekvencí 800 Hz a 500 Hz. Pro h 75 mm vychází nejlépe nižší frekvence a to 250 Hz, 315 Hz a 400 Hz, kdy ale nejvyšší hodnoty jsou na frekvenci 500 Hz. Celkově vzorky h 25 mm mají lepší hodnoty spíše u nižších frekvencí v rozmezí 250 Hz a ž 800 Hz. Z grafů lze vyčíst, že zde vychází nejlépe hodnoty pro tloušťku vzorku 25 mm vzorky EV a FV. Pro h 25 mm EV (0,75) a FV (0,61), 630–800 Hz.



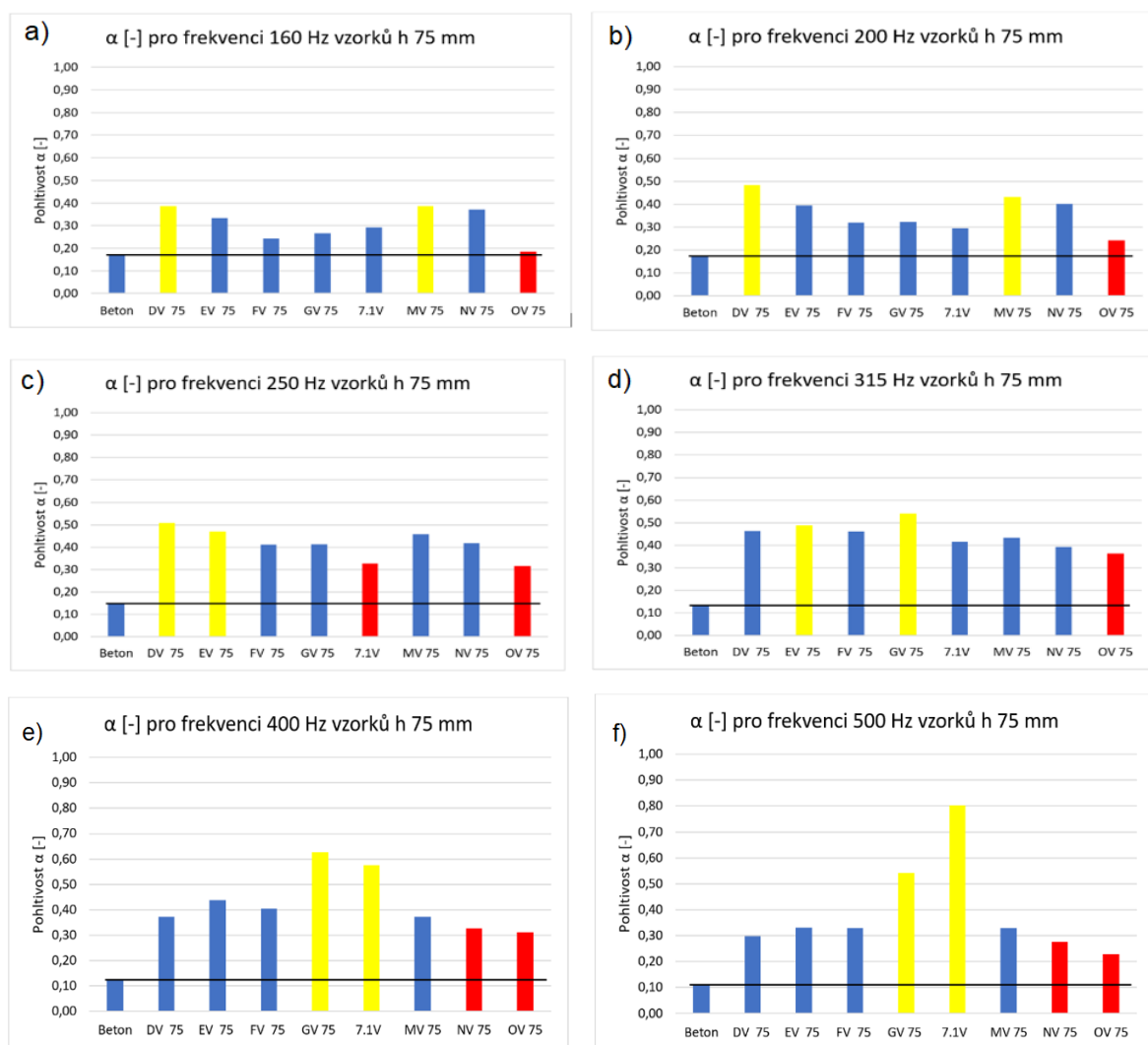
Graf 11: Vzorky konopí h 25 mm a) 160 Hz, b) 200 Hz, c) 250 Hz, d) 315 Hz, e) 400 Hz, f) 500 Hz, g) 630 Hz, h) 800 Hz, i) 1000 Hz, j) 1250 Hz, j) 1600 Hz

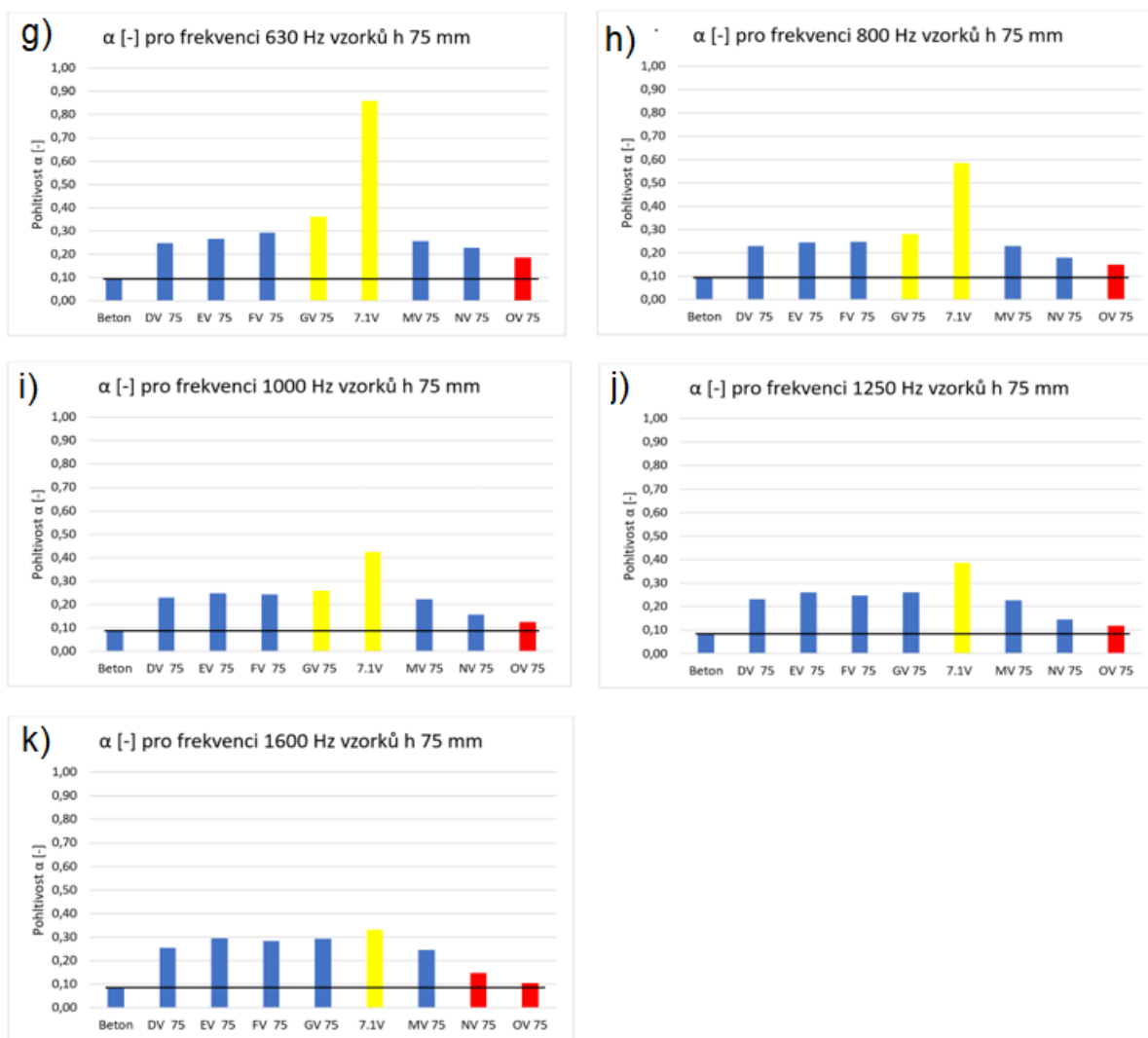


Graf 12: Vzorky konopí h 50 mm a) 160 Hz, b) 200 Hz, c) 250 Hz, d) 315 Hz, e) 400 Hz, f) 500 Hz, g) 630 Hz, h) 800 Hz, i) 1000 Hz, j) 1250 Hz, j) 1600 Hz

Výsledky měření pohltivosti vzorků s plnivem konopné pazdeří jsou v grafu č.12 znázorněné po jednotlivých frekvencích pro tloušťku vzorků 50 mm. Z jednotlivých grafů lze vyčíst, že pro tloušťku 50 mm celkově nejlépe vyšla frekvence 500 Hz spolu s frekvencí 315 Hz a 400 Hz. Nejnižších výsledků se dosahuje u nízkých frekvencí 160 a 200 Hz, kdy vzorek FV má hodnoty podobně nízké jako beton. Nejlépe ze všech obrázků a) až k) vyšel u frekvencí až do 500 Hz vzorek 7.1V e) 400Hz, α 0,68. U středních frekvencí 315–630 Hz vychází vyšší hodnoty u AV f) α 0,52, (500 Hz) a EV, GV f) α 0,50. Nad 500 Hz vychází nejlépe vzorek GV s hodnotami kolem α 0,30.

Výsledky měření pohltivosti vzorků s plnivem konopné pazdeří jsou v grafu č.13 znázorněné po jednotlivých frekvencích pro tloušťku vzorků 75 mm. Z jednotlivých grafů lze vyčíst, že pro h 75 mm nejlépe vyšla e) 400 Hz a f) 500 Hz. Nejvyšších hodnot dosáhl vzorek 7.1V g) α 0,86 na 630 Hz a za f) 0,80 na 500 Hz. Druhý vzorek s nejvyššími hodnotami je GV e) α 0,63 na 400 Hz. V nízkých frekvencích a) - c) vyšel nejlépe vzorek DV. Nejhorších výsledků dosahuje ve všech frekvencích vzorek OV kdy ale i tak na 250 Hz dosahuje α 0,36.

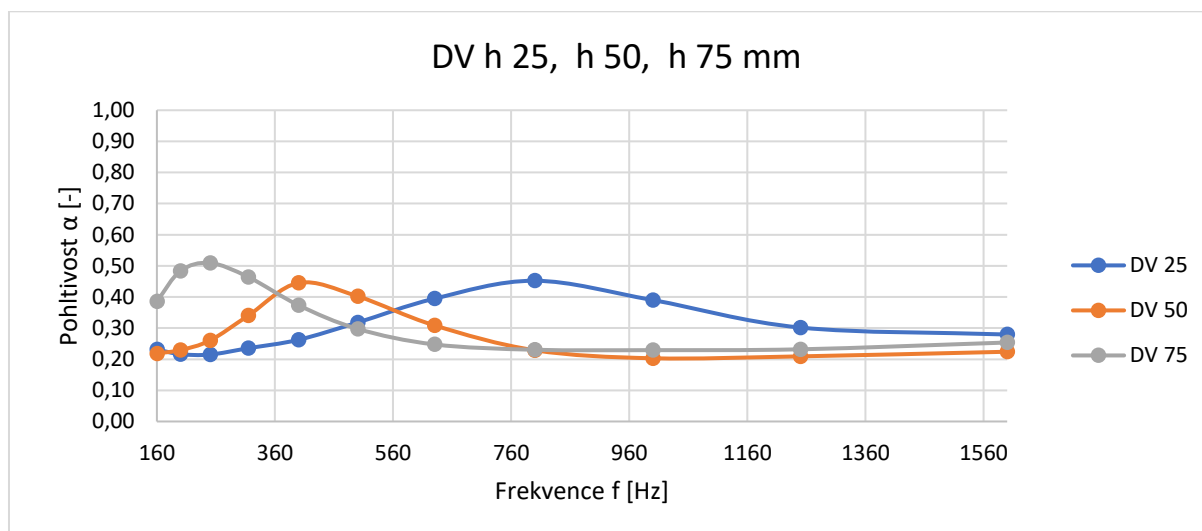




Graf 13: Vzorky konopí h 75 mm a) 160 Hz, b) 200 Hz, c) 250 Hz, d) 315 Hz, e) 400 Hz, f) 500 Hz, g) 630 Hz, h) 800 Hz, i) 1000 Hz, j) 1250 Hz, j) 1600 Hz

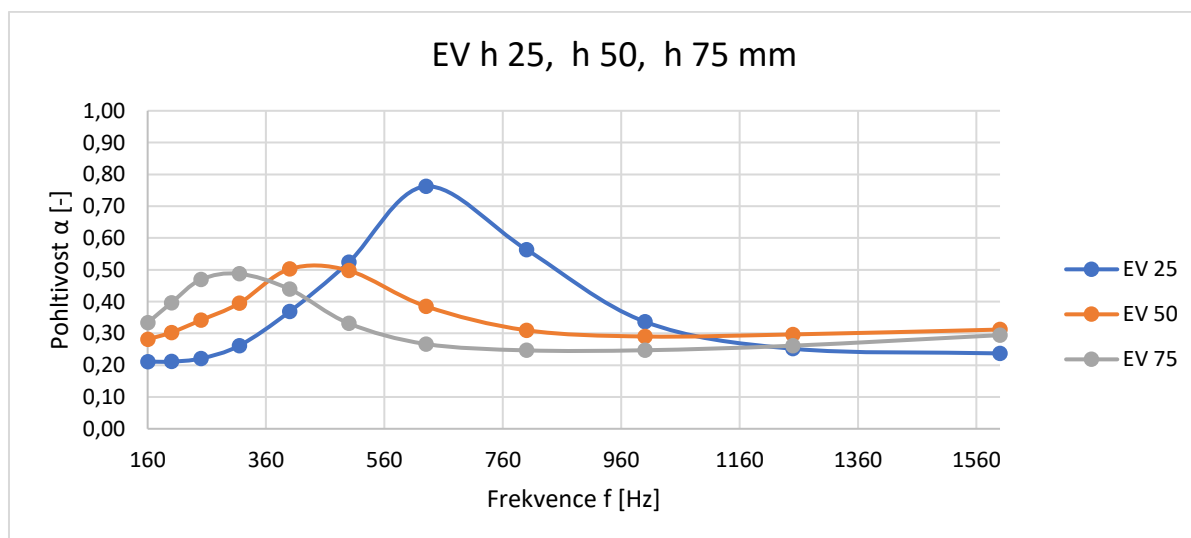
Z jednotlivých grafů lze tedy vyčíst, že pro h 25 mm nejlépe vyšla frekvence 630 Hz následována frekvencí 800 Hz a 500 Hz. U výsledků pro h 50 je nejlepšího výsledku dosaženo u frekvence 500 Hz spolu s frekvencí 315 Hz a 400 Hz. Pro h 75 mm vychází nejlépe nižší frekvence a to 250 Hz až 400 Hz, kdy ale nejvyšší hodnoty jsou na frekvenci 500 Hz u vzorku 7.1V.

Z grafu č. 14 je patrné, že u vzorku DV u všech měřených tloušťkách dosáhl vzorek hodnot akustické pohltivosti na některých frekvencích nad 0,45. Nejvyšší hodnoty α jsou u tloušťky vzorku 75 mm, a to u nejnižších frekvencí. Nejvyšší hodnota je na 250 Hz α 0,51. Čím je vzorek tenčí, tím se frekvence s vyšší hodnotou α posouvají výše. U tloušťky vzorku 25 mm dosahuje nejvyšší pohltivosti 0,45 na frekvenci 800 Hz.



Graf 14: α [-], vzorek DV

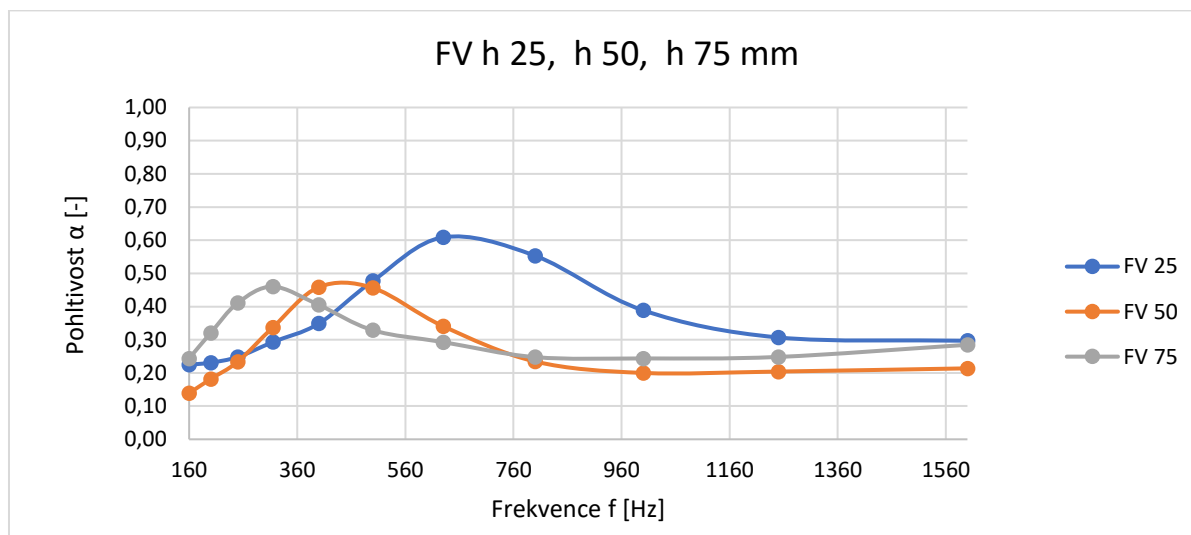
Z grafu č. 15 je možno vyčíst, že vzorek EV u všech měřených tloušťek dosáhl hodnot akustické pohltivosti na některých frekvencích nad 0,50. Zde jsou naopak oproti vzorku DV nejvyšší hodnoty α dosaženy u tloušťky vzorku 25 mm, a to u středních frekvencí v rozsahu 400–1000 Hz. Nejvyšší hodnota α 0,76 byla dosažena na f 630 Hz. Čím je vzorek tenčí, tím se frekvence s vyšší hodnotou α posouvají výše. U tloušťky vzorku 50 mm dosahuje nejvyšší pohltivosti 0,50 na frekvenci 400 a 500 Hz. U tloušťky 75 mm je dosaženo nejvyšší pohltivosti 0,49 na frekvenci 315 Hz.



Graf 15: α [-], vzorek EV

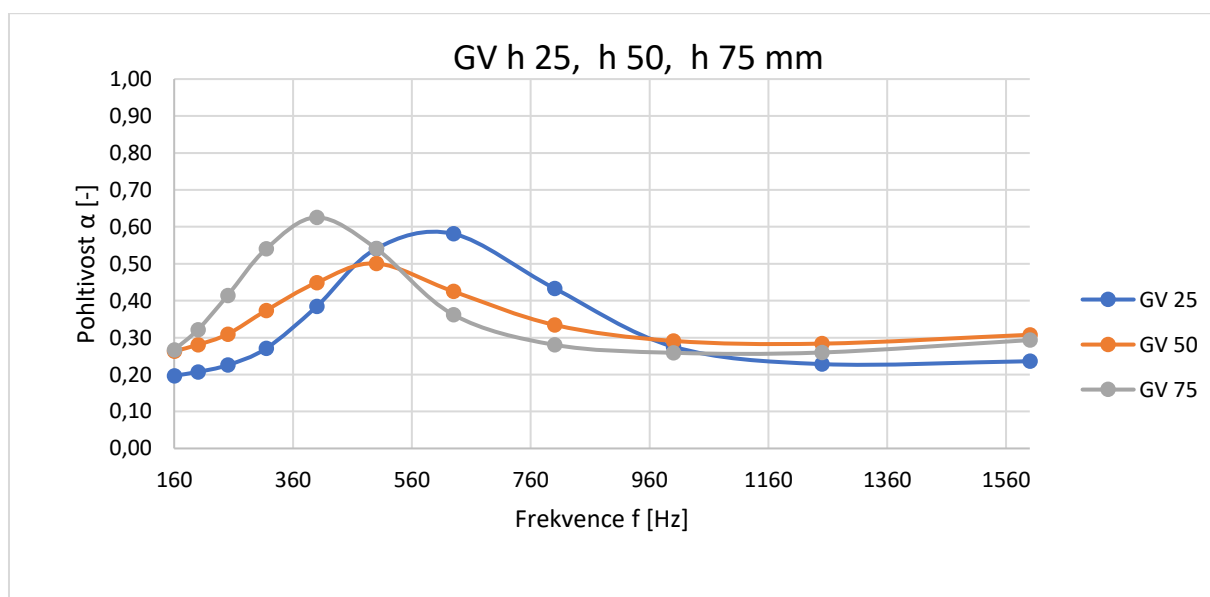
Z grafu č. 16 je patrné, že u vzorku FV u všech měřených tloušťek dosáhl vzorek hodnot akustické pohltivosti na některých frekvencích nad 0,45. Nejvyšší hodnoty α jsou u tloušťky vzorku

25 mm, a to u středních frekvencí. Nejvyšší hodnota α 0,61 je na frekvenci 630 Hz. Čím je vzorek tenčí, tím se frekvence s vyšší hodnotou α posouvají výše. U tloušťky vzorku 50 mm dosahuje nejvyšší pohltivosti 0,46 na frekvencích 400 a 500 Hz. U tloušťky vzorku 75 mm dosahuje nejvyšší pohltivosti 0,46 na frekvenci 315 Hz.



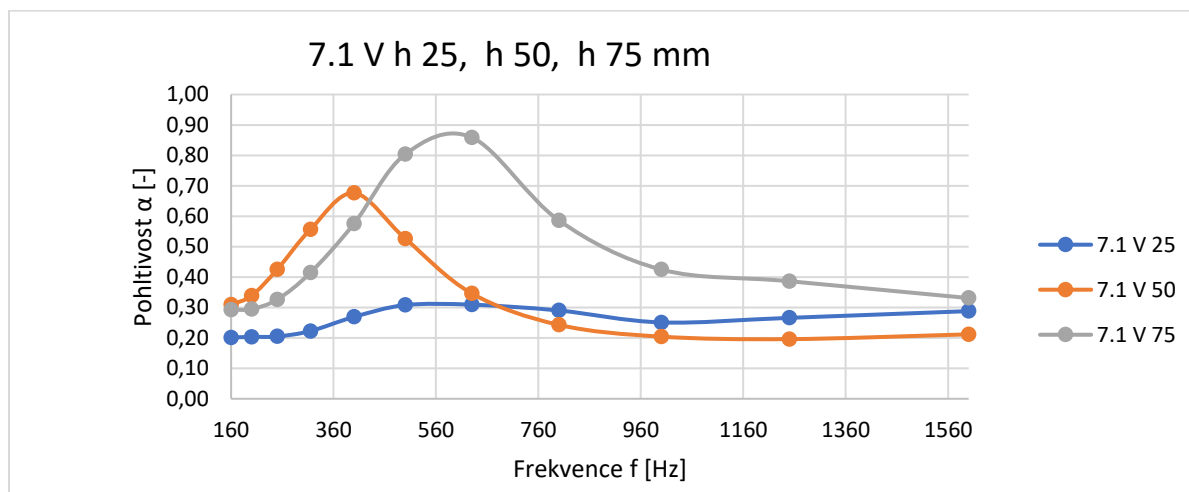
Graf 16: α [-], vzorek FV

Z grafu č. 17 je možno vyčíst, že vzorek GV u všech měřených tloušťek dosáhl hodnot akustické pohltivosti na některých frekvencích nad 0,50. Nejvyšší hodnota α 0,63 byla dosažena na f 400 Hz. U tloušťky vzorku 75 mm, a to mezi frekvencemi 200–700 Hz. U tloušťky vzorku 50 mm dosahuje nejvyšší pohltivosti 0,50 na frekvenci 500 Hz.



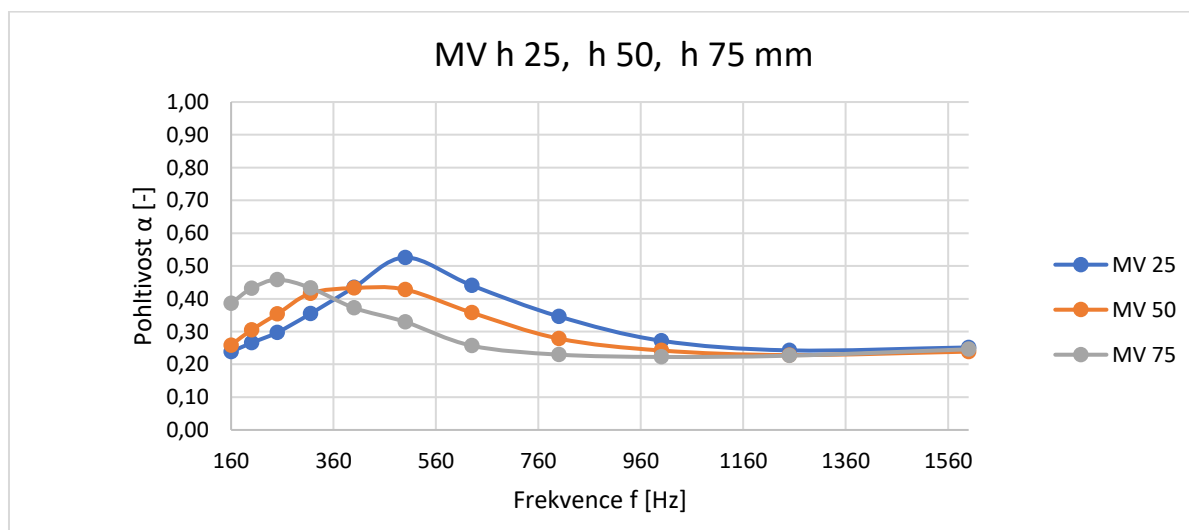
Graf 17: α [-], vzorek GV

V grafu č.18 jsou vidět výsledky akustické zkoušky pohltivosti vzorku 7.1V. Pohltivost vychází velmi vysoko u tlustších vzorků nižších frekvencí oproti tloušťce 25 mm, kde jsou výsledky zanedbatelné. Zde platí, čím tlustší vzorek, tím lepší pohltivost. U h 75 mm dosáhla α hodnoty 0,86 na frekvenci 630 Hz a 0,80 na f 500 Hz. Na všech měřených frekvencích neklesla α pod 0,29. U tloušťky 50 mm je dosaženo nejvyšších hodnot α 0,68 na f 400 Hz. Mezi f 160–700 Hz neklesne hodnota α pod 0,30.



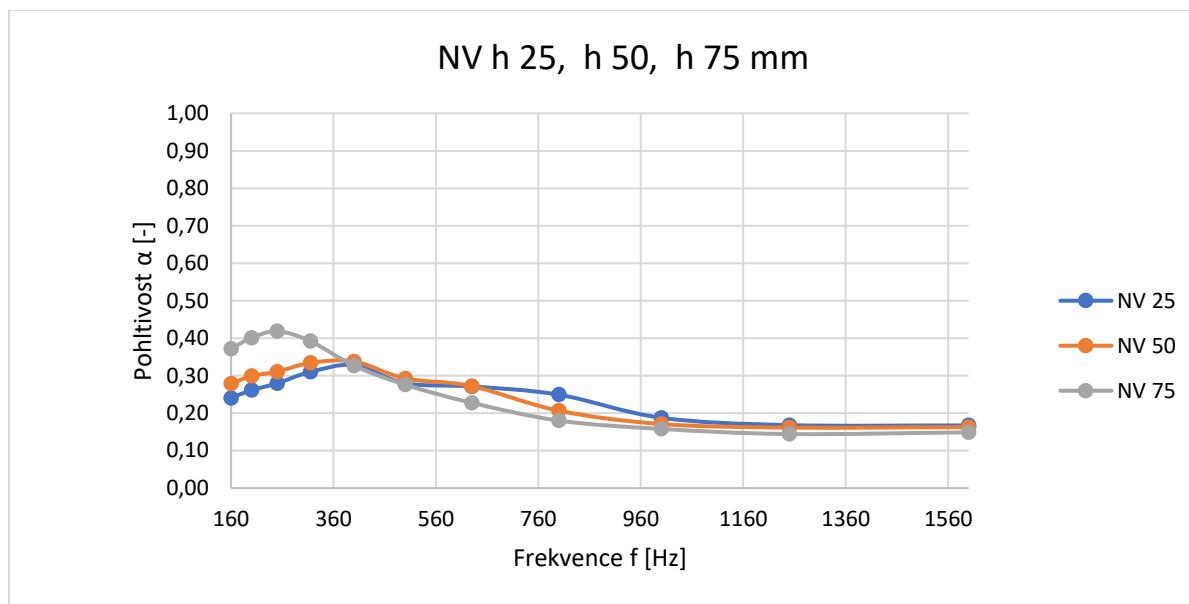
Graf 18: α [-], vzorek 7.1V

V grafu č. 19 jsou vidět výsledky akustické zkoušky vzorku MV, které vychází nejlépe u tloušťky 25 mm u frekvence 500 Hz. Mezi f 250-900 Hz neklesne α pod 0,30. U všech měřených tloušťek dosáhl vzorek hodnot akustické pohltivosti na některých frekvencích nad 0,40. Čím je vzorek silnější, tím se posouvají vyšší hodnoty pohltivosti ve frekvencích směrem dolů.



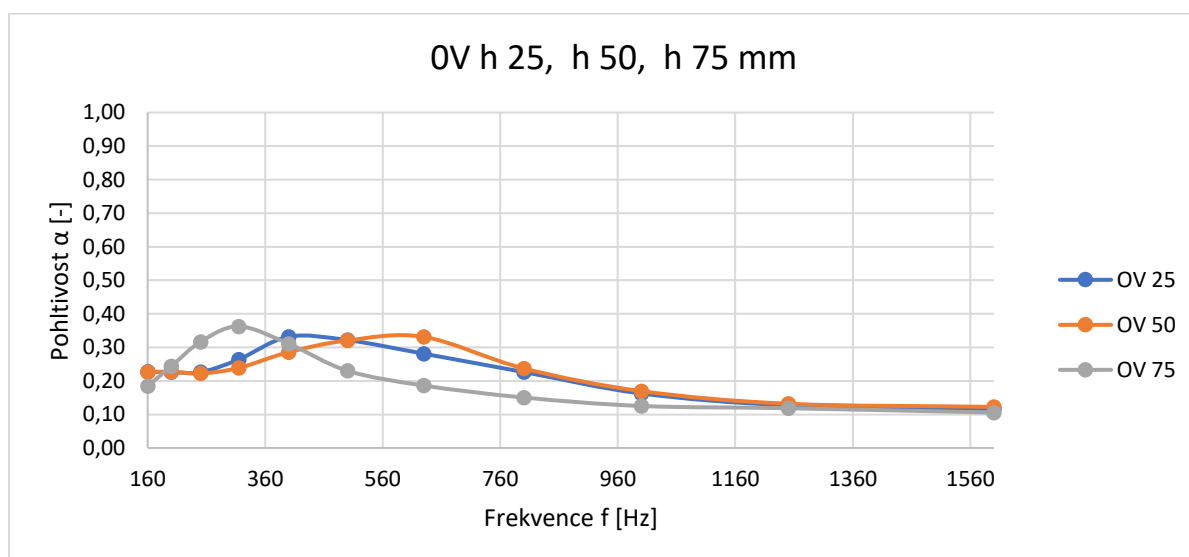
Graf 19: α [-], vzorek MV

Z grafu č. 20 je možno vyčíst, že vzorek NV u všech měřených tloušťek nedosáhl hodnot akustické pohltivosti nad 0,42. Tato nejvyšší hodnota byla dosažena na f 400 Hz u tloušťky vzorku 75 mm. Hodnoty se u této tloušťky pohybují ve frekvencích 160–500 Hz mezi α 0,37 až 0,27. U tloušťky vzorku 25 a 50 mm dosahuje nejvyšší pohltivosti 0,34 na f 400 Hz.



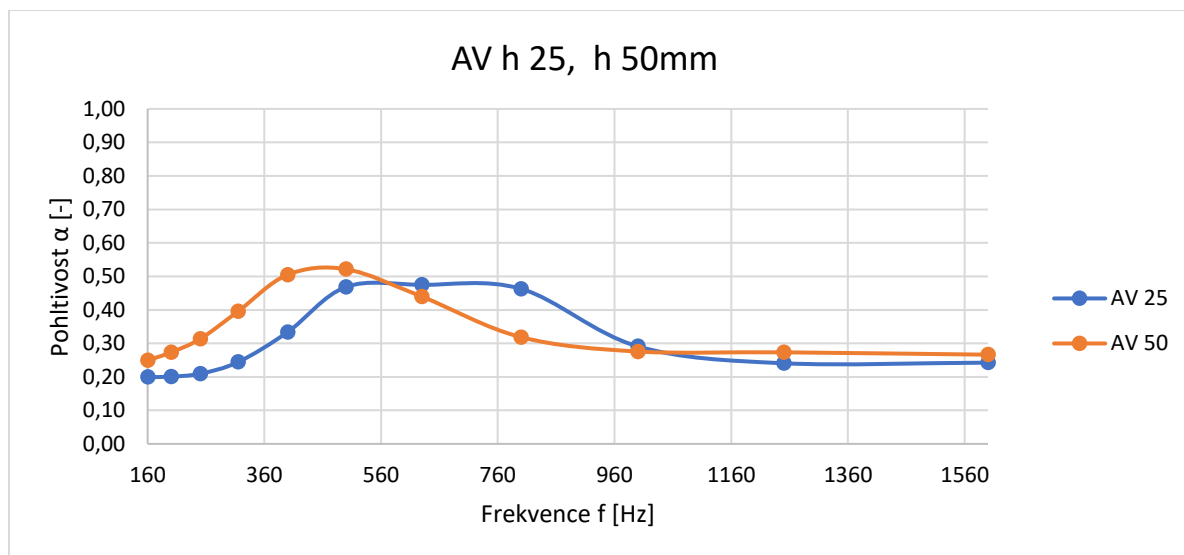
Graf 20: α [-], vzorek NV

Výsledky měření vzorku OV, graf č. 21 nám ukazují, že u všech měřených tloušťek se nedosáhlo příliš vysokých hodnot akustické pohltivosti. Nejvyšších hodnot se dosáhlo u tloušťky 75 mm u frekvencí 250–400 Hz. Nejvyšší naměřená pohltivost dosahuje hodnoty 0,36.



Graf 21: α [-], vzorek OV

Z grafu č.22 vzorku AV můžeme porovnat dvě tloušťky vzorku. Tlustší vzorek má vyšší pohltivost v nižších frekvencích, v rozmezí 300-630 Hz, kde dosahuje hodnot α 0,40- 0,52. Tenčí vzorek dosahuje vyšších hodnot v rozmezí frekvencí 400-1000 Hz při rozmezí α 0,30 - 0,47.



Graf 22: α [-], vzorek AV

Výsledky z pohledu pohltivosti po jednotlivých frekvencích pro všechny tloušťky u jednotlivých vzorků máme znázorněny v grafech č. 14–22. Z grafů je vidět, že nejlépe vyšly vzorky EV, FV a GV pro h 25 mm. Vzorky AV a 7.1V pro h 50 a pro h 75 vzorky 7.1V, EV, GV a DV. Naopak u vzorků NV, graf č. 20 a OV, graf č. 21, je vidět, že hodnoty u všech tlouštěk vycházejí nízké. Z křivek v grafu č. 18 je patrné, že největší akustickou pohltivost má vypěněný geopolymer 7.1V s konopným pazdeřím, keramzitem, šamotem a korálkem, nejhorší pak geopolymerní kompozit OV s konopným pazdeřím, ale vyšším procentem mikrosféry a korkem, obrázek č.21.

4.5.2 Vzorky s plnivem z firmy Ciur a.s.

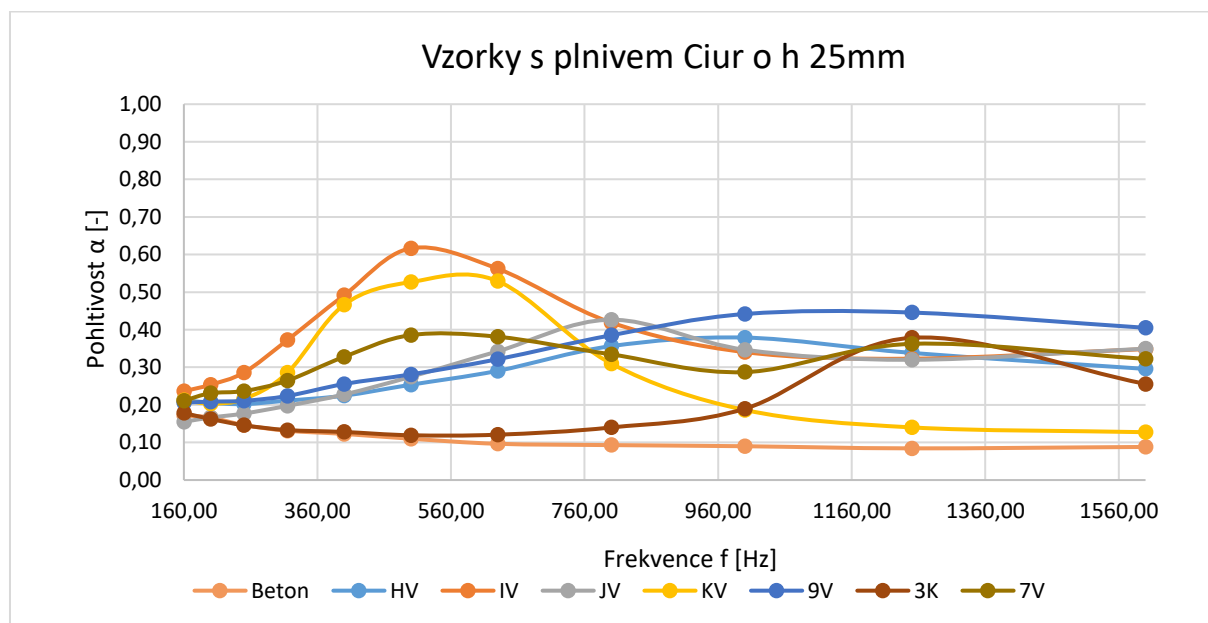
V této skupině jsou zařazeny vzorky, které obsahují plniva firmy Ciur a.s. a mají provedeno měření pohltivosti alespoň na dvou tloušťkách vzorku. Tyto vzorky jsou popsány v kapitole 3.1.12. Přehled jednotlivých složení vzorků ve skupině je uveden v tabulce č. 127. Tabulky výsledných hodnot z měření je k nahlédnutí v příloze.

Tabulka 127: Přehled složení vzorků s plnivem z firmy Ciur a. s.

Vzorek	Cement Lk	Aktivátor	Písek	Mikrosférka	Ciur	Korek	Hliník
HV	1000 g	900 g	200 g	300 g	40 g F2550N	x	10 g
IV	1000 g	900 g	200 g	100 g	40 g F2550N	50 g	10 g
JV	1000 g	900 g	500 g	x	40 g F2550N	x	10 g
KV	1000 g	900 g	x	500 g	40 g F2550N	x	10 g
3 K	1000 g	900 g	x	100 g	80 g Grey H55	x	x
7 V	1000 g	900 g	x	100 g	30 g F500	x	10 g
8 K	1000 g	900 g	x	100 g	30 g F500	x	x
9 V	1000 g	900 g	x	100 g	30 g F2550N	x	10 g

Naměřené hodnoty pro různé tloušťky materiálu jsou zobrazeny v následujících grafech. Naměřená data jsou uvedena v příloze. První skupina grafů ukazuje průběh jednotlivých frekvencí u všech vzorků měřených pro jednu tloušťku vzorků s plnivem z firmy Ciur a.s.

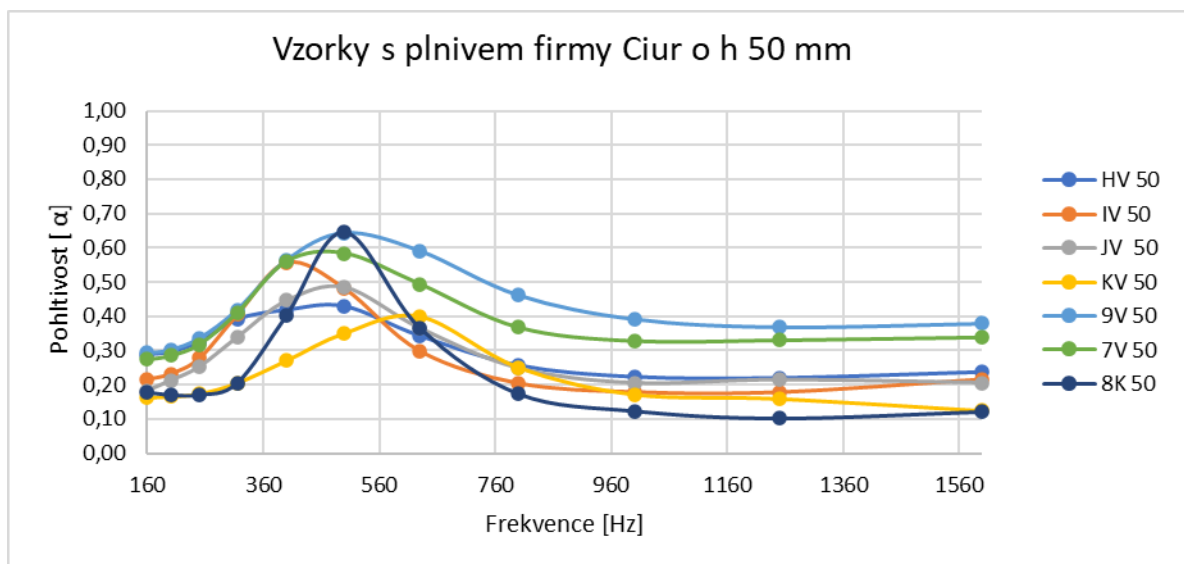
Z výsledků vyplývá, že pro výšku vzorků h 25 mm plnivem Ciur, v souhrnném grafu č.23, vychází nejlépe frekvence 400 až 1000 Hz. Nejlépe zde vyšel vzorek IV s hodnotou pohltivosti 0,62 u frekvence 500 Hz a KV s α 0,53 u f 500–630 Hz. Vzorek 9V vychází dobře ve vyšších frekvencích od 800 do 1600 Hz (na 1250 Hz je α 0,45). Naopak u vzorku 3K vychází až do frekvence 1000 Hz nejvyšší α 0,19 a až poté začne hodnota stoupat na 0,38.



Graf 23: α [-] pro vzorky h 25 mm

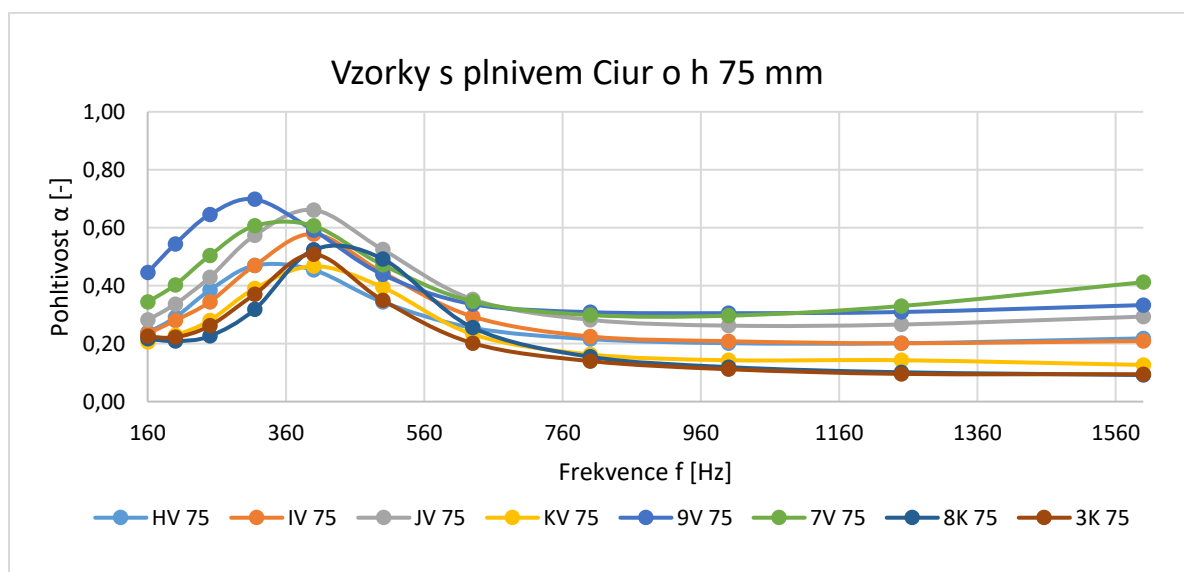
Průběhy frekvencí pro tloušťku 50 mm jsou znázorněny v grafu č.24. Zde vyšly nejlepší hodnoty u nízkých frekvencí, a to v rozmezí 300 až 800 Hz. Nejvyšších hodnot dosáhl vzorek 8K α 0,65) a 9V (α 0,64) na frekvenci 500 Hz. Nejnížší pohltivost vychází u vzorku KV a HV, kdy se ale dostal vzorek KV na α 0,40 (630 Hz) a HV na α 0,43 (500 Hz). Nejlépe dopadl vzorek 9V,

kdy má hodnoty α nad 0,40 u pěti frekvencí ve středním pásmu. Nejlépe dopadl u f 500 Hz. Dále velmi pěkně vychází vzorek 7V, který má hodnotu α nad 0,40 u 4 frekvencí. Nejvyšší hodnoty dosáhl u na 500 Hz s α 0,58. Nad α 0,40 se dostal i vzorek IV s hodnotami α 0,56 u f 400 Hz a α 0,41 u f 315 Hz.



Graf 24: α [-] pro vzorky h 50 mm

Průběhy frekvencí pro tloušťku 75 mm jsou znázorněny v grafu č.25. Zde vyšly také nejlepší hodnoty u nízkých frekvencí, a to v rozmezí 200 až 630 Hz. Nejvyšších hodnot α 0,70 dosáhl vzorek 9V na f 315 Hz. Vyniká však u dalších pěti frekvencí s hodnotami akustické pohltivosti nad 0,44. Vzorek 9V ani 7V se nedostal pod hladinu α 0,30 u žádné z jedenácti sledovaných frekvencí. Vzorek JV dosáhl na frekvenci 400 Hz pohltivost 0,66. Nejnižší pohltivost vychází u vzorku KV, kdy ale má na f 630 Hz α 0,40.



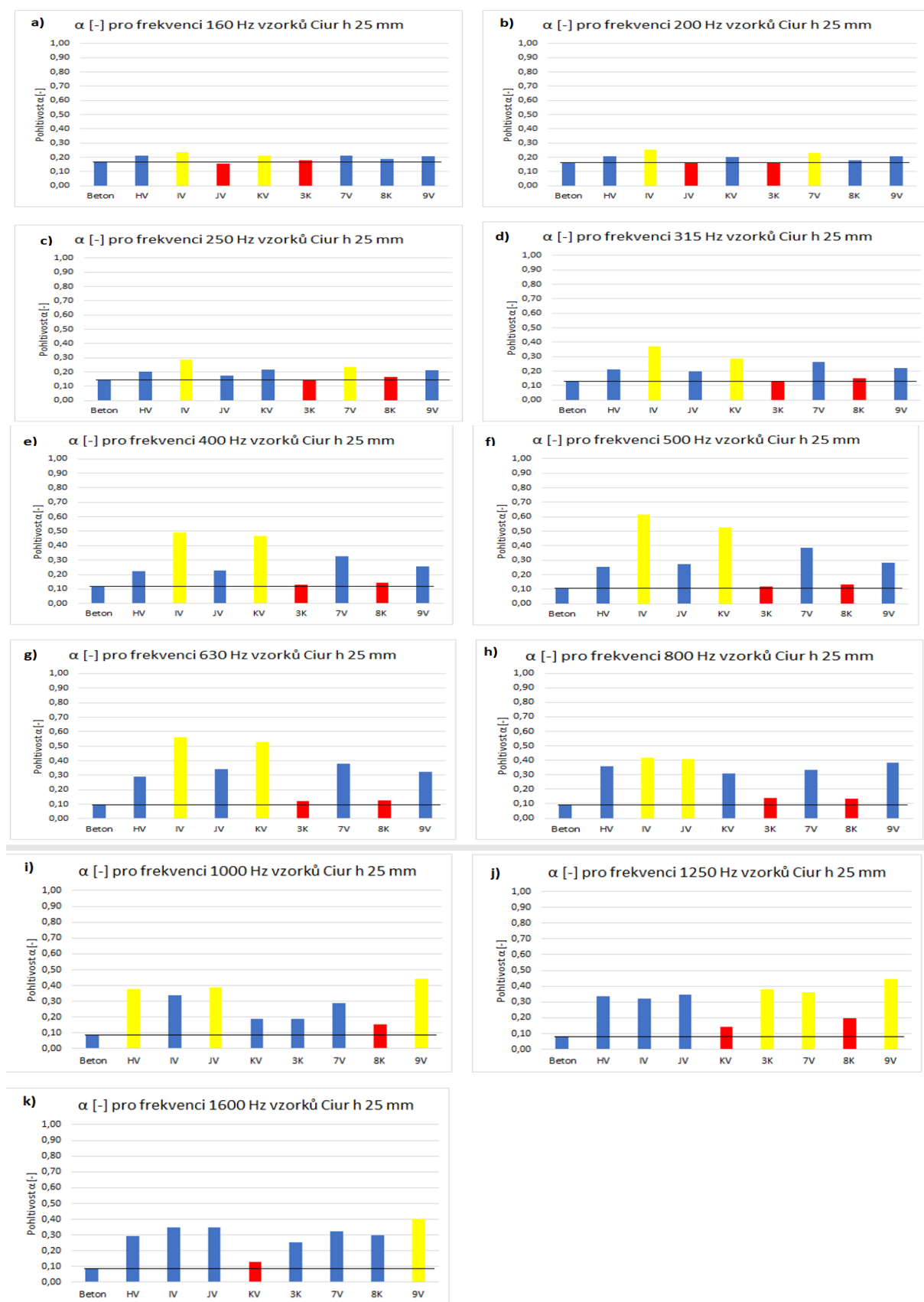
Graf 25: α [-] pro vzorky h 75 mm

V následujících grafech jsou znázorněny výsledky vzorků po jednotlivých frekvencích. V každém grafu jsou zvýrazněny žlutě vzorky, které vyšly pro tu danou frekvenci s nejvyšší hodnotou pohltivosti. Červeně jsou označeny vzorky, kterým vyšla měření pohltivosti pro danou frekvenci nejhorší.

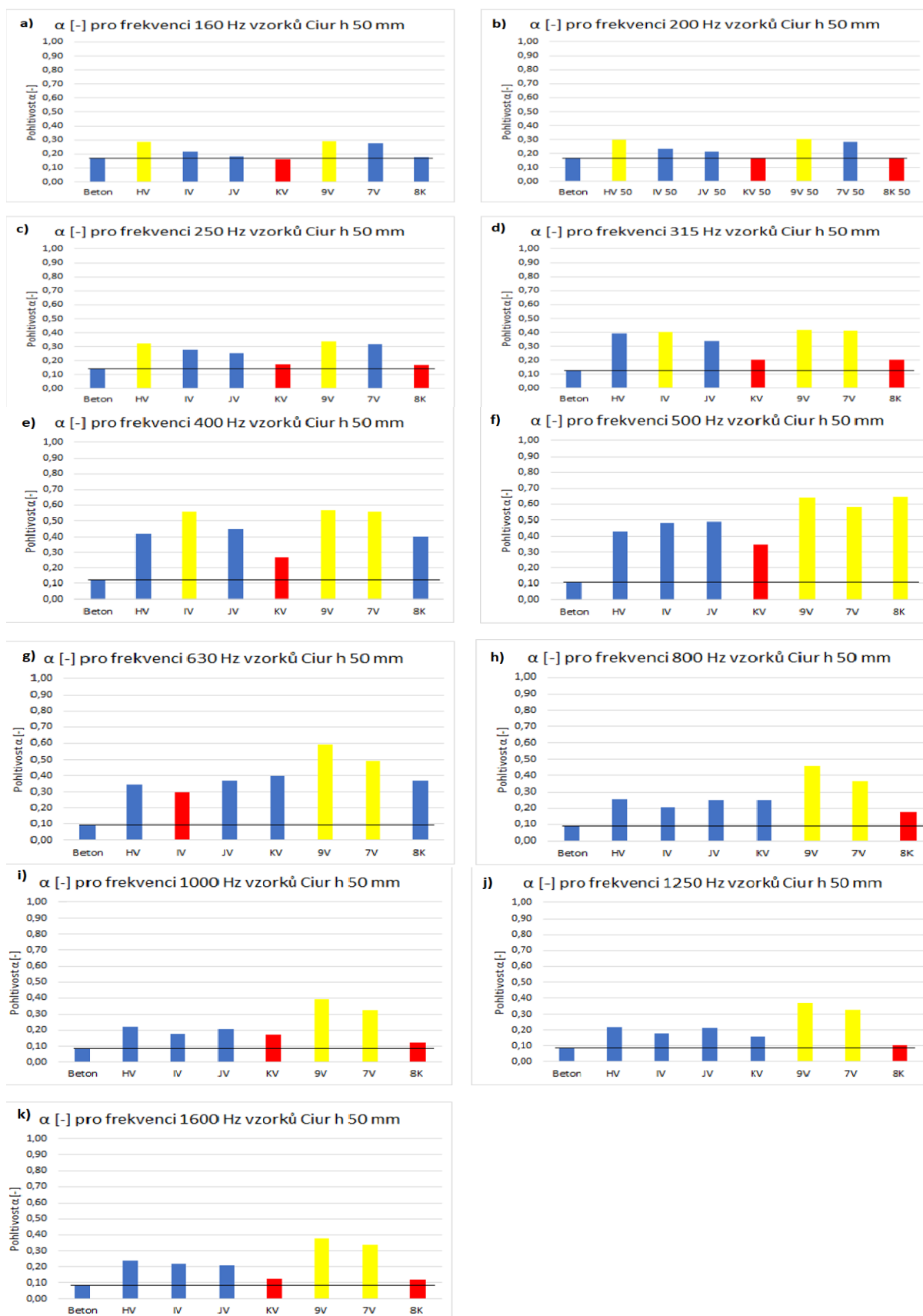
V první sérii výsledků, graf č. 26, jsou znázorněny naměřené pohltivosti po jednotlivých frekvencích pro tloušťku vzorků h 25 mm. Z jednotlivých grafů lze vyčíst, že pro h 25 mm nejlépe vyšly frekvence g) 630 Hz, následována frekvencí f) 500 Hz. Na snímku g) je nejvyšší pohltivost dosažena u vzorků IV (0,56) a KV (0,53) následováno vzorky 7V, JV a 9V, které mají hodnoty α mezi 0,32 - 0,38. Na snímku f) dosahuje nejvyšší hodnoty pohltivosti vzorek IV (0,62) a KV (0,53) následován vzorkem 7V (0,39). Špatně nevychází ani frekvence e) 400 Hz, kde vzorky IV a KV dosahují hodnoty α nad 0,45. U frekvencí j) 1250 Hz a k) 1600 Hz je více jak polovina vzorků hodnotou α v rozmezí mezi 0,30 – 0,45. Nejhuře dopadly nízké frekvence 160–250 Hz, kde se pohybují naměřené hodnoty vzorků výsledkům pohltivosti betonu.

Pro frekvence naměřené u tloušťky vzorků 50 mm, graf č. 27, vychází nejlépe střední frekvence od 315 Hz do 630 Hz. Nejvyšších hodnot se dosahuje na snímku f) 500 Hz. Zde má nejhorší výsledek KV (0,35). Ostatní vzorky mají hodnoty α mezi 0,043- 0,65. Výsledky na nízkých frekvencích 160–250 Hz jsou sice vyšší než u plniv tloušťky 25 mm, ale také zanedbatelné. Celkově zde vychází nejlépe vzorek 9V a to u všech frekvencí, následován vzorkem 7V, který vychází nejlépe u středních frekvencí 315- 700 Hz s hodnotami α v rozmezí 0,41- 0,58. Nejhuře zde dopadl vzorek KV, který mimo frekvence e) (0,35) a f) (α 0,40), nepřesáhl hodnotu α 0,27.

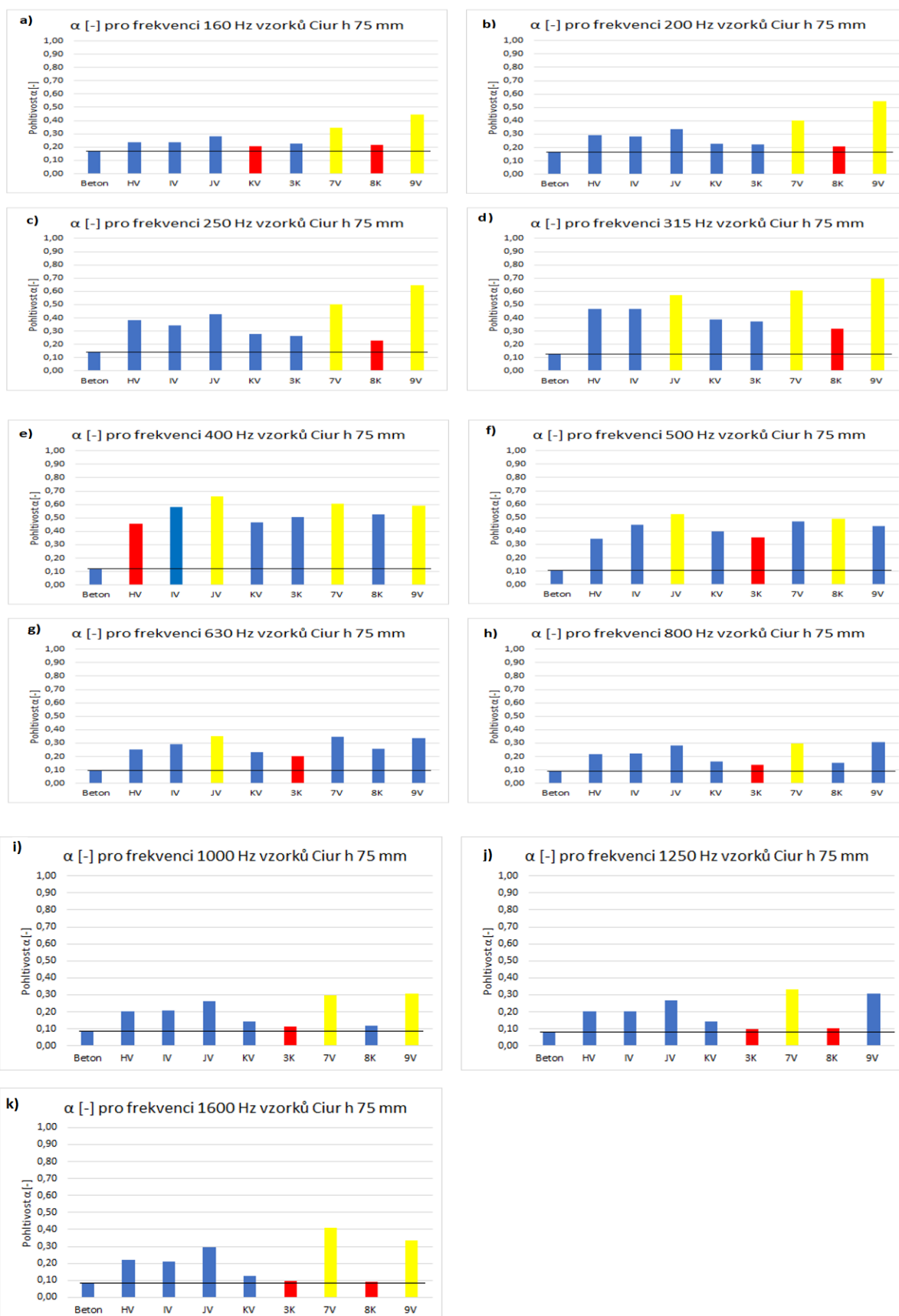
Ve třetí sérii výsledků a) – k), graf č. 28, jsou znázorněny naměřené pohltivosti po jednotlivých frekvencích pro tloušťku vzorků 75 mm. Z jednotlivých grafů lze vyčíst, že pro h 75 mm nejlépe vyšly frekvence c) 250 – f) 500 Hz. Úplně nejvyšších hodnot ze všech vzorků bylo dosaženo u frekvence e) 400 Hz, kde u vzorku HV je nejnižší pohltivost a to 0,45 což je skvělý výsledek. Nižší hodnotu na této frekvenci, než je pohltivost 0,50, má již jen vzorek KV s α 0,47. Nejvyšší hodnoty α (0,66) dosáhl vzorek JV. U frekvence d) 315 Hz bylo zase dosaženo u vzorku 9V nejvyšší hodnoty z měření této skupiny vzorků a to α 0,70. Na této frekvenci má vysokou hodnotu α 0,61 i vzorek 7V, třetí v pořadí je JV s α 0,57. Nejnižší pohltivost 0,32 má na této frekvenci vzorek 8K. Nejhorší výsledky dopadly u této tloušťky vzorků na vyšších frekvencích a to se začínajícím poklesem od frekvence g) 630 Hz.



Graf 26: Vzorky Ciur h 25 mm a) 160 Hz, b) 200 Hz, c) 250 Hz, d) 315 Hz, e) 400 Hz, f) 500 Hz, g) 630 Hz, h) 800 Hz, i) 1000 Hz, j) 1250 Hz, j) 1600 Hz

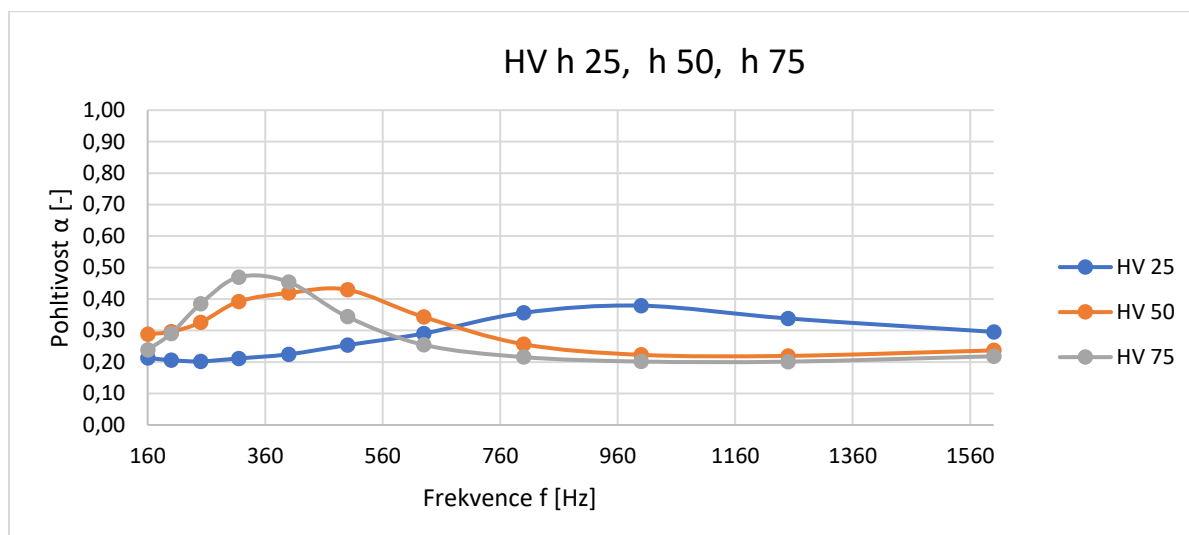


Graf 27: Vzorky Ciur h 50 mm a) 160 Hz, b) 200 Hz, c) 250 Hz, d) 315 Hz, e) 400 Hz, f) 500 Hz, g) 630 Hz, h) 800 Hz, i) 1000 Hz, j) 1250 Hz, j) 1600 Hz



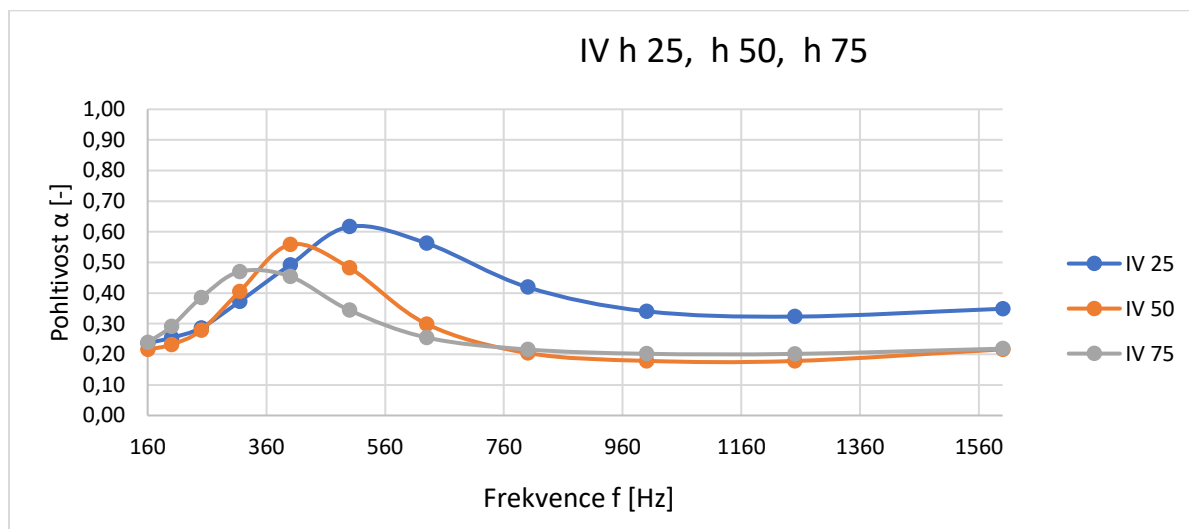
Graf 28: Vzorky Ciur h 75 mm a) 160 Hz, b) 200 Hz, c) 250 Hz, d) 315 Hz, e) 400 Hz, f) 500 Hz, g) 630 Hz, h) 800 Hz, i) 1000 Hz, j) 1250 Hz, j) 1600 Hz

Na grafu č.29 nejlepších hodnot dociluje vzorek HV o tloušťce 75 mm, který má nejrychlejší nástup pohltivosti až α 0,50 při frekvenci 220 až 400 Hz. Pozdější nástup pohltivosti vykazuje vzorek HV 50, který dosáhne α 0,45 v rozmezí frekvencí 360 až 560 Hz. Vzorek HV tloušťky 25 mm nabývá dobrých hodnot pohltivosti až v okamžiku, kdy předešlé vzorky svoje nejvyšší hodnoty ztrácejí, což je kolem frekvence 600 Hz. Zde u vzorku HV o h 25 mm začíná nástup hodnot pohltivosti a dosahuje hodnot α 0,40. Tyto hodnoty začínají klesat po překročení frekvence 1000 Hz.



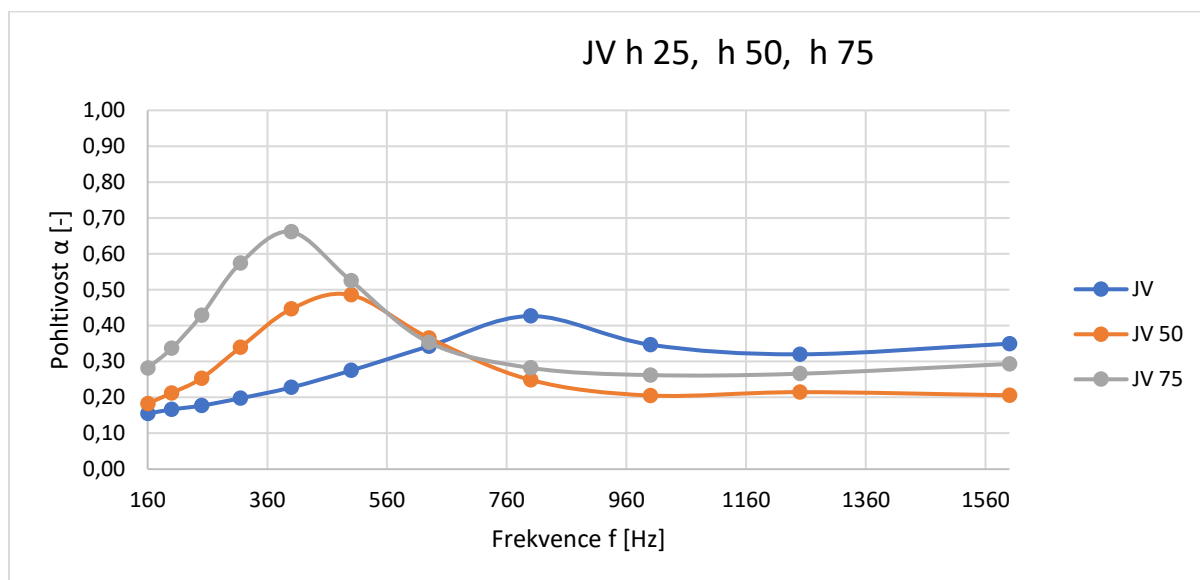
Graf 29: α [-] pro vzorek HV

Z uvedeného grafu č.30 vidíme, že nejvyšší vzorek nemá nejlepší výsledky v pohltivosti, ale je ze všech tří vlastně nejhorší. Nejlepších hodnot dosahuje nejnižší vzorek IV 25. Ten při frekvenci 400 až 600 Hz dosahuje hodnoty α 0,62, a při hodnotě 760 až 1560 Hz vykazuje hodnotu pohltivosti α 0,35.



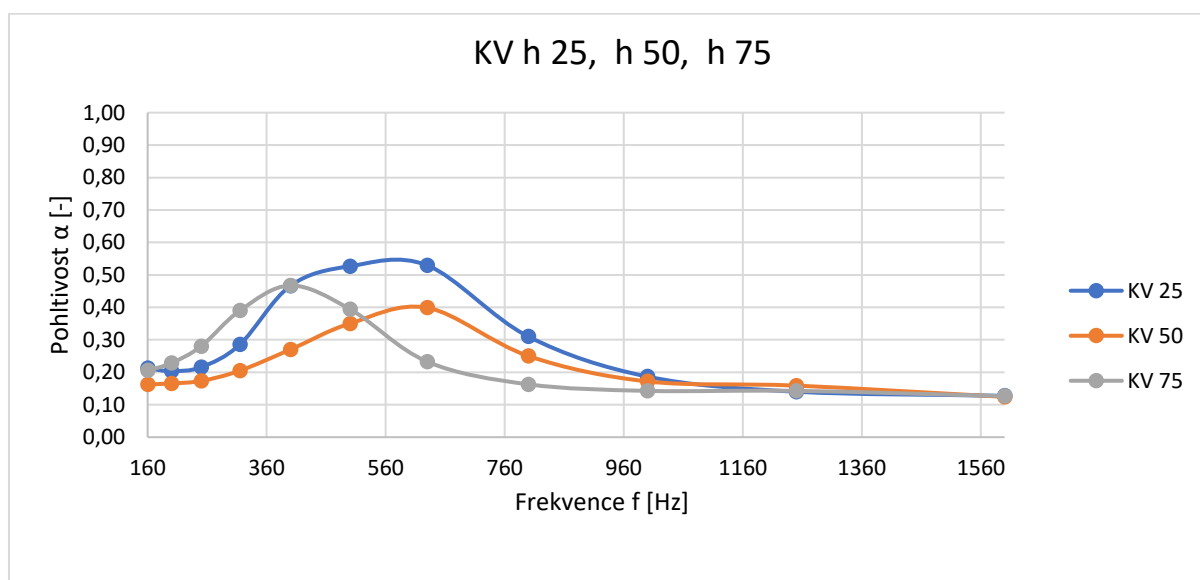
Graf 30: α [-] pro vzorek IV

Na tomto grafu č.31 nejlepších hodnot dosahuje vzorek JV při tloušťce 75 mm. Při frekvenci 400 Hz dosahuje pohltivosti α 0,68. Nejnižších hodnot dosahuje vzorek JV 50 mezi frekvencemi 800–1600 Hz, kdy dosahuje pohltivosti α 0,20. Při frekvenci 400 Hz ale dosahuje pohltivosti α 0,50.



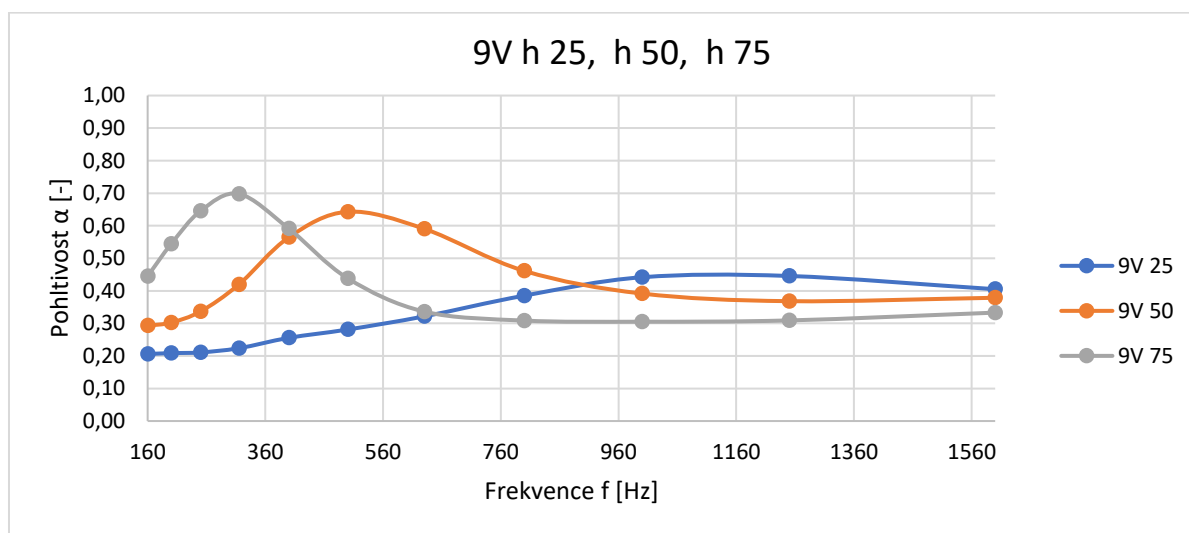
Graf 31: α [-] pro vzorek JV

Z grafu č. 32 vyplývá, že nejlepší výsledky dosahuje vzorek KV u tloušťky 25 mm mezi frekvencemi 380 až 700 Hz, kdy α dosahuje hodnoty 0,53. Nejnižších hodnot dosahuje vzorek KV na všech u tloušťkách na frekvencích 1000–1600 Hz.



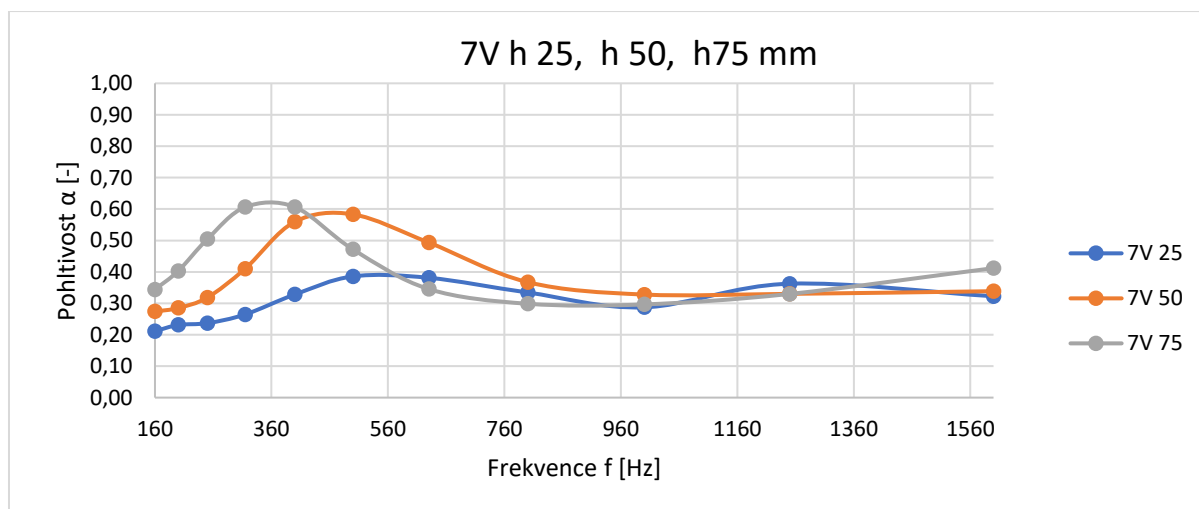
Graf 32: α [-] pro vzorek KV

Graf č. 33 nám říká, že nejvyšších hodnot pohltivosti dosáhl vzorek 9V u tloušťky 75 mm, při frekvenci 315 Hz (α 0,70). U této tloušťky vykazuje vyšší hodnoty α do 500 Hz, ale i tak neklesne pod pohltivost pod 0,31. Nejhorších výsledků dosáhl vzorek pro h 25 mm. Zde hodnoty začínají narůstat až nad α 0,30 od frekvence 630 Hz. Nejvyšší hodnot (α 0,45) zde dosáhl u 1250 Hz. U tloušťky 50 mm dosahuje vzorek hodnot nad 0,30 ve všech frekvenčních pásmech. Nejvyšší hodnoty (α 0,64) bylo dosaženo u 500 Hz.



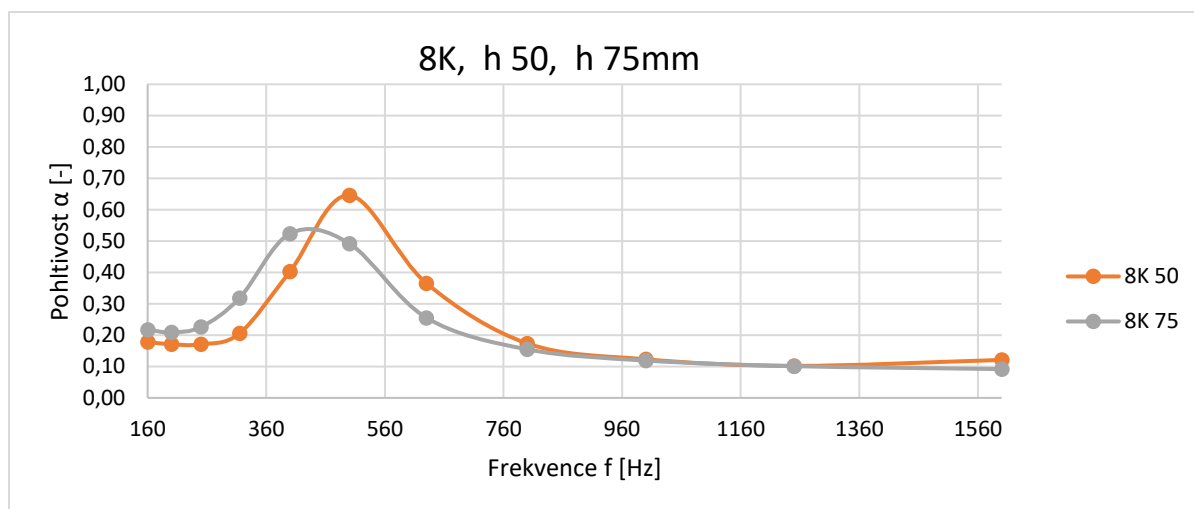
Graf 33: α [-] pro vzorek 9V

Na grafu č. 34 vidíme, že nejvyšších hodnot dosáhl vzorek 7V u tloušťky 75 mm. Při frekvenci 360 Hz dosáhl pohltivosti α 0,61. Podobných hodnot pohltivosti, ale při frekvenci 400 Hz dosáhl i vzorek u tloušťky 50 mm. Při vyšších frekvencích se jejich hodnoty pohltivosti snižují na hodnotu pohltivosti α 0,40. Vzorek vykazuje nejhorší výsledky u tloušťky 25 mm.



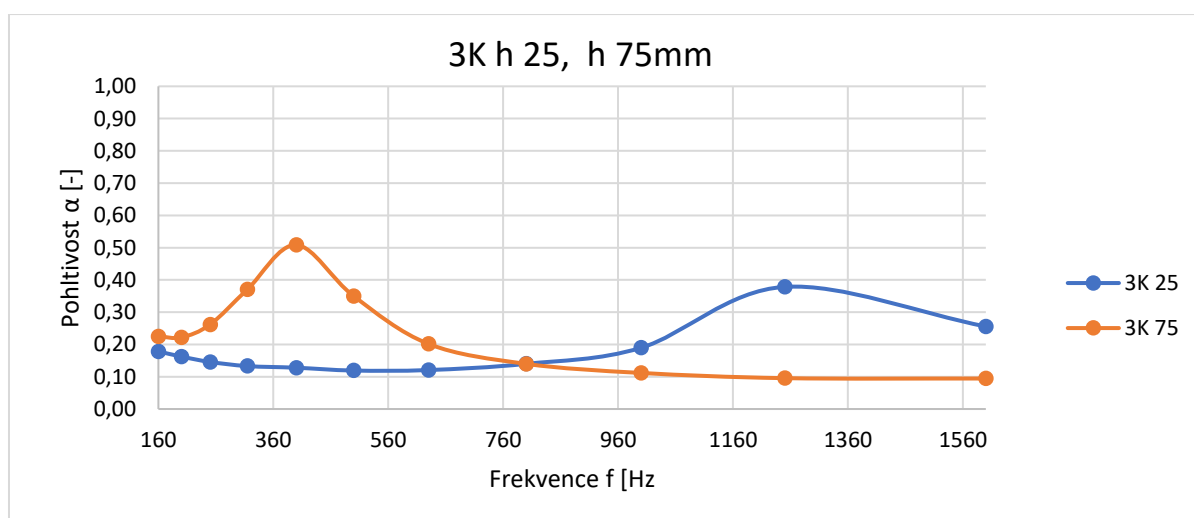
Graf 34: α [-] pro vzorek 7V

A grafu č.35 nejlépe vychází v pohltivosti vzorek 8K o tloušťce 50 mm při frekvenci 500 Hz. Dosahuje hodnoty pohltivosti α 0,65. Při zvyšující se frekvenci jeho schopnost pohltivosti klesá na hodnotu 0,10, zhruba hodnota betonu. Vzorek 8K u tloušťky 75 mm má o něco rychlejší nástup pohltivosti a vrcholu α 0,52 dosáhne při frekvenci 400 Hz, ale potom jeho pohltivost klesá na srovnatelnou hodnotu se vzorkem předešlým.



Graf 35: α [-] pro vzorek 8V

Graf č. 36 nám ukazuje, že nejvyšší hodnotu pohltivosti α 0,51 dosáhne při frekvenci 400 Hz, tloušťky vzorku 75 mm a potom jeho schopnost pohltivosti klesá při zvyšující se frekvenci na hodnotu α 0,10. Naopak vzorek 3K h 25 mm vykazuje nárůst hodnot pohltivosti po dosažení frekvence 800 Hz a nejlepších hodnot docílí při frekvenci 1200 Hz (α 0,38) a teprve potom se jeho pohltivost mírně snižuje.



Graf 36: α [-] pro vzorek 3K

4.5.3 Vzorky s plnivem vláken lnu

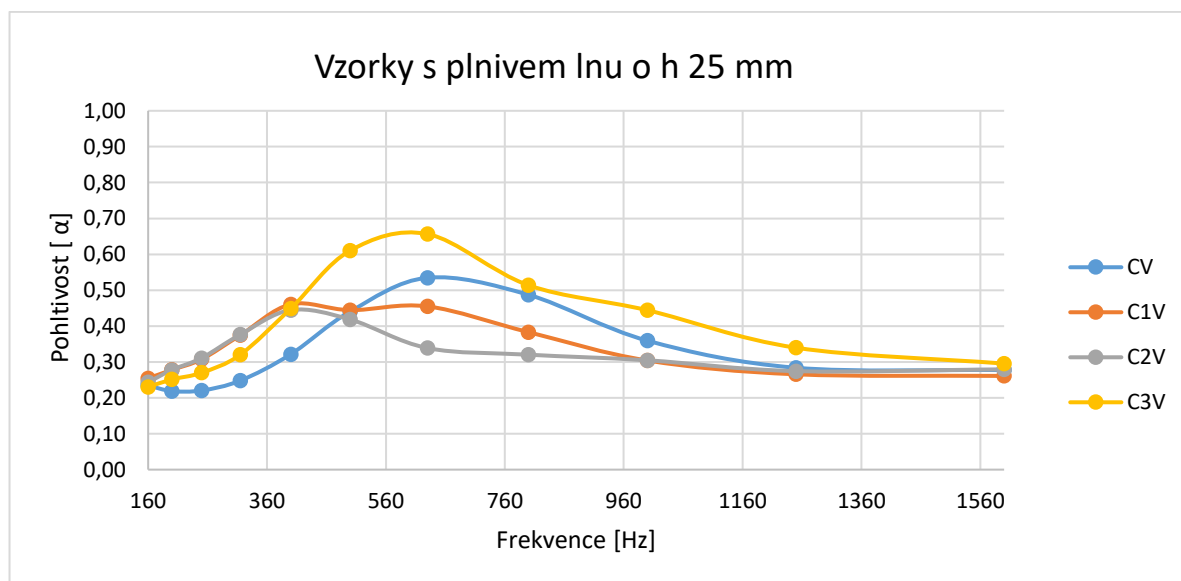
Do této skupiny byly zařazeny vzorky, u kterých je jako plnivo zvoleno lněné vlákno. Přehled jednotlivých složení vzorků ve skupině je uveden v tabulce č. 128. Zde bylo u vzorků CV, C1V a C2V dáno stejné množství mikrosférky, při různých poměrech vláken lnu. U vzorku C3V byla na možnost porovnání ve stejném poměru změněna mikrosférka za šamot.

Tabulka 128: Přehled složení vzorků s plnivem len

Vzorek	Cement L _k	Aktivátor	Mikrosférka	Šamot	Len	Kočkolit	Hliník
CV	1000 g	900 g	100 g	x	50 g	50 g	10 g
C1V	1000 g	900 g	100 g	x	100 g	x	10 g
C2V	1000 g	900 g	100 g	x	60 g	100 g	10 g
C3V	1000 g	900 g	x	100 g	100 g	x	10 g

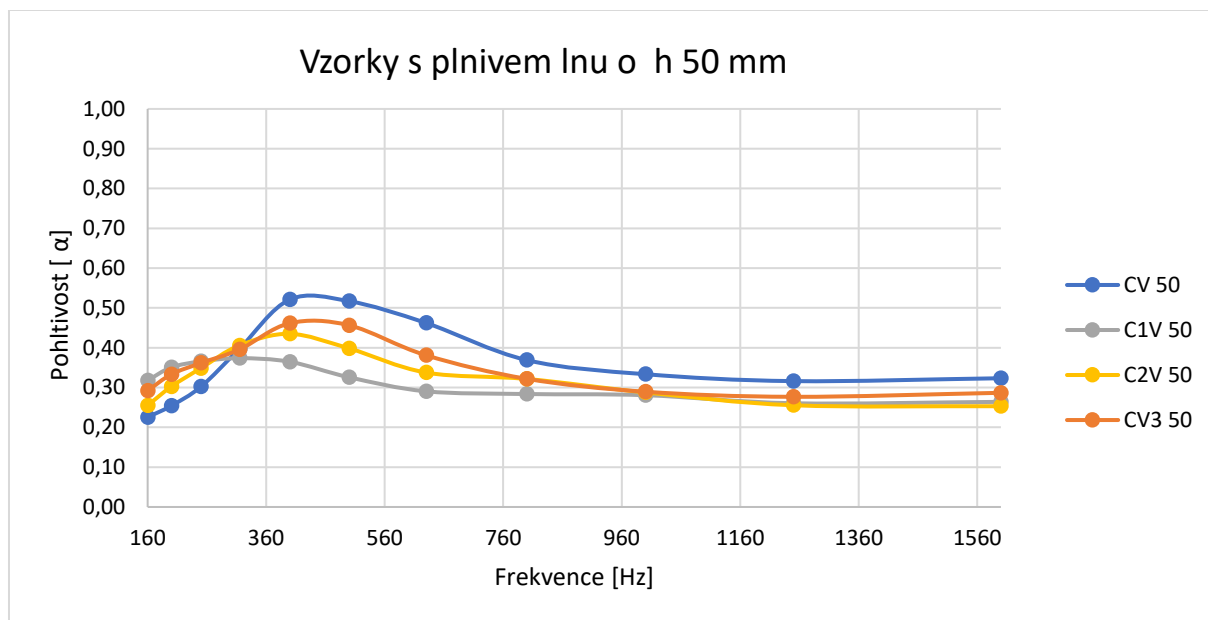
Naměřené hodnoty pro různé tloušťky materiálu jsou vyobrazeny v následujících grafech. Naměřená data jsou uvedena v příloze. První skupina grafů ukazuje průběh jednotlivých frekvencí u všech vzorků měřených pro jednu tloušťku všech vzorků s plnivem lněné vlákno.

Průběhy frekvencí pro tloušťku vzorků 25 mm jsou znázorněny na grafu č.33. Zde vychází nejlépe hodnoty u vzorku C3V při frekvenci 500 až 630 Hz. Hodnoty nad α 0,50 m vychází i u vzorku CV na frekvenci 630 Hz. Nejhorší při této frekvenci vychází vzorek C2V. V porovnání všech tlouštěk, vyšla u těchto vzorků h 25 mm nejlépe.



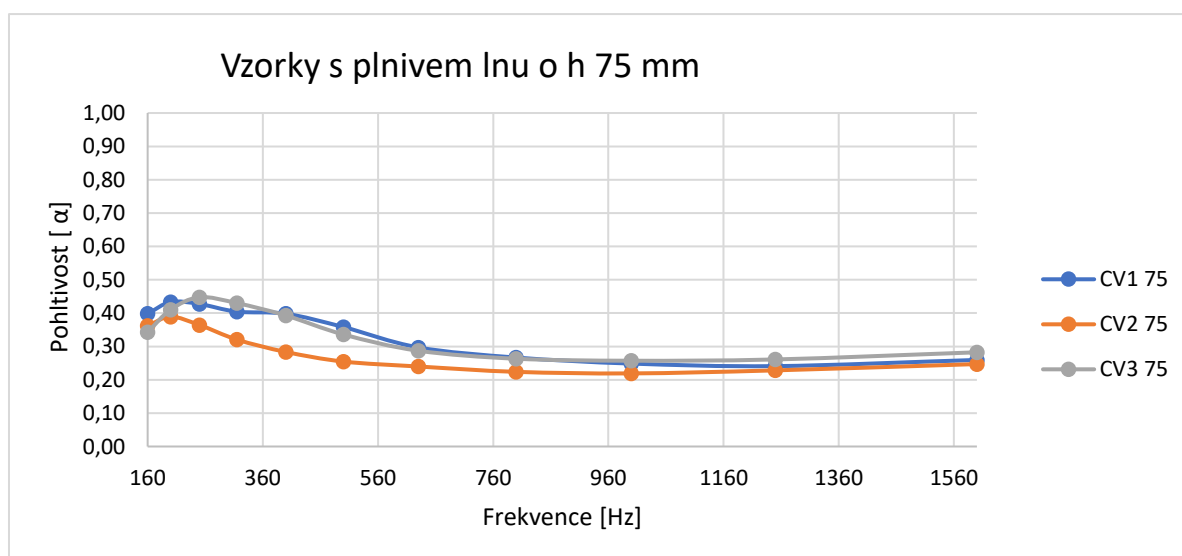
Graf 37: α [-] pro vzorky lnu h 25 mm

Při tloušťce vzorku 50 mm, graf č. 38, vychází nejlépe vzorek CV a to při frekvencích v rozmezí 350 až 600 Hz. Nejvýše dosažené hodnoty pohltivosti 0,52, jsou také u vzorku CV na frekvencích 400 a 500 Hz. Nejhuře při těchto frekvencích vychází vzorek C1V. Vzorky dosahují oproti tloušťce 25 mm nižších hodnot a jsou posunuty malinko do nižších frekvencí.



Graf 38: α [-] pro vzorky lnu, h 50 mm

U vzorků o tloušťce 75 mm, graf č. 39, vycházejí nejlépe vzorky CV1 a CV3 při frekvenci 160 až 360 Hz. Oba vzorky mají výsledky v pohltivosti při této frekvenci takřka totožné. Vzorek CV2 má při frekvenci 200 až 420 hodnoty pohltivosti horší.



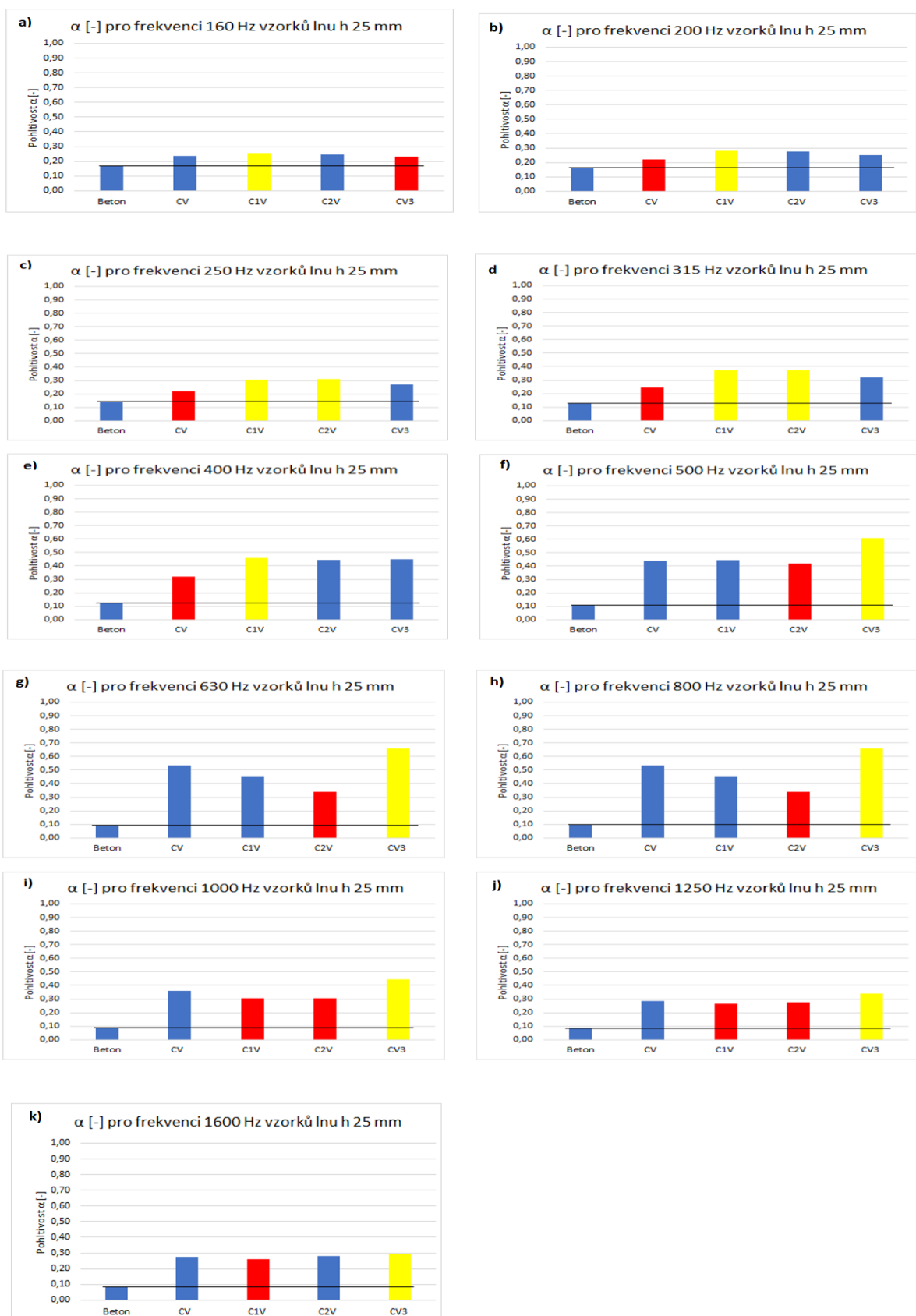
Graf 39: α [-] pro vzorky lnu, h 75 mm

V následujících grafech jsou znázorněny výsledky vzorků po jednotlivých frekvencích. V každém grafu jsou zvýrazněny žlutě vzorky, které vyšly pro tu danou frekvenci s nejvyšší hodnotou pohltivosti. Červeně jsou označeny vzorky, kterým vyšla měření pohltivosti pro danou frekvenci nejhorší. Ve všech třech souborech grafů u jednotlivých frekvencí je uvedena pro porovnání hodnota pohltivosti betonu a je na ní zakreslena černě čára rovnoběžně s osou x.

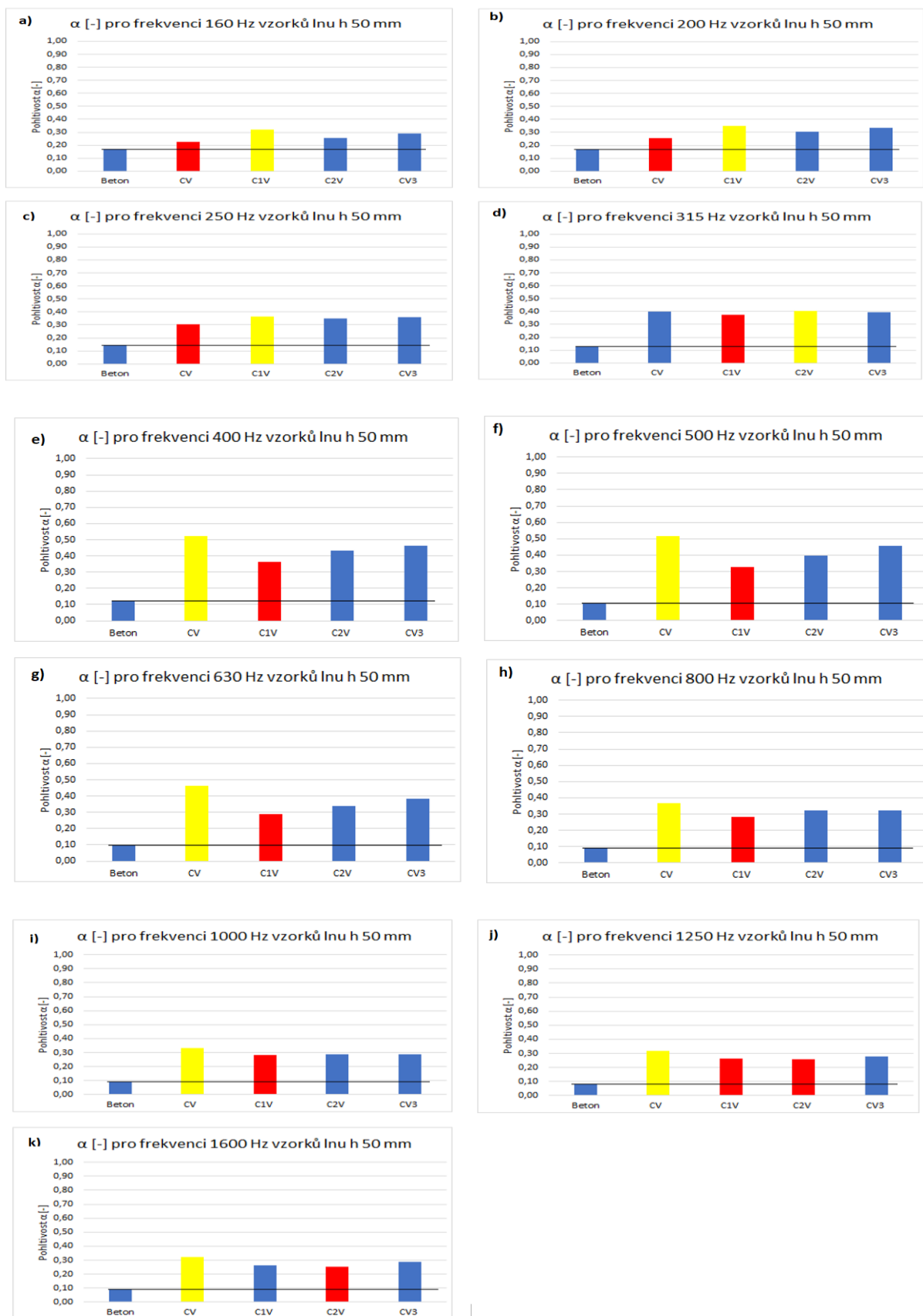
V první sérii výsledků, graf č. 40, jsou znázorněny naměřené pohltivosti po jednotlivých frekvencích pro tloušťku vzorků h 25 mm. Z jednotlivých grafů lze vyčíst, že pro h 25 mm nejlépe vyšly frekvence f) 500 Hz a g) 630 Hz., Pohltivost nad 0,30 byla dosažena u vzorků v rozmezí 315–100 Hz. Nejhuře dopadly v našem rozsahu frekvencí velmi nízké a velmi vysoké. Nejlepší hodnoty dosahuje u jednotlivých frekvencí vzorek CV3, následován hned směsí CV a CV1. Nejvyšší hodnoty pohltivosti dosáhl vzorek CV3 u f 630 Hz (0,66) a f 500 Hz (0,61). Následuje hodnota g) α 0,53 na f 630 Hz u vzorku CV. Vzorek CV1 dosahuje hodnot pohltivosti nad 0,40 u frekvencí e) – g). Vzorek CV2 těchto hodnot dosahuje pouze na frekvencích e) a f).

Pro frekvence naměřené u tloušťky vzorků 50 mm, graf č. 41, vychází nejlépe střední frekvence od 315 Hz do 630 Hz. Nejvyšších hodnot se dosahuje na snímku e) 400 Hz hned následován f) 500 Hz. Zde má nejhorší výsledek C1V (0,36). Ostatní vzorky mají hodnoty α mezi 0,043- 0,52. Výsledky na nízkých a vyšších frekvencích jsou podobné jako u tloušťky vzorků 25 mm. Celkově zde vychází nejlépe vzorek CV a to u sedmi frekvencí, následován vzorkem CV3 a CV2, které mají výsledky měření u jednotlivých frekvencí podobné. Nejhuře zde dopadl vzorek CV1, který nepřesáhl u žádné frekvence hodnotu α 0,37.

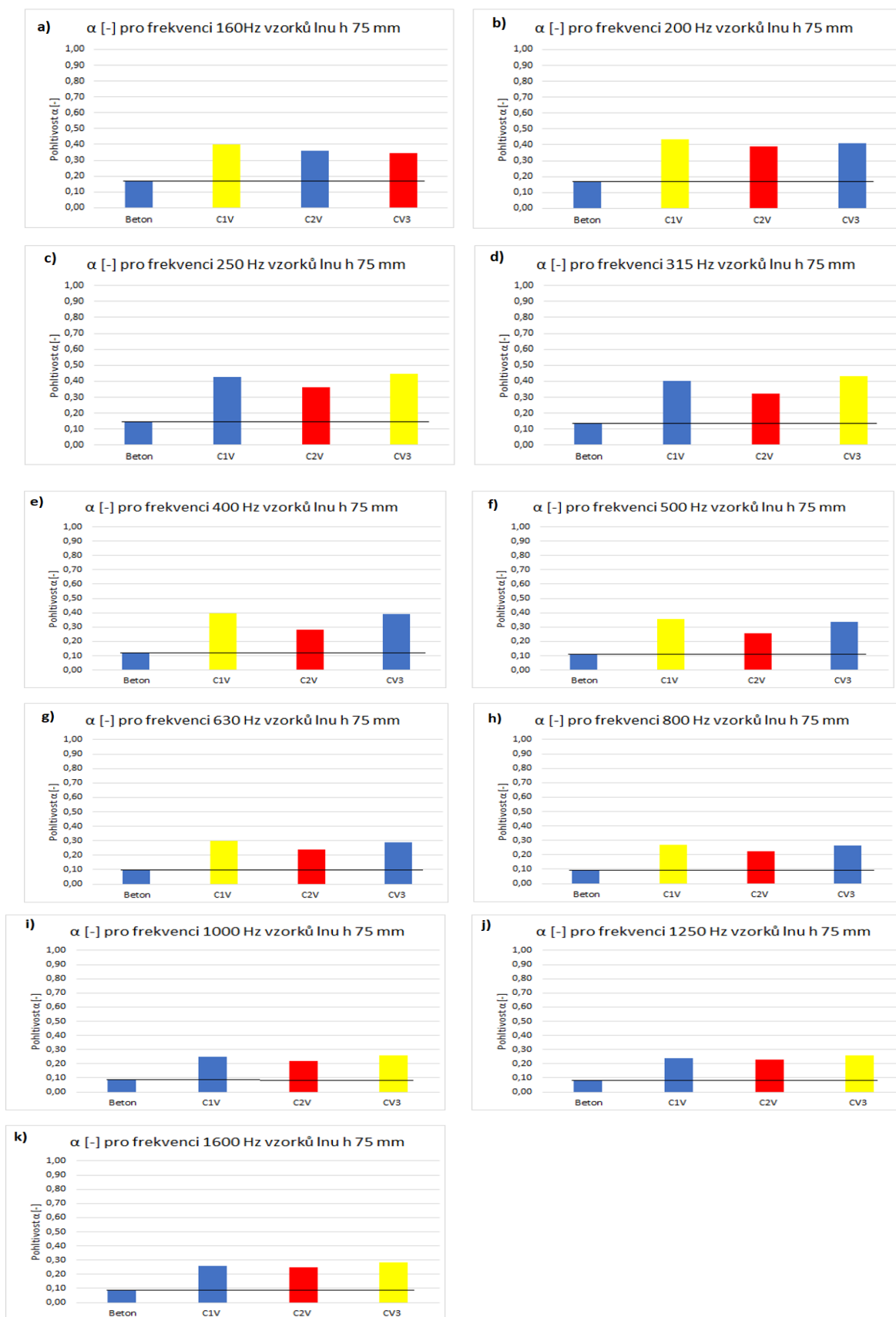
Ve třetí sérii výsledků a) – k), graf č. 42, jsou znázorněny naměřené pohltivosti po jednotlivých frekvencích pro tloušťku vzorků 75 mm. Z jednotlivých grafů lze vyčíst, že pro h 75 mm nejlépe vyšly frekvence a) 160 – e) 400 Hz. Úplně nejvyšších hodnot ze všech vzorků bylo dosaženo u frekvence c) 250 Hz, kde u vzorku CV2 je nejnižší pohltivost a nejvyšší u vzorku CV3 0,45. Nejhuře dopadly vyšší frekvence v rozsahu 800–1600 Hz, kde vzorky nepřesáhly ani α 0,28.



Graf 40: Vzorky lnu h 25 mm a) 160 Hz, b) 200 Hz, c) 250 Hz, d) 315 Hz, e) 400 Hz, f) 500 Hz, g) 630 Hz, h) 800 Hz, i) 1000 Hz, j) 1250 Hz, j) 1600 Hz



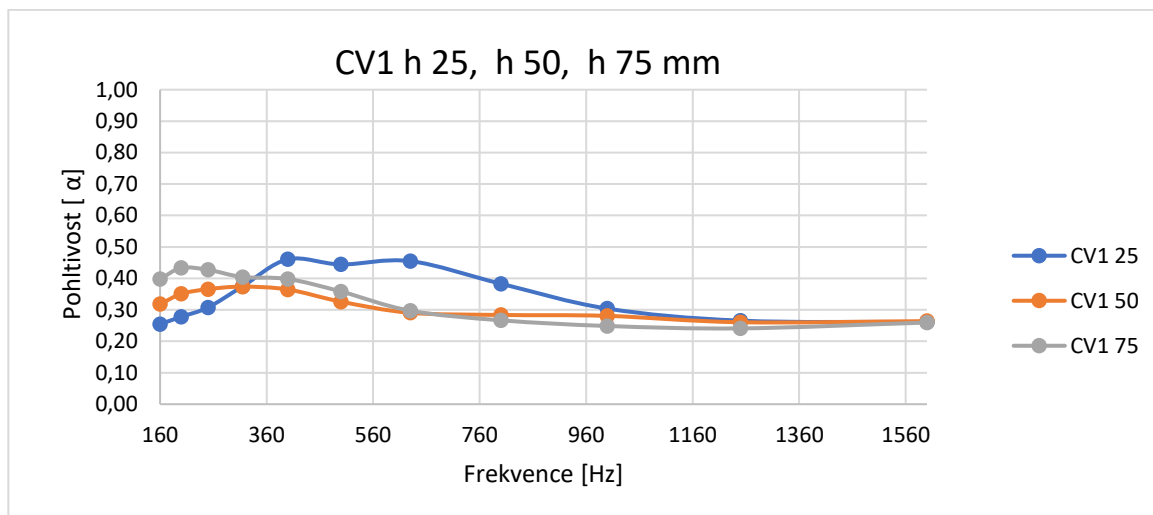
Graf 41: Vzorky lnu h 50 mm a) 160 Hz, b) 200 Hz, c) 250 Hz, d) 315 Hz, e) 400 Hz, f) 500 Hz, g) 630 Hz, h) 800 Hz, i) 1000 Hz, j) 1250 Hz, j) 1600 Hz



Graf 42: Vzorky lnu h 75 mm a) 160 Hz, b) 200 Hz, c) 250 Hz, d) 315 Hz, e) 400 Hz, f) 500 Hz, g) 630 Hz, h) 800 Hz, i) 1000 Hz, j) 1250 Hz, j) 1600 Hz

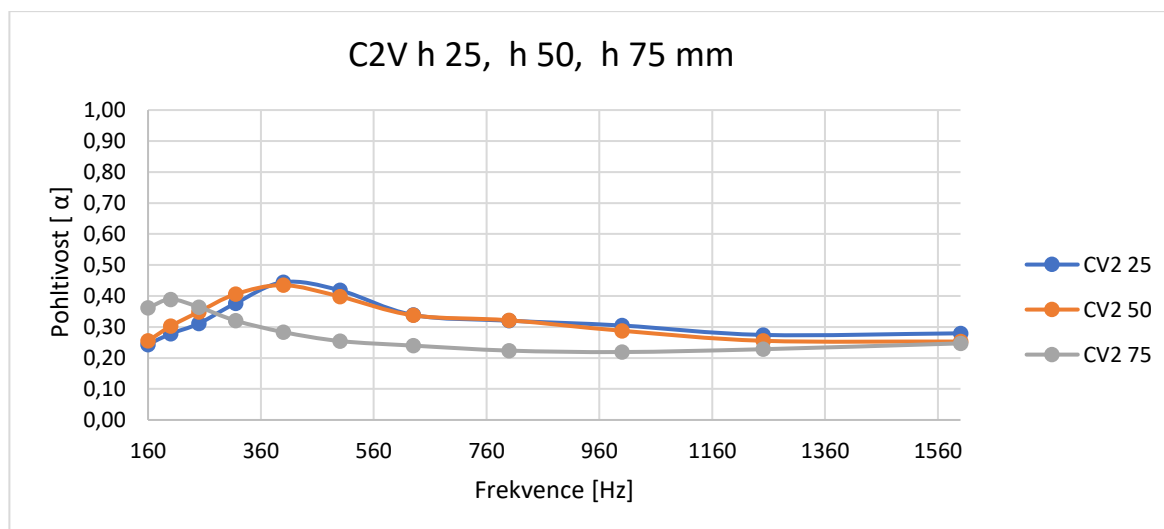
Následující grafy č. 43–46 nám představí naměřenou akustickou pohltivost jednotlivých vzorků vyrobených pro tloušťky 25, 50 a 75 mm.

Graf č. 43 nám u vzorku CV1 ukazuje, že různé tloušťky vzorku stejného složení nevykazují při různých frekvencích stejné rozdíly v pohltivosti dané pouze rozdílnou tloušťkou. Přibližně stejný rozdíl daný tloušťkou vzorku vykazují při vzestupné frekvenci od 150 do 200 Hz. Od 300 Hz se začínají rozdíly v pohltivosti různit a v rozmezí od 350 do 800 Hz vykazuje lepší pohltivost vzorek CV1.



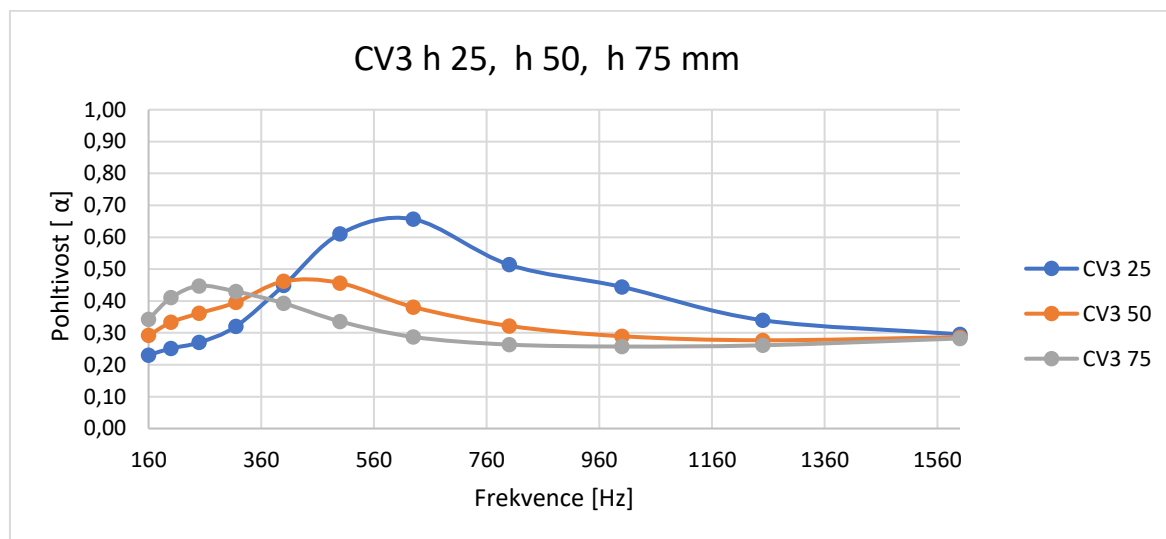
Graf 43: α [-] pro vzorek C1V

Na tomto grafu vidíme, to, že vzorky CV2 tloušťky 25 a 50 mm vykazují přibližně stejné hodnoty v celé škále zaznamenané frekvence od 160 do 1560 Hz. Nejvyšší pohltivost oba vzorky vykazují nejlepší pohltivost v rozmezí 200 až 600 Hz a to α 45.



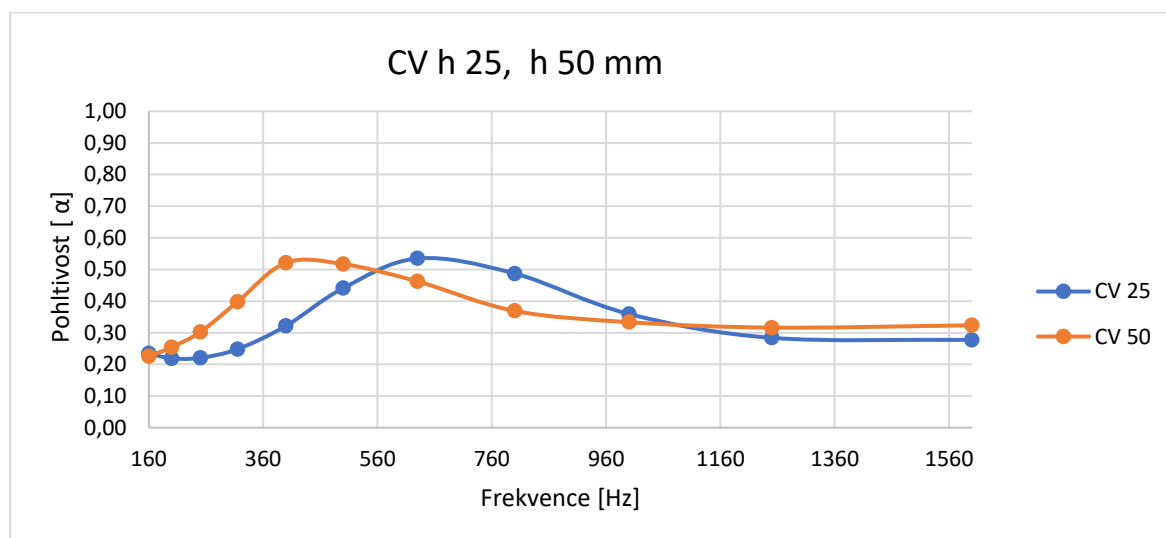
Graf 44: α [-] pro vzorek C2V

U grafu č. 45 vidíme nejvyšší vzestup pohltivosti u vzorku CV3 tloušťky 25 mm při frekvenci v rozmezí 380 až 800 Hz. Zde dosahuje pohltivost hodnotu až 70. Ostatní dva vzorky schopnost pohltivosti při překročení hodnoty 360 Hz ztrácejí.



Graf 45: α [-] pro vzorek C3V

Na tomto grafu č. 46 vidíme další zajímavý průběh nástupu hodnot pohltivosti, který je rychlejší u vzorku CV 50 do hodnot přes 50 při frekvenci 360 a výše, ale při frekvenci 560 Hz začínají hodnoty pohltivosti klesat až na hodnotu α 30. Vzorek CV 25 vykazuje pozdější nástup hodnot pohltivosti až na hodnotu α 55 při frekvenci 600 Hz, ale při stoupající frekvenci nad 700 Hz se stupeň pohltivosti také snižuje a při frekvenci 800 Hz jeho pohltivost klesá pod hodnotu α 30.



Graf 46: α [-] pro vzorek CV

4.5.4 Vzorky s plnivem Keramzit

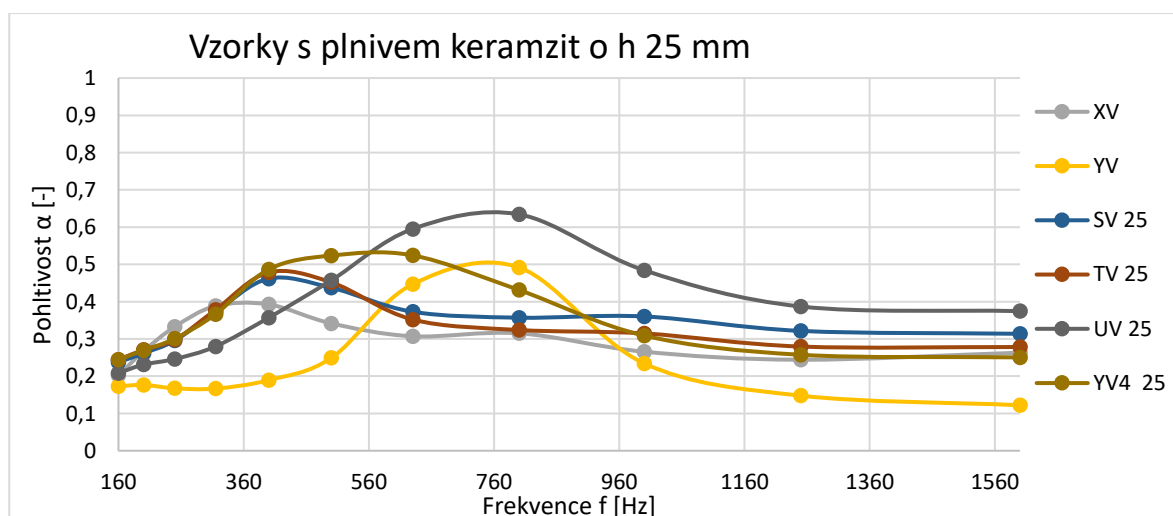
Do této skupiny byly zařazeny vzorky, u kterých byl jako společné plnivo zvolen Keramzit neboli Liapor. Přehled jednotlivých složení vzorků ve skupině je uveden v tabulce č. 129. Zde bylo u vzorků TV a UV při stejném množství Keramzitu zaměněno stejné množství mikrosférky za šamot a obráceně.

Tabulka 129: Přehled složení vzorků s plnivem Keramzit

Vzorek	Cement L_k	Aktivátor	Mikrosférka	Keramzit	Papír	Hliník
YV	1000 g	900 g	100 g	100 g	30 g mokrý	10 g
XV	1000 g	900 g	100 g	100 g	30 g suchý	10 g
SV	1000 g	500 g	x	200 g	x	10 g
TV	1000 g	x	500 g	400 g	x	10 g
UV	1000 g	500 g	x	400 g	x	10 g
YV4	1000 g	900 g	X	100 g	40 g mokrý	10 g

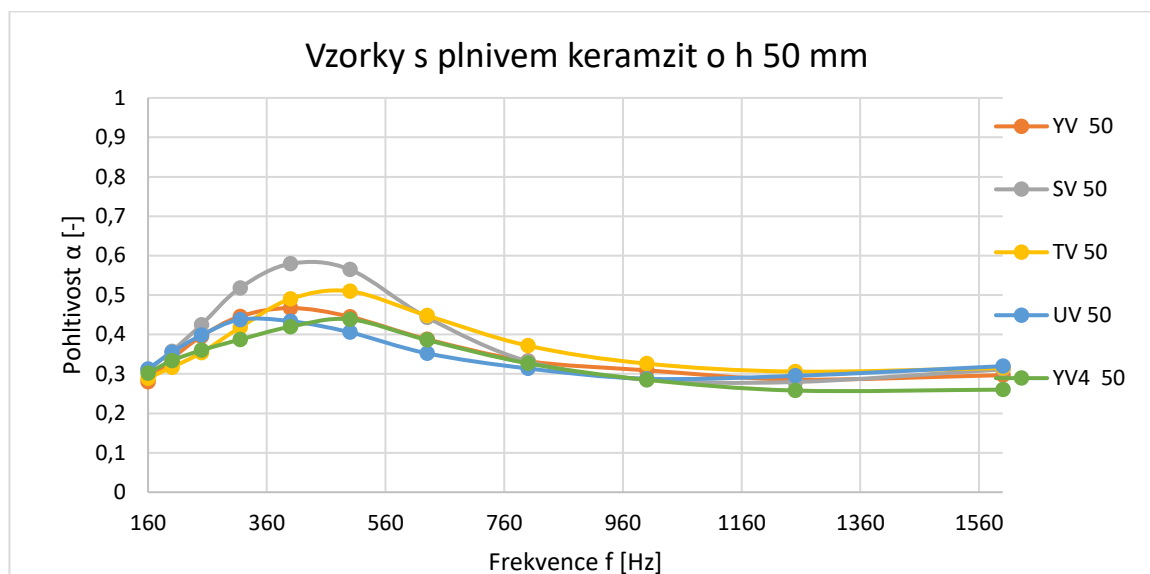
Naměřené hodnoty pro různé tloušťky materiálu jsou vyobrazeny v následujících grafech. Naměřená data jsou uvedena v příloze. První skupina grafů ukazuje průběh jednotlivých frekvencí u všech vzorků měřených pro jednu tloušťku všech vzorků s plnivem Keramzit.

Průběhy frekvencí pro tloušťku vzorků 25 mm jsou znázorněny v grafu č. 47. Na tomto grafu vidíme, že nejlepšího výsledku v pohltivosti dosáhl vzorek UV, kdy jeho účinnost dosáhla při frekvenci 600 až 800 Hz hodnot přes α 0,6. Nejhůře dopadl vzorek YV, který nedosáhl pohltivosti ani 0,5. Jak při frekvenci 160, tak ani přes 970 vykazuje nejhorší vlastnosti.



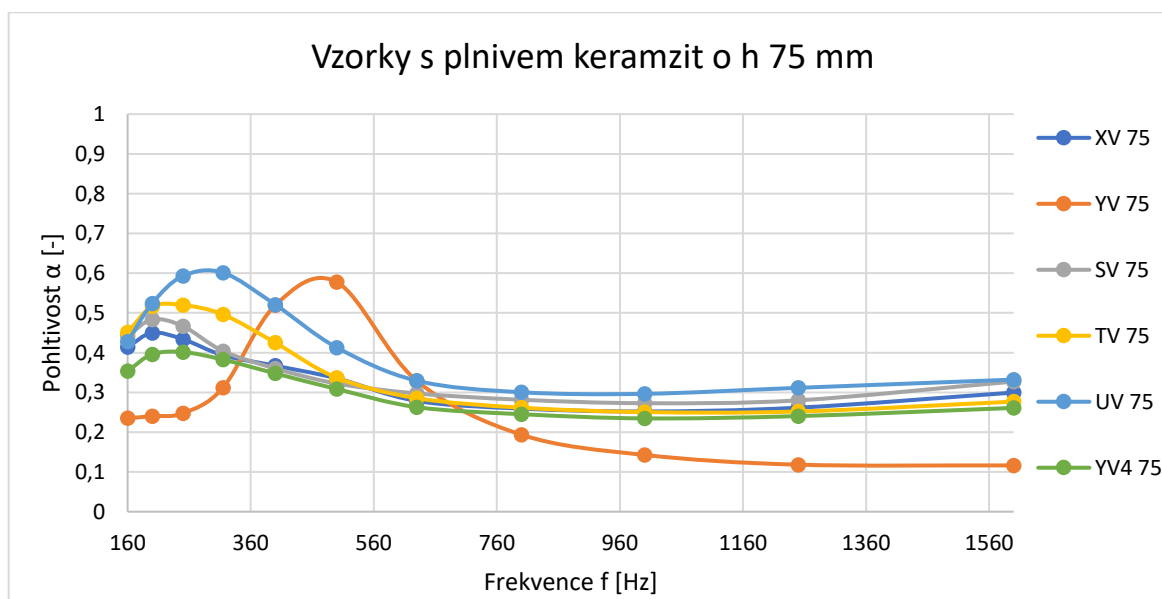
Graf 47: α [-] pro vzorky h 25 mm

U vzorku o tloušťce 50 mm vykazuje nejlepší hodnoty záměsi vzorek SV, který dosáhl při frekvenci 300 až 500 Hz hodnotu α 0,60. Ostatní vzorky výrazné rozdíly v pohltivosti nevykazují.



Graf 48: α [-] pro vzorky h 50 mm

U této tloušťky vzorků na grafu vidíme, že při frekvenci vyšší než 600 Hz se hodnoty pohltivosti takřka sjednotí na hodnotě α 0,3 mimo záměsu vzorku YV, kde hodnota pohltivosti klesá na hodnotu α 0,1. Na grafu můžeme sledovat, že nejrychlejší nástup pohltivosti vykazuje vzorek XV při frekvenci 180 až 350 Hz, ale stejných hodnot dosahuje i vzorek YV při frekvenci 280 až 450 Hz.



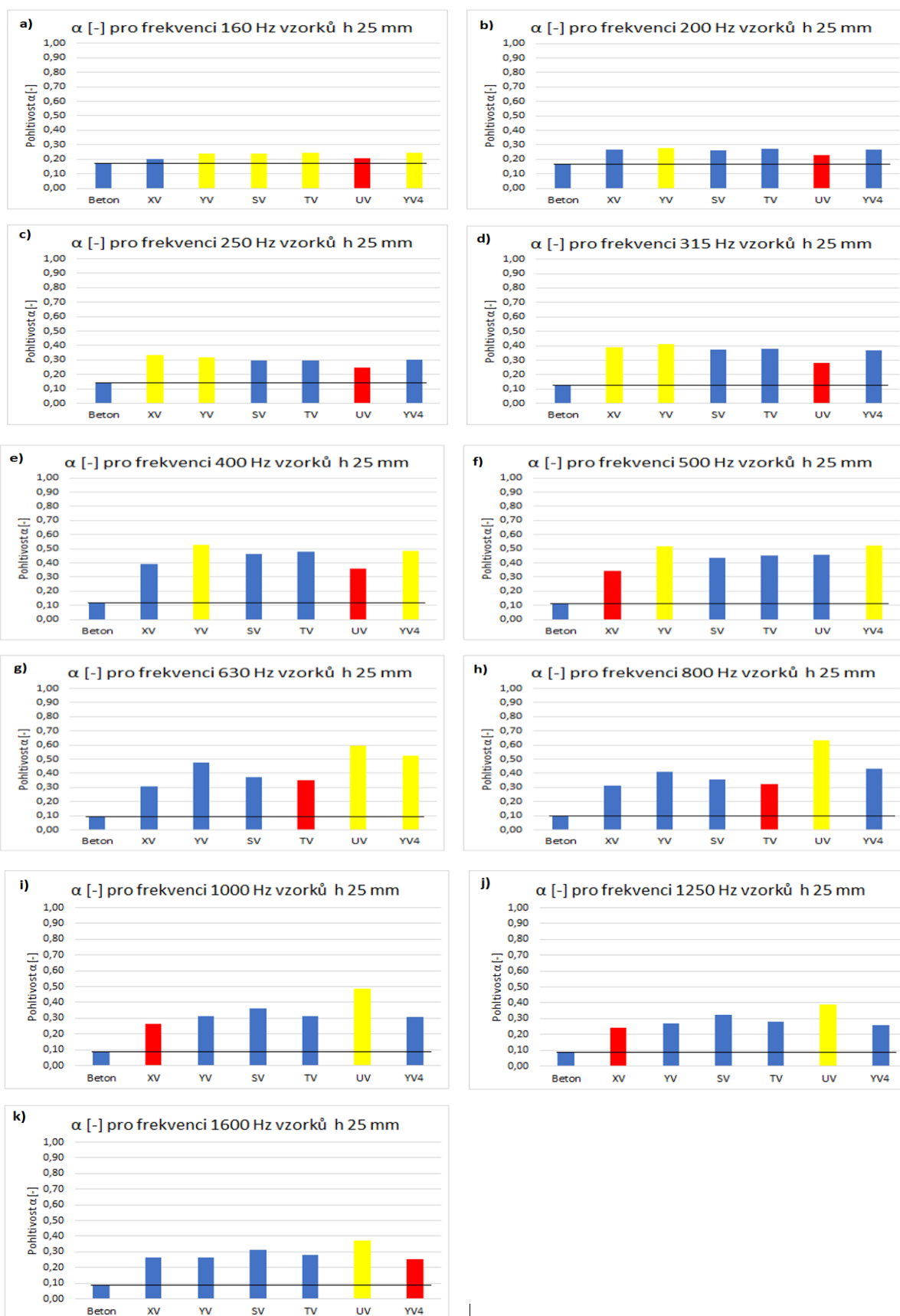
Graf 49: α [-] pro vzorky h 75 mm

V následujících grafech jsou znázorněny výsledky vzorků po jednotlivých frekvencích. V každém grafu jsou zvýrazněny žlutě vzorky, které vyšly pro tu danou frekvenci s nejvyšší hodnotou pohltivosti. Červeně jsou označeny vzorky, kterým vyšla měření pohltivosti pro danou frekvenci nejhorší. ve všech třech souborech grafů u jednotlivých frekvencí je uvedena pro porovnání hodnota pohltivosti betonu a je na ní zakreslena černou čarou přes graf rovnoběžně s osou x.

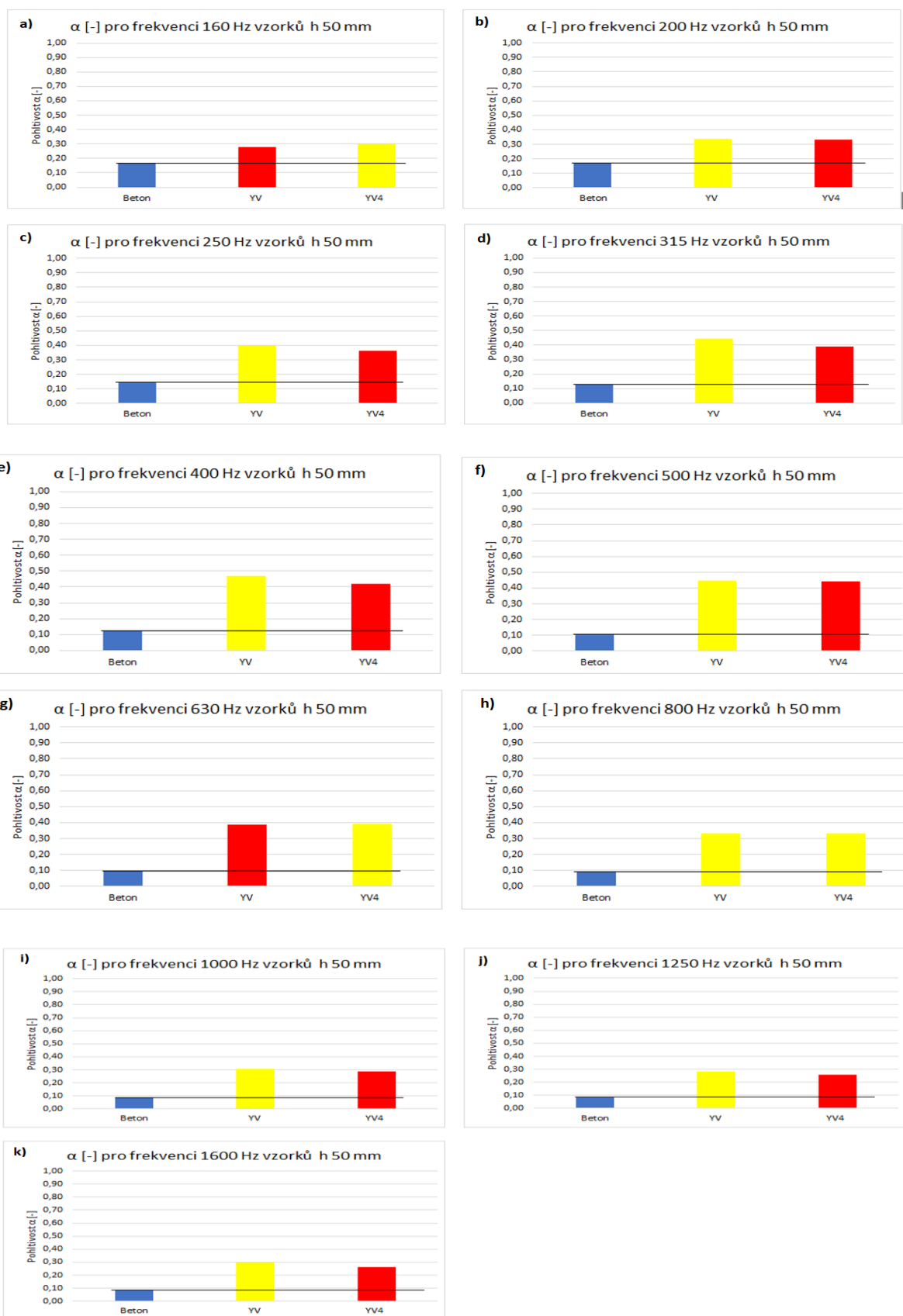
V první sérii výsledků, graf č. 50, jsou znázorněny naměřené pohltivosti po jednotlivých frekvencích pro tloušťku vzorků h 25 mm. Z jednotlivých grafů lze vyčíst, že pro h 25 mm nejlépe vyšly frekvence d) 315 Hz a g) 630 Hz. Nejlepší výsledky jsou u vzorků f) 500 kde mimo vzorku XV (0,34) je dosaženo hodnot α v rozmezí 0,44-0,52 Hz a e) 400 Hz, kde vzorky ZV, SV, TV a YV4 mají hodnoty α v rozmezí 0,46-0,53. Pohltivost nad 0,30 byla dosažena u většiny vzorků v rozmezí 250–1000 Hz. Nejhorší dopadly v našem rozsahu frekvence 160, 200 a 1600 Hz, kde je pohltivost převážně pod 0,30 Hz. Nejlepší hodnoty dosahuje u jednotlivých frekvencí vzorek UV kde bylo za g) 630 Hz a h) 800 Hz dosaženo i hodnot α nad 0,60. Následuje směs YV, kde bylo dosaženo hodnot nad α 0,50 u frekvencí e) 400 Hz a f) 500 Hz.

Druhá série frekvencí je v grafu č. 51 pro tloušťky vzorků 50 mm. U tohoto rozměru byly měřeny pouze dva vzorky, z nichž vyšel lépe vzorek YV u všech frekvencí. Nejlépe vyšly výsledky pro frekvence e) 400 Hz a f) 500 Hz, kde oba vzorky dosahují hodnot α nad 0,40.

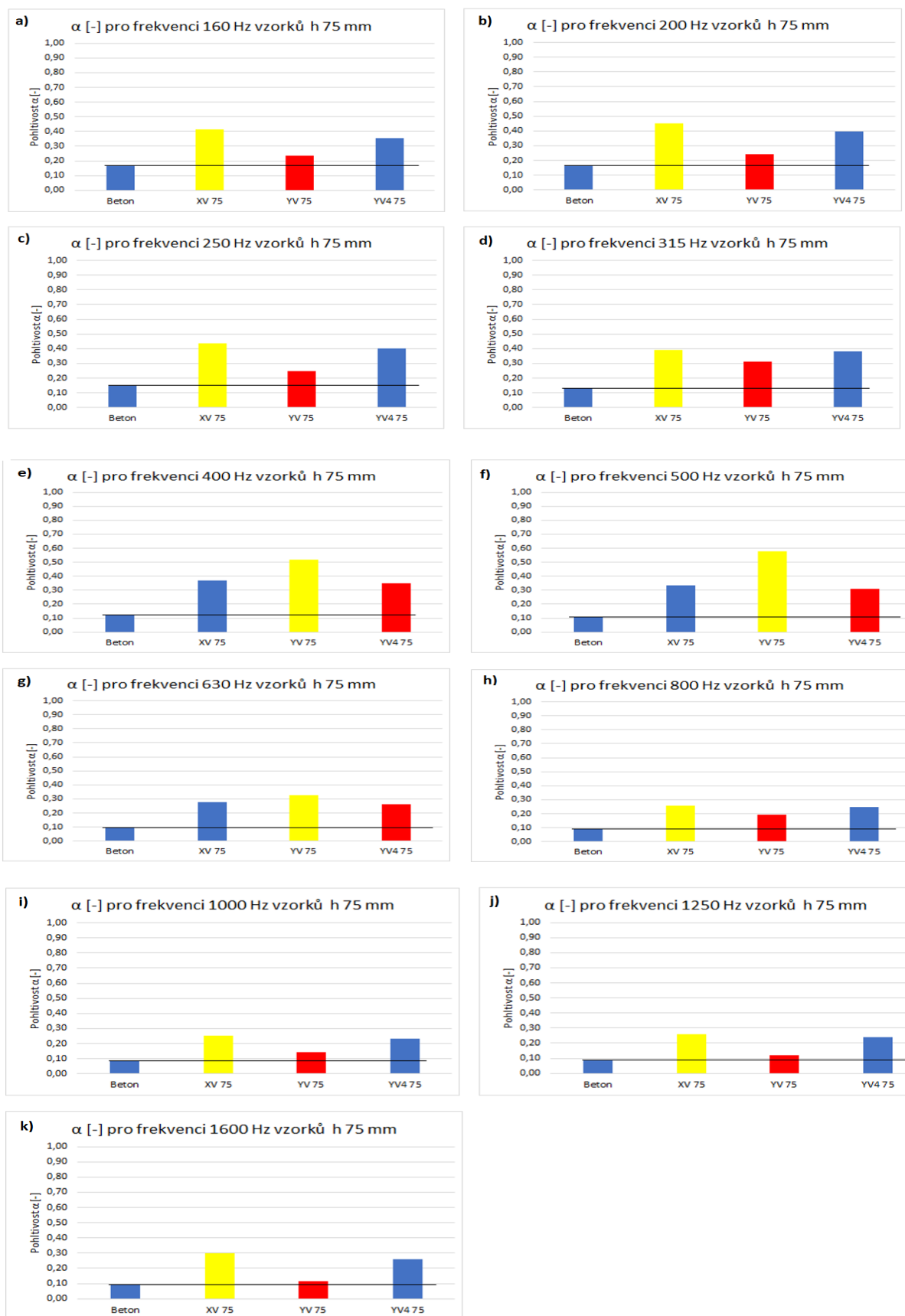
Ve třetí sérii výsledků a) – k), graf č. 52, jsou znázorněny naměřené pohltivosti po jednotlivých frekvencích tří vzorků pro tloušťku 75 mm. Nejvyšších hodnot se dosahuje na snímku f) 500 Hz hned následován e) 400 Hz. Celkově zde vychází nejhorší vzorek YV4, který nepřesáhl u žádné frekvence hodnotu α 0,38. Nejlépe zde dopadly vzorky XV u nízkých frekvencí s hodnotami α nad 0,40 a YV u středních frekvencí s hodnotami α nad 0,50.



Graf 50: Vzorky Keramzit h 25 mm a) 160 Hz, b) 200 Hz, c) 250 Hz, d) 315 Hz, e) 400 Hz, f) 500 Hz, g) 630 Hz, h) 800 Hz, i) 1000 Hz, j) 1250 Hz, j) 1600 Hz

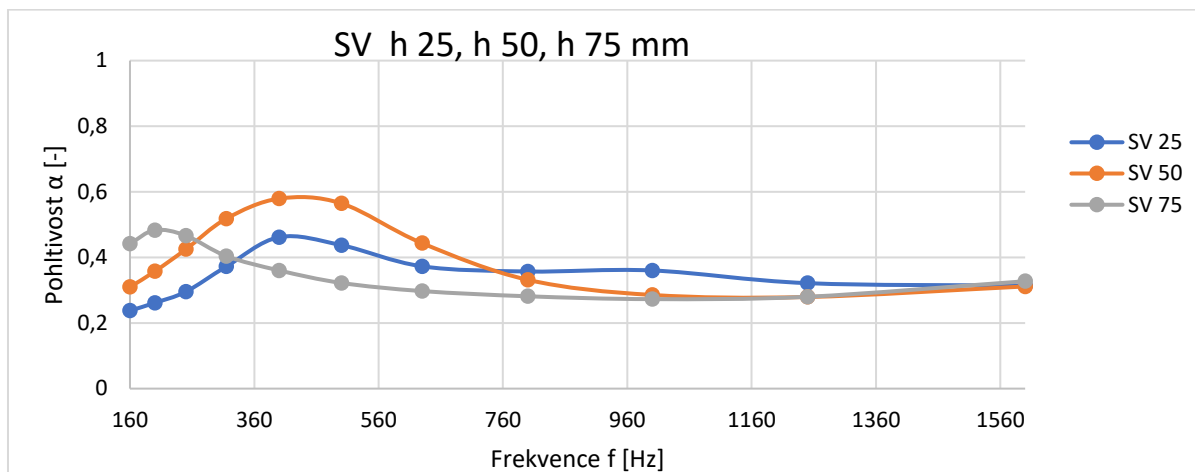


Graf 51: Vzorky Keramzit, h 50 mm a) 160 Hz, b) 200 Hz, c) 250 Hz, d) 315 Hz, e) 400 Hz, f) 500 Hz, g) 630 Hz, h) 800 Hz, i) 1000 Hz, j) 1250 Hz, k) 1600 Hz



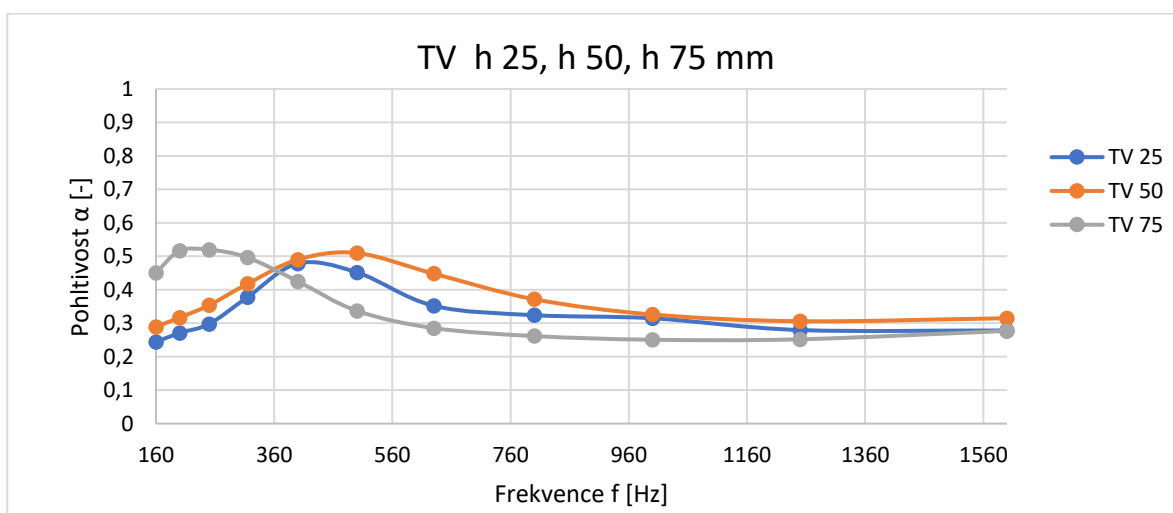
Graf 52: Vzorky Keramzit 75 mm a) 160 Hz, b) 200 Hz, c) 250 Hz, d) 315 Hz, e) 400 Hz, f) 500 Hz, g) 630 Hz, h) 800 Hz, i) 1000 Hz, j) 1250 Hz, j) 1600 Hz

Následující grafy č. 53-57 nám představí naměřenou akustickou pohltivost jednotlivých vzorků vyrobených pro tloušťky 25, 50 a 75 mm. Graf č. 53 SV nám říká, že nejlépe vychází vzorek SV 50, který při frekvenci 340 až 400 Hz vykazuje pohltivosti α 0,6. Nejhorší v tomto grafu vychází vzorek SV 75, který dosáhne nejvyšší hodnoty pohltivosti α 0,5 při frekvenci 180. Při zvyšování frekvence jeho schopnost pohltivosti klesá pod hodnotu α 0,3.



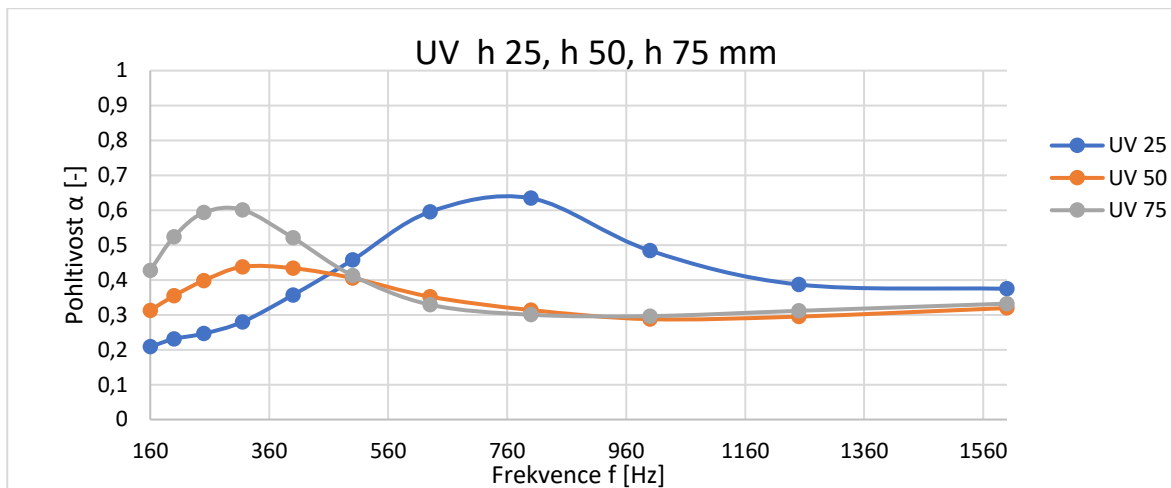
Graf 53: α [-] pro vzorek SV

Graf č. 54 ukazuje, že vzorky TV 75 a TV 50 dosáhnou hodnoty pohltivosti α nad 0,5 při frekvencích 190 a 420 Hz. Hodnota pohltivosti při zvyšující se frekvenci u vzorku TV 75 klesá na hodnotu pohltivosti α 0,25. Hodnoty pohltivosti u vzorku TV 50 se začínou snižovat po překročení frekvence nad 460 Hz. Vzorek TV 25 vykazuje průměr mezi hodnotami obou předchozích vzorků a svoji nejvyšší hodnotu pohltivosti při hodnotě 380 Hz, a to α 0,5.



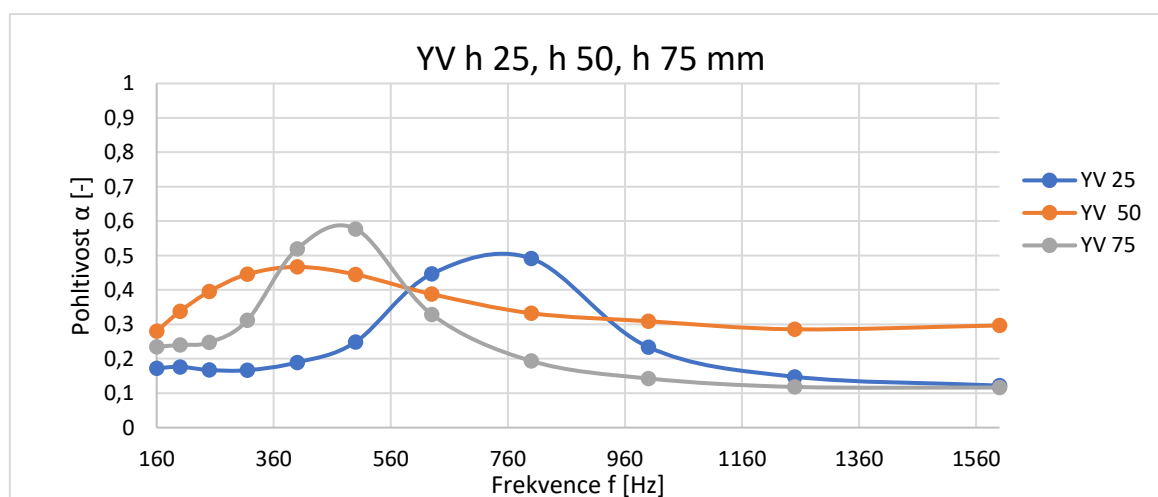
Graf 54: α [-] pro vzorek TV

Na grafu č.55 vidíme, že vzorek UV 25 dosahuje nejvyššího stupně pohltivosti při frekvenci 770 Hz. Vzorek UV 75 má sice rychlejší nástup hodnot pohltivosti α 0,6 , ale při vyšších frekvencích nad 340 Hz jeho pohltivost klesá na α 0,3. Výsledky u vzorku UV 50 vycházejí v průměru nejhůře.



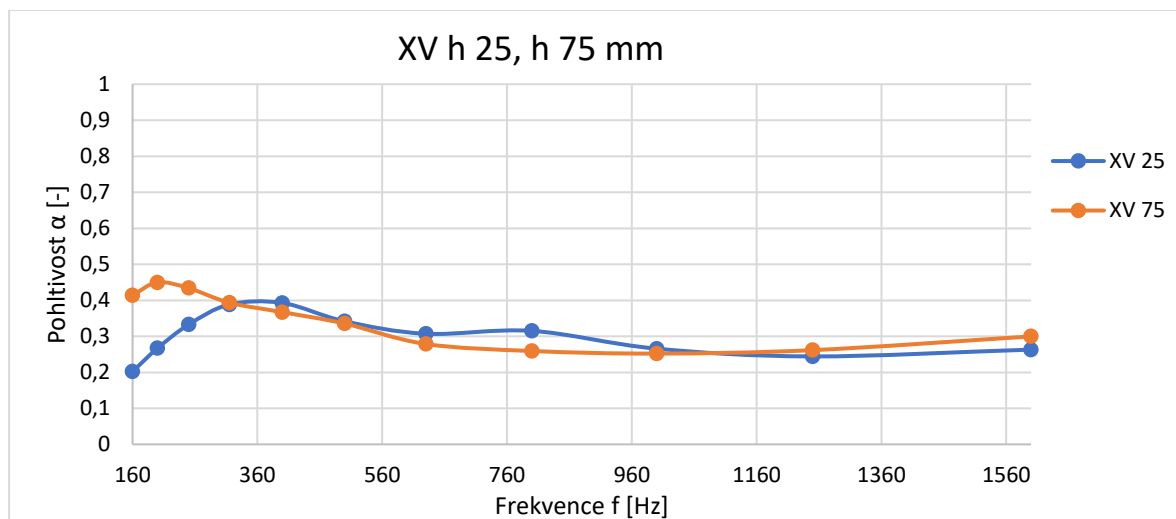
Graf 55: α [-] pro vzorek UV

Na grafu č.56 můžeme vysledovat, že vzorek YV 50 vykazuje nejlepší průměrné parametry. Jeho nejvyšší hodnota pohltivosti při frekvenci 370 Hz takřka α 0,5. Při zvyšující se frekvenci vykazuje hodnoty α 0,3. Vzorek YV 75 sice při frekvenci 420 Hz vykazuje nejvyšší hodnotu pohltivosti α 0,6, ale při zvyšující se frekvenci jeho hodnota rychle klesá až na hodnotu α 0,1. Vzorek YV 25 má pomalejší nástup pohltivosti a nejvyšší hodnoty pohltivosti α 0,5 dosahuje při frekvenci 760 Hz. Při stoupající frekvenci jeho pohltivost klesá až na úroveň vzorku YV 75



Graf 56: α [-] pro vzorek YV

Na grafu č. 57 vidíme, vzorek XV 75 dosahuje nejvyšší hodnoty pohltivosti při frekvenci 180 až 200 Hz. Se stoupající frekvencí jeho stupeň pohltivosti klesá až na hodnotu α 0,25. Vzorek XV 25 vykazuje nejvyšší hodnotu pohltivosti při frekvenci 370 Hz a při zvyšování frekvence jeho pohltivost klesne až pod hodnotu α 0,3



Graf 57: α [-] pro vzorek XV

4.5.5 Vzorky s plnivem skartovaný kancelářský papír

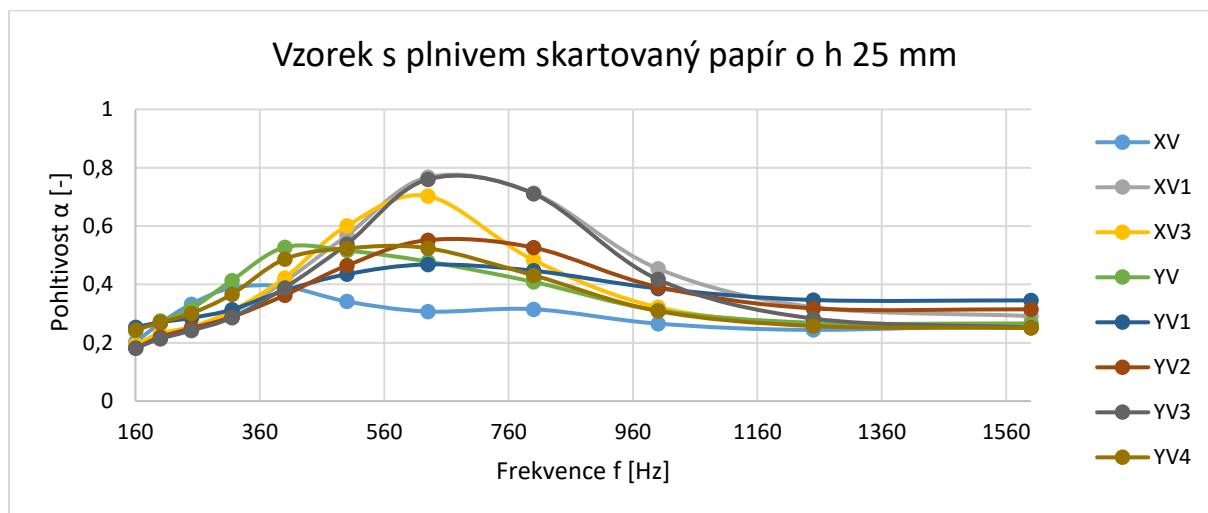
Do této skupiny byly zařazeny vzorky, u kterých je jako plnivo zvoleno skartovaný kancelářský papír. Přehled jednotlivých složení vzorků ve skupině je uveden v tabulce č. 130. Zde bylo u všech vzorků dáno stejné množství mikrosférky, při různých poměrech papíru a písku. U vzorku YV4 byl přidán samostatný papír.

Tabulka 130: Přehled složení vzorků s plnivem Papír

Vzorek	Cement Lk	Aktivátor	Písek	Mikrosférka	Skart. papír	Keramzit	Hliník
XV	1000 g	900 g	x	100 g	30 g suchý	100 g	10 g
XV1	1000 g	900 g	x	150 g	40 g suchý	x	10 g
XV3	1000 g	900 g	50 g	150 g	50 g suchý	x	10 g
YV	1000 g	900 g	x	100 g	30 g mokrá	100 g	10 g
YV1	1000 g	900 g	100 g	100 g	40 g mokrá	x	10 g
YV2	1000 g	900 g	x	150 g	50 g mokrá	x	10 g
YV3	1000 g	900 g	50 g	100 g	50 g mokrá	x	10 g
YV4	1000 g	900 g	x	x	40 g mokrá	100 g	10 g

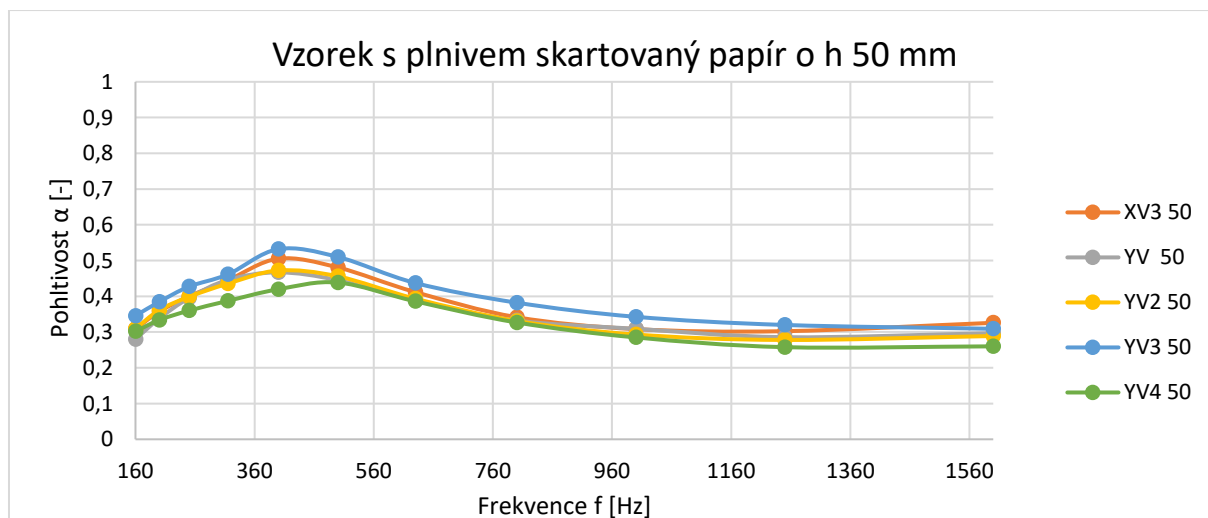
Naměřené hodnoty pro různé tloušťky materiálu jsou vyobrazeny v následujících grafech. Získaná data z měření jsou uvedena v příloze. První skupina grafů ukazuje průběh jednotlivých frekvencí u všech vzorků měřených pro jednu tloušťku všech vzorků s plnivem skartovaný papír.

Na grafu č. 58 nejlepších výsledků při frekvenci 630 až 800 Hz dosahují vzorky XV1 a YV3. Hodnoty pohltivosti, a to nad α 0,70 při frekvencích 630 až 800 Hz. Nejhorší vlastnosti vykazuje vzorek XV, který nepřesahuje u žádné frekvence hodnotu α 0,40.



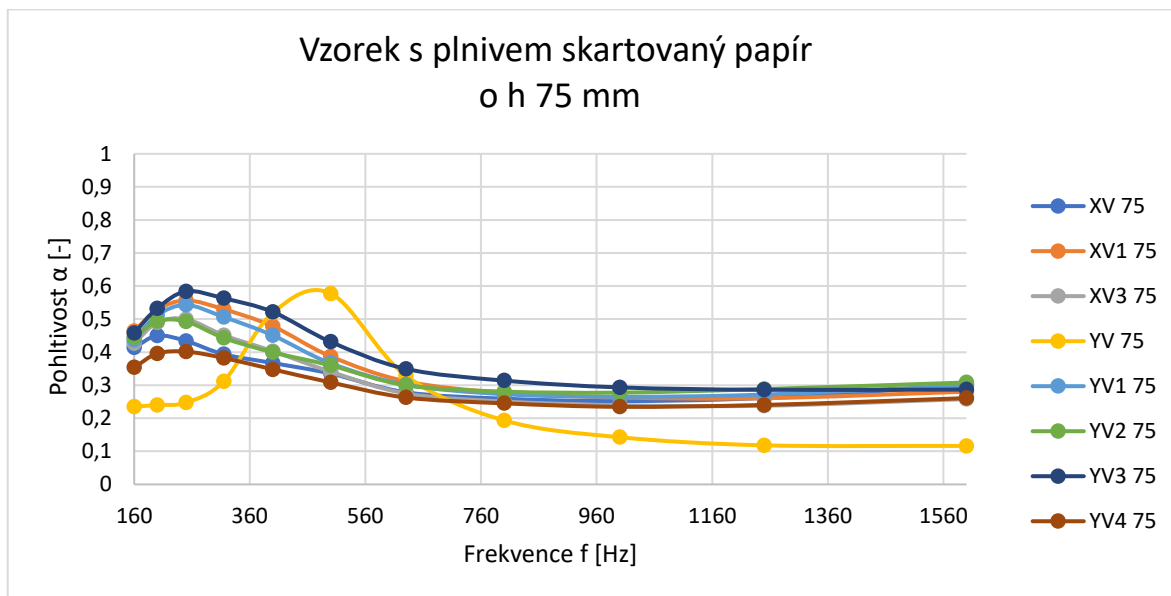
Graf 58: α [-] pro vzorky h 25 mm

Graf č.59 nám ukazuje, že nejlépe v pohltivosti vychází hodnoty α u vzorku YV3 kdy hodnoty pohltivosti 0,55 dosáhne při frekvenci 370 Hz. Jako druhý nejlepší ze srovnání vychází vzorek XV 3, který dosahuje hodnoty α 0,51 při frekvenci 400 Hz. Nejhůře vychází vzorek YV4.



Graf 59: α [-] pro vzorky h 75 mm

Z grafu č 60 sledujeme, že nejlepší hodnoty pohltivosti dosahují vzorky YV3 při frekvenci 200 až 400 Hz a to α 0,50. Vzorek YV dosahuje pohltivosti α 0,58 při frekvenci 500 Hz. Nejhůře dopadl vzorek YV 4.

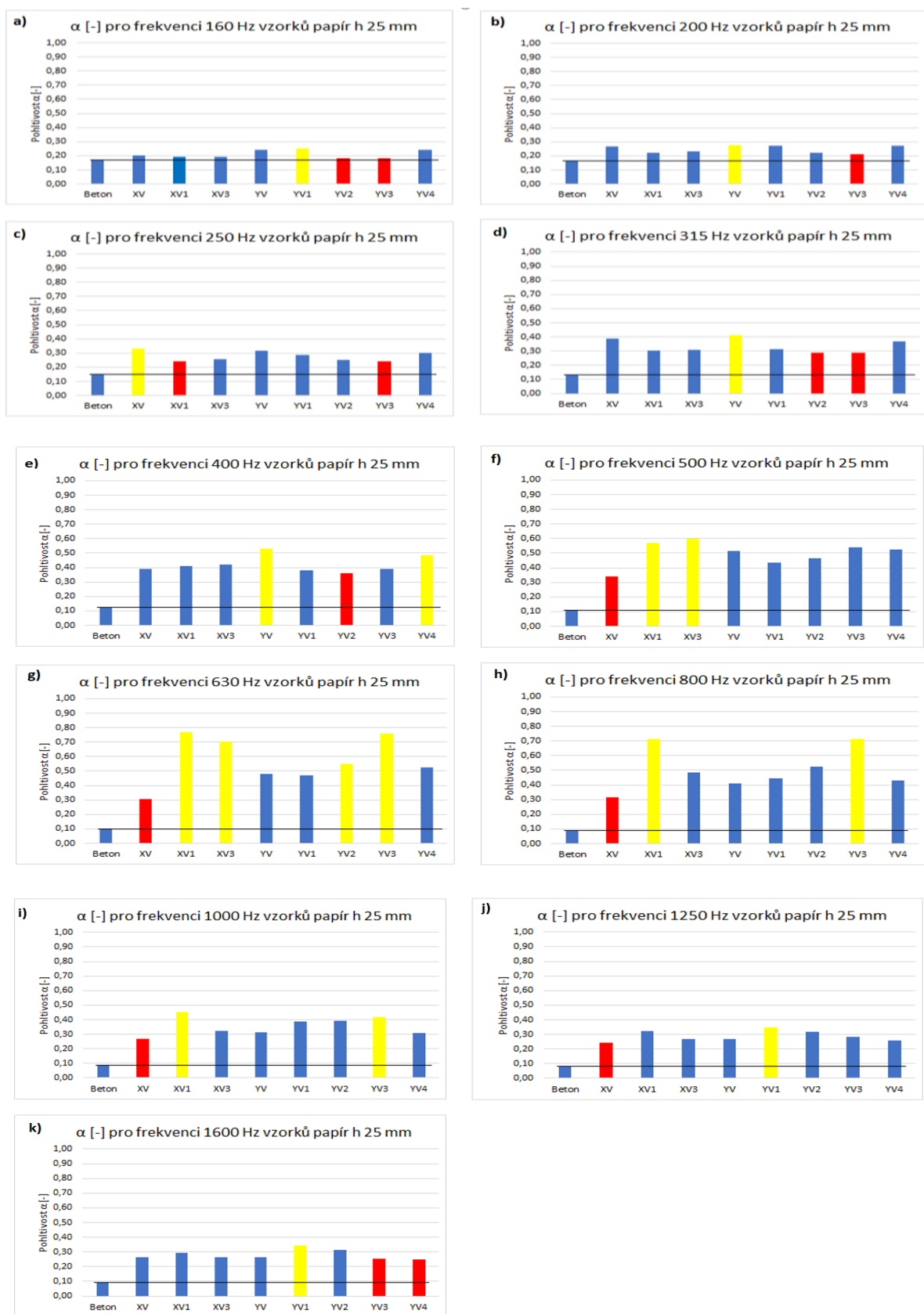


Graf 60: α [-] pro vzorky h 75 mm

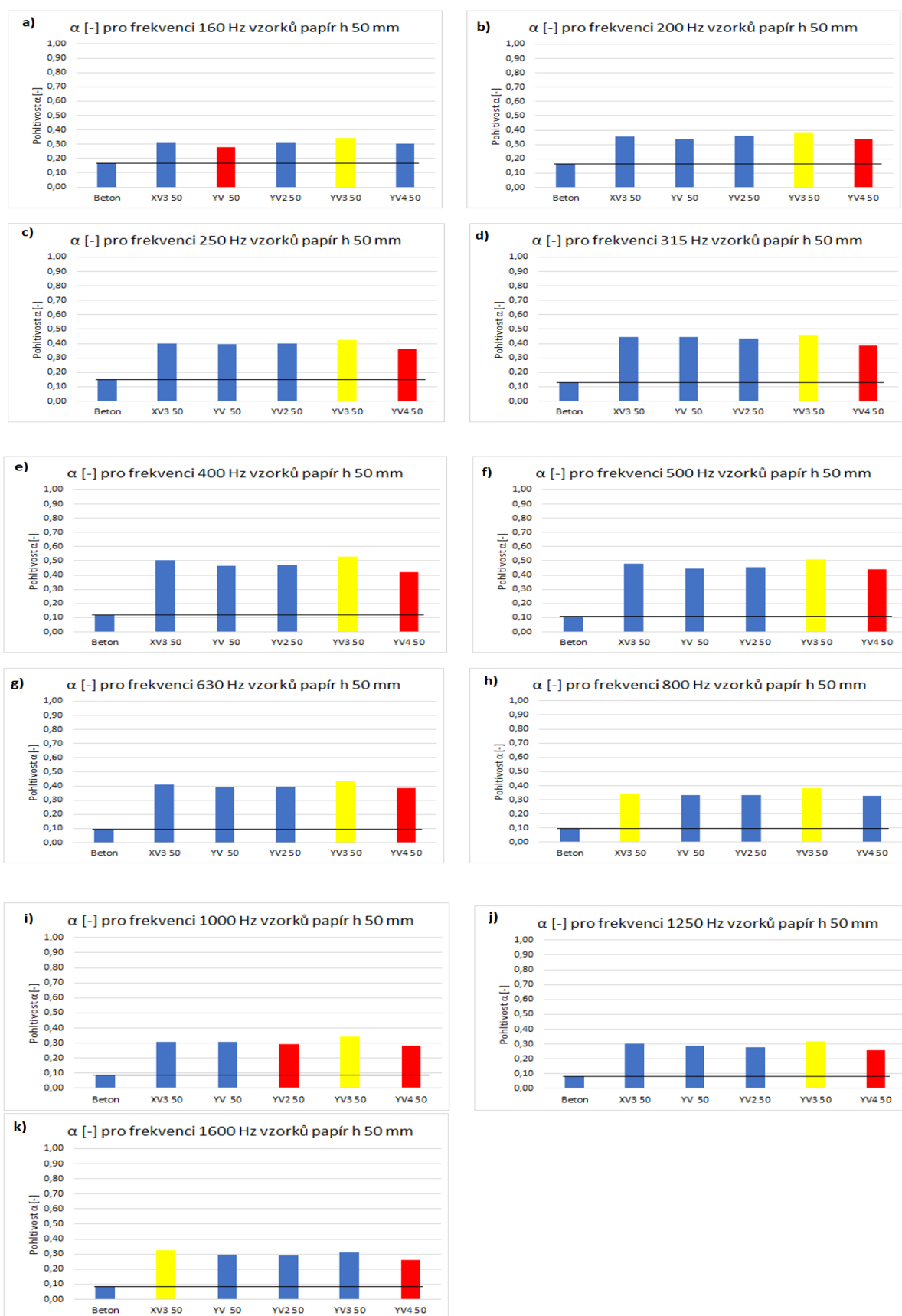
V následujících grafech jsou znázorněny výsledky vzorků po jednotlivých frekvencích. V každém grafu jsou zvýrazněny žlutě vzorky, které vyšly pro tu danou frekvenci s nejvyšší hodnotou pohltivosti. Červeně jsou označeny vzorky, kterým vyšla měření pohltivosti pro danou frekvenci nejhorší. ve všech třech souborech grafů u jednotlivých frekvencí je uvedena pro porovnání hodnota pohltivosti betonu a je na ní zakreslena černě hodnota.

V první sérii výsledků, graf č. 61, jsou znázorněny naměřené pohltivosti po jednotlivých frekvencích pro tloušťku vzorků h 25 mm. Z jednotlivých grafů lze vyčíst, že pro h 25 mm nejlépe vyšly frekvence e) 400 Hz a h) 800 Hz., Pohltivost nad 0,30 byla dosažena u většiny vzorků v rozmezí 315–1000 Hz. Nejhůře dopadly v našem rozsahu frekvence velmi nízké a velmi vysoké. Nejlepší hodnoty dosahuje u jednotlivých frekvencí vzorek XV1 s hodnotami α 0,30-0,77v rozsahu frekvencí 315-100 Hz, Následován je hned směsí XV3 a YV3, které také dosahují hodnot nad α 0,70. Nejvyšší hodnoty pohltivosti dosáhl vzorek XV1 naopak XV u žádné frekvence nepřesáhl hodnotu α 0,39.

Pro frekvence naměřené u tloušťky vzorků 50 mm, graf č. 62, vychází nejlépe frekvence od 250 Hz do 630 Hz, kdy hodnoty neklesají pod α 0,40 Nejvyšších hodnot se dosahuje na snímku e) 400 Hz hned následován f) 500 Hz a následně c) a d). Celkově nejhůře vychází vzorek YV4 s nejvýše dosaženou pohltivostí 0,44 u f) 500 Hz. Vzorky vychází velmi pěkně.

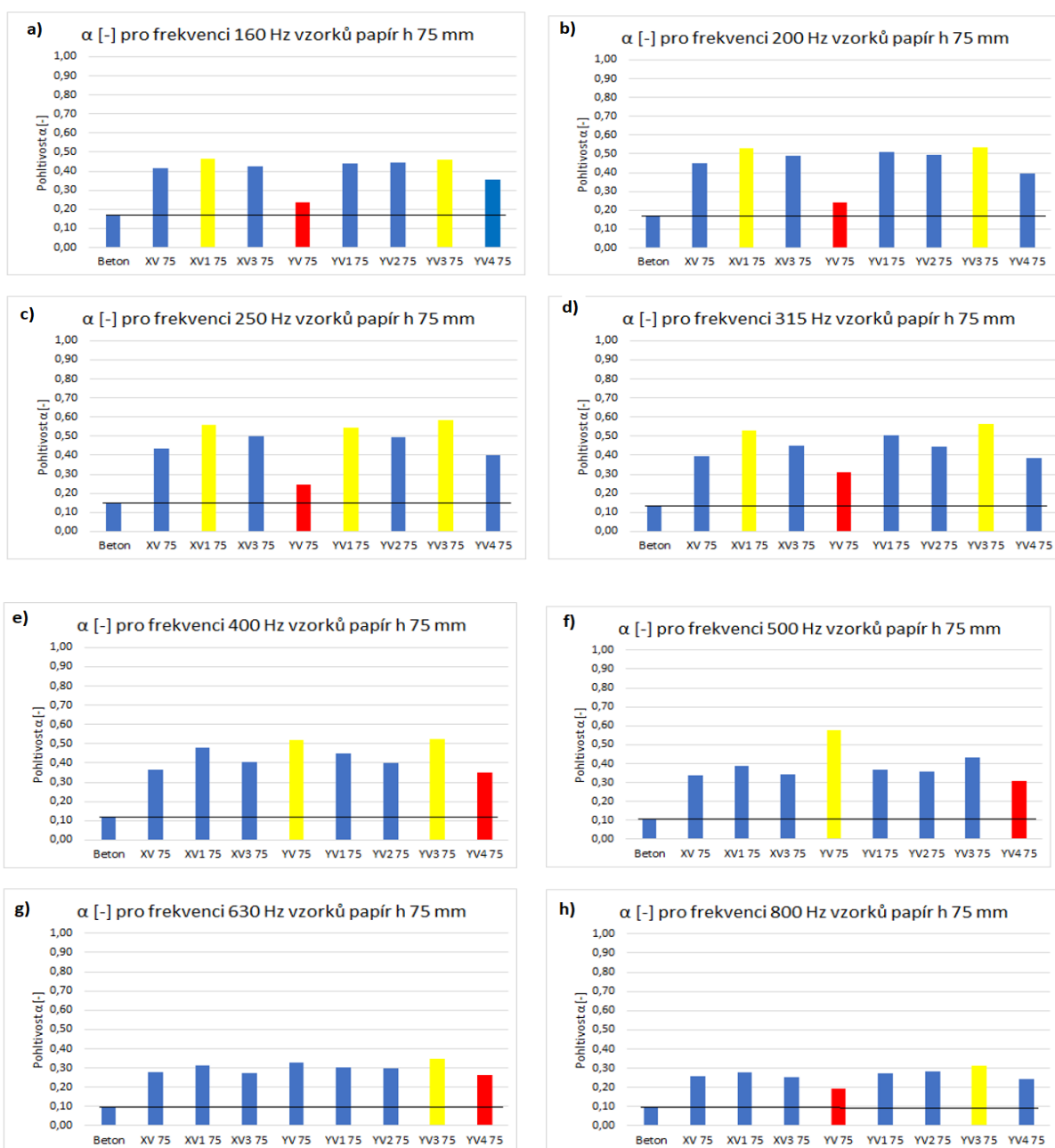


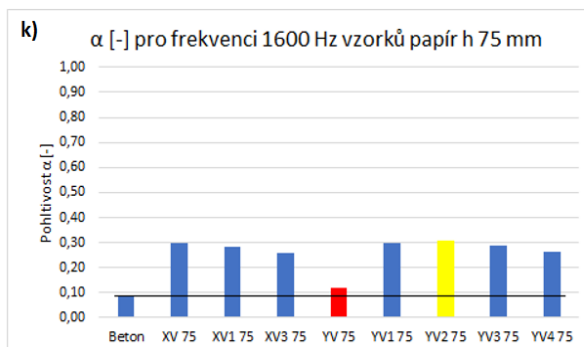
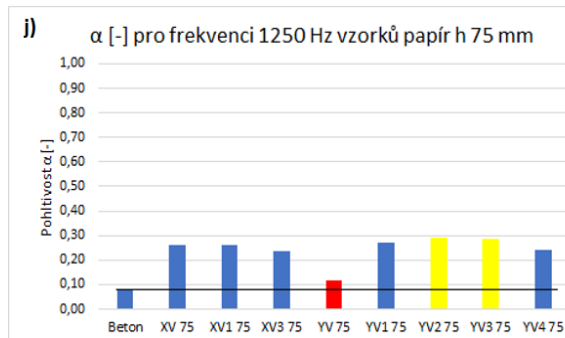
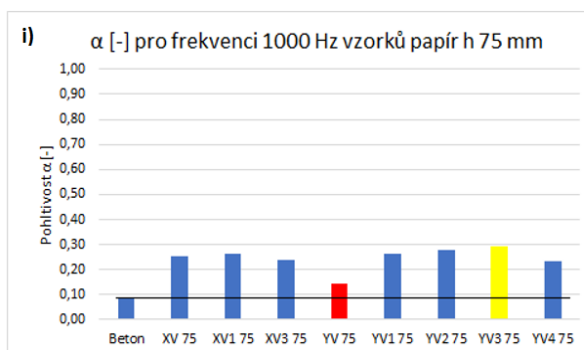
Graf 61: Vzorky Papír, h 25 mm a) 160 Hz, b) 200 Hz, c) 250 Hz, d) 315 Hz, e) 400 Hz, f) 500 Hz, g) 630 Hz, h) 800 Hz, i) 1000 Hz, j) 1250 Hz, j) 1600 Hz



Graf 62: Vzorky Papír h 50 mm a) 160 Hz, b) 200 Hz, c) 250 Hz, d) 315 Hz, e) 400 Hz, f) 500 Hz, g) 630 Hz, h) 800 Hz, i) 1000 Hz, j) 1250 Hz, j) 1600 Hz

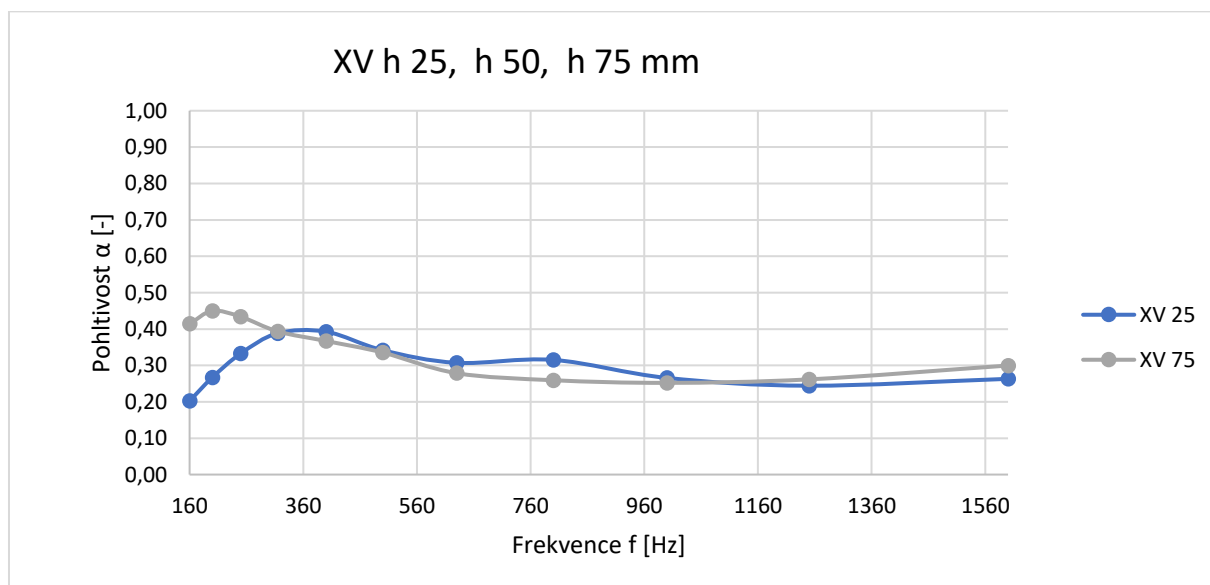
Ve třetí sérii výsledků v grafu č. 62, jsou znázorněny naměřené pohltivosti α po jednotlivých frekvencích pro tloušťku vzorků 75 mm. Z jednotlivých grafů lze vyčíst, že pro h 75 mm nejlépe vyšly frekvence a) 160–f) 500 Hz, kdy hladina pohltivosti neklesá pod 0,40. Výjimkou je vzorek YV, který je nad α 0,31 pouze d) - f). Úplně nejvyšších hodnot ze všech vzorků bylo dosaženo u frekvence d) 325 Hz, kde u vzorku YV4, kde je nejnižší pohltivost a nejvyšší u vzorku YV3 α 0,56. Nejhůře dopadly vyšší frekvence v rozsahu 800–1600 Hz, kde vzorky nepřesáhly ani α 0,31. Nejlépe vychází vzorek YV3, kdy neklesá u žádné frekvence pod α 0,29. Srovnatelných výsledků dosahuje i vzorek XV1.





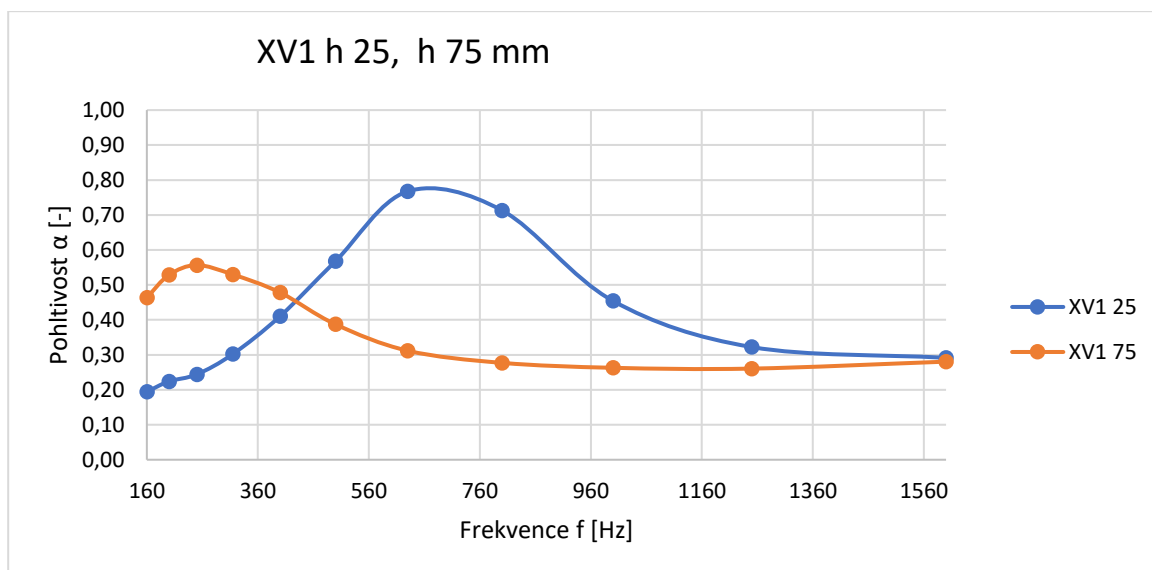
Graf 63: Vzorky papír h 75 mm a) 160 Hz, b) 200 Hz, c) 250 Hz, d) 315 Hz, e) 400 Hz, f) 500 Hz, g) 630 Hz, h) 800 Hz, i) 1000 Hz, j) 1250 Hz, j) 1600 Hz

Následující grafy č. 64–71 nám představí naměřenou akustickou pohltivost jednotlivých vzorků vyrobených pro tloušťky 25, 50 a 75 mm. Z grafu č.64 vidíme, že vlastnosti obou vzorků jsou velmi podobné. Vzorek XV má rychlejší nástup pohltivosti již od frekvence 160 Hz. Nejvyšší hodnoty pohltivosti α 0,48 dosahuje při frekvenci 180 Hz.



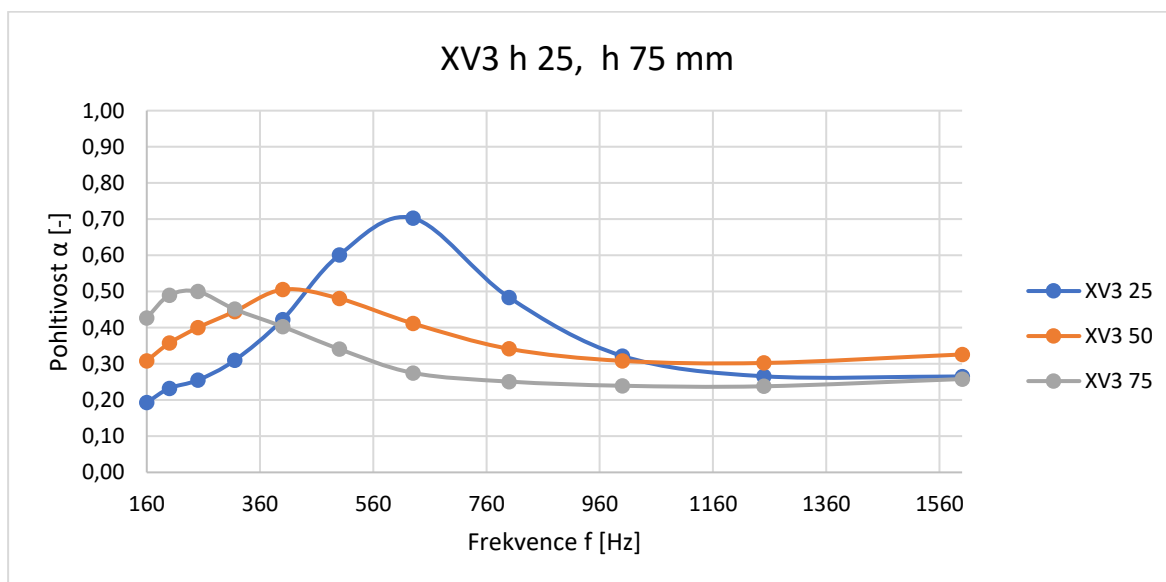
Graf 64: α [-] pro vzorek XV

Z grafu č.65 vidíme, že vzorek č.XV1 dosahuje výrazně lepších hodnot pohltivosti, kdy při frekvenci 630 až 800 Hz dosahuje hodnoty pohltivosti α 0,77. Hodnoty druhého vzorku jsou výrazně horší.



Graf 65: α [-] pro vzorek XV1

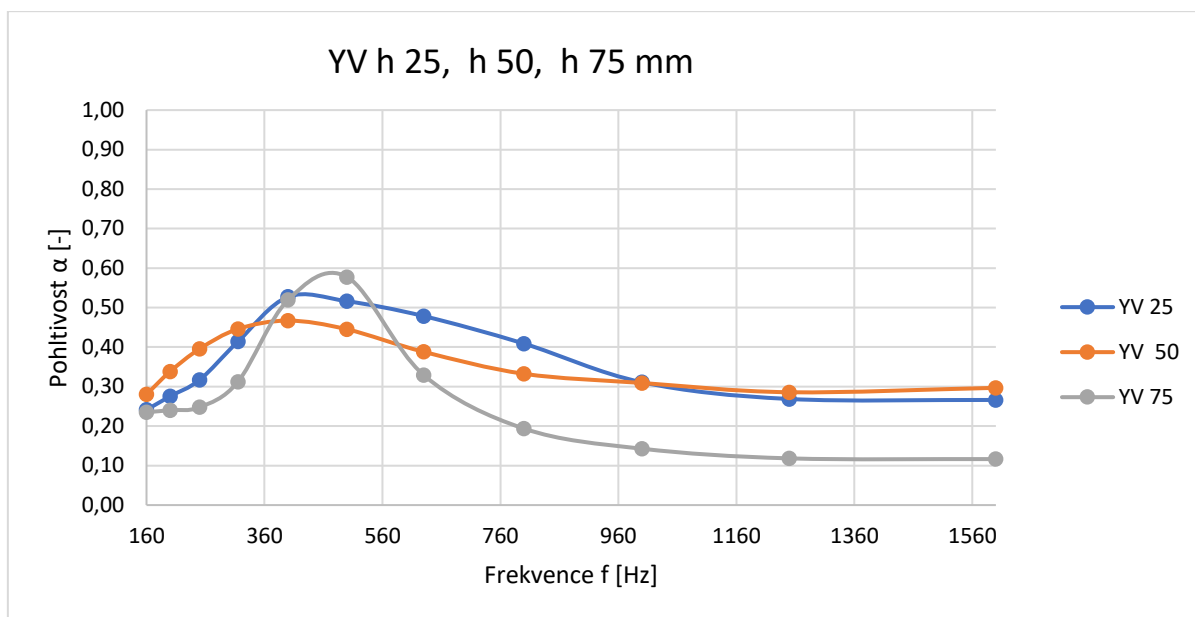
Na grafu č.66 výrazně dominuje vzorek XV3, který při frekvenci 560 až 600 dosahuje pohltivosti α 0,70. Nejhuře vychází vzorek XV3, který má nejrychlejší nástup při frekvenci 250 Hz, kdy dosahuje pohltivosti α 0,50, ale při zvyšování frekvence rychle klesá na α 0,24.



Graf 66: α [-] pro vzorek XV3

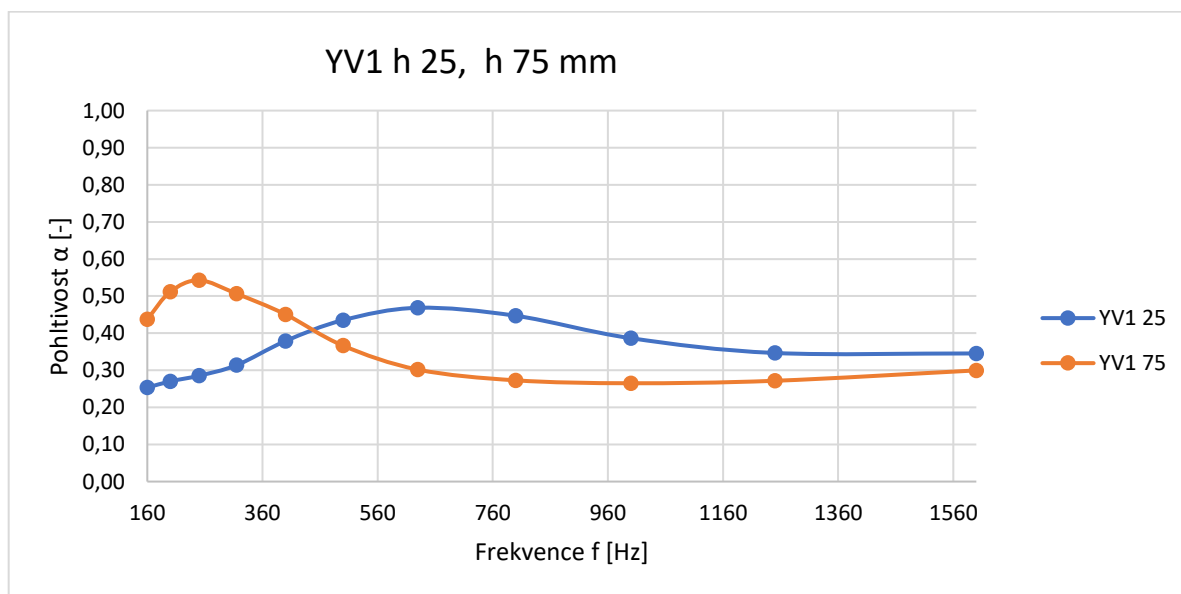
Na grafu č.67 sledujeme průběh hodnot pohltivosti u vzorků YV. Nejvyšší hodnoty pohltivosti vykazuje vzorek YV 75, který při frekvenci 400 až 500 Hz vykazuje pohltivost α 0,50. Při zvyšování

frekvence hodnota pohltivosti klesá až na hodnotu α 0,12 . V průměru nejlépe vychází vzorek YV25, který při frekvenci 400 Hz dosahuje pohltivosti 0,53. Při zvyšující se frekvenci hodnoty pohltivosti klesají na hodnotu α 0,27.



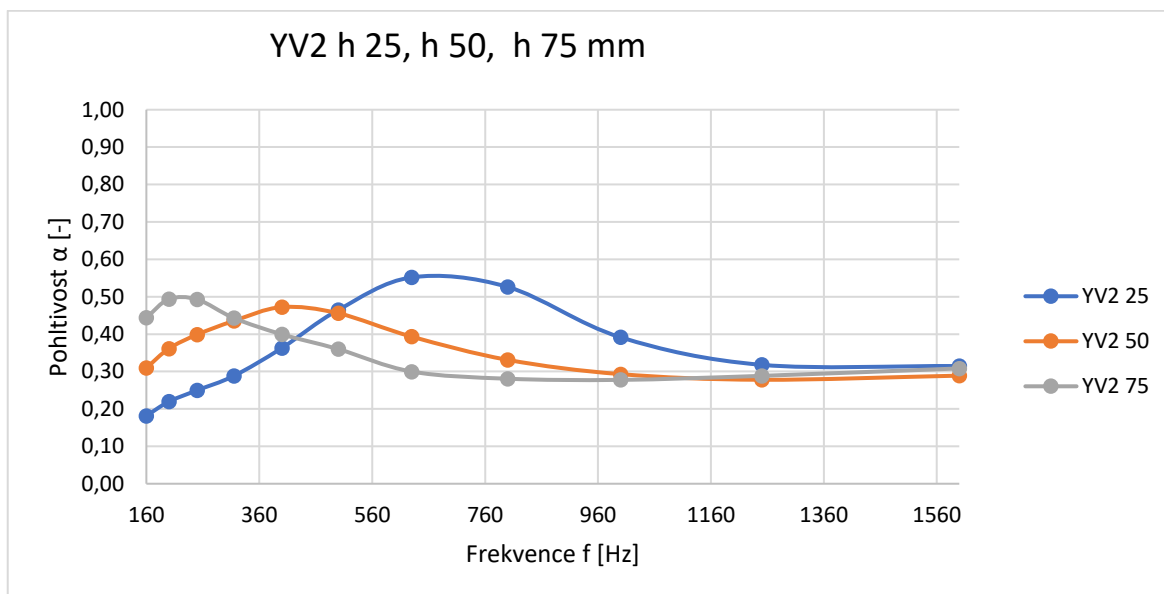
Graf 67: α [-] pro vzorek YV

Z grafu č.68 vidíme, že v průměru vykazuje vzorek YV1 lepší vlastnosti a při frekvenci 630 Hz dosahuje pohltivosti α hodnoty 0,47. Při zvyšující se frekvenci hodnota pohltivosti klesne na hodnotu α 0,35. Vzorek YV1 má zpočátku vyšší hodnotu pohltivosti a při frekvenci 200 až 315 Hz dosahuje pohltivosti α 0,54, ale se stoupající frekvencí klesne pod hodnotu α 0,30.



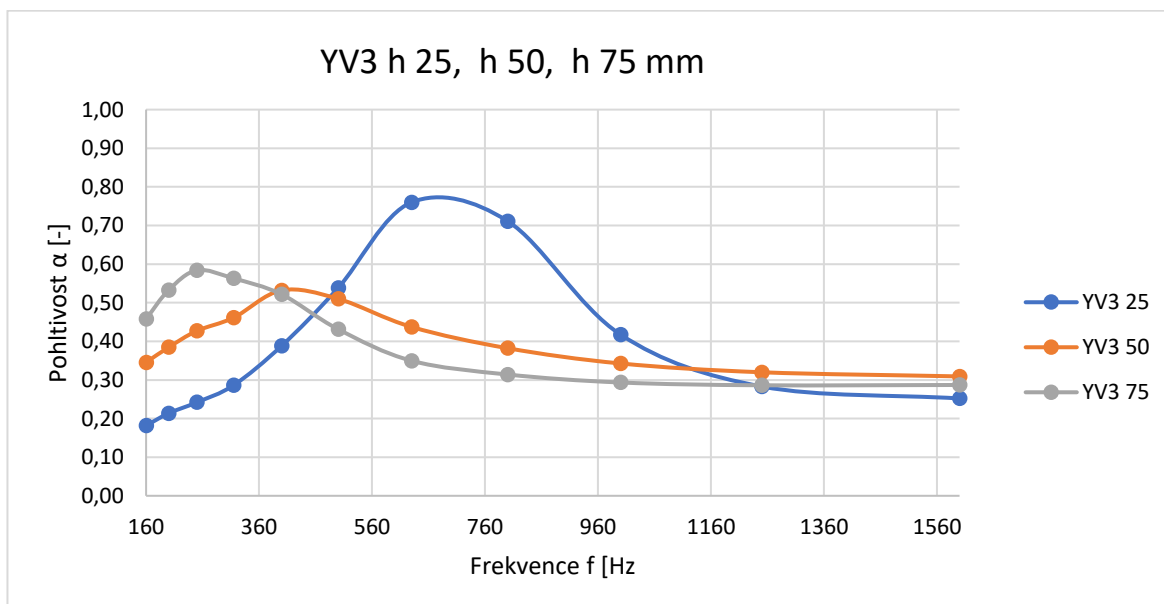
Graf 68: α [-] pro vzorek YV1

Na vzorku č.69 vychází hodnota pohltivosti nejlépe u vzorku YV2. Při frekvenci 630 Hz dosahuje pohltivosti α 0,55. Nejnižších hodnot dosahuje vzorek YV2 75.



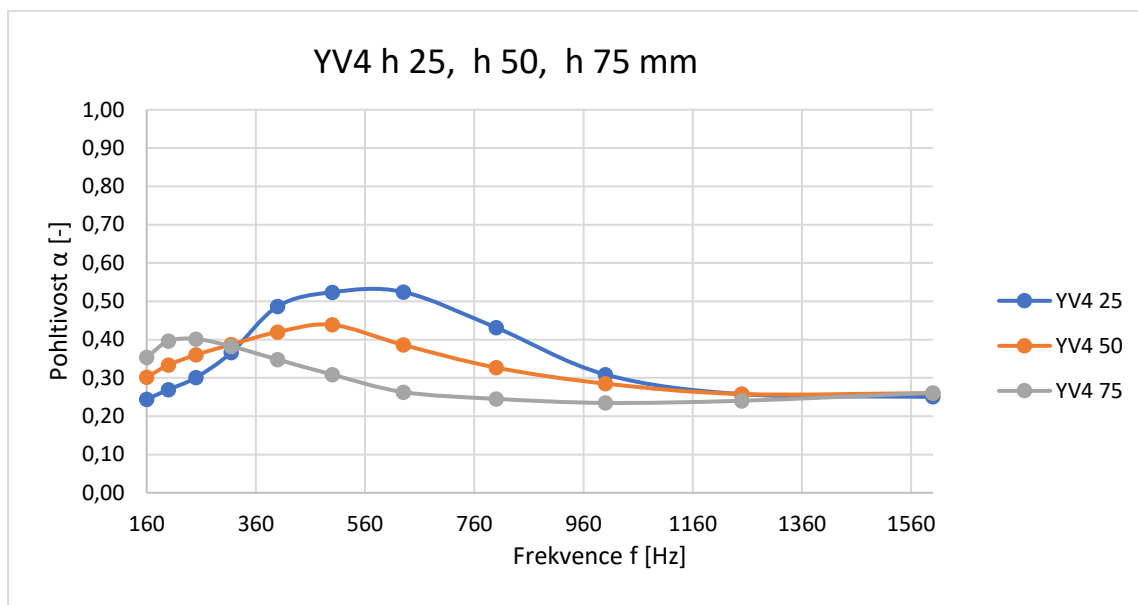
Graf 69: α [-] pro vzorek YV2

Z grafu č. 70 vidíme, že nejlepší hodnoty vykazuje vzorek YV3 25. Při frekvenci 630 Hz dosahuje pohltivosti α 0,71. Nejhůře vychází vzorek YV3 75.



Graf 70: α [-] pro vzorek YV3

Na grafu č. 71 nejlépe v pohltivosti vychází vzorek YV4 25. Při frekvenci 500 až 630 Hz dosahuje pohltivosti α 0,52. Nejhuře vychází vzorek YV4 75.



Graf 71: α [-] pro vzorek YV4

4.5.6 Vzorky s plnivem kočkolit

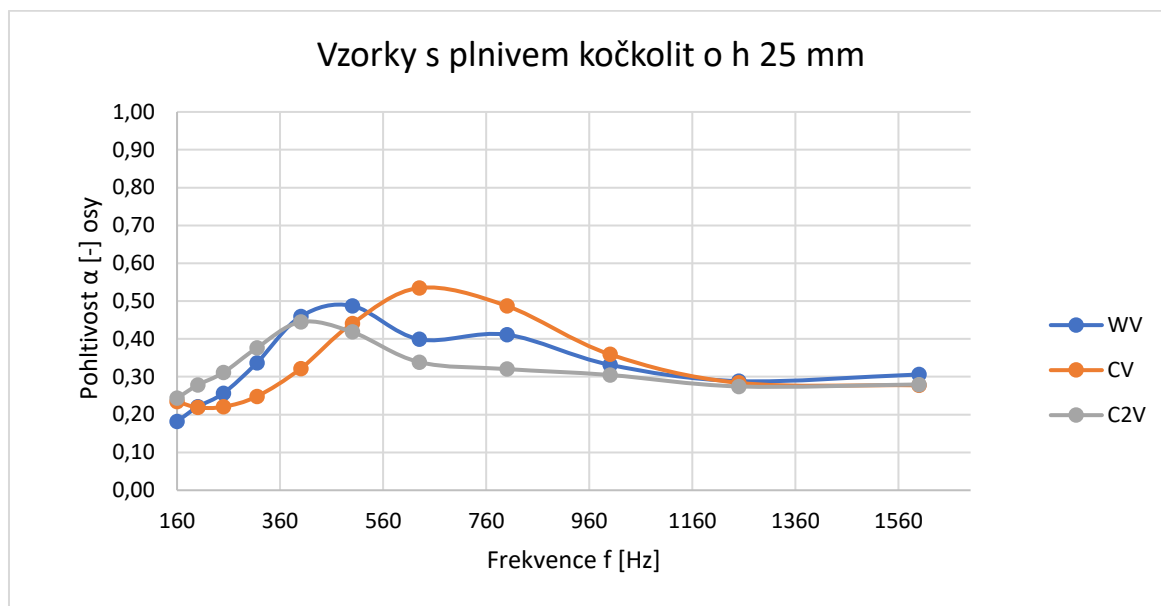
Do této skupiny byly zařazeny vzorky, u kterých je jako plnivo zvoleno běžně dostupné hygienické stelivo. Přehled jednotlivých složení vzorků ve skupině je uveden v tabulce č. 131. Zde bylo u vzorků dáno stejné množství mikrosférky, při různých poměrech vláken lnu a Kočkolitu.

Tabulka 131: Přehled složení vzorků s plnivem Kočkolit

Vzorek	Cement L_k	Aktivátor	Mikrosférka	Len	Kočkolit	Hliník
WV	1000 g	900 g	100 g	x	100 g	10 g
CV	1000 g	900 g	100 g	50 g	50 g	10 g
C2V	1000 g	900 g	100 g	60 g	100 g	10 g

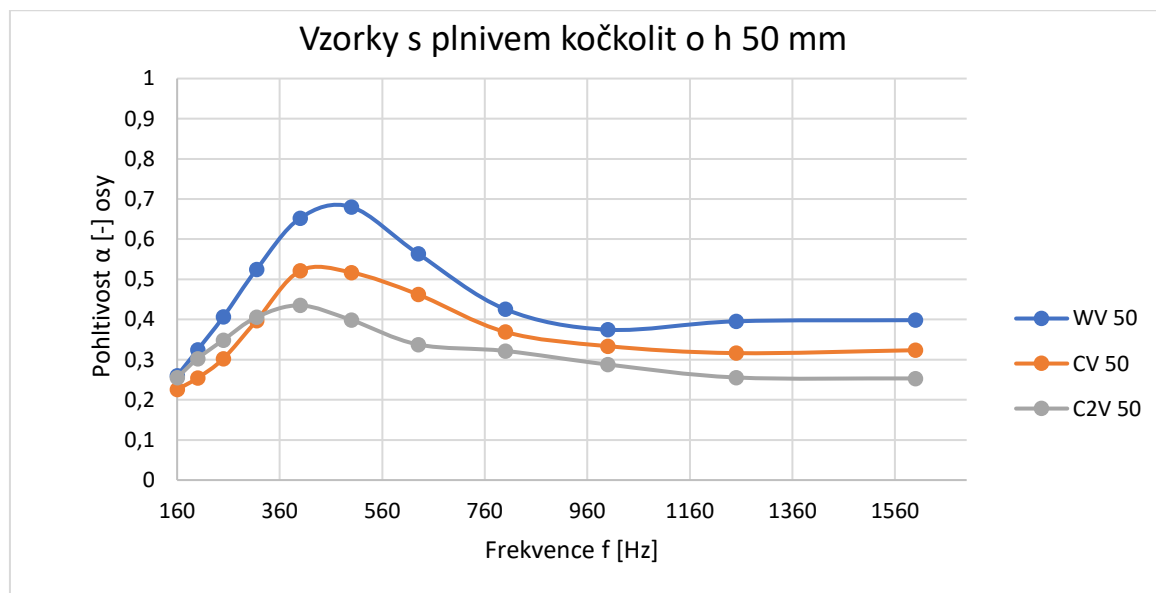
Naměřené hodnoty pro různé tloušťky materiálu jsou vyobrazeny v následujících grafech. Získaná data z měření jsou uvedena v příloze. První skupina grafů ukazuje průběh jednotlivých frekvencí u všech vzorků měřených pro jednu tloušťku všech vzorků s plnivem kočkolit.

Na grafu č.73 nejlepších výsledků dosahuje vzorek CV. Má sice pozdější nástup pohltivosti ale při frekvenci 630 Hz dosahuje hodnot α 0,53. Při zvyšování frekvence hodnota α na hodnotu 0,28. Nejhůře dopadl vzorek C2V.



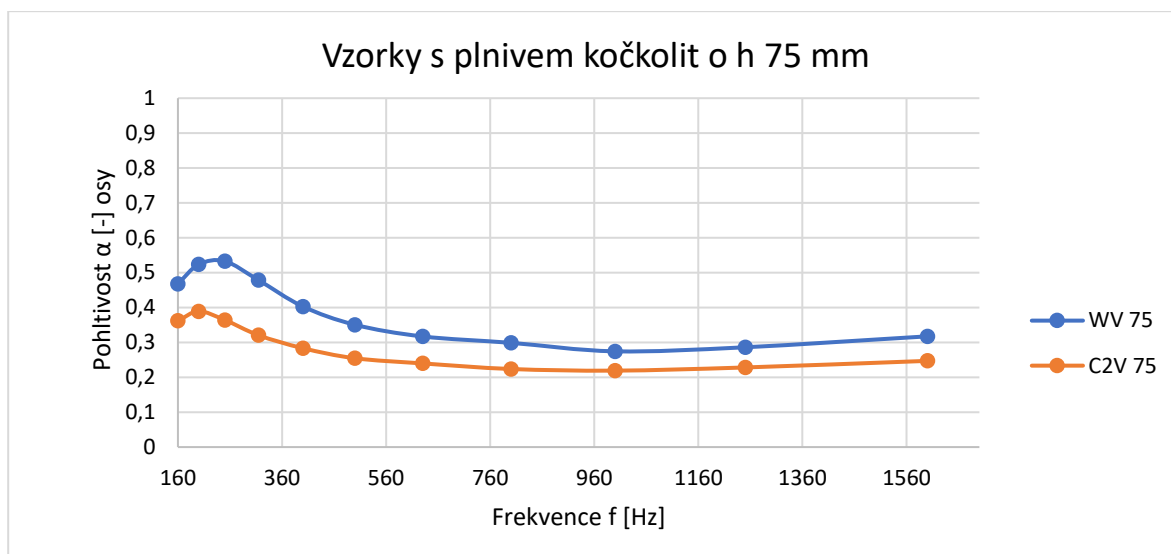
Graf 72: α [-] pro vzorky h 25 mm

Na grafu č.74 je vidět jednoznačně nejlepší výsledek u vzorku WV 50. Nejlepší hodnoty pohltivosti α 0,68 dosahuje při frekvenci 500 Hz. Nejhůře vycházejí hodnoty u vzorku C2V.



Graf 73: α [-] pro vzorky h 50 mm

Na grafu č.75 nejlépe vychází vzorek WV 75. Nejvyšších hodnot pohltivosti α 0,53 dosahuje při frekvenci 250 Hz. Nejhorší je vzorek C2V.

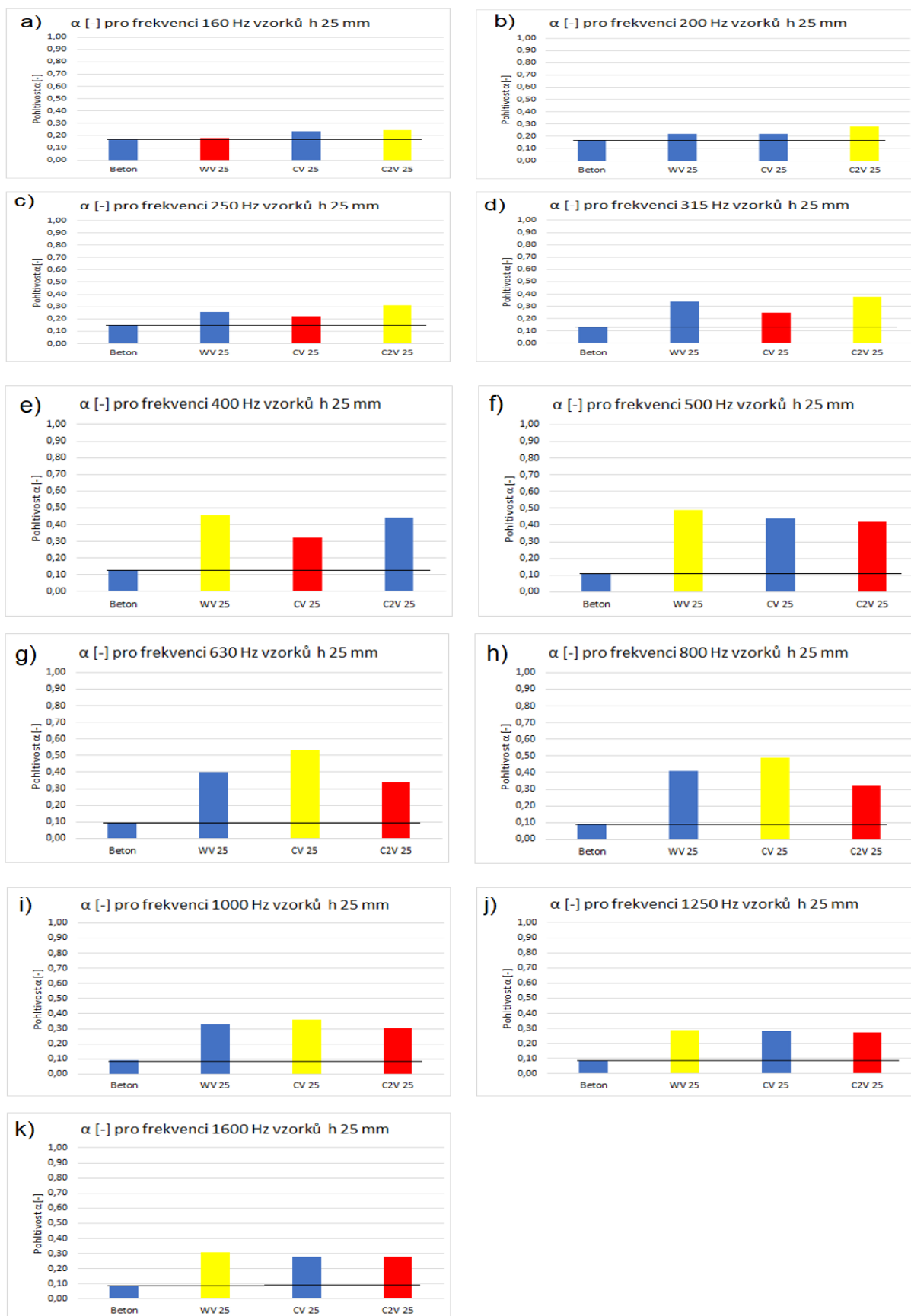


Graf 74: α [-] pro vzorky h 75 mm

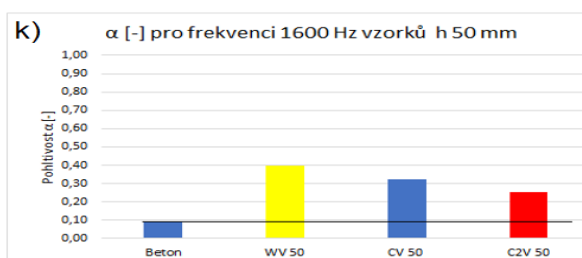
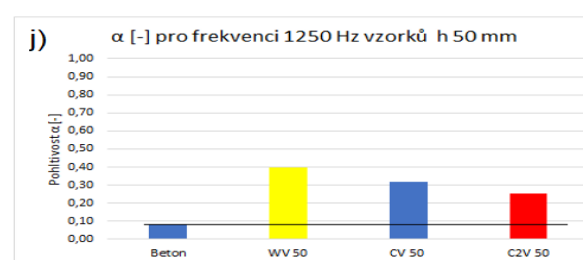
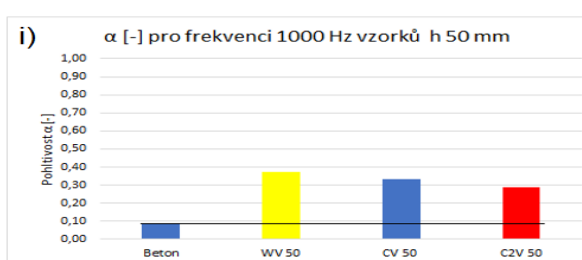
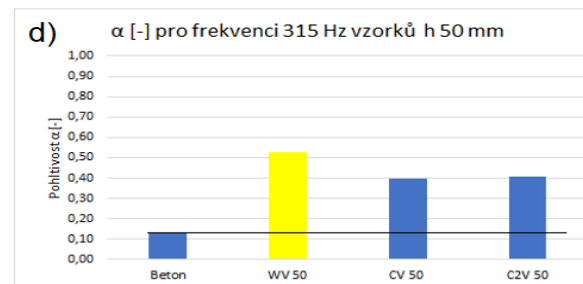
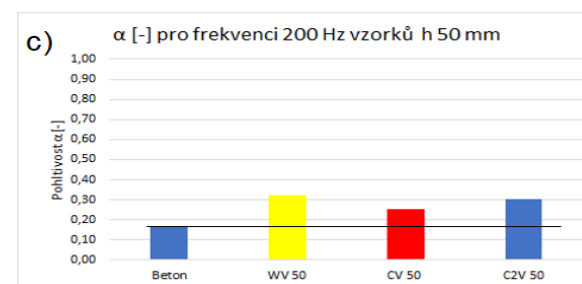
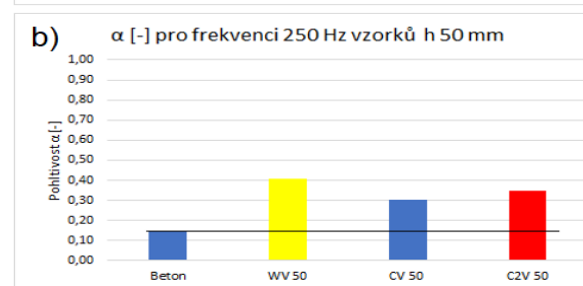
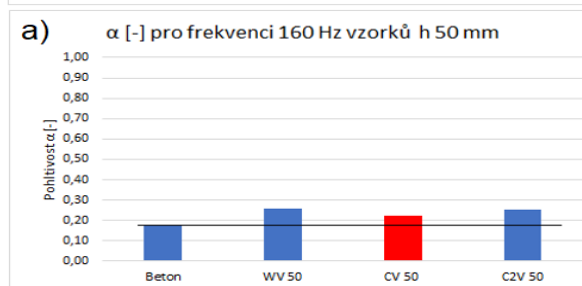
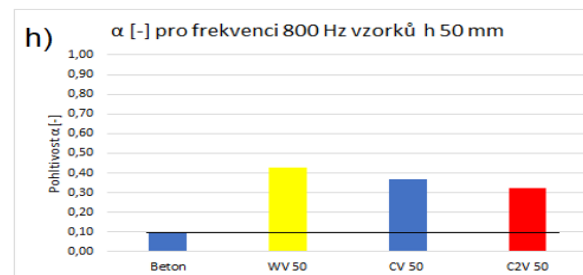
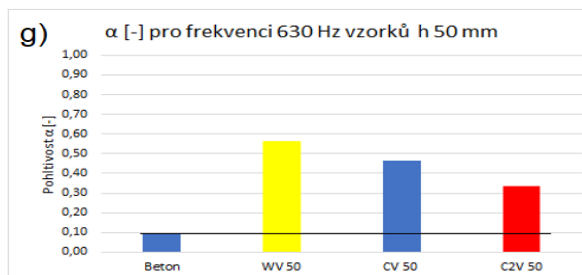
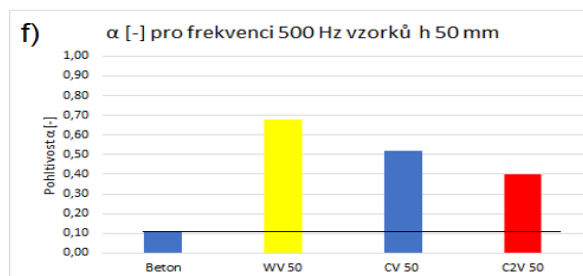
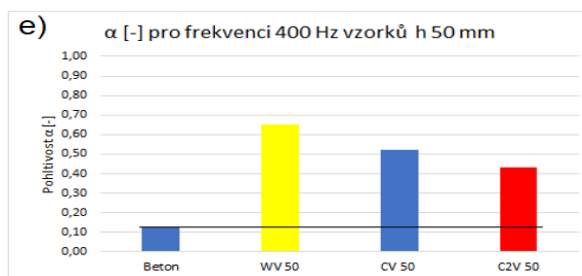
V následujících grafech jsou znázorněny výsledky vzorků po jednotlivých frekvencích. V každém grafu jsou zvýrazněny žlutě vzorky, které vyšly pro tu danou frekvenci s nejvyšší hodnotou pohltivosti. Červeně jsou označeny vzorky, kterým vyšla měření pohltivosti pro danou frekvenci nejhorší. Ve všech třech souborech grafů u jednotlivých frekvencí je uvedena pro porovnání hodnota pohltivosti betonu a je na ní zakreslena černě rovnoběžně s osou x.

V první sérii výsledků, graf č. 76, jsou znázorněny naměřené pohltivosti po jednotlivých frekvencích pro tloušťku vzorků h 25 mm. Z jednotlivých grafů lze vyčíst, že pro h 25 mm nejlépe vyšly frekvence e) 400 Hz a g) 630 Hz. Pohltivost nad 0,30 byla u vzorků dosažena v rozmezí 400–1000 Hz. Nejhůře dopadly v našem rozsahu frekvence velmi nízké do c) 250 Hz. Nejlepších hodnot dosahuje u jednotlivých frekvencí vzorek WV s hodnotami α 0,34-0,49 v rozsahu frekvencí 400-800 Hz. Následován je hned směsí CV s hodnotami α 0,31-0,53 v rozsahu frekvencí 250-1000 Hz.

Pro frekvence naměřené u tloušťky vzorků 50 mm, graf č. 77, vychází nejlépe frekvence od 315 Hz do 500 Hz, kdy hodnoty neklesají pod α 0,40. Nejvyšších hodnot se dosahuje na snímku e) 400 Hz hned následován f) 500 Hz a d) 315 Hz. Celkově nejhůře vychází vzorek CV2 s nejvýše dosaženou pohltivostí 0,43 e) 400 Hz. Nejvyšších hodnot pohltivosti dosáhl vzorek WV s α nad 0,65. u dvou frekvencí e) a f).

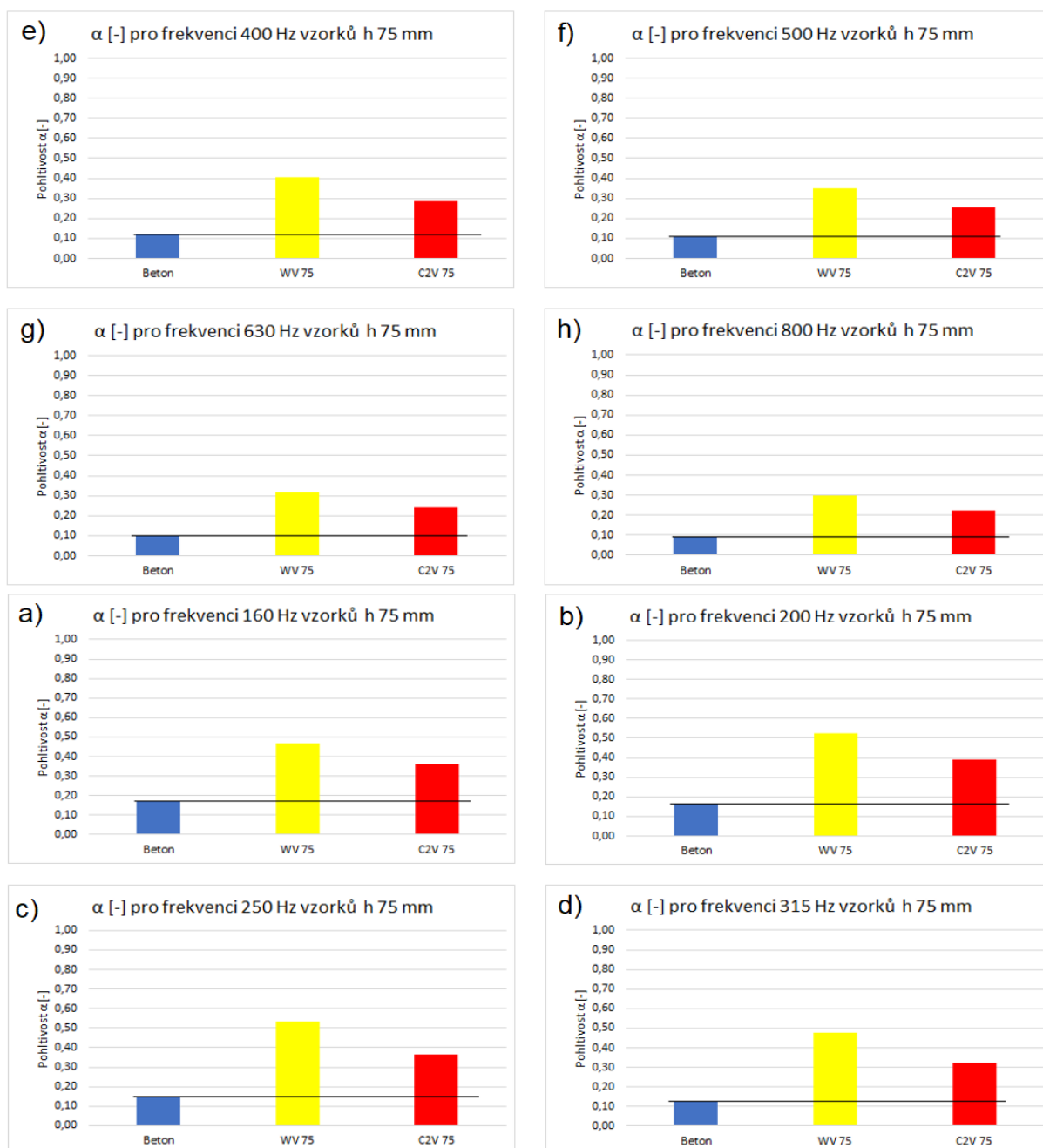


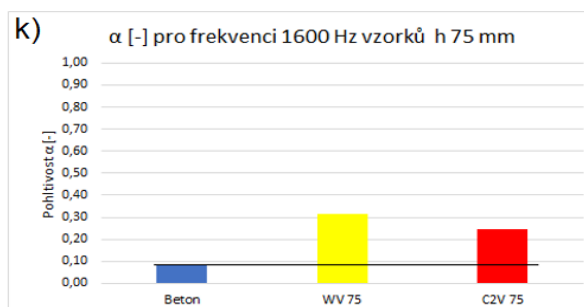
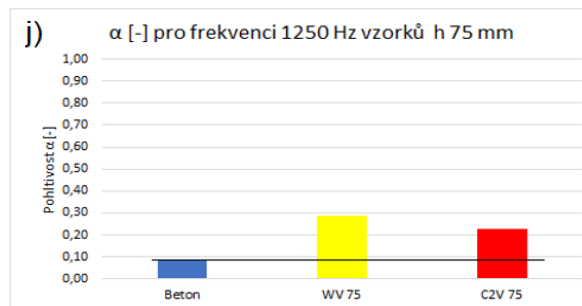
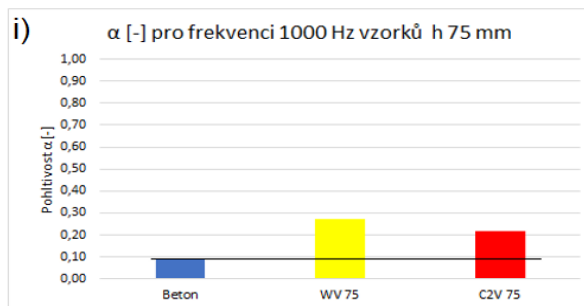
Graf 75: Vzorky Kočkolit h 25 mm a) 160 Hz, b) 200 Hz, c) 250 Hz, d) 315 Hz, e) 400 Hz, f) 500 Hz, g) 630 Hz, h) 800 Hz, i) 1000 Hz, j) 1250 Hz, j) 1600 Hz



Graf 76: Vzorky Kočkolit, h 50 mm a) 160 Hz, b) 200 Hz, c) 250 Hz, d) 315 Hz, e) 400 Hz, f) 500 Hz, g) 630 Hz, h) 800 Hz, i) 1000 Hz, j) 1250 Hz, j) 1600 Hz

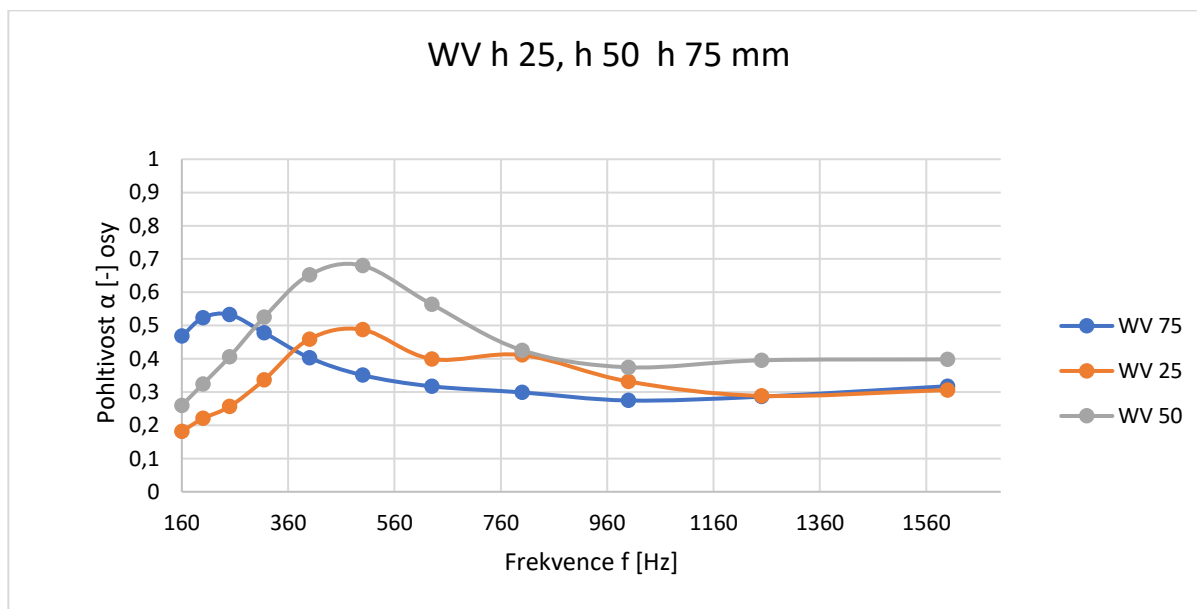
Ve třetí sérii výsledků v grafu č. 78, jsou znázorněny naměřené pohltivosti po jednotlivých frekvencích pro tloušťku vzorků 75 mm. Z jednotlivých grafů lze vyčíst, že pro h 75 mm nejlépe vyšly nízké frekvence a) 160–f) 315 Hz, kdy hladina pohltivosti neklesá pod 0,32. Nejvyšších hodnot ze všech vzorků bylo dosaženo u frekvence c) 250 Hz a b) 200 Hz, kde u vzorku WV, je pohltivost 0,53 a u vzorku C2V α 0,36. Nejhůře dopadly vyšší frekvence v rozsahu 1000–1250 Hz, kde vzorky nepřesáhly ani α 0,30. Nejlépe vychází vzorek WV, kdy neklesá u žádné frekvence pod α 0,27.





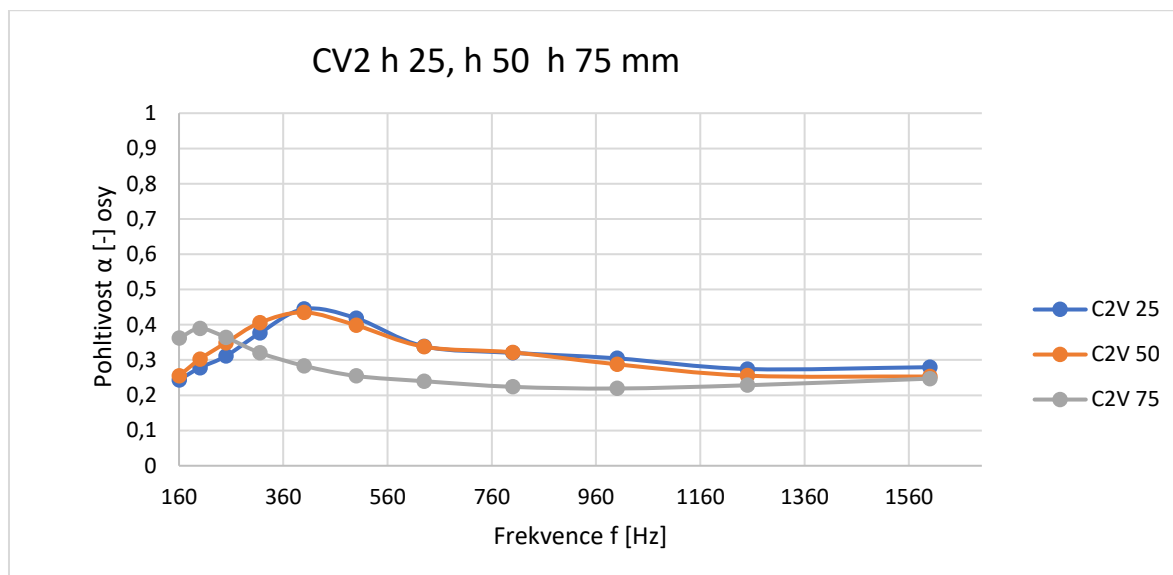
Graf 77: Vzorky Kočkolit, h 75 mm a) 160 Hz, b) 200 Hz, c) 250 Hz, d) 315 Hz, e) 400 Hz, f) 500 Hz, g) 630 Hz, h) 800 Hz, i) 1000 Hz, j) 1250 Hz, j) 1600 Hz

Následující grafy č. 79–81 nám představí naměřenou akustickou pohltivost jednotlivých vzorků vyrobených pro tloušťky 25, 50 a 75 mm. Na grafu č.79 nejlepšího výsledku dosáhl vzorek WV 50. Nejvyšší hodnoty pohltivosti α 0,68 dosahuje při frekvenci 500 Hz. Nejhůře dopadl vzorek WV 75.



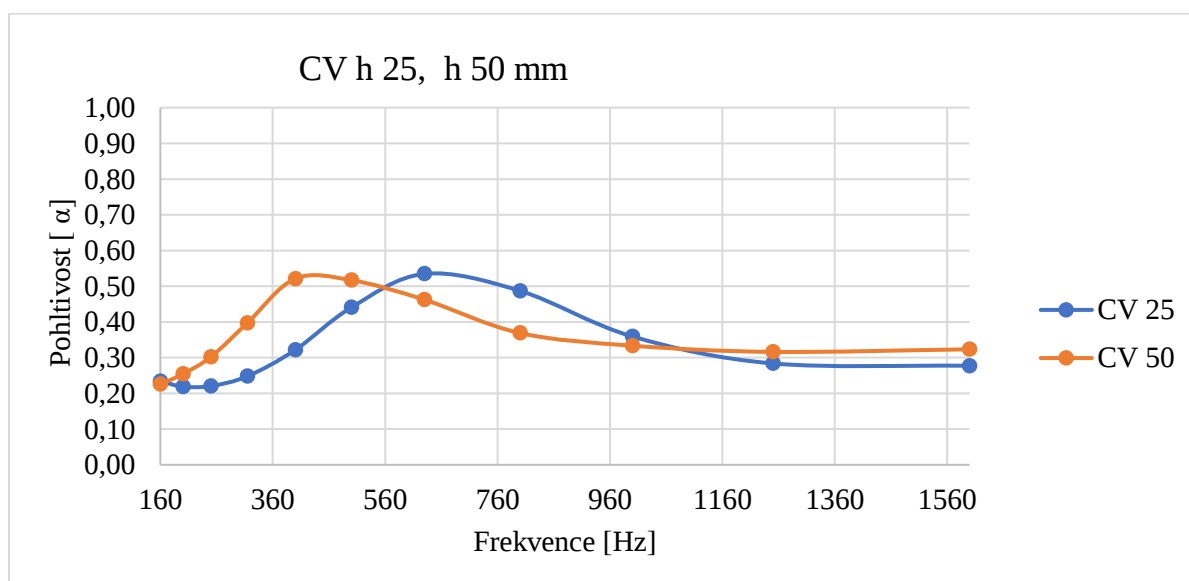
Graf 78: α [-] pro vzorek WV

Na grafu č. 80 skoro totožného výsledku v hodnotách pohltivosti dosáhly vzorky C2V25 a C2V 50. Nejvyšších hodnot pohltivosti α 0,44 dosáhly při frekvenci 400 Hz. Nejhorší výsledky vykazuje vzorek C2V 75



Graf 79: α [-] pro vzorek CV2

Na grafu č.81 lepšího výsledku dosahuje vzorek CV 25.Největší hodnoty pohltivosti α 0,53 dosahuje při frekvenci 630 Hz. Vzorek CV 50 dosahuje nejvyšší pohltivosti α 0,52 při frekvencích 400 až 500 Hz. Po dosažení frekvence 1000 Hz a vyšší vykazuje hodnotu pohltivosti α 0,32.



Graf 80: α [-] pro vzorek CV

4.5.7 Vzorky s plnivem samotná mikrosférka a šamot

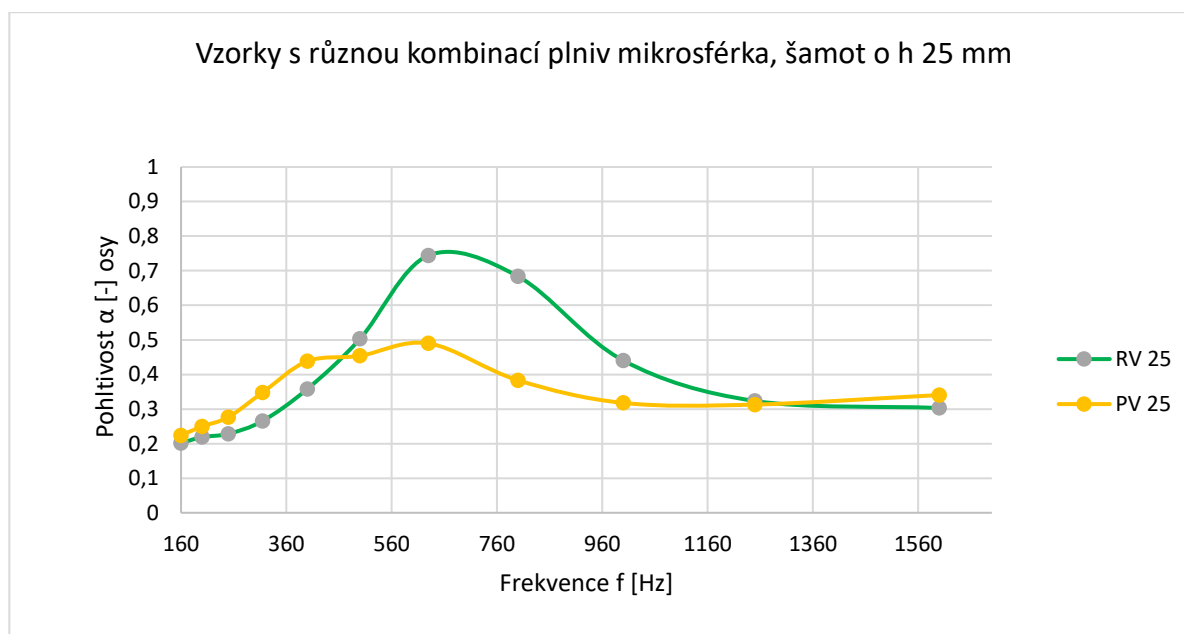
Do této skupiny byly zařazeny vzorky, u kterých je jako plnivo zvolena pouze mikrosférka, nebo pouze šamot. Přehled jednotlivých složení vzorků ve skupině je uveden v tabulce č. 132

Tabulka 132: Přehled složení vzorků s plnivem Mikrosférka, Šamot

Vzorek	Cement L_k	Aktivátor	Písek	Mikrosférka	Šamot	Hliník
PV	1000 g	900 g	x	200 g	150 g	10 g
RV	1000 g	900 g	x	500 g	x	10 g

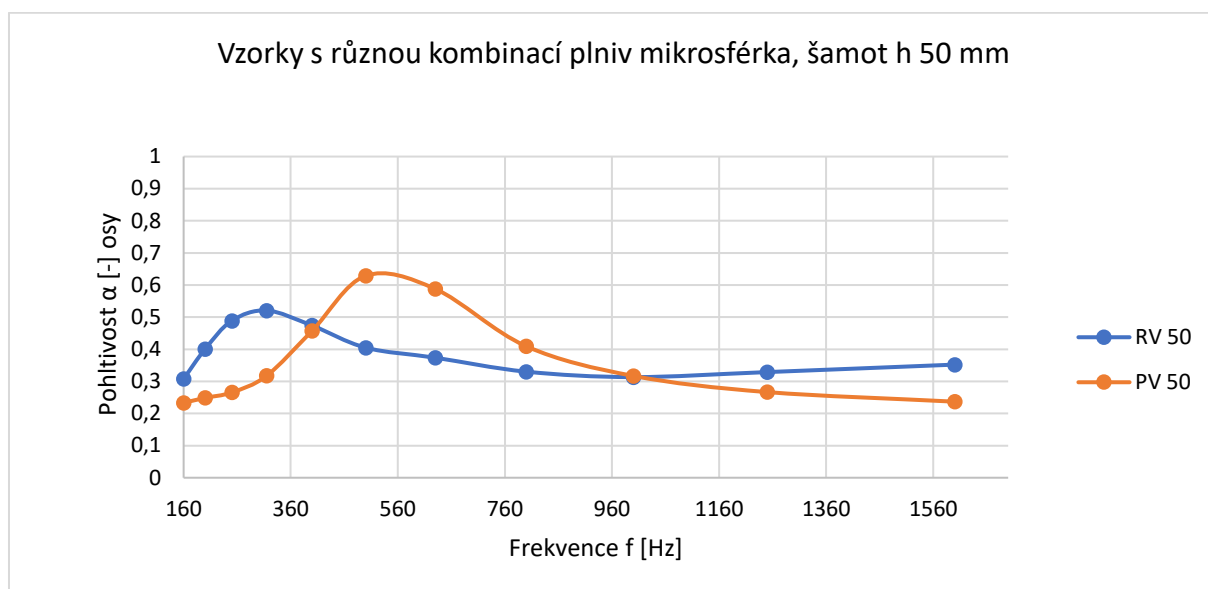
Naměřené hodnoty pro různé tloušťky materiálu jsou vyobrazeny v následujících grafech. Získaná data z měření jsou uvedena v příloze. První skupina grafů ukazuje průběh jednotlivých frekvencí u všech vzorků měřených pro jednu tloušťku všech vzorků s plnivem mikrosférka a šamot.

Na grafu č.82 dominuje v dosažené hodnotě pohltivosti α 0,74 vzorek RV 25 při frekvenci 630 Hz. Nejvyšší hodnota druhého vzorku je α 0,49 při frekvenci 630 Hz.



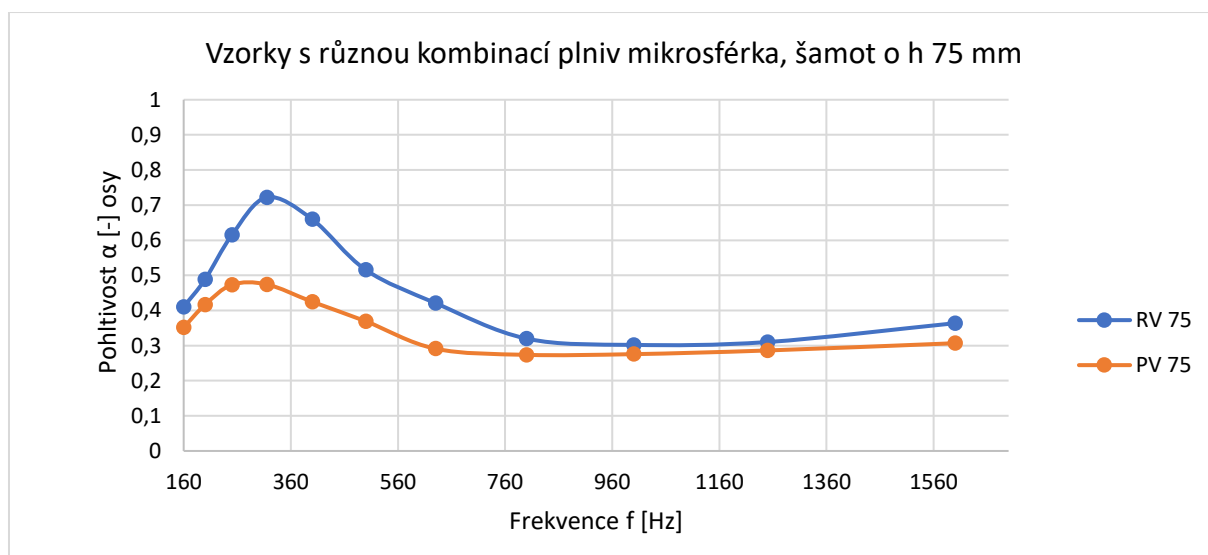
Graf 81: α [-] pro vzorky h 25 mm

Na grafu č. 83 dosahuje lepších výsledků vzorek PV 50. Při frekvenci 500 HZ dosahuje pohltivosti α 0,63. Horší výsledky má vzorek RV 50.



Graf 82: α [-] pro vzorky h 50 mm

Na grafu č.84 má při všech zkoumaných frekvencích lepší pohltivost vzorek RV 75. Nejvyšších hodnot α 0,75 dosahuje při frekvenci 315 Hz. Horší výsledky má vzorek PV 75.



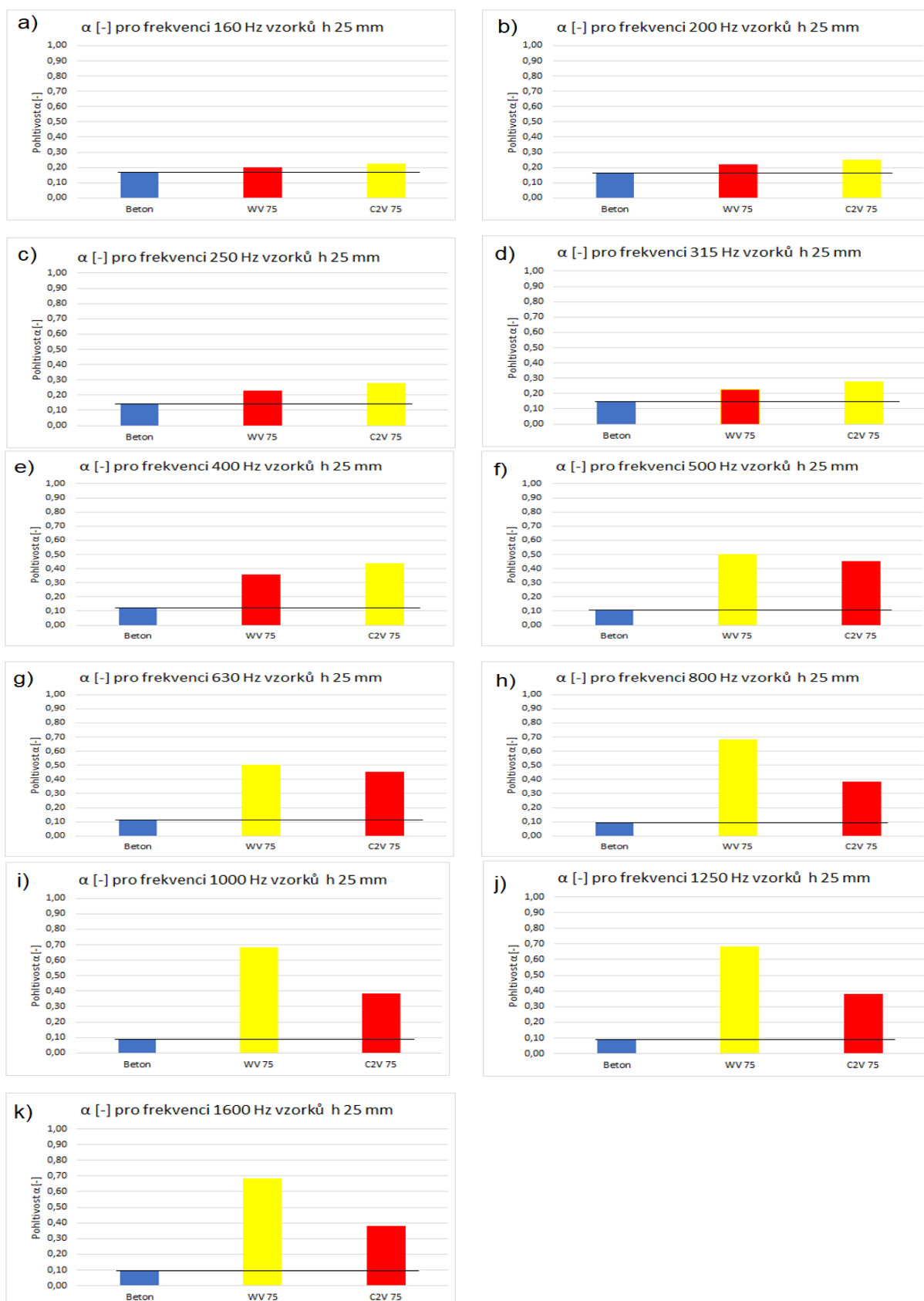
Graf 83: α [-] pro vzorky h 75 mm

V následujících grafech jsou znázorněny výsledky vzorků po jednotlivých frekvencích. V každém grafu jsou zvýrazněny žlutě vzorky, které vyšly pro tu danou frekvenci s nejvyšší hodnotou pohltivosti. Červeně jsou označeny vzorky, kterým vyšla měření pohltivosti pro danou frekvenci nejhorší. Ve všech třech souborech grafů u jednotlivých frekvencí je uvedena pro porovnání hodnota pohltivosti betonu a je na ní zakreslena černě rovnoběžně s osou x.

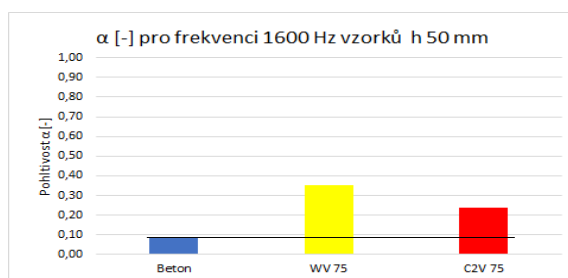
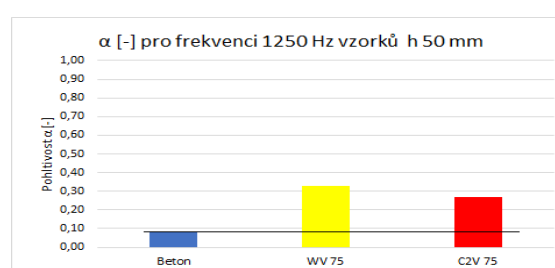
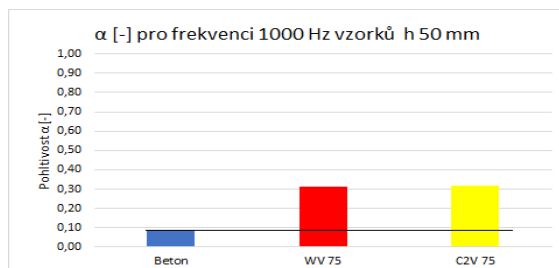
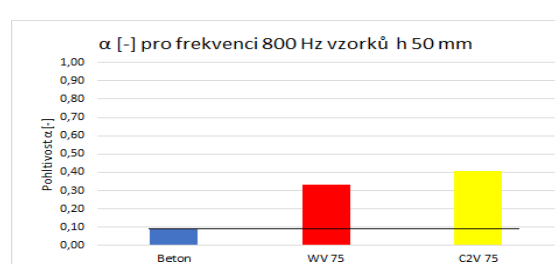
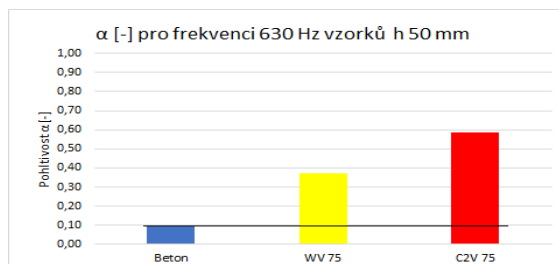
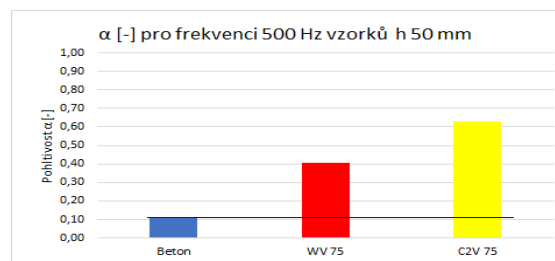
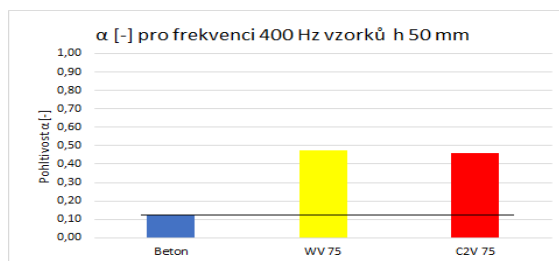
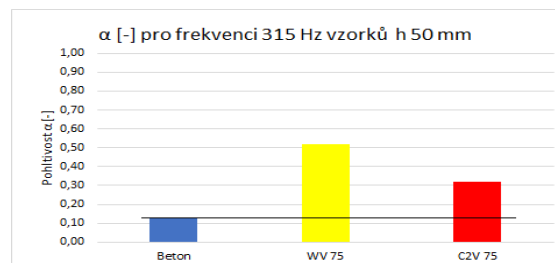
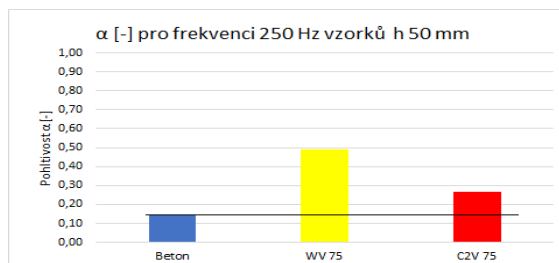
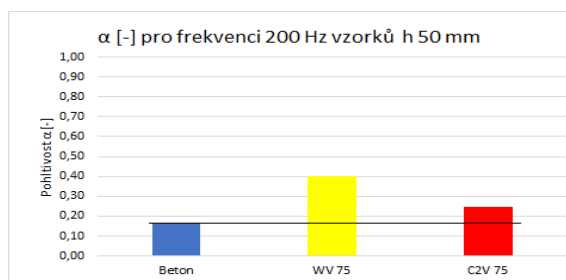
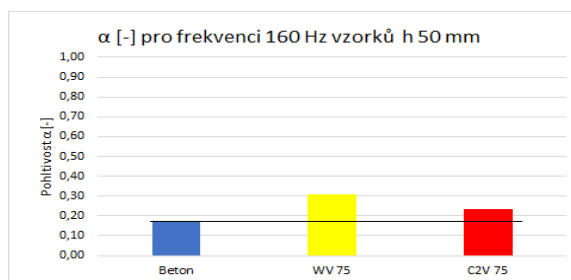
V první sérii výsledků, graf č. 85, jsou znázorněny naměřené pohltivosti po jednotlivých frekvencích pro tloušťku vzorků h 25 mm. Z jednotlivých grafů lze vyčíst, že pro h 25 mm nejlépe vyšly frekvence e) 400 Hz a k) 1600 Hz, kdy neklesla pohltivost pod 0,30. Nejhůře dopadly v našem rozsahu frekvence velmi nízké do c) 250 Hz. Nejlepších hodnot dosahuje vzorek RV s rozsahem hodnot α 0,31-0,49 u frekvencí 400-1000 Hz. Následován je hned směsí PV s s rozsahem hodnot α 0,31-0,53 u frekvencí 250-1000 Hz.

Pro frekvence naměřené u tloušťky vzorků 50 mm, graf č. 86, vychází nejlépe frekvence 500 Hz, kdy hodnoty neklesají pod α 0,41. Nejvyšších výsledků měření se dosahuje na snímcích e) 400 Hz a d) 315 Hz. Nejvyšších hodnot pohltivosti dosáhl vzorek PV s α 0,63 na f) 400 Hz. Celkově dosahuje nejlepších výsledků mezi f 400 až 800 Hz, kdy neklesne hodnota α pod 0,41. Vzorek RV dosáhl nejvyšší pohltivosti 0,52 na snímku d) 315 Hz a dosahuje nejlepších výsledků mezi f 200 až 500- Hz, kdy neklesne hodnota α pod 0,41.

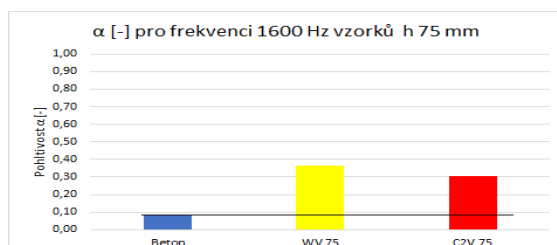
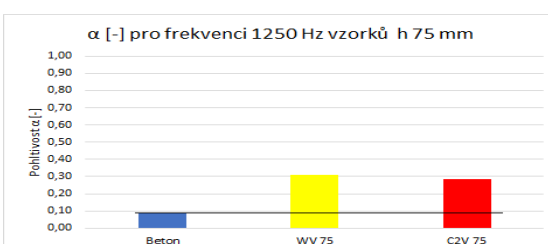
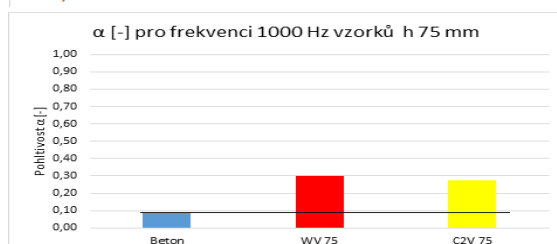
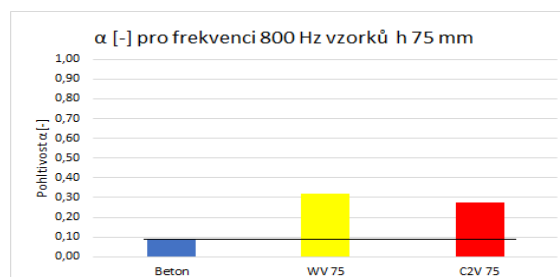
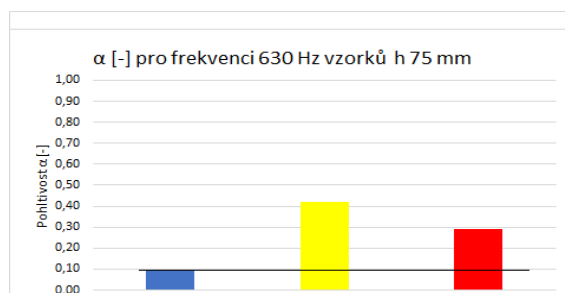
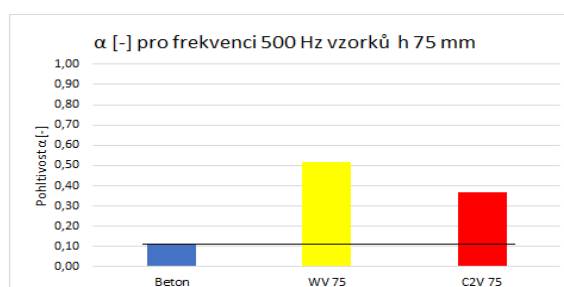
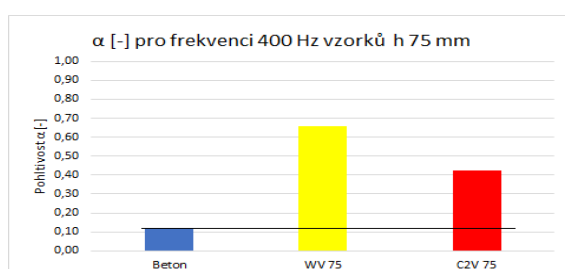
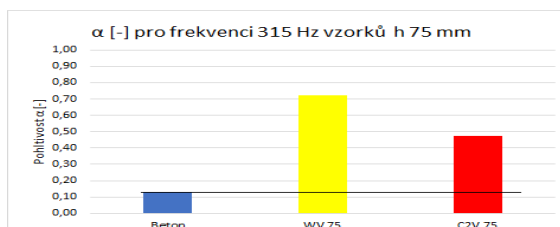
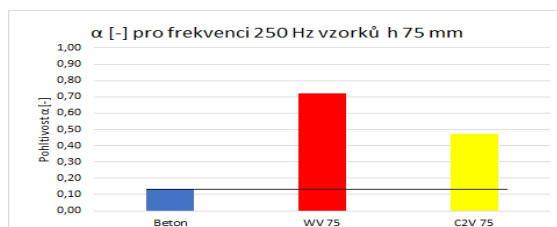
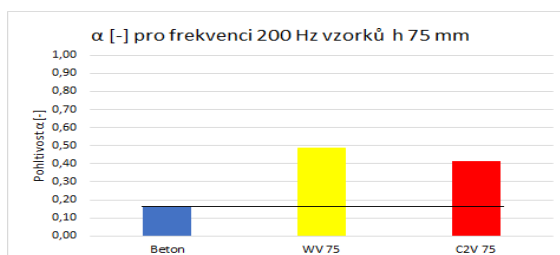
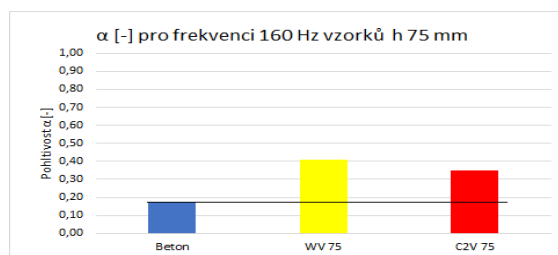
Ve třetí sérii výsledků v grafu č. 87, jsou znázorněny naměřené pohltivosti po jednotlivých frekvencích pro tloušťku vzorků 75 mm. Z jednotlivých grafů lze vyčíst, že pro h 75 mm nejlépe vyšly frekvence b) 200–f) 500 Hz, kdy hladina pohltivosti neklesá pod 0,37. Nejvyšších hodnot u vzorků bylo dosaženo na frekvenci d) 315 Hz, kde u vzorku RV, je pohltivost 0,72 a u vzorku PV α 0,47. Následují frekvence c) 230 Hz a e) 400 Hz.



Graf 84: Vzorky mikrosférika a šamot, h 25 mm a) 160 Hz, b) 200 Hz, c) 250 Hz, d) 315 Hz, e) 400 Hz, f) 500 Hz, g) 630 Hz, h) 800 Hz, i) 1000 Hz, j) 1250 Hz, j) 1600 Hz

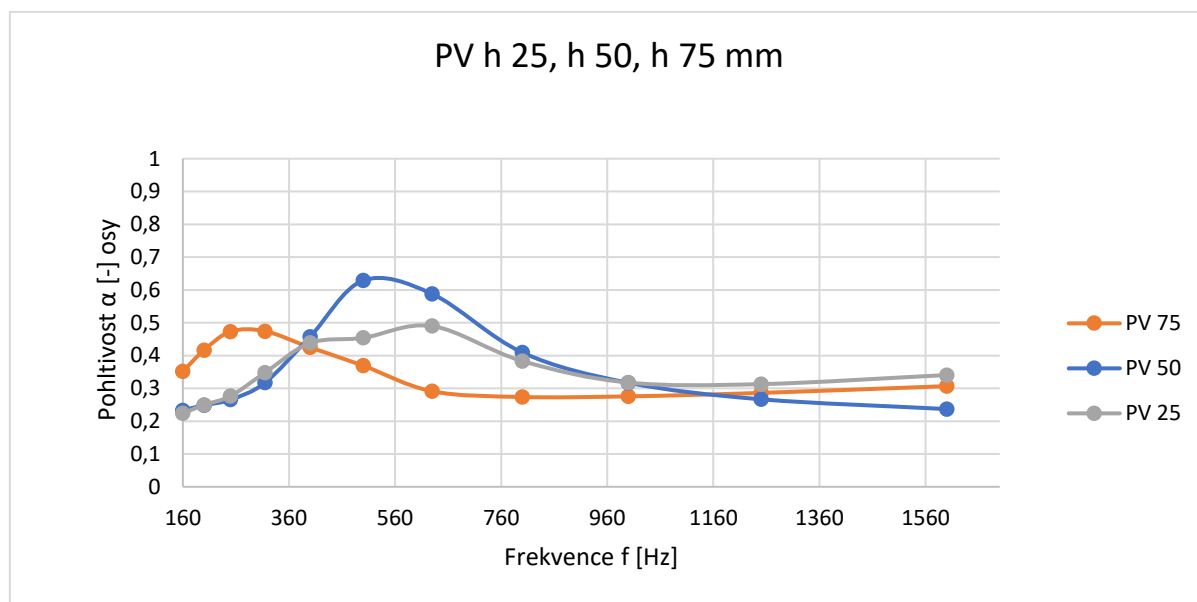


Graf 85: Vzorky mikrosférka a šamot t, h 50 mm a) 160 Hz, b) 200 Hz, c) 250 Hz, d) 315 Hz, e) 400 Hz, f) 500 Hz, g) 630 Hz, h) 800 Hz, i) 1000 Hz, j) 1250 Hz, j) 1600 Hz



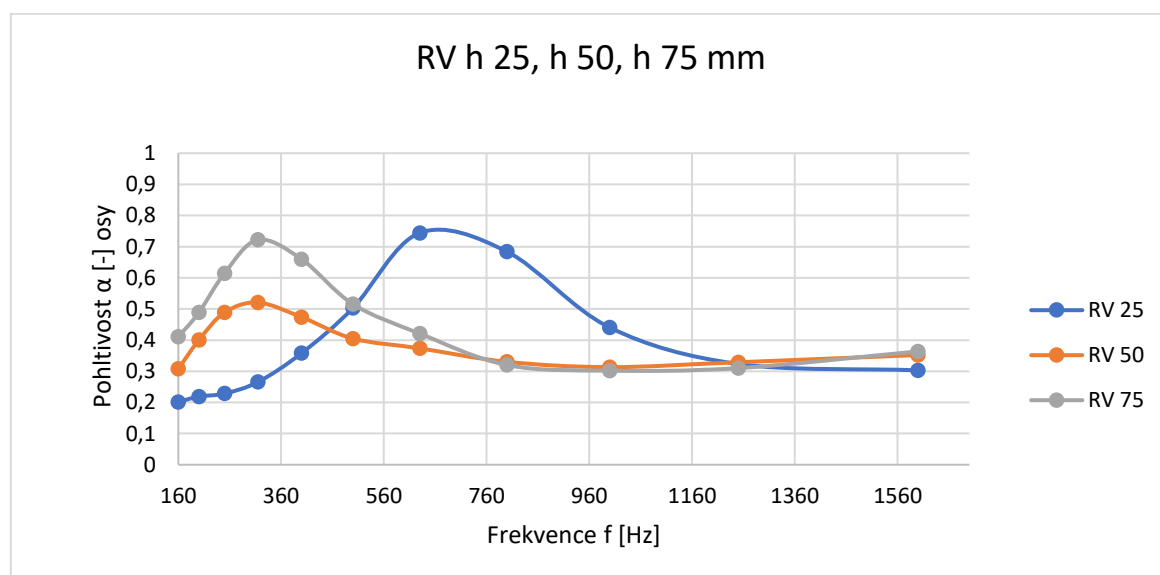
Graf 86Graf 85: Vzorky mikrosférka a šamot t, h 75 mm a) 160 Hz, b) 200 Hz, c) 250 Hz, d) 315 Hz, e) 400 Hz, f) 500 Hz, g) 630 Hz, h) 800 Hz, i) 1000 Hz, j) 1250 Hz, j) 1600 Hz

Následující grafy č. 88 a 89 nám představí naměřenou akustickou pohltivost jednotlivých vzorků vyrobených pro tloušťky 25, 50 a 75 mm. Na grafu č.88 nejvyšších hodnot pohltivosti dosahuje vzorek PV 50. Při frekvenci 500 Hz dosahuje pohltivosti α 0,63. Nejhorší průměrné hodnoty má vzorek PV 75.



Graf 87: α [-] pro vzorek PV

Na grafu č.89 nejvyšších hodnot pohltivosti dosahuje vzorek RV 25. Při frekvenci 630 Hz dosahuje pohltivosti α 0,74. Vzorek RV 50 dosahuje své nejvyšší pohltivosti α 0,52 při frekvenci 315 Hz. Nejhorší výsledky má vzorek RV 50.

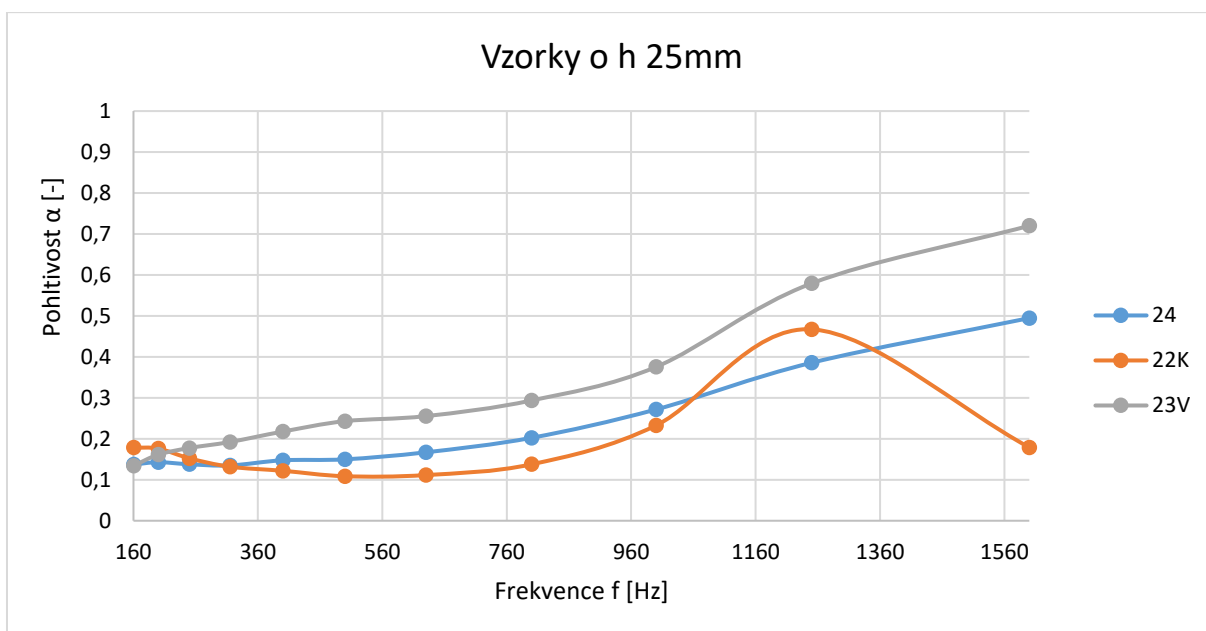


Graf 88: α [-] pro vzorek RV

4.5.8 Vzorky s plnivem popílek, piliny

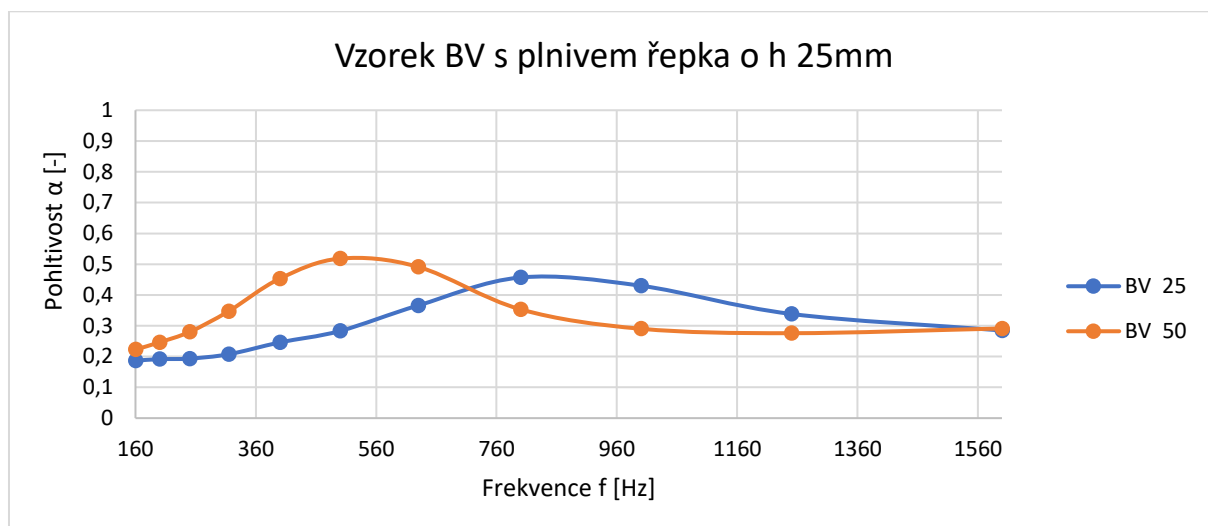
Do této skupiny byly zařazeny vzorky, u kterých je jako plnivo řepka olejka, popílek a piliny. Piliny jsou ze smrkového a modřínového dřeva. Vzorek BV má jako plnivo šamot a řepku, vzorky 22K a 23V obsahují jako plnivo písek a popílek a vzorek 24K obsahuje piliny a písek.

Naměřené hodnoty pro různé tloušťky materiálu jsou vyobrazeny v následujících grafech. Získaná data z měření jsou uvedena v příloze. Na prvním grafu č. 90 je znázorněn průběh jednotlivých frekvencí u všech vzorků měřených pro jednu tloušťku 25 mm. V druhém grafu je možnost vidět porovnání dvou naměřených tlouštěk vzorku BV. Tabulka se složením jednotlivých prvků je k nahlédnutí v kapitole 3.3.43



Graf 89: α [-] pro vzorky h 25 mm

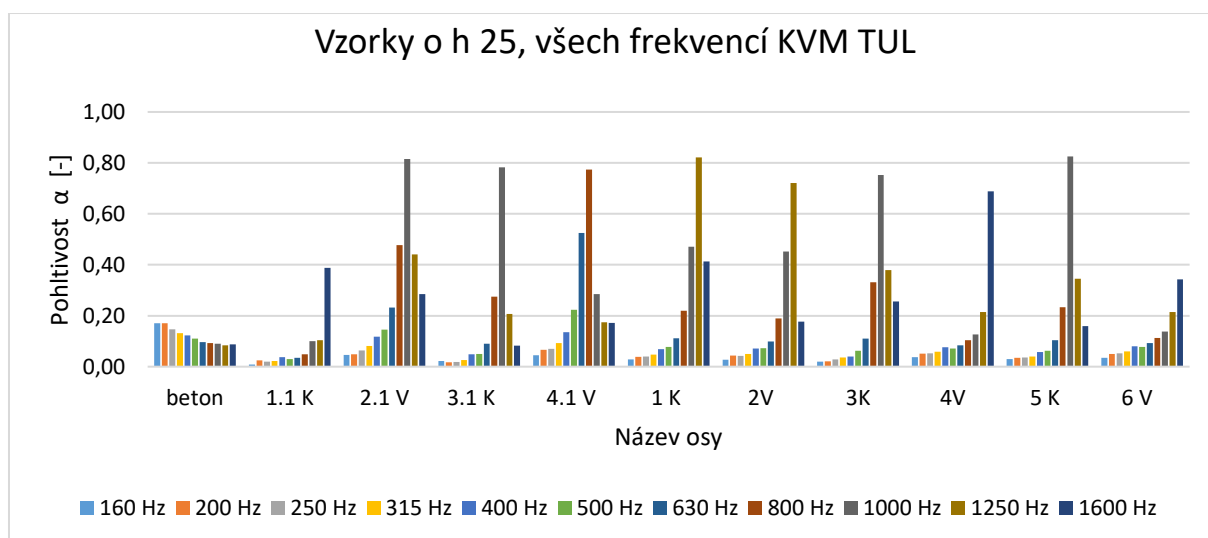
Vzorek BV je v grafu č. 90. Výška vzorku h 50 mm vyšla o něco lépe, než h 25 mm. s plnivem pilin (směs modřín, smrk). V grafu č 89 je ukázka vzorků plněných popílkem. Vyšly lépe než piliny. Nárůst pohltivosti se zvyšuje s vyššími frekvencemi. Piliny jsou spíše vyšších výsledků u nižších frekvencí.



Graf 90: α [-] pro vzorek BV

4.5.9 Vzorky měřené na KVM TUL

Na těchto vzorcích byla prováděna akustická zkouška pouze na tloušťce vzorků 25 mm s průměrem 10 mm v laboratoři na KVM FS v Liberci. Každá z laboratoří má jinou metodiku měření. Z tohoto důvodu nebyly zahrnuty do porovnávání dat z Wroclavy, Výsledky, které jsou zaznamenány v grafu č. 92 jsou znázorněny pro každý kompozit od všech frekvencí. Z grafu lze vyčíst, že hodnoty pohltivosti dosahují ve vyšších frekvencích, hodnot akustické pohltivosti kolem 0,80. Vzorek 4.1 který je pouze s mikrosférou dosahuje velmi pěkných výsledků. Nejlépe zde vyšel vzorek 2.1 V, který obsahuje tato plniva: Mikrosféra, Keramzit. Další vzorek s přijatelnými hodnotami je 1K s plnivem F3550CF a vzorek 3K s plnivem HS-5.



Graf 91: Vzorky o h 25, všech frekvencí KVM TUL

5. Diskuze výsledků

Tyto zkoušky byly brány jako prvotní testy, zda je tento geopolymerní materiál a z něho navržené kompozity využitelný z hlediska akustiky. Z tohoto důvodu bylo navrženo širší spektrum vzorků s použitím plniv, o kterých jsem se domnívala, že by mohly mít vhodný dopad na sledovaný záměr a zároveň byly vytvořeny předpoklady k průmyslovému využití odpadových surovin. Byly porovnány hodnoty pohltivosti betonu, který se dnes nejčastěji používá u výroby protihlukových stěn. Hodnoty akustické pohltivosti u betonu se pohybují kolem hodnot α 0,10 oproti zjištěným hodnotám pohltivosti u mých geopolymerních kompozitů, kde jsem se dostala na hodnoty až α 0,80. Tyto výsledky jsou z hlediska praktické aplikace ve stavebnictví velice perspektivní. Geopolymery mají několikanásobně vyšší útlumovou kapacitu a jejich výroba je zároveň podstatně šetrnější k životnímu prostředí. Jsou pevnější, odolnější k povětrnostním podmínkám a též odolnější k přímému působení vysokých teplot v porovnání s betonem.

U vzorků v mé práci byly provedeny zároveň kontrolní testy mechanických vlastností a tepelné vodivosti. Na základě zjištěných výsledků se potvrdilo, že je zde též možnost využití na výrobu protihlukových stěn. Kompozity jsem co nejvíce aditivovala se záměrem docílit co nejlepší akustické pohltivosti.

U vzorků o tloušťce 25 mm jsem nejlepších hodnot docílila u středních frekvencí. Zde se ukazuje vhodnost do záměsy použít konopí, papír ale i plniva z firmy Ciur a.s. Vzorky o tloušťce 50 mm vychází nejlépe kolem středních hodnot frekvencí. Nejlepších výsledků dosáhly opět vzorky se záměsí konopí a Ciur F2550N. Při nižších frekvencích bylo dosaženo lepších výsledků u vzorků s tloušťkou 75 mm. Nejlépe vyšla záměs s konopím.

Pohltivost materiálů je podstatně lepší při použití povrchové úpravy vzorků odpadovým korálkem, který odrazovou plochu zdrsňuje a hlukové vlny rozptýlí. Navíc je použití korálků estetickým přínosem povrchové úpravy protihlukových stěn.

Z vyhodnocení výsledků plniva konopné pazdeří vyplývá, že nejlepších výsledků dosáhla plniva jako je mikrosférka, korálek a šamot. Jsou to např. vzorky 71V, FV. Plniva s konopím u tloušťky vzorku 25 mm vycházejí nejlépe mezi frekvencemi 500 až 800 Hz. Vzorek EV s pískem dosáhl nejvyšších hodnot α 0,76. Mikrosférka, konopí FV vyšla nepatrně horší než mikrosférka-konopí α 0,61. Porovnáním obou vzorků vychází lépe písek. Oba vzorky mohou doporučit. Při záměsy vzorku pouze s jedním plnivem, jako např. Baucis, písek, Baucis mikrosférka anebo Baucis šamot tyto záměsy rovněž vykazují dobrou pohltivost geopolymérů.

Vzorky firmy CIUR a.s. u některých záměsích jako například 9V, 7V, IV a JV mají výsledky α nad 0,50, ale vždy jen v určitých tloušťkách a u některých frekvencí. Při vyhodnocování vzorků vidíme, že vždy neplatí to, že vzorek s nejvyšší tloušťkou musí mít nejvyšší pohltivost α . Výsledek

může být ovlivněn vhodným propojením záměsných materiálů tzv. synergickým efektem což dokazují například vzorky 71V, GV.

Další plnivo, o kterém se chci zmínit je keramzit. Vykazuje dobré vlastnosti v záměsu s mikrosférou a skartovaným papírem. Korek bych nedoporučila do záměsí, neboť je obtížně zpracovatelný, je lehký a neprokázalo se, že by jeho použití zásadně ovlivnilo vlastnosti záměsu. To samé platí i u kočkolitu. Naopak přidáním lnu se výsledky znatelně zlepšují.

V mém bydlišti byly nedávno nainstalovány nové betonové protihlukové stěny v úseku s oboustrannou obytnou zástavbou, kdy z jedné strany vede železnice nad úroveň zástavby a z druhé jsou domy pod tratí. Železniční trať je ještě v oblouku. Hlukové poměry se v úseku pod tratí značně zhoršily. Šíření hluku stěny nezabránilo, hluk se šíří i nadále, ale s určitým fázovým zpožděním. Z toho vyplývá, že vlastní stěny hluk pouze odrážejí, nemají žádnou pohltivost a hluk se mezi nimi tluče až se dostane přes ně a šíří se vzdušnou cestou dál do obytné zástavby. Na tomto příkladu je vidět, jakou důležitou roli pohltivost hluku má a jak je důležité provádět povrchové úpravy odrazových ploch, tak aby docházelo v maximální míře k rozptýlení hluku uvnitř traťového koridoru. Tím se zároveň sníží negativní vliv hluku nejenom na obytnou zástavbu, ale i na cestující ve vlakových soupravách. Tuto problematiku řeší i interní studie Českých drah.

Vlastnosti akustické pohltivosti byly zkoumány i v jiných laboratořích. Například v článku [89], *Acoustic absorption of geopolymer/sand mixture* od autora I. Perná a kol., byla zkoumána pohltivost na vzorcích geopolymery s různými frakcemi písku a bylo dosaženo také velmi dobrých výsledků v rozsahu frekvencí 500–1000 Hz. Bylo zde ale užito jiného typu geopolymery. Hodnocení pohltivosti u jiného typu geopolymerních materiálů (Lupkové závody) bylo popsáno v diplomové práci „*Uhlíkové kompozitní materiály s anorganickou maticí*“ od P. Munzarové [90]. Zde bylo použito jako plnivo uhlíkové vlákno. Pohltivost byla porovnávána s ohledem na stárnutí vzorků v průběhu čtyř týdnů, kde výsledky vykazovaly určitou časovou závislost na stáří vzorků. Větší procento vláken v kompozitech pohlcovalo zvuk již při nižších frekvencích. Dva vzorky ze sedmi přesáhly hranici pohltivosti 0,75 kolem frekvencí 1200 Hz V jiné práci *Mechanical, thermal insulation, thermal resistance and acoustic absorption properties of geopolymer foam concrete* od Z. Zhanga a kol. [91], je zkoumán i vypěněný geopolymer z akustického hlediska s plnivem popílek. Geopolymerní panely tloušťky 20–25 mm zde při měření akustické pohltivosti vykazovaly hodnoty α 0.1–0.3 v rozmezí 800–1600 Hz. U mého měření lze vyčíst, že vzorky s popínkem překročily hranici pohltivosti 0,30 kolem 1000 Hz a nejlépe vyšly kolem frekvencí 1200 Hz. Průměrná absorpce zvuku zde vyšla také lépe než běžný beton, který dosahuje průměrnou hodnotu α 0,10.

6. Přínosy disertační práce

V rámci disertační práce byl vyvinutý vhodný kompozitní materiál, který zajišťuje tlumení hluku v okolí dálnic nebo železničních staveb a byl hodnocen vliv tloušťky materiálu na kvalitu pohlcování zvuku.

Přínosy práce lze spatřovat ve dvou rovinách, a to:

- Přínosy pro vědní obor
- Přínosy pro aplikaci geopolymérů s novou strukturou

Přínosy pro vědní obor.

Studium geopolymérů, jejich struktur, vlastností, možností náhrad betonu apod. je v současné době předmětem zájmu mnoha vědeckých pracovišť. Účelem této práce je jak hledání aplikačních možností nových materiálů, tak studium strukturálních závislostí a akustických vlastností vypěněných geopolymérů. Byly stanoveny závislosti struktury, složení směsi a akustických vlastností, zejména akustické pohltivosti. Práce navazuje na výsledky P. Němečka, V. Perné, Z. Zhanga, a dalších. Novum lze spatřovat ve studiu nových struktur tvořených vypěněným geopolimerem a odpadových materiálů jako len a konopí, inovativní je použití skartovaného papíru a výrobky firmy Ciur a.s. Na výsledky práce je možno navázat dalším rozvíjením použití netradičních odpadových materiálů, ale také například výplněmi mikrometrických rozměrů (mikrokuličky – mikrosférka). Pozornost si jistě zaslouží technika pro provádění zkoušek.

Přínosy aplikační.

Jak bylo uvedeno, jedná se o geopolymerní kompozity s novými výplněmi. Tyto materiály byly připraveny pro ověření jejich uplatnění zejména jako zvuk pohlcující stěny, zábrany, stavební aplikace v budovách atd. Zároveň byly ověřeny závislosti akustických vlastností na tloušťce materiálu.

Pro potřeby podmínek vytvářených silničním provozem byla například vytvořena směs, která při tloušťce 50 mm a frekvenci 315 až 800 Hz splňuje požadavky na tlumení hluku způsobeného silniční dopravou. Jako inovativní výsledek je například možno považovat použití skartovaného papíru jako výplně geopolimeru a dále použití odpadových rostlinných vláken (lnu a konopí). Rovněž použití Liaporu se jeví jako přínosné. Kromě přínosů v aplikaci akustických vylepšení je nutno spatřovat přínosy ve zpracování odpadových materiálů.

Pokud se týká zvýšení pevnosti panelů, pochozových ploch a jiných aplikací, je možno s výhodou použít zesílení skleněných a čedičových armatur, u kterých je v současné době možno zaznamenat zvyšující se poptávku. Všechny tyto nové materiály je možno zakomponovat např. do stavebních struktur.

Je však potřebné si uvědomit, že v současné době je hlavním stavebním materiálem beton. Rozvoj jeho použití a inovací je dnes možno vidět na každém kroku. Přesto mají geopolymery s inovovanými akustickými strukturami možnost uplatnit se zde jako speciální doplňkový materiál, a to např. v oblasti akustických zábran

Výsledky této disertační práce jsou koncipovány tak, aby tvořily materiálový základ pro následný specializovaný výzkum při realizaci projektu týkající se protihlukových stěn, v rámci, kterého lze očekávat výrazné celospolečenské uplatnění v podobě stavby protihlukových stěn kolem dopravních infrastruktur. Jedná se hlavně o využití jak u dálničních staveb v automobilové dopravě, tak u železničních staveb. Každý z těchto dopravních systémů má jiné frekvence přenosu hluku (např: 500 až 1000 Hz). Znamená to, že je nutno pro každou tuto oblast frekvencí navrhnout jiné typy kompozitních sendvičových panelů s cílem dosáhnout maximální účinnosti konkrétního systému. Podkladem pro praktické využití nově navržených materiálů je v podobě materiálových listů (databáze) pro vybudování funkčních protihlukových stěn.

Geopolymerní kompozitní materiály by mohly sloužit jako náhrada dnes používaných základních materiálů pro nosné konstrukce jako je např. beton. Testováním vzorků se potvrdily předpoklady, že geopolymerní materiál dosahuje lepší tlumící vlastnosti ve srovnání s betonem, kdy beton dosahuje hodnot maximálně α 0,17 a geopolymerní vzorky v této práci dosahují až na hodnoty pohltivosti kolem 0,80 s nejvyšší hodnotou α 0,86 u vzorku 7.1 V.

Na základě dosažených výsledků bylo konstatováno, že zkoumané kompozitní materiály jsou vhodné jak pro výrobu protihlukových stěn v dopravní infrastruktuře, tak i v jiných oblastech, kde je potřeba odstranit nebo podstatně zmírnit zatížení okolí od zdroje hluku.

V rámci disertační práce bylo dále potvrzeno, že na účinnosti útlumu hluku má významný vliv morfologie povrchu dopadové stěny.

7. Závěr

Závěrem lze konstatovat, že stanovené cíle práce v zadání byly splněny. Výzkumnou činností na geopolymerních kompozitech se prokázalo, že jsou kvalitním, moderním materiálem vhodným pro akustické stínění hluku způsobeného dopravním zatížením jak silniční, tak železniční dopravou. Jsou vhodným prvkem pro průmyslovou výrobu protihlukových stěn. K tomuto závěru mne vedou výsledky měření a jejich vyhodnocení, ke kterému jsem došla na základě vyrobených a vyhodnocených vzorků. V průběhu řešení disertační práce bylo připraveno a vyhodnoceno přibližně 56 vzorků a každý ze zkoumaných materiálů podstoupil minimálně 3 druhy zkoušek. Zkouška akustické pohltivosti byla provedena u většiny vzorků na třech různých tloušťkách, aby bylo možnost do praxe vybrat nejvhodnější variantu. Dále byly prováděny u většiny vzorků zkoušky pevnosti v tlaku a pevnosti v ohybu. Tyto zkoušky byly provedeny za účelem zjištění pevnostní odolnosti nových kompozitů proto, aby mohly být doporučeny pro využití v praxi. Tyto zkoušky vyšly pevnostně srovnatelné s hodnotami betonu. Hodnoty porobetonu se pohybují v rozmezí 2-4 MPa. Jako poslední zkouška byla u některých vzorků provedena zkouška tepelné vodivosti, kde opět vyšly velmi dobré výsledky v porovnání s pórobetonem, který má tepelnou vodivost kolem $0,21[\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}]$. Z mých vzorků vyšly nejlépe vzorky s použitím mikrosférky, které dosahovaly hodnot v rozmezí 0,10-0,20 $[\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}]$.

Na základě výsledků zkoušek jsem vypracovala receptury, které zajišťují optimální složení geopolymerního kompozitu pro výrobu protihlukových stěn za odlišných podmínek. Výsledky všech zkoušek byly srovnávány s hodnotami platnými pro beton a prakticky ve všech parametrech kdy beton dosahuje hodnot pohltivosti mezi α 0,08-0,18 v rozmezí frekvencí 160-1600 Hz. Vzorky v mé práci výrazně tyto hodnoty betonu ve stejném frekvenčním rozsahu převyšují. Dosáhlo se hodnoty pohltivosti α až 0,86.

Jako nejvýhodnější směs pro tloušťku vzorku 75 mm, vyšla plniva konopné pazdeří, keramzit, mikrosférky a šamot, a to jak pevnostně, tak po stránce zvukové pohltivosti. Pro tloušťku stěny 25 mm vychází nejlépe směs Baucis Lk s mikrosférkami a do této základní směsi pak přídavek skartovaného papíru. Požadavkům na protihlukové stěny v železniční dopravě nejvíce vyhovují tyto směsi, u kterých vycházejí nejvyšší hodnoty pohltivosti ve frekvencích 500 až 1000 Hz. Pro frekvence 1000 Hz a výš je vhodná záměs mikrosférky s F2550N.

Pro potřeby podmínek vytvářených silničním provozem je nejvhodnější záměs vzorku 9V a 7.1V, které při tloušťce vzorků 50 mm a frekvenci 315 až 800 Hz splňují požadavky na hluk způsobený silniční dopravou. Bylo prokázáno, že výborně vycházejí záměsy se skartovaným papírem a výrobky F500, F2550N z firmy Ciur. Další vhodnou záměsou jsou vlákna lnu a keramzit.

Pro potřeby podmínek vytvářených silničním provozem je nejvhodnější směs vzorku 9V a 7.1V, které při tloušťce vzorků 50 mm a frekvenci 315 až 800 Hz splňují požadavky na tlumení hluku

způsobený silniční dopravou. Bylo prokázáno, že výborně vycházejí směsi se skartovaným papírem a výrobky F500, F2550N z firmy Ciur. Dalšími vhodnými plnivy jsou vlákna lnu a keramzit. Některá plniva byla v mé práci použita poprvé v kombinaci s geopolymerními materiály. Jedná se například o výrobky firmy CIUR a.s.

Geopolymerní konstrukce lze zesílit, ze statických důvodů, například sítěmi z čedičového či skelného vlákna, které nepodléhají vlivům bludných proudů. Tím se také potvrdily teze mé práce v tom, že stávající a prakticky výhradně používaný materiál beton je vhodné substituovat geopolymerními kompozity.

Doporučení:

Pro vývoj dané problematiky plánuji návrh a hodnocení dalších receptur na přípravě funkčních geopolymerních kompozitů, které mohou nabídnout ještě lepší tlumicí vlastnosti pro konkrétní aplikace. V rámci výzkumu bylo zjištěno, že významnou roli hraje poréznost materiálů. V tomto směru budu pracovat s různými aktivátory pro zlepšení homogenity vzduchových mezer v kompozitních materiálech. V rámci disertační práce bylo prokázáno, že vliv na tlumení hluku mají použité plniva (např: konopí, mikrosféry atd.) V budoucnosti plánuji pracovat na optimalizaci množství a druhu plniv pro zlepšení tlumících vlastností materiálů pro stavbu protihlukových a tlumících stěn, nejenom v dopravní infrastruktuře.

Seznam použité literatury

- [1] GLUKHOVSKY, V. D. *Soil silicates*; Gostroiizdat Publish: Kiev, USSR, 1959.
- [2] GLUKHOVSKY, V.D. ROSTOVSKAJA G.S. and RUMYNA G.V. *High strength slagalkaline cements*. In 7th Int: Congr. Chem. Cem., Paris, 1980, Vol.3, pp V164-V168
- [3] DAVIDOVITS, J. *Geopolymers*. Inorganic polymeric new materials J. Therm. Anal. 1991,37,1633
- [4] VOHLÍDAL, J., ŠTULÍK, Karel; JULÁK, Alois. *Chemické a analytické tabulky*. Praha: Grada Publishing, 1999. ISBN 80-7169-855-5
- [5] ČESKÉ LUPKOVÉ ZÁVODY a.s. *Geopolymers*, BAUCIS Lk [online]. 2019 [cit. 4. 5. 2019]. Dostupné z: <http://www.cluz.cz/cz/baucis-lk>
- [6] MINÁŘ, L. Studium reakčních podmínek pro alkalizaci elektrárenských popílků, Disertační práce. UPa 2012, [online]. [cit. 25. 5. 2019]. Dostupné z <https://theses.cz/id/ar8n66?lang=sk>
- [7] BAREŠ, R.A., *Kompozitní materiály*. Praha: SNTL1988
- [8] KOVAČIČ, V., [online]. 2014 [cit. 25. 5. 2019]. Dostupné z: https://cxi.tul.cz/files/pages/other/V%C3%BDzkumn%C3%A9%20projekty/Preseed/Envitec_h/04_Zprava_o_reseni_11_2014.pdf
- [9] *Geopolymerní materiály, nova technologie pro stavebnictví* [online]. 2014 [cit. 25. 5. 2019]. Dostupné z: [online]. 2014 [cit. 25. 5. 2019]. Dostupné z: <http://www.ekobydleni.eu/architektura/geopolymerni-materialy-nova-technologie-pro-stavebnictvi>
- [10] KEMA. *Technický list*. [online]. 2016 [cit. 25. 5. 2019]. Dostupné z: http://www.kema-morava.cz/files/technicke_listy/CZ%20Kema%20MIKROSILIKA.pdf
- [11] Stavebniny Vala. [online]. 2016 [cit. 25. 5. 2019]. Dostupné z: <https://stavebniny-levne.cz/polystyren.php>
- [12] LIAPOR. *Kamenivo pro stavební účely*. [online]. 2008 [cit. 25. 5. 2019]. Dostupné z: <https://www.liapor.cz/produkty/kamenivo/pro-stavebni-ucely/>
- [13] [online]. [cit. 25. 5. 2019]. Dostupné z: <https://korek-jelinek.cz/s24011-uvod-do-sveta-korku>
- [14] EKOSOFTWARE, *Akustická pohltivost* [online]. 2016 [cit. 25. 5. 2019]. Dostupné z: (<https://www.ekosoftware.cz/akusticka-pohltivost>)
- [15] TZB, *Konstrukce na pohlcování zvuku* [online]. [cit. 27. 5. 2019]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/akustika-staveb/228-konstrukce-na-pohlcovani-zvuku>
- [16] NĚMEČEK, P. *Akustická diagnostika zvuku* [online]. [cit. 27. 5. 2019]. Dostupné z: <http://www.kvm.tul.cz/getFile/id:1848>
- [17] BRUER&KJAER, [online]. [cit. 27. 5. 2019]. Dostupné z: <https://www.bksv.com/en/>
- [18] HUKSEFLUX. *Hukseflux: Thermal Sensor* [online]. 2013 [cit. 27. 5. 2019]. Dostupné z: <http://www.hukseflux.com/>
- [19] NETZSCH, *Introduction* [online]. [cit. 28. 5. 2019]. 2018. Dostupné z: <https://www.netzsch.com/en/>
- [20] HLUCHÝ, M., *Nauka o materiálu*. Praha 1978 SNTL
- [21] NĚMEČEK, P. *Hluk v technické praxi I.*, TUL 1998, ISBN 80-7083-285-1
- [22] COX, T., J., D'ANTONIO, P., *Acoustic Absorbers and Diffusers, Theory, Design and Application*, CRC Press NY London 2017, Third edition, ISBN 9781498740999
- [23] KALINOVÁ, K., *Zvuková pohltivost vláknenných materiálů s ohledem na charakteristiky struktury*. Disertační a habilitační práce, Vydal TUL, tisk Vysokoškolský podnik 2005, ISBN 80-7083-997-X,
- [24] *Akustika část 3/6. Podhledové systémy* 11/2007 Publikace AMF, Germany, Dostupné z: https://www.gipskomplet.cz/nase-sluzby/system-amf/_03_produkty-rigips/amf_akustika.pdf
- [25] HELA, R. *Přehled vlastností pohltivých protihlukových stěn na českém trhu*.

- [26] POLÁK, V. *Navrhování a rozhodování o typu protihlukových stěn u dopravních staveb*. BP 2020 ČVUT. Dostupné z: <https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/88604/F1-BP-2020-Polak-Vaclav>
- [27] VAŠINA, M., *Studium materiálů z hlediska tlumení zvuku a vibrací*. Teze Habilitační práce Brno 2010, ISBN 978-80-214-4218-4
- [28] KOTZEN, Ben a Colin ENGLISH. *Environmental Noise Barriers: A guide to their acoustic and visual design*. Second edition. New York: Taylor & Francis, 2009. ISBN 0-203-93138-6.
- [29] *Akustika, základní pojmy a veličiny v akustice*. UTB Zlín Dostupné online z: http://ufmi.ft.utb.cz/texty/env_fyzika/EF_02.pdf
- [30] JIRÍČEK, O., *Úvod do akustiky*. ČVUT, Praha 2002, ISBN 80-01-02460-1
- [31] Texty UTB Zlín, Fyzika. *Pohlcování zvuku, šíření hluku ve volném a uzavřeném prostoru*. Dostupné z: http://ufmi.ft.utb.cz/texty/env_fyzika/EF_04.pdf
- [32] FÜRST, A. *Programy komplexního využití rostliny konopí družstva*. La Chanvriere de l'Aube. Přeložila Bryndová. Bushka.cz, [cit. 14. 2. 2021]. Dostupné online z: WWW: <<http://www.bushka.cz/archiv/hempresources.html>>.
- [33] HONZÍK, R. *Konopí seté nejen alternativní energetická plodina*. Biom.cz, [cit. 14. 2. 2021]. Dostupné online z WWW: <<http://biom.cz/index.shtml?x=169500>>ISSN: 1801-2655.
- [34] ROBINSON, R. *Konopný manifest*. Praha: Volvox Globator, 1998. 111 s. ISBN 80-7207-146-7
- [35] TESCO. [cit. 3. 2. 2021]. Dostupné online z: <https://nakup.itesco.cz/groceries/cs-CZ/products/2001000064489>
- [36] ČSN EN 12390-5, Zkoušení ztvrdlého betonu, část 5: *Pevnost v tahu ohybem zkušebních těles*. [cit. 24. 2. 2021]. Dostupné online z: <http://fast10.vsb.cz/206/Laborator/Downloads/Stav/Cviceni/Cvi8/pevnostvtahuohybem.pdf>
- [37] SEDLAŘÍK, P. *Fyzikálně chemické vlastnosti geopolymérů*. Diplomová práce https://digilib.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/1371/sedla%C5%99%C3%ADk_2006_dp.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [38] KONEČNÝ, M., *Vysokoteplotní charakteristiky žáruvzdorných materiálů*. BP Brno 2015. [cit. 24. 7. 2020]. Dostupné online z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=107616
- [39] EBETON, *Pevnost v betonu v příčném tahu*. <https://www.ebeton.cz/pojmy/pevnost-betonu-v-pricnem-tahu-zkouska>
- [40] BUCHTA, V., *Protihluková opatření na regionálních tratích*. Diplomová práce. VŠB Ostrava 2010. [Cit. 26. 1. 2021], Dostupné online z: <https://core.ac.uk/download/pdf/8986732.pdf>
- [41] CIUR, *Představení společnosti*. [Cit. 26. 1. 2021], Dostupné online z: <https://www.ciur.cz/spolecnost/obsah/predstaveni-spolecnosti>
- [42] BANKOWSKI, P. *Using inorganic polymer to reduce leach rates of metals from brown coal fly ash*, Minerals engineering [online]. 2004, vol. 17, No. 2, pp. 159- 166. [cit. 17.12. 2020]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0892687503004047>
- [43] VLČEK, P., *Akustika staveb: Vzduchová neprůzvučnost aneb proč slyšíme hovor od sousedů*. ESTAV. CZ, [cit. 15. 1. 2021]. Dostupné online z: <https://www.estav.cz/cz/4012.akustika-staveb-vzduchova-nepruzvucnost-aneb-proc-slysime-hovor-od-sousedu>
- [44] KRIVENKO, P., *Alkali Activated Cements Versus Geopolymers* Kyiv National University of Construction and Architecture, Ukraine Submission: September 4, 2017; Dostupné online z: <https://juniperpublishers.com/cerj/pdf/CERJ.MS.ID.555574.pdf>
- [45] JULINA, J., *Akustické vlastnosti vybraných stavebních materiálů*. BP 2008, TUB Zlín. [cit. 14. 2. 2021]. Dostupné online z: http://digilib.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/7006/julina_2008_bp.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [46] KAŇKA, J. *Akustika staveb. Konstrukce na pohlcování zvuku*. ČVUT, TZB Info, [cit. 14. 2. 2021]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/akustika-staveb/228-konstrukce-na-pohlcovani-zvuku>

- [47] SMĚRNICE EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY 2002/49/ES [online]. In: 25.6.2020 [cit. 2020-04-12]. Dostupné z: <https://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:2002L0049:20081211:CS:PDF>
- [48] TP 104. *Protihlukové clony pozemních komunikací*. Ředitelství silnic a dálnic ČR, 2016. 25.6.2020 [cit. 2020-04-12]. Dostupné z: http://www.pjpk.cz/data/USR_001_2_8_TP/TP_104_2016.pdf
- [49] SNIŽOVÁNÍ HLUKU Z AUTOMOBILOVÉ DOPRAVY: *Protihlukové clony*. In: Docplayer [online]. [cit. 4. 11. 2020]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/11535825-Snizovani-hluku-z-automobilove-dopravy-protihlukove-clony-typyprotihlukovych-clon.html>
- [50] POLÁK, V., *Navrhování a rozhodování o typu protihlukových stěn u dopravních staveb*. Bakalářská práce 2020 [cit. 25. 5. 2019]. Dostupné z: <https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/88604/F1-BP-2020-Polak-Vaclav-Navrhovani%20a%20rozhodovani%20o%20typu%20protihlukovych%20sten%20u%20dopravnich%20staveb.pdf?sequence=-1&isAllowed=y>
- [51] *ŘSD upravilo protihlukové stěny, aby byly bezpečnější pro ptáky*. Enwiweb [online]. [cit. 29.9. 2019]. Dostupné z: <http://www.enviweb.cz/114146>
- [52] FIŠEROVÁ, Z., *Stavební fyzika – Stavební akustika v teorii a praxi*. Litera Brno 2014, ISBN 978-80-214-4878-0, [Cit. 9. 12. 2020], Dostupné online z: https://issuu.com/oktaedr/docs/oktaedr_sf_stavebni_akustika
- [53] BĚHÁLEK, L., *Polymery*. ISBN 978-80-8858-68-7, [Cit. 26. 1. 2021], Dostupné online z: <http://www.ksp.tul.cz/studijni-opory>
- [54] KALINA, L. Doktorská práce VTB 2011, [Cit. 26. 1. 2020], Dostupné online z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=44530
- [55] FERNÁNDEZ-JIMÉNEZ, A., PALOMO, A., CRIADO, M.: *Microstructure development of alkali-activated fly ash cement: a descriptive model*. In Cement and Concrete Research 35, 2005. pp. 1204-1209. Dostupné online z <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0008884604004053?via%3Dihub>
- [56] NOVÁČEK, *Neprůzvučnost TZB info*. [Cit. 26. 1. 2021], Dostupné online Z: <https://stavba.tzb-info.cz/akustika-staveb/179-nepruzvucnost>
- [57] ŠKVÁRA, Z., *Aluminosilikátové polymery* (geopolymery Vydavatelství ČSS, s.r.o. Tanvald. 53 [Cit. 26. 1. 2021], Dostupné online Z:<http://www.geopolymery.eu/en/publication-activity/>
- [58] AKUSTICKÉ MATERIÁLY s.r.o. *Stručný rádce*. [Cit. 26. 1. 2021], Dostupné online Z: <https://akustickematerialy.cz/strucny-radce>
- [59] BAI, CH., COLOMBO, P., *Processing, properties and applications of highly porous geopolymers*. [Cit. 28. 2. 2021], Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/325387573_Processing_properties_and_applications_of_highly_porous_geopolymers_A_review
- [60] VAŠINA, M., *Studium materiálů z hlediska tlumení zvuku a vibrací*. VUT Brno 2010, ISBN 978-80-214-4218-4
- [61] JEŽKOVÁ, Edita: *Len setý olejný (Linum usitatissimum L.)*. Biom.cz 2002. [cit. 2021. 25.2.]. Dostupné online z: <https://biom.cz/cz/odborne-clanky/len-sety-olejny-linum-usitatissimum-l>. ISSN: 1801-2655
- [62] KREUZER, T. ČVUT. Diplomová práce. Praha: 2016[cit. 2021. 25.2.] Dostupné online z: <http://x1dz.mokropsy.com/xdz/files/115-f-dp--kreuzer-tomas-hluk-myto.pdf>
- [63] NOITAMI AKUSTIKA s.r.o, *Slovníček pojmů*. Praha, [cit. 23.2. 2021.] Dostupné online z: <http://www.noitami.cz/blog/slovnicek-pojmu/>
- [64] NOVÁČEK, J., *Sound Transmission Coefficient*, ČVUT, TZB info. [Cit. 26. 1. 2021], Dostupné online Z: <https://stavba.tzb-info.cz/akustika-staveb/179-nepruzvucnost>

- [65] NATURAL HARMONY s.r.o. *Konopná izolace*. Vsetín. [Cit. 27. 1. 2021], Dostupné online z: <https://www.prirodnistavba.cz/userfiles/konopna-izolace%20-v-kostce.pdf>
- [66] RUBÁŠ, P., *Akustika staveb*. [cit. 25.2. 2021]. Dostupné online z: <https://stavba.tzb-info.cz/akustika-staveb/16550-problematika-zvukove-pohltnosti-protihlukovych-sten-s-pohlcejici-vrstvou-z-lehceneho-betonu>
- [67] WINKLER, V., *Problémy hluku železniční dopravy*. Bakalářská práce, Brno 2010 [cit. 2021. 25.2.]. Dostupné online z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=26557
- [68] STRYCZNIEWICZ, L., *Betonowe ekrany akustyczne*. 2006. Dostupné online z: <https://www.bta-czasopismo.pl/wp-content/uploads/2019/05/752.pdf>
- [69] DAVIDOVITS, J., *Geopolymers, Chemistry and Applications*, 5th edition, March 2020. Saint-Quentin France ISBN: 9782954453118
- [70] PŘIBYLA, O., *Jakou roli hrají emise CO₂ z výroby cementu v klimatické změně*. Fakta o klimatu 2021. Dostupné z <https://faktaoklimatu.cz/explainery/emise-vyroba-cementu>
- [71] HÁJEK, V., a kol., *Pozemní stavitelství III*. Vydal SNTL Praha 1987.
- [72] *Prezentace, Zvuk, jeho podstata a chování v prostoru*. Institut Intermédií FEL ČVUT, [cit. 2021. 5.5.]. Dostupné z: <https://vyuka.iim.cz/media/d05ddit:zvuk.pdf>
- [73] *Decibellové veličiny v akustice, kmitočtová pásma*. UTB, [cit. 2021. 5.4.]. Dostupné z: http://ufmi.ft.utb.cz/texty/env_fyzika/EF_03.pdf
- [74] DVORÁK, J. *Hluk ve vzduchotechnice I*. TZB info, ISSN1801-4399642001 [cit. 2021. 5.5.]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/teorie-a-vypocty-vetrani-klimatizace/626-hluk-ve-vzduchotechnice-i-zakladni-pojmy-a-prakticke-vztahy>
- [75] GOTTWALDOVÁ, J. *Automobilový hluk*. Časopis, Silnice a železnice. [cit. 5.2. 2021]. Dostupné z: <http://old.silnice-zeleznice.cz/clanek/automobilovy-hluk/>
- [76] ŠNAJDR, K. *Akční plán protihlukových opatření v aglomeraci Brno*, Brno 2019 https://www.mdcz.cz/MDCR/media/MDCR/AP-Brno-2019_bez_jmen.pdf
- [77] ŠNAJDR, K., NOVÁK VOLEJNÍK *Strategická hluková mapa Prahy*. Praha 2007, [cit. 15.2. 2021]. Dostupné z: http://portalzp.praha.eu/public/99/8f/34/1717258_422100_Strategiska_hlukova_mapa_Prahy_zprava.pdf
- [78] TRÁVNÍČEK, B., *Možnosti řešení hlukové zátěže z pozice provozovatele dráhy*. Pardubice 2010, [cit. 13.3. 2021]. Dostupné z: <https://www.spravazeleznice.cz/documents/50004227/50159407/06pr.pdf>
- [79] SMUTNÝ J., TOMANDL, V., PAZDERA, L., LAZAROVÁ P., VUKUŠIČOVÁ, *Akustická analýza kolejových absorberů na pevné jízdní dráze*. Vědeckotechnický sborník ČD č. 44, Žilina 2017, ISSN 1214-9047, [cit. 13.3. 2021]. Dostupné z: https://vts.cd.cz/documents/168518/168777/44_komplet.pdf/5b67916a-851f-4f12-babe-07dcf01afac6
- [80] SOFIS GRANT s.r.o., *Akční plán protihlukových opatření provozu dráhy v aglomeraci Ústí nad Labem – Teplice*. Praha 2016 [cit. 13.3. 2021]. Dostupné z: https://www.mdcz.cz/MDCR/media/MDCR/APHluk_TepliceUsti.pdf
- [81] LÁDYŠ, L. *Problematika hluku ze silniční dopravy*. Ekola group s.r.o. prezentace Sdružení silnice. Praha [cit. 22.3. 2020]. Dostupné z: <https://www.sdruzeni-silnice.cz/Download.aspx?param=jx3godhnp7M1LWTdfUhReGb6ZjVw1mcZ2YMThaBadsokhRZbJRIkSD8Zgyqp4bxvVOR%2FmAXNYka0stceWRARKhVU5zZT7HPE%2FGIajzTUt%2BPK2L7AYkcFobz2b1z8ga%2BC%2FmFKN2qcGZdx8jfd67gYzBvOcR97mQrt%2FHhXQ%2BkmU82Sd7NUKy9NiikTZ6c381xA9DIKrMaAGa2ZF348OkpCI6428V8kgLD7zItO%2FX1LUf5BRMqA3NvVyFUJ9HDS7eimIEAViyk01hIiceiwBRiMQ6eT%2FtCtN4GCTu%2Fq6a5Llj3QAfDxoGIgwDOOm2lAxW6eqDZEGzuUFlviBso8PdQS5uy7xPNHHpIsCNzbHos3ZOIS1nKzDxI4fTHqVU1JUJCmo0Wk6Fal1bAz1i1oZjNMACSvezzgFycoZvjv3IMLPlvz3ERYT4gfMlOzPrTJfml02y2MR0DasZP2OBZZLZVgYia6r9MFQHQ4khj8FaKd93cg8qiET0Lvffl2%2FkgBsTYugrY29KMKvBo%2BPeHm3zPQ%3D%3D&tname=SiteContent.aspx>

- [82] BARTÁK, p., *Dopravní hluk: Je to jako boj s větrnými mlýny*. Auto 2015, [cit. 13.3. 2021]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/dopravni-hluk-je-to-jako-boj-s-vetrnymi-mlyny-88794>
- [83] ŠNAJDR, K. *Úprava emisních parametrů dle výpočtového standardu*. RMR2.SŽDC Praha 2013
- [84] POHL, J. *Systémové řešení hluku železniční dopravy*. Vědeckotechnický sborník ČD č. 34/2012 Praha 2012 [cit. 15.3. 2021]. Dostupné z: <https://vts.cd.cz/documents/168518/195468/3412.pdf/a972d0dc-3d65-43e1-a846-4e5af43a370f>
- [85] RUBÁŠ, P. *Problematika zvukové pohltivosti protihlukových stěn s pohlcující vrstvou z lehčeného betonu*. TZB Praha 2017 [cit. 26.4. 2021]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/akustika-staveb/16550-problematika-zvukove-pohltivosti-protihlukovych-sten-s-pohlcujici-vrstvou-z-lehceneho-betonu>
- [86] ČIHÁK J., KUČERA, M. *Systém péče o kvalitu traťového hospodářství*. Směrnice SŽDC, Praha 2011
- [87] VAŠEK, T., *Protihlukové stěny*. SŽDC 2019 [cit. 27.4. 2021]. Dostupné z: [https://www.zpsv.cz/wp-content/themes/ZPSV/data_export/TPD/TP-06_04ZPSVProtihlukovestenyypodepsane\(2-5\).pdf](https://www.zpsv.cz/wp-content/themes/ZPSV/data_export/TPD/TP-06_04ZPSVProtihlukovestenyypodepsane(2-5).pdf)
- [88] NOVÁK, J., NĚMEČEK, P. *Měření akustické pohltivosti*. KVM TUL [cit. 4. 6. 2019]. Dostupné z: <http://www.kvm.tul.cz/laboratore/laborator-technicke-diagnostiky/pohltivost>
- [89] PERNÁ, I. HANZLÍČEK, T., STRAKA, P., STEINEROVÁ, M. *Acoustic absorption of geopolymer/sand mixture*, Ceramics Silikaty 2009, [cit. 26.4. 2021]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/279549425_Acoustic_absorption_of_geopolymersand_mixture
- [90] MUNZAROVÁ, P. *Uhlíkové kompozitní materiály s anorganickou maticí*. Diplomová práce 2008[cit. 26.5.2021]. Dostupné z: https://dspace.tul.cz/bitstream/handle/15240/3738/mgr_15415.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [91] ZHANG, Z., PROVIS, J., REID, A. WANG, H. *Mechanical, thermal insulation, thermal resistance and acoustic absorption properties of geopolymer foam concrete*. University of Leeds 2015 [cit. 26.5.2021]. Dostupné z: <https://eprints.whiterose.ac.uk/90607/1/Zhang%20et%20al.%20CCC%202015%20for%20WRR%20O.pdf>

Seznam příloh

Obrázek 1: Technický list Baucis Lk	2
Obrázek 2: Bezpečnostní list Baucis Lk.....	4
Obrázek 3: Technický list křemičitý písek	7
Obrázek 4: Technický list kuličky EPS.....	8
Obrázek 5: Technický list Ciur F500	9
Obrázek 6: Technický list Ciur HS-5	10
Obrázek 7: Technický list Ciur F2550N	11
Obrázek 8: Technický list Ciur F100	12
Obrázek 9: Technický list Ciur F500	13
Obrázek 10: Technický list Ciur F3550 CF	14
Obrázek 11: Výrobní výkres, forma na zkoušku pohltivosti, vzorky h 75.....	15
Obrázek 12: Výrobní výkres, trubka h 75	15
Obrázek 13: Výrobní výkres, forma na zkoušku pohltivosti, vzorky h 50.....	16
Obrázek 14: Výrobní výkres, trubka h 50	16
Obrázek 15: Výrobní výkres, forma na zkoušku pohltivosti, vzorky h 25.....	17
Obrázek 16: Výrobní výkres, trubka, vzorky h 25	17
Obrázek 17: Výrobní výkres 4, forma na zkoušku tepelné vodivosti	18
Obrázek 18: Výrobní výkres 4.1 a) bočnice, b) spodní deska.....	18
Obrázek 19: Výrobní výkres na mechanické zkoušky, Rmt	19
Obrázek 20: Výrobní výkres, bočnice, Rmt	19
Obrázek 21: Manuál NETZSCH	20
Obrázek 22: Tepelná vodivost λ naměřené hodnoty	24
Obrázek 23: Výsledky Rmt, Rmo	24
Obrázek 24: Výsledky α [-] pro tloušťku vzorků s plnivem konopí h 25 mm	24
Obrázek 25: Výsledky α [-] pro tloušťku vzorků s plnivem konopí h 50 mm	25
Obrázek 26: Výsledky α [-] pro tloušťku vzorků s plnivem konopí h 75 mm	25
Obrázek 27: Výsledky α [-] pro tloušťku vzorků Ciur 25 mm	25
Obrázek 28: Výsledky α [-] pro tloušťku vzorků Ciur 50 mm	25
Obrázek 29: Výsledky α [-] pro tloušťku vzorků Ciur 75 mm	26
Obrázek 30: Výsledky α [-] pro tloušťku vzorků Keramzit 25 mm	26
Obrázek 31: Výsledky α [-] pro tloušťku vzorků Len 25 mm.....	26
Obrázek 32: Výsledky α [-] pro tloušťku vzorků Len 50 mm.....	26
Obrázek 33: Výsledky α [-] pro tloušťku vzorků Len 75 mm.....	26
Obrázek 34: Výsledky α [-] pro tloušťku vzorků Kočkolit 25, 50, 75 mm	27
Obrázek 35: Výsledky α [-] pro tloušťku vzorků papír 25 mm.....	27
Obrázek 36: Výsledky α [-] pro tloušťku vzorků Papír 50 mm.....	27
Obrázek 37: Výsledky popílek, piliny, řepka	27
Obrázek 38: Výsledky α [-] pro tloušťku vzorků Papír 75 mm.....	28
Obrázek 39: Výsledky α [-] pro tloušťku vzorků Mikrosférka, Šamot 25 mm	28
Obrázek 40: Výsledky α [-] pro tloušťku vzorků Mikrosférka, Šamot 50 mm	28
Obrázek 41: Výsledky α [-] pro tloušťku vzorků Mikrosférka, Šamot 75 mm.....	28
Obrázek 42: Výsledky α [-], vzorky KVM TULtloušťky vzorků 25 mm	28
Obrázek 43: Výsledky α [-] vzorky pouze tloušťky vzorků 25 mm.....	28

Publikace

MACAJOVÁ, E., DUFKOVÁ, I., and KEJZLAR, P. The study of porous nanofibres morphology made from pcl in dependence on the electro-spinning parameters and solution composition. In: NANOCON 2013. Ostrava : TANGER, Ltd., 2013, 6p [CD-ROM]. ISBN 978-80-87294-44-4 Also available in PDF from: <http://www.nanocon.eu/files/proceedings/14/reports/2003.pdf>

MACAJOVÁ, E., DUFKOVÁ, I., and KEJZLAR, P. The study of porous nanofibres morphology made from PCL in dependence on the electrospinning parameters and solution composition. In: PAPN 2013 - Book of extended abstracts potential application of plasma and nanomaterials. Liberec: Technical University of Liberec, 2013, Fulltext Macajová.pdf [CD ROM]. ISBN 978-80-87294-29-1.

DUFKOVÁ, I. Geopolymery. In: Chata pod lipami: Workshop pro doktorandy FT a FS TUL - sborník. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2013, p.139-144. ISBN 978-80-7372-987-5 TUL – sborník. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2013, p. 139-144. ISBN 978-80-7372-987-5.

DUFKOVÁ, I. Geopolymery. In: Světlanka: Workshop for Ph.D students of Faculty of textile engineering and Faculty of mechanical engineering TUL. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2014, p.179-182. ISBN 978-80-7494-100-9.

DUFKOVÁ, I., MACAJOVÁ, E., and KEJZLAR, P. Nondestructive and destructive testing of welded joints. In: 23rd International Conference on Metallurgy and Materials: METAL 2014. Ostrava: Tanger, Ltd, 2014, p.120, paper 2601 [CD ROM]. ISBN 978-80-87294-52-9. Pages: 651-656. Also available in PDF from: <http://www.metal2014.com/files/proceedings/17/reports/2601.pdf>

MACAJOVÁ, E., DUFKOVÁ, I. a KEJZLAR, P. Structure and Morphology of PCL Porous Nano/microfibres Layers. In: NANOCON 2014, 6th international conference. 1. vyd. Ostrava: Tanger Ltd., Ostrava, 2015. S. 605–609. ISBN 978-80-87294-53-6. Also available in PDF from: <http://nanocon2014.tanger.cz/files/proceedings/20/reports/3196.pdf>

DUFKOVÁ, I., BILKETAY, S., KROISOVÁ, D., and KOVAČIČ, V. Use of geopolymer matrix composites in the construction of fire doors. Key Engineering Materials Volume 635, 2015, Pages 174-176. ISSN 10139826, ISBN 978-303835344-7.

DUFKOVÁ, I., and KOVAČIČ, V. Geopolymer nanocomposites. In: Proceedings of 7th International Conference NANOCON 2015. Ostrava: Tanger, 2015, paper 4354, 5 p. [CD ROM]. ISBN 978-80-87294-59-8. Also available in PDF from: <http://www.nanocon.eu/files/proceedings/23/papers/4354.pdf>

DUFKOVÁ, I., and KOVAČIČ, V., LOUDA, P. The effect of adding micro and inorganic nanoparticles on properties of geosilicate cured at temperature. NANOCON 2017, 9th international conference. 1. vyd. Ostrava: Tanger Ltd., Ostrava, 2017. Pages 354-358 Published 2018. ISBN 978-80-87294-81-9

DUFKOVÁ, Iva, Vladimír KOVAČIČ, Jiří MAŠEK a Amanda GASPAR COELHO PINTO. The use of steel chips from machining of steel in a geosilicate composite. In: 28th International Conference on Metallurgy and Materials: METAL 2019. Ostrava: Tanger, 2019, s. 3.

DUFKOVÁ, I., KEJZAR P., VOLESKÝ L., LE VAN S., LOUDA P., KOVAČIČ V. Study of the structure of foamed geopolymers with different types of fillers. Published 201911/12 2019, Volume, Pages 385-387. ISSN 0447-6441. JMO, Fyzikální ústav Akademie věd České republiky, v. v. i. za spoluúčasti The International Society for Optical Engineering – Czech & Slovak Chapter (SPIE/CS) v Nakladatelství Fyzikálního ústavu AV ČR, v. v. i. Also available in PDF from:

https://dspace.tul.cz/bitstream/handle/15240/156261/Studium_struktury_vypenenych_geopolym_eru_s_ruznymi_typy_plniv___JMO_2019_11_12.pdf?sequence=1

VAN LE, Su, LOUDA Petr, TRAN Huu NGUYEN Nam, DONG Phu, BAKALOVA Totka, BUCZKOWSKA Katarzyna Ewa, DUFKOVA Iva. Study on Temperature-Dependent Properties and Fire Resistance of Metakaolin-Based Geopolymer Foams. *Polymers* 2020, 12(12), 2994; doi:10.3390/polym12122994, MDPI Headquarters, St. Alban-Anlage 66, 4052 Basel, Switzerland

Dufková, I., Kovačič, V., Kejzlar, P., Mechanical properties of geopolymer filled with from coke production. *NANOCON Conference Proceedings - International Conference on Nanomaterials*, 2020, -October, pp. 591–595

CHI LE Hiep, LOUDA Petr, BUCZKOWSKA Katarzyna Ewa, DUFKOVA Iva. Experimental Study of Flexural Properties of Geopolymer based Carbon. 2021 *Polymers-1124987*, MDPI Headquarters, St. Alban-Anlage 66, 4052 Basel, Switzerland



ČESKÉ LUPKOVÉ ZÁVODY, a.s.
271 01 Nové Strašecí, Pecínov č. p. 1171

Telefon: +420 313 572 218
Telefax: +420 313 572 131
E-mail: info@cluz.cz

GEOPOLYMERNÍ POJIVO

BAUCIS L_k

Anorganické, dvousložkové, hlinitokřemičité pojivo na bázi metakaolínu (část A) aktivované alkalickým aktivátorem (část B). Pojivo je společně s vhodně zvoleným plnivem ideální pro různé druhy aplikací – kompozitní materiály, fixace materiálů, tmel atd.

Základní suroviny: metakaolín Mefisto L05 (České lupkové závody, a.s.)
alkalický aktivátor

Typické vlastnosti:

• Zpracovatelnost při teplotě 20 °C (závisí na podílu a typu plniva)	do 60 minut
• Maximální teplota použití (závisí na podílu a typu plniva)	1200 °C
• Pevnost v tlaku po 28 dnech (závisí na podílu a typu plniva)	min. 60 MPa
• Pevnost v tahu ohybem (závisí na podílu a typu plniva)	1.den min. 3 MPa 7.den min. 7 MPa 28.den min. 11 MPa
• Odolnost proti teplotním změnám (30 cyklů -30°C + 120 °C, závisí na podílu a typu plniva)	velmi dobrá
• Smrštění po 28 dnech při teplotě 20°C (závisí na podílu a typu plniva)	max. 0,5 %
• Smrštění po vyžhání na 1000 °C (závisí na podílu a typu plniva)	max. 2,0 %
• Objemová hmotnost geopolymerního pojiva (závisí na podílu + typu plniva)	1,8 – 1,9 g/cm ³
• Tvorba výkvětů	minimální
• Barva geopolymerního pojiva	šedá

Uvedené hodnoty dosaženy při použití plniva: 50% žáruvzdorného ostřiva 0-1 mm.

Obrázek 1: Technický list Baucis Lk

Přednosti materiálu

- výborná adheze k původnímu povrchu (beton, kámen, kov)
- rychlý nárůst pevností
- s doporučeným ostřivem použití až do 1200 °C
- chemická odolnost v agresivním prostředí
- výborné mechanické vlastnosti
- výborná odolnost k teplotním změnám
- vhodný pro výrobu kompozitních materiálů

Návod na použití

Pro míchání směsi je ideální použít planetovou míchačku, případně ruční míchadlo a vibrační stůl.

Při přípravě geopolymerního kompozitu nejprve důkladně promíchejte složku A a složku B v poměru 5 hmotnostních dílů složky A + 4,5 hmotnostní díly složky B. Doba míchání (5-8 minut).

Po důkladném promíchání pojiva postupně, za stálého míchání přidávejte požadované množství vhodného plniva. Směs společně promíchejte 5 minut (*množství a typ plniva se liší dle konkrétní aplikace*).

Doporučené množství plniva s nízkou porozitou v závislosti na jeho zrnitosti:

Granulometrie plniva	Množství plniva
(mm)	(násobek množství pojiva)
0 - 0,2	0,4 - 0,75
0 - 0,5	0,75 - 1,25
0 - 1	1,25 - 1,5
0 - 2	1,5 - 2,0

Před nalitím směsi do formy je vhodné kovové formy opatřit ochranným nátěrem (např. organickým olejem). Je-li možné, doporučujeme formu vibrovat.

Materiál lze použít i pro opravy povrchů. Před aplikací je nutné z povrchu odstranit mastnoty, prach a nepevněné části.

Po odlití je vhodné odlitek zakrýt PE folií zabráňující odpaření vody (je důležité zabránit rychlému odpaření vody min. prvních 24 hodin, aby se předešlo smrštění výrobku.)

Odlitek nechat vytvrdnout ideálně cca 10-16 hodin (dle teploty prostředí).

V případě vyjmutí odlitku z formy jej poté umístit do PE obalu a nechat cca 5 dní zrát při pokojové teplotě.

Před konečným vytvrdnutím odlitku je možné provést povrchovou úpravu výrobku.

Po 5 dnech zrání lze vzorek vyjmout z folie.

Barva na povrchu i uvnitř se mění postupným zráním a vysycháním geopolymeru výrobku - viditelné na lomu (v závislosti na rozměru vzorku 5-21 dní)

Po vytvrdnutí materiálu může výrobek ve vlhkém prostředí produkovat vrstvu hydrogenuhličitanu sodného, který se může projevit jako tzv. výkvěty.

Pojivo má vysokou adhezní schopnost. Je nutné počítat s pravidelným čištěním míchacího zařízení.

Bezpečnostní pokyny:

Při manipulaci s materiálem je nutné používat ochranné pracovní pomůcky (pracovní oděv, rukavice, ochranné brýle, respirátor).

Baucis sadu doporučujeme zpracovat do 12 měsíců od data výroby.

Balení

30 kg papírový pytel (složka A) + 27 kg kanystr (složka B)

600 kg v big bagu + IBC kontejner (max. 1,4t aktivátoru)



BEZPEČNOSTNÍ LIST

BAUCIS složka A

Připravený v souladu s Přílohou II Nařízení REACH ES č. 1907/2006,

Nařízení (ES) č. 1272/2008 a Nařízení (EU) č. 453/2010

Verze: 2.0/CZ

Datum revize: 29. září 2015

Datum tisku: 11. března 2020

1 IDENTIFIKACE LÁTKY/SMĚSI A SPOLEČNOSTI/PODNIKU

1.1 Identifikátor výrobku

Název látky: Kalcinovaný jílovec
Chemický název a vzorec: Kalcinovaný kaolinit
Obchodní název: Baucis – složka A
CAS: 92704-41-1
EINECS: 296-473-8
Molární hmotnost: neuvádí se g/mol
Registrační číslo REACH: Neregistruje se, vynětí z registrace podle přílohy V Nařízení REACH.

1.2 Příslušná určená použití látky nebo směsi a nedoporučená použití

Baucis složka A - Izolační materiál, geopolymerní cement (bez vápence), opravy poškozeného betonu, protipožární systémy, stavební chemie (tmely, krbové systémy), fixace těžkých kovů a radioaktivního odpadu, restaurování, imitace přírodních materiálů.

Nedoporučená použití: nejsou uvedena

1.3 Podrobné údaje o dodavateli bezpečnostního listu

Název: České lupkové závody a.s.
Adresa: 271 01 Nové Strašecí, Pecínov 1171
IČO: 26423367
Telefonní č.: +420 313 332 111
Faxové č.: +420 313 572 922
E-mail kompetentní osoby odpovědné za BL v příslušném státě nebo v EU: roubicek@cluz.cz

1.4 Telefonní číslo pro naléhavé situace

Číslo pro naléhavé situace v rámci Evropy: 112
Číslo vnitrostátního centra pro prevenci a léčení intoxikace:
Klinika nemocí z povolání, 224 919 293 nepřetržitá služba (non-stop)
Toxikologické informační středisko 224 915 402, 224 914 570 – 1, 224 964 234
Na Bojišti 1, 128 08 PRAHA 2
Vnitropodnikový telefon pro naléhavé situace: +420 777 745 014
K dispozici mimo úřední hodiny: ☐ Ano ☒ Ne



BEZPEČNOSTNÍ LIST

BAUCIS složka A

Připravený v souladu s Přílohou II Nařízení REACH ES č. 1907/2006,

Nařízení (ES) č. 1272/2008 a Nařízení (EU) č. 453/2010

Verze: 2.0/CZ

Datum revize: 29. září 2015

Datum tisku: 11. března 2020

3 SLOŽENÍ/INFORMACE O SLOŽKÁCH

3.1 Látky

Hlavní složky

Název:	Kalcinovaný kaolinit
CAS:	92704-41-1
EINECS:	296-473-8

Jedná se o pálené přírodní žáruvzdorné, chemicky neupravované jílové suroviny. Nejsou nebezpečnou látkou. Nepředstavují žádné riziko při dodržování bezpečnosti práce.

Nečistoty

Pro klasifikaci a označení nemají žádné nečistoty význam.

3.2 Směsi

Nepoužije se – není směs.

4 POKYNY PRO PRVNÍ POMOC

4.1 Popis první pomoci

Všeobecné pokyny

Projeví-li se zdravotní potíže nebo v případě pochybností uvědomit lékaře. Žádné pozdější účinky nejsou známy. Pokud příznaky jakéhokoli zasažení (podráždění) vyvolaného kontaktem s výrobkem neodezní po poskytnutí první pomoci, vždy vyhledejte lékařskou pomoc.

Po vdechnutí

Inhalace prachu může v důsledku mechanického dráždění způsobit obtíže v horních cestách dýchacích. Dráždění dýchacích cest se dostavuje při inhalaci vysokých koncentrací prachu.

Opusťte kontaminované pracoviště – okamžitě přerušte expozici, zajistěte přístup čerstvého vzduchu, příp. dopravte postiženého na čerstvý vzduch, zajistěte postiženého proti prochladnutí a postupujte podle příznaků, zajistěte lékařské ošetření, přetrvává-li podráždění, dušnost nebo jiné příznaky expozice

Po styku s kůží

Zanedbatelná možnost nebezpečí, při dlouhodobé expozici může způsobit mechanické dráždění kůže.



Odstraňte kontaminovaný oděv a opatrně a jemně očistěte kontaminovaný povrch těla s cílem odstranit veškeré stopy produktu. Postižená místa pokožky důkladně omývejte větším množstvím pokud možno vlažné vody, pokud nedošlo k poranění pokožky, je možno použít mýdlo, mýdlový roztok nebo šampon. Podrážděná místa ošetřit vhodným reparačním krémem. Zajistěte lékařské ošetření, přetrvává-li podráždění kůže.

Po styku s očima

Může způsobit mechanické dráždění (červené oči, bolest).



BEZPEČNOSTNÍ LIST BAUCIS složka A

Připravený v souladu s Přílohou II Nařízení REACH ES č. 1907/2006,
Nařízení (ES) č. 1272/2008 a Nařízení (EU) č. 453/2010

Verze: 2.0/CZ

Datum revize: 29. září 2015

Datum tisku: 11. března 2020

Zabraňte uvolňování do okolního prostředí.
Zachyťte únik (rozsypání).

9 FYZIKÁLNÍ A CHEMICKÉ VLASTNOSTI

9.1 Informace o základních fyzikálních a chemických vlastnostech.

Vzhled:	pevný bílý, šedobílý až šedý materiál o různé granulometrické velikosti
Zápach:	bez zápachu
Prahová hodnota zápachu:	nepoužije se, bez zápachu
pH:	neuvádí se
Bod tání / bod tuhnutí:	nepoužije se (pevná látka)
Bod varu a rozmezí bodu varu:	nepoužije se (pevná látka)
Bod vzplanutí:	nepoužije se (pevná látka, nehořlavá)
Rychlost odpařování:	nepoužije se (pevná látka)
Hořlavost:	nehořlavý
Horní/dolní mezní hodnoty hořlavosti nebo výbušnosti:	nehořlavá, nevýbušná látka (prosta jakýchkoli chemických struktur obvykle souvisejících s výbušnými vlastnostmi)
Tlak páry:	nepoužije se (pevná látka)
Hustota páry:	nepoužije se
Relativní hustota:	měrná hmotnost cca 2,30 – 2,65 g/cm ³
Rozpustnost - ve vodě:	neuvádí se
Rozdělovací koeficient - n-oktanol/voda:	nepoužije se (anorganická látka)
Teplota samovznícení:	žádná teplota související se samovznícením pod 400 °C
Teplota rozkladu:	nepoužije se
Viskozita:	nepoužije se (pevná látka)
Výbušné vlastnosti:	nepoužije se, nevýbušná látka (prosta jakýchkoli chemických struktur obvykle souvisejících s výbušnými vlastnostmi)
Oxidační vlastnosti:	nemá oxidační vlastnosti (na základě chemické struktury látka neobsahuje volný kyslík ani žádné jiné strukturální skupiny, o nichž by bylo známo, že mohou reagovat exotermicky s hořlavými materiály)

9.2 Další informace

Silikátová pálená surovina, zrnitost dle požadavku zákazníka 0 – 30 mm, nerozkládá se, sypaná hmotnost 700 – 1750 kg/m³, teplota měknutí 1630 – 1750 °C.

TECHNICKÉ PÍSKY

Písky s extrémně vysokým obsahem SiO_2 jsou vynikající surovinou ve vodárenství k filtrování pitné vody a technologických vod, pro nejrůznější použití ve strojírenství, pro technologii přesného lití, ve stavebnictví jako plnivo do průmyslových podlah, na tryskání betonových a ocelových konstrukcí, na zásyp umělých sportovních trávníků apod. Technický písek s malým obsahem Fe_2O_3 je vynikající surovinou v elektrotechnickém průmyslu jako hasivo do pojistek vysokého napětí, jako zásypová a izolační hmota v elektrických topných tělesech a v dalších oborech.

Písky se dodávají sušené, volně ložené a balené, pro nakládku na silniční nebo železniční dopravní prostředky.

ZRNITOSTNÍ DATA A VLASTNOSTI TÝKAJÍCÍ SE VELIKOSTI ČÁSTIC

	ST 01/06	ST 02/06	ST 03/08	ST 03/30	ST 05/10	ST 06/12	STF 06/12	ST 10/40	Metody						
Velikost středního zrna (d50)	0,36	0,35	0,55	1,0	0,72	0,93	0,91	1,99	mm síťování						
AFS	34	32	23	8	17	15	15	5	síťování						
sypná hmotnost	1,52	1,5	1,5	1,5	1,5	1,52	1,52	1,55	kg/l						
> 4000 µm	0	0	0	3	0	5,3	5,6	0	% síťování						
> 3150 µm			5,5	92	5,2	92,8	94,2	99	% síťování						
> 1250 µm									% síťování						
> 1000 µm									% síťování						
> 800 µm	8,2	0,31	93,4	92	94,3	92,8	94,2	1	% síťování						
> 630 µm	84,4	98,59							% síťování						
> 500 µm									% síťování						
> 315 µm									% síťování						
> 200 µm	84,4	98,59	93,4	92	94,3	92,8	94,2	1	% síťování						
> 100 µm	7,2	1,1							1,1	5	0,5	1,9	0,3	% síťování	
< 100 µm	0,2													% síťování	

CHEMICKÉ ANALÝZY (RFA) %

	ST 01/06	ST 02/06	ST 03/08	ST 03/30	ST 05/10	ST 06/12	STF 06/12	ST 10/40
SiO_2	99,2	99,4	99,4	99,2	99,85	99,2	99,3	99,2
Fe_2O_3	0,04	0,04	0,04	0,1	0,022	0,03	0,03	0,03

FYZIKÁLNÍ CHARAKTERISTIKA

hustota (g/ml)	2,65	vlhkost (%)	0,2 max
tvrdost, Mohs	7	pH	7,2
ztráta žiháním (%)	0,1 - 0,3		

Křemenný písek ze Střelče je upravená přírodní surovina. Výše uvedené informace jsou založeny na středních hodnotách. Data by měla být považována pouze za indikativní. Hrubší a jemnější podíly jsou ve stopových množstvích možné. Uživatelé příduší, aby nejprve otestovali a posoudili vhodnost použití pro svůj účel. O případných tolerancích výše uvedených hodnot výrobků je možné jednat.

Prodej a dodávání je vždy na základě sjednaných obchodních podmínek a podle příslušné podnikové normy nebo kvalitativní dohody.

Synthos EPS

Bezpečnostní list

v souladu s Nařízením (ES) 1907/2006 (REACH)
a Nařízením (EU) 2015/830
Datum zhotovení (číslo verze): 2017/04/28 (1)
Aktualizace (číslo aktualizace): 2019/03/01 (3)

ODDÍL 1: IDENTIFIKACE LÁTKY / SMĚSI A SPOLEČNOSTI / PODNIKU

1.1. Identifikátor výrobku

Chemický název: Zpěnitelný polystyren
Název výrobku: InSphere F/PL, InSphere F/CZ, InSphere FR/CZ, InSphere FC/NL,
InSphere F/NL, InSphere FR/NL, InSphere FR/F, InSphere B/NL,
InSphere S/F2, InSphere FC/F2, InPacto D/NL, InPacto S/F1,
InPacto SR/F1
Číslo CAS: 9003-53-6 polystyren
Číslo EC: Polymer vyňatý
Registrační číslo REACH: Polymer vyňatý

1.2. Příslušná určená použití látky nebo směsi a nedoporučená použití

Identifikované použití

Výroba bloků a desek určených pro tepelnou izolaci, seřiznutých profilů a tvarovek (obaly, dekorativní prvky, konstrukčních bloků, podlahových a střešních tvarovek).

Používání výrobků vyrobených profesionálními uživateli a spotřebiteli vně a uvnitř prostorů.

Nedoporučované použití

Není.

1.3. Podrobné údaje o dodavateli bezpečnostního listu

Synthos S.A.
ul. Chemików 1
32-600 Oświęcim
Polsko
Tel. + 48 33 844 18 21...25
Fax + 48 33 842 42 18
reachSD@synthosgroup.com

Výroba v závodech:

- Synthos Dwory 7 spółka z ograniczoną odpowiedzialnością spółka jawna, ul. Chemików 1, Oświęcim, Polsko
- Synthos Kralupy a.s., 278 01 Kralupy nad Vltavou, O. Wichterleho 810, Česká Republika
- Synthos Breda B.V. Lijndonk 25, 4825BC Breda, Nizozemsko
- Synthos Ribécourt SAS; 704 Rue Pierre et Marie Curie 60170 Ribécourt-Dreslincourt, Francie
- Synthos Wingles SAS; rue Duplat, 62410 Wingles, Francie

1.4 Telefonní číslo pro naléhavé situace

Polsko: 48 33 847 22 23 (dostupné nepřetržitě 24 hodiny denně)
Česká Republika: dispečink: tel. +420 315 727 085, +420 315 713 041, Toxikologické informační středisko, Na Bojišti I, 128 08 Praha 2, tel. 24 hodin/den: +420 224 919 293, +420 224 915 402, fax: +420 224 914 570
Nizozemsko: + 44 (0) 1235 239 670

ODDÍL 2: IDENTIFIKACE NEBEZPEČNOSTI

2.1. Klasifikace látky nebo směsi

2.1.1. Klasifikace směsi podle klasifikačních pravidel obsažených ve nařízení 1272/2008.

Výrobek není klasifikován jako nebezpečná směs.

Při používání může vytvářet hořlavé nebo výbušné směsi par se vzduchem

2.2. Prvky označení

The label on the packaging with the product shall bear the following statements:

Výstražný symbol: není
Signální slovo/slova: není
Standardní věta/věty nebezpečnosti: není
Pokyn/pokyny pro bezpečné zacházení:

Synthos S.A.
ul. Chemików 1, 32-600 Oświęcim, tel. +48 33 844 18 21...25, fax +48 33 842 42 18.
www.synthosgroup.com

synthos
chemical innovations

Obrázek 4: Technický list kuličky EPS

SUBCEL F500 – Celulózové vlákno pro průmyslové účely

Vlastnost	Hodnota	Jednotka
Vzhled	jemné šedé vlákno	
Obsah celulózy	cca 70-80	%
Objemová hmotnost	85-95	g/l
PH - hodnota	6-7	
Sítová analýza		
Propad na sítu 32µm	min. 18	%
Propad na sítu 200µm	min. 76	%
Propad na sítu 425µm	min. 90	%
Propad na sítu 800µm	100	%
Balení	PE pytle 12,5 nebo 15 kg	

Kontakt:
Mojmír Urbánek
Ředitel výroby a výzkumu

Tel: +420 326 901 415
Fax: +420 326 901 456
E-mail: urbanek@ciur.cz

Tento informační list je vystaven pro vaši informaci s využitím všech dostupných znalostí o vlastnostech prezentovaného výrobku.
Jedná se o výrobek z přírodních vláken a v jeho vlastnostech mohou být zjištěny drobné odchylky od deklarovaných hodnot.

HS-5, Celulózové vlákno – hydrosevní substrát

Vlastnost	Hodnota	Jednotka
Vzhled	šedé vlákno	
Obsah popelovin v suché vláknině	20	%
Obsah vlhkosti	5 +/- 3	%
pH	6 - 7,5	
Absorpce vody	1.000 – 1500 %	

Sítová analýza

Méně než 90µm	min. 8	%
Méně než 2500µm	min. 72	%

Balení: 15kg PE pytel; 30;35 nebo 40 pytlů na paletě 120x100 cm

Hlavní účel použití: Vláknina, která je získaná z tříděného recyklovaného papíru, je určena ke stabilizaci travního semene v terénu, při metodě zakládání nového porostu způsobem hydrosevu.

Kontakt:

CIUR a.s.

Mojmír Urbánek

Ředitel výroby a výzkumu

Tel: +420 326 901 415

Fax: +420 326 901 456

E-mail: urbanek@ciur.cz

Tento informační list je vystaven pro vaši informaci s využitím všech dostupných znalostí o vlastnostech prezentovaného výrobku.

Jedná se o výrobek z přírodních vláken a v jeho vlastnostech mohou být zjištěny drobné odchylky od deklarovaných hodnot.

Obrázek 6: Technický list Ciur HS-5

SUBCEL

SPECIFICATION SHEET
(Typical test data)

SUBCEL F2550 N - Cellulose fibre for industrial application

Character	Value	Unit
Appearance	grey fibre and flakes	
Cellulose content	approx. 80	%
Ash content	max. 20	%
Fibre length	approx. 1.1	mm
Bulk density	approx. 35	g/l
Loss on drying	approx. 5	%
PH - value	approx. 6	

Typical screen analysis

Less than 90µm	min. 7	%
Less than 200µm	min. 16	%
Less than 800µm	min. 65	%
Less than 1250µm	min. 78	%

Packaging PE bags 12 kg, 12.5 kg or 14 kg

Contact – Production:

Mojmir Urbanek
Production and Research Director

Tel: +420 326 901 415
Fax: +420 326 901 456
E-mail: urbanek@ciur.cz

This information is presented for your consideration in the belief that it is accurate and reliable.

As with all natural products, slight differences to the above given values may arise.

CIUR a.s.
Pražská 1012, 250 01 Brandýs nad Labem
Tel.: +420 326 901 411, Fax: +420 326 901 456
E-mail: info@ciur.cz, www.ciur.cz



CIUR a.s.
Brandýs nad Labem

Obrázek 7: Technický list Ciur F2550N

SUBCEL F1000, Cellulose fibre for industry, medium short

Character	Value	Unit
Appearance	grey fibre	
Cellulose content	approx. 70-80	%
Bulk density	approx. 35	g/l
Loss on drying	approx. 6	%
PH - value	approx. 7	
Typical screen analysis		
Less than 90µm	min. 28	%
Less than 800µm	min. 82	%
Less than 1250µm	min. 95	%
Packaging	PE bags 12 or 15 kg	

Contact – Production:

Mojmír Urbánek

Production and Research Director

Tel: +420 326 901 415

Fax: +420 326 901 456

E-mail: urbanek@ciur.cz

This information is presented for your consideration in the belief that it is accurate and reliable.

As with all natural products, slight differences to the above given values may arise.

SUBCEL F500

SPECIFICATION SHEET
(Typical test data)

SUBCEL F500, Cellulose fibre for industry, fine

Character	Value	Unit
Appearance	grey fibre	
Cellulose content	approx. 70-80	%
Bulk density	85-95	g/l
Loss on drying	3-6	%
PH - value	6-7	
Ash content	max 31	%
Typical screen analysis		
Less than 32µm	min. 18	%
Less than 200µm	min. 76	%
Less than 425µm	min. 90	%
Less than 800µm	100	%
Packaging	PE bags 15 kg or 18 kg - 35 bags pallet 100 x 120 cm	

Contact – Sale:
Kath Richards
Director – UK Operations

Tel: +44 1685 878649
Fax: +44 1685 875403
Mobile: +44 7814 752255
E-mail: kath.richards@ciur.co.uk

Contact – Production:
Mojmír Urbánek
Production and Research Director

Tel: +420 326 901 415
Fax: +420 326 901 456
E-mail: urbanek@ciur.cz

This information is presented for your consideration in the belief that it is accurate and reliable.
As with all natural products, slight differences to the above given values may arise.

CIUR (UK) Ltd.
Aberdare Enterprise Centre, Aberdare, ABERDARE, CF44 6DA
www.ciur.co.uk



Obrázek 9: Technický list Ciur F500

SUBCEL

SPECIFICATION SHEET (Typical test data)

SUBCEL CC F3550 CF - Cellulose flakes

Character	Value	Unit
Appearance	grey	
Bulk density	300-340	kg/m ³ l
Oil absorbability (10 minutes)	approx. 120	%
Water absorbability	approx. 510	%
Loss on drying	approx. 7	%

Typical screen analysis

Less than 425µm	min. 0.1	%
Less than 2500µm	min. 22	%
Less than 4000µm	min. 52	%

Packaging According to customer requirements
(expected PE bags 10-12 kg / 500 big bag)

Contact – Sale:
Kath Richards
Director – UK Operations

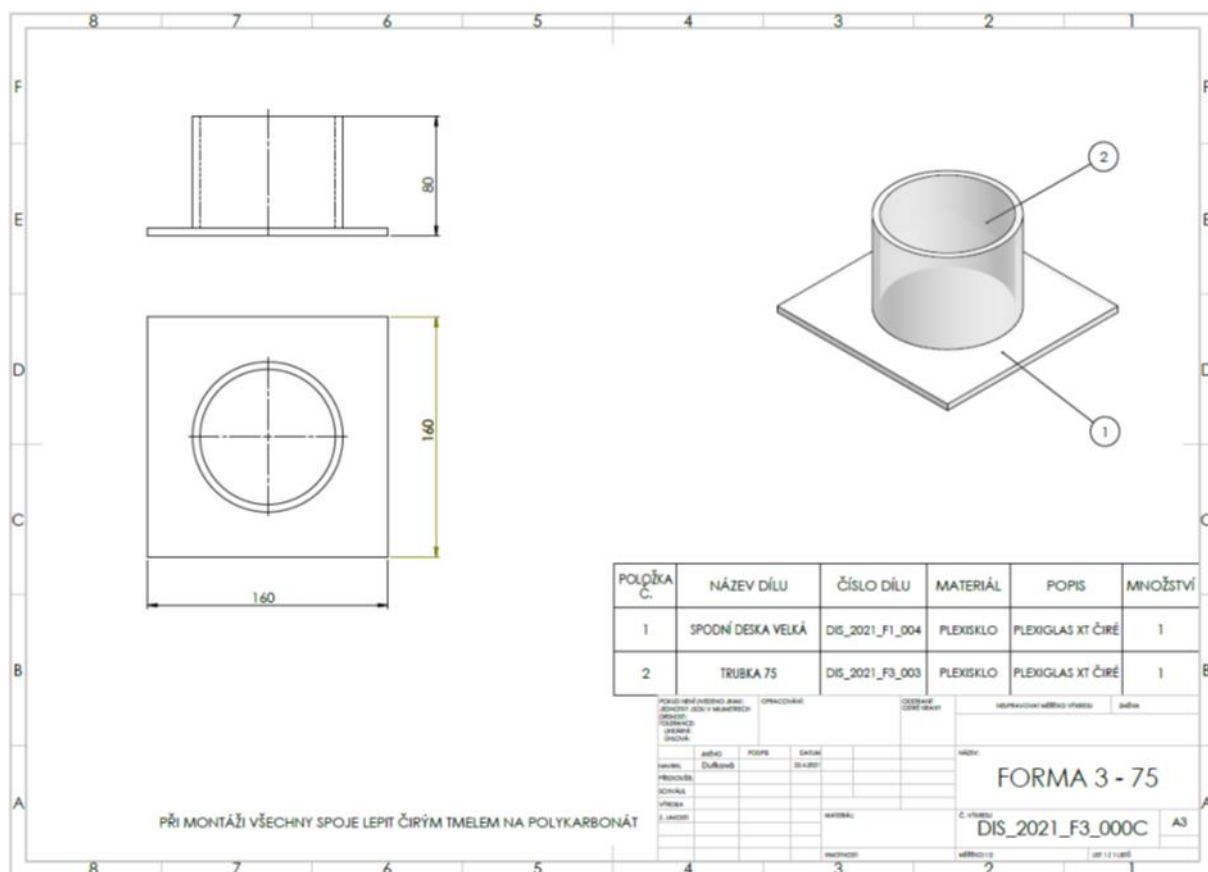
Tel: +44 1685 878649
Fax: +44 1685 875403
Mobile: +44 7814 752255
E-mail: kath.richards@ciur.co.uk

Contact – Production:
Mojmir Urbanek
Production and Research Director

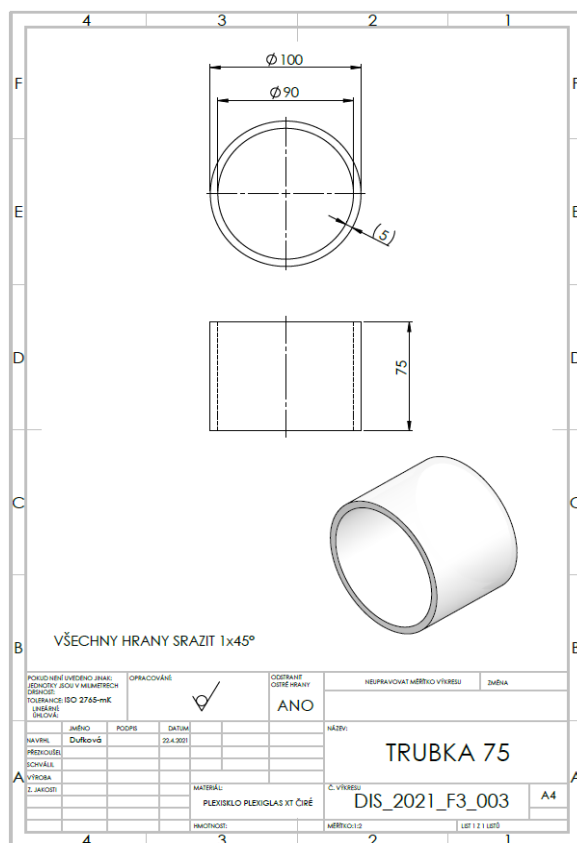
Tel: +420 326 901 415
Fax: +420 326 901 456
E-mail: urbanek@ciur.cz

This information is presented for your consideration in the belief that it is accurate and reliable.

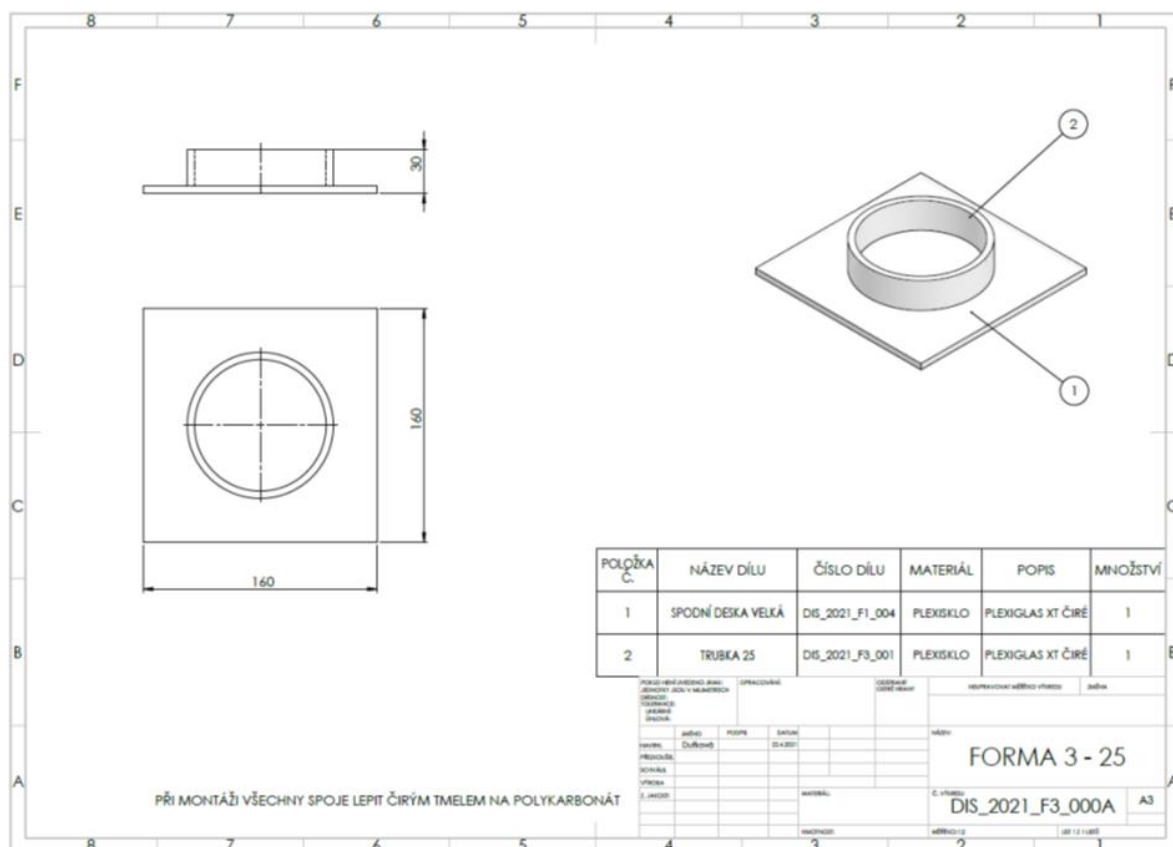
As with all natural products, slight differences to the above given values may arise.



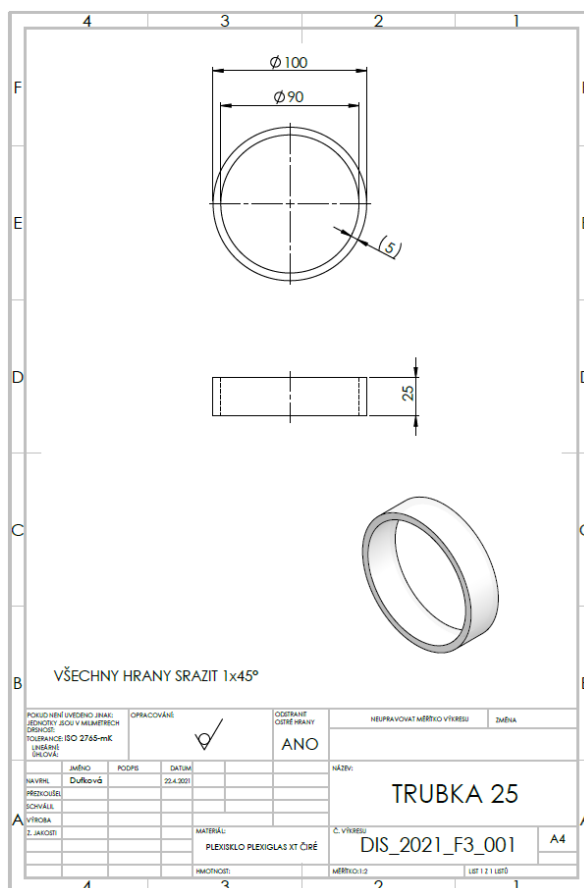
Obrázek 11: Výrobní výkres, forma na zkoušku pohltivosti, vzorky h 75



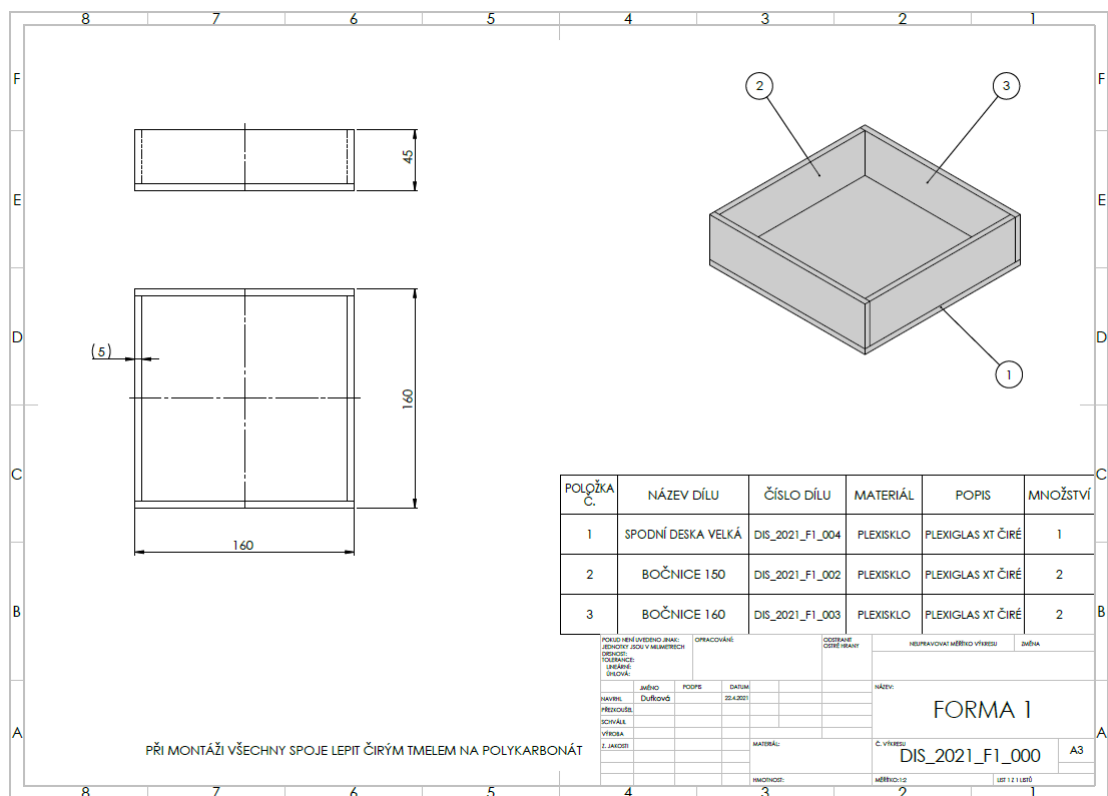
Obrázek 12: Výrobní výkres, trubka h 75



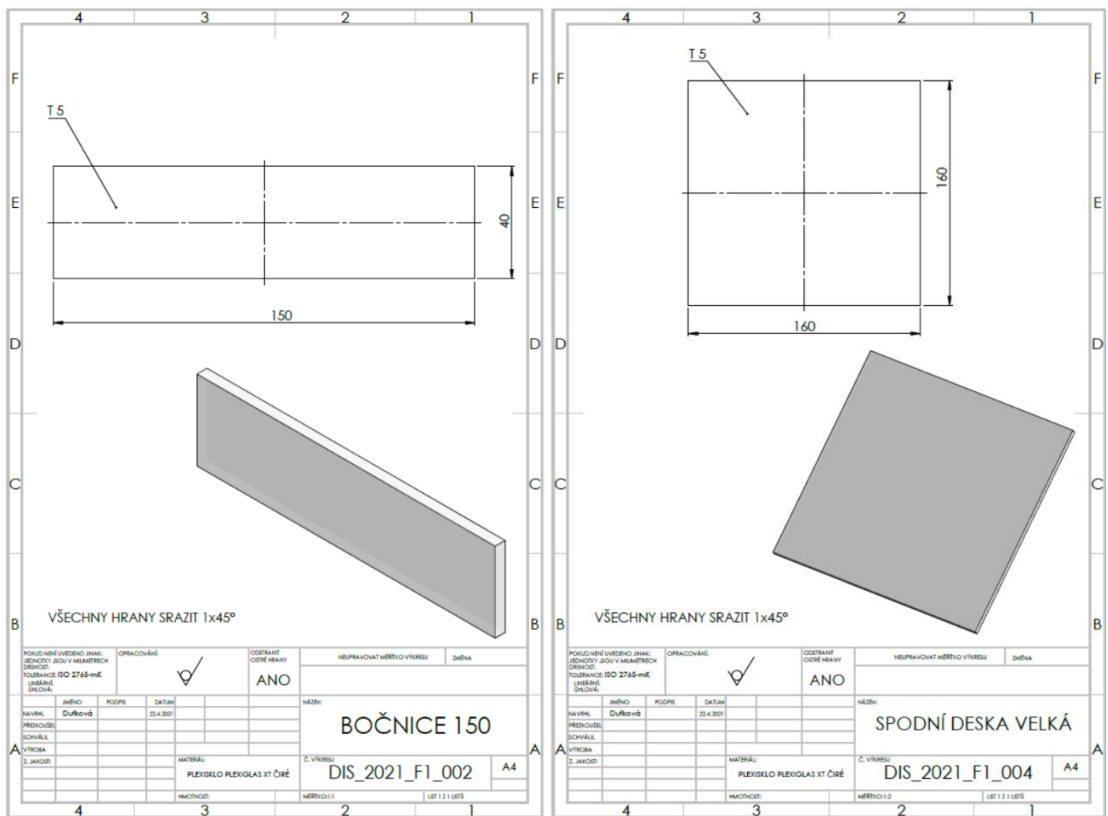
Obrázek 15: Výrobní výkres, forma na zkoušku pohltnosti, vzorky h 25



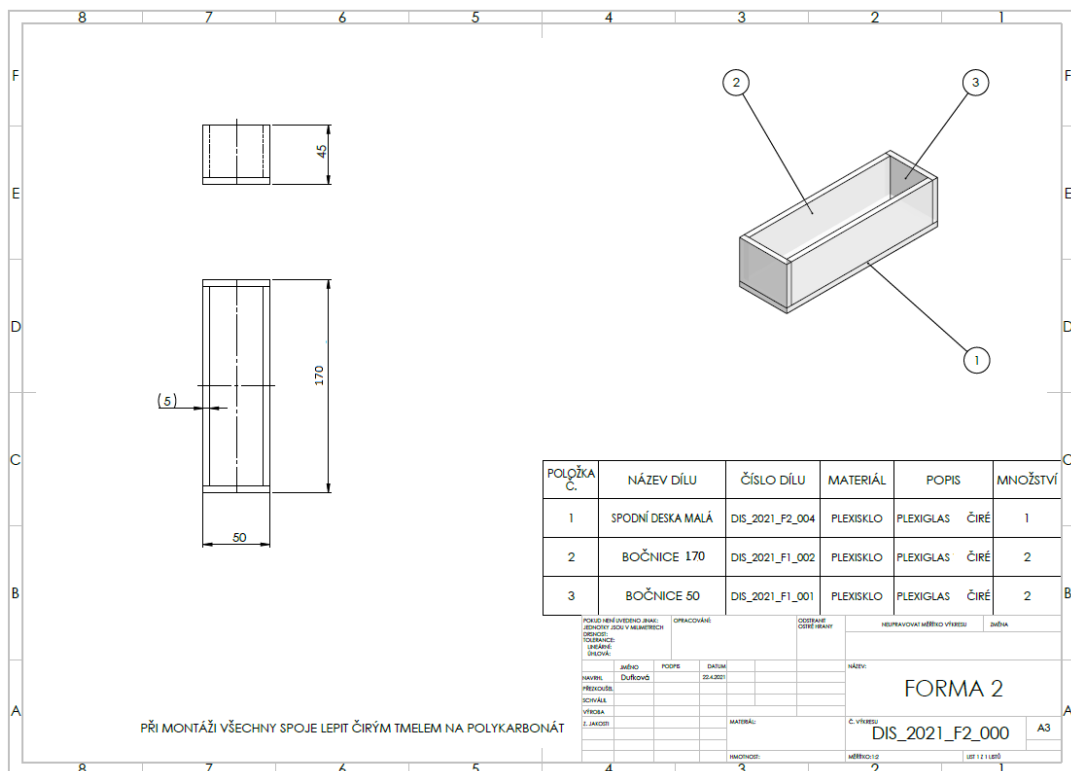
Obrázek 16: Výrobní výkres, trubka, vzorky h 25



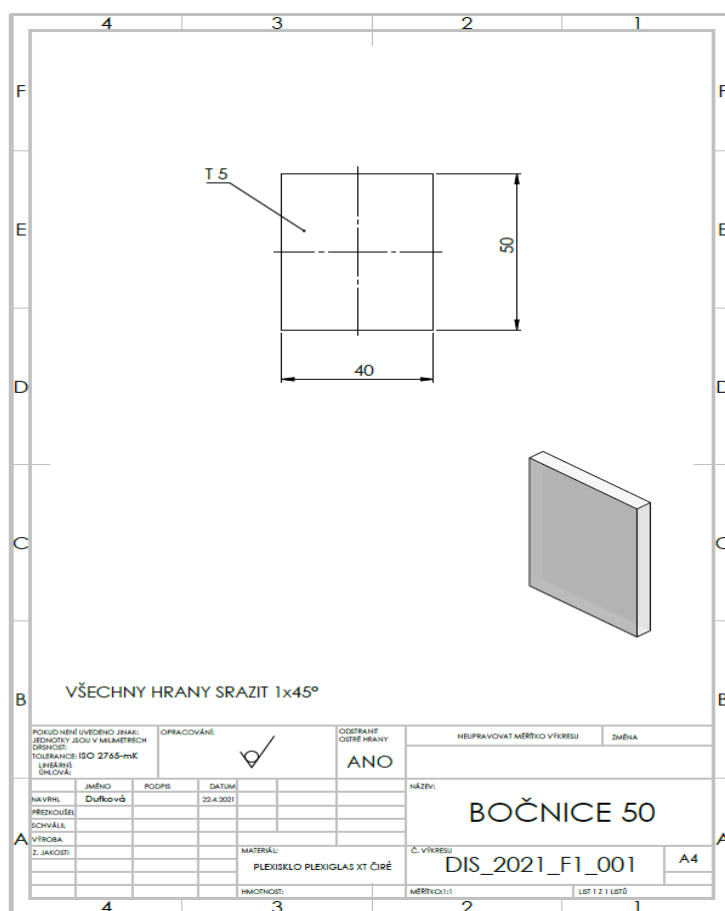
Obrázek 17: Výrobní výkres 4, forma na zkoušku tepelné vodivosti



Obrázek 18: Výrobní výkres 4.1 a) bočnice, b) spodní deska



Obrázek 19: Výrobní výkres na mechanické zkoušky, Rmt



Obrázek 20: Výrobní výkres, bočnice, Rmt

Introduction

The thermal conductivity was determined using a NETZSCH model HFM436 Lambda heat flow meter system capable of operation between -30 and 100°C (plate temperature, depending on the model). This device allows a fast and uncomplicated measurement of thermal conductivity. The system is ideally suited for the measurement of insulating materials with thermal conductivities up to 1.0 W/(m·K). Samples with an edge length of 300 mm and a thickness from 5 mm up to 100 mm can be investigated. Due to the patented temperature control and dual heat flux transducer arrangement the system allows measurements with outstanding precision and repeatability at short measurement times. An optional instrumentation kit extends the measurement range to higher conductivity materials like concrete, wood products and bricks up to 2 W/(m·K). The variable load feature allows applying a precise load on the specimen of compressible materials and makes measurements under defined pressure (up to 21kPa) with high accuracy and repeatability possible. The data acquisition and evaluation is carried out by an internal computer and integrated printer or by a cable-connected PC and NETZSCH-Proteus-HFM-Software operating under Windows®.



The system works according to ASTM C 518, ISO 8301, DIN EN 12667, DIN EN 13163 and JIS A 1412.

Product Description

With the Heat Flow Meter, HFM 436 *Lambda*, samples measuring (HFM436/3/x: 30 cm x 30 cm, thickness up to 10 cm; HFM436/6/1: 60 cm x 60 cm, thickness up to 20cm) are tested between two heat flux sensors in fixed or adjustable temperature gradients. After a few minutes for the system to reach equilibrium, the built-in computer or external computer determines the thermal conductivity and thermal resistance of the sample.

The HFM 436 *Lambda* can operate as a stand-alone instrument, without the assistance of a computer. The built-in printer produces a summary report, with a concise table of test results. The state-of-the-art cooling technology works with a Peltier cooling system and requires no external chiller (except for the HFM 436/3/1 E and 436/6/1 models) or water supply, thereby improving reliability and avoiding maintenance cost and time. All HFM 436 *Lambda* heat flow meters operate on the internal Q-Test software package on an embedded microprocessor. Tests can be set up and run entirely from the front keypad, and a hard copy of the results will be produced by the integrated printer. The SmartMode software runs under Windows® operating system, and allows enhanced flexibility in programming, instrument monitoring and data handling and storage. Input of temperature steps, data acquisition and analysis are, of course, standard features of the software.

Automatic plate movement and determination of the sample thickness facilitate test preparation. The HFM 436 *Lambda* comes with an integrated μ m-resolution transducer, allowing the measurement of the actual specimen's thickness within few seconds.

The patented plate temperature control system (US-patent No. 5,940,784 (1999)) and dual heat flux sensors quickly provide accurate data. The user places the sample between two heated plates controlled to a user-defined mean sample temperature and temperature drop. The plate temperatures are controlled by bidirectional Heating/Cooling Peltier systems, coupled with a closed loop fluid flow with an integrated forced air heat exchanger. The extended range versions (HFM 436/3/1 E and 436/6/1) include an external chiller for reaching lower temperatures. Data are continuously acquired, processed and stored by the integrated electronics, and upon completing the test, all relevant results are printed out. The expected faster testing times (~15 min/sample) in a quality control environment is achieved with the two heat flux transducers.

All test parameters as well as the calibration data are stored in the computer and documented.

Enhanced Capabilities

- Integrated printer
- Variable external load
- Extendable to higher conductivity materials with the optional instrumentation kit

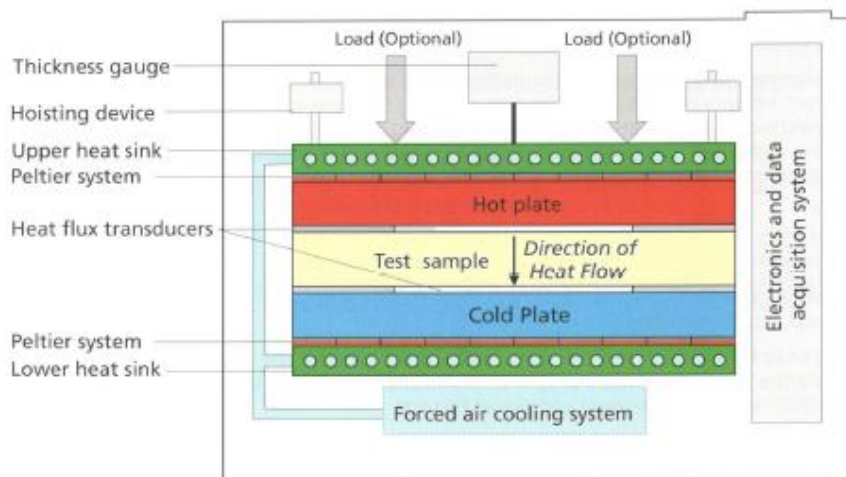
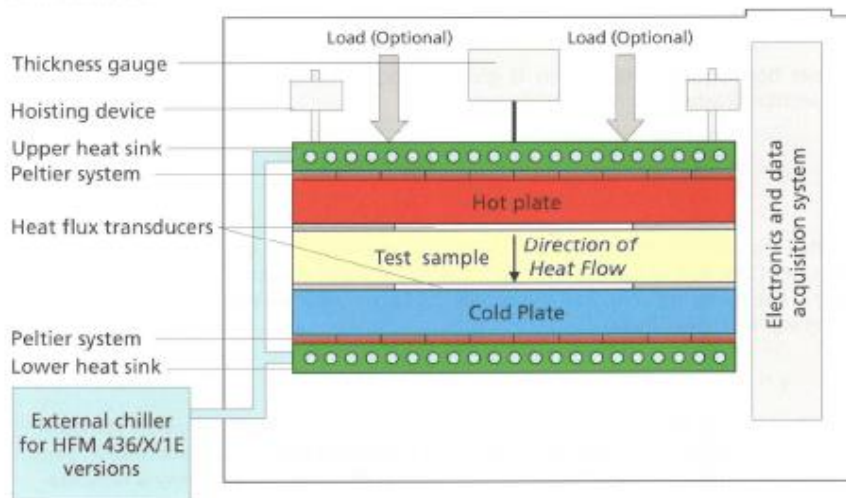
Operating Principle**HFM 436/3/0 or HFM 436/3/1****HFM 436/3/1E**

Figure 9: measuring principle HFM 436/3. The heat flow direction can also be reversed, with hot plate on bottom and cold plate above.

A heat flow meter (HFM) test is a steady-state measurement process in which the specimen being tested is installed in a heat flow meter apparatus (HFMA), where measurements are made to determine its thermal conductivity. The test specimen – a flat slab, typically 300 x 300 mm, with a thickness of 5 to 100 mm – is placed in contact with the HFMA's upper and lower plates, which are then stabilized at two different temperatures. Due to the temperature gradient thus imposed, heat flows vertically through the specimen, from hot face to cold face.

As the test progresses toward equilibrium, temperature and heat flux readings are taken once each minute from sensors embedded in the two plates. (The low-level voltage outputs from the sensors are converted to temperature and heat flux using calibrations done beforehand.) When all readings have stabilized, their values are used to calculate specimen thermal conductivity under steady-state conditions.

The theoretical basis of the heat flow meter method is outlined briefly below, and the section to follow provides details on steps in the experimental procedure for the HFM 436.

We define heat flux q [W/m²] as the rate of heat flow Q [W] through a specific area A [m²] of the sample. The heat flux transducers (

Figure 9) sense heat flow only in the central portion of the sample (the metering area, 100 x 100 mm), and produce a voltage V that is proportional to the heat flux q in this region; the magnitude of q ($q = Q/A$) depends on several additional factors:

- thermal conductivity of the sample (λ , or k)
- thickness of the sample (Δx)
- temperature difference across the sample (ΔT)
- area through which the heat flows (A)

The Fourier heat flow equation (Equation 1) gives the relationship between these parameters when the test section reaches thermal equilibrium:

$$q = \frac{Q}{A} = \lambda \frac{\Delta T}{\Delta x} \quad \text{Equation 1}$$

The two heat flux transducers (HFTs) depicted in Figure 1 measure the heat flow through the sample. In all cases (Test Run or Calibration Run), the HFT voltage output V is proportional to the heat flux q in the metering area, and the constant of proportionality N can be used to convert the voltage signal to heat flux,:

$$q = N \cdot V \quad \text{Equation 2}$$

The calibration factor N is determined by separate calibration runs using a reference standard specimen with thermal conductivity values traceable to a National Metrology Laboratory. Since the value of N is temperature dependent, the calibration runs are performed over a temperature range in order to determine the calibration curve $N(T)$. Combining Equations 1 and 2 and solving for λ produces the expression for the specimen thermal conductivity,

$$\lambda = k = NV \frac{\Delta x}{\Delta T} \quad \text{Equation 3}$$

Vzorek	AV	BV	CV	DV	EV	FV	GV	HV	IV	JV
stř. h. λ	0,20	0,23	0,14	0,22	0,28	0,16	0,22	0,17	0,24	0,23
ρ [kg/m ³] stř. h	870	909	560	835	921	634	841	690	928	936
Vzorek	LV	MV	NV	OV	PV	RV	SV	TV	UV	YV
stř. h. λ	0,15	0,18	0,16	0,13	0,11	0,12	0,12	0,19	0,14	0,27
ρ [kg/m ³] stř. h	611	770	602	590	531	411	453	745	485	1205
Vzorek	WV	WV K	O.1K	O.1.K M	6.1V	6.1VM	O.2V	O.2V M	6V	7V
stř. h. λ	0,12	0,25	0,32	0,25	0,14	0,16	0,18	0,13	0,16	0,15
ρ [kg/m ³] stř. h	522	1041	1105	804	553	574	646	462	634	593

Obrázek 22: Tepelná vodivost λ naměřené hodnoty

Vzorek		AV	BV	CV	DV	EV	FV	GV	HV	LV	MV	NV	OV
tlak	stř. hod.	4,75	4,60	2,31	2,43	3,16	3,58	2,78	3,45	1,70	3,32	3,31	5,80
	sm. Odch	0,61	0,91	0,46	0,41	0,39	0,35	0,54	0,34	0,08	0,67	0,54	0,43
ohyb	stř. hod.	1,30	1,10	0,70	0,60	0,90	0,90	0,80	1,10	0,40	0,90	0,80	0,40
	sm. Odch	0,10	0,30	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Vzorek		PV	RV	SV	TV	UV	WV	WV K	YV	YV 1	YV 2	YV 3	YV 4
tlak	stř. hod.	1,18	0,78	0,83	1,65	0,92	1,41	4,21	2,44	2,21	2,13	2,28	2,42
	sm. Odch	0,37	0,11	0,26	0,23	0,18	0,44	0,94	0,30	0,52	0,35	0,34	0,34
ohyb	stř. hod.	0,40	0,30	0,40	0,50	0,30	0,30	0,40	0,70	0,80	0,90	1,20	0,90
	sm. Odch	0,10	0,10	0,40	0,20	0,10	0,10	0,40	0,10	0,10	0,10	0,10	0,20
Vzorek		XV	XV 1	XV 3	XV 4	C3V	C2V	C1V	O1K	O1K M	O2 V	O2V M	1.1 K
tlak	stř. hod.	3,39	2,02	3,44	3,17	3,34	2,39	3,31	8,70	3,51	2,28	1,26	6,03
	sm. Odch	0,83	0,26	0,62	0,62	0,76	0,55	0,38	1,46	0,85	0,33	0,11	2,98
ohyb	stř. hod.	1,00	0,80	1,20	0,90	1,00	0,70	0,90	0,70	1,00	0,30	0,50	0,80
	sm. Odch	0,10	0,10	0,10	0,20	0,10	0,10	0,10	0,20	0,20	0,10	0,10	0,20
Vzorek		2.1 V	CISTY 4.1 V	5.1 K	6.1 V	7V	7.1 V	9V	22 K	23 V	24 K	6V	
tlak	stř. hod.	3,18	1,24	28,78	1,86	1,68	14,66	2,42	31,53	3,65	3,69	1,99	
	sm. Odch	0,28	0,14	2,35	0,16	0,15	1,65	0,58	8,53	0,71	0,19	0,29	
ohyb	stř. hod.	1,20	0,40	4,50	0,70	0,50	2,70	0,80	1,30	0,60	0,70	0,40	
	sm. Odch	0,20	0,10	0,40	0,10	0,10	0,40	0,10	0,20	0,10	0,10	0,20	

Obrázek 23: Výsledky R_{mt}, R_{mo}

Konopí α [-] pro tloušťku vzorku 25mm											
Vzorek	160 Hz	200 Hz	250 Hz	315 Hz	400 Hz	500 Hz	630 Hz	800 Hz	1000 Hz	1200 Hz	1600 Hz
Beton	0,17	0,17	0,15	0,13	0,12	0,11	0,10	0,09	0,09	0,08	0,09
AV	0,20	0,20	0,21	0,24	0,33	0,47	0,47	0,46	0,29	0,24	0,24
DV	0,23	0,22	0,21	0,24	0,26	0,32	0,39	0,45	0,39	0,30	0,28
EV	0,21	0,21	0,22	0,26	0,37	0,52	0,76	0,56	0,34	0,25	0,24
FV	0,22	0,23	0,25	0,29	0,35	0,48	0,61	0,55	0,39	0,31	0,30
GV	0,20	0,21	0,23	0,27	0,38	0,54	0,58	0,43	0,28	0,23	0,24
7.1 V	0,20	0,20	0,20	0,22	0,27	0,31	0,31	0,29	0,25	0,27	0,29
MV	0,24	0,27	0,30	0,35	0,43	0,53	0,44	0,35	0,27	0,24	0,25
NV	0,24	0,26	0,28	0,31	0,33	0,28	0,27	0,25	0,19	0,17	0,17
OV	0,23	0,23	0,23	0,26	0,33	0,32	0,28	0,23	0,16	0,13	0,12

Obrázek 24: Výsledky α [-] pro tloušťku vzorků s plnivem konopí h 25 mm

Konopí α [-] pro tloušťku vzorku 50 mm											
Vzorek	160 Hz	200 Hz	250 Hz	315 Hz	400 Hz	500 Hz	630 Hz	800 Hz	1000 Hz	1200 Hz	1600 Hz
Beton	0,17	0,17	0,15	0,13	0,12	0,11	0,10	0,09	0,09	0,08	0,09
AV 50	0,25	0,27	0,31	0,40	0,51	0,52	0,44	0,32	0,28	0,27	0,27
DV 50	0,22	0,23	0,26	0,34	0,45	0,40	0,31	0,23	0,20	0,21	0,22
EV 50	0,28	0,30	0,34	0,39	0,50	0,50	0,39	0,31	0,29	0,30	0,31
FV 50	0,14	0,18	0,23	0,34	0,46	0,46	0,34	0,23	0,20	0,20	0,21
GV 50	0,26	0,28	0,31	0,37	0,45	0,50	0,43	0,33	0,29	0,28	0,31
7.1 V	0,31	0,34	0,42	0,56	0,68	0,53	0,35	0,24	0,20	0,20	0,21
MV 50	0,26	0,31	0,35	0,42	0,43	0,43	0,36	0,28	0,24	0,23	0,24
NV 50	0,28	0,30	0,31	0,33	0,34	0,29	0,27	0,21	0,17	0,16	0,16
OV 50	0,23	0,23	0,22	0,24	0,29	0,32	0,33	0,24	0,17	0,13	0,12

Obrázek 25: Výsledky α [-] pro tloušťku vzorků s plnivem konopí h 50 mm

Konopí α [-] pro tloušťku vzorku 75 mm											
Vzorek	160 Hz	200 Hz	250 Hz	315 Hz	400 Hz	500 Hz	630 Hz	800 Hz	1000 Hz	1200 Hz	1600 Hz
Beton	0,17	0,17	0,15	0,13	0,12	0,11	0,10	0,09	0,09	0,08	0,09
DV 75	0,39	0,48	0,51	0,46	0,37	0,30	0,25	0,23	0,23	0,23	0,25
EV 75	0,33	0,40	0,47	0,49	0,44	0,33	0,27	0,25	0,25	0,26	0,29
FV 75	0,24	0,32	0,41	0,46	0,40	0,33	0,29	0,25	0,24	0,25	0,28
GV 75	0,27	0,32	0,41	0,54	0,63	0,54	0,36	0,28	0,26	0,26	0,29
7.1V	0,29	0,29	0,33	0,41	0,58	0,80	0,86	0,59	0,42	0,39	0,33
MV 75	0,39	0,43	0,46	0,43	0,37	0,33	0,26	0,23	0,22	0,23	0,25
NV 75	0,37	0,40	0,42	0,39	0,33	0,28	0,23	0,18	0,16	0,14	0,15
OV 75	0,18	0,24	0,32	0,36	0,31	0,23	0,19	0,15	0,13	0,12	0,11

Obrázek 26: Výsledky α [-] pro tloušťku vzorků s plnivem konopí h 75 mm

Ciur α [-] pro tloušťku vzorku 25 mm											
Vzorek	160 Hz	200 Hz	250 Hz	315 Hz	400 Hz	500 Hz	630 Hz	800 Hz	1000 Hz	1250 Hz	1600 Hz
Beton	0,17	0,17	0,15	0,13	0,12	0,11	0,10	0,09	0,09	0,08	0,09
HV	0,21	0,21	0,20	0,21	0,22	0,25	0,29	0,36	0,38	0,34	0,30
IV	0,24	0,25	0,29	0,37	0,49	0,62	0,56	0,42	0,34	0,32	0,35
JV	0,15	0,17	0,18	0,20	0,23	0,27	0,34	0,41	0,39	0,35	0,35
KV	0,21	0,20	0,22	0,29	0,47	0,53	0,53	0,31	0,19	0,14	0,13
3K	0,18	0,16	0,15	0,13	0,13	0,12	0,12	0,14	0,19	0,38	0,26
7V	0,21	0,23	0,24	0,26	0,33	0,39	0,38	0,33	0,29	0,36	0,32
8K	0,19	0,18	0,16	0,15	0,15	0,13	0,13	0,13	0,15	0,20	0,30
9V	0,21	0,21	0,21	0,22	0,26	0,28	0,32	0,39	0,44	0,45	0,41

Obrázek 27: Výsledky α [-] pro tloušťku vzorků Ciur 25 mm

Ciur α [-] pro tloušťku vzorku 50 mm											
Vzorek	160 Hz	200 Hz	250 Hz	315 Hz	400 Hz	500 Hz	630 Hz	800 Hz	1000 Hz	1250 Hz	1600 Hz
Beton	0,17	0,17	0,15	0,13	0,12	0,11	0,10	0,09	0,09	0,08	0,09
HV 50	0,29	0,30	0,33	0,39	0,42	0,43	0,34	0,26	0,22	0,22	0,24
IV 50	0,22	0,23	0,28	0,41	0,56	0,48	0,30	0,20	0,18	0,18	0,22
JV 50	0,18	0,21	0,25	0,34	0,45	0,49	0,37	0,25	0,21	0,21	0,21
KV 50	0,16	0,17	0,17	0,20	0,27	0,35	0,40	0,25	0,17	0,16	0,12
9V 50	0,29	0,30	0,34	0,42	0,56	0,64	0,59	0,46	0,39	0,37	0,38
7V 50	0,27	0,29	0,32	0,41	0,56	0,58	0,49	0,37	0,33	0,33	0,34
8K 50	0,18	0,17	0,17	0,21	0,40	0,65	0,37	0,17	0,12	0,10	0,12

Obrázek 28: Výsledky α [-] pro tloušťku vzorků Ciur 50 mm

Ciur α [-] pro tloušťku vzorku 75 mm											
Vzorek	160 Hz	200 Hz	250 Hz	315 Hz	400 Hz	500 Hz	630 Hz	800 Hz	1000 Hz	1250 Hz	1600 Hz
Beton	0,17	0,17	0,15	0,13	0,12	0,11	0,10	0,09	0,09	0,08	0,09
HV	0,24	0,29	0,38	0,47	0,45	0,34	0,25	0,22	0,20	0,20	0,22
IV	0,24	0,28	0,34	0,47	0,58	0,45	0,29	0,22	0,21	0,20	0,21
JV	0,28	0,34	0,43	0,57	0,66	0,52	0,35	0,28	0,26	0,27	0,29
KV	0,21	0,23	0,28	0,39	0,47	0,39	0,23	0,16	0,14	0,14	0,13
3K	0,23	0,22	0,26	0,37	0,51	0,35	0,20	0,14	0,11	0,10	0,09
7V	0,34	0,40	0,50	0,61	0,61	0,47	0,35	0,30	0,30	0,33	0,41
8K	0,22	0,21	0,23	0,32	0,52	0,49	0,26	0,15	0,12	0,10	0,09
9V	0,45	0,54	0,65	0,70	0,59	0,44	0,34	0,31	0,31	0,31	0,33

Obrázek 29: Výsledky α [-] pro tloušťku vzorků Ciur 75 mm

Keramzit α [-] pro tloušťku vzorku 25 mm											
Vzorek	160 Hz	200 Hz	250 Hz	315 Hz	400 Hz	500 Hz	630 Hz	800 Hz	1000 Hz	1250 Hz	1600 Hz
Beton	0,17	0,17	0,15	0,13	0,12	0,11	0,10	0,09	0,09	0,08	0,09
XV	0,20	0,27	0,33	0,39	0,39	0,34	0,31	0,32	0,27	0,24	0,26
YV	0,24	0,28	0,32	0,41	0,53	0,52	0,48	0,41	0,31	0,27	0,27
SV	0,24	0,26	0,30	0,37	0,46	0,44	0,37	0,36	0,36	0,32	0,31
TV	0,24	0,27	0,30	0,38	0,48	0,45	0,35	0,32	0,31	0,28	0,28
UV	0,21	0,23	0,25	0,28	0,36	0,46	0,60	0,63	0,48	0,39	0,37
YV4	0,24	0,27	0,30	0,37	0,49	0,52	0,52	0,43	0,31	0,26	0,25

Obrázek 30: Výsledky α [-] pro tloušťku vzorků Keramzit 25 mm

Papír α [-] pro tloušťku vzorku 25 mm											
Vzorek	160 Hz	200 Hz	250 Hz	315 Hz	400 Hz	500 Hz	630 Hz	800 Hz	1000 Hz	1250 Hz	1600 Hz
CV 25	0,23	0,22	0,22	0,25	0,32	0,44	0,53	0,49	0,36	0,28	0,28
C1V 25	0,25	0,28	0,31	0,37	0,46	0,44	0,45	0,38	0,30	0,27	0,26
C2V 25	0,24	0,28	0,31	0,38	0,44	0,42	0,34	0,32	0,30	0,27	0,28
CV3 25	0,23	0,25	0,27	0,32	0,45	0,61	0,66	0,51	0,44	0,34	0,30

Obrázek 31: Výsledky α [-] pro tloušťku vzorků Len 25 mm

Papír α [-] pro tloušťku vzorku 50 mm											
Vzorek	160 Hz	200 Hz	250 Hz	315 Hz	400 Hz	500 Hz	630 Hz	800 Hz	1000 Hz	1250 Hz	1600 Hz
CV 50	0,23	0,25	0,30	0,40	0,52	0,52	0,46	0,37	0,33	0,32	0,32
C1V 50	0,32	0,35	0,37	0,37	0,36	0,33	0,29	0,28	0,28	0,26	0,26
C2V 50	0,26	0,30	0,35	0,41	0,43	0,40	0,34	0,32	0,29	0,26	0,25
CV3 50	0,29	0,33	0,36	0,40	0,46	0,46	0,38	0,32	0,29	0,28	0,29

Obrázek 32: Výsledky α [-] pro tloušťku vzorků Len 50 mm

Papír α [-] pro tloušťku vzorku 75 mm											
Vzorek	160 Hz	200 Hz	250 Hz	315 Hz	400 Hz	500 Hz	630 Hz	800 Hz	1000 Hz	1250 Hz	1600 Hz
C1V 75	0,40	0,43	0,43	0,40	0,40	0,36	0,30	0,27	0,25	0,24	0,26
C2V 75	0,36	0,39	0,36	0,32	0,28	0,25	0,24	0,22	0,22	0,23	0,25
CV3 75	0,34	0,41	0,45	0,43	0,39	0,34	0,29	0,26	0,26	0,26	0,28

Obrázek 33: Výsledky α [-] pro tloušťku vzorků Len 75 mm

Kočkolit α [-] pro tloušťku vzorku 25 mm											
Vzorek	160 Hz	200 Hz	250 Hz	315 Hz	400 Hz	500 Hz	630 Hz	800 Hz	1000 Hz	1250 Hz	1600 Hz
Beton	0,17	0,17	0,15	0,13	0,12	0,11	0,10	0,09	0,09	0,08	0,09
WV 25	0,18	0,22	0,26	0,34	0,46	0,49	0,40	0,41	0,33	0,29	0,31
CV 25	0,23	0,22	0,22	0,25	0,32	0,44	0,53	0,49	0,36	0,28	0,28
C2V 25	0,24	0,28	0,31	0,38	0,44	0,42	0,34	0,32	0,30	0,27	0,28

Kočkolit α [-] pro tloušťku vzorku 50 mm											
Vzorek	160 Hz	200 Hz	250 Hz	315 Hz	400 Hz	500 Hz	630 Hz	800 Hz	1000 Hz	1250 Hz	1600 Hz
Beton	0,17	0,17	0,15	0,13	0,12	0,11	0,10	0,09	0,09	0,08	0,09
WV 50	0,26	0,32	0,41	0,52	0,65	0,68	0,56	0,43	0,37	0,40	0,40
CV 50	0,23	0,25	0,30	0,40	0,52	0,52	0,46	0,37	0,33	0,32	0,32
C2V 50	0,26	0,30	0,35	0,41	0,43	0,40	0,34	0,32	0,29	0,26	0,25

Kočkolit α [-] pro tloušťku vzorku 75 mm											
Vzorek	160 Hz	200 Hz	250 Hz	315 Hz	400 Hz	500 Hz	630 Hz	800 Hz	1000 Hz	1250 Hz	1600 Hz
Beton	0,17	0,17	0,15	0,13	0,12	0,11	0,10	0,09	0,09	0,08	0,09
WV 75	0,47	0,52	0,53	0,48	0,40	0,35	0,32	0,30	0,27	0,29	0,32
C2V 75	0,36	0,39	0,36	0,32	0,28	0,25	0,24	0,22	0,22	0,23	0,25

Obrázek 34: Výsledky α [-] pro tloušťku vzorků Kočkolit 25, 50, 75 mm

Papír α [-] pro tloušťku vzorku 25 mm											
Vzorek	160 Hz	200 Hz	250 Hz	315 Hz	400 Hz	500 Hz	630 Hz	800 Hz	1000 Hz	1250 Hz	1600 Hz
XV 25	0,20	0,27	0,33	0,39	0,39	0,34	0,31	0,32	0,27	0,24	0,26
XV1 25	0,19	0,22	0,24	0,30	0,41	0,57	0,77	0,71	0,45	0,32	0,29
XV3 25	0,19	0,23	0,25	0,31	0,42	0,60	0,70	0,48	0,32	0,27	0,27
YV 25	0,24	0,28	0,32	0,41	0,53	0,52	0,48	0,41	0,31	0,27	0,27
YV1 25	0,25	0,27	0,29	0,31	0,38	0,44	0,47	0,45	0,39	0,35	0,35
YV2 25	0,18	0,22	0,25	0,29	0,36	0,46	0,55	0,53	0,39	0,32	0,31
YV3 25	0,18	0,21	0,24	0,29	0,39	0,54	0,76	0,71	0,42	0,28	0,25
YV4 25	0,24	0,27	0,30	0,37	0,49	0,52	0,52	0,43	0,31	0,26	0,25

Obrázek 35: Výsledky α [-] pro tloušťku vzorků papír 25 mm

Papír α [-] pro tloušťku vzorku 50 mm											
Vzorek	160 Hz	200 Hz	250 Hz	315 Hz	400 Hz	500 Hz	630 Hz	800 Hz	1000 Hz	1250 Hz	1600 Hz
Beton	0,17	0,17	0,15	0,13	0,12	0,11	0,10	0,09	0,09	0,08	0,09
XV3 50	0,31	0,36	0,40	0,44	0,51	0,48	0,41	0,34	0,31	0,30	0,33
YV 50	0,28	0,34	0,40	0,45	0,47	0,45	0,39	0,33	0,31	0,29	0,30
YV2 50	0,31	0,36	0,40	0,44	0,47	0,46	0,39	0,33	0,29	0,28	0,29
YV3 50	0,35	0,38	0,43	0,46	0,53	0,51	0,44	0,38	0,34	0,32	0,31
YV4 50	0,30	0,33	0,36	0,39	0,42	0,44	0,39	0,33	0,29	0,26	0,26

Obrázek 36: Výsledky α [-] pro tloušťku vzorků Papír 50 mm

Popílek, piliny, řepka α [-]											
Vzorek	160 Hz	200 Hz	250 Hz	315 Hz	400 Hz	500 Hz	630 Hz	800 Hz	1000 Hz	1250 Hz	1600 Hz
Beton	0,17	0,17	0,15	0,13	0,12	0,11	0,10	0,09	0,09	0,08	0,09
BV 25	0,19	0,19	0,19	0,21	0,25	0,28	0,37	0,46	0,43	0,34	0,28
BV 50	0,22	0,25	0,28	0,35	0,45	0,52	0,49	0,35	0,29	0,28	0,29
22K 25	0,18	0,18	0,15	0,13	0,12	0,11	0,11	0,14	0,23	0,47	0,18
23V 25	0,13	0,16	0,18	0,19	0,22	0,24	0,26	0,29	0,38	0,58	0,72

Obrázek 37: Výsledky popílek, piliny, řepka

Papíra [-] pro tloušťku vzorku 75 mm											
Vzorek	160 Hz	200 Hz	250 Hz	315 Hz	400 Hz	500 Hz	630 Hz	800 Hz	1000 Hz	1250 Hz	1600 Hz
Beton	0,17	0,17	0,15	0,13	0,12	0,11	0,10	0,09	0,09	0,08	0,09
XV 75	0,41	0,45	0,43	0,39	0,37	0,34	0,28	0,26	0,25	0,26	0,30
XV1 75	0,46	0,53	0,56	0,53	0,48	0,39	0,31	0,28	0,26	0,26	0,28
XV3 75	0,43	0,49	0,50	0,45	0,40	0,34	0,27	0,25	0,24	0,24	0,26
YV 75	0,24	0,24	0,25	0,31	0,52	0,58	0,33	0,19	0,14	0,12	0,12
YV1 75	0,44	0,51	0,54	0,51	0,45	0,37	0,30	0,27	0,27	0,27	0,30
YV2 75	0,44	0,49	0,49	0,44	0,40	0,36	0,30	0,28	0,28	0,29	0,31
YV3 75	0,46	0,53	0,58	0,56	0,52	0,43	0,35	0,31	0,29	0,29	0,29
YV4 75	0,35	0,40	0,40	0,38	0,35	0,31	0,26	0,25	0,23	0,24	0,26

Obrázek 38: Výsledky α [-] pro tloušťku vzorků Papír 75 mm

Bez plniv α [-] pro tloušťku vzorku 25 mm											
Vzorek	160 Hz	200 Hz	250 Hz	315 Hz	400 Hz	500 Hz	630 Hz	800 Hz	1000 Hz	1250 Hz	1600 Hz
Beton	0,17	0,17	0,15	0,13	0,12	0,11	0,10	0,09	0,09	0,08	0,09
RV 25	0,20	0,22	0,23	0,27	0,36	0,50	0,74	0,68	0,44	0,32	0,30
PV 25	0,22	0,25	0,28	0,35	0,44	0,45	0,49	0,38	0,32	0,31	0,34

Obrázek 39: Výsledky α [-] pro tloušťku vzorků Mikrosférka, Šamot 25 mm

Bez plniv α [-] pro tloušťku vzorku 50 mm											
Vzorek	160 Hz	200 Hz	250 Hz	315 Hz	400 Hz	500 Hz	630 Hz	800 Hz	1000 Hz	1250 Hz	1600 Hz
Beton	0,17	0,17	0,15	0,13	0,12	0,11	0,10	0,09	0,09	0,08	0,09
RV 50	0,31	0,40	0,49	0,52	0,47	0,41	0,37	0,33	0,31	0,33	0,35
PV 50	0,23	0,25	0,27	0,32	0,46	0,63	0,59	0,41	0,32	0,27	0,24

Obrázek 40: Výsledky α [-] pro tloušťku vzorků Mikrosférka, Šamot 50 mm

Bez plniv α [-] pro tloušťku vzorku 75 mm											
Vzorek	160 Hz	200 Hz	250 Hz	315 Hz	400 Hz	500 Hz	630 Hz	800 Hz	1000 Hz	1250 Hz	1600 Hz
Beton	0,17	0,17	0,15	0,13	0,12	0,11	0,10	0,09	0,09	0,08	0,09
RV 75	0,41	0,49	0,61	0,72	0,66	0,52	0,42	0,32	0,30	0,31	0,36
PV 75	0,35	0,42	0,47	0,47	0,42	0,37	0,29	0,27	0,28	0,29	0,31

Obrázek 41Obrázek 39: Výsledky α [-] pro tloušťku vzorků Mikrosférka, Šamot 75 mm

α [-] pro tloušťku vzorku 25 mm											
Vzorek	160 Hz	200 Hz	250 Hz	315 Hz	400 Hz	500 Hz	630 Hz	800 Hz	1000 Hz	1250 Hz	1600 Hz
beton	0,17	0,17	0,15	0,13	0,12	0,11	0,10	0,09	0,09	0,08	0,09
1.1 K	0,01	0,03	0,02	0,02	0,04	0,03	0,04	0,05	0,10	0,10	0,39
2.1 V	0,05	0,05	0,06	0,08	0,12	0,15	0,23	0,48	0,81	0,44	0,29
3.1 K	0,02	0,02	0,02	0,03	0,05	0,05	0,09	0,27	0,78	0,21	0,08
4.1 V	0,04	0,07	0,07	0,09	0,13	0,22	0,53	0,77	0,29	0,17	0,17
1 K	0,03	0,04	0,04	0,05	0,07	0,08	0,11	0,22	0,47	0,82	0,41
2V	0,03	0,04	0,04	0,05	0,07	0,07	0,10	0,19	0,45	0,72	0,18
3K	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04	0,06	0,11	0,33	0,75	0,38	0,26
4V	0,04	0,05	0,05	0,06	0,08	0,07	0,08	0,10	0,13	0,21	0,69
5 K	0,03	0,04	0,04	0,04	0,06	0,06	0,10	0,23	0,83	0,34	0,16
6 V	0,03	0,05	0,05	0,06	0,08	0,08	0,09	0,11	0,14	0,22	0,34

Obrázek 42: Výsledky α [-], vzorky KVM TULtloušťky vzorků 25 mm

α [-] pro tloušťku vzorku 25 mm											
Vzorek	160 Hz	200 Hz	250 Hz	315 Hz	400 Hz	500 Hz	630 Hz	800 Hz	1000 Hz	1250 Hz	1600 Hz
beton	0,17	0,17	0,15	0,13	0,12	0,11	0,10	0,09	0,09	0,08	0,09
22K	0,18	0,18	0,15	0,13	0,12	0,11	0,11	0,14	0,23	0,47	0,18
23V	0,13	0,16	0,18	0,19	0,22	0,24	0,26	0,29	0,38	0,58	0,72
24K	0,14	0,14	0,14	0,13	0,15	0,15	0,17	0,20	0,27	0,39	0,49
3.1 K	0,14	0,14	0,12	0,11	0,11	0,09	0,10	0,16	0,31	0,32	0,13
5.1K	0,21	0,21	0,17	0,14	0,13	0,11	0,11	0,17	0,24	0,38	0,14
6.1V	0,25	0,26	0,28	0,29	0,35	0,42	0,45	0,40	0,36	0,36	0,35
BV	0,19	0,19	0,19	0,21	0,25	0,28	0,37	0,46	0,43	0,34	0,28

Obrázek 43: Výsledky α [-] vzorky pouze tloušťky vzorků 25 mm