



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

## ÚSTAV TECHNOLOGIE STAVEBNÍCH HMOT A DÍLCŮ

INSTITUTE OF TECHNOLOGY OF BUILDING MATERIALS AND COMPONENTS

# VLIV ZPŮSOBU PROZVUČOVÁNÍ NA VÝSLEDKY MĚŘENÍ ŽÁRUVZDORNÝCH TVAROVEK ULTRAZVUKOVOU IMPULSOVOU METODOU

INFLUENCE OF TRANSMISSION METHOD ON THE RESULTS OF MEASUREMENT  
OF REFRACTORY BLOCKS BY ULTRASONIC PULSE METHOD

## DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

## AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Dušan Pospíšil

## VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. JIŘÍ BROŽOVSKÝ, CSc.

BRNO 2020





# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

## FAKULTA STAVEBNÍ

<b>Studijní program</b>	N3607 Stavební inženýrství
<b>Typ studijního programu</b>	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
<b>Studijní obor</b>	3607T020 Stavebně materiálové inženýrství
<b>Pracoviště</b>	Ústav technologie stavebních hmot a dílců

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

<b>Student</b>	Bc. Dušan Pospíšil
<b>Název</b>	Vliv způsobu prozvučování na výsledky měření žáruvzdorných tvarovek ultrazvukovou impulsovou metodou
<b>Vedoucí práce</b>	doc. Ing. Jiří Brožovský, CSc.
<b>Datum zadání</b>	31. 3. 2019
<b>Datum odevzdání</b>	10. 1. 2020

V Brně dne 31. 3. 2019

---

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA,  
dr.h.c.  
Vedoucí ústavu

---

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.  
Děkan Fakulty stavební VUT



## PODKLADY A LITERATURA

J. Obraz: Zkoušení materiálů ultrazvukem, Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1989

G. Martinček: Nedeštruktívne dynamické metódy skúšania stavebných materiálov a konštrukcií, Bratislava: Vydavateľstvo Slovenskej akadémie vied, 1962

Brožovský, J: Nedeštruktivní zkušební metody - nástroj pro hodnocení pevností stavebních materiálů a výrobků. Habilitační práce, Vysoké učení technické v Brně

A. Pavlík, J. Doležel: Nedeštruktivní vyšetřování betonových konstrukcí, SNTL, 1977

J. Janko: Statistické tabulky, NČSAV, Praha, 1958

Nevřivová, L.: Speciální keramika - žárovzdorné materiály, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, 2007

Anton, O. a kol. : Základy zkušebnictví. Návody do cvičení. Vysoké učení technické v Brně, 2002

Články v odborných časopisech a z konferencí zahraniční a tuzemské.

Příslušné technické normy

## ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Nedeštruktivní metody zkoušení jsou využívány pro hodnocení parametrů stavebních materiálů, především pro zjišťování pevností betonu nebo jako podpůrné metody při sledování jejich změn při zkouškách trvanlivosti. Někteří odběratelé žárovzdorných tvarovek požadují od výrobce doložení hodnot rychlosti šíření ultrazvukového impulsu. Jednou z možných oblastí je využití ultrazvukové impulsové metody pro hodnocení žárovzdorných tvarovek. Při tom není jednoznačně specifikována metodika měření.

Cílem práce je vytvoření předpokladů pro zjišťování rychlosti šíření ultrazvukového impulsu z měření ultrazvukovou impulsovou metodou.

Na zkoušených vzorcích budou prováděna měření po délce, šířce a tloušťce tvarovky. Budou sledovány rozdíly v rychlostech. Také bude sledován vliv vlastní frekvence budiče na rychlosti šíření ultrazvukového impulsu.

Pro naplnění zadání diplomové práce je třeba: V teoretické části: Uvést popis ultrazvukové impulsové metody a faktory ovlivňující výsledky měření. Uvést základní popis výroby, složení a základních parametrů zkoušených žárovzdorných tvárnic

V experimentální části: Provést výběr vhodných žárovzdorných tvárnic. Určit a popsat metodiku zkoušení. Zjistit jejich základní parametry a provést měření ultrazvukovou impulsovou metodou.

Vyhodnocení výsledků zkoušek. Zpracovat doporučení pro praktickou aplikaci na žárovzdorných tvarovkách.

## STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).

2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).



## **ABSTRAKT**

Ultrazvuková impulsová metoda je nedestruktivní metoda, která je ve stavebnictví používána pro hodnocení jednotlivých parametrů u stavebních konstrukcí. Cílem diplomové práce bylo vytvoření předpokladů pro zjišťování rychlosti šíření ultrazvukového impulsu na žárovzdorných dinasových tvarovkách a tvarovkách z křemenného skla. Byly sledovány vybrané faktory, které ovlivňují rychlost šíření ultrazvukového impulsu ve zkoušených vzorcích, konkrétně byl sledován vliv směru prozvučování, vliv vlastního kmitočtu sond a vliv materiálu akustické vazby na výsledky měření ultrazvukovou impulsovou metodou.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Nedestruktivní zkoušení, ultrazvuková impulsová metoda, dinasové tvarovky, tvarovky na bázi křemenného skla.

## **ABSTRACT**

Ultrasonic pulse method is a non-destructive method, which is used in the construction industry to evaluate individual parameters of building structures. The aim of the thesis was to create the prerequisites for determining the rate of ultrasonic pulse propagation on refractory silica fittings and quartz glass fittings. Selected factors influencing the speed of ultrasonic pulse propagation in the tested samples were studied, namely the influence of the sounding direction, the influence of the natural frequency of the probes and the influence of the acoustic coupling material on the ultrasonic pulse method.

## **KEYWORDS**

Non-destructive testing, ultrasonic pulse method, silica fittings, quartz glass fittings.



## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

Bc. Dušan Pospíšil *Vliv způsobu prozvučování na výsledky měření žárovzdorných tvarovek ultrazvukovou impulsovou metodou*. Brno, 2020. Počet stran 123. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technologie stavebních hmot a dílců. Vedoucí práce doc. Ing. Jiří Brožovský, CSc.



## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 9. ledna 2020

---

Bc. Dušan Pospíšil  
autor práce



## **Poděkování**

Děkuji vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Jiří Brožovský, CSc. za jeho čas, odbornou pomoc a připomínky k vytvoření diplomové práce.

V Brně dne 9. ledna 2020

---

Bc. Dušan Pospíšil  
autor práce



# Obsah

1	Úvod.....	17
2	Teoretická část.....	18
2.1	Ultrazvuková impulsová metoda – podstata .....	18
2.2	Faktory ovlivňující výsledky měření ultrazvukovou impulsovou metodou....	18
2.2.1	Útlum ultrazvuku .....	19
2.2.2	Způsoby prozvučování materiálu.....	20
2.2.3	Akustická vazba mezi sondami a zkoušeným materiálem.....	20
2.2.4	Materiálové charakteristiky – složení materiálu .....	22
2.2.5	Vlhkost.....	23
2.2.6	Hutnost materiálu .....	23
2.2.7	Teplota materiálu .....	23
2.2.8	Trhliny, dutiny a póry .....	24
2.3	Ultrazvukové přístroje.....	24
2.4	Normy pro zkoušení stavebních materiálů ultrazvukovou impulsovou metodou.....	25
2.4.1	Norma ČSN 73 1371 .....	25
2.4.2	Norma ČSN EN 12504-4.....	26
2.4.3	Norma ASTM C 1419-14 .....	27
2.4.4	Norma GOST 24830-81 .....	30
2.4.5	Norma GOST 24332-88 .....	30
2.5	Poznátky z odborné literatury a vlivu způsobu prozvučování na výsledky měření ultrazvukovou impulsovou metodou .....	31
2.6	Základní rozdělení žárovzdorných materiálů .....	33
2.7	Popis výroby dinasových tvarovek a tvarovek na bázi křemenného skla....	35
2.7.1	Tvarovky dinas .....	35
2.7.2	Tvarovky na bázi křemenného skla .....	38

2.8	Požadavky na dinasové tvarovky a tvarovky z křemenného skla.....	40
3	Cíle práce.....	42
4	Experimentální část.....	43
4.1	Zkušební vzorky.....	43
4.2	Metodika měření .....	44
4.2.1	Ultrazvuková impulsová metoda.....	44
4.2.2	Stanovení objemové hmotnosti .....	45
4.3	Výsledky experimentální části .....	45
4.3.1	Rozdíly v rychlostech šíření ultrazvukového impulsu pro sledované vlivy .....	46
4.3.2	Procentuální rozdíly v rychlostech prozvučování pro sledované vlivy..	47
4.3.3	Výsledky měření tvarovek ultrazvukovou impulsovou metodou .....	49
4.4	Diskuze k výsledkům měření.....	60
4.4.1	Vliv směru prozvučování.....	60
4.4.2	Vliv vlastního kmitočtu sond.....	63
4.4.3	Vliv materiálu akustické vazby .....	68
4.4.4	Shrnutí poznatků .....	72
5	Závěr.....	76
6	Citace .....	82
	Přílohy.....	85

# 1 Úvod

Nedestruktivní zkoušení materiálů umožňuje sledovat vlastnosti materiálů bez jeho dalšího porušení. Nedestruktivní metody zkoušení jsou používány pro hodnocení parametrů stavebních materiálů a to zejména pro zjišťování změn a defektů ve vnitřní struktuře materiálů. Někteří odběratelé žárovzdorných tvarovek požadují doložení hodnot rychlosti šíření ultrazvukového impulsu.

Žárovzdorné materiály mají velký význam ve spoustě technických odvětvích průmyslu, kde dochází ke kontaktu materiálu s vysokými teplotami. Diplomová práce se zabývá dvěma typy žárovzdorných tvarovek. Prvním je Dinas, což je křemičitý žárovzdorný materiál, který obsahuje nejméně 93 %  $\text{SiO}_2$ . Druhým jsou výrobky na bázi křemenného skla, které jsou vyrobené z čistého oxidu křemičitého, který obsahuje až 99,5 %.

Ultrazvuková impulsová metoda je především využívána při hodnocení kvality betonu. Postupy jsou formulovány v technických normách, v evropských či zahraničních (ČSN EN 12504-4, ISO 1920-7) a v českých ČSN 73 1371, ČSN 73 1380. Pro některé stavební výrobky jsou postupy pro zkoušení ultrazvukovou impulsovou metodou uvedeny v zahraničních normách – ASTM 1419-14 (žárovzdorné výrobky), GOST 24830-81 (žárovzdorné betony), GOST 24332-88 (vápenopískové cihly a tvarovky). Uvedené normy popisují využití ultrazvukové impulsové metody z hlediska jejího využití pro hodnocení kvality těchto výrobků. Nepředpokládají, že z parametrů ultrazvukové impulsové metody bude určována jejich pevnost.

Cílem diplomové práce bylo vytvoření předpokladů pro hodnocení kvality žárovzdorných výrobků. U dinasových tvarovek a tvarovek z křemenného skla pomocí ultrazvukové impulsové metody. Byly sledovány vybrané faktory, které mohou ovlivnit rychlost šíření ultrazvukového impulsu ve zkoušených vzorcích, konkrétně byl sledován vliv směru prozvučování, vliv vlastního kmitočtu sond a vliv materiálu akustické vazby na výsledky měření ultrazvukovou impulsovou metodou. Byl zhodnocen vliv výše uvedených faktorů na výsledky měření ultrazvukovou impulsovou metodou a zpracována doporučení pro její praktickou aplikaci při zkoušení žárovzdorných výrobků.

## 2 Teoretická část

### 2.1 Ultrazvuková impulsová metoda – podstata

Ultrazvuková impulsová metoda je jednou z metod pro zkoušení vlastností stavebních materiálů a poruch dílců nebo konstrukcí. Jedná se o mechanické vlnění s frekvencí vyšší než 20 kHz. Rychlost při průchodu stavebním materiálem je závislá na fyzikálně mechanických vlastnostech materiálu a na přítomnosti poruch v konstrukci. Největší výhodou je, že se jedná o čistě nedestruktivní metodu se snadným prováděním. K nevýhodám patří složitější interpretace výsledků a citlivost ultrazvuku na řadu vnějších vlivů. [5]

Rychlost šíření ultrazvukového impulsu v tuhých tělesech závisí na pružných charakteristikách materiálu tělesa a na objemové hmotnosti. [4] Ze změny rychlosti šíření ultrazvukového impulsu v materiálu lze určit, zda se ve vnitřní struktuře zkoušeného materiálu vyskytují poruchy či defekty např. trhliny nebo kaverny. Takové porušení je možné pomocí ultrazvuku lokalizovat a u trhlin souvisejících s povrchem určit nejen umístění ale i hloubku, kam až trhlina sahá do vnitřní struktury. [6]

Metodu používáme zejména pro zkoušení hutných materiálů, není vhodná pro mezerovité materiály. Zjišťujeme pomocí ní rychlost šíření ultrazvukových vln materiálem, Poissonův koeficient, modul pružnosti, narušení struktury a degradaci materiálu.

### 2.2 Faktory ovlivňující výsledky měření ultrazvukovou impulsovou metodou

Zajištění správných výsledků a průběhu měření ultrazvukovou impulsní metodou závisí nejen na vlastnostech zkoušeného materiálu, ale je nutno vzít v úvahu i některé další vlivy, které by mohly ovlivnit vyhodnocování výsledků a fyzikální vlastnosti zkoušeného materiálu.

## 2.2.1 Útlum ultrazvuku

Prochází-li ultrazvuková vlna prostředím, klesá její akustický tlak a tím i její energie. Příčinnou poklesu je útlum vznikající v důsledku pohlcování a rozptylu ultrazvuku. Pohlcování ultrazvukových vln vzniká důsledkem vnitřního tření kmitajících částic, plastického tečení a tepelných jevů. Mechanická energie kmitajících částic se mění v energii tepelnou. Se stoupající frekvencí se zvyšují i ztráty pohlcováním, které jsou silně závislé na teplotě. [6]

Rozptyl ultrazvukových vln vzniká v nehomogenních a polykrystalických prostředích a to v tuhých nebo kapalných. Při dopadu ultrazvuku na jednotlivé nehomogenity dochází na jejich rozhraní k odrazu, lomu a ohybu ultrazvuku, protože na každém rozhraní se mění akustická impedance. [6]

V tuhých látkách se vyskytují drobné necelistvé skupiny například póry, vločky nebo vycezeniny. Nehomogenity ve zkoušených materiálech se vyskytují náhodně a nejsou nijak orientované ve vzorku. Potom se ultrazvukové vlny rozptylují ve zkušebním vzorku do různých směrů.

### Útlum v tuhých látkách

Útlum omezuje možnost zjišťovat v materiálu malé vady a snižuje rozlišovací schopnost v závislosti na tloušťce materiálu. Vliv útlumu lze omezit použitím nižší frekvence. Volba zkušební frekvence je výsledkem kompromisu mezi útlumem a zjištělností vad. [6]

Frekvence s nižším kmitočtem volíme pro zkoušení materiálů s hrubou strukturou a pro materiály s nehomogenním prostředím. U jemnozrnných materiálů můžeme očekávat nejnižší útlum a můžeme používat frekvence s vyšším kmitočtem.

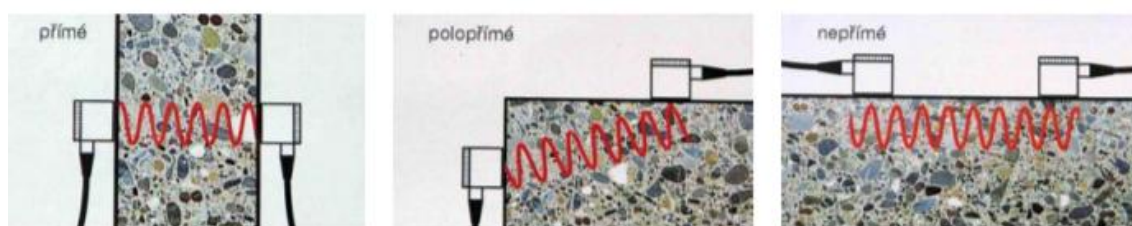
Ve stavebnictví se používají sondy s pracovním kmitočtem 20 kHz až 500 kHz. V normě pro zkoušení betonů (ČSN EN 12504-4) se doporučují sondy s pracovním kmitočtem rozsahu 20 kHz až 150 kHz a volba vlastního kmitočtu sond se odvíjí od délky měřící základny, konkrétně:

- Pro krátké měřící základny (do 50 mm) je vhodné používat sondy s vysokým kmitočtem od 60 kHz až 200 kHz.

- Pro dlouhé měřicí základny (do 15 m) je vhodné používat sondy s nízkým pracovním kmitočtem od 10 kHz do 40 kHz.
- Pro většinu případů je vhodné použít sondy s pracovním kmitočtem od 40 kHz do 150 kHz. [5]

## 2.2.2 Způsoby prozvučování materiálu

Způsob měření rychlosti šíření ultrazvukového impulsu se dělí na tři základní druhy dle umístění sond. Prvním způsobem je přikládání sond na protilehlé strany konstrukce, v tomto případě hovoříme o přímém prozvučování. Další možností je umístění sond na dvě přilehlé strany, v takovém případě se jedná o polopřímé prozvučování. O polopřímé prozvučování se jedná také v případě umístění sond na protilehlých stranách, ale ne přímo proti sobě. Případně na straně, tehdy hovoříme o prozvučování nepřímém – viz obrázek 1.



Obrázek 1: Způsoby prozvučování konstrukce [5]

U nepřímého způsobu prozvučování dochází k ovlivnění výsledků řadou vnějších vlivů, proto se snažíme používat tuto metodu pouze v případě, kdy není možné provádět přímé nebo polopřímé prozvučování.

## 2.2.3 Akustická vazba mezi sondami a zkoušeným materiálem

Podmínkou správného měření pomocí ultrazvukové impulsové metody je zajistit vhodný přenos vlnění z budiče do zkoušeného materiálu a ze zkoušeného materiálu do snímače. Nedokonalé akustické vazební prostředí sond s materiálem jsou zdrojem značných chyb, které ovlivňují výsledky měření rychlosti ultrazvukového impulsu. [10]

Před měřením se musí zkontrolovat povrch zkoušeného materiálu. Pokud je materiál hrubý (nerovný), musíme ho upravit tak, aby nerovnosti splňovaly odchylku maximálně 0,2 mm. Akustickou vazbu mezi sondou a zkoušeným materiálem vytvoříme aplikací pružné hmoty mezi zkoušeným materiálem a sondou. Vrstva

aplikované hmoty ovlivňuje výsledky měření. Při aplikaci příliš velké vrstvy může docházet ke zkreslení výsledků měření. Před prvním měřením je potřeba pomocí kalibračního válečku (etalonu) změřit zkreslení měřené veličiny médiem použitým pro akustickou vazbu.

Dle relativní tloušťky vazební vrstvy, která je dána poměrem tloušťky vazební vrstvy a délky vlny, můžeme rozdělit vazby do třech kategorií:

- vazba kontaktní
- vazba mezerová
- vazba imerzní

U některých speciálních sond je možné měřit bez přímého kontaktu s materiálem. Tyto sondy nazýváme tzv. bezkontaktní sondy. [6]

### **Vazba kontaktní**

Kontaktní vazba se vyznačuje tloušťkou, která je mnohem menší než vlnová délka. Při měření je sonda v těsném kontaktu s povrchem zkoušeného materiálu. Vazební prostředí vždy vyplňuje jen nerovnosti povrchu materiálu. Tato vazba se používá zejména pro zkoušení stavebních výrobků.

Kontaktní vazba se používá vždy při ručním zkoušení. Jako vazební prostředí se používají nejčastěji kapaliny, např. olej, petrolej, glycerin a různé druhy vazelín a past. Voda není vhodná pro její malou viskozitu a špatnou smáčivost povrchu.

Pro zkoušení nasákavých materiálů, jako je beton, keramika a dřevo, se používají plastelíny a vazelíny. Další metodou je tzv. suchá vazba, při níž slouží jako vazební prostředí určité druhy fólií z pryže nebo plastu. Tato vazba vyžaduje silnější přítlak sondy na zkoušený materiál než vazba kapalná, k ní řadíme i vazelíny. Používá se zejména při zkoušení na ultrazvukových frekvencích nižších než 1 MHz. [6]

### **Vazba mezerová**

Vazba mezerová se vyznačuje tak, že mezi sondou a povrchem materiálu je mezera, jejíž tloušťka je srovnatelná s délkou vlny. Tloušťka mezi zkoušeným materiálem a sondou se pohybuje od desetin až po dva milimetry. [6]

## Vazba s předsádkou – imerzní

Při akustické vazbě s předsádkou je mezi sondou a zkoušeným materiálem tlustá vrstva vazebního prostředí. Tato vazba je vhodná pro zkoušení materiálu s hrubým nebo tvarovým povrchem, protože malé změny vazební vrstvy jsou zanedbatelné vzhledem k její celkové tloušťce. Vazební vrstvu může tvořit kapalina, potom se vazba nazývá imerzní, nebo tuhý materiál, potom nazýváme jako vazbu s předsádkou. Jako vazební kapalina se při imerzní vazbě nejčastěji používá voda.[6]

## Vazba na horké povrchy

Akustická vazba sondy na horký povrch se volí podle teplot. Až do teploty 200 °C lze použít některé druhy olejů např. silikonové, speciální pasty i vodu. Rychlost proudící kapaliny se zvyšuje úměrně s teplotou. Při velkých rychlostech vazební kapaliny je možné zkoušet až do teplot 400 °C. Akustická vazba na horké povrchy se většinou při zkoušení stavebních výrobků a materiálů nevyužívá. [6]

## 2.2.4 Materiálové charakteristiky – složení materiálu

Rychlost šíření ultrazvukového impulsu není dána procentuálním zastoupením složek a jednotlivými rychlostmi daných složek, ale velice složitě vytvořeným výsledným vlněním. [10]

Rychlost šíření ultrazvukového impulsu závisí na všech složkách obsažených v daném materiálu. Pro ilustraci jsou uvedeny rychlosti šíření ultrazvukového impulsu ve vybraných materiálech a horninách.

Tabulka 1: Rychlosti šíření ultrazvukového impulsu ve vybraných materiálech a horninách.[10]

Název materiálu a horniny	Rychlost šíření ultrazvukového impulsu [m/s]
Vzduch	330
Voda 20 °C	1 500
Beton	3 000 – 4 500
Křemenec	5 600 – 6 100
Křemenné sklo	3 500 – 4 500
Vápenec	3 400
Tavený křemen	5970

### 2.2.5 Vlhkost

Vlhkost je voda obsažená v pórech, dutinách a kapilárách a zaplňuje volná místa ve struktuře materiálu a zvyšuje hutnost daného výrobku. A potom ovlivňuje výsledky měření, protože póry nezaplňené vodou obsahují vzduch a rychlost šíření ultrazvukového impulsu ve vzduchu je zhruba 4,5 krát nižší než ve vodě.

### 2.2.6 Hutnost materiálu

Hutnost materiálu je jeden z hlavních činitelů ovlivňující rychlost šíření ultrazvukového impulsu materiálem.

Hutnost, pórovitost nebo mezerovitost má na rychlost šíření ultrazvukového impulsu velký vliv ze dvou důvodů. Za prvé má hutnost vliv na modul pružnosti. Za druhé má pórovitost a mezerovitost vliv na amplitudu a frekvenci vlnění v materiálu, protože brzdí šíření jednoduchého vlnění a tlumí ho. [10]

$$v_1 = k \cdot \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad (2.1)$$

$v_1$  rychlost šíření ultrazvukového impulsu [km/s]

$k$  koeficient rozměrnosti prostředí [-]

$E$  dynamický modul pružnosti [GPa]

$\rho$  objemová hmotnost [ $\text{kg/m}^3$ ]

### 2.2.7 Teplota materiálu

V odborné literatuře [6,10] a v technických normách [7,8,26] se uvádí teplota zkušební vzorku při měření v rozmezí 5 °C (někde 10 °C) až 30 °C. V tomto teplotním rozmezí se nemění vlastnosti zkoušeného vzorku jako je pevnost a pružné vlastnosti materiálu. Při jiné teplotě než v uváděném rozmezí může docházet ke změně vlastností, které potom mohou ovlivnit rychlost měření ultrazvukového impulsu.

V normě ISO 1920-7, která popisuje zkoušení betonu ultrazvukovou impulsovou metodou je v tabulce 2 uvedena korekce pro opravy rychlosti šíření ultrazvukového impulsu v závislosti na vlhkostním stavu betonu a jeho teplotě.

Tabulka 2: Vliv teploty na rychlost šíření ultrazvukového impulsu. [26]

Teplota °C	Korekce pro rychlost šíření ultrazvukového impulsu	
	Vysušený %	Vodou nasycený %
60	+ 5	+ 4
40	+ 2	+ 1,7
10 až 30	0	0
0	- 0,5	- 1
- 4	- 1,5	- 7,5

## 2.2.8 Trhliny, dutiny a póry

Vzduchová dutina, která je v podobě pórů nebo trhlin, může ovlivňovat měření, protože vytváří překážku pro přímé prozvučování. U malých trhlin nedochází k ovlivňování měření rychlosti ultrazvukového impulsu. Tyto malé trhliny je poté obtížné identifikovat, ale obecně nijak nevadí v konstrukci, protože nemají vliv na konstrukční pevnost.

Pokud je dutina větší než šířka budiče či délka používané ultrazvukové vlny, bude docházet k odrazům ultrazvukových impulsů od stěn pórů a zaznamenaná rychlost průchodu ultrazvukového impulsu bude poté delší než u vzorku bez pórů.

## 2.3 Ultrazvukové přístroje

Ultrazvukové zařízení se skládá v podstatě z elektrického generátoru, který vyvíjí impulsy, z dvojice budiče a snímače, zesilovače a elektronického měřiče rychlosti, který umožňuje změřit časový interval impulsu mezi vyvolaným náběžným čelem impulsu budičem a přijímaným snímačem. [7]

Pro diplomovou práci byl využit ultrazvukový přístroj firmy Proceq Pundit PL-200. Jedná se o nejmodernější ultrazvukový měřicí přístroj, který je produktem Švýcarské firmy Proceq. Firma Proceq se zaměřuje na přenosné nástroje vysoké kvality pro nedestruktivní diagnostiku materiálů a mezi její produkty patří například i odrazové tvrdoměry Schmidt.

Ultrazvukový přístroj Pundit PL-200 je jedinečný především v tom, že je vybaven dotykovou jednotkou, která umožňuje velmi snadné ovládání a rovněž vysokou kontrolu nad průběhem měření v reálném čase. Svoji velikostí a přídatným popruhem je vhodný i pro použití při měření v terénu. Pundit PL-200 je dodáván a určen k použití s průchodovými sondami.

Přístroj při použití průchodových sond nabízí následující funkce:

- Liniové skenování a plošné skenování pro posouzení konkrétní uniformity materiálu.
- Nastavení přímo dostupné na měřicí obrazovce.
- Samostatný kurzor pro měření amplitudy signálu.
- Vylepšené měření povrchové rychlosti.
- Dle specifikací výrobce je použití sond s vlastním kmitočtem 500 kHz vhodné pro měření žárovzdorných materiálů.

Ultrazvukový přístroj je vhodný pro zjišťování trhlin v žárovzdorném materiálu.

Jakákoli vnitřní trhlina způsobí, že se žárovzdorná tvarovka během používání rozbije na kusy, a proto může být škodlivá pro celý systém, jako je například tunelová pec, ve které se používá. Žárovzdorné tvarovky, které mají vnitřní trhliny, musí být odděleny od těch dobrých. Toto je kritický proces ve fázi výroby. Pundit PL-200 je nejlepší testovací přístroj pro měření rychlosti šíření ultrazvukového impulsu ve své třídě pro zkoušení kvality betonu a dalších materiálů, jako je žárovzdorný materiál, hornina, dřevo a keramika. Přítomnost vnitřních trhlin lze snadno detekovat hledáním výrazného zvýšení rychlosti šíření ultrazvukového impulsu. [24]

## **2.4 Normy pro zkoušení stavebních materiálů ultrazvukovou impulsovou metodou**

### **2.4.1 Norma ČSN 73 1371**

**Nedestruktivní zkoušení betonu – Ultrazvuková impulsová metoda zkoušení betonu.**

Norma uvádí přesný postup pro zkoušení a hodnocení vlastností obyčejného a lehkého betonu na základě stanovení rychlosti šíření ultrazvukových impulsních podélných vln. Jiné druhy betonu a jiné materiály můžeme zkoušet dle této normy, ale k vyhodnocení výsledků zkoušení je nutno stanovit korelační vztahy mezi sledovanou vlastností a ukazatelem nedestruktivního zkoušení.

## Z měření ultrazvukového vlnění je možno stanovit:

- rychlost šíření ultrazvukového vlnění
- dynamický modul pružnosti betonu
- pevnost betonu
- degradaci betonu (zejména povrchu)
- jiné vlastnosti (např. statický modul pružnosti, objemovou hmotnost) [8]

Měření průchodu ultrazvukového vlnění je třeba provádět při teplotě povrchu v rozmezí 10 °C až 30 °C. Při měření za jiných teplot je třeba zjištěné hodnoty času průchodu ultrazvukového vlnění opravit korekčním činitelem, stanoveným experimentálně pro daný přístroj a daný zkoušený materiál. [8]

## Vyhodnocení

Rychlost šíření ultrazvukových impulsů podélných vln pro přímé a polopřímé prozvučování se vypočte dle vztahu (2.2).

$$V = \frac{L}{T} \quad (2.2)$$

V rychlost šíření ultrazvukového impulsu [km/s]

L délka měřicí základny [mm]

T čas včetně  $t_{kor}$ , který uplyne při průběhu impulsu měřicí základnou [ $\mu$ s]

$t_{kor}$  korekce, která se skládá z tzv. mrtvého času přístroje a z rozdílu času šíření impulsů ultrazvukových vln, který se případně zjistí při kalibraci přístroje [8]

Dle požadavků normy ČSN EN 12504-4 se používají různé vazební materiály jako je žlutá vazelína, mazací tuk, mazlavé mýdlo nebo pasta s kaolinitickým glycerinem.

### 2.4.2 Norma ČSN EN 12504-4

#### Zkoušení betonu – část 4 stanovení rychlosti šíření ultrazvukového impulsu.

Evropská norma 12504-4 uvádí metodu pro stanovení rychlosti šíření impulsu ultrazvukových podélných vln v betonu pro různé použití. V normě je uvedena podstata zkoušky, popis zkušebního zařízení, zkušební postup a vyjádření výsledků. V přílohách normy jsou informace o stanovení rychlosti šíření ultrazvukového

impulsu pomocí nepřímého prozvučování a faktory ovlivňující měření rychlosti šíření ultrazvukového impulsu.

#### **a) Podstata zkoušky**

Impuls podélných vibrací je vyvolán elektroakustickým budičem, který je osazen na ploše zkoušeného betonu. Po průchodu známou délkou dráhy v betonu je impuls vibrací přeměněn na elektrický signál snímačem a elektronický časový obvod umožňuje změřit dobu průchodu impulsu. [7]

#### **b) Zkušební postup**

Volí se podle druhu uspořádání sond. Měření se musí provádět v trojrozměrném prostředí (krychle, kvádry). U jednorozměrného a dvojrozměrného prostředí je nutné stanovenou rychlost přepočítat na rychlost v trojrozměrném prostředí. Jestliže je povrch hrubý a nerovný, musíme povrch upravit obroušením nebo použitím rychle tvrdnoucí epoxidové pryskyřice. [7]

#### **c) Vyhodnocení**

Výstupem z měření je čas, který uplyne při průběhu impulsu měřicí základnou, ze kterého se vypočítá rychlost šíření ultrazvukového impulsu dle vztahu (2.2).

Povrchová úprava zkoušených vzorků musí být dostatečně hladká, aby se zajistilo dobré akustické spojení, používají se různá vazební média jako je žlutá vazelína, mazací tuk, mazlavé mýdlo nebo pasta s kaolinitickým glycerinem.

### **2.4.3 Norma ASTM C 1419-14**

**Standard test method for sonic velocity in refractory materials at room temperature (Norma pro zkušební metodu rychlosti šíření ultrazvukového impulsu žárovzdorným materiálem při pokojové teplotě).**

Americká norma uvádí metodu pro stanovení rychlosti šíření impulsu ultrazvukových podélných vln žárovzdorným materiálem při pokojové teplotě. V normě je uvedena podstata zkoušky, terminologie, popis zkušebního zařízení, popis zkušebních vzorků, zkušební postup a výpočet výsledků.

### a) Rozsah

Tato zkušební metoda popisuje postup měření rychlosti šíření ultrazvukového impulsu v žárovzdušných materiálech při pokojové teplotě. Rychlost šíření ultrazvukového impulsu lze použít k získání přibližné hodnoty Youngova modulu. Rychlost šíření ultrazvukového impulsu může být měřena po délce, přes šířku a přes výšku vzorku. Hodnoty se uvádějí v jednotkách SI a považují se za standardní. Do této normy nejsou zahrnuty žádné další měrné jednotky.

### b) Terminologie

Definice pojmů specifických pro tuto normu:

- Podélný ultrazvukový impuls - ultrazvukový impuls, ve kterém jsou posuny ve směru šíření impulsu.
- Doba trvání ultrazvukového impulsu - celková doba, měřená v mikrosekundách, potřebná k tomu, aby ultrazvukový impuls procházel zkoušeným vzorkem.
- Mrtvý čas - měřený v mikrosekundách, spojený s elektronickými obvody v systému šíření impulsů.

### c) Shrnutí zkušební metody

Rychlost šíření ultrazvukových impulsů procházejících zkušebním vzorkem se stanoví změřením rozměrů měřicí základny vzorku a vydělením časovým odstupem mezi vyslaným a přijatým impulsem.

### d) Význam a použití

Tato zkušební metoda se používá ke stanovení rychlosti šíření ultrazvukového impulsu a přibližného stanovení Youngova modulu žárovzdušných tvarovek při pokojové teplotě. Protože tato metoda je nedestruktivní, lze vzorek použít i pro další zkoušky podle potřeby. Zkušební metoda je užitečná pro výzkum a vývoj, technické aplikace a návrh, kvalitu výroby a řízení procesů.

### e) Přístroje

Přístroj, který se skládá z ultrazvukového impulsního generátoru schopného produkovat impulsy ve frekvenčním rozsahu od 0,5 do 2,5 MHz.

#### **f) Zkušební vzorek**

Vzorky mohou být hranoly libovolné délky s rovnoběžnými hladkými povrchy. Protilehlé povrchy po celé délce, šířce a tloušťce musí být rovnoběžné. Povrch, na kterém budou umístěny sondy, musí mít šířku nejméně 1,5 násobek průměru použité sondy.

Vzorky musí být sušeny v peci při teplotě 110 °C po dobu minimálně 5 hodin. Vzorky se zkouší po ochlazení na pokojovou teplotu. Rychlost šíření ultrazvukového impulsu se zkouší do 5 hodin po sušení. Výpočet objemové hmotnosti se provádí pomocí normy ASTM C 134.

#### **g) Zkušební postup**

V prvním kroku je nutné sestavit a připojit zařízení, stabilizovat ho a nechat ho zahřát. Na čelní plochy sond se umístí vhodný spojovací materiál – např. vazelína. Jejím problémem ale může být obtížné odstranění pro následné zkoušky na stejném vzorku. Čela sond se umístí do těsného kontaktu se vzorkem. Je důležité, aby nebyl překročen kontaktní tlak doporučený výrobcem. Určení mrtvého času, který se měří v mikrosekundách, se provádí spojením s elektronickými obvody v nástroji pro šíření impulsů a vazbou. Alternativně, pokud se používá komerčně dostupné zařízení, může být přístroj vynulován pomocí standardu.

Provede se změření a zvážení vzorků. Vypočítá se objemová hmotnost zkušebního vzorku dle stanoveného vzorce z normy ASTM C 134. Povrchy zkušebního vzorku, které budou v kontaktu se sondami, se potřou spojovacím materiálem. Sondy se umístí na protilehlé povrchy tak, aby poskytovaly zrcadlový obraz a aby vzdálenost mezi vstupní sondou a výstupní sondou byla stejná jako rozměr, kterým se měření provádí. Sondy se umístí na zkušební vzorek. Pevný tlak se aplikuje na vzorek, dokud se doba šíření impulsu nestabilizuje.

#### **h) Vyhodnocení**

Výstupem z měření je čas, který uplyne při průběhu impulsu měřící základnou, ze kterého se vypočítá rychlost šíření ultrazvukového impulsu dle vztahu (2.2).

#### 2.4.4 Norma GOST 24830-81

##### **Výrobky z žárovzdorných betonů – ultrazvuková metoda kontroly kvality.**

Tato norma popisuje využití ultrazvukové impulsové metody pro kontrolu kvality žárovzdorných betonových výrobků. Metoda je založena na stanovení rychlosti šíření ultrazvukového impulsu ve výrobku, která charakterizuje jeho kvalitu.

##### **a) Zkušební zařízení**

Typizované ultrazvukové přístroje; sondy s vlastním kmitočtem v rozmezí 25 až 60 kHz.

##### **b) Materiál akustické vazby**

Technická vazelína, mazací olej nebo jiné viskózní materiály.

##### **c) Zkušební postup**

Měření se provádí přímým prozvučováním, ve směru kolmém na směr hutnění. Výrobky z litého betonu lze prozvučovat v libovolném směru. Počet měřících bodů na zkoušeném výrobku je minimálně 5. Měřící body jsou rozloženy ve třech úrovních, jedna úroveň se nachází ve středu výrobku.

##### **d) Vyhodnocení**

Rychlost šíření ultrazvukového impulsu se vypočítá dle vztahu (2.2).

#### 2.4.5 Norma GOST 24332-88

##### **Vápenopískové cihly a tvarovky – ultrazvuková metoda stanovení pevnosti v tlaku.**

Tato norma platí pro vápenopískové obyčejné a líčové cihly vyrobené lisováním a uvádí využití ultrazvukové impulsové metody pro zjišťování pevnosti v tlaku.

##### **a) Zkušební zařízení**

Typizované ultrazvukové přístroje s chybou měření  $\Delta = \pm(0,01.T+0,1)$ , požadovaný vlastní kmitočet sond se neuvádí.

##### **b) Materiál akustické vazby**

Technická vazelína, mazací olej.

### c) Zkušební postup

Měření se provádí přímým prozvučováním po délce vzorku. V případě plné cihly se měřící bod nachází uprostřed čelní plochy.

### d) Vyhodnocení

Rychlost šíření ultrazvukového impulsu se vypočítá dle vztahu (2.2).

## 2.5 Poznatky z odborné literatury a vlivu způsobu prozvučování na výsledky měření ultrazvukovou impulsovou metodou

Mezi hlavní významné faktory, které ovlivňují výsledky měření ultrazvukovou impulsovou metodou je vliv způsobu prozvučování zkušebních vzorků. Zejména způsob prozvučování kdy můžeme volit přímé, polopřímé a nepřímé prozvučování.

Dle odborné literatury [19] pojednávající o dvou typech zkušebních vzorků a to vápenopískové cihly a plné pálené cihly, jsou nejméně ovlivňovány výsledky měření na vápenopískových cihlách a nejvíce naopak na pálených cihlách vyráběných z plastického těsta. Výsledky měření ultrazvukovou impulsovou metodou jsou ovlivňovány řadou různých faktorů a to délkou měřící základny, frekvencí sond, rozměry vzorků, vnitřní strukturou a defekty ve struktuře cihel. Při zkoušení cihel zabudovaných ve zdivu se vliv výše uvedených faktorů jednoznačně projeví. Z výsledků studie bylo prokázáno, že rozdíly v rychlostech souvisí s pórovou strukturou cihel a výskytem defektů ve struktuře. Nejnižší rozdíly byly zjištěny u vápenopískových cihel, které mají kompaktnější strukturu a minimum vnitřních defektů ve srovnání s pálenými cihlami. Nejvyšší rozdíly v rychlostech šíření ultrazvukového impulsu byly zjištěny u cihel plných pálených vytvářených z plastického těsta. Důvodem je větší výskyt defektů ve vnitřní struktuře těchto cihel. Pro srovnatelnost výsledků měření cihel je nezbytné používat stejný způsob prozvučování a frekvenci sond. [19]

V literatuře [20] jsou uvedeny poznatky z měření plných pálených cihel, kde se porovnává způsob prozvučování. Z provedeného porovnání výsledků měření přímého prozvučování a polopřímého prozvučování (přes roh cihly) vyplývá, že rozdíly rychlostí šíření ultrazvukového impulsu se pohybují v rozmezí 3-5 % to lze z praktického hlediska měření považovat za málo významné. [20]

V literatuře [22] jsou uvedeny požadavky na tvary a rozměry zkoušených cihel, kde nejmenší rozměr zkoušených cihel byl 65 – 70 mm. Rychlost šíření ultrazvukového impulsu závisí od délky vlny. Poměr délky vlny k nejmenšímu rozměru vzorku ve směru prozvučování by měl být  $< 1$ , protože v opačném případě dochází ke snížení rychlosti šíření ultrazvukového impulsu. Proto pro zajištění reprodukovatelnosti výsledků měření je nezbytné zvolit odpovídající frekvenci sond. Dále byl diskutován vliv vnitřní struktury cihel na rychlost šíření ultrazvukového impulsu. Kde výskyt trhlinek u zkušebních vzorků byl vyšší u cihel vytvářených lisováním z plastického těsta. Odlišnosti ve struktuře zkoušených cihel se v závislosti na druhu cihel projeví na výsledcích měření. Nejvíce se vliv imperfekcí ve struktuře projevil u cihel plných pálených, nejméně u vápenopískových cihel, toto lze vysvětlit jejich homogenitou a absencí viditelných trhlinek. [22]

Porovnání jednotlivých způsobů prozvučování materiálů bylo prováděno v literatuře [23], kde byl zkoumán rozdíl v rychlostech ultrazvukového impulsu při jednotlivých způsobech prozvučování. Bylo prováděno 6 měření v každém směru prozvučování na betonových blocích o rozměrech 300 x 300 x 250 mm. Cílem bylo analyzování za účelem porovnání vztahů přímých, nepřímých a polopřímých způsobů prozvučování. Provádělo se porovnání ve směru zhutnění a kolmo ke směru zhutnění. Průměrné hodnoty přímého prozvučování ve směru zhutnění byly o 9 % vyšší než u nepřímého prozvučování, o 4 % vyšší než u nepřímého směru prozvučování kolmo ke směru zhutnění a o 4 % vyšší než u polopřímého prozvučování. U prozvučování nepřímého kolmo ke směru zhutnění byl o 5 % vyšší než u nepřímého prozvučování ve směru zhutnění. Ze studie vyplývá, že pokud to dovolí podmínky při zkoušení, volí se přímý způsob prozvučování materiálu.

## 2.6 Základní rozdělení žárovzdorných materiálů

Žárovzdorným materiálem se nazývají výrobky, z nichž se stavějí části průmyslových pecí, topenišť a zařízení, které pracují při vysokých teplotách (nad 1 000 °C). [1] Základní vlastností žárovzdorných materiálů je schopnost odolávat vysokým teplotám. To předpokládá, že všechny pevné fáze přítomné ve větším množství mají vyšší teplotu tání, než je teplota použití. Tavenina je přítomna jen v takovém množství, aby nezpůsobila deformaci. [3]

Sloučeniny oxidů, karbidů, boridů a nitridů mají nejvyšší teplotu tání a proto jsou nejvhodnější pro použití v žárovzdorných materiálech. V praxi se ale používají většinou pouze sloučeniny oxidů, protože zbylé tři skupiny jsou v oxidační atmosféře při vysokých teplotách nestabilní a proto by nebyly vhodné pro použití do konstrukcí.

Žárovzdorný materiál se neomezuje při vysokých teplotách pouze na teplotu tání, která probíhá v rozmezí 1 650 až 1 750 °C. Při nižších teplotách žárovzdorný materiál začíná měknout a ztrácet pevnost. Kvůli tomu také hodnotíme žárovzdorný materiál dle schopnosti odolávat vlivu stavebního zatížení při zvýšených teplotách.

Působením vysokých teplot se mnohé žárovzdorné materiály ještě dále smršťují, a to proto, že dodatečně slinují a stávají se hutnějšími. Některé žárovzdorné materiály, především dinas, nabývají na objemu. [1]

Neexistuje žádný žárovzdorný materiál, který by se mohl použít do všech provozních podmínek a současně by zajistil všechny potřebné vlastnosti. Každý žárovzdorný materiál má specifické použití v konstrukci. Proto se pro různé typy konstrukcí vybírá materiál v závislosti na jeho vlastnostech tak, aby byl co nejvhodnější. Například dinas, který má vysokou únosnost v žáru až 1 700 °C, ale zároveň má nízkou odolnost vůči změně teplot pod 600 °C. Díky těmto vlastnostem se dobře hodí pro vyzdívky koksárenských baterií, kde potřebujeme vysokou únosnost v žáru, ale zároveň nám nevadí, že má nízkou objemovou stálost do 600 °C.

Ke správné volbě a efektivnímu využití žárovzdorných materiálů za různých podmínek je tudíž třeba znát všechny jejich důležité vlastnosti a podmínky provozu.

Vlastnosti žárovzdorných výrobků, podle kterých určujeme vhodné použití v provozu, závisí především na mineralogickém složení. Každá skupina uvedená v tabulce 3 je charakterizována určitými vlastnostmi.

Tabulka 3: Druhy žárovzdorných výrobků [1]

Křemičité	Dinasové
	Z křemenného skla
Hlinito - křemičitanové	Kyselé
	Šamotové
	Vysokošamotové
Magnezitové	Magnezitové
	Dolomitové
	Forsteritové
	Spinelové
Chromitové	Chromitové
	Chrommagnezitové
Uhlíkaté	Tuhové
	Uhlíkové
Zirkoničité	Zirkonové
	Zirkoničité
Karbidové	Siliciumkarbidové
Nitridové	Ostatní (zvláštní)

Uvnitř každé skupiny se žárovzdorné výrobky mohou rovněž značně lišit svými vlastnostmi, a to podle jakosti suroviny i podle technologie výroby. [1]



Obrázek 2: Ukázka tvarovek dinasů a tvarovek na bázi křemenného skla.

## 2.7 Popis výroby dinasových tvarovek a tvarovek na bázi křemenného skla

### 2.7.1 Tvarovky dinas

Dinas je žárovzdorný materiál, který obsahuje nejméně 93 %  $\text{SiO}_2$ . Kvalitnější druhy dinasu obsahují 96-98 %  $\text{SiO}_2$ . Obsahuje  $\beta$ -cristobalit,  $\gamma$ -tridymit a malé množství nepřeměněného  $\beta$ -křemene. Dále obsahuje křemenné písky, plastifikátory, vápno, dinasový zlom a mineralizátory.

#### Suroviny pro výrobu dinasu

Pro výrobu dinasu používáme jako hlavní surovinu křemence, které jsou nejvýznamnějším zdrojem  $\text{SiO}_2$ . Mezi další suroviny patřící do receptury dinasu jsou křemenné písky, dinasový zlom a křemenné sklo. Jako pojivo je přidáván oxid vápenatý, plastifikátory a mineralizátory.

Hlavními požadavky na základní surovinu, tj. křemence, je vhodné chemické složení, které je zárukou vysoké žárovzdornosti, a vhodná rychlost přeměny křemene v cristobalit a tridymit. Pokud jde o chemické složení, je přítomnost určitého množství doprovodných nečistot nevyhnutelná a z hlediska přeměny i vítaná. Výhodné jsou ty látky, které působí jako mineralizátory přeměny křemene (např.  $\text{CaO}$  a oxidy  $\text{Fe}$ ). Nevítané jsou ty, které tvoří s  $\text{SiO}_2$  velké množství taveniny, především  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . [3]

Rozdělení surovin je provedeno do tří základní skupin:

- Ostřiva – křemence, křemenné písky, křemenné sklo, dinasový zlom
- Přísady – mineralizátory, plastifikátory
- Pojiva – vápno

#### Výroba dinasu

Prvním krokem u výroby dinasu je namíchání vstupní surovinové směsi. Dále dochází k formování konečného výrobku, to je prováděno dvěma způsoby – ručně nebo strojně. Poté přichází sušení vyrobených výrobků, výpal v tunelové nebo vozokomorové peci a chlazení. V posledním kroku probíhá kontrola, balení a expedice.

### Hlavní technologické procesy výroby:

- Příprava surovin (drcení a mletí surovin)
- Příprava surovinové směsi (homogenizace)
- Vytváření
- Sušení
- Výpal
- Chlazení
- Skladování

### **Příprava surovinové směsi**

Surovinová směs se připravuje mísením a úpravou výchozích surovin v potřebném a odzkoušeném poměru. Mísení se provádí z předem připravených surovin v daném odzkoušeném poměru, nejčastěji se surovina homogenizuje v kolových mísičích. Vlhkost směsi by měla být v rozmezí 3 až 7 %. V surovém stavu je požadována co nejvyšší pórovitost, protože to vede k vyšší objemové hmotnosti po výpalu.

Obvykle se používá několik druhů surovin, aby se jejich vlastnosti navzájem korigovaly. Při běžném výrobním postupu se suroviny mísí za přídavku vápenného hydrátu (v množství odpovídajícím asi 3 % CaO) a sulfitového louhu, který směsi dodává pevnost za syrova a zlepšuje tvarovací vlastnosti. [3] Mletí surovin probíhá tak, že se nejprve mele za sucha a potom se přidává vápenné mléko, sulfitový luh a voda. Častěji se využívá dávkování vápna ve formě vápenného hydrátu. [2]

### **Vytváření**

Pro lisování dinasu se používají tlaky 20 až 50 MPa. Nejčastěji v lisech hydraulických, frikčních a vibračních při vlhkosti 3 až 7 %. Výlisky tloušťky pod 100 mm se lisují dvěma údery, výlisky nad 100 mm se lisují třemi údery. [1]

Méně používaný způsob je ruční vibrolisování do dřevěných forem, které se provádí zejména u atypických výrobků a u výrobků s malým výrobním počtem, kde by bylo neekonomické investovat do dražší ocelové formy.

### **Sušení**

Sušením se odstraňuje z výlisků vlhkost a výlisky získávají mechanickou pevnost potřebnou pro manipulaci při rovnání na pecní vozy. Při sušení výlisků dochází

k odpařování vody a zvyšuje se pevnost, kde zároveň dochází ke krystalizaci  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . Kvalitně vysušený dinasový výlisek by neměl obsahovat více než 1 až 1,5 % vody. Sušení probíhá v tunelových a komorových sušárnách. V dnešní době se sušení provádí velmi často pouze v předehřívacím pásmu pece z důvodu velkého snížení pracovní vlhkosti výlisků při výrobě.

### **Výpal**

Vypalování dinasu je jeden z nejdůležitějších a nejzodpovědnějších úseků technologického postupu. Jakost vyrobeného dinasu závisí na vlastnostech suroviny a její schopnosti k přeměnám, na stupni mletí, postupu lisování, množství a druhu přísad a na pálicí křivce (na rychlosti zvyšování teploty, na době trvání při nejvyšší teplotě a na rychlosti ochlazování). [1]

Při výpalu dinasu probíhají tyto nejdůležitější pochody:

1. Reakce  $\text{SiO}_2$  a  $\text{CaO}$ , tvorba metakřemičitanu vápenatého, který s metasilikátem železnatým tvoří tuhý roztok. Při dostatečně vysokých teplotách se tvoří tavenina bohatá na  $\text{SiO}_2$ . Z této taveniny vykrystaluje tridymit a uvedený tuhý roztok a následujícím ochlazováním tavenina tuhne ve sklo.
2. Přímé polymorfní přeměny křemene v tridymit a cristobalit.
3. Roztažení dinasového výlisku následkem polymorfních přeměn křemene.
4. Změny mechanické pevnosti dinasu.

### **Chlazení**

Průběh chlazení je rozdělen do několika fází. Do teploty 600 °C může probíhat rychle, po dosažení teploty 600 °C už musíme chladit pomaleji z důvodu objemových změn, které doprovázejí modifikační přeměny křemene. Při chlazení nastává smrštění při teplotě 500-600 °C z důvodu nepřeměnného zbytkové křemene. Při teplotě 600-300 °C se dodržuje pomalá rychlost chlazení zhruba 10 °C/h. K dalšímu smrštění dochází při teplotách v rozmezí 300-100 °C, kde dochází k vratné přeměně z  $\alpha > \beta$  cristobalit a u tridymitu probíhá přeměna ve dvou stupních z  $\alpha > \beta$  a  $\beta > \gamma$ . Při procesu chlazení je nutné dodržovat správnou rychlost, neboť při rychlém chlazení vypáleného dinasu mohou vzniknout praskliny, ke kterým dochází vlivem pnutí.

## 2.7.2 Tvarovky na bázi křemenného skla

Jsou vyrobené z čistého oxidu křemičitého až 99,5 %. Mají nízkou teplotní dilataci, nízký teplotní koeficient roztažnosti. Při teplotě nad 1 150 °C dochází ke krystalizaci cristobalitu, který začíná ztrácet svoje vlastnosti jako např. nízký koeficient teplotní roztažnosti.

Křemenné sklo se získává roztavením vysoce čistých křemenných písků elektrickým obloukem při teplotě nad 1 700 °C. Po ochlazení taveniny vzniká amorfní modifikace křemene → křemenné sklo. [14]

### Charakteristické vlastnosti tvarovek z křemenného skla:

- Vysoký obsah SiO<sub>2</sub>.
- Nízký koeficient teplotní roztažnosti.
- Výrobky je možné ukládat přímo do horkého prostředí.
- Výrobky je možné keramicky svařovat (zejména výrobky s fosfátovou vazbou).
- Vysoká odolnost proti změnám teplot.
- Při dlouhodobém použití při teplotách nad 1 100 °C dochází ke krystalizaci na cristobalit nebo tridymit a výrobky ztrácí odolnost proti změnám teplot a ztrácí nízký koeficient teplotní roztažnosti. Rekrystalizované výrobky potom vykazují vlastnosti srovnatelné s klasickými dinasovými výrobky. [14]

### Použití tvarovek z křemenného skla:

- Běžné a horké opravy dinasových vyzdívek sklářských pecí.
- Ochranné, stínící tvarovky pro sklářské pece.
- V oblasti hutnictví a slévárenství jako pomocný materiál odolávající teplotním šokům.

## Výroba tvarovek na bázi křemenného skla

Prvním krokem u výroby křemenného skla je namíchání vstupní surovinové směsi. Druhý krok je formování konečné tvarovky, které jsou vytvářeny převážně lisováním nebo ručním pěchováním do kovových forem (dřevěné formy, které jsou oplechované). Dále se provádí sušení vyrobených výlisků. A v závěrečném procesu probíhá kalcinování na teplotu min. 800 °C. Jako poslední krok výroby je kontrola, balení a expedice.

## Technologické procesy při výrobě tvarovek na bázi křemenného skla:

- Příprava surovinové směsi (homogenizace)
- Vytváření
- Sušení
- Kalcinace
- Chlazení
- Skladování (kontrola kvality, balení a expedice)

### **Příprava surovinové směsi**

Surovinová směs se připravuje mísením a úpravou výchozích surovin v potřebném a odzkoušeném poměru. Hlavní surovinou je křemenné sklo, které je dávkováno v různých velikostech frakce. Mísení se provádí z předem připravených surovin v daném odzkoušeném poměru. V surovém stavu je požadována co nejnižší pórovitost, protože to vede k vyšší objemové hmotnosti po kalcinaci.

### **Vytváření**

Pro lisování tvarovek na bázi křemenného skla se používají tlaky 20 až 35 MPa. Nejčastěji jsou tvarovky vytvářeny lisováním, u výrobků s malým výrobním počtem se provádí ruční pěchování do dřevěných forem, které jsou opatřeny plechovým opláštěním. U tvarovek s hydraulickou vazbou mohou být vytvářeny vibrováním do forem.

### **Sušení**

Sušením se odstraňuje z vylisku vlhkost a získává mechanickou pevnost potřebnou pro manipulaci, před závěrečnou kalcinací.

### **Kalcinace**

Výrobky jsou v závěrečném procesu kalcinovány na teplotu minimálně 800 °C. Kalcinace je vysokoteplotní proces pálení či pražení látky za přítomnosti vzduchu. Kalcinace je prováděna v kalcinátorech – žíhací komorová pec. K ohřevu se využívají horké spaliny zemního plynu nebo topných olejů. Předností komorových pecí je vysoká teplotní stálost, která je zajištěna použitím vysoce kvalitních izolačních desek.

## 2.8 Požadavky na dinasové tvarovky a tvarovky z křemenného skla

Klasifikace a označování dinasových tvarovek a tvarovek z křemenného skla je uvedena v normě ČSN EN ISO 10 081-1 (Klasifikace žárovzdorných výrobků tvarových hutných). Výrobce zpravidla garantuje následující parametry uvedených žárovzdorných tvarovek:

- Pevnost v tlaku (zkouší se dle normy ČSN EN 993-5).
- Zdánlivá pórovitost (zkouší se dle normy ČSN EN 993-1).
- Chemické složení (zkouší se dle normy ČSN EN ISO 12 667).
- Únosnost v žáru (zkouší se dle normy ČSN EN ISO 1893).
- Zdánlivá hustota (zkouší se dle normy ČSN EN 993-9).
- Tečení v tlaku (zkouší se dle normy ČSN EN 993-9).
- Teplotní roztažnost (zkouší se dle normy ČSN EN 993-8).
- Objemová hmotnost (zkouší se dle normy ČSN EN 993-1).
- Trvalé délkové změny (zkouší se dle normy ČSN EN 993-10).

Požadované stanovované parametry se mohou lišit dle požadavků zákazníka. Zde uvedené požadavky jsou všeobecně stanovené firmou a každý zákazník může mít rozdílné požadavky na jednotlivé zkoušené parametry.

Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	0,5
SiO <sub>2</sub>	%	96
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	0,5
K <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O	%	0,2
CaO	%	2,7
Objemová hmotnost	kg/m <sup>3</sup>	1820
Zdánlivá pórovitost	%	21,2
Pevnost v tlaku za studena	MPa	41
T1,0		1660
Trvalé délkové změny	%	+0,2
Tečení v tlaku 1050°C / 5-25 hod.	%	0,1
Max.TR		1,3
Zbytkový křemen	%	0,6
ZH		2310

Obrázek 3: Deklarované hodnoty pro dinasové tvarovky – v jakosti DSS. [27]

Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	0,4
SiO <sub>2</sub>	%	99,2
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	0,1
TiO <sub>2</sub>	%	0,04
K <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O	%	0,05+0,05
MgO	%	0,02
CaO	%	0,1
Objemová hmotnost	kg/m <sup>3</sup>	1820
Zdánlivá pórovitost	%	18
Pevnost v tlaku za studena	MPa	30
Odolnost při změně teploty	Cykly	>40
Teplotní roztažnost při 1000°C	%	0,1

Obrázek 4: Deklarované hodnoty pro tvarovky z křemenného skla – v jakosti KSI 99. [28]

### 3 Cíle práce

Ultrazvuková impulsová metoda je nedestruktivní zkušební metoda, která je využívána pro hodnocení parametrů stavebních materiálů, především pro zjišťování změn a defektů ve vnitřní struktuře materiálů. Jednou z možných oblastí jejího hodnocení je kvalita žárovzdorných výrobků.

Cílem diplomové práce bylo vytvoření předpokladů pro zjišťování rychlosti šíření ultrazvukového impulsu na žárovzdorných tvarovkách dinasu a tvarovkách z křemenného skla. Byly sledovány vybrané faktory, které ovlivňují rychlost šíření ultrazvukového impulsu ve zkoušených vzorcích, konkrétně byl sledován vliv směru prozvučování, vliv vlastního kmitočtu sond a vliv materiálu akustické vazby na výsledky měření ultrazvukovou impulsovou metodou. Pro naplnění zadání diplomové práce bylo nezbytné v teoretické části:

- Popsat podstatu ultrazvukové impulsové metody a faktory, které ovlivňují výsledky měření.
- Provést rešerši norem a odborné literatury vztahující se k měření ultrazvukovou impulsovou metodou.
- Popsat výrobu a základní vlastnosti tvarovek dinasu a tvarovek z křemenného skla.

V experimentální části:

- Vybrat žárovzdorné výrobky pro experimentální práci.
- Zpracovat metodiku experimentální práce.
- Provést měření na žárovzdorných tvarovkách pro sledované vlivy.
- Vyhodnotit výsledky měření a provést jejich analýzu a zhodnocení pro každý sledovaný vliv.
- Zpracovat doporučení pro praktické využití ultrazvukové impulsové metody při měření na žárovzdorných tvarovkách dinasu a tvarovkách z křemenného skla.

## 4 Experimentální část

Experimentální část práce se zabývá vlivem způsobu prozvučování na výsledky měření žárovzdorných tvarovek ultrazvukovou impulsovou metodou. Pro experimentální část práce byly vybrány dva druhy žárovzdorných tvarovek a to dinasové a tvarovky na bázi křemenného skla.

### 4.1 Zkušební vzorky

Měření bylo prováděno na průmyslově vyráběných vzorcích ve tvaru kvádrů na tvarovkách dinasu a z křemenného skla. Typ zkušebních vzorků, jejich označení dle účelu měření je uvedeno v tabulce 4. Měření byla provedena celkem na 106 zkušebních vzorcích.

Tabulka 4: Označení zkušebních vzorků a vlastního kmitočtu použitých sond.

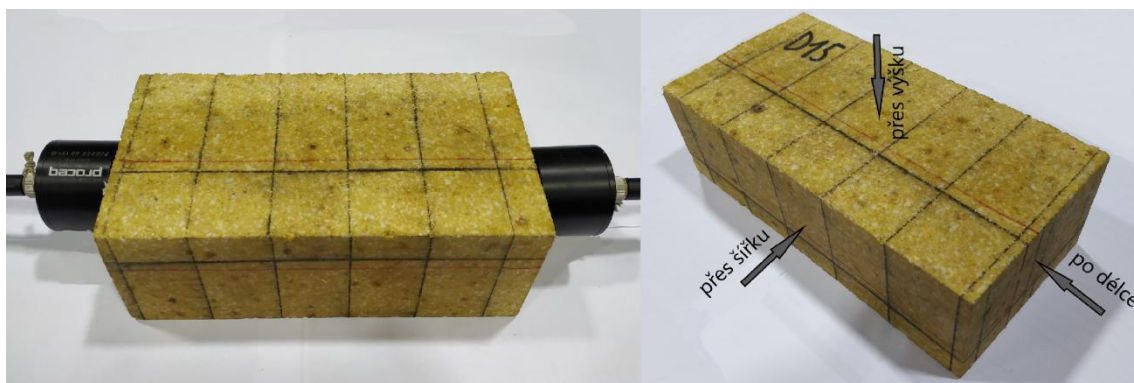
Označení vzorků	Rozměry zkušebních vzorků [mm]	Účel měření
<b>Materiál zkušebních vzorků</b>		<b>DINAS</b>
D1 – D15	230 x 114 x 76	Vliv směru prozvučování; vlastní kmitočet sond 54 kHz
D21 – D35	230 x 114 x 100	
D41 – D55	230 x 114 x 150	
D101 – D105	230 x 114 x 76	Vliv materiálu akustické vazby; vlastní kmitočet sond 54 kHz
D106 – D110	230 x 114 x 100	
D121 – D125	230 x 114 x 150	
D6 – D15	230 x 114 x 76	Vliv vlastního kmitočtu sond; vlastní kmitočet sond 54 kHz-150kHz-500kHz
D21 – D30	230 x 114 x 100	
D41 – D45	230 x 114 x 150	
D51 – D55		
<b>Materiál zkušebních vzorků</b>		<b>KŘEMENNÉ SKLO</b>
V81 – V95	230 x 114 x 64	Vliv směru prozvučování; vlastní kmitočet sond 54 kHz
V61 – V75	230 x 114 x 76	
N1 - N4; H1 - H4	230 x 114 x 76	
V141 – V148	230 x 114 x 76	Vliv materiálu akustické vazby; vlastní kmitočet sond 54 kHz
V91 – V95	230 x 114 x 64	Vliv vlastního kmitočtu sond; vlastní kmitočet sond 54 kHz-150kHz-500kHz
V71 – V75	230 x 114 x 76	
N1 - N4; H1 - H4	230 x 114 x 76	

## 4.2 Metodika měření

### 4.2.1 Ultrazuková impulsová metoda

Postup měření vycházel z normy ASTM 1419-14.

- Zkušební zařízení - ultrazukový přístroj PUNDIT PL 200 a PUNDIT LAB (pouze pro sledování vlivu kmitočtu ultrazukových sond), sondy s vlastním kmitočtem 500 kHz (dle normy ASTM 1419-14), 54 kHz a 150 kHz (dle normy ČSN EN 12504-4). Vlastní kmitočet sond 54 kHz byl zvolen, protože jsou standardně dodávány k ultrazukovému přístroji pro zkoušky betonu a v praxi patří k nejpoužívanějším. Vlastní kmitočet sond 150 kHz byl zvolen pro sledování vlivu vlastního kmitočtu sond na výsledky měření ultrazukovou metodou. Obecně platí, že poměr  $V/f_u < 1$ .
- Materiál pro akustickou vazbu – jako základní materiál pro akustickou vazbu byla, v souladu s normou ASTM 1419-14, použita vazelína. Pro ověření vlivu materiálu pro akustickou vazbu na výsledky měření byla použita plastelína (materiál používaný zejména v praxi a je také uváděn v odborné literatuře).
- Postup měření – měření bylo prováděno přímým prozvučováním po délce znázorněno na obrázku 5, přes šířku a výšku vzorků. Schematicky jsou způsoby prozvučování znázorněny v obrázku 5. Měření po délce vzorku bylo ve 3 měřících bodech, přes šířku a výšku bylo měření prováděno v 5 měřících bodech, kromě sledování vlivu materiálů pro akustickou vazbu, v tomto případě bylo prováděno ve 4 měřících bodech.



Obrázek 5: Přímé prozvučování po délce tvarovky a schematicky znázorněné směry prozvučování tvarovky.

- V každém měřícím bodě byla před měřením změřena délka měřící základny a následně byla měřena doba průchodu ultrazvukového impulsu.

Vyhodnocení výsledků měření rychlosti šíření ultrazvukového impulsu v každém měřícím bodě bylo provedeno dle vztahu (4.1) a vyjádřeno na 0,001 km/s.

$$V = \frac{L}{T} \quad (4.1)$$

kde:

V rychlost šíření ultrazvukového impulsu [km/s]

L délka měřící základny [mm]

T doba průchodu ultrazvukového impulsu [ $\mu$ s]

#### 4.2.2 Stanovení objemové hmotnosti

Postup měření objemové hmotnosti vycházel z normy ASTM 134-95. Vzorky byly při laboratorní teplotě změřeny pomocí posuvného měřítka s přesností na 0,1 mm a zváženy s přesností na 0,1 g. Objemová hmotnost byla vypočítána dle vztahu (4.2) a vyjádřena na 1 kg/m<sup>3</sup>.

$$B = \frac{m}{l \cdot \check{s} \cdot h} \cdot 1\,000 \quad (4.2)$$

kde:

B objemová hmotnost [kg/m<sup>3</sup>]

m hmotnost zkušební vzorku [g]

l rozměr po délce zkušební vzorku [mm]

š rozměr po šířce zkušební vzorku [mm]

h rozměr po výšce zkušební vzorku [mm]

#### 4.3 Výsledky experimentální části

V této části diplomové práce jsou uvedeny postupy pro výpočet rozdílů mezi rychlostmi šíření ultrazvukového impulsu pro hodnocení sledovaných vlivů. Dále jsou zde obsaženy tabulky s rychlostmi šíření ultrazvukového impulsu v jednotlivých směrech prozvučování na zkoušených vzorcích a příslušné rozdíly v rychlostech v závislosti na sledovaném vlivu. Podrobné záznamy z měření jsou uvedeny v tabulkách 21 až 46 v příloze diplomové práce.

#### 4.3.1 Rozdíly v rychlostech šíření ultrazvukového impulsu pro sledované vlivy

Pro zhodnocení sledovaného vlivu na výsledky měření ultrazvukovou impulsovou metodou při zkoušení žárovzdorných výrobků byl vypočítán rozdíl mezi rychlostmi při prozvučování po délce, šířce a výšce tvarovky dle vztahů (4.3) až (4.9).

##### a) Sledování vlivu směru prozvučování

$$\delta_1 = V_{\xi} - V_L \quad (4.3)$$

$$\delta_2 = V_H - V_L \quad (4.4)$$

$$\delta_3 = V_H - V_{\xi} \quad (4.5)$$

kde:

$\delta_1$  rozdíl mezi rychlostí šíření ultrazvukového impulsu při prozvučování přes šířku a délku tvarovky [km/s]

$\delta_2$  rozdíl mezi rychlostí šíření ultrazvukového impulsu při prozvučování přes výšku a délku tvarovky [km/s]

$\delta_3$  rozdíl mezi rychlostí šíření ultrazvukového impulsu při prozvučování přes výšku a šířku tvarovky [km/s]

$V_L$  rychlost šíření ultrazvukového impulsu po délce [km/s]

$V_{\xi}$  rychlost šíření ultrazvukového impulsu po šířce [km/s]

$V_H$  rychlost šíření ultrazvukového impulsu po výšce [km/s]

##### b) Sledování vlivu vlastního kmitočtu sond

$$\delta_{4,i} = V_{i,150} - V_{i,54} \quad (4.6)$$

$$\delta_{5,i} = V_{i,500} - V_{L,54} \quad (4.7)$$

$$\delta_{6,i} = V_{i,500} - V_{i,150} \quad (4.8)$$

kde:

$\delta_{4,i}$  rozdíl mezi rychlostí šíření ultrazvukového impulsu při prozvučování sondou s vlastním kmitočtem 150 kHz a 54 kHz [km/s]

$\delta_{5,i}$  rozdíl mezi rychlostí šíření ultrazvukového impulsu při prozvučování sondou s vlastním kmitočtem 500 kHz a 54 kHz [km/s]

$\delta_{6,i}$  rozdíl mezi rychlostí šíření ultrazvukového impulsu při prozvučování sondou s vlastním kmitočtem 500 kHz a 150 kHz [km/s]

- i směr prozvučování (L – po délce, Š – po šířce a H – po výšce tvarovky)  
 $V_{54, 150, 500}$  rychlost šíření ultrazvukového impulsu při prozvučování sondami s vlastním kmitočtem 54 kHz resp. 150 kHz resp. 500 kHz [km/s]

### **c) Sledování vlivu materiálu akustické vazby**

$$\delta_i = V_{i,V} - V_{i,P} \quad (4.9)$$

- $\delta_i$  rozdíl mezi rychlostí šíření ultrazvukového impulsu při použití materiálu akustické vazby vazelína a plastelína s kmitočtem 54 kHz pro různé směry prozvučování [km/s]  
 $V_{i,V}$  rychlost šíření ultrazvukového impulsu při použití materiálu akustické vazby vazelína [km/s]  
 $V_{i,P}$  rychlost šíření ultrazvukového impulsu při použití materiálu akustické vazby plastelína [km/s]  
 i směr prozvučování (L – po délce, Š – po šířce a H – po výšce tvarovky)

### **4.3.2 Procentuální rozdíly v rychlostech prozvučování pro sledované vlivy**

Procentuální rozdíly byly vypočteny dle vztahu (4.10) až (4.16). Jako srovnávací hodnota byla uvažována rychlost šíření ultrazvukového impulsu při prozvučování přes délku tvarovky resp. šířku, rychlost šíření ultrazvukového impulsu pro vlastní frekvenci sond 54 kHz resp. 150 kHz a 500 kHz (vliv vlastního kmitočtu sond) a rychlost šíření ultrazvukového impulsu pro materiál akustické vazby vazelína – plastelína.

#### **a) Sledování vlivu směru prozvučování**

$$\Delta_1 = \frac{V_{\text{Š}} - V_L}{V_L} \cdot 100 \quad (4.10)$$

$$\Delta_2 = \frac{V_H - V_L}{V_L} \cdot 100 \quad (4.11)$$

$$\Delta_3 = \frac{V_H - V_{\text{Š}}}{V_{\text{Š}}} \cdot 100 \quad (4.12)$$

kde:

$\Delta_1$  procentuální rozdíl mezi rychlostí šíření ultrazvukového impulsu při prozvučování přes šířku a délku tvarovky vztaženo k rychlosti šíření ultrazvukového impulsu při prozvučování po délce tvarovky [%]

$\Delta_2$  procentuální rozdíl mezi rychlostí šíření ultrazvukového impulsu při prozvučování přes výšku a délku tvarovky vztaženo k rychlosti šíření ultrazvukového impulsu při prozvučování po délce tvarovky [%]

$\Delta_3$  procentuální rozdíl mezi rychlostí šíření ultrazvukového impulsu při prozvučování přes výšku a šířku tvarovky vztaženo k rychlosti šíření ultrazvukového impulsu při prozvučování po šířce tvarovky [%]

$V_L$  rychlost šíření ultrazvukového impulsu po délce [km/s]

$V_S$  rychlost šíření ultrazvukového impulsu po šířce [km/s]

$V_H$  rychlost šíření ultrazvukového impulsu po výšce [km/s]

#### **b) Sledování vlivu vlastního kmitočtu sond**

$$\Delta_{4,i} = \frac{V_{i,150} - V_{i,54}}{V_{i,150}} \cdot 100 \quad (4.13)$$

$$\Delta_{5,i} = \frac{V_{i,500} - V_{i,54}}{V_{i,500}} \cdot 100 \quad (4.14)$$

$$\Delta_{6,i} = \frac{V_{i,500} - V_{i,150}}{V_{i,500}} \cdot 100 \quad (4.15)$$

$\Delta_{4,i}$  procentuální rozdíl mezi rychlostí šíření ultrazvukového impulsu při prozvučování sondou s vlastním kmitočtem 150 kHz a 54 kHz vztaženo k rychlosti šíření ultrazvukového impulsu při prozvučování sondou s vlastním kmitočtem 150 kHz [%]

$\Delta_{5,i}$  procentuální rozdíl mezi rychlostí šíření ultrazvukového impulsu při prozvučování sondou s vlastním kmitočtem 500 kHz a 54 kHz vztaženo k rychlosti šíření ultrazvukového impulsu při prozvučování sondou s vlastním kmitočtem 500 kHz [%]

- $\Delta_{6,i}$  procentuální rozdíl mezi rychlostí šíření ultrazvukového impulsu při prozvučování sondou s vlastním kmitočtem 500 kHz a 150 kHz vztaženo k rychlosti šíření ultrazvukového impulsu při prozvučování sondou s vlastním kmitočtem 500 kHz [%]
- $i$  směr prozvučování (L – po délce, Š – po šířce a H – po výšce tvarovky)
- $V_{54, 150, 500}$  rychlost šíření ultrazvukového impulsu při prozvučování sondami s vlastním kmitočtem 54 kHz resp. 150 kHz resp. 500 kHz [km/s]

### c) Sledování vlivu materiálu akustické vazby

$$\Delta_i = \frac{V_{i,V} - V_{i,P}}{V_{i,V}} \cdot 100 \quad (4.16)$$

- $\Delta_i$  procentuální rozdíl mezi rychlostí šíření ultrazvukového impulsu při použití materiálu akustické vazby vazelína a plastelína s kmitočtem 54 kHz pro různé směry prozvučování vztaženo k rychlosti šíření ultrazvukového impulsu při použití materiálu akustické vazby vazelína [%]
- $V_{i,V}$  rychlost šíření ultrazvukového impulsu při použití materiálu akustické vazby vazelína [km/s]
- $V_{i,P}$  rychlost šíření ultrazvukového impulsu při použití materiálu akustické vazby plastelína [km/s]
- $i$  směr prozvučování (L – po délce, Š – po šířce a H – po výšce tvarovky)

### **4.3.3 Výsledky měření tvarovek ultrazvukovou impulsovou metodou**

V této části diplomové práce jsou uvedeny souhrnné tabulky s rychlostmi šíření ultrazvukového impulsu a rozdíly v rychlostech pro sledované vlivy.

#### **a) Vliv směru prozvučování**

V tabulkách 5 až 7 jsou pro dinasové tvarovky uvedeny rychlosti ultrazvukového impulsu a jejich rozdíly pro sledování vlivu směru prozvučování. Měření bylo prováděno sondami s vlastním kmitočtem 54 kHz.

Tabulka 5: Rychlosti šíření ultrazvukového impulsu a jejich rozdíly pro sledování vlivu směru prozvučování – dinas - 230 x 114 x 76 mm.

Ozn. vzorku	$V_L$	$V_S$	$V_H$	$\delta_1$	$\delta_2$	$\delta_3$	$\Delta_1$	$\Delta_2$	$\Delta_3$
	[km/s]						[%]		
<i>D1</i>	2,064	2,120	1,998	0,056	-0,066	-0,122	2,71	-3,20	-5,75
<i>D2</i>	2,054	2,111	1,998	0,057	-0,056	-0,113	2,78	-2,73	-5,35
<i>D3</i>	2,105	2,116	1,983	0,011	-0,122	-0,133	0,52	-5,80	-6,29
<i>D4</i>	2,113	2,131	2,015	0,018	-0,098	-0,116	0,85	-4,64	-5,44
<i>D5</i>	2,136	2,160	2,031	0,024	-0,105	-0,129	1,12	-4,92	-5,97
<i>D6</i>	2,057	2,095	1,972	0,038	-0,085	-0,123	1,85	-4,13	-5,87
<i>D7</i>	2,067	2,104	1,970	0,037	-0,097	-0,134	1,79	-4,69	-6,37
<i>D8</i>	2,108	2,138	2,015	0,030	-0,093	-0,123	1,42	-4,41	-5,75
<i>D9</i>	2,123	2,161	2,032	0,038	-0,091	-0,129	1,79	-4,29	-5,97
<i>D10</i>	2,092	2,128	2,001	0,036	-0,091	-0,127	1,72	-4,35	-5,97
<i>D11</i>	2,106	2,148	2,043	0,042	-0,063	-0,105	1,99	-2,99	-4,89
<i>D12</i>	2,113	2,148	2,026	0,035	-0,087	-0,122	1,66	-4,12	-5,68
<i>D13</i>	2,101	2,136	2,002	0,035	-0,099	-0,134	1,67	-4,71	-6,27
<i>D14</i>	2,115	2,131	2,004	0,016	-0,111	-0,127	0,76	-5,25	-5,96
<i>D15</i>	2,138	2,154	2,027	0,016	-0,111	-0,127	0,75	-5,19	-5,90
<b>PRŮMĚR</b>	<b>2,099</b>	<b>2,132</b>	<b>2,008</b>	<b>0,033</b>	<b>-0,092</b>	<b>-0,124</b>	<b>1,56</b>	<b>-4,36</b>	<b>-5,83</b>

Tabulka 6: Rychlosti šíření ultrazvukového impulsu a jejich rozdíly pro sledování vlivu směru prozvučování – dinas - 230 x 114 x 100 mm.

Ozn. vzorku	$V_L$	$V_S$	$V_H$	$\delta_1$	$\delta_2$	$\delta_3$	$\Delta_1$	$\Delta_2$	$\Delta_3$
	[km/s]						[%]		
<i>D21</i>	2,053	2,116	1,966	0,063	-0,087	-0,150	3,07	-4,24	-7,09
<i>D22</i>	2,066	2,099	1,972	0,033	-0,094	-0,127	1,60	-4,55	-6,05
<i>D23</i>	2,127	2,148	2,035	0,021	-0,092	-0,113	0,99	-4,33	-5,26
<i>D24</i>	2,133	2,180	2,016	0,047	-0,117	-0,164	2,20	-5,49	-7,52
<i>D25</i>	2,082	2,127	1,982	0,045	-0,100	-0,145	2,16	-4,80	-6,82
<i>D26</i>	2,083	2,125	2,007	0,042	-0,076	-0,118	2,02	-3,65	-5,55
<i>D27</i>	2,120	2,144	1,997	0,024	-0,123	-0,147	1,13	-5,80	-6,86
<i>D28</i>	2,099	2,123	2,006	0,024	-0,093	-0,117	1,14	-4,43	-5,51
<i>D29</i>	2,104	2,134	2,016	0,030	-0,088	-0,118	1,43	-4,18	-5,53
<i>D30</i>	2,108	2,136	1,999	0,028	-0,109	-0,137	1,33	-5,17	-6,41
<i>D31</i>	2,123	2,176	2,026	0,053	-0,097	-0,150	2,50	-4,57	-6,89
<i>D32</i>	2,126	2,184	2,027	0,058	-0,099	-0,157	2,73	-4,66	-7,19
<i>D33</i>	2,080	2,125	1,986	0,045	-0,094	-0,139	2,16	-4,52	-6,54
<i>D34</i>	2,099	2,118	2,018	0,019	-0,081	-0,100	0,91	-3,86	-4,72
<i>D35</i>	2,052	2,091	1,974	0,039	-0,078	-0,117	1,90	-3,80	-5,60
<b>PRŮMĚR</b>	<b>2,097</b>	<b>2,135</b>	<b>2,002</b>	<b>0,038</b>	<b>-0,095</b>	<b>-0,133</b>	<b>1,82</b>	<b>-4,54</b>	<b>-6,24</b>

Tabulka 7: Rychlosti šíření ultrazvukového impulsu a jejich rozdíly pro sledování vlivu směru prozvučování – dinas - 230 x 114 x 150 mm.

Ozn. vzorku	$V_L$	$V_S$	$V_H$	$\delta_1$	$\delta_2$	$\delta_3$	$\Delta_1$	$\Delta_2$	$\Delta_3$
	[km/s]						[%]		
<i>D41</i>	2,004	2,078	1,911	0,074	-0,093	-0,167	3,69	-4,64	-8,04
<i>D42</i>	1,992	2,083	1,930	0,091	-0,062	-0,153	4,57	-3,11	-7,35
<i>D43</i>	2,129	2,196	2,028	0,067	-0,101	-0,168	3,15	-4,74	-7,65
<i>D44</i>	2,018	2,063	1,917	0,045	-0,101	-0,146	2,23	-5,00	-7,08
<i>D45</i>	2,085	2,120	1,960	0,035	-0,125	-0,160	1,68	-6,00	-7,55
<i>D46</i>	2,100	2,157	1,986	0,057	-0,114	-0,171	2,71	-5,43	-7,93
<i>D47</i>	2,099	2,163	2,006	0,064	-0,093	-0,157	3,05	-4,43	-7,26
<i>D48</i>	2,080	2,109	1,971	0,029	-0,109	-0,138	1,39	-5,24	-6,54
<i>D49</i>	2,032	2,099	1,914	0,067	-0,118	-0,185	3,30	-5,81	-8,81
<i>D50</i>	2,051	2,113	1,927	0,062	-0,124	-0,186	3,02	-6,05	-8,80
<i>D51</i>	2,112	2,115	1,997	0,003	-0,115	-0,118	0,14	-5,45	-5,58
<i>D52</i>	2,096	2,152	2,003	0,056	-0,093	-0,149	2,67	-4,44	-6,92
<i>D53</i>	2,031	2,089	1,954	0,058	-0,077	-0,135	2,86	-3,79	-6,46
<i>D54</i>	2,072	2,100	1,943	0,028	-0,129	-0,157	1,35	-6,23	-7,48
<i>D55</i>	1,996	2,050	1,906	0,054	-0,090	-0,144	2,71	-4,51	-7,02
<b>PRŮMĚR</b>	<b>2,060</b>	<b>2,112</b>	<b>1,957</b>	<b>0,053</b>	<b>-0,103</b>	<b>-0,156</b>	<b>2,57</b>	<b>-4,99</b>	<b>-7,36</b>

V tabulkách 8 a 9 jsou pro tvarovky z křemenného skla uvedeny rychlosti ultrazvukového impulsu a jejich rozdíly pro sledování vlivu směru prozvučování. Měření bylo prováděno sondami s vlastním kmitočtem 54 kHz.

Tabulka 8: Rychlosti šíření ultrazvukového impulsu a jejich rozdíly pro sledování vlivu směru prozvučování – křemenné sklo - 230 x 114 x 64 mm.

Ozn. vzorku	$V_L$	$V_S$	$V_H$	$\delta_1$	$\delta_2$	$\delta_3$	$\Delta_1$	$\Delta_2$	$\Delta_3$
	[km/s]						[%]		
<i>V81</i>	3,582	3,642	3,720	0,060	0,138	0,078	1,68	3,85	2,14
<i>V82</i>	3,641	3,760	3,742	0,119	0,101	-0,018	3,27	2,77	-0,48
<i>V83</i>	3,538	3,615	3,743	0,077	0,205	0,128	2,18	5,79	3,54
<i>V84</i>	3,535	3,604	3,775	0,069	0,240	0,171	1,95	6,79	4,74
<i>V85</i>	3,532	3,582	3,737	0,050	0,205	0,155	1,42	5,80	4,33
<i>V86</i>	3,620	3,718	3,803	0,098	0,183	0,085	2,71	5,06	2,29
<i>V87</i>	3,540	3,609	3,718	0,069	0,178	0,109	1,95	5,03	3,02
<i>V88</i>	3,621	3,709	3,775	0,088	0,154	0,066	2,43	4,25	1,78
<i>V89</i>	3,579	3,639	3,795	0,060	0,216	0,156	1,68	6,04	4,29
<i>V90</i>	3,638	3,682	3,778	0,044	0,140	0,096	1,21	3,85	2,61
<i>V91</i>	3,481	3,625	3,712	0,144	0,231	0,087	4,14	6,64	2,40
<i>V92</i>	3,502	3,574	3,698	0,072	0,196	0,124	2,06	5,60	3,47
<i>V93</i>	3,589	3,634	3,715	0,045	0,126	0,081	1,25	3,51	2,23
<i>V94</i>	3,490	3,553	3,683	0,063	0,193	0,130	1,81	5,53	3,66
<i>V95</i>	3,527	3,587	3,692	0,060	0,165	0,105	1,70	4,68	2,93
<b>PRŮMĚR</b>	<b>3,561</b>	<b>3,636</b>	<b>3,739</b>	<b>0,075</b>	<b>0,178</b>	<b>0,104</b>	<b>2,09</b>	<b>5,01</b>	<b>2,86</b>

Tabulka 9: Rychlosti šíření ultrazvukového impulsu a jejich rozdíly pro sledování vlivu směru prozvučování – křemenné sklo - 230 x 114 x 76 mm.

Ozn. vzorku	$V_L$	$V_S$	$V_H$	$\delta_1$	$\delta_2$	$\delta_3$	$\Delta_1$	$\Delta_2$	$\Delta_3$
	[km/s]						[%]		
<i>V61</i>	3,606	3,716	3,669	0,110	0,063	-0,047	3,05	1,75	-1,26
<i>V62</i>	3,518	3,520	3,626	0,002	0,108	0,106	0,06	3,07	3,01
<i>V63</i>	3,670	3,787	3,780	0,117	0,110	-0,007	3,19	3,00	-0,18
<i>V64</i>	3,681	3,722	3,798	0,041	0,117	0,076	1,11	3,18	2,04
<i>V65</i>	3,586	3,681	3,652	0,095	0,066	-0,029	2,65	1,84	-0,79
<i>V66</i>	3,676	3,763	3,689	0,087	0,013	-0,074	2,37	0,35	-1,97
<i>V67</i>	3,645	3,734	3,711	0,089	0,066	-0,023	2,44	1,81	-0,62
<i>V68</i>	3,648	3,683	3,775	0,035	0,127	0,092	0,96	3,48	2,50
<i>V69</i>	3,698	3,781	3,773	0,083	0,075	-0,008	2,24	2,03	-0,21
<i>V70</i>	3,719	3,798	3,770	0,079	0,051	-0,028	2,12	1,37	-0,74
<i>V71</i>	3,471	3,521	3,560	0,050	0,089	0,039	1,44	2,56	1,11
<i>V72</i>	3,540	3,554	3,639	0,014	0,099	0,085	0,40	2,80	2,39
<i>V73</i>	3,553	3,620	3,621	0,067	0,068	0,001	1,89	1,91	0,03
<i>V74</i>	3,579	3,652	3,647	0,073	0,068	-0,005	2,04	1,90	-0,14
<i>V75</i>	3,650	3,690	3,711	0,040	0,061	0,021	1,10	1,67	0,57
<b>PRŮMĚR</b>	<b>3,616</b>	<b>3,681</b>	<b>3,695</b>	<b>0,065</b>	<b>0,079</b>	<b>0,013</b>	<b>1,80</b>	<b>2,18</b>	<b>0,38</b>
Ozn. vzorku	$V_L$	$V_S$	$V_H$	$\delta_1$	$\delta_2$	$\delta_3$	$\Delta_1$	$\Delta_2$	$\Delta_3$
	[km/s]						[%]		
<i>N1</i>	3,508	3,567	3,603	0,059	0,095	0,036	1,68	2,71	1,01
<i>N2</i>	3,679	3,712	3,702	0,033	0,023	-0,010	0,90	0,63	-0,27
<i>N3</i>	3,552	3,650	3,644	0,098	0,092	-0,006	2,76	2,59	-0,16
<i>N4</i>	3,624	3,673	3,699	0,049	0,075	0,026	1,35	2,07	0,71
<i>H1</i>	3,557	3,688	3,713	0,131	0,156	0,025	3,68	4,39	0,68
<i>H2</i>	3,581	3,634	3,738	0,053	0,157	0,104	1,48	4,38	2,86
<i>H3</i>	3,372	3,481	3,636	0,109	0,264	0,155	3,23	7,83	4,45
<i>H4</i>	3,343	3,501	3,616	0,158	0,273	0,115	4,73	8,17	3,28
<b>PRŮMĚR</b>	<b>3,463</b>	<b>3,576</b>	<b>3,676</b>	<b>0,086</b>	<b>0,142</b>	<b>0,056</b>	<b>2,48</b>	<b>4,09</b>	<b>1,57</b>

## b) Vliv vlastního kmitočtu sond

V tabulkách 10 až 12 jsou pro dinasové tvarovky uvedeny rychlosti šíření ultrazvukového impulsu a jejich rozdíly pro sledování vlivu vlastního kmitočtu sond.

Tabulka 10: Rychlosti šíření ultrazvukového impulsu a jejich rozdíly pro sledování vlivu vlastního kmitočtu sond – dinas 230 x 114 x 76 mm.

Ozn. vzorku	54kHz	150kHz	500kHz	Prozvučování po délce vzorku					
	$V_L$	$V_L$	$V_L$	$\delta_4$	$\delta_5$	$\delta_6$	$\Delta_4$	$\Delta_5$	$\Delta_6$
	[km/s]						[%]		
<i>D6</i>	2,057	2,096	2,139	0,039	0,043	0,082	1,86	2,01	3,83
<i>D7</i>	2,067	2,108	1,983	0,041	-0,125	-0,084	1,94	-6,30	-4,24
<i>D8</i>	2,108	2,145	2,052	0,037	-0,093	-0,056	1,72	-4,53	-2,73
<i>D9</i>	2,123	2,167	2,206	0,044	0,039	0,083	2,03	1,77	3,76
<i>D10</i>	2,092	2,11	2,026	0,018	-0,084	-0,066	0,85	-4,15	-3,26
<i>D11</i>	2,106	2,069	2,206	-0,037	0,137	0,100	-1,79	6,21	4,53
<i>D12</i>	2,113	2,073	2,099	-0,040	0,026	-0,014	-1,93	1,24	-0,67
<i>D13</i>	2,101	2,048	2,035	-0,053	-0,013	-0,066	-2,59	-0,64	-3,24
<i>D14</i>	2,115	2,071	2,098	-0,044	0,027	-0,017	-2,12	1,29	-0,81
<i>D15</i>	2,138	2,095	2,074	-0,043	-0,021	-0,064	-2,05	-1,01	-3,09
<b>PRŮMĚR</b>	2,102	2,098	2,092	-0,004	-0,006	-0,010	-0,21	-0,41	-0,59
Ozn. vzorku	54kHz	150kHz	500kHz	Prozvučování po šířce vzorku					
	$V_L$	$V_L$	$V_L$	$\delta_4$	$\delta_5$	$\delta_6$	$\Delta_4$	$\Delta_5$	$\Delta_6$
	[km/s]						[%]		
<i>D6</i>	2,095	2,116	2,165	0,021	0,049	0,070	0,99	2,26	3,23
<i>D7</i>	2,104	2,132	2,193	0,028	0,061	0,089	1,31	2,78	4,06
<i>D8</i>	2,138	2,165	2,216	0,027	0,051	0,078	1,25	2,30	3,52
<i>D9</i>	2,161	2,189	2,237	0,028	0,048	0,076	1,28	2,15	3,40
<i>D10</i>	2,128	2,154	2,212	0,026	0,058	0,084	1,21	2,62	3,80
<i>D11</i>	2,148	2,106	2,238	-0,042	0,132	0,090	-1,99	5,90	4,02
<i>D12</i>	2,148	2,106	2,228	-0,042	0,122	0,080	-1,99	5,48	3,59
<i>D13</i>	2,136	2,072	2,185	-0,064	0,113	0,049	-3,09	5,17	2,24
<i>D14</i>	2,131	2,097	2,205	-0,034	0,108	0,074	-1,62	4,90	3,36
<i>D15</i>	2,154	2,102	2,227	-0,052	0,125	0,073	-2,47	5,61	3,28
<b>PRŮMĚR</b>	2,134	2,124	2,211	-0,010	0,087	0,076	-0,51	3,92	3,45
Ozn. vzorku	54kHz	150kHz	500kHz	Prozvučování po výšce vzorku					
	$V_H$	$V_H$	$V_H$	$\delta_4$	$\delta_5$	$\delta_6$	$\Delta_4$	$\Delta_5$	$\Delta_6$
	[km/s]						[%]		
<i>D6</i>	1,972	2,008	2,047	0,036	0,039	0,075	1,79	1,91	3,66
<i>D7</i>	1,97	2,019	2,064	0,049	0,045	0,094	2,43	2,18	4,55
<i>D8</i>	2,015	2,056	2,094	0,041	0,038	0,079	1,99	1,81	3,77
<i>D9</i>	2,032	2,048	2,112	0,016	0,064	0,080	0,78	3,03	3,79
<i>D10</i>	2,001	2,038	2,09	0,037	0,052	0,089	1,82	2,49	4,26
<i>D11</i>	2,043	1,982	2,134	-0,061	0,152	0,091	-3,08	7,12	4,26
<i>D12</i>	2,026	1,976	2,102	-0,050	0,126	0,076	-2,53	5,99	3,62
<i>D13</i>	2,002	1,943	2,086	-0,059	0,143	0,084	-3,04	6,86	4,03
<i>D14</i>	2,004	1,99	2,082	-0,014	0,092	0,078	-0,70	4,42	3,75
<i>D15</i>	2,027	1,976	2,113	-0,051	0,137	0,086	-2,58	6,48	4,07
<b>PRŮMĚR</b>	2,009	2,004	2,092	-0,006	0,089	0,083	-0,31	4,23	3,98

Tabulka 11: Rychlosti šíření ultrazvukového impulsu a jejich rozdíly pro sledování vlivu vlastního kmitočtu sond – dinas 230 x 114 x 100 mm.

Ozn. vzorku	54kHz	150kHz	500kHz	Prozvučování po délce vzorku					
	$V_L$	$V_L$	$V_L$	$\delta_4$	$\delta_5$	$\delta_6$	$\Delta_4$	$\Delta_5$	$\Delta_6$
	[km/s]						[%]		
D21	2,053	2,032	2,019	-0,021	-0,013	-0,034	-1,03	-0,64	-1,68
D22	2,066	2,050	2,027	-0,016	-0,023	-0,039	-0,78	-1,13	-1,92
D23	2,127	2,108	2,122	-0,019	0,014	-0,005	-0,90	0,66	-0,24
D24	2,133	2,115	2,096	-0,018	-0,019	-0,037	-0,85	-0,91	-1,77
D25	2,082	2,078	2,053	-0,004	-0,025	-0,029	-0,19	-1,22	-1,41
D26	2,083	2,100	2,032	0,017	-0,068	-0,051	0,81	-3,35	-2,51
D27	2,120	2,151	2,060	0,031	-0,091	-0,060	1,44	-4,42	-2,91
D28	2,099	2,118	2,039	0,019	-0,079	-0,060	0,90	-3,87	-2,94
D29	2,104	2,147	2,055	0,043	-0,092	-0,049	2,00	-4,48	-2,38
D30	2,108	2,128	2,049	0,020	-0,079	-0,059	0,94	-3,86	-2,88
<b>PRŮMĚR</b>	2,098	2,103	2,055	0,005	-0,047	-0,042	0,23	-2,32	-2,07
Ozn. vzorku	54kHz	150kHz	500kHz	Prozvučování po šířce vzorku					
	$V_S$	$V_S$	$V_S$	$\delta_4$	$\delta_5$	$\delta_6$	$\Delta_4$	$\Delta_5$	$\Delta_6$
	[km/s]						[%]		
D21	2,116	2,08	2,191	-0,036	0,111	0,075	-1,73	5,07	3,42
D22	2,099	2,063	2,175	-0,036	0,112	0,076	-1,75	5,15	3,49
D23	2,148	2,118	2,235	-0,030	0,117	0,087	-1,42	5,23	3,89
D24	2,18	2,148	2,266	-0,032	0,118	0,086	-1,49	5,21	3,80
D25	2,127	2,105	2,22	-0,022	0,115	0,093	-1,05	5,18	4,19
D26	2,125	2,137	2,185	0,012	0,048	0,060	0,56	2,20	2,75
D27	2,144	2,163	2,209	0,019	0,046	0,065	0,88	2,08	2,94
D28	2,123	2,147	2,191	0,024	0,044	0,068	1,12	2,01	3,10
D29	2,134	2,171	2,221	0,037	0,050	0,087	1,70	2,25	3,92
D30	2,136	2,138	2,205	0,002	0,067	0,069	0,09	3,04	3,13
<b>PRŮMĚR</b>	2,133	2,127	2,210	-0,006	0,083	0,077	-0,31	3,74	3,46
Ozn. vzorku	54kHz	150kHz	500kHz	Prozvučování po výšce vzorku					
	$V_H$	$V_H$	$V_H$	$\delta_4$	$\delta_5$	$\delta_6$	$\Delta_4$	$\Delta_5$	$\Delta_6$
	[km/s]						[%]		
D21	1,966	1,935	2,05	-0,031	0,115	0,084	-1,60	5,61	4,10
D22	1,972	1,938	2,054	-0,034	0,116	0,082	-1,75	5,65	3,99
D23	2,035	2,006	2,115	-0,029	0,109	0,080	-1,45	5,15	3,78
D24	2,016	1,992	2,104	-0,024	0,112	0,088	-1,20	5,32	4,18
D25	1,982	1,952	2,079	-0,030	0,127	0,097	-1,54	6,11	4,67
D26	2,007	2,027	2,06	0,020	0,033	0,053	0,99	1,60	2,57
D27	1,997	2,020	2,071	0,023	0,051	0,074	1,14	2,46	3,57
D28	2,006	2,024	2,068	0,018	0,044	0,062	0,89	2,13	3,00
D29	2,016	2,013	2,082	-0,003	0,069	0,066	-0,15	3,31	3,17
D30	1,999	2,013	2,058	0,014	0,045	0,059	0,70	2,19	2,87
<b>PRŮMĚR</b>	2,000	1,992	2,074	-0,008	0,082	0,075	-0,40	3,95	3,59

Tabulka 12: Rychlosti šíření ultrazvukového impulsu a jejich rozdíly pro sledování vlivu vlastního kmitočtu sond – dinas 230 x 114 x 150 mm.

Ozn. vzorku	54kHz	150kHz	500kHz	Prozvučování po délce vzorku					
	$V_L$	$V_L$	$V_L$	$\delta_4$	$\delta_5$	$\delta_6$	$\Delta_4$	$\Delta_5$	$\Delta_6$
	[km/s]						[%]		
<i>D51</i>	2,112	2,104	2,072	-0,008	-0,032	-0,040	-0,38	-1,54	-1,93
<i>D52</i>	2,096	2,074	2,046	-0,022	-0,028	-0,050	-1,06	-1,37	-2,44
<i>D53</i>	2,031	2,028	1,996	-0,003	-0,032	-0,035	-0,15	-1,60	-1,75
<i>D54</i>	2,072	2,051	2,028	-0,021	-0,023	-0,044	-1,02	-1,13	-2,17
<i>D55</i>	1,996	1,980	1,951	-0,016	-0,029	-0,045	-0,81	-1,49	-2,31
<i>D41</i>	2,004	2,064	1,947	0,060	-0,117	-0,057	2,91	-6,01	-2,93
<i>D42</i>	1,992	2,025	1,942	0,033	-0,083	-0,050	1,63	-4,27	-2,57
<i>D43</i>	2,129	2,151	2,041	0,022	-0,110	-0,088	1,02	-5,39	-4,31
<i>D44</i>	2,018	2,032	1,943	0,014	-0,089	-0,075	0,69	-4,58	-3,86
<i>D45</i>	2,085	2,100	2,022	0,015	-0,078	-0,063	0,71	-3,86	-3,12
<b>PRŮMĚR</b>	2,054	2,061	1,999	0,007	-0,062	-0,055	0,35	-3,12	-2,74
Ozn. vzorku	54kHz	150kHz	500kHz	Prozvučování po šířce vzorku					
	$V_S$	$V_S$	$V_S$	$\delta_4$	$\delta_5$	$\delta_6$	$\Delta_4$	$\Delta_5$	$\Delta_6$
	[km/s]						[%]		
<i>D51</i>	2,115	2,102	2,221	-0,013	0,119	0,106	-0,62	5,36	4,77
<i>D52</i>	2,152	2,132	2,239	-0,020	0,107	0,087	-0,94	4,78	3,89
<i>D53</i>	2,089	2,043	2,139	-0,046	0,096	0,050	-2,25	4,49	2,34
<i>D54</i>	2,100	2,065	2,178	-0,035	0,113	0,078	-1,69	5,19	3,58
<i>D55</i>	2,050	2,033	2,135	-0,017	0,102	0,085	-0,84	4,78	3,98
<i>D41</i>	2,078	2,112	2,148	0,034	0,036	0,070	1,61	1,68	3,26
<i>D42</i>	2,083	2,076	2,135	-0,007	0,059	0,052	-0,34	2,76	2,44
<i>D43</i>	2,196	2,214	2,263	0,018	0,049	0,067	0,81	2,17	2,96
<i>D44</i>	2,063	2,074	2,140	0,011	0,066	0,077	0,53	3,08	3,60
<i>D45</i>	2,120	2,119	2,194	-0,001	0,075	0,074	-0,05	3,42	3,37
<b>PRŮMĚR</b>	2,105	2,097	2,179	-0,008	0,082	0,075	-0,38	3,77	3,42
Ozn. vzorku	54kHz	150kHz	500kHz	Prozvučování po výšce vzorku					
	$V_H$	$V_H$	$V_H$	$\delta_4$	$\delta_5$	$\delta_6$	$\Delta_4$	$\Delta_5$	$\Delta_6$
	[km/s]						[%]		
<i>D51</i>	1,997	1,965	1,943	-0,032	-0,022	-0,054	-1,63	-1,13	-2,78
<i>D52</i>	2,003	1,976	1,944	-0,027	-0,032	-0,059	-1,37	-1,65	-3,03
<i>D53</i>	1,954	1,935	1,892	-0,019	-0,043	-0,062	-0,98	-2,27	-3,28
<i>D54</i>	1,943	1,918	1,886	-0,025	-0,032	-0,057	-1,30	-1,70	-3,02
<i>D55</i>	1,906	1,892	1,858	-0,014	-0,034	-0,048	-0,74	-1,83	-2,58
<i>D41</i>	1,911	1,945	1,853	0,034	-0,092	-0,058	1,75	-4,96	-3,13
<i>D42</i>	1,930	1,943	1,86	0,013	-0,083	-0,070	0,67	-4,46	-3,76
<i>D43</i>	2,028	2,05	1,953	0,022	-0,097	-0,075	1,07	-4,97	-3,84
<i>D44</i>	1,917	1,936	1,854	0,019	-0,082	-0,063	0,98	-4,42	-3,40
<i>D45</i>	1,960	1,986	1,889	0,026	-0,097	-0,071	1,31	-5,13	-3,76
<b>PRŮMĚR</b>	1,955	1,955	1,893	0,000	-0,061	-0,062	-0,02	-3,25	-3,26

V tabulkách 13 až 15 jsou pro tvarovky z křemenného skla uvedeny rychlosti šíření ultrazvukového impulsu a jejich rozdíly pro sledování vlivu vlastního kmitočtu sond.

Tabulka 13: Rychlosti šíření ultrazvukového impulsu a jejich rozdíly pro sledování vlivu vlastního kmitočtu sond – křemenné sklo 230 x 114 x 64 mm.

Ozn. vzorku	54kHz	150kHz	500kHz	Prozvučování po délce vzorku					
	$V_L$	$V_L$	$V_L$	$\delta_4$	$\delta_5$	$\delta_6$	$\Delta_4$	$\Delta_5$	$\Delta_6$
	[km/s]			[%]					
V91	3,481	3,422	3,581	-0,059	0,100	0,159	-1,72	2,79	4,44
V92	3,502	3,403	3,494	-0,099	-0,008	0,091	-2,91	-0,23	2,60
V93	3,589	3,441	3,544	-0,148	-0,045	0,103	-4,30	-1,27	2,91
V94	3,490	3,393	3,573	-0,097	0,083	0,180	-2,86	2,32	5,04
V95	3,527	3,428	3,678	-0,099	0,151	0,250	-2,89	4,11	6,80
<b>PRŮMĚR</b>	<b>3,518</b>	<b>3,417</b>	<b>3,574</b>	<b>-0,100</b>	<b>0,056</b>	<b>0,157</b>	<b>-2,94</b>	<b>1,54</b>	<b>4,36</b>
Prozvučování po šířce vzorku									
V91	3,625	3,454	3,720	-0,171	0,095	0,266	-4,95	2,55	7,15
V92	3,574	3,429	3,694	-0,145	0,120	0,265	-4,23	3,25	7,17
V93	3,634	3,505	3,794	-0,129	0,160	0,289	-3,68	4,22	7,62
V94	3,553	3,438	3,688	-0,115	0,135	0,250	-3,34	3,66	6,78
V95	3,587	3,473	3,752	-0,114	0,165	0,279	-3,28	4,40	7,44
<b>PRŮMĚR</b>	<b>3,595</b>	<b>3,460</b>	<b>3,730</b>	<b>-0,135</b>	<b>0,135</b>	<b>0,270</b>	<b>-3,90</b>	<b>3,62</b>	<b>7,23</b>
Prozvučování po výšce vzorku									
V91	3,712	3,594	3,862	-0,118	0,150	0,268	-3,28	3,88	6,94
V92	3,698	3,553	3,824	-0,145	0,126	0,271	-4,08	3,29	7,09
V93	3,715	3,602	3,879	-0,113	0,164	0,277	-3,14	4,23	7,14
V94	3,683	3,607	3,839	-0,076	0,156	0,232	-2,11	4,06	6,04
V95	3,692	3,633	3,877	-0,059	0,185	0,244	-1,62	4,77	6,29
<b>PRŮMĚR</b>	<b>3,700</b>	<b>3,598</b>	<b>3,856</b>	<b>-0,102</b>	<b>0,156</b>	<b>0,258</b>	<b>-2,85</b>	<b>4,05</b>	<b>6,70</b>

Tabulka 14: Rychlosti šíření ultrazvukového impulsu a jejich rozdíly pro sledování vlivu vlastního kmitočtu sond – křemenné sklo 230 x 114 x 76 mm.

Ozn. vzorku	54kHz	150kHz	500kHz	Prozvučování po délce vzorku					
	$V_L$	$V_L$	$V_L$	$\delta_4$	$\delta_5$	$\delta_6$	$\Delta_4$	$\Delta_5$	$\Delta_6$
	[km/s]			[%]					
V71	3,471	3,379	3,544	-0,092	0,073	0,165	-2,72	2,06	4,66
V72	3,540	3,499	3,686	-0,041	0,146	0,187	-1,17	3,96	5,07
V73	3,553	3,490	3,600	-0,063	0,047	0,110	-1,81	1,31	3,06
V74	3,579	3,490	3,621	-0,089	0,042	0,131	-2,55	1,16	3,62
V75	3,650	3,558	3,649	-0,092	-0,001	0,091	-2,59	-0,03	2,49
<b>PRŮMĚR</b>	<b>3,559</b>	<b>3,483</b>	<b>3,620</b>	<b>-0,075</b>	<b>0,061</b>	<b>0,137</b>	<b>-2,17</b>	<b>1,69</b>	<b>3,78</b>
Prozvučování po šířce vzorku									
V71	3,521	3,373	3,663	-0,148	0,142	0,290	-4,39	3,88	7,92
V72	3,554	3,499	3,734	-0,055	0,180	0,235	-1,57	4,82	6,29
V73	3,620	3,515	3,753	-0,105	0,133	0,238	-2,99	3,54	6,34
V74	3,652	3,555	3,818	-0,097	0,166	0,263	-2,73	4,35	6,89
V75	3,690	3,615	3,872	-0,075	0,182	0,257	-2,07	4,70	6,64
<b>PRŮMĚR</b>	<b>3,607</b>	<b>3,511</b>	<b>3,768</b>	<b>-0,096</b>	<b>0,161</b>	<b>0,257</b>	<b>-2,75</b>	<b>4,26</b>	<b>6,82</b>

Tabulka 14: pokračování

Prozvučování po výšce vzorku									
<i>V71</i>	3,560	3,447	3,736	-0,113	0,176	0,289	-3,28	4,71	7,74
<i>V72</i>	3,639	3,527	3,821	-0,112	0,182	0,294	-3,18	4,76	7,69
<i>V73</i>	3,621	3,573	3,805	-0,048	0,184	0,232	-1,34	4,84	6,10
<i>V74</i>	3,647	3,578	3,861	-0,069	0,214	0,283	-1,93	5,54	7,33
<i>V75</i>	3,711	3,629	3,869	-0,082	0,158	0,240	-2,26	4,08	6,20
<b>PRŮMĚR</b>	3,636	3,551	3,818	-0,085	0,183	0,268	-2,40	4,79	7,01

Tabulka 15: Rychlosti šíření ultrazvukového impulsu a jejich rozdíly pro sledování vlivu vlastního kmitočtu sond – křemenné sklo 230 x 114 x 76 mm.

Ozn. vzorku	54kHz	150kHz	500kHz	Prozvučování po délce vzorku					
	$V_L$	$V_L$	$V_L$	$\delta_4$	$\delta_5$	$\delta_6$	$\Delta_4$	$\Delta_5$	$\Delta_6$
	[km/s]						[%]		
<i>N1</i>	3,508	3,374	3,510	-0,134	0,002	0,136	-3,97	0,06	3,87
<i>N2</i>	3,679	3,473	3,645	-0,206	-0,034	0,172	-5,93	-0,93	4,72
<i>N3</i>	3,552	3,474	3,545	-0,078	-0,007	0,071	-2,25	-0,20	2,00
<i>N4</i>	3,624	3,490	3,609	-0,134	-0,015	0,119	-3,84	-0,42	3,30
<b>PRŮMĚR</b>	3,591	3,453	3,577	-0,138	-0,014	0,125	-4,00	-0,37	3,47
Prozvučování po šířce vzorku									
<i>N1</i>	3,567	3,385	3,681	-0,182	0,114	0,296	-5,38	3,10	8,04
<i>N2</i>	3,712	3,488	3,786	-0,224	0,074	0,298	-6,42	1,95	7,87
<i>N3</i>	3,650	3,480	3,750	-0,170	0,100	0,270	-4,89	2,67	7,20
<i>N4</i>	3,673	3,502	3,810	-0,171	0,137	0,308	-4,88	3,60	8,08
<b>PRŮMĚR</b>	3,651	3,464	3,757	-0,187	0,106	0,293	-5,39	2,83	7,80
Prozvučování po výšce vzorku									
<i>N1</i>	3,603	3,416	3,699	-0,187	0,096	0,283	-5,47	2,60	7,65
<i>N2</i>	3,702	3,518	3,815	-0,184	0,113	0,297	-5,23	2,96	7,79
<i>N3</i>	3,644	3,462	3,738	-0,182	0,094	0,276	-5,26	2,51	7,38
<i>N4</i>	3,699	3,519	3,767	-0,180	0,068	0,248	-5,12	1,81	6,58
<b>PRŮMĚR</b>	3,662	3,479	3,755	-0,183	0,093	0,276	-5,27	2,47	7,35
Prozvučování po délce vzorku									
<i>H1</i>	3,557	3,363	3,344	-0,194	-0,213	-0,019	-5,77	-6,37	-0,57
<i>H2</i>	3,581	3,369	3,373	-0,212	-0,208	0,004	-6,29	-6,17	0,12
<i>H3</i>	3,372	3,208	3,194	-0,164	-0,178	-0,014	-5,11	-5,57	-0,44
<i>H4</i>	3,343	3,161	3,042	-0,182	-0,301	-0,119	-5,76	-9,89	-3,91
<b>PRŮMĚR</b>	3,463	3,275	3,238	-0,188	-0,225	-0,037	-5,73	-7,00	-1,20
Prozvučování po šířce vzorku									
<i>H1</i>	3,688	3,388	3,725	-0,300	0,037	0,337	-8,85	0,99	9,05
<i>H2</i>	3,634	3,438	3,790	-0,196	0,156	0,352	-5,70	4,12	9,29
<i>H3</i>	3,481	3,277	3,432	-0,204	-0,049	0,155	-6,23	-1,43	4,52
<i>H4</i>	3,501	3,177	3,142	-0,324	-0,359	-0,035	-10,20	-11,43	-1,11
<b>PRŮMĚR</b>	3,576	3,320	3,522	-0,256	-0,054	0,202	-7,74	-1,94	5,43
Prozvučování po výšce vzorku									
<i>H1</i>	3,713	3,431	3,863	-0,282	0,150	0,432	-8,22	3,88	11,18
<i>H2</i>	3,738	3,500	3,888	-0,238	0,150	0,388	-6,80	3,86	9,98
<i>H3</i>	3,636	3,350	3,770	-0,286	0,134	0,420	-8,54	3,55	11,14
<i>H4</i>	3,616	3,317	3,761	-0,299	0,145	0,444	-9,01	3,86	11,81
<b>PRŮMĚR</b>	3,676	3,400	3,821	-0,276	0,145	0,421	-8,14	3,79	11,03

c) Vliv materiálu akustické vazby

V tabulce 16 jsou pro dinasové tvarovky uvedeny rychlosti ultrazvukového impulsu a jejich rozdíly pro sledování vlivu materiálu akustické vazby.

Tabulka 16: Rychlosti šíření ultrazvukového impulsu a jejich rozdíly pro sledování vlivu materiálu akustické vazby – dinas.

Dinas 230 x 114 x 76 mm												
Ozn. vzorku	VAZELÍNA			PLASTELÍNA			Rozdíly $V$ vazelína - plastelína					
	$V_L$	$V_S$	$V_H$	$V_{L,m}$	$V_{S,m}$	$V_{H,m}$	$\delta_7$	$\delta_8$	$\delta_9$	$\Delta_7$	$\Delta_8$	$\Delta_9$
	[km/s]						[km/s]			[%]		
<i>D101</i>	2,117	2,142	1,989	2,126	2,131	1,981	-0,009	0,011	0,008	-0,425	0,514	0,402
<i>D102</i>	2,062	2,108	1,958	2,039	2,066	1,945	0,023	0,042	0,013	1,115	1,992	0,664
<i>D103</i>	2,119	2,168	2,031	2,107	2,150	2,023	0,012	0,018	0,008	0,566	0,830	0,394
<i>D104</i>	2,035	2,067	1,932	2,035	2,072	1,937	0,000	-0,005	-0,005	0,000	-0,242	-0,259
<i>D105</i>	2,037	2,083	1,936	2,022	2,061	1,915	0,015	0,022	0,021	0,736	1,056	1,085
<b>PRŮMĚR</b>	2,074	2,114	1,969	2,066	2,096	1,960	0,008	0,018	0,009	0,399	0,830	0,457
Dinas 230 x 114 x 100 mm												
	VAZELÍNA			PLASTELÍNA			Rozdíly $V$ vazelína - plastelína					
	$V_L$	$V_S$	$V_H$	$V_{L,m}$	$V_{S,m}$	$V_{H,m}$	$\delta_7$	$\delta_8$	$\delta_9$	$\Delta_7$	$\Delta_8$	$\Delta_9$
<i>D106</i>	2,113	2,153	2,013	2,119	2,146	2,003	-0,006	0,007	0,010	-0,284	0,325	0,497
<i>D107</i>	2,114	2,148	1,990	2,117	2,143	1,979	-0,003	0,005	0,011	-0,142	0,233	0,553
<i>D108</i>	2,081	2,118	1,977	2,111	2,126	1,990	-0,030	-0,008	-0,013	-1,442	-0,378	-0,658
<i>D109</i>	2,078	2,114	1,961	2,077	2,105	1,961	0,001	0,009	0,000	0,048	0,426	0,000
<i>D110</i>	2,109	2,140	1,997	2,109	2,132	2,000	0,000	0,008	-0,003	0,000	0,374	-0,150
<b>PRŮMĚR</b>	2,099	2,135	1,988	2,107	2,130	1,987	-0,008	0,004	0,001	-0,364	0,196	0,048

Tabulka 16: Pokračování

Dinas 230 x 114 x 150 mm												
	VAZELÍNA			PLASTELÍNA			Rozdíly $V$ vazelína - plastelína					
<i>D121</i>	2,085	2,076	1,949	2,060	2,075	1,948	0,025	0,001	0,001	1,199	0,048	0,051
<i>D122</i>	2,099	2,105	1,989	2,087	2,103	1,981	0,012	0,002	0,008	0,572	0,095	0,402
<i>D123</i>	1,958	2,014	1,881	1,953	1,994	1,857	0,005	0,020	0,024	0,255	0,993	1,276
<i>D124</i>	2,010	2,061	1,927	1,996	2,042	1,911	0,014	0,019	0,016	0,697	0,922	0,830
<i>D125</i>	1,983	2,025	1,906	1,977	2,002	1,896	0,006	0,023	0,010	0,303	1,136	0,525
<b>PRŮMĚR</b>	2,027	2,056	1,930	2,015	2,043	1,919	0,012	0,013	0,012	0,605	0,639	0,617

V tabulce 17 jsou pro tvarovky z křemenného skla uvedeny rychlosti ultrazvukového impulsu a jejich rozdíly pro sledování vlivu materiálu akustické vazby.

Tabulka 17: Rychlosti šíření ultrazvukového impulsu a jejich rozdíly pro sledování vlivu materiálu akustické vazby – křemenné sklo.

Křemenné sklo 230 x 114 x 76 mm												
Ozn. vzorku	VAZELÍNA			PLASTELÍNA			Rozdíly $V$ vazelína - plastelína					
	$V_L$	$V_S$	$V_H$	$V_{L,m}$	$V_{S,m}$	$V_{H,m}$	$\delta_7$	$\delta_8$	$\delta_9$	$\Delta_7$	$\Delta_8$	$\Delta_9$
	[km/s]						[km/s]			[%]		
<i>V141</i>	3,481	3,590	3,649	3,482	3,585	3,554	-0,001	0,005	0,095	-0,029	0,139	2,603
<i>V142</i>	3,609	3,692	3,670	3,555	3,659	3,674	0,054	0,033	-0,004	1,496	0,894	-0,109
<i>V143</i>	3,706	3,779	3,792	3,660	3,721	3,769	0,046	0,058	0,023	1,241	1,535	0,607
<i>V144</i>	3,590	3,658	3,680	3,541	3,623	3,675	0,049	0,035	0,005	1,365	0,957	0,136
<i>V145</i>	3,566	3,623	3,656	3,519	3,569	3,566	0,047	0,054	0,090	1,318	1,490	2,462
<i>V146</i>	3,644	3,668	3,697	3,582	3,618	3,635	0,062	0,050	0,062	1,701	1,363	1,677
<i>V147</i>	3,501	3,586	3,621	3,468	3,496	3,541	0,033	0,090	0,080	0,943	2,510	2,209
<i>V148</i>	3,716	3,792	3,821	3,693	3,751	3,787	0,023	0,041	0,034	0,619	1,081	0,890
<b>PRŮMĚR</b>	3,602	3,674	3,698	3,563	3,628	3,650	0,039	0,046	0,048	1,082	1,246	1,309

## 4.4 Diskuze k výsledkům měření

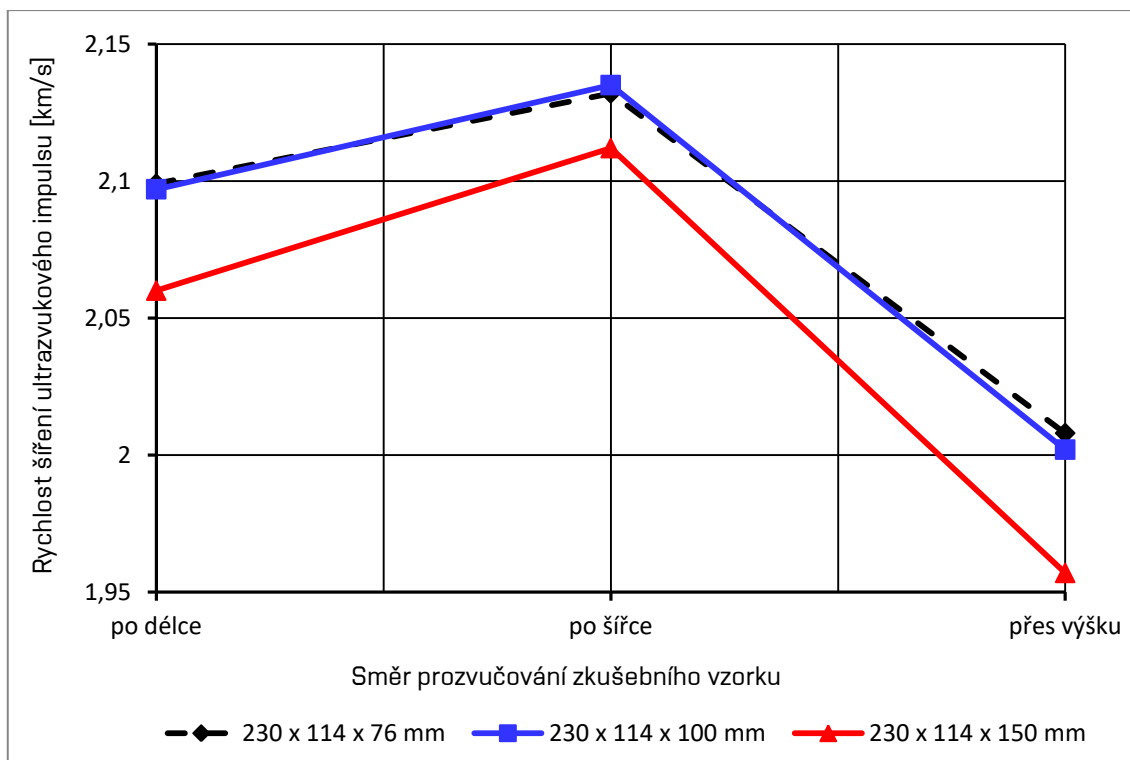
### 4.4.1 Vliv směru prozvučování

Pro zhodnocení vlivu směru prozvučování na výsledky měření ultrazvukovou impulsovou metodou jsou v tabulce 18 uvedeny průměrné hodnoty rychlosti šíření ultrazvukového impulsu pro různé směry prozvučování a jejich rozdíly pro jednotlivé typy tvarovek.

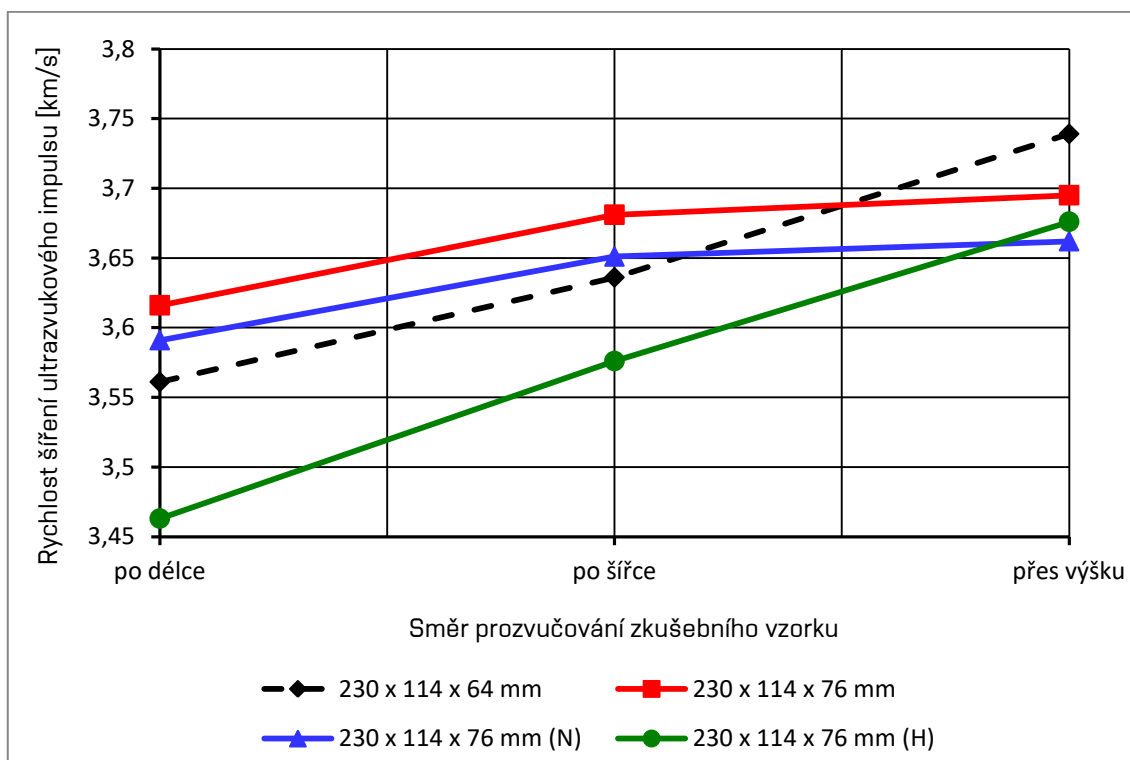
V obrázku 6 (dinas) a 7 (křemenné sklo) jsou znázorněny závislosti mezi směrem prozvučování (rozměrem vzorku v daném směru) a odpovídající rychlostí šíření ultrazvukového impulsu.

Tabulka 18: Průměrné rychlosti šíření ultrazvukového impulsu pro tři směry prozvučování a jejich rozdíly pro jednotlivé typy tvarovek.

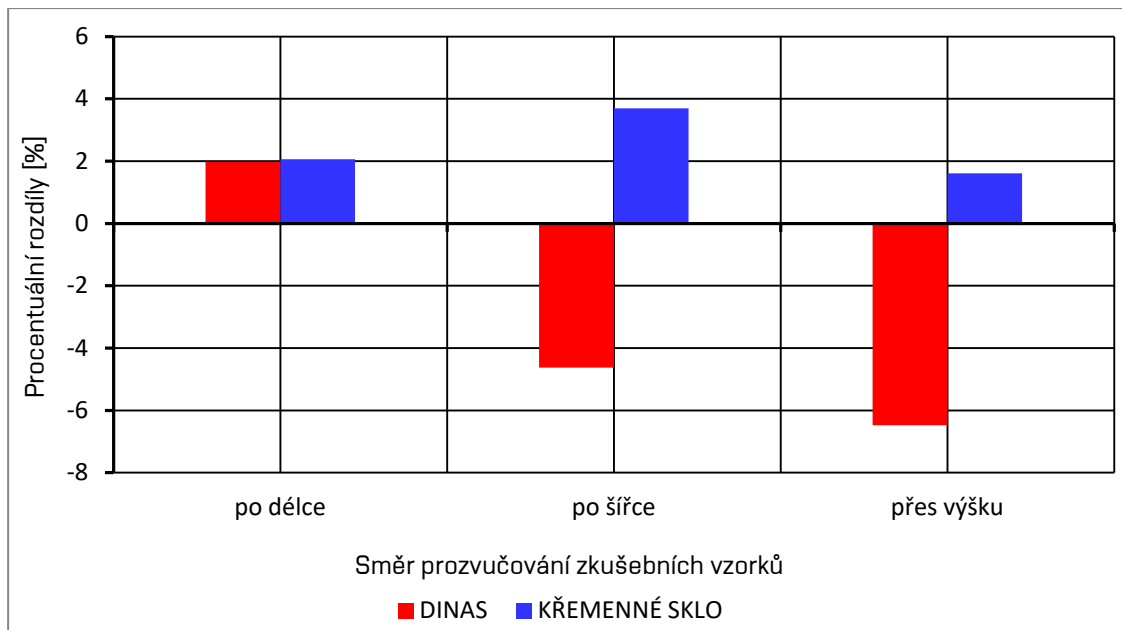
Rozměry zkušebních vzorků		$V_L$	$V_S$	$V_H$				
[mm]		[km/s]						
<b>DINAS</b>								
230 x 114 x 76		2,099	2,132	2,008				
230 x 114 x 100		2,097	2,135	2,002				
230 x 114 x 150		2,060	2,112	1,957				
<b>PRŮMĚR</b>		<b>2,085</b>	<b>2,127</b>	<b>1,989</b>				
<b>KŘEMENNÉ SKLO</b>								
230 x 114 x 64		3,561	3,636	3,739				
230 x 114 x 76		3,616	3,681	3,695				
230 x 114 x 76 (N)		3,591	3,651	3,662				
230 x 114 x 76 (H)		3,463	3,576	3,676				
<b>PRŮMĚR</b>		<b>3,576</b>	<b>3,649</b>	<b>3,707</b>				
Rozměry zkušebních vzorků	$\delta_1$	$\delta_2$	$\delta_3$	$\Delta_1$	$\Delta_2$	$\Delta_3$		
[mm]	[km/s]	[km/s]	[km/s]	[%]	[%]	[%]		
<b>DINAS</b>								
230 x 114 x 76	0,033	-0,092	-0,124	1,56	-4,36	-5,83		
230 x 114 x 100	0,038	-0,095	-0,133	1,82	-4,54	-6,24		
230 x 114 x 150	0,053	-0,103	-0,156	2,57	-4,99	-7,36		
<b>PRŮMĚR</b>	<b>0,041</b>	<b>-0,097</b>	<b>-0,138</b>	<b>1,98</b>	<b>-4,63</b>	<b>-6,48</b>		
<b>KŘEMENNÉ SKLO</b>								
230 x 114 x 64	0,075	0,178	0,104	2,09	5,01	2,86		
230 x 114 x 76	0,065	0,079	0,013	1,80	2,18	0,38		
230 x 114 x 76	0,086	0,142	0,056	1,57	4,09	1,57		
<b>PRŮMĚR</b>	<b>0,073</b>	<b>0,131</b>	<b>0,058</b>	<b>2,06</b>	<b>3,70</b>	<b>1,61</b>		



Obrázek 6: Závislost rychlosti šíření ultrazvukového impulsu na směru prozvučování tvarovek dinasů.



Obrázek 7: Závislost rychlosti šíření ultrazvukového impulsu na směru prozvučování tvarovek z křemenného skla.



Obrázek 8: Procentuální rozdíly mezi rychlostmi šíření ultrazvukového impulsu v různých směrech prozvučování.

Při sledování tohoto vlivu se vycházelo z předpokladu, že vzhledem k pórové struktuře a orientaci zrn v materiálu zkoušených tvarovek se rychlost šíření ultrazvukového impulsu bude snižovat s prodlužující se délkou měřicí základny.

Z analýzy výsledků měření vyplynulo:

#### a) Dinasové tvarovky

U tvarovek dinasu byla zjištěna nejvyšší rychlost šíření ultrazvukového impulsu při měření přes šířku zkušebních vzorků. Rychlost šíření ultrazvukového impulsu při měření po délce vzorku byla nižší, ale nejnižší byla rychlost šíření ultrazvukového impulsu při měření přes výšku vzorku, jak je zřejmé z obrázku 6. Zjištěný trend mezi směrem prozvučování (rozměrem vzorku) a rychlostí šíření ultrazvukového impulsu je stejný nezávisle na typu tvarovek, které se lišily pouze svojí výškou. Tento trend ve vývoji rychlostí šíření ultrazvukového impulsu pravděpodobně souvisí s orientací jednotlivých zrn ve vnitřní struktuře tvarovek. Dalším faktorem je postup při lisování tvarovek. Lisování se lišilo podle výšky tvarovky, kdy se zvyšující se výškou tvarovky nemusí docházet ke správnému zhutnění. Lisování bylo prováděno souběžně ze spodní a vrchní části tvarovky, při vyšší výšce vznikají další tlaky jako například od formy a nedochází ke správné orientaci zrn ve vnitřní struktuře materiálu.

U skupiny vzorků o rozměrech 230 x 114 a výšce 76 resp. 100 mm se průměrná rychlost šíření ultrazvukového impulsu v podstatě nelišila. Při stejném

trendu průběh rychlostí šíření ultrazvukového impulsu u tvarovek o rozměru 230 x 114 x 150 mm byly ve všech případech průměrné rychlosti nižší, toto lze vysvětlit tím, že již při takové výšce výrobku nebylo dosažené dostatečného zhutnění materiálu.

V průměru byla rychlost šíření ultrazvukového impulsu při prozvučování přes šířku vzorku vyšší o 1,98 % ve srovnání s rychlostí při prozvučování po délce vzorku. Rychlost šíření ultrazvukového impulsu při prozvučování přes výšku vzorku byla o 4,63 % nižší ve srovnání s rychlostí při prozvučování po délce vzorku a o 6,48 % nižší ve srovnání s rychlostí při prozvučování přes šířku vzorku.

#### **b) Tvarovky z křemenného skla**

Výše uvedený předpoklad byl splněn u tvarovek z křemenného skla, jak je zřejmé z obrázku 7. Struktura tvarovek z křemenného skla je velmi homogenní a amorfní (nekrytalická), proto byly naměřeny vyšší rychlosti šíření ultrazvukového impulsu.

V průměru byla rychlost šíření ultrazvukového impulsu při prozvučování přes šířku vzorku vyšší o 2,06 % ve srovnání s rychlostí při prozvučování po délce vzorku, rychlost šíření ultrazvukového impulsu při prozvučování přes výšku vzorku byla o 3,7 % vyšší ve srovnání s rychlostí při prozvučování po délce vzorku a o 1,61 % vyšší ve srovnání s rychlostí při prozvučování přes šířku vzorku.

Procentuální rozdíly pro tvarovky dinasu a tvarovky z křemenného skla jsou graficky znázorněny v obrázku 8. Tyto rozdíly jsou způsobené zejména rozdílným technologickým způsobem výroby jednotlivých tvarovek a také rozdílnou strukturou materiálu.

#### **4.4.2 Vliv vlastního kmitočtu sond**

Měření bylo prováděno se sondami o vlastním kmitočtu 54 kHz – 150 kHz – 500 kHz. Pro zhodnocení vlivu vlastního kmitočtu sond na výsledky měření ultrazvukovou impulsovou metodou jsou v tabulce 19 uvedeny průměrné hodnoty rychlosti šíření ultrazvukového impulsu pro různé směry prozvučování a jejich rozdíly pro jednotlivé typy tvarovek a hodnoty vlastního kmitočtu sond.

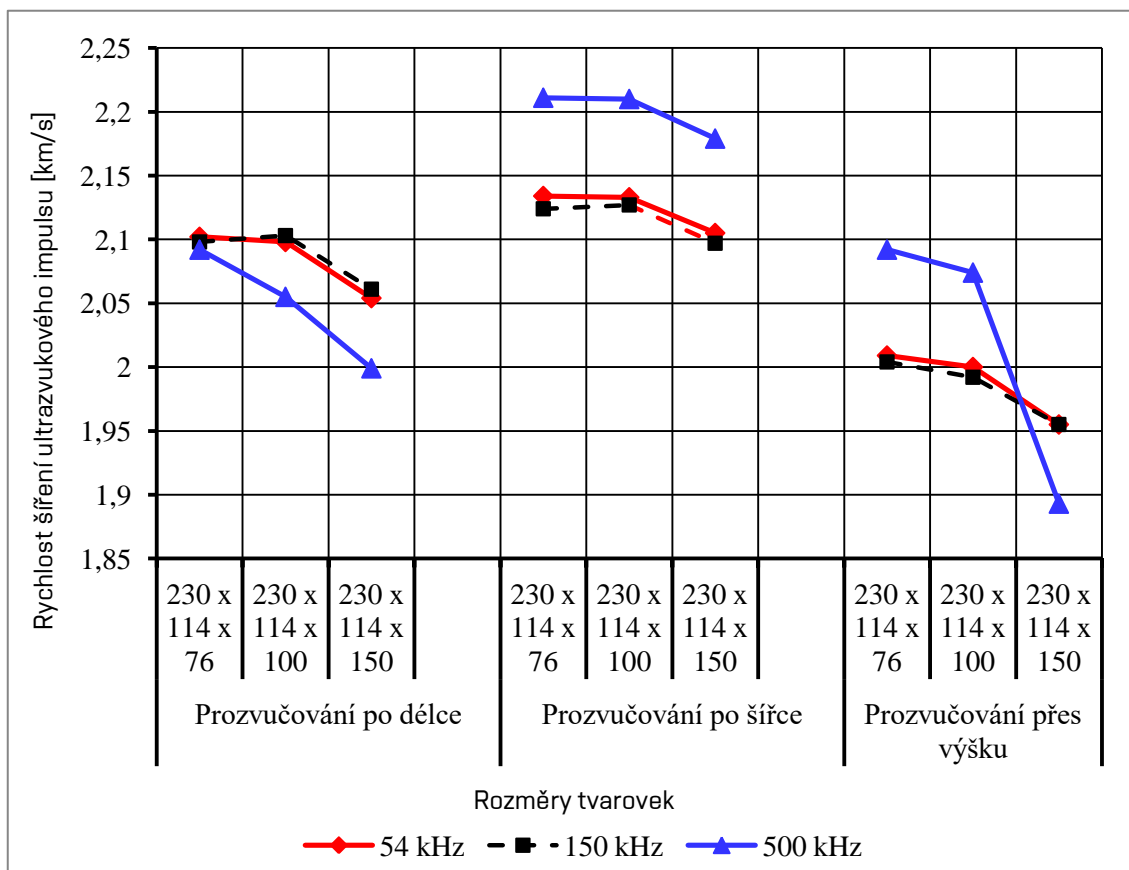
V obrázcích 9 (dinas) a 10 (křemenné sklo) je znázorněn průběh rychlostí šíření ultrazvukového impulsu pro různé směry prozvučování a různý vlastní kmitočty sond.

Tabulka 19: Rychlosti šíření ultrazvukového impulsu při prozvučování sondami s vlastním kmitočtem 54 kHz, 150 kHz a 500 kHz a rozdíly pro jednotlivé typy tvarovek a hodnoty vlastního kmitočtu sond.

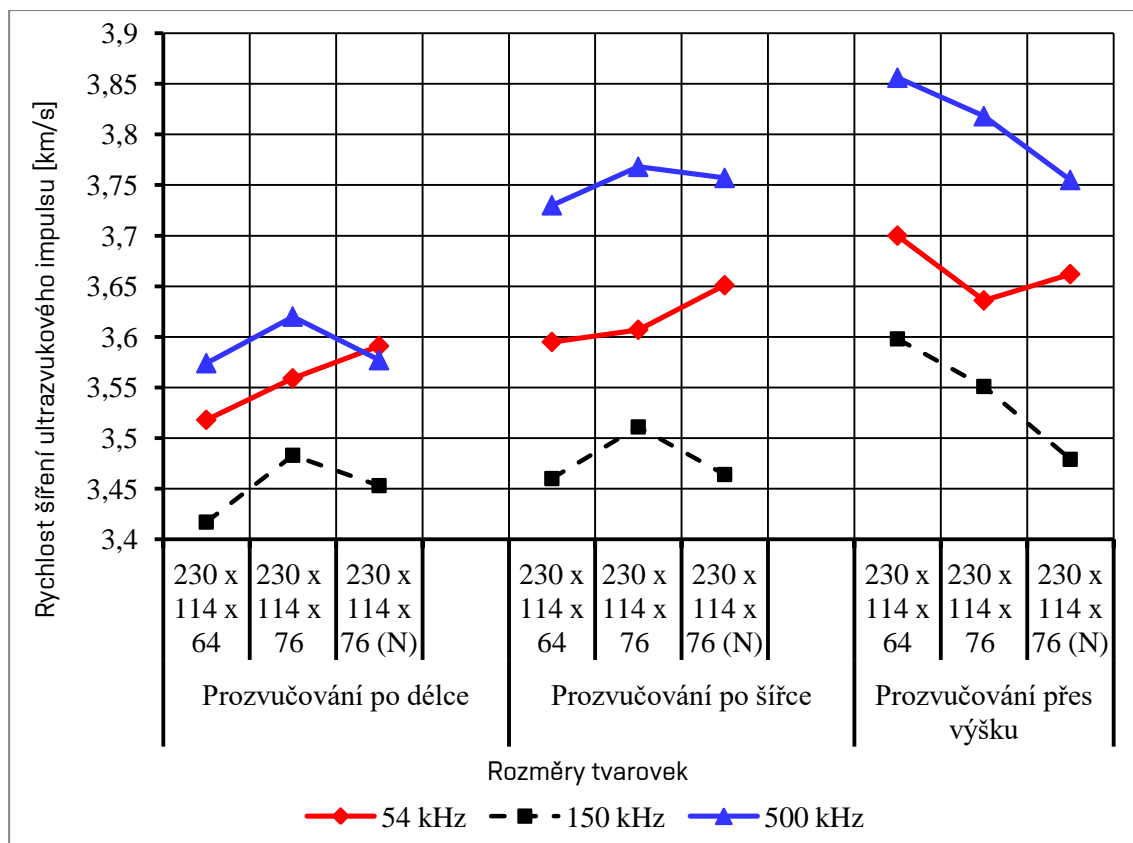
Kmitočet	54 kHz	150 kHz	500 kHz	54 kHz	150 kHz	500 kHz	54 kHz	150 kHz	500 kHz
Rozměry zk. vzorků	$V_L$	$V_\xi$	$V_H$	$V_L$	$V_\xi$	$V_H$	$V_L$	$V_\xi$	$V_H$
[km/s]									
DINAS									
230 x 114 x 76	2,102	2,098	2,092	2,134	2,124	2,211	2,009	2,004	2,092
230 x 114 x 100	2,098	2,103	2,055	2,133	2,127	2,210	2,000	1,992	2,074
230 x 114 x 150	2,054	2,061	1,999	2,105	2,097	2,179	1,955	1,955	1,893
<b>PRŮMĚR</b>	<b>2,084</b>	<b>2,087</b>	<b>2,049</b>	<b>2,124</b>	<b>2,116</b>	<b>2,200</b>	<b>1,988</b>	<b>1,983</b>	<b>2,020</b>
KŘEMENNÉ SKLO									
230 x 114 x 64	3,518	3,417	3,574	3,595	3,460	3,730	3,700	3,598	3,856
230 x 114 x 76	3,559	3,483	3,620	3,607	3,511	3,768	3,636	3,551	3,818
230 x 114 x 76 (N)	3,591	3,453	3,577	3,651	3,464	3,757	3,662	3,479	3,755
230 x 114 x 76 (H)	3,463	3,275	3,238	3,576	3,320	3,522	3,676	3,400	3,821
<b>PRŮMĚR</b>	<b>3,533</b>	<b>3,412</b>	<b>3,513</b>	<b>3,606</b>	<b>3,444</b>	<b>3,700</b>	<b>3,668</b>	<b>3,514</b>	<b>3,815</b>
Rozměry zkušebních vzorků	$\delta_4$	$\delta_5$	$\delta_6$	$\Delta_4$	$\Delta_5$	$\Delta_6$			
[mm]	[km/s]	[km/s]	[km/s]	[%]	[%]	[%]			
DINAS									
<i>Prozvučování po délce</i>									
230 x 114 x 76	-0,004	-0,010	-0,006	-0,21	-0,59	-0,41			
230 x 114 x 100	0,005	-0,042	-0,047	0,23	-2,07	-2,32			
230 x 114 x 150	0,007	-0,055	-0,062	0,35	-2,74	-3,12			
<b>PRŮMĚR</b>	<b>0,003</b>	<b>-0,036</b>	<b>-0,039</b>	<b>0,13</b>	<b>-1,80</b>	<b>-1,95</b>			
<i>Prozvučování po šířce</i>									
230 x 114 x 76	-0,010	0,076	0,087	-0,51	3,45	3,92			
230 x 114 x 100	-0,006	0,077	0,083	-0,31	3,46	3,74			
230 x 114 x 150	-0,008	0,075	0,082	-0,38	3,42	3,77			
<b>PRŮMĚR</b>	<b>-0,008</b>	<b>0,076</b>	<b>0,084</b>	<b>-0,40</b>	<b>3,44</b>	<b>3,81</b>			
<i>Prozvučování přes výšku</i>									
230 x 114 x 76	-0,006	0,083	0,089	-0,31	3,98	4,23			
230 x 114 x 100	-0,008	0,075	0,082	-0,40	3,59	3,95			
230 x 114 x 150	0,0003	-0,062	-0,061	-0,02	-3,26	-3,25			
<b>PRŮMĚR</b>	<b>-0,005</b>	<b>0,032</b>	<b>0,037</b>	<b>-0,24</b>	<b>1,44</b>	<b>1,64</b>			
<i>VŠECHNY SMĚRY PROZVUČOVÁNÍ</i>									
<b>PRŮMĚR</b>	<b>-0,003</b>	<b>0,024</b>	<b>0,027</b>	<b>0,17</b>	<b>1,03</b>	<b>1,17</b>			

Tabulka 19: pokračování

Rozměry zkušebních vzorků [mm]	$\delta_4$ [km/s]	$\delta_5$ [km/s]	$\delta_6$ [km/s]	$\Delta_4$ [%]	$\Delta_5$ [%]	$\Delta_6$ [%]
<b>KŘEMENNÉ SKLO</b>						
<i>Prozvučování po délce</i>						
230 x 114 x 64	-0,100	0,056	0,157	-2,94	1,54	4,36
230 x 114 x 76	-0,075	0,061	0,137	-2,17	1,69	3,78
230 x 114 x 76(N)	-0,138	-0,014	0,125	-4,00	-0,37	3,47
<b>PRŮMĚR</b>	<b>-0,102</b>	<b>0,038</b>	<b>0,140</b>	<b>-2,96</b>	<b>1,05</b>	<b>3,90</b>
<i>Prozvučování po šířce</i>						
230 x 114 x 64	-0,135	0,135	0,270	-3,90	3,62	7,23
230 x 114 x 76	-0,096	0,161	0,257	-2,75	4,26	6,82
230 x 114 x 76(N)	-0,187	0,106	0,293	-5,39	2,83	7,80
<b>PRŮMĚR</b>	<b>-0,136</b>	<b>0,136</b>	<b>0,272</b>	<b>-3,91</b>	<b>3,62</b>	<b>7,25</b>
<i>Prozvučování přes výšku</i>						
230 x 114 x 64	-0,102	0,156	0,258	-2,85	4,05	6,70
230 x 114 x 76	-0,085	0,183	0,268	-2,40	4,79	7,01
230 x 114 x 76(N)	-0,183	0,093	0,276	-5,27	2,47	7,35
<b>PRŮMĚR</b>	<b>-0,119</b>	<b>0,149</b>	<b>0,268</b>	<b>-3,36</b>	<b>3,91</b>	<b>7,03</b>
<i>VŠECHNY SMĚRY PROZVUČOVÁNÍ</i>						
<b>PRŮMĚR</b>	<b>-0,119</b>	<b>0,108</b>	<b>0,227</b>	<b>-3,41</b>	<b>2,86</b>	<b>6,06</b>



Obrázek 9: Závislost rychlosti šíření ultrazvukového impulsu na směru prozvučování při prozvučování sondami s vlastním kmitočtem 54 kHz, 150 kHz a 500 kHz u tvarovek dinasu.



Obrázek 10: Závislost rychlosti šíření ultrazvukového impulsu na směru prozvučování při prozvučování sondami s vlastním kmitočtem 54 kHz, 150 kHz a 500 kHz u tvarovek z křemenného skla.

Zkoušené materiály se vyznačují značně odlišnou rychlostí šíření ultrazvukového impulsu. Rychlost šíření ultrazvukového impulsu se pohybuje u dinasových tvarovek kolem 2 km/s a u tvarovek z křemenného skla je to kolem 3,5 km/s.

Pro zkoušení žárovzdorných výrobků ultrazvukovou impulsovou metodou neexistuje česká technická norma. Ze stavebních materiálů je nejvíce norem pro zkoušení ultrazvukovou impulsovou metodou pro beton. Pro tento materiál se doporučují sondy s vlastním kmitočtem 20kHz až 150 kHz (ČSN EN 12504-4). V americké normě ASTM C 1419-14 se doporučuje vlastní kmitočet sond 0,5 až 2,5 MHz a v ruské GOST 24830-81, která je však určena pro zkoušení žárovzdorných betonů, se doporučuje vlastní kmitočet sond 25 až 60 kHz. Z uvedeného je zřejmá značná diference v požadavcích na vlastní kmitočet sond pro zkoušení žárovzdorných materiálů. Vlastní kmitočet sond by měl zohledňovat délku měřící základny. Obecně platí, že sondy s vysokým vlastním kmitočtem se používají pro krátké měřící základny, protože při delších měřících základnách dochází ke značnému útlumu ultrazvukových impulsů.

Z analýzy výsledků měření vyplynulo:

**a) Dinasové tvarovky**

U tvarovek dinasu se rychlosti šíření ultrazvukového impulsu při měření sondami s vlastním kmitočtem 54 kHz a 150 kHz ve všech směrech prozvučování liší minimálně, v průměru je rozdíl 0,17 %, což lze považovat za chybu měření. Jiná situace je při měření sondami s vlastním kmitočtem 500 kHz.

Při prozvučování po délce vzorku je rychlost šíření ultrazvukového impulsu nižší ve srovnání s rychlostí šíření ultrazvukového impulsu při měření sondami s vlastním kmitočtem 54 kHz a 150 kHz, v závislosti na typu vzorku je nižší o 0,5 % až 2,9 %. Při prozvučování po šířce vzorku rychlost šíření ultrazvukového impulsu při měření sondami s vlastním kmitočtem 500 kHz je vyšší ve srovnání s rychlostí šíření ultrazvukového impulsu při měření sondami s vlastním kmitočtem 54 kHz a 150 kHz o cca 1,1 %.

Při prozvučování přes výšku vzorku rychlost šíření ultrazvukového impulsu při měření sondami s vlastním kmitočtem 500 kHz na vzorcích o výšce 76 a 100 mm je vyšší ve srovnání s rychlostí šíření ultrazvukového impulsu při měření sondami s vlastním kmitočtem 54 kHz a 150 kHz o cca 3,9 %. U vzorků s výškou 150 mm je rychlost šíření ultrazvukového impulsu při měření sondami s vlastním kmitočtem 500 kHz nižší o 3,25 % ve srovnání s rychlostí šíření ultrazvukového impulsu při měření sondami s vlastním kmitočtem 54 kHz a 150 kHz.

**b) Tvarovky z křemenného skla**

U tvarovek z křemenného skla byly rychlosti šíření ultrazvukového impulsu při měření sondami s vlastním kmitočtem 54 kHz vždy vyšší než se sondami o kmitočtu 150 kHz ve všech směrech prozvučování. V průměru byla rychlost šíření ultrazvukového impulsu při měření sondami s vlastním kmitočtem 150 kHz o cca 3,4 % nižší než rychlost šíření ultrazvukového impulsu při měření sondami s vlastním kmitočtem 54 kHz.

Rychlost šíření ultrazvukového impulsu při měření sondami s vlastním kmitočtem 500 kHz je ve většině případů vyšší než při měření sondami s vlastní frekvencí 54 kHz a 150 kHz. Pouze u sady výrobků 230 x 114 x 76 (N) je rychlost nižší než z měření sondami s vlastním kmitočtem 54 kHz – viz obrázek 10.

V průměru byla rychlost šíření ultrazvukového impulsu při měření sondami s vlastním kmitočtem 500 kHz o cca 2,86 % vyšší než rychlost šíření ultrazvukového impulsu při měření sondami s vlastním kmitočtem 54 kHz a o 6 % vyšší než při měření sondami s vlastním kmitočtem 150 kHz.

#### 4.4.3 Vliv materiálu akustické vazby

Pro zhodnocení vlivu materiálu akustické vazby na výsledky měření ultrazvukovou impulsovou metodou jsou v tabulce 20 uvedeny průměrné rychlosti šíření ultrazvukového impulsu a průměrné rozdíly mezi rychlostí šíření ultrazvukového impulsu při použití materiálu akustické vazby vazelína a plastelína. Dále jsou uvedeny průměrné procentuální rozdíly při použití vazebního materiálu vazelína a plastelína.

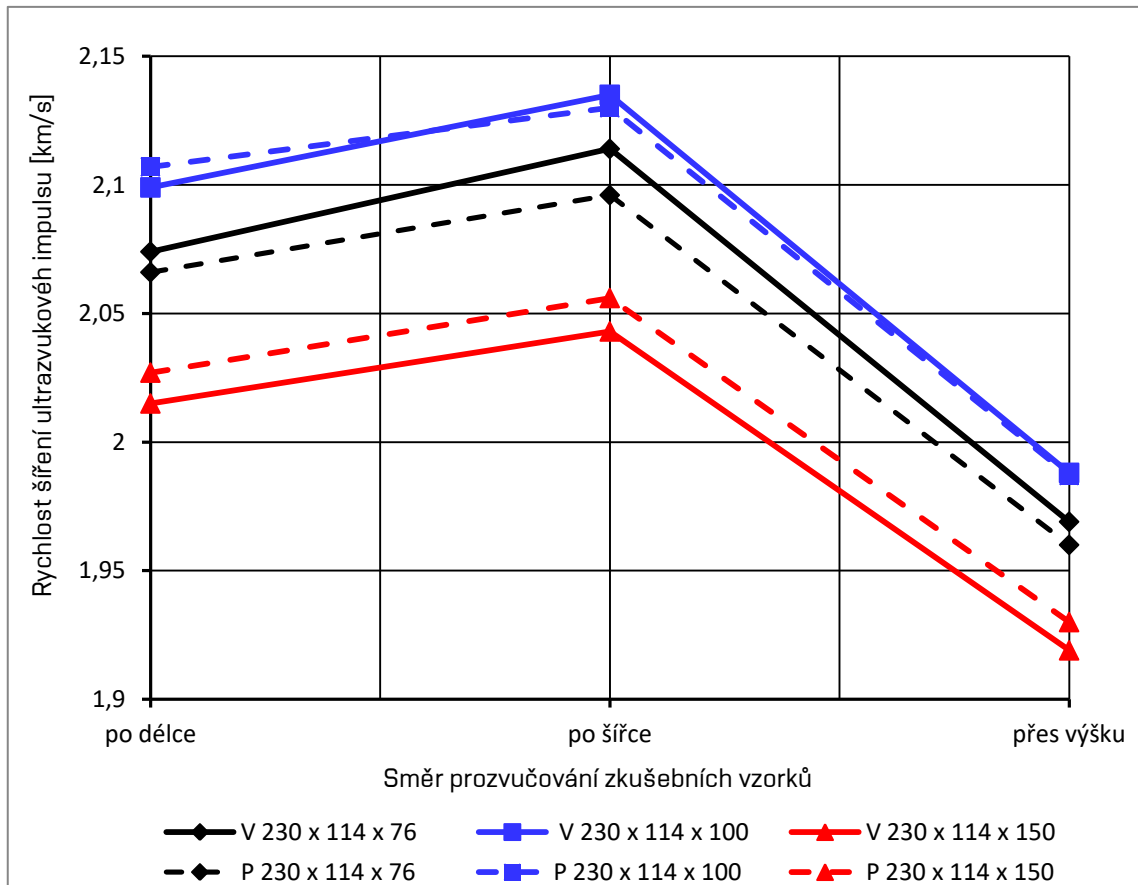
V obrázku 11 (dinas) a 12 (křemenné sklo) jsou znázorněny závislosti mezi materiálem akustické vazby (vazelína a plastelína) a příslušnou rychlostí šíření ultrazvukového impulsu pro různé směry prozvučování.

Tabulka 20: Průměrné rychlosti šíření ultrazvukového impulsu a jejich rozdíly pro použité materiály akustické vazby.

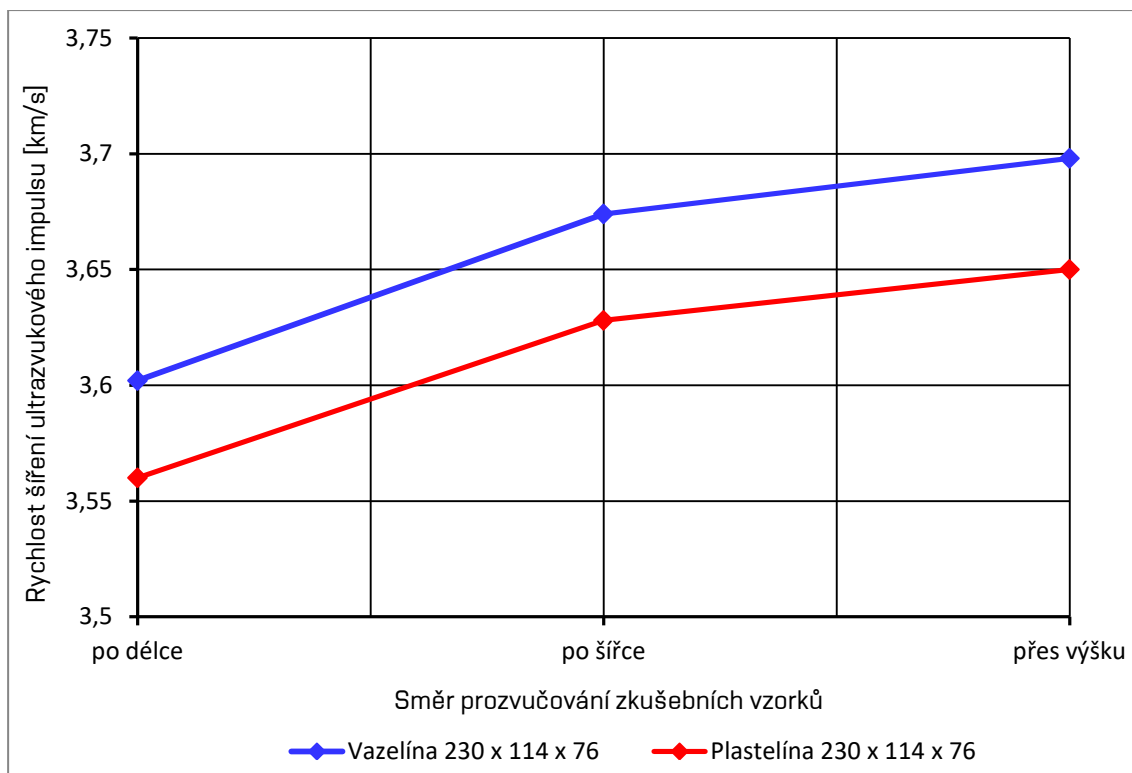
Materiál AV Rozměry zkušebních vzorků [mm]	Vazelína			Plastelína		
	$V_L$ [km/s]	$V_S$ [km/s]	$V_H$ [km/s]	$V_L$ [km/s]	$V_S$ [km/s]	$V_H$ [km/s]
<b>DINAS</b>						
230 x 114 x 76	2,074	2,114	1,969	2,066	2,096	1,960
230 x 114 x 100	2,099	2,135	1,988	2,107	2,130	1,987
230 x 114 x 150	2,015	2,043	1,919	2,027	2,056	1,930
<b>PRŮMĚR</b>	<b>2,067</b>	<b>2,101</b>	<b>1,962</b>	<b>2,062</b>	<b>2,092</b>	<b>1,955</b>
<b>KŘEMENNÉ SKLO</b>						
230 x 114 x 76	3,602	3,674	3,698	3,563	3,628	3,650
Rozměry zkušebních vzorků	$\delta_7$	$\delta_8$	$\delta_9$	$\Delta_7$	$\Delta_8$	$\Delta_9$
<b>DINAS</b>						
230 x 114 x 76	-0,008	-0,011	-0,009	-0,40	-0,54	-0,46
230 x 114 x 100	-0,008	-0,004	-0,001	0,36	-0,20	-0,05
230 x 114 x 150	-0,012	-0,013	-0,12	-0,61	-0,64	-0,62
<b>PRŮMĚR</b>	<b>-0,004</b>	<b>-0,010</b>	<b>-0,007</b>	<b>-0,21</b>	<b>-0,46</b>	<b>-0,37</b>
<b>PRŮMĚR PRO VŠECHNY SMĚRY PROZVUČOVÁNÍ</b>				$\delta$		$\Delta$
				[km/s]		[%]
				<b>-0,007</b>		<b>-0,35</b>

Tabulka 20: Pokračování

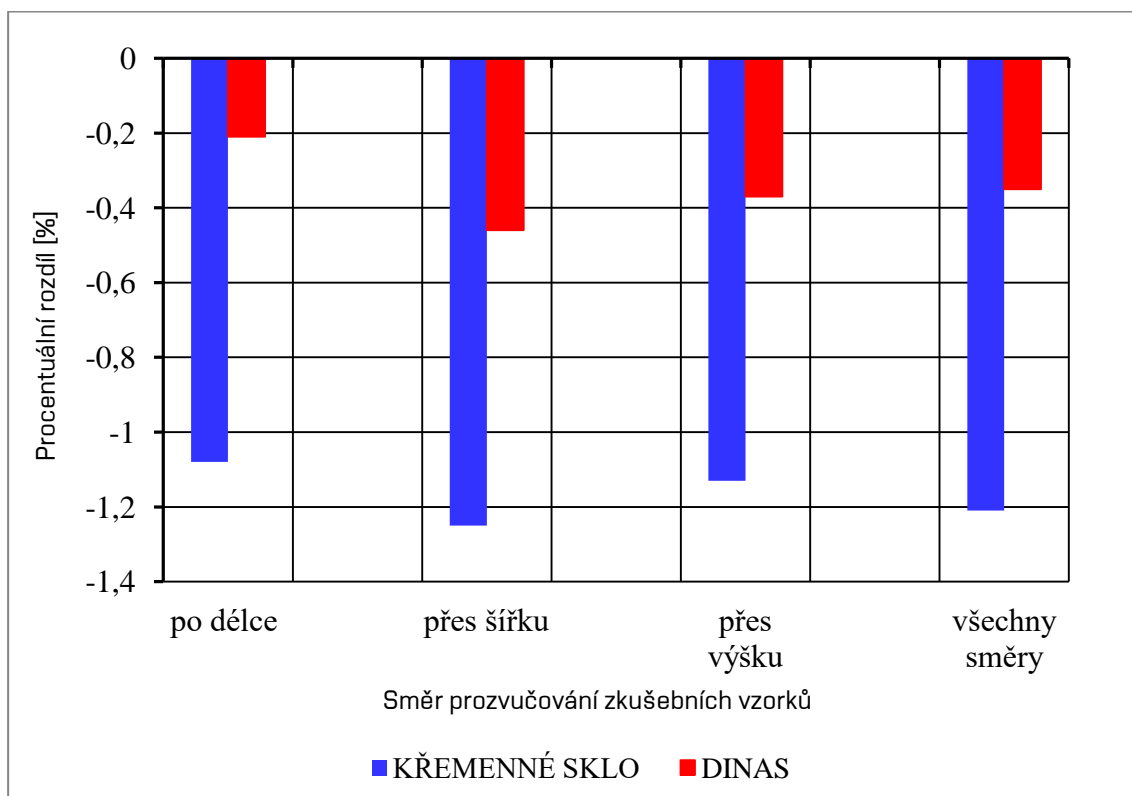
KŘEMENNÉ SKLO						
Rozměry zkušebních vzorků	$\delta_7$	$\delta_8$	$\delta_9$	$\Delta_7$	$\Delta_8$	$\Delta_9$
230 x 114 x 76	-0,039	-0,046	-0,048	-1,08	-1,25	-1,13
PRŮMĚR PRO VŠECHNY SMĚRY PROZVUČOVÁNÍ				$\bar{\delta}$		$\bar{\Delta}$
				[km/s]		[%]
				-0,044		-1,21



Obrázek 11: Trendy průběhu rychlostí šíření ultrazvukového impulsu pro různé směry prozvučování pro různé materiály akustické vazby – tvarovky dinas.



Obrázek 12: Trendy průběhu rychlostí šíření ultrazvukového impulsu pro různé směry prozvučování pro různé materiály akustické vazby – tvarovky z křemenného skla.



Obrázek 13: Procentuální rozdíly mezi rychlostmi šíření ultrazvukového impulsu pro různé směry prozvučování pro různé materiály akustické vazby.

Jako materiál pro akustickou vazbu byla použita vazelína, která vychází z požadavků norem, a plastelína, která byla vybrána na základě používání v technické praxi. Plastelína je jako vhodný materiál doporučována i A. Galanem v odborné literatuře Kombinované ultrazvukové metody skúšania betónu.

U zkoušených vzorků, nezávisle na druhu materiálu, ze kterého byly vyrobeny, jsou rychlosti šíření ultrazvukového impulsu při použití vazelíny vyšší než při použití plastelíny, a to nezávisle na směru prozvučování, jak je zřejmé z obrázků 11 až 13.

#### **a) Dinasové tvarovky**

U dinasových tvarovek byl zjištěn minimální rozdíl v rychlostech ultrazvukových impulsů mezi měřeními s použitím vazelíny nebo plastelíny.

Při prozvučování po délce vzorku byla rychlost šíření ultrazvukového impulsu při použití vazelíny o 0,21 % vyšší, u prozvučování po šířce byla vyšší o 0,46 % a při prozvučování přes výšku vzorku byla vyšší o 0,37 %. Průměrná hodnota pro všechny směry prozvučování je 0,35 %. Hodnota rozdílu v rychlostech mezi akustickou vazbou z vazelíny a plastelíny je na úrovni chyby měření, tzn., že oba typy materiálů akustické vazby jsou použitelné při měření tvarovek dinasu.

#### **b) Tvarovky z křemenného skla**

U tvarovek z křemenného skla byly zjištěny větší rozdíly mezi rychlostmi šíření ultrazvukového impulsu při použití uvedených materiálů akustické vazby.

Při prozvučování po délce vzorku byla rychlost šíření ultrazvukového impulsu s použitím vazelíny o 1,08 % vyšší, při prozvučování po šířce byla vyšší o 1,25 % a u prozvučování přes výšku vzorku byla vyšší o 1,13 %. Průměrná hodnota pro všechny směry prozvučování je 1,21 %.

Snížení rychlosti šíření ultrazvukového impulsu s použitím plastelíny k měření na tvarovkách z křemenného skla lze vysvětlit větším výskytem otevřených pórů na povrchu tvarovky z křemenného skla, které se nevyplní plastelínou, a tudíž není zabezpečena dokonalá akustická vazba.

#### 4.4.4 Shrnutí poznatků

##### a) Směr prozvučování

- Požadavky na směr prozvučování v normě ASTM 1419-14 nejsou jednoznačně stanoveny, měření může být prováděno po délce, šířce nebo přes výšku tvarovky. Norma GOST 24332-88, která je určena pro zkoušení vápenopískových cihel ultrazvukovou impulsovou metodou uvádí, že prozvučování se provádí po délce cihly.
- Měření na tvarovkách dinasu prokázalo, že nejvyšších hodnot rychlosti šíření ultrazvukového impulsu bylo dosaženo při měření přes šířku vzorku (v daném případě 114 mm) ve srovnání s předpokladem, že nejvyšších rychlostí bude dosaženo při měření přes výšku vzorku. Při tom tato skutečnost byla prokázána i při měření sondami s různým vlastním kmitočtem. Tento trend ve vývoji rychlostí šíření ultrazvukového impulsu pravděpodobně souvisí s orientací jednotlivých zrn ve vnitřní struktuře materiálu. Dalším faktorem je postup při lisování tvarovek. Lisování se liší podle tloušťky prováděných tvarovek, kdy se zvyšující se výškou tvarovky může docházet ke špatné vnitřní orientaci zrn a ke špatnému zhutnění při lisování tvarovky.
- Měření na tvarovkách z křemenného skla potvrdilo předpoklad, že se zkracující se délkou měřící základny dochází ke zvýšení rychlosti šíření ultrazvukového impulsu.
- Rozdíly ve výsledcích měření souborů jednotlivých typů tvarovek jsou dány druhem použitého materiálů pro jejich výrobu, technologií zpracování a tím i jejich rozdílnou strukturou.

##### b) Vliv vlastní frekvence sond

- Požadavek na vlastní kmitočet sond při zkoušení žárovzdorných výrobků je značně rozdílný, v normě ASTM 1419-14 je uvedeno 0,5-2,5 MHz a pro žárovzdorné betony v normě GOST 24830-81 je 25-60kHz.
- Zkoušené tvarovky, které mají rozdílný způsob výroby a liší se ve složení (dinas a křemenné sklo) vykazovaly při měření sondami s vlastním kmitočtem 54 kHz-150 kHz-500 kHz rozdílné výsledky.
- Při měření ultrazvukovou impulsovou metodou musí být splněna podmínka, aby poměr délky vlny ( $\lambda$ ) k nejmenšímu rozměru vzorku ve směru

prozvučování ( $d_{min}$ ) byl menší než 1, z důvodu zamezení případného snižování rychlosti šíření ultrazvukového impulsu.

- Rychlost šíření ultrazvukového impulsu u zkušebních vzorků se pohybovala v rozmezí 1,8 až 3,9 km/s, těmto hodnotám odpovídá poměr  $\lambda/d_{min}$  který je roven 0,44 resp. 0,95, tzn., že uvedená podmínka byla splněna. Jsou uvedeny nejnepříznivější hodnoty parametrů, tj. nejnižší vlastní kmitočet a nejmenší rozměr zkušebních vzorků. Při vyšších frekvencích resp. větších délkách měřící základny se tento poměr dále snižuje.
- Při měření dinasových tvarovek sondami o vlastním kmitočtu 500 kHz, především při délce měřící základny 230 mm i 150 mm docházelo k silnému útlumu signálu, což mělo za následek snížení rychlosti šíření ultrazvukového impulsu, ale i snížení věrohodnosti naměřených hodnot. Při měření při délce měřící základy 76 a 114 mm vliv útlumu signálu byl podstatně menší.

Výsledky měření sondami s vlastní frekvencí 54 kHz a 150kHz vykazují minimální rozdíly, ve většině případů je rychlost šíření ultrazvukového impulsu při měření sondami s vlastní frekvencí 54 kHz o něco, avšak nevýznamně, vyšší.

- Při měření tvarovek z křemenného skla se rychlost šíření ultrazvukového impulsu zvyšovala se zvyšujícím se vlastním kmitočtem sond nezávisle na směru prozvučování. Při měření tvarovek na délce měřící základny 230 mm docházelo ke značnému útlumu signálu, což ovlivnilo věrohodnost naměřených hodnot.

### c) Vliv materiálu akustické vazby

- Pro sledování vlivu materiálu akustické vazby na výsledky měření byla použita vazelína (doporučovaná nejen v normách pro zkoušení žárovzdorných výrobků) a plastelína, která bývá často využívána v technické praxi.
- Při měření tvarovek dinasu byly rychlosti šíření ultrazvukového impulsu, nezávisle na směru prozvučování, při použití plastelíny nevýznamně nižší a jsou na úrovni chyby měření.

- Při měření tvarovek z křemenného skla byly rozdíly rychlosti šíření ultrazvukového impulsu, nezávisle na směru prozvučování, při použití plastelíny nižší cca o 1,2 %.
- Snížení rychlosti při použití plastelíny lze vysvětlit nemožností dosažení stejné tloušťky její vrstvy na sondách. U výrobků z křemenného skla je dalším faktorem ovlivňujícím výsledky měření větší výskyt otevřených pórů na povrchu tvarovky, které se dostatečně nevyplní plastelínou, a tudíž není zabezpečena dokonalá akustická vazba. Tento jev nebyl pozorován u tvarovek dinasu, které mají na povrchu tvarovky podstatně nižší výskyt otevřených pórů a mají kompaktnější strukturu povrchu.

#### **d) Doporučení pro měření žárovzdorných tvarovek ultrazvukovou impulsovou metodou**

- Příprava vzorků: Vzorky před zkouškou musí být vysušeny při 110 °C – doba sušení minimálně 5 hodin. Ochlazené vzorky se měří do 5 hodin po vychladnutí.
- Vlastní kmitočet sond: 54 kHz, eventuálně 150 kHz.
- Materiál akustické vazby: vazelína, zejména při měření na tvarovkách s otevřenými póry na povrchu (např. křemenné sklo)
- Směr prozvučování: preferovaný směr přes šířku tvarovky, pokud není jiný požadavek.
- Lokalizace měřících bodů: hrana sondy se musí nacházet minimálně 20 mm od hrany výrobku.
- Minimální počet měřících bodů na tvarovce: prozvučování po šířce – 5 měřících bodů uprostřed výšky tvarovky, prozvučování po délce – 3 měřící body uprostřed výšky tvarovky, prozvučování po výšce – minimálně 6 měřících bodů ve 3 výškových úrovních.
- Délka měřící základny: Pro každý měřící bod se provede měření délky měřící základny s přesností na 0,1 mm.
- Doba průchodu ultrazvukového impulsu: V každém měřícím bodu se provedou minimálně 2 měření doby průchodu ultrazvukového impulsu; v případě, že se doba průchodu liší o více jak 0,5 %, provede se doplňující měření a odlehlá hodnota se vyloučí. Měření probíhá s přesností na 0,1 μs.

- Vyhodnocení měření: Pro každý měřicí bod se dle vztahu (4.1) vypočítá rychlost šíření ultrazvukového impulsu. Pro každý směr prozvučování se vypočítá průměrná hodnota rychlosti. Rychlost šíření ultrazvukového impulsu se zaokrouhlí na 0,001 km/s nebo na 1 m/s.

## 5 Závěr

Diplomová práce byla zaměřena na sledování postupů při měření žárovzdorných výrobků s využitím ultrazvukové impulsové metody.

Teoretická část se zaměřovala na popsání podstaty ultrazvukové impulsové metody, vymezení faktorů, které ovlivňují výsledky měření či přehled vybraných norem popisujících postupy měření ultrazvukovou impulsovou metodou na stavebních materiálech a výrobcích. Dále byla v teoretické části popsána výroba a požadavky na vlastnosti tvarovek dinasu a tvarovek z křemenného skla.

V experimentální části diplomové práce byl zkoumán vliv směru prozvučování, vliv vlastního kmitočtu sond a vliv materiálu akustické vazby na výsledky měření ultrazvukovou metodou.

Cílem práce bylo vytvoření předpokladů pro zjišťování rychlosti šíření ultrazvukového impulsu na žárovzdorných tvarovkách dinasu a tvarovkách z křemenného skla.

Při sledování vlivu směru prozvučování na výsledky měření ultrazvukovou metodou se na tvarovkách z křemenného skla potvrdil předpoklad, že s kratší délkou měřící základny se zvyšuje rychlost šíření ultrazvukového impulsu. U tvarovek dinasu se tento předpoklad nepotvrdil. Nejvyšší rychlosti šíření ultrazvukového impulsu byly zjištěny při prozvučování po šířce tvarovky (to bylo u všech tvarovek stejné). Naopak nejnižší rychlosti šíření ultrazvukového impulsu byly zjištěny při prozvučování přes výšku vzorku, což pravděpodobně bude souviset s orientací jednotlivých zrn ve vnitřní struktuře zkoušených dinasových tvarovek. Dalším faktorem je postup při lisování tvarovek. Lisování se liší podle výšky tvarovky, kdy se zvyšující se výškou tvarovky nemusí docházet ke správnému zhutnění. Lisování bylo prováděno souběžně ze spodní a vrchní části tvarovky, při vyšší výšce mohou vznikat další tlaky např. od formy a potom nedochází ke správnému zhutnění tvarovky.

Ze zhodnocení vlivu vlastního kmitočtu sond, pro které byly použity sondy o vlastním kmitočtu 54–150–500 kHz, vyplynulo, že pro měřené tvarovky dinasu a tvarovky z křemenného skla je problematické využití sond o vlastním kmitočtu 500kHz, uváděného v normě ASTM 1419-14. Důvodem je útlum signálu, ke kterému dochází zejména při měření na delších měřících základnách a tudíž je ovlivněna

hodnověrnost výsledků měření. Z tohoto důvodu se pro měření tvarovek z uvedených materiálů doporučuje při měření použití sond s vlastním kmitočtem 54–154 kHz. Výsledky měření těmito sondami vykazují minimální rozdíly. Ve většině případů je rychlost šíření ultrazvukového impulsu při měření sondami s vlastní frekvencí 54 kHz o něco, avšak nevýznamně, vyšší.

Ze zhodnocení vlivu akustické vazby vyplynulo, že použití plastelíny, zejména u tvarovek z křemenného skla, ovlivňuje výsledky měření (rychlost ultrazvukového impulsu se snižuje). Doporučuje se použití vazelíny nebo materiálů podobné konzistence a vodivých vlastností.

Byla uvedena doporučení pro využití ultrazvukové impulsové metody pro hodnocení kvality žárovzdorných výrobků.

Předložená diplomová práce splnila stanovené cíle. V práci byly uvedeny poznatky o vlivu vybraných faktorů na výsledky měření ultrazvukovou impulsovou metodou při zkoušení žárovzdorných výrobků, v daném případě pro dinasové tvarovky a tvarovky z křemenného skla. Rovněž byla stanovena doporučení pro praktické využití práce.

## Seznam ilustrací

Obrázek 1: Způsoby prozvučování konstrukce [5] .....	20
Obrázek 2: Ukázka tvarovek dinasu a tvarovek na bázi křemenného skla. ....	34
Obrázek 3: Deklarované hodnoty pro dinasové tvarovky – v jakosti DSS. [27].....	40
Obrázek 4: Deklarované hodnoty pro tvarovky z křemenného skla – v jakosti KSI 99. [28] .....	41
Obrázek 5: Přímé prozvučování po délce tvarovky a schematicky znázorněné směry prozvučování tvarovky.....	44
Obrázek 6: Závislost rychlosti šíření ultrazvukového impulsu na směru prozvučování tvarovek dinasu. ....	61
Obrázek 7: Závislost rychlosti šíření ultrazvukového impulsu na směru prozvučování tvarovek z křemenného skla.....	61
Obrázek 8: Procentuální rozdíly mezi rychlostmi šíření ultrazvukového impulsu v různých směrech prozvučování.....	62
Obrázek 9: Závislost rychlosti šíření ultrazvukového impulsu na směru prozvučování při prozvučování sondami s vlastním kmitočtem 54 kHz, 150 kHz a 500 kHz u tvarovek dinasu. ....	65
Obrázek 10: Závislost rychlosti šíření ultrazvukového impulsu na směru prozvučování při prozvučování sondami s vlastním kmitočtem 54 kHz, 150 kHz a 500 kHz u tvarovek z křemenného skla.....	66
Obrázek 11: Trendy průběhu rychlostí šíření ultrazvukového impulsu pro různé směry prozvučování pro různé materiály akustické vazby – tvarovky dinas.....	69
Obrázek 12: Trendy průběhu rychlostí šíření ultrazvukového impulsu pro různé směry prozvučování pro různé materiály akustické vazby – tvarovky z křemenného skla. ....	70
Obrázek 13: Procentuální rozdíly mezi rychlostmi šíření ultrazvukového impulsu pro různé směry prozvučování pro různé materiály akustické vazby.....	70

## Seznam tabulek

Tabulka 1: Rychlosti šíření ultrazvukového impulsu ve vybraných materiálech a horninách.[10] .....	22
Tabulka 2: Vliv teploty na rychlost šíření ultrazvukového impulsu. [26] .....	24
Tabulka 3: Druhy žárovzdorných výrobků [1] .....	34
Tabulka 4: Označení zkušebních vzorků a vlastního kmitočtu použitých sond. ....	43
Tabulka 5: Rychlosti šíření ultrazvukového impulsu a jejich rozdíly pro sledování vlivu směru prozvučování – dinas - 230 x 114 x 76 mm. ....	50
Tabulka 6: Rychlosti šíření ultrazvukového impulsu a jejich rozdíly pro sledování vlivu směru prozvučování – dinas - 230 x 114 x 100 mm.....	50
Tabulka 7: Rychlosti šíření ultrazvukového impulsu a jejich rozdíly pro sledování vlivu směru prozvučování – dinas - 230 x 114 x 150 mm. ....	51
Tabulka 8: Rychlosti šíření ultrazvukového impulsu a jejich rozdíly pro sledování vlivu směru prozvučování – křemenné sklo - 230 x 114 x 64 mm. ....	51
Tabulka 9: Rychlosti šíření ultrazvukového impulsu a jejich rozdíly pro sledování vlivu směru prozvučování – křemenné sklo - 230 x 114 x 76 mm.....	52
Tabulka 10: Rychlosti šíření ultrazvukového impulsu a jejich rozdíly pro sledování vlivu vlastního kmitočtu sond – dinas 230 x 114 x 76 mm.....	53
Tabulka 11: Rychlosti šíření ultrazvukového impulsu a jejich rozdíly pro sledování vlivu vlastního kmitočtu sond – dinas 230 x 114 x 100 mm. ....	54
Tabulka 12: Rychlosti šíření ultrazvukového impulsu a jejich rozdíly pro sledování vlivu vlastního kmitočtu sond – dinas 230 x 114 x 150 mm. ....	55
Tabulka 13: Rychlosti šíření ultrazvukového impulsu a jejich rozdíly pro sledování vlivu vlastního kmitočtu sond – křemenné sklo 230 x 114 x 64 mm.....	56
Tabulka 14: Rychlosti šíření ultrazvukového impulsu a jejich rozdíly pro sledování vlivu vlastního kmitočtu sond – křemenné sklo 230 x 114 x 76 mm. ....	56
Tabulka 15: Rychlosti šíření ultrazvukového impulsu a jejich rozdíly pro sledování vlivu vlastního kmitočtu sond – křemenné sklo 230 x 114 x 76 mm. ....	57
Tabulka 16: Rychlosti šíření ultrazvukového impulsu a jejich rozdíly pro sledování vlivu materiálu akustické vazby – dinas. ....	58
Tabulka 17: Rychlosti šíření ultrazvukového impulsu a jejich rozdíly pro sledování vlivu materiálu akustické vazby – křemenné sklo.....	59

Tabulka 18: Průměrné rychlosti šíření ultrazvukového impulsu pro tři směry prozvučování a jejich rozdíly pro jednotlivé typy tvarovek. ....	60
Tabulka 19: Rychlosti šíření ultrazvukového impulsu při prozvučování sondami s vlastním kmitočtem 54 kHz, 150 kHz a 500 kHz a rozdíly pro jednotlivé typy tvarovek a hodnoty vlastního kmitočtu sond. ....	64
Tabulka 20: Průměrné rychlosti šíření ultrazvukového impulsu a jejich rozdíly pro použité materiály akustické vazby. ....	68
Tabulka 21: Základní rozměry a objemová hmotnost – dinasové tvarovky. ....	86
Tabulka 22: Základní rozměry a objemová hmotnost – tvarovky z křemenného skla. ....	87
Tabulka 23: Výsledky měření žárovzdorných tvarovek pro sledování vlivu směru prozvučování – dinasové tvarovky. ....	89
Tabulka 24: Výsledky měření žárovzdorných tvarovek pro sledování vlivu směru prozvučování – dinasové tvarovky. ....	91
Tabulka 25: Výsledky měření žárovzdorných tvarovek pro sledování vlivu směru prozvučování – dinasové tvarovky. ....	93
Tabulka 26: Výsledky měření žárovzdorných tvarovek pro sledování vlivu směru prozvučování – tvarovky z křemenného skla. ....	95
Tabulka 27: Výsledky měření žárovzdorných tvarovek pro sledování vlivu směru prozvučování – tvarovky z křemenného skla. ....	96
Tabulka 28: Výsledky měření žárovzdorných tvarovek pro sledování vlivu směru prozvučování – tvarovky z křemenného skla. ....	97
Tabulka 29: Výsledky měření pro sledování vlivu vlastního kmitočtu sond – dinasové tvarovky. ....	99
Tabulka 30: Výsledky měření pro sledování vlivu vlastního kmitočtu sond – dinasové tvarovky. ....	100
Tabulka 31: Výsledky měření pro sledování vlivu vlastního kmitočtu sond – dinasové tvarovky. ....	101
Tabulka 32: Výsledky měření pro sledování vlivu vlastního kmitočtu sond – dinasové tvarovky. ....	102
Tabulka 33: Výsledky měření pro sledování vlivu vlastního kmitočtu sond – dinasové tvarovky. ....	103

Tabulka 34: Výsledky měření pro sledování vlivu vlastního kmitočtu sond – dinasové tvarovky .....	104
Tabulka 35: Výsledky měření pro sledování vlivu vlastního kmitočtu sond – dinasové tvarovky .....	106
Tabulka 36: Výsledky měření pro sledování vlivu vlastního kmitočtu sond – dinasové tvarovky .....	107
Tabulka 37: Výsledky měření pro sledování vlivu vlastního kmitočtu sond – dinasové tvarovky .....	108
Tabulka 38: Výsledky měření pro sledování vlivu vlastního kmitočtu sond – tvarovky z křemenného skla.....	110
Tabulka 39: Výsledky měření pro sledování vlivu vlastního kmitočtu sond – tvarovky z křemenného skla.....	112
Tabulka 40: Výsledky měření pro sledování vlivu vlastního kmitočtu sond – tvarovky z křemenného skla.....	114
Tabulka 41: Výsledky měření pro sledování vlivu vlastního kmitočtu sond – tvarovky z křemenného skla.....	114
Tabulka 42: Výsledky měření pro sledování vlivu materiálu akustické vazby – dinasové tvarovky.....	117
Tabulka 43: Výsledky měření pro sledování vlivu materiálu akustické vazby – dinasové tvarovky.....	118
Tabulka 44: Výsledky měření pro sledování vlivu materiálu akustické vazby – dinasové tvarovky.....	119
Tabulka 45: Výsledky měření pro sledování vlivu materiálu akustické vazby – tvarovky z křemenného skla. ....	121
Tabulka 46: Výsledky měření pro sledování vlivu materiálu akustické vazby – tvarovky z křemenného skla. ....	122

## 6 Citace

- [1] BUDNIKOV, P. Technologie keramiky a žárovzdorného zboží, Praha 1960.
- [2] NEVŘIVOVÁ, L. Studium mikrostruktury žárovzdorných materiálů. Disertační práce. VUT v Brně 2005. 152s.
- [3] HLAVÁČ, J. Základy technologie silikátů, Vydavatelství SNTL Praha, 1981.
- [4] MARTINČEK, G. Nedeštruktivne dymacke metódy skúsaní stavebných materiálův a konštrukcií. Bratislava VSAV 1962.
- [5] HOBST, L.; ADÁMEK J.; CIKRLÉ P.; SCHMID P. Diagnostika stavebních konstrukcí: Přednášky. Akademické nakladatelství CERM.  
Dostupné z: [http://lences.cz/domains/lences.cz/skola/subory/Skripta/BI52-Diagnostika%20stavebnich%20konstrukci/diagnostika\\_stavebnich\\_konstrukc\\_-\\_diagnostika\\_stavebnich\\_konstrukci.pdf](http://lences.cz/domains/lences.cz/skola/subory/Skripta/BI52-Diagnostika%20stavebnich%20konstrukci/diagnostika_stavebnich_konstrukc_-_diagnostika_stavebnich_konstrukci.pdf) [citováno 8. 10. 2019]
- [6] OBRAZ, Jaroslav. Zkoušení materiálu ultrazvukem: celostátní vysokoškolská příručka pro skupinu studijních oborů Strojnictví a ostatní kovodělná výroba. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1989.
- [7] ČSN EN 12504-4 Zkoušení betonu – část 4: Stanovení rychlosti šíření ultrazvukového impulsu. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [8] ČSN 73 1371 Nedeštruktivní zkoušení betonu – Ultrazvuková impulsová metoda zkoušení betonu. Praha: Český normalizační institut, 2011.
- [9] GALAN, A. Kombinované ultrazvukové metody skúšania betónu: vysokoškolská príručka pre stavebné fakulty vysokých škôl. 1.vyd. Bratislava: VEDA, Vydavateľstvo Slovenskej akadémie vied , 1984.
- [10] PAVLÍK, A.; DOLEŽAL, J. Nedeštruktivní vyšetřování betonových konstrukcí. Praha: SNTL 1977.
- [11] Brozovsky, J., Matejka, O., Martinec, P. Concrete interlocking paving blocks compression strength determination using non-destructive methods. Conference Proceedings: Application of contemporary non-destructive testing in engineering (2005) 91–97
- [12] KONTA, J. Keramické a sklářské suroviny. Praha: Univerzita Karlova 1982.
- [13] ŠAŠEK, I. Laboratorní metody v oboru silikátů. Praha: SNTL 1981.

- [14] Velbates výroba žárovzdorných tvarových a netvarových výrobků. Dostupné z: <http://www.velbates.cz/index.php?p=6> [citováno 14. 11. 2019]
- [15] KOPEČ, B. Nedestruktivní zkoušení materiálů a konstrukcí (nauka o materiálu IV), CERN, Brno 2008.
- [16] Aliabdo, A. A. E., Elmoaty, A. E. M. A. Reliability of using nondestructive tests to estimate compressive strength of building stones and bricks, Alexandria Engineering Journal, 51/3 (2012) 193–203. Dostupné z: <https://www.journals.elsevier.com/alexandria-engineering-journal>. [citováno 16. 12. 2019].
- [17] GOST 24830-81 Concrete refractories. Ultrasonic method of quality control., Moskva: Vydavatelství norem SSSR, 1981.
- [18] GOST 24332-88 Silica bricks and stones. Ultrasonic method of compressive strength determination, Moskva: Vydavatelství norem SSSR, 1988.
- [19] BROŽOVSKÝ, J. Vliv vlhkosti a způsobu prozvučování cihel na výsledky jejich měření ultrazvukovou metodou. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/cihly-bloky-tvarnice/17750-vliv-vlhkosti-a-zpusobuprozvucovani-cihel-na-vysledky-jejich-mereni-ultrazvukovou-metodou>. [citováno 18. 12. 2019].
- [20] BROŽOVSKÝ, J; BROŽOVSKÁ ONDERKOVÁ, J. Zjišťování pevností cihel plných pálených v historických stavbách. Dostupné z: <http://zpp.npu.cz/clanek-6523> [citováno 12. 12. 2019].
- [21] ASTM C 1419-14 Standard test method for sonic velocity in refractory materials at room temperature. ASTM International, West Conshohocken, PA, 2009.
- [22] BROŽOVSKÝ, J. Stanovení pevnosti v tlaku různých druhů cihel z parametrů měření ultrazvukovou impulsovou metodou. Publikováno: CONSTRUMAT 2016 – Conference on Structural Materials.
- [23] TURGUT, P; KUCUK, O. F. Comparative Relationships of Direct, Indirect, and Semi-Direct Ultrasonic Pulse Velocity Measurements in Concrete. 2006.

- [24] Proceq application example - Location of cracks in refractory material. Dostupné z: [https://www.proceq.com/fileadmin/user\\_upload/Proceq\\_Application\\_70\\_Pundit\\_200\\_Crack\\_location\\_testing\\_on\\_refractory\\_material.pdf](https://www.proceq.com/fileadmin/user_upload/Proceq_Application_70_Pundit_200_Crack_location_testing_on_refractory_material.pdf) [citováno 15. 12. 2019].
- [25] Proceq PUNDIT PL-200 Ultrasonic pulse velocity. Dostupné z: [https://www.proceq.com/uploads/tx\\_proceqproductcms/import\\_data/files/Pundit%20PL-2\\_Sales%20Flyer\\_English\\_high.pdf](https://www.proceq.com/uploads/tx_proceqproductcms/import_data/files/Pundit%20PL-2_Sales%20Flyer_English_high.pdf). [citováno 13. 12. 2019]
- [26] ISO 1920-7 Testing of concrete. Geneva: ISO, 2004. International Standard.
- [27] Materiálový list. Dostupné z: <http://www.pd-refractories.cz/vyrobni-program/263-dss> [citováno 25. 12. 2019].
- [28] Materiálový list. Dostupné z: <http://www.pd-refractories.cz/vyrobni-program/209-ksi> 99 [citováno 25. 12. 2019].

# Přílohy

Příloha P1: Základní rozměry a objemová hmotnost žárovzdorných tvarovek (tabulka 21 a 22).

Tabulka 21: Základní rozměry a objemová hmotnost – dinasové tvarovky.

<i>Označení vzorku</i>	<i>m</i> <i>[g]</i>	<i>L</i>	<i>Š</i> <i>[mm]</i>	<i>H</i>	<i>B</i> <i>[kg/m<sup>3</sup>]</i>
<b><i>DINAS</i></b>		<b><i>230 x 114 x 76 mm</i></b>			
<i>D1</i>	3622,7	231,4	114,4	76,2	1796
<i>D2</i>	3584,6	230,5	114,3	76,1	1788
<i>D3</i>	3625,8	231,3	114,6	76,3	1793
<i>D4</i>	3653,5	231,3	114,6	76,6	1799
<i>D5</i>	3604,1	230,5	114,5	76,2	1792
<i>D6</i>	3568,6	230,4	114,3	76,0	1783
<i>D7</i>	3609,5	231,3	114,3	76,1	1794
<i>D8</i>	3611,8	230,5	114,2	76,4	1796
<i>D9</i>	3618,1	231,3	114,3	76,1	1798
<i>D10</i>	3590,2	230,5	114,1	76,3	1789
<i>D11</i>	3598,8	230,4	114,1	76,2	1797
<i>D12</i>	3604,7	230,4	114,2	76,3	1796
<i>D13</i>	3633,6	231,3	114,2	76,5	1798
<i>D14</i>	3621,4	231,3	114,5	76,4	1790
<i>D15</i>	3608,2	230,6	114,2	76,4	1793
<b><i>DINAS</i></b>		<b><i>230 x 114 x 100 mm</i></b>			
<i>D21</i>	4760,9	230,5	114,4	100,5	1796
<i>D22</i>	4715,5	230,5	114,4	100,2	1785
<i>D23</i>	4768,8	231,2	114,2	100,2	1803
<i>D24</i>	4789,3	231,3	114,2	100,5	1804
<i>D25</i>	4749,1	230,4	114,3	100,4	1796
<i>D26</i>	4730,5	230,4	114,3	100,3	1791
<i>D27</i>	4777,5	231,3	114,2	100,7	1796
<i>D28</i>	4710,8	230,4	114,2	100,1	1789
<i>D29</i>	4786,3	231,3	114,2	100,7	1799
<i>D30</i>	4755,3	230,5	114,5	100,4	1795
<i>D31</i>	4755,7	230,4	114,3	100,4	1799
<i>D32</i>	4762,9	230,4	114,2	100,6	1799
<i>D33</i>	4752,7	231,4	114,2	100,3	1793
<i>D34</i>	4774,1	231,4	114,5	100,5	1793
<i>D35</i>	4735,5	231,3	114,2	100,2	1789
<b><i>DINAS</i></b>		<b><i>230 x 114 x 150 mm</i></b>			
<i>D41</i>	7179	231,3	114,5	150,8	1798
<i>D42</i>	7104	230,2	114,2	150,5	1796
<i>D43</i>	7203	231,3	114,3	150,9	1806
<i>D44</i>	7083	230,3	114,3	150,4	1789
<i>D45</i>	7165	230,2	114,4	150,8	1804
<i>D46</i>	7221	231,1	114,4	150,8	1811
<i>D47</i>	7150	231,3	114,3	150,4	1798
<i>D48</i>	7089	230,1	114,1	150,5	1794
<i>D49</i>	7160	231,3	114,5	150,7	1794
<i>D50</i>	7147	230,3	114,2	150,7	1803
<i>D51</i>	7105	230,2	114,2	150,7	1793
<i>D52</i>	7217	230,1	114,3	150,8	1820
<i>D53</i>	7121	230,2	114,2	150,6	1798
<i>D54</i>	7162	230,2	114,4	150,9	1802
<i>D55</i>	7154	231,1	114,4	150,7	1795

Tabulka 21: Pokračování

Označení vzorku	<i>m</i>	<i>L</i>	<i>Š</i>	<i>H</i>	<i>B</i>
	[g]		[mm]		[kg/m <sup>3</sup> ]
<b>DINAS</b>			<b>230 x 114 x 76 mm</b>		
<i>D101</i>	3613,7	230,6	114,6	76,3	1792
<i>D102</i>	3617,5	231,4	114,4	76,2	1793
<i>D103</i>	3610,0	230,5	114,1	76,5	1794
<i>D104</i>	3594,3	231,4	114,2	76,2	1785
<i>D105</i>	3600,0	231,4	114,4	76,0	1789
<b>DINAS</b>			<b>230 x 114 x 100 mm</b>		
<i>D106</i>	4773,2	230,5	114,5	100,6	1798
<i>D107</i>	4755,9	230,4	114,3	100,5	1797
<i>D108</i>	4798,9	231,4	114,5	100,8	1797
<i>D109</i>	4771,4	230,5	114,5	100,6	1797
<i>D110</i>	4775,7	231,4	114,4	100,4	1797
<b>DINAS</b>			<b>230 x 114 x 150 mm</b>		
<i>D121</i>	7102	230,4	114,6	150,6	1786
<i>D122</i>	7162	231,1	114,3	150,8	1798
<i>D123</i>	7121	231,2	114,5	150,7	1785
<i>D124</i>	7167	231,4	114,4	150,9	1794
<i>D125</i>	7163	231,2	114,5	150,8	1794

Tabulka 22: Základní rozměry a objemová hmotnost – tvarovky z křemenného skla.

Označení vzorku	<i>m</i>	<i>L</i>	<i>Š</i>	<i>H</i>	<i>B</i>
	[g]		[mm]		[kg/m <sup>3</sup> ]
<b>KŘEMENNÉ SKLO</b>			<b>230 x 114 x 64 mm</b>		
<i>V81</i>	2897,4	230,0	114,2	63,2	1745
<i>V82</i>	2906,4	229,8	114,6	63,2	1746
<i>V83</i>	2897,2	229,8	114,3	63,4	1740
<i>V84</i>	2896,2	230,0	114,4	63,3	1739
<i>V85</i>	2895,4	230,1	114,4	63,4	1735
<i>V86</i>	2896,9	229,7	114,1	63,1	1752
<i>V87</i>	2891,8	229,9	114,0	63,5	1738
<i>V88</i>	2895,7	229,9	114,1	63,2	1747
<i>V89</i>	2893,0	230,4	114,5	63,2	1735
<i>V90</i>	2892,5	230,0	114,3	63,2	1741
<i>V91</i>	2892,2	229,7	114,1	63,2	1746
<i>V92</i>	2897,7	229,9	114,3	62,9	1753
<i>V93</i>	2895,8	229,8	114,0	63,4	1743
<i>V94</i>	2892,6	230,0	114,5	63,1	1741
<i>V95</i>	2893,0	229,9	114,0	63,2	1747
<b>KŘEMENNÉ SKLO</b>			<b>230 x 114 x 76 mm</b>		
<i>V61</i>	3411,7	229,5	114,2	75,1	1733
<i>V62</i>	3416,0	230	114,4	75,6	1717
<i>V63</i>	3408,6	229,5	114,2	74,9	1736
<i>V64</i>	3430,4	229,7	114,4	75,1	1738
<i>V65</i>	3416,4	229,7	114,1	75,4	1729
<i>V66</i>	3418,7	229,4	114,0	75,2	1738
<i>V67</i>	3426,2	229,6	114,1	75,2	1739
<i>V68</i>	3438,8	229,8	114,4	75,3	1737
<i>V69</i>	3440,6	229,5	114,1	75,3	1745
<i>V70</i>	3439,5	229,6	114,0	75,2	1747
<i>V71</i>	3442,6	229,9	114,1	75,8	1731
<i>V72</i>	3423,8	230,0	114,4	75,3	1728

Tabulka 22: Pokračování

<i>V73</i>	3412,4	229,6	114,0	75,0	1738
<i>V74</i>	3437,8	229,6	114,2	75,3	1741
<i>V75</i>	3413,9	229,6	114,1	74,7	1745
<b>KŘEMENNÉ SKLO</b>			<b>230 x 114 x 76 mm</b>		
<i>V141</i>	3424,5	223,5	114,5	75,3	1777
<i>V142</i>	3432,8	229,9	114,5	75,1	1737
<i>V143</i>	3417,8	229,9	114,5	75,0	1731
<i>V144</i>	3404,2	229,9	114,3	75,2	1723
<i>V145</i>	3434,3	230,2	114,7	75,5	1722
<i>V146</i>	3424,3	230,3	114,8	75,3	1720
<i>V147</i>	3451,5	229,9	114,7	75,7	1729
<i>V148</i>	3415,5	229,9	114,2	75,1	1732
<b>KŘEMENNÉ SKLO</b>			<b>230 x 114 x 76 mm</b>		
<i>N1</i>	3443,7	230,0	114,4	75,1	1743
<i>N2</i>	3454,3	229,3	114,0	75,1	1760
<i>N3</i>	3441,5	229,3	114,6	75,1	1744
<i>N4</i>	3443,9	229,6	114,3	74,8	1754
<i>H1</i>	3475,1	229,3	113,9	74,8	1779
<i>H2</i>	3487,4	229,7	114,3	75,0	1771
<i>H3</i>	3490,1	230,0	114,2	75,2	1767
<i>H4</i>	3487,2	229,4	114,1	74,8	1781

Příloha P2: Výsledky měření žárovzdušných tvarovek pro sledování vlivu směru prozvučování (tabulka 23 až 28)

Tabulka 23: Výsledky měření žárovzdušných tvarovek pro sledování vlivu směru prozvučování – dinasové tvarovky.

Vzorek:				Dinas: 230 x 114 x 76 mm					
Prozvučování po délce vzorku				$f_p$ : 54 kHz			Akustická vazba: vazelná		
Ozn. vzorku	$L_1$	$L_2$	$L_3$	$T_1$	$T_2$	$T_3$	$V_1$	$V_2$	$V_3$
	[mm]			[μs]			[km/s]		
D1	231,4	231,4	231,4	112,8	112,2	111,3	2,051	2,062	2,079
D2	230,5	230,5	230,5	111,8	112,8	112,0	2,062	2,043	2,058
D3	231,3	231,3	231,3	107,8	110,9	111,0	2,146	2,086	2,084
D4	231,3	231,3	231,3	109,3	109,5	109,5	2,116	2,112	2,112
D5	230,5	230,5	230,5	108,1	107,8	107,8	2,132	2,138	2,138
D6	230,4	230,4	230,4	111,6	112,7	111,8	2,065	2,044	2,061
D7	231,4	231,3	231,3	113,5	112,7	109,6	2,039	2,052	2,110
D8	230,5	230,5	230,5	110,1	109,5	108,5	2,094	2,105	2,124
D9	231,3	231,3	231,3	109,3	108,9	108,6	2,116	2,124	2,130
D10	230,5	230,5	230,5	110,8	110,0	109,7	2,080	2,095	2,101
D11	230,4	230,4	230,4	108,0	110,4	109,8	2,133	2,087	2,098
D12	230,4	230,4	230,4	109,8	108,9	108,4	2,098	2,116	2,125
D13	231,3	231,3	231,3	110,0	110,7	109,5	2,103	2,089	2,112
D14	231,3	231,3	231,3	109,6	109,0	109,5	2,110	2,122	2,112
D15	230,6	230,6	230,6	108,3	108,1	107,2	2,129	2,133	2,151
Vzorek:				Dinas: 230 x 114 x 100 mm					
Prozvučování po délce vzorku				$f_p$ : 54 kHz			Akustická vazba: vazelná		
Ozn. vzorku	$L_1$	$L_2$	$L_3$	$T_1$	$T_2$	$T_3$	$V_1$	$V_2$	$V_3$
	[mm]			[μs]			[km/s]		
D21	230,4	230,5	230,5	112,1	113,0	111,7	2,055	2,040	2,064
D22	230,4	230,5	230,5	110,2	112,3	112,2	2,091	2,053	2,054
D23	231,2	231,2	231,2	108,0	109,7	108,4	2,141	2,108	2,133
D24	231,3	231,3	231,3	107,7	108,9	108,7	2,148	2,124	2,128
D25	230,4	230,4	230,4	109,5	111,0	111,6	2,104	2,076	2,065
D26	230,4	230,4	230,4	110,3	111,0	110,5	2,089	2,076	2,085
D27	231,3	231,3	231,3	108,7	109,5	109,1	2,128	2,112	2,120
D28	230,4	230,4	230,5	108,8	110,3	110,3	2,118	2,089	2,090
D29	231,3	231,3	231,3	110,3	110,1	109,4	2,097	2,101	2,114
D30	230,4	230,5	230,5	108,5	109,5	110,0	2,124	2,105	2,095
D31	230,4	230,3	230,4	109,1	108,0	108,4	2,112	2,132	2,125
D32	230,4	230,4	230,5	107,4	108,5	109,3	2,145	2,124	2,109
D33	231,4	231,4	231,4	110,6	111,5	111,6	2,092	2,075	2,073
D34	231,4	231,4	231,4	109,3	111,3	110,1	2,117	2,079	2,102
D35	231,3	231,3	231,4	113,7	111,9	112,6	2,034	2,067	2,055
Vzorek:				Dinas: 230 x 114 x 150 mm					
Prozvučování po délce vzorku				$f_p$ : 54 kHz			Akustická vazba: vazelná		
Ozn. vzorku	$L_1$	$L_2$	$L_3$	$T_1$	$T_2$	$T_3$	$V_1$	$V_2$	$V_3$
	[mm]			[μs]			[km/s]		
D41	231,3	231,3	231,3	115,5	115,4	115,4	2,003	2,004	2,004
D42	230,3	230,2	230,2	115,9	116,2	114,7	1,987	1,981	2,007
D43	231,3	231,3	231,3	110,3	109,1	106,6	2,097	2,120	2,170
D44	230,3	230,3	230,3	115,1	115,6	111,8	2,001	1,992	2,060
D45	230,2	230,2	230,1	111,2	110,5	109,4	2,070	2,083	2,103
D46	231,1	231,1	231,2	108,7	111,6	109,9	2,126	2,071	2,104
D47	231,3	231,3	231,3	109,9	110,0	110,7	2,105	2,103	2,089
D48	230,0	230,1	230,1	112,2	110,7	109,0	2,050	2,079	2,111
D49	231,3	231,3	231,3	113,0	114,7	113,9	2,047	2,017	2,031

Tabulka 23: Pokračování

<b><i>D50</i></b>	230,4	230,2	230,2	112,5	111,7	112,6	2,048	2,061	2,044
<b><i>D51</i></b>	230,3	230,2	230,2	109,8	109,1	108,2	2,097	2,110	2,128
<b><i>D52</i></b>	230,1	230,1	230,1	109,8	110,4	109,2	2,096	2,084	2,107
<b><i>D53</i></b>	230,3	230,2	230,2	114,7	113,4	112	2,008	2,030	2,055
<b><i>D54</i></b>	230,2	230,2	230,2	110,2	111,7	111,4	2,089	2,061	2,066
<b><i>D55</i></b>	231,2	231,1	231,1	116,2	115,8	115,4	1,990	1,996	2,003

Tabulka 24: Výsledky měření žárovzdorných tvarovek pro sledování vlivu směru prozvučování – dinasové tvarovky.

Vzorek:						DINAS: 230 x 114 x 76 mm									
Ozn. vzorku	Prozvučování po šifce					$f_{\nu}$ -54 kHz					Akustická vazba: vazelná				
	$\check{S}_1$	$\check{S}_2$	$\check{S}_3$	$\check{S}_4$	$\check{S}_5$	$T_1$	$T_2$	$T_3$	$T_4$	$T_5$	$V_1$	$V_2$	$V_3$	$V_4$	$V_5$
	[mm]					[μs]					[km/s]				
<i>D1</i>	114,4	114,4	114,4	114,4	114,4	53,2	53,7	54,8	54,3	53,8	2,150	2,130	2,088	2,107	2,126
<i>D2</i>	114,3	114,3	114,3	114,3	114,3	53,4	53,7	53,9	54,6	55,1	2,140	2,128	2,121	2,093	2,074
<i>D3</i>	114,5	114,6	114,6	114,6	114,6	53,6	54,7	54,4	54,4	53,7	2,136	2,095	2,107	2,107	2,134
<i>D4</i>	114,5	114,6	114,6	114,6	114,6	53,8	54,0	53,6	53,9	53,5	2,128	2,122	2,138	2,126	2,142
<i>D5</i>	114,5	114,5	114,5	114,5	114,5	53,8	53,0	52,6	52,3	53,3	2,128	2,160	2,177	2,189	2,148
<i>D6</i>	114,4	114,3	114,3	114,2	114,2	54,7	54,5	54,6	54,4	54,5	2,091	2,097	2,093	2,099	2,095
<i>D7</i>	114,2	114,3	114,3	114,3	114,3	53,9	54,8	54,3	54,3	54,3	2,119	2,086	2,105	2,105	2,105
<i>D8</i>	114,3	114,3	114,2	114,2	114,2	53,4	53,5	53,6	53,1	53,6	2,140	2,136	2,131	2,151	2,131
<i>D9</i>	114,3	114,3	114,3	114,3	114,2	51,9	53,2	52,9	53,1	53,3	2,202	2,148	2,161	2,153	2,143
<i>D10</i>	114,2	114,2	114,1	114,1	114,1	53,4	53,8	53,4	54,0	53,6	2,139	2,123	2,137	2,113	2,129
<i>D11</i>	114,2	114,2	114,1	114,1	114,1	54,0	53,2	52,7	52,7	53,1	2,115	2,147	2,165	2,165	2,149
<i>D12</i>	114,2	114,2	114,2	114,3	114,3	53,6	53,1	52,5	53,4	53,3	2,131	2,151	2,175	2,140	2,144
<i>D13</i>	114,1	114,2	114,3	114,3	114,3	53,4	53,2	54,5	52,6	53,7	2,137	2,147	2,097	2,173	2,128
<i>D14</i>	114,6	114,6	114,5	114,4	114,4	53,7	53,9	53,8	54,1	53,1	2,134	2,126	2,128	2,115	2,154
<i>D15</i>	114,3	114,2	114,2	114,2	114,2	53,5	53,4	52,3	53,3	52,7	2,136	2,139	2,184	2,143	2,167
Vzorek:						DINAS: 230 x 114 x 100 mm									
Ozn. vzorku	Prozvučování po šifce					$f_{\nu}$ -54 kHz					Akustická vazba: vazelná				
	$\check{S}_1$	$\check{S}_2$	$\check{S}_3$	$\check{S}_4$	$\check{S}_5$	$T_1$	$T_2$	$T_3$	$T_4$	$T_5$	$V_1$	$V_2$	$V_3$	$V_4$	$V_5$
	[mm]					[μs]					[km/s]				
<i>D21</i>	114,4	114,4	114,4	114,4	114,4	54,4	54,9	54,0	53,6	53,4	2,103	2,084	2,119	2,134	2,142
<i>D22</i>	114,3	114,4	114,4	114,4	114,4	53,6	54,3	54,7	55,1	54,7	2,132	2,107	2,091	2,076	2,091
<i>D23</i>	114,2	114,2	114,2	114,3	114,3	52,7	53,7	53,2	53,4	52,9	2,167	2,127	2,147	2,140	2,161
<i>D24</i>	114,2	114,2	114,2	114,2	114,2	51,3	51,8	52,8	53,0	53,1	2,226	2,205	2,163	2,155	2,151
<i>D25</i>	114,2	114,2	114,3	114,3	114,3	52,9	53,5	53,7	54,3	54,2	2,159	2,135	2,128	2,105	2,109
<i>D26</i>	114,4	114,3	114,3	114,3	114,3	52,8	52,8	53,4	54,7	55,4	2,167	2,165	2,140	2,090	2,063
<i>D27</i>	114,1	114,2	114,2	114,2	114,1	52,5	53,4	53,3	53,6	53,5	2,173	2,139	2,143	2,131	2,133
<i>D28</i>	114,4	114,3	114,2	114,2	114,1	53,3	53,3	53,5	54,6	54,4	2,146	2,144	2,135	2,092	2,097
<i>D29</i>	114,2	114,3	114,3	114,2	114,2	53,6	54,4	54,0	53,0	52,7	2,131	2,101	2,117	2,155	2,167
<i>D30</i>	114,5	114,5	114,5	114,5	114,5	53,4	53,4	53,5	54,1	53,6	2,144	2,144	2,140	2,116	2,136

Tabulka 24: Pokračování

<i>D31</i>	114,4	114,4	114,3	114,3	114,2	52,0	52,2	51,9	53,5	53,1	2,200	2,192	2,202	2,136	2,151
<i>D32</i>	114,2	114,2	114,3	114,3	114,2	51,6	51,8	52,5	52,7	53,0	2,213	2,205	2,177	2,169	2,155
<i>D33</i>	114,2	114,2	114,2	114,2	114,1	53,3	54,4	54,2	53,9	52,9	2,143	2,099	2,107	2,119	2,157
<i>D34</i>	114,4	114,4	114,5	114,5	114,5	53,4	54,2	54,2	54,3	54,1	2,142	2,111	2,113	2,109	2,116
<i>D35</i>	114,2	114,2	114,3	114,2	114,2	54,0	54,6	55,3	55,0	54,2	2,115	2,092	2,067	2,076	2,107
Vzorek:					DINAS: 230 x 114 x 150 mm										
Prozvučování po šířce							$f_i$ : 54 kHz				Akustická vazba: vazelína				
Ozn. vzorku	$\check{S}_1$	$\check{S}_2$	$\check{S}_3$	$\check{S}_4$	$\check{S}_5$	$T_1$	$T_2$	$T_3$	$T_4$	$T_5$	$V_1$	$V_2$	$V_3$	$V_4$	$V_5$
	[mm]					[μs]					[km/s]				
<i>D41</i>	114,6	114,6	114,6	114,5	114,4	55,5	56,3	55,3	55,0	53,6	2,065	2,036	2,072	2,082	2,134
<i>D42</i>	114,0	114,1	114,2	114,3	114,3	53,3	53,1	55,1	56,0	56,8	2,139	2,149	2,073	2,041	2,012
<i>D43</i>	114,3	114,3	114,3	114,3	114,3	52,6	52,4	52,3	51,8	51,2	2,173	2,181	2,185	2,207	2,232
<i>D44</i>	114,1	114,2	114,3	114,4	114,4	55,9	56,5	55,9	54,4	54,3	2,041	2,021	2,045	2,103	2,107
<i>D45</i>	114,4	114,4	114,4	114,4	114,4	54,8	54,8	53,9	53,3	53,0	2,088	2,088	2,122	2,146	2,158
<i>D46</i>	114,4	114,4	114,4	114,4	114,4	51,7	52,5	53,9	54,0	53,2	2,213	2,179	2,122	2,119	2,150
<i>D47</i>	114,3	114,3	114,3	114,3	114,3	53,5	53,0	53,7	52,3	51,7	2,136	2,157	2,128	2,185	2,211
<i>D48</i>	114,0	114,1	114,1	114,1	114,1	53,9	53,7	52,5	54,7	55,8	2,115	2,125	2,173	2,086	2,045
<i>D49</i>	114,4	114,5	114,5	114,6	114,6	52,0	54,3	55,6	55,8	55,3	2,200	2,109	2,059	2,054	2,072
<i>D50</i>	114,3	114,2	114,2	114,2	114,1	55,1	55,0	54,0	53,1	53,1	2,074	2,076	2,115	2,151	2,149
<i>D51</i>	114,2	114,2	114,2	114,2	114,2	55,4	55,5	53,8	52,9	52,5	2,061	2,058	2,123	2,159	2,175
<i>D52</i>	114,2	114,2	114,3	114,3	114,3	53,5	53,7	53,8	52,9	51,7	2,135	2,127	2,125	2,161	2,211
<i>D53</i>	114,2	114,2	114,2	114,2	114,2	55,8	55,3	54,1	53,7	54,5	2,047	2,065	2,111	2,127	2,095
<i>D54</i>	114,4	114,4	114,4	114,4	114,4	55,8	55,1	54,2	53,5	53,8	2,050	2,076	2,111	2,138	2,126
<i>D55</i>	114,4	114,4	114,4	114,4	114,4	55,3	55,9	56,8	55,9	55,2	2,069	2,047	2,014	2,047	2,072

Tabulka 25: Výsledky měření žárovzdorných tvarovek pro sledování vlivu směru prozvučování – dinasové tvarovky.

Vzorek:						DINAS: 230 x 114 x 76 mm									
Ozn. vzorku	Prozvučování po výšce					$f_{\nu}$ : 54 kHz					Akustická vazba: vazelná				
	$H_1$	$H_2$	$H_3$	$H_4$	$H_5$	$T_1$	$T_2$	$T_3$	$T_4$	$T_5$	$V_1$	$V_2$	$V_3$	$V_4$	$V_5$
	[mm]					[μs]					[km/s]				
<i>D1</i>	76,2	76,2	76,2	76,2	76,2	37,9	38,4	38,5	38,1	37,8	2,011	1,984	1,979	2,000	2,016
<i>D2</i>	76,1	76,1	76,1	76,1	76,1	37,7	37,2	39,2	38,2	38,2	2,019	2,046	1,941	1,992	1,992
<i>D3</i>	76,3	76,3	76,3	76,3	76,3	38,2	38,9	38,3	39,0	38,0	1,997	1,961	1,992	1,956	2,008
<i>D4</i>	76,6	76,6	76,6	76,6	76,6	37,6	38,3	38,2	38,1	37,9	2,037	2,000	2,005	2,010	2,021
<i>D5</i>	76,1	76,2	76,3	76,3	76,3	37,9	38,0	37,3	36,8	37,7	2,008	2,005	2,046	2,073	2,024
<i>D6</i>	76,1	76,1	76,0	75,9	75,8	39,0	38,3	38,4	38,6	38,3	1,951	1,987	1,979	1,966	1,979
<i>D7</i>	76,1	76,1	76,1	76,1	76,1	38,3	38,8	38,9	38,7	38,4	1,987	1,961	1,956	1,966	1,982
<i>D8</i>	76,5	76,5	76,5	76,3	76,2	37,8	37,5	38,3	38,1	37,9	2,024	2,040	1,997	2,003	2,011
<i>D9</i>	76,1	76,1	76,2	76,1	76,1	36,8	37,6	37,5	37,5	37,9	2,068	2,024	2,032	2,029	2,008
<i>D10</i>	76,4	76,4	76,3	76,2	76,0	37,7	37,9	38,1	38,6	38,3	2,027	2,016	2,003	1,974	1,984
<i>D11</i>	76,0	76,1	76,2	76,2	76,3	37,4	37,2	37,5	37,0	37,3	2,032	2,046	2,032	2,059	2,046
<i>D12</i>	76,1	76,3	76,4	76,4	76,5	37,9	37,3	37,7	37,7	37,8	2,008	2,046	2,027	2,027	2,024
<i>D13</i>	76,4	76,5	76,5	76,5	76,4	37,5	38,1	38,7	38,8	37,9	2,037	2,008	1,977	1,972	2,016
<i>D14</i>	76,3	76,4	76,4	76,4	76,4	38,1	38,0	38,1	38,4	38,0	2,003	2,011	2,005	1,990	2,011
<i>D15</i>	76,2	76,3	76,4	76,5	76,5	37,7	37,8	37,7	37,8	37,4	2,021	2,019	2,027	2,024	2,045
Vzorek:						DINAS: 230 x 114 x 100 mm									
Ozn. vzorku	Prozvučování po výšce					$f_{\nu}$ : 54 kHz					Akustická vazba: vazelná				
	$H_1$	$H_2$	$H_3$	$H_4$	$H_5$	$T_1$	$T_2$	$T_3$	$T_4$	$T_5$	$V_1$	$V_2$	$V_3$	$V_4$	$V_5$
	[mm]					[μs]					[km/s]				
<i>D21</i>	100,5	100,5	100,5	100,4	100,4	52,1	51,4	51,3	51,0	49,7	1,929	1,955	1,959	1,969	2,020
<i>D22</i>	100,0	100,1	100,2	100,3	100,2	50,8	50,6	51,1	50,5	51,0	1,969	1,978	1,961	1,986	1,965
<i>D23</i>	100,1	100,2	100,2	100,2	100,2	49,7	48,9	48,9	49,5	49,1	2,014	2,049	2,049	2,024	2,041
<i>D24</i>	100,4	100,5	100,5	100,5	100,5	49,4	49,8	49,9	50,3	49,8	2,032	2,018	2,014	1,998	2,018
<i>D25</i>	100,3	100,3	100,4	100,4	100,5	50,6	50,9	50,8	50,2	50,7	1,982	1,971	1,976	2,000	1,982
<i>D26</i>	100,2	100,3	100,3	100,3	100,3	49,3	50,0	49,9	49,7	51,0	2,032	2,006	2,010	2,018	1,967
<i>D27</i>	100,6	100,7	100,7	100,7	100,6	50,4	50,4	50,2	50,5	50,5	1,996	1,998	2,006	1,994	1,992
<i>D28</i>	100,0	100,1	100,1	100,1	100,1	49,7	49,8	49,3	50,7	50,0	2,012	2,010	2,030	1,974	2,002
<i>D29</i>	100,7	100,7	100,7	100,7	100,6	49,7	51,0	50,2	49,9	49,0	2,026	1,975	2,006	2,018	2,053
<i>D30</i>	100,2	100,3	100,4	100,5	100,5	49,8	50,4	50,3	50,3	50,3	2,012	1,990	1,996	1,998	1,998

Tabulka 25: Pokračování

<i>D31</i>	100,3	100,4	100,4	100,5	100,5	49,4	48,9	49,0	49,8	50,7	2,030	2,053	2,049	2,018	1,982
<i>D32</i>	100,5	100,5	100,6	100,6	100,6	49,0	50,0	49,7	49,8	49,5	2,051	2,010	2,024	2,020	2,032
<i>D33</i>	100,3	100,3	100,4	100,3	100,4	50,1	50,6	51,5	50,8	49,7	2,002	1,982	1,950	1,974	2,020
<i>D34</i>	100,4	100,5	100,5	100,5	100,4	49,2	50,4	49,7	49,9	49,7	2,041	1,994	2,022	2,014	2,020
<i>D35</i>	100,2	100,2	100,2	100,3	100,1	50,4	50,8	51,4	51,1	50,1	1,988	1,972	1,949	1,963	1,998
Vzorek:					DINAS: 230 x 114 x 150 mm										
Prozvučování po výšce							$f_i$ : 54 kHz				Akustická vazba: vazelína				
Ozn. vzorku	$H_1$	$H_2$	$H_3$	$H_4$	$H_5$	$T_1$	$T_2$	$T_3$	$T_4$	$T_5$	$V_1$	$V_2$	$V_3$	$V_4$	$V_5$
	[mm]					[μs]					[km/s]				
<i>D41</i>	150,8	150,8	150,8	150,8	150,8	80,2	80,2	79,2	78,5	76,5	1,880	1,880	1,904	1,921	1,971
<i>D42</i>	150,4	150,5	150,5	150,6	150,6	75,5	75,7	78,5	80,0	80,6	1,992	1,988	1,917	1,883	1,868
<i>D43</i>	150,8	150,9	151,0	150,9	150,9	74,8	75,7	74,8	73,6	73,2	2,016	1,993	2,019	2,050	2,061
<i>D44</i>	150,5	150,4	150,4	150,3	150,2	79,8	79,0	78,2	78,9	76,4	1,886	1,904	1,923	1,905	1,966
<i>D45</i>	151,0	150,9	150,8	150,8	150,7	79,0	77,5	76,5	76,2	75,6	1,911	1,947	1,971	1,979	1,993
<i>D46</i>	150,8	150,8	150,9	150,8	150,8	75,1	74,8	76,3	76,9	76,6	2,008	2,016	1,978	1,961	1,969
<i>D47</i>	150,3	150,4	150,4	150,4	150,3	75,2	75,1	75,6	74,7	74,1	1,999	2,003	1,989	2,013	2,028
<i>D48</i>	150,4	150,4	150,5	150,5	150,6	75,7	75,3	76,7	76,7	77,4	1,987	1,997	1,962	1,962	1,946
<i>D49</i>	150,6	150,7	150,7	150,7	150,7	79,8	76,9	78,9	79,9	78,3	1,887	1,960	1,910	1,886	1,925
<i>D50</i>	150,9	150,8	150,7	150,7	150,6	78,7	79,5	78,3	78,8	76,0	1,917	1,897	1,925	1,912	1,982
<i>D51</i>	150,8	150,8	150,7	150,7	150,5	78,1	75,8	75,6	74,6	73,3	1,931	1,989	1,993	2,020	2,053
<i>D52</i>	150,7	150,8	150,8	150,8	150,7	75,9	76,1	76,1	75,1	73,3	1,986	1,982	1,982	2,008	2,056
<i>D53</i>	150,8	150,6	150,6	150,5	150,5	78,4	78,0	76,9	76,1	76,0	1,923	1,931	1,958	1,978	1,980
<i>D54</i>	151,0	151,0	150,9	150,9	150,8	79,3	78,9	77,7	76,6	76,0	1,904	1,914	1,942	1,970	1,984
<i>D55</i>	150,6	150,7	150,7	150,7	150,6	80,6	79,5	78,7	79,2	77,4	1,868	1,896	1,915	1,903	1,946

Tabulka 26: Výsledky měření žárovzdorných tvarovek pro sledování vlivu směru prozvučování – tvarovky z křemenného skla.

Vzorek:				KŘEMENNÉ SKLO: 230 x 114 x 64 mm					
Prozvučování po délce vzorku				$f_p$ : 54 kHz			Akustická vazba: vazelná		
Ozn. vzorku	$L_1$	$L_2$	$L_3$	$T_1$	$T_2$	$T_3$	$V_1$	$V_2$	$V_3$
	[mm]			[μs]			[km/s]		
V81	230,0	229,9	230,0	64,1	65,0	63,5	3,588	3,537	3,622
V82	229,8	229,8	229,9	64,5	62,6	62,3	3,563	3,671	3,690
V83	229,7	229,7	229,9	63,6	65,2	66,1	3,612	3,523	3,478
V84	230,0	230,0	230,0	64,3	65,5	65,4	3,577	3,511	3,517
V85	230,1	230,1	230,1	64,0	66,2	65,3	3,595	3,476	3,524
V86	229,6	229,7	229,8	64,1	63,8	62,5	3,582	3,600	3,677
V87	229,9	229,8	229,9	64,2	65,4	65,2	3,581	3,514	3,526
V88	230,0	229,9	229,9	63,3	64,2	63,0	3,633	3,581	3,649
V89	230,5	230,4	230,4	63,2	64,8	65,2	3,647	3,556	3,534
V90	230,0	230,0	230,0	61,9	64,4	63,4	3,716	3,571	3,628
V91	229,7	229,7	229,7	64,7	66,1	67,2	3,550	3,475	3,418
V92	230,0	229,9	229,9	66,2	66,0	64,8	3,474	3,483	3,548
V93	229,9	229,8	229,8	64,0	64,6	63,5	3,592	3,557	3,619
V94	230,0	230,0	230,0	65,5	66,1	66,1	3,511	3,48	3,48
V95	229,8	229,8	230,0	65,0	65,7	64,8	3,535	3,498	3,549
Vzorek:				KŘEMENNÉ SKLO: 230 x 114 x 76 mm					
Prozvučování po délce vzorku				$f_p$ : 54 kHz			Akustická vazba: vazelná		
Ozn. vzorku	$L_1$	$L_2$	$L_3$	$T_1$	$T_2$	$T_3$	$V_1$	$V_2$	$V_3$
	[mm]			[μs]			[km/s]		
V61	229,4	229,4	229,6	64,0	63,9	63,0	3,584	3,590	3,644
V62	230,0	230,0	230,1	64,3	66,5	65,4	3,577	3,459	3,518
V63	229,4	229,5	229,6	62,6	62,2	62,8	3,665	3,690	3,656
V64	229,6	229,6	229,8	61,5	62,6	63,1	3,733	3,668	3,642
V65	229,6	229,7	229,8	64,5	64,0	63,7	3,560	3,589	3,608
V66	229,3	229,4	229,5	62,9	62,1	62,2	3,645	3,694	3,690
V67	229,7	229,5	229,7	62,6	62,7	63,7	3,669	3,660	3,606
V68	229,8	229,8	229,8	61,8	63,2	64,0	3,718	3,636	3,591
V69	229,5	229,5	229,6	61,9	62,1	62,2	3,708	3,696	3,691
V70	229,5	229,6	229,6	61,4	61,8	62,0	3,738	3,715	3,703
V71	229,9	229,9	229,8	66,1	66,3	66,3	3,478	3,468	3,466
V72	230,0	230,0	230,0	65,5	64,7	64,7	3,511	3,555	3,555
V73	229,6	229,5	229,8	65,0	64,7	64,2	3,532	3,547	3,579
V74	229,6	229,5	229,8	63,2	64,5	64,8	3,633	3,558	3,546
V75	229,6	229,4	229,8	63,4	62,5	62,8	3,621	3,67	3,659
N1	230,0	230,0	230,0	64,9	65,4	66,4	3,544	3,517	3,464
N2	229,4	229,1	229,4	61,9	62,2	62,9	3,706	3,683	3,647
N3	229,4	229,2	229,4	65,4	64,5	63,8	3,508	3,553	3,596
N4	229,6	229,6	229,6	62,8	63,3	64,0	3,656	3,627	3,588
H1	229,3	229,2	229,3	64,7	65,2	63,5	3,544	3,515	3,611
H2	229,7	229,6	229,7	64,9	65,3	62,3	3,539	3,516	3,687
H3	229,8	229,9	230,2	67,1	68,5	69,0	3,425	3,356	3,336
H4	229,4	229,4	229,5	66,6	69,2	70,2	3,444	3,315	3,269

Tabulka 27: Výsledky měření žárovzdorných tvarovek pro sledování vlivu směru prozvučování – tvarovky z křemenného skla.

Vzorek:						KŘEMENNÉ SKLO: 230 x 114 x 64 mm									
Prozvučování po šifce						$f_{\nu}$ -54 kHz					Akustická vazba: vazelína				
Ozn. vzorku	$\check{S}_1$	$\check{S}_2$	$\check{S}_3$	$\check{S}_4$	$\check{S}_5$	$T_1$	$T_2$	$T_3$	$T_4$	$T_5$	$V_1$	$V_2$	$V_3$	$V_4$	$V_5$
	[mm]					[μs]					[km/s]				
V81	114,2	114,2	114,2	114,2	114,2	30,8	31,1	31,4	31,4	32,1	3,708	3,672	3,637	3,637	3,558
V82	114,6	114,6	114,6	114,6	114,6	30,9	30,6	30,1	30,4	30,4	3,709	3,745	3,807	3,770	3,770
V83	114,3	114,3	114,3	114,3	114,3	31,2	31,7	31,8	31,8	31,6	3,663	3,606	3,594	3,594	3,617
V84	114,4	114,4	114,4	114,4	114,4	31,8	31,5	31,7	31,9	31,8	3,597	3,632	3,609	3,586	3,597
V85	114,4	114,4	114,4	114,4	114,4	32,2	32,2	32,0	31,7	31,6	3,553	3,553	3,575	3,609	3,620
V86	114,2	114,1	114,1	114,1	114,2	30,2	30,4	30,8	30,9	31,2	3,781	3,753	3,705	3,693	3,660
V87	114,1	114,0	114,0	114,0	114,1	31,5	31,4	31,6	31,8	31,7	3,622	3,631	3,608	3,585	3,599
V88	114,2	114,1	114,1	114,1	114,1	30,4	30,3	30,6	31,0	31,6	3,757	3,766	3,729	3,681	3,611
V89	114,5	114,5	114,5	114,5	114,5	31,5	31,6	31,2	31,6	31,4	3,635	3,623	3,670	3,623	3,646
V90	114,4	114,3	114,3	114,3	114,4	31,2	31,4	30,6	30,9	31,2	3,667	3,640	3,735	3,699	3,667
V91	114,1	114,1	114,1	114,1	114,1	31,3	31,1	31,4	31,5	32,1	3,645	3,669	3,634	3,622	3,555
V92	114,3	114,2	114,3	114,3	114,4	31,7	31,9	32,3	31,8	32,2	3,606	3,58	3,539	3,594	3,553
V93	114,0	113,9	113,9	114,0	114,0	31,7	31,6	30,9	31,4	31,2	3,596	3,604	3,686	3,631	3,654
V94	114,6	114,6	114,5	114,5	114,5	33,0	32,0	32,0	32,2	32,0	3,473	3,581	3,578	3,556	3,578
V95	114,0	113,9	114,0	114,0	114,0	32,3	31,3	31,5	31,8	32,0	3,529	3,639	3,619	3,585	3,563
Vzorek:						KŘEMENNÉ SKLO: 230 x 114 x 76 mm									
Prozvučování po šifce						$f_{\nu}$ -54 kHz					Akustická vazba: vazelína				
Ozn. vzorku	$\check{S}_1$	$\check{S}_2$	$\check{S}_3$	$\check{S}_4$	$\check{S}_5$	$T_1$	$T_2$	$T_3$	$T_4$	$T_5$	$V_1$	$V_2$	$V_3$	$V_4$	$V_5$
	[mm]					[μs]					[km/s]				
V61	114,3	114,2	114,2	114,2	114,2	31,0	31,0	30,5	30,6	30,6	3,687	3,684	3,744	3,732	3,732
V62	114,5	114,4	114,4	114,3	114,4	32,6	32,5	32,5	32,7	32,2	3,512	3,520	3,520	3,495	3,553
V63	114,2	114,2	114,2	114,2	114,2	30,4	30,2	29,8	30,0	30,4	3,757	3,781	3,832	3,807	3,757
V64	114,4	114,4	114,4	114,4	114,4	30,6	30,3	30,7	30,7	31,4	3,739	3,776	3,726	3,726	3,643
V65	114,1	114,1	114,1	114,1	114,1	30,5	30,7	31,0	31,2	31,6	3,741	3,717	3,681	3,657	3,611
V66	114,0	114,0	114,0	114,0	114,0	30,7	30,4	30,4	30,0	30,0	3,713	3,750	3,750	3,800	3,800
V67	114,1	114,1	114,1	114,1	114,1	31,2	30,4	30,4	30,2	30,6	3,657	3,753	3,753	3,778	3,729
V68	114,4	114,4	114,4	114,4	114,4	31,6	31,0	30,8	30,8	31,1	3,620	3,690	3,714	3,714	3,678
V69	114,1	114,1	114,1	114,1	114,1	30,6	30,0	29,7	30,2	30,4	3,729	3,803	3,842	3,778	3,753
V70	114,0	114,0	114,0	114,0	114,0	30,5	29,8	29,9	29,8	30,1	3,738	3,826	3,813	3,826	3,787

Tabulka 27: Pokračování

V71	114,1	114,1	114,0	114,0	114,1	32,6	32,6	32,0	32,5	32,3	3,500	3,500	3,563	3,508	3,533
V72	114,4	114,4	114,4	114,4	114,4	32,5	32,0	31,6	31,9	33,0	3,520	3,575	3,620	3,586	3,467
V73	114,0	114,0	114,0	114,0	114,0	31,7	31,1	31,1	31,2	32,4	3,596	3,666	3,666	3,654	3,519
V74	114,3	114,3	114,2	114,2	114,2	31,2	31,2	31,6	31,0	31,4	3,663	3,663	3,614	3,684	3,637
V75	114,2	114,2	114,1	114,1	114,1	31,5	30,8	30,3	31,0	31,1	3,625	3,708	3,766	3,681	3,669
N1	114,4	114,4	114,4	114,4	114,4	32,0	31,9	31,6	32,1	32,8	3,575	3,586	3,620	3,564	3,488
N2	114,0	113,9	114,0	113,9	114,0	30,6	30,3	30,8	30,8	31,0	3,725	3,759	3,701	3,698	3,677
N3	114,6	114,6	114,6	114,6	114,6	31,1	31,0	31,2	31,5	32,2	3,685	3,697	3,673	3,638	3,559
N4	114,4	114,4	114,3	114,3	114,3	30,9	30,4	31,1	31,4	31,9	3,702	3,763	3,675	3,640	3,583
H1	113,9	113,9	113,9	113,9	113,9	32,0	30,9	30,3	30,2	31,1	3,559	3,686	3,759	3,772	3,662
H2	114,3	114,3	114,3	114,3	114,3	31,6	31,3	30,8	31,6	32,0	3,617	3,652	3,711	3,617	3,572
H3	114,3	114,2	114,2	114,2	114,3	32,8	32,0	32,3	32,6	34,5	3,485	3,569	3,536	3,503	3,313
H4	114,1	114,1	114,0	114,0	114,1	32,5	31,3	32,5	32,7	34,0	3,511	3,645	3,508	3,486	3,356

Tabulka 28: Výsledky měření žárovzdorných tvarovek pro sledování vlivu směru prozvučování – tvarovky z křemenného skla.

Vzorek:		KŘEMENNÉ SKLO: 230 x 114 x 64 mm													
Prozvučování po výšce						$f_{\mu}$ : 54 kHz					Akustická vazba: vazelína				
Ozn. vzorku	$H_1$	$H_2$	$H_3$	$H_4$	$H_5$	$T_1$	$T_2$	$T_3$	$T_4$	$T_5$	$V_1$	$V_2$	$V_3$	$V_4$	$V_5$
	[mm]					[μs]					[km/s]				
V81	63,2	63,2	63,2	63,2	63,3	16,6	16,9	17,0	17,1	17,4	3,807	3,740	3,718	3,696	3,638
V82	63,2	63,2	63,2	63,2	63,3	16,8	17,3	16,8	17,0	16,6	3,762	3,653	3,762	3,718	3,813
V83	63,4	63,4	63,4	63,4	63,4	16,9	17,1	16,8	16,9	17,0	3,751	3,708	3,774	3,751	3,729
V84	63,3	63,3	63,3	63,4	63,4	16,7	16,8	16,8	16,8	16,8	3,790	3,768	3,768	3,774	3,774
V85	63,4	63,4	63,4	63,5	63,5	16,9	17,1	17,3	16,8	16,8	3,751	3,708	3,665	3,780	3,780
V86	63,1	63,1	63,1	63,1	63,2	16,2	16,6	16,6	16,8	16,8	3,895	3,801	3,801	3,756	3,762
V87	63,5	63,5	63,5	63,5	63,5	17,0	17,1	17,2	17,2	16,9	3,735	3,713	3,692	3,692	3,757
V88	63,3	63,2	63,1	63,1	63,2	16,6	16,4	16,5	17,0	17,2	3,813	3,854	3,824	3,712	3,674
V89	63,2	63,2	63,2	63,2	63,3	16,5	16,6	16,9	16,6	16,7	3,830	3,807	3,740	3,807	3,790
V90	63,3	63,2	63,2	63,2	63,3	16,6	16,8	16,6	16,8	16,9	3,813	3,762	3,807	3,762	3,746
V91	63,1	63,2	63,2	63,2	63,2	17,1	17,0	17,0	17,0	17,0	3,690	3,718	3,718	3,718	3,718
V92	63,0	63,0	62,9	62,9	62,9	16,9	16,9	17,1	17,1	17,1	3,728	3,728	3,678	3,678	3,678

Tabulka 28: Pokračování

<i>V93</i>	63,3	63,3	63,4	63,4	63,5	17,0	17,1	17,0	17,1	17,1	3,724	3,702	3,729	3,708	3,713
<i>V94</i>	63,1	63,0	63,1	63,1	63,2	17,7	17,0	17,0	17,0	17,0	3,565	3,706	3,712	3,712	3,718
<i>V95</i>	63,2	63,2	63,2	63,2	63,2	17,1	17,0	17,1	17,1	17,3	3,696	3,718	3,696	3,696	3,653
Vzorek:					KŘEMENNÉ SKLO: 230 x 114 x 76 mm										
Prozvučování po výšce							$f_c$ : 54 kHz				Akustická vazba: vazelína				
Ozn. vzorku	$H_1$	$H_2$	$H_3$	$H_4$	$H_5$	$T_1$	$T_2$	$T_3$	$T_4$	$T_5$	$V_1$	$V_2$	$V_3$	$V_4$	$V_5$
	[mm]					[μs]					[km/s]				
<i>V61</i>	75,2	75,1	75,1	75,1	75,2	20,6	20,6	20,5	20,6	20,1	3,650	3,646	3,663	3,646	3,741
<i>V62</i>	75,7	75,6	75,6	75,6	75,6	21,1	20,8	20,5	20,9	21,0	3,588	3,635	3,688	3,617	3,600
<i>V63</i>	75,0	74,8	74,8	74,9	75,0	20,1	20,0	19,4	19,7	19,9	3,731	3,740	3,856	3,802	3,769
<i>V64</i>	75,1	75,1	75,1	75,1	75,1	19,8	19,6	19,6	19,6	20,3	3,793	3,832	3,832	3,832	3,700
<i>V65</i>	75,5	75,4	75,4	75,4	75,5	20,6	20,4	20,6	20,8	20,9	3,665	3,696	3,660	3,625	3,612
<i>V66</i>	75,1	75,1	75,2	75,2	75,3	20,5	20,0	20,6	20,1	20,7	3,663	3,755	3,650	3,741	3,638
<i>V67</i>	75,2	75,1	75,2	75,2	75,2	20,5	20,2	20,0	20,0	20,6	3,668	3,718	3,760	3,760	3,650
<i>V68</i>	75,4	75,3	75,3	75,3	75,4	20,1	19,9	20,0	19,6	20,2	3,751	3,784	3,765	3,842	3,733
<i>V69</i>	75,4	75,3	75,2	75,3	75,3	20,1	19,9	19,7	20,1	20,0	3,751	3,784	3,817	3,746	3,765
<i>V70</i>	75,2	75,1	75,1	75,2	75,2	19,7	20,0	20,2	19,8	20,0	3,817	3,755	3,718	3,798	3,760
<i>V71</i>	75,9	75,8	75,8	75,8	75,9	21,3	21,2	21,3	21,4	21,3	3,563	3,575	3,559	3,542	3,563
<i>V72</i>	75,3	75,3	75,2	75,2	75,3	20,8	20,5	20,5	20,7	20,9	3,620	3,673	3,668	3,633	3,603
<i>V73</i>	75,1	75,0	75,0	75,0	75,0	20,6	20,6	20,4	20,8	21,2	3,646	3,641	3,676	3,606	3,538
<i>V74</i>	75,4	75,3	75,2	75,2	75,3	20,5	20,9	20,5	20,7	20,6	3,678	3,603	3,668	3,633	3,655
<i>V75</i>	74,8	74,7	74,7	74,7	74,8	20,3	20,1	20,1	20,1	20,1	3,685	3,716	3,716	3,716	3,721
<i>N1</i>	75,2	75,1	75,0	75,0	75,1	20,7	20,9	20,7	20,8	21,1	3,633	3,593	3,623	3,606	3,559
<i>N2</i>	75,0	75,0	75,1	75,1	75,2	20,2	20,2	20,5	20,1	20,4	3,713	3,713	3,663	3,736	3,686
<i>N3</i>	75,0	75,0	75,1	75,1	75,1	20,4	20,6	20,6	20,5	20,9	3,676	3,641	3,646	3,663	3,593
<i>N4</i>	74,9	74,8	74,7	74,8	74,8	20,1	20,1	20,3	20,3	20,3	3,726	3,721	3,680	3,685	3,685
<i>H1</i>	74,8	74,7	74,7	74,8	74,9	20,3	20,2	20,2	19,8	20,2	3,685	3,698	3,698	3,778	3,708
<i>H2</i>	75,2	75,0	74,9	74,8	74,9	20,4	19,8	20,0	19,6	20,5	3,686	3,788	3,745	3,816	3,654
<i>H3</i>	75,1	75,1	75,1	75,2	75,3	20,1	20,2	21,2	21,1	20,8	3,736	3,718	3,542	3,564	3,620
<i>H4</i>	74,9	74,8	74,7	74,7	74,7	20,6	20,5	20,4	20,5	21,4	3,636	3,649	3,662	3,644	3,491

Příloha P3: Výsledky měření žárovzdorných tvarovek pro sledování vlivu vlastního kmitočtu sond (tabulky 29 až 41).

Tabulka 29: Výsledky měření pro sledování vlivu vlastního kmitočtu sond – dinasové tvarovky.

Vzorek:				DINAS: 230 x 114 x 76 mm					
Prozvučování po délce vzorku				$f_{\nu}$ : 54 kHz			Akustická vazba: vazelná		
Ozn. vzorku	$L_1$	$L_2$	$L_3$	$T_1$	$T_2$	$T_3$	$V_1$	$V_2$	$V_3$
	[mm]			[μs]			[km/s]		
<i>D6</i>	230,4	230,4	230,4	111,6	112,7	111,8	2,065	2,044	2,061
<i>D7</i>	231,4	231,3	231,3	113,5	112,7	109,6	2,039	2,052	2,110
<i>D8</i>	230,5	230,5	230,5	110,1	109,5	108,5	2,094	2,105	2,124
<i>D9</i>	231,3	231,3	231,3	109,3	108,9	108,6	2,116	2,124	2,130
<i>D10</i>	230,5	230,5	230,5	110,8	110,0	109,7	2,080	2,095	2,101
<i>D11</i>	230,4	230,4	230,4	108,0	110,4	109,8	2,133	2,087	2,098
<i>D12</i>	230,4	230,4	230,4	109,8	108,9	108,4	2,098	2,116	2,125
<i>D13</i>	231,3	231,3	231,3	110,0	110,7	109,5	2,103	2,089	2,112
<i>D14</i>	231,3	231,3	231,3	109,6	109,0	109,5	2,110	2,122	2,112
<i>D15</i>	230,6	230,6	230,6	108,3	108,1	107,2	2,129	2,133	2,151
Prozvučování po délce vzorku				$f_{\nu}$ : 150 kHz			Akustická vazba: vazelná		
<i>D6</i>	230,4	230,4	230,4	107,8	111,7	110,3	2,137	2,063	2,089
<i>D7</i>	231,4	231,3	231,3	111,4	110,1	107,8	2,077	2,101	2,146
<i>D8</i>	230,5	230,5	230,5	108,0	108,2	106,1	2,134	2,130	2,172
<i>D9</i>	231,3	231,3	231,3	105,5	107,4	107,3	2,192	2,154	2,156
<i>D10</i>	230,5	230,5	230,5	109,2	109,8	108,7	2,111	2,099	2,121
<i>D11</i>	230,4	230,4	230,4	109,7	111,7	112,8	2,100	2,063	2,043
<i>D12</i>	230,4	230,4	230,4	112,0	110,4	111,1	2,057	2,087	2,074
<i>D13</i>	231,3	231,3	231,3	111,7	114,4	112,7	2,071	2,022	2,052
<i>D14</i>	231,3	231,3	231,3	111,2	112,6	111,2	2,080	2,054	2,080
<i>D15</i>	230,6	230,6	230,6	110,9	109,8	109,5	2,079	2,100	2,106
Prozvučování po délce vzorku				$f_{\nu}$ : 500 kHz			Akustická vazba: vazelná		
<i>D6</i>	230,4	230,4	230,4	105,3	108,5	109,4	2,188	2,124	2,106
<i>D7</i>	231,4	231,3	231,3	116,7	115,3	118,1	1,983	2,006	1,959
<i>D8</i>	230,5	230,5	230,5	112,8	112,6	111,5	2,043	2,047	2,067
<i>D9</i>	231,3	231,3	231,3	103,8	105,8	104,9	2,228	2,186	2,205
<i>D10</i>	230,5	230,5	230,5	113,9	114,3	113,2	2,024	2,017	2,036
<i>D11</i>	230,4	230,4	230,4	103,4	104,2	105,7	2,228	2,211	2,180
<i>D12</i>	230,4	230,4	230,4	106,2	112,2	111,1	2,169	2,053	2,074
<i>D13</i>	231,3	231,3	231,3	113,3	114,1	113,6	2,041	2,027	2,036
<i>D14</i>	231,3	231,3	231,3	112,1	112,5	106,3	2,063	2,056	2,176
<i>D15</i>	230,6	230,6	230,6	111,6	111,6	110,4	2,066	2,066	2,089

Tabulka 30: Výsledky měření pro sledování vlivu vlastního kmitočtu sond – dinasové tvarovky.

Vzorek:				DINAS: 230 x 114 x 100 mm					
Prozvučování po délce vzorku				$f_{\nu}$ : 54 kHz			Akustická vazba: vazelína		
Ozn. vzorku	$L_1$	$L_2$	$L_3$	$T_1$	$T_2$	$T_3$	$V_1$	$V_2$	$V_3$
	[mm]			[μs]			[km/s]		
D21	230,4	230,5	230,5	112,1	113,0	111,7	2,055	2,040	2,064
D22	230,4	230,5	230,5	110,2	112,3	112,2	2,091	2,053	2,054
D23	231,2	231,2	231,2	108,0	109,7	108,4	2,141	2,108	2,133
D24	231,3	231,3	231,3	107,7	108,9	108,7	2,148	2,124	2,128
D25	230,4	230,4	230,4	109,5	111,0	111,60	2,104	2,076	2,065
D26	230,4	230,4	230,4	110,3	111,0	110,5	2,089	2,076	2,085
D27	231,3	231,3	231,3	108,7	109,5	109,1	2,128	2,112	2,120
D28	230,4	230,4	230,5	108,8	110,3	110,3	2,118	2,089	2,090
D29	231,3	231,3	231,3	110,3	110,1	109,4	2,097	2,101	2,114
D30	230,4	230,5	230,5	108,5	109,5	110,0	2,124	2,105	2,095
Prozvučování po délce vzorku				$f_{\nu}$ : 150 kHz			Akustická vazba: vazelína		
D21	231,4	231,4	231,4	114,0	115,0	112,7	2,030	2,012	2,053
D22	230,5	230,5	230,5	111,4	112,2	113,7	2,069	2,054	2,027
D23	231,3	231,3	231,3	108,6	110,1	110,5	2,130	2,101	2,093
D24	231,3	231,3	231,3	109,0	109,6	109,5	2,122	2,110	2,112
D25	230,5	230,5	230,5	109,6	111,4	111,8	2,103	2,069	2,062
D26	230,4	230,4	230,4	108,2	110,1	110,9	2,129	2,093	2,078
D27	231,3	231,3	231,3	106,6	109,4	106,6	2,170	2,114	2,170
D28	230,4	230,4	230,5	106,7	110,2	109,5	2,159	2,091	2,105
D29	231,3	231,3	231,3	105,6	109,2	108,5	2,190	2,118	2,132
D30	230,4	230,5	230,5	106,2	109	109,7	2,169	2,115	2,101
Prozvučování po délce vzorku				$f_{\nu}$ : 500 kHz			Akustická vazba: vazelína		
D21	231,4	231,4	231,4	114,2	115,0	114,6	2,026	2,012	2,019
D22	230,5	230,5	230,5	112,5	113,8	114,8	2,049	2,025	2,008
D23	231,3	231,3	231,3	110,4	111,2	105,6	2,095	2,080	2,190
D24	231,3	231,3	231,3	109,7	110,6	110,7	2,108	2,091	2,089
D25	230,5	230,5	230,5	110,9	112,6	113,3	2,078	2,047	2,034
D26	230,4	230,4	230,4	112,8	113,6	113,7	2,043	2,028	2,026
D27	231,3	231,3	231,3	111,9	113,0	111,9	2,067	2,047	2,067
D28	230,4	230,4	230,5	111,8	113,5	113,8	2,061	2,030	2,025
D29	231,3	231,3	231,3	112,3	113,1	112,2	2,060	2,045	2,061
D30	230,4	230,5	230,5	111,5	112,4	113,5	2,066	2,051	2,031

Tabulka 31: Výsledky měření pro sledování vlivu vlastního kmitočtu sond – dinasové tvarovky.

Vzorek:				DINAS: 230 x 114 x 150 mm					
Prozvučování po délce vzorku				$f_{\mu}$ : 54 kHz			Akustická vazba: vazelína		
Ozn. vzorku	$L_1$	$L_2$	$L_3$	$T_1$	$T_2$	$T_3$	$V_1$	$V_2$	$V_3$
	[mm]			[μs]			[km/s]		
<i>D51</i>	230,3	230,2	230,2	109,8	109,1	108,2	2,097	2,110	2,128
<i>D52</i>	230,1	230,1	230,1	109,8	110,4	109,2	2,096	2,084	2,107
<i>D53</i>	230,3	230,2	230,2	114,7	113,4	112	2,008	2,030	2,055
<i>D54</i>	230,2	230,2	230,2	110,2	111,7	111,4	2,089	2,061	2,066
<i>D55</i>	231,2	231,1	231,1	116,2	115,8	115,4	1,990	1,996	2,003
<i>D41</i>	231,3	231,3	231,3	115,5	115,4	115,4	2,003	2,004	2,004
<i>D42</i>	230,3	230,2	230,2	115,9	116,2	114,7	1,987	1,981	2,007
<i>D43</i>	231,3	231,3	231,3	110,3	109,1	106,6	2,097	2,120	2,170
<i>D44</i>	230,3	230,3	230,3	115,1	115,6	111,8	2,001	1,992	2,060
<i>D45</i>	230,2	230,2	230,1	111,2	110,5	109,4	2,070	2,083	2,103
Prozvučování po délce vzorku				$f_{\mu}$ : 150 kHz			Akustická vazba: vazelína		
<i>D51</i>	230,3	230,2	230,2	110,4	109,4	108,5	2,086	2,104	2,122
<i>D52</i>	230,1	230,1	230,1	111,0	110,7	111,2	2,073	2,079	2,069
<i>D53</i>	230,3	230,2	230,2	114,5	114,1	112,0	2,011	2,018	2,055
<i>D54</i>	230,2	230,2	230,2	113,1	112,3	111,3	2,035	2,050	2,068
<i>D55</i>	231,2	231,1	231,1	117,3	117,2	115,7	1,971	1,972	1,997
<i>D41</i>	231,3	231,3	231,3	109,8	115,0	111,6	2,107	2,011	2,073
<i>D42</i>	230,3	230,2	230,2	112,6	114,3	114,2	2,045	2,014	2,016
<i>D43</i>	231,3	231,3	231,3	108,7	108,2	105,7	2,128	2,138	2,188
<i>D44</i>	230,3	230,3	230,3	111,9	114,8	113,3	2,058	2,006	2,033
<i>D45</i>	230,2	230,2	230,1	110,3	110,2	108,4	2,087	2,089	2,123
Prozvučování po délce vzorku				$f_{\mu}$ : 500 kHz			Akustická vazba: vazelína		
<i>D51</i>	230,3	230,2	230,2	112,6	111,0	109,7	2,045	2,074	2,098
<i>D52</i>	230,1	230,1	230,1	112,5	112,5	112,4	2,045	2,045	2,047
<i>D53</i>	230,3	230,2	230,2	116,5	116,0	113,5	1,977	1,984	2,028
<i>D54</i>	230,2	230,2	230,2	113,0	114,5	113,0	2,037	2,010	2,037
<i>D55</i>	231,2	231,1	231,1	119,5	118,9	117,1	1,935	1,944	1,974
<i>D41</i>	231,3	231,3	231,3	118,9	119,0	118,5	1,945	1,944	1,952
<i>D42</i>	230,3	230,2	230,2	118,4	118,9	118,4	1,945	1,936	1,944
<i>D43</i>	231,3	231,3	231,3	112,7	115,9	111,5	2,052	1,996	2,074
<i>D44</i>	230,3	230,3	230,3	119,0	119,1	117,5	1,935	1,934	1,960
<i>D45</i>	230,2	230,2	230,1	114,8	113,6	113,0	2,005	2,026	2,036

Tabulka 32: Výsledky měření pro sledování vlivu vlastního kmitočtu sond – dinasové tvarovky.

Vzorek:		DINAS: 230 x 114 x 76 mm													
Prozvučování po šířce						$f_U$ : 54 kHz					Akustická vazba: vazelína				
Ozn. vzorku	$\check{S}_1$	$\check{S}_2$	$\check{S}_3$	$\check{S}_4$	$\check{S}_5$	$T_1$	$T_2$	$T_3$	$T_4$	$T_5$	$V_1$	$V_2$	$V_3$	$V_4$	$V_5$
	[mm]					[μs]					[km/s]				
D6	114,4	114,3	114,3	114,2	114,2	54,7	54,5	54,6	54,4	54,5	2,091	2,097	2,093	2,099	2,095
D7	114,2	114,3	114,3	114,3	114,3	53,9	54,8	54,3	54,3	54,3	2,119	2,086	2,105	2,105	2,105
D8	114,3	114,3	114,2	114,2	114,2	53,4	53,5	53,6	53,1	53,6	2,140	2,136	2,131	2,151	2,131
D9	114,3	114,3	114,3	114,3	114,2	51,9	53,2	52,9	53,1	53,3	2,202	2,148	2,161	2,153	2,143
D10	114,2	114,2	114,1	114,1	114,1	53,4	53,8	53,4	54,0	53,6	2,139	2,123	2,137	2,113	2,129
D11	114,2	114,2	114,1	114,1	114,1	54,0	53,2	52,7	52,7	53,1	2,115	2,147	2,165	2,165	2,149
D12	114,2	114,2	114,2	114,3	114,3	53,6	53,1	52,5	53,4	53,3	2,131	2,151	2,175	2,140	2,144
D13	114,1	114,2	114,3	114,3	114,3	53,4	53,2	54,5	52,6	53,7	2,137	2,147	2,097	2,173	2,128
D14	114,6	114,6	114,5	114,4	114,4	53,7	53,9	53,8	54,1	53,1	2,134	2,126	2,128	2,115	2,154
D15	114,3	114,2	114,2	114,2	114,2	53,5	53,4	52,3	53,3	52,7	2,136	2,139	2,184	2,143	2,167
Prozvučování po šířce						$f_U$ : 150 kHz					Akustická vazba: vazelína				
D6	114,4	114,3	114,30	114,2	114,2	54,2	54,1	53,6	54,1	54,0	2,111	2,113	2,132	2,111	2,115
D7	114,2	114,3	114,3	114,3	114,3	52,8	54,1	54,3	54,2	52,7	2,163	2,113	2,105	2,109	2,169
D8	114,3	114,3	114,2	114,2	114,2	52,7	53,3	52,2	52,7	52,9	2,169	2,144	2,188	2,167	2,159
D9	114,3	114,3	114,3	114,3	114,2	51,2	52,8	52,2	52,6	52,3	2,232	2,165	2,190	2,173	2,184
D10	114,2	114,2	114,1	114,1	114,1	52,0	53,2	53,4	53,6	52,8	2,196	2,147	2,137	2,129	2,161
D11	114,2	114,2	114,1	114,1	114,1	54,3	55,0	53,8	54,0	53,9	2,103	2,076	2,121	2,113	2,117
D12	114,2	114,2	114,2	114,3	114,3	54,7	54,1	54,0	54,4	54,1	2,088	2,111	2,115	2,101	2,113
D13	114,1	114,2	114,3	114,3	114,3	54,4	54,5	56,1	55,8	54,9	2,097	2,095	2,037	2,048	2,082
D14	114,6	114,6	114,5	114,4	114,4	54,2	54,1	54,9	55,4	54,4	2,114	2,118	2,086	2,065	2,103
D15	114,3	114,2	114,2	114,2	114,2	54,9	54,6	53,3	54,6	54,3	2,082	2,092	2,143	2,092	2,103
Prozvučování po šířce						$f_U$ : 500 kHz					Akustická vazba: vazelína				
D6	114,4	114,3	114,30	114,2	114,2	53,2	53,2	51,9	52,8	52,8	2,150	2,148	2,202	2,163	2,163
D7	114,2	114,3	114,3	114,3	114,3	51,2	52,6	52,3	52,4	52,0	2,230	2,173	2,185	2,181	2,198
D8	114,3	114,3	114,2	114,2	114,2	51,5	51,9	51,6	51,4	51,3	2,219	2,202	2,213	2,222	2,226
D9	114,3	114,3	114,3	114,3	114,2	50,5	51,6	50,5	51,6	51,2	2,263	2,215	2,263	2,215	2,230
D10	114,2	114,2	114,1	114,1	114,1	51,6	52,1	51,3	51,8	51,2	2,213	2,192	2,224	2,203	2,229

Tabulka 32: Pokračování

<i>D11</i>	114,2	114,2	114,1	114,1	114,1	51,6	51,0	50,4	51,3	50,7	2,213	2,239	2,264	2,224	2,250
<i>D12</i>	114,2	114,2	114,2	114,3	114,3	51,7	51,0	50,9	51,8	51,0	2,209	2,239	2,244	2,207	2,241
<i>D13</i>	114,1	114,2	114,3	114,3	114,3	51,6	52,2	52,5	53,0	52,1	2,211	2,188	2,177	2,157	2,194
<i>D14</i>	114,6	114,6	114,5	114,4	114,4	51,6	52,1	52,3	52,1	51,5	2,221	2,200	2,189	2,196	2,221
<i>D15</i>	114,3	114,2	114,2	114,2	114,2	51,5	51,7	50,9	51,3	51,0	2,219	2,209	2,244	2,226	2,239

Tabulka 33: Výsledky měření pro sledování vlivu vlastního kmitočtu sond – dinasové tvarovky.

Vzorek:		DINAS: 230 x 114 x 100mm													
Ozn. vzorku	Prozvučování po šířce					$f_{\nu}$ : 54 kHz					Akustická vazba: vazelná				
	$\check{S}_1$	$\check{S}_2$	$\check{S}_3$	$\check{S}_4$	$\check{S}_5$	$T_1$	$T_2$	$T_3$	$T_4$	$T_5$	$V_1$	$V_2$	$V_3$	$V_4$	$V_5$
	[mm]					[μs]					[km/s]				
<i>D21</i>	114,4	114,4	114,4	114,4	114,4	54,4	54,9	54,0	53,6	53,4	2,103	2,084	2,119	2,134	2,142
<i>D22</i>	114,3	114,4	114,4	114,4	114,4	53,6	54,3	54,7	55,1	54,7	2,132	2,107	2,091	2,076	2,091
<i>D23</i>	114,2	114,2	114,2	114,3	114,3	52,7	53,7	53,2	53,4	52,9	2,167	2,127	2,147	2,140	2,161
<i>D24</i>	114,2	114,2	114,2	114,2	114,2	51,3	51,8	52,8	53,0	53,1	2,226	2,205	2,163	2,155	2,151
<i>D25</i>	114,2	114,2	114,3	114,3	114,3	52,9	53,5	53,7	54,3	54,2	2,159	2,135	2,128	2,105	2,109
<i>D26</i>	114,4	114,3	114,3	114,3	114,3	52,8	52,8	53,4	54,7	55,4	2,167	2,165	2,140	2,090	2,063
<i>D27</i>	114,1	114,2	114,2	114,2	114,1	52,5	53,4	53,3	53,6	53,5	2,173	2,139	2,143	2,131	2,133
<i>D28</i>	114,4	114,3	114,2	114,2	114,1	53,3	53,3	53,5	54,6	54,4	2,146	2,144	2,135	2,092	2,097
<i>D29</i>	114,2	114,3	114,3	114,2	114,2	53,6	54,4	54,0	53,0	52,7	2,131	2,101	2,117	2,155	2,167
<i>D30</i>	114,5	114,5	114,5	114,5	114,5	53,4	53,4	53,5	54,1	53,6	2,144	2,144	2,140	2,116	2,136
Vzorek:		DINAS: 230 x 114 x 100 mm													
Ozn. vzorku	Prozvučování po šířce					$f_{\nu}$ : 150 kHz					Akustická vazba: vazelná				
	$\check{S}_1$	$\check{S}_2$	$\check{S}_3$	$\check{S}_4$	$\check{S}_5$	$T_1$	$T_2$	$T_3$	$T_4$	$T_5$	$V_1$	$V_2$	$V_3$	$V_4$	$V_5$
	[mm]					[μs]					[km/s]				
<i>D21</i>	114,4	114,4	114,4	114,4	114,4	56,7	55,9	54,1	54,4	54,1	2,018	2,047	2,115	2,103	2,115
<i>D22</i>	114,3	114,4	114,4	114,4	114,4	54,8	54,9	55,6	56,1	55,8	2,086	2,084	2,058	2,039	2,050
<i>D23</i>	114,2	114,2	114,2	114,3	114,3	53,5	54,5	53,7	54,3	53,7	2,135	2,095	2,127	2,105	2,128
<i>D24</i>	114,2	114,2	114,2	114,2	114,2	52,0	53,1	53,3	53,7	53,8	2,196	2,151	2,143	2,127	2,123
<i>D25</i>	114,2	114,2	114,3	114,3	114,3	53,6	53,9	55,0	54,9	54,0	2,131	2,119	2,078	2,082	2,117
<i>D26</i>	114,4	114,3	114,3	114,3	114,3	52,2	52,2	53,4	54,7	55,1	2,192	2,190	2,140	2,090	2,074
<i>D27</i>	114,1	114,2	114,2	114,2	114,1	52,2	53,1	53,4	53,2	52,0	2,186	2,151	2,139	2,147	2,194

Tabulka 33: Pokračování

<i>D28</i>	114,4	114,3	114,2	114,2	114,1	52,3	52,7	53,2	54,2	53,7	2,187	2,169	2,147	2,107	2,125
<i>D29</i>	114,2	114,3	114,3	114,2	114,2	52,8	53,2	52,7	52,8	51,6	2,163	2,148	2,169	2,163	2,213
<i>D30</i>	114,5	114,5	114,5	114,5	114,5	53,1	53,6	53,2	54,2	53,7	2,156	2,136	2,152	2,113	2,132
Prozvučování po šířce						$f_{\nu}$ : 500 kHz					Akustická vazba: vazelná				
<i>D21</i>	114,4	114,4	114,4	114,4	114,4	53,1	52,7	52,3	51,9	51,1	2,154	2,171	2,187	2,204	2,239
<i>D22</i>	114,3	114,4	114,4	114,4	114,4	51,7	52,5	52,5	53,4	52,9	2,211	2,179	2,179	2,142	2,163
<i>D23</i>	114,2	114,2	114,2	114,3	114,3	51,1	51,7	50,8	51,3	50,7	2,235	2,209	2,248	2,228	2,254
<i>D24</i>	114,2	114,2	114,2	114,2	114,2	49,4	50,1	50,5	51,0	51,0	2,312	2,279	2,261	2,239	2,239
<i>D25</i>	114,2	114,2	114,3	114,3	114,3	50,9	51,3	51,5	52,1	51,5	2,244	2,226	2,219	2,194	2,219
<i>D26</i>	114,4	114,3	114,3	114,3	114,3	51,2	51,7	52,2	53,1	53,5	2,234	2,211	2,190	2,153	2,136
<i>D27</i>	114,1	114,2	114,2	114,2	114,1	51,2	51,9	52,1	51,8	51,4	2,229	2,200	2,192	2,205	2,220
<i>D28</i>	114,4	114,3	114,2	114,2	114,1	51,9	51,8	52,0	53,1	51,9	2,204	2,207	2,196	2,151	2,198
<i>D29</i>	114,2	114,3	114,3	114,2	114,2	51,7	52,0	51,8	51,3	50,4	2,209	2,198	2,207	2,226	2,266
<i>D30</i>	114,5	114,5	114,5	114,5	114,5	51,9	51,8	51,6	52,3	52,0	2,206	2,210	2,219	2,189	2,202

Tabulka 34: Výsledky měření pro sledování vlivu vlastního kmitočtu sond – dinasové tvarovky.

Vzorek:		DINAS: 230 x 114 x 150 mm														
		Prozvučování po šířce					$f_{\nu}$ : 54 kHz					Akustická vazba: vazelná				
Ozn. vzorku	$\check{S}_1$	$\check{S}_2$	$\check{S}_3$	$\check{S}_4$	$\check{S}_5$	$T_1$	$T_2$	$T_3$	$T_4$	$T_5$	$V_1$	$V_2$	$V_3$	$V_4$	$V_5$	
	[mm]					[μs]					[km/s]					
<i>D51</i>	114,2	114,2	114,2	114,2	114,2	55,4	55,5	53,8	52,9	52,5	2,061	2,058	2,123	2,159	2,175	
<i>D52</i>	114,2	114,2	114,3	114,3	114,3	53,5	53,7	53,8	52,9	51,7	2,135	2,127	2,125	2,161	2,211	
<i>D53</i>	114,2	114,2	114,2	114,2	114,2	55,8	55,3	54,1	53,7	54,5	2,047	2,065	2,111	2,127	2,095	
<i>D54</i>	114,4	114,4	114,4	114,4	114,4	55,8	55,1	54,2	53,5	53,8	2,050	2,076	2,111	2,138	2,126	
<i>D55</i>	114,4	114,4	114,4	114,4	114,4	55,3	55,9	56,8	55,9	55,2	2,069	2,047	2,014	2,047	2,072	
<i>D41</i>	114,6	114,6	114,6	114,5	114,4	55,5	56,3	55,3	55,0	53,6	2,065	2,036	2,072	2,082	2,134	
<i>D42</i>	114,0	114,1	114,2	114,3	114,3	53,3	53,1	55,1	56,0	56,8	2,139	2,149	2,073	2,041	2,012	
<i>D43</i>	114,3	114,3	114,3	114,3	114,3	52,6	52,4	52,3	51,8	51,2	2,173	2,181	2,185	2,207	2,232	
<i>D44</i>	114,1	114,2	114,3	114,4	114,4	55,9	56,5	55,9	54,4	54,3	2,041	2,021	2,045	2,103	2,107	
<i>D45</i>	114,4	114,4	114,4	114,4	114,4	54,8	54,8	53,9	53,3	53,0	2,088	2,088	2,122	2,146	2,158	

Tabulka 34: Pokračování

Prozvučování po šířce						$f_{\mu}$ :150 kHz					Akustická vazba:vazelná				
<i>D51</i>	114,2	114,2	114,2	114,2	114,2	55,4	55,5	53,9	54,2	52,7	2,061	2,058	2,119	2,107	2,167
<i>D52</i>	114,2	114,2	114,3	114,3	114,3	54,3	54,0	54,0	53,2	52,5	2,103	2,115	2,117	2,148	2,177
<i>D53</i>	114,2	114,2	114,2	114,2	114,2	56,6	57,0	55,3	55,0	55,6	2,018	2,004	2,065	2,076	2,054
<i>D54</i>	114,4	114,4	114,4	114,4	114,4	56,5	55,9	55,5	54,5	54,7	2,025	2,047	2,061	2,099	2,091
<i>D55</i>	114,4	114,4	114,4	114,4	114,4	56,4	57,0	56,9	55,9	55,2	2,028	2,007	2,011	2,047	2,072
<i>D41</i>	114,6	114,6	114,6	114,5	114,4	55,1	55,5	54,9	53,4	52,4	2,080	2,065	2,087	2,144	2,183
<i>D42</i>	114,0	114,1	114,2	114,3	114,3	54,2	53,2	55,1	56,0	56,6	2,103	2,145	2,073	2,041	2,019
<i>D43</i>	114,3	114,3	114,3	114,3	114,3	51,8	51,7	51,8	51,6	51,3	2,207	2,211	2,207	2,215	2,228
<i>D44</i>	114,1	114,2	114,3	114,4	114,4	55,7	56,2	55,1	54,4	54,2	2,048	2,032	2,074	2,103	2,111
<i>D45</i>	114,4	114,4	114,4	114,4	114,4	55,7	54,1	53,7	52,8	53,7	2,054	2,115	2,130	2,167	2,130
Vzorek:						DINAS: 230 x 114 x 150mm									
Prozvučování po šířce						$f_{\mu}$ :500 kHz					Akustická vazba:vazelná				
<i>D51</i>	114,2	114,2	114,2	114,2	114,2	52,5	52,3	51,1	51,1	50,2	2,175	2,184	2,235	2,235	2,275
<i>D52</i>	114,2	114,2	114,3	114,3	114,3	51,2	52,0	51,7	50,5	49,8	2,230	2,196	2,211	2,263	2,295
<i>D53</i>	114,2	114,2	114,2	114,2	114,2	56,6	55,6	51,8	51,4	52,0	2,018	2,054	2,205	2,222	2,196
<i>D54</i>	114,4	114,4	114,4	114,4	114,4	53,1	54,1	52,6	51,6	51,3	2,154	2,115	2,175	2,217	2,230
<i>D55</i>	114,4	114,4	114,4	114,4	114,4	53,6	54,0	54,3	53,5	52,6	2,134	2,119	2,107	2,138	2,175
<i>D41</i>	114,6	114,6	114,6	114,5	114,4	53,5	54,4	53,9	53,2	51,7	2,142	2,107	2,126	2,152	2,213
<i>D42</i>	114,0	114,1	114,2	114,3	114,3	52,6	52,8	53,6	54,0	54,4	2,167	2,161	2,131	2,117	2,101
<i>D43</i>	114,3	114,3	114,3	114,3	114,3	50,5	50,6	50,7	50,4	50,3	2,263	2,259	2,254	2,268	2,272
<i>D44</i>	114,1	114,2	114,3	114,4	114,4	53,9	54,3	53,9	53,1	51,9	2,117	2,103	2,121	2,154	2,204
<i>D45</i>	114,4	114,4	114,4	114,4	114,4	53,5	53,4	52,0	50,8	51,1	2,138	2,142	2,200	2,252	2,239
Vzorek:						DINAS: 230 x 114 x 76 mm									
Prozvučování po výšce						$f_{\mu}$ :54 kHz					Akustická vazba:vazelná				
<i>D6</i>	76,1	76,1	76,0	75,9	75,8	39,0	38,3	38,4	38,6	38,3	1,951	1,987	1,979	1,966	1,979
<i>D7</i>	76,1	76,1	76,1	76,1	76,1	38,3	38,8	38,9	38,7	38,4	1,987	1,961	1,956	1,966	1,982
<i>D8</i>	76,5	76,5	76,5	76,3	76,2	37,8	37,5	38,3	38,1	37,9	2,024	2,040	1,997	2,003	2,011
<i>D9</i>	76,1	76,1	76,2	76,1	76,1	36,8	37,6	37,5	37,5	37,9	2,068	2,024	2,032	2,029	2,008
<i>D10</i>	76,4	76,4	76,3	76,2	76,0	37,7	37,9	38,1	38,6	38,3	2,027	2,016	2,003	1,974	1,984
<i>D11</i>	76,0	76,1	76,2	76,2	76,3	37,4	37,2	37,5	37,0	37,3	2,032	2,046	2,032	2,059	2,046

Tabulka 34: Pokračování

<i>D12</i>	76,1	76,3	76,4	76,4	76,5	37,9	37,3	37,7	37,7	37,8	2,008	2,046	2,027	2,027	2,024
<i>D13</i>	76,4	76,5	76,5	76,5	76,4	37,5	38,1	38,7	38,8	37,9	2,037	2,008	1,977	1,972	2,016
<i>D14</i>	76,3	76,4	76,4	76,4	76,4	38,1	38,0	38,1	38,4	38,0	2,003	2,011	2,005	1,990	2,011
<i>D15</i>	76,2	76,3	76,4	76,5	76,5	37,7	37,8	37,7	37,8	37,4	2,021	2,019	2,027	2,024	2,045

Tabulka 35: Výsledky měření pro sledování vlivu vlastního kmitočtu sond – dinasové tvarovky.

Vzorek:		DINAS: 230 x 114 x 76 mm														
		Prozvučování po výšce					$f_{\nu}$ 150 kHz					Akustická vazba: vazelína				
Ozn. vzorku	$H_1$	$H_2$	$H_3$	$H_4$	$H_5$	$T_1$	$T_2$	$T_3$	$T_4$	$T_5$	$V_1$	$V_2$	$V_3$	$V_4$	$V_5$	
	[mm]					[μs]					[km/s]					
<i>D6</i>	76,1	76,1	76,0	75,9	75,8	38,4	37,3	37,8	37,7	38,0	1,982	2,040	2,011	2,013	1,995	
<i>D7</i>	76,1	76,1	76,1	76,1	76,1	37,3	37,8	38,0	38,1	37,3	2,040	2,013	2,003	1,997	2,040	
<i>D8</i>	76,5	76,5	76,5	76,3	76,2	37,1	36,8	37,3	36,9	37,7	2,062	2,079	2,051	2,068	2,021	
<i>D9</i>	76,1	76,1	76,2	76,1	76,1	36,8	37,4	37,2	36,7	37,8	2,068	2,035	2,048	2,074	2,013	
<i>D10</i>	76,4	76,4	76,3	76,2	76,0	36,7	37,3	37,3	38,2	37,6	2,082	2,048	2,046	1,995	2,021	
<i>D11</i>	76,0	76,1	76,2	76,2	76,3	38,2	38,1	38,5	38,6	38,7	1,990	1,997	1,979	1,974	1,972	
<i>D12</i>	76,1	76,3	76,4	76,4	76,5	39,2	38,2	38,0	38,7	39,1	1,941	1,997	2,011	1,974	1,957	
<i>D13</i>	76,4	76,5	76,5	76,5	76,4	38,1	39,6	40,2	40,0	38,9	2,005	1,932	1,903	1,913	1,964	
<i>D14</i>	76,3	76,4	76,4	76,4	76,4	38,5	38,2	38,5	39,1	37,6	1,982	2,000	1,984	1,954	2,032	
<i>D15</i>	76,2	76,3	76,4	76,5	76,5	38,4	38,5	38,9	39,0	38,5	1,984	1,982	1,964	1,962	1,987	
		Prozvučování po výšce					$f_{\nu}$ 500 kHz					Akustická vazba: vazelína				
<i>D6</i>	76,1	76,1	76,0	75,9	75,8	37,4	36,6	37,2	37,3	37,1	2,035	2,079	2,043	2,035	2,043	
<i>D7</i>	76,1	76,1	76,1	76,1	76,1	36,5	37,2	37,4	37,2	36,1	2,085	2,046	2,035	2,046	2,108	
<i>D8</i>	76,5	76,5	76,5	76,3	76,2	36,7	36,7	36,1	36,5	36,4	2,084	2,084	2,119	2,090	2,093	
<i>D9</i>	76,1	76,1	76,2	76,1	76,1	35,5	36,1	36,1	36,3	36,2	2,144	2,108	2,111	2,096	2,102	
<i>D10</i>	76,4	76,4	76,3	76,2	76,0	36,0	36,1	36,7	37,1	36,6	2,122	2,116	2,079	2,054	2,077	
<i>D11</i>	76,0	76,1	76,2	76,2	76,3	35,9	35,7	35,8	35,5	35,5	2,117	2,132	2,128	2,146	2,149	
<i>D12</i>	76,1	76,3	76,4	76,4	76,5	36,5	36,0	36,3	36,6	36,2	2,085	2,119	2,105	2,087	2,113	
<i>D13</i>	76,4	76,5	76,5	76,5	76,4	36,0	36,5	37,3	37,1	36,4	2,122	2,096	2,051	2,062	2,099	
<i>D14</i>	76,3	76,4	76,4	76,4	76,4	36,7	36,5	37,2	37,2	35,9	2,079	2,093	2,054	2,054	2,128	
<i>D15</i>	76,2	76,3	76,4	76,5	76,5	36,3	36,2	36,4	36,5	35,4	2,099	2,108	2,099	2,096	2,161	

Tabulka 36: Výsledky měření pro sledování vlivu vlastního kmitočtu sond – dinasové tvarovky.

Vzorek:		DINAS: 230 x 114 x 100 mm													
Prozvučování po výšce						$f_{\nu}$ : 54 kHz					Akustická vazba: vazelná				
Ozn. vzorku	$H_1$	$H_2$	$H_3$	$H_4$	$H_5$	$T_1$	$T_2$	$T_3$	$T_4$	$T_5$	$V_1$	$V_2$	$V_3$	$V_4$	$V_5$
	[mm]					[μs]					[km/s]				
D21	100,5	100,5	100,5	100,4	100,4	52,1	51,4	51,3	51,0	49,7	1,929	1,955	1,959	1,969	2,020
D22	100,0	100,1	100,2	100,3	100,2	50,8	50,6	51,1	50,5	51,0	1,969	1,978	1,961	1,986	1,965
D23	100,1	100,2	100,2	100,2	100,2	49,7	48,9	48,9	49,5	49,1	2,014	2,049	2,049	2,024	2,041
D24	100,4	100,5	100,5	100,5	100,5	49,4	49,8	49,9	50,3	49,8	2,032	2,018	2,014	1,998	2,018
D25	100,3	100,3	100,4	100,4	100,5	50,6	50,9	50,8	50,2	50,7	1,982	1,971	1,976	2,000	1,982
D26	100,2	100,3	100,3	100,3	100,3	49,3	50,0	49,9	49,7	51,0	2,032	2,006	2,010	2,018	1,967
D27	100,6	100,7	100,7	100,7	100,6	50,4	50,4	50,2	50,5	50,5	1,996	1,998	2,006	1,994	1,992
D28	100,0	100,1	100,1	100,1	100,1	49,7	49,8	49,3	50,7	50,0	2,012	2,010	2,030	1,974	2,002
D29	100,7	100,7	100,7	100,7	100,6	49,7	51,0	50,2	49,9	49,0	2,026	1,975	2,006	2,018	2,053
D30	100,2	100,3	100,4	100,5	100,5	49,8	50,4	50,3	50,3	50,3	2,012	1,990	1,996	1,998	1,998
Prozvučování po výšce						$f_{\nu}$ : 150 kHz					Akustická vazba: vazelná				
D21	100,5	100,5	100,5	100,4	100,4	52,9	52,4	51,7	52,0	50,7	1,900	1,918	1,944	1,931	1,980
D22	100,0	100,1	100,2	100,3	100,2	51,8	51,3	52,7	51,0	51,6	1,931	1,951	1,901	1,967	1,942
D23	100,1	100,2	100,2	100,2	100,2	50,5	50,0	49,2	50,1	49,9	1,982	2,004	2,037	2,000	2,008
D24	100,4	100,5	100,5	100,5	100,5	49,6	50,2	50,6	51,6	50,2	2,024	2,002	1,986	1,948	2,002
D25	100,3	100,3	100,4	100,4	100,5	51,4	51,0	51,8	51,7	51,2	1,951	1,967	1,938	1,942	1,963
D26	100,2	100,3	100,3	100,3	100,3	49,3	49,2	49,2	49,1	50,6	2,032	2,039	2,039	2,043	1,982
D27	100,6	100,7	100,7	100,7	100,6	50,1	49,6	50,1	50,2	49,2	2,008	2,030	2,010	2,006	2,045
D28	100,0	100,1	100,1	100,1	100,1	49,6	49,0	49,7	49,7	49,2	2,016	2,043	2,014	2,014	2,035
D29	100,7	100,7	100,7	100,7	100,6	49,2	50,9	49,7	50,6	49,7	2,047	1,978	2,026	1,990	2,024
D30	100,2	100,3	100,4	100,5	100,5	49,2	50,2	49,7	50,2	50,1	2,037	1,998	2,020	2,002	2,006
Prozvučování po výšce						$f_{\nu}$ : 500 kHz					Akustická vazba: vazelná				
D21	100,5	100,5	100,5	100,4	100,4	50,1	49,6	49,1	48,9	47,4	2,006	2,026	2,047	2,053	2,118
D22	100,0	100,1	100,2	100,3	100,2	49,1	48,8	48,9	48,6	48,4	2,037	2,051	2,049	2,064	2,070
D23	100,1	100,2	100,2	100,2	100,2	47,9	47,3	47,0	48,1	46,6	2,090	2,118	2,132	2,083	2,150
D24	100,4	100,5	100,5	100,5	100,5	47,1	47,4	48,0	48,6	47,7	2,132	2,120	2,094	2,068	2,107

Tabulka 36: Pokračování

<i>D25</i>	100,3	100,3	100,4	100,4	100,5	48,3	48,7	48,6	48,0	47,9	2,077	2,060	2,066	2,092	2,098
<i>D26</i>	100,2	100,3	100,3	100,3	100,3	48,1	48,5	48,5	48,7	49,6	2,083	2,068	2,068	2,060	2,022
<i>D27</i>	100,6	100,7	100,7	100,7	100,6	48,7	48,4	49,0	48,8	48,2	2,066	2,081	2,055	2,064	2,087
<i>D28</i>	100,0	100,1	100,1	100,1	100,1	48,0	48,1	48,7	48,4	48,7	2,083	2,081	2,055	2,068	2,055
<i>D29</i>	100,7	100,7	100,7	100,7	100,6	48,1	49,4	48,3	48,2	47,8	2,094	2,038	2,085	2,089	2,105
<i>D30</i>	100,2	100,3	100,4	100,5	100,5	48,5	49,2	49,3	49,2	47,8	2,066	2,039	2,037	2,043	2,103

Tabulka 37: Výsledky měření pro sledování vlivu vlastního kmitočtu sond – dinasové tvarovky.

Vzorek:		DINAS: 230 x 114 x 150 mm													
Prozvučování po výšce		$f_{\nu}$ : 54 kHz					Akustická vazba: vazelná								
Ozn. vzorku	$H_1$	$H_2$	$H_3$	$H_4$	$H_5$	$T_1$	$T_2$	$T_3$	$T_4$	$T_5$	$V_1$	$V_2$	$V_3$	$V_4$	$V_5$
	[mm]					[μs]					[km/s]				
<i>D51</i>	150,8	150,8	150,7	150,7	150,5	78,1	75,8	75,6	74,6	73,3	1,931	1,989	1,993	2,020	2,053
<i>D52</i>	150,7	150,8	150,8	150,8	150,7	75,9	76,1	76,1	75,1	73,3	1,986	1,982	1,982	2,008	2,056
<i>D53</i>	150,8	150,6	150,6	150,5	150,5	78,4	78,0	76,9	76,1	76,0	1,923	1,931	1,958	1,978	1,980
<i>D54</i>	151,0	151,0	150,9	150,9	150,8	79,3	78,9	77,7	76,6	76,0	1,904	1,914	1,942	1,970	1,984
<i>D55</i>	150,6	150,7	150,7	150,7	150,6	80,6	79,5	78,7	79,2	77,4	1,868	1,896	1,915	1,903	1,946
<i>D41</i>	150,8	150,8	150,8	150,8	150,8	80,2	80,2	79,2	78,5	76,5	1,880	1,880	1,904	1,921	1,971
<i>D42</i>	150,4	150,5	150,5	150,6	150,6	75,5	75,7	78,5	80,0	80,6	1,992	1,988	1,917	1,883	1,868
<i>D43</i>	150,8	150,9	151,0	150,9	150,9	74,8	75,7	74,8	73,6	73,2	2,016	1,993	2,019	2,050	2,061
<i>D44</i>	150,5	150,4	150,4	150,3	150,2	79,8	79,0	78,2	78,9	76,4	1,886	1,904	1,923	1,905	1,966
<i>D45</i>	151,0	150,9	150,8	150,8	150,7	79,0	77,5	76,5	76,2	75,6	1,911	1,947	1,971	1,979	1,993
Prozvučování po výšce		$f_{\nu}$ : 150 kHz					Akustická vazba: vazelná								
<i>D51</i>	150,8	150,8	150,7	150,7	150,5	78,5	77,1	77,1	76,0	74,9	1,921	1,956	1,955	1,983	2,009
<i>D52</i>	150,7	150,8	150,8	150,8	150,7	77,0	77,2	78,3	75,4	73,8	1,957	1,953	1,926	2,000	2,042
<i>D53</i>	150,8	150,6	150,6	150,5	150,5	78,5	79,2	77,4	76,3	77,9	1,921	1,902	1,946	1,972	1,932
<i>D54</i>	151,0	151,0	150,9	150,9	150,8	80,1	80,1	78,6	76,8	78,0	1,885	1,885	1,920	1,965	1,933
<i>D55</i>	150,6	150,7	150,7	150,7	150,6	80,6	80,8	79,7	79,3	77,8	1,868	1,865	1,891	1,900	1,936
<i>D41</i>	150,8	150,8	150,8	150,8	150,8	78,6	79,0	77,9	77,5	74,9	1,919	1,909	1,936	1,946	2,013
<i>D42</i>	150,4	150,5	150,5	150,6	150,6	76,1	75,7	77,2	79,1	79,3	1,976	1,988	1,949	1,904	1,899
<i>D43</i>	150,8	150,9	151,0	150,9	150,9	74,0	75,1	73,9	73,1	72,0	2,038	2,009	2,043	2,064	2,096

Tabulka 37: Pokračování

<i>D44</i>	150,5	150,4	150,4	150,3	150,2	78,9	78,6	77,4	77,4	76,0	1,907	1,913	1,943	1,942	1,976
<i>D45</i>	151,0	150,9	150,8	150,8	150,7	77,7	76,4	75,5	75,4	74,8	1,943	1,975	1,997	2,000	2,015
<b>Prozvučování po výšce</b>						<b><math>f_v \cdot 500</math> kHz</b>				<b>Akustická vazba: vazelína</b>					
<i>D51</i>	150,8	150,8	150,7	150,7	150,5	79,8	78,0	77,5	76,7	75,9	1,890	1,933	1,945	1,965	1,983
<i>D52</i>	150,7	150,8	150,8	150,8	150,7	78,7	78,3	78,6	76,7	75,5	1,915	1,926	1,919	1,966	1,996
<i>D53</i>	150,8	150,6	150,6	150,5	150,5	81,3	81,1	79,0	77,8	78,9	1,855	1,857	1,906	1,934	1,907
<i>D54</i>	151,0	151,0	150,9	150,9	150,8	81,4	81,4	79,7	78,8	78,8	1,855	1,855	1,893	1,915	1,914
<i>D55</i>	150,6	150,7	150,7	150,7	150,6	81,9	82,3	80,9	81,0	79,3	1,839	1,831	1,863	1,860	1,899
<i>D41</i>	150,8	150,8	150,8	150,8	150,8	82,3	82,4	82,1	80,8	79,3	1,832	1,830	1,837	1,866	1,902
<i>D42</i>	150,4	150,5	150,5	150,6	150,6	78,7	79,0	80,9	83,1	83,1	1,911	1,905	1,860	1,812	1,812
<i>D43</i>	150,8	150,9	151,0	150,9	150,9	78,0	78,8	77,3	76,3	76,0	1,933	1,915	1,953	1,978	1,986
<i>D44</i>	150,5	150,4	150,4	150,3	150,2	83,0	82,2	80,8	80,3	79,2	1,813	1,830	1,861	1,872	1,896
<i>D45</i>	151,0	150,9	150,8	150,8	150,7	81,8	80,5	79,4	78,5	79,1	1,846	1,875	1,899	1,921	1,905

Tabulka 38: Výsledky měření pro sledování vlivu vlastního kmitočtu sond – tvarovky z křemenného skla.

Vzorek:				KŘEMENNÉ SKLO: 230 x 114 x 64 mm					
Prozvučování po délce vzorku				$f_{\mu}$ : 54 kHz			Akustická vazba: vazelná		
Ozn. vzorku	$L_1$	$L_2$	$L_3$	$T_1$	$T_2$	$T_3$	$V_1$	$V_2$	$V_3$
	[mm]			[μs]			[km/s]		
V91	229,7	229,7	229,7	64,7	66,1	67,2	3,550	3,475	3,418
V92	230,0	229,9	229,9	66,2	66,0	64,8	3,474	3,483	3,548
V93	229,9	229,8	229,8	64,0	64,6	63,5	3,592	3,557	3,619
V94	230,0	230,0	230,0	65,5	66,1	66,1	3,511	3,48	3,48
V95	229,8	229,8	230,0	65,0	65,7	64,8	3,535	3,498	3,549
Prozvučování po délce vzorku				$f_{\mu}$ : 150 kHz			Akustická vazba: vazelná		
V91	229,7	229,7	229,7	66,0	67,5	67,9	3,480	3,403	3,383
V92	230,0	229,9	229,9	68,1	67,3	67,3	3,377	3,416	3,416
V93	229,9	229,8	229,8	67,1	66,8	66,5	3,426	3,440	3,456
V94	230,0	230,0	230,0	67,3	68,5	67,6	3,418	3,358	3,402
V95	229,8	229,8	230,0	67,1	67,1	67,0	3,425	3,425	3,433
Prozvučování po délce vzorku				$f_{\mu}$ : 500 kHz			Akustická vazba: vazelná		
V91	229,7	229,7	229,7	62,3	62,8	67,6	3,687	3,658	3,398
V92	230,0	229,9	229,9	64,1	67,4	66,0	3,588	3,411	3,483
V93	229,9	229,8	229,8	66,5	66,5	61,8	3,457	3,456	3,718
V94	230,0	230,0	230,0	62,7	68,1	62,6	3,668	3,377	3,674
V95	229,8	229,8	230,0	62,3	62,7	62,5	3,689	3,665	3,680
Vzorek:				KŘEMENNÉ SKLO: 230 x 114 x 76 mm					
Prozvučování po délce vzorku				$f_{\mu}$ : 54 kHz			Akustická vazba: vazelná		
V71	229,9	229,9	229,8	66,1	66,3	66,3	3,478	3,468	3,466
V72	230,0	230,0	230,0	65,5	64,7	64,7	3,511	3,555	3,555
V73	229,6	229,5	229,8	65,0	64,7	64,2	3,532	3,547	3,579
V74	229,6	229,5	229,8	63,2	64,5	64,8	3,633	3,558	3,546
V75	229,6	229,4	229,8	63,4	62,5	62,8	3,621	3,670	3,659
Prozvučování po délce vzorku				$f_{\mu}$ : 150 kHz			Akustická vazba: vazelná		
V71	229,9	229,9	229,8	67,7	67,8	68,6	3,396	3,391	3,350
V72	230,0	230,0	230,0	65,6	65,7	65,9	3,506	3,501	3,490
V73	229,6	229,5	229,8	66,0	65,6	65,8	3,479	3,498	3,492
V74	229,6	229,5	229,8	65,5	65,8	66,1	3,505	3,488	3,477
V75	229,6	229,4	229,8	64,4	64,5	64,7	3,565	3,557	3,552
Prozvučování po délce vzorku				$f_{\mu}$ : 500 kHz			Akustická vazba: vazelná		
V71	229,9	229,9	229,7	64,3	66,2	64,1	3,575	3,473	3,583
V72	230,0	230,0	229,9	62,2	62,3	62,7	3,698	3,692	3,667
V73	229,6	229,5	229,8	64,8	64,3	62,3	3,543	3,569	3,689
V74	229,6	229,5	230,0	63,8	64,7	61,9	3,599	3,547	3,716
V75	229,6	229,4	230,0	64,5	60,4	64,1	3,560	3,798	3,588
Vzorek:				KŘEMENNÉ SKLO: 230 x 114 x 76 mm					
Prozvučování po délce vzorku				$f_{\mu}$ : 54 kHz			Akustická vazba: vazelná		
N1	230,0	230,0	230,0	64,9	65,4	66,3	3,544	3,517	3,469
N2	229,4	229,1	229,4	61,9	62,2	64,7	3,706	3,683	3,546
N3	229,4	229,2	229,4	65,4	64,5	64,2	3,508	3,553	3,573
N4	229,6	229,6	229,6	62,8	63,3	64,8	3,656	3,627	3,543

Tabulka 38: Pokračování

Prozvučování po délce vzorku				$f_u$ :150 kHz			Akustická vazba: vazelína		
<i>N1</i>	230,0	230,0	230,0	67,5	67,9	69,1	3,407	3,387	3,329
<i>N2</i>	229,4	229,1	229,4	66,3	65,4	66,4	3,460	3,503	3,455
<i>N3</i>	229,4	229,2	229,4	67,2	65,6	65,3	3,414	3,494	3,513
<i>N4</i>	229,6	229,6	229,6	65,4	65,5	66,5	3,511	3,505	3,453
Prozvučování po délce vzorku				$f_u$ :500 kHz			Akustická vazba: vazelína		
<i>N1</i>	230,0	230,0	230,0	67,7	67,2	69,0	3,397	3,423	3,333
<i>N2</i>	229,4	229,1	229,4	61,4	64,8	65,2	3,736	3,535	3,518
<i>N3</i>	229,4	229,2	229,4	67,7	69,7	68,7	3,388	3,288	3,339
<i>N4</i>	229,6	229,6	229,6	64,4	68,6	70,3	3,565	3,347	3,266
Vzorek:		KŘEMENNÉ SKLO: 230 x 114 x 76 mm							
Prozvučování po délce vzorku				$f_u$ :54 kHz			Akustická vazba: vazelína		
<i>H1</i>	229,3	229,2	229,3	64,7	65,2	63,5	3,544	3,515	3,611
<i>H2</i>	229,7	229,6	229,7	64,9	65,3	62,3	3,539	3,516	3,687
<i>H3</i>	229,8	229,9	230,2	67,1	68,5	69,0	3,425	3,356	3,336
<i>H4</i>	229,4	229,4	229,5	66,6	69,2	70,2	3,444	3,315	3,269
Prozvučování po délce vzorku				$f_u$ :150 kHz			Akustická vazba: vazelína		
<i>H1</i>	229,3	229,2	229,3	67,9	69,9	66,8	3,377	3,279	3,433
<i>H2</i>	229,7	229,6	229,7	68,7	69,5	66,4	3,344	3,304	3,459
<i>H3</i>	229,8	229,9	230,2	70,3	71,6	73,2	3,269	3,211	3,145
<i>H4</i>	229,4	229,4	229,5	69,3	75,2	73,5	3,310	3,051	3,122
Prozvučování po délce vzorku				$f_u$ :500 kHz			Akustická vazba: vazelína		
<i>H1</i>	229,3	229,2	229,3	69,3	68,7	67,7	3,309	3,336	3,387
<i>H2</i>	229,7	229,6	229,7	68,2	69,2	66,9	3,368	3,318	3,433
<i>H3</i>	229,8	229,9	230,2	70,9	71,2	74,0	3,241	3,229	3,111
<i>H4</i>	229,4	229,4	229,5	76,2	74,8	75,3	3,010	3,067	3,048

Tabulka 39: Výsledky měření pro sledování vlivu vlastního kmitočtu sond – tvarovky z křemenného skla.

Vzorek:		KŘEMENNÉ SKLO: 230 x 114 x 64 mm														
		Prozvučování po šířce					$f_{\nu}$ : 54 kHz					Akustická vazba: vazelína				
Ozn. vzorku	$\check{S}_1$	$\check{S}_2$	$\check{S}_3$	$\check{S}_4$	$\check{S}_5$	$T_1$	$T_2$	$T_3$	$T_4$	$T_5$	$V_1$	$V_2$	$V_3$	$V_4$	$V_5$	
	[mm]					[μs]					[km/s]					
V91	114,1	114,1	114,1	114,1	114,1	31,3	31,1	31,4	31,5	32,1	3,645	3,669	3,634	3,622	3,555	
V92	114,3	114,2	114,3	114,3	114,4	31,7	31,9	32,3	31,8	32,2	3,606	3,580	3,539	3,594	3,553	
V93	114,0	113,9	113,9	114,0	114,0	31,7	31,6	30,9	31,4	31,2	3,596	3,604	3,686	3,631	3,654	
V94	114,6	114,6	114,5	114,5	114,5	33,0	32,0	32,0	32,2	32,0	3,473	3,581	3,578	3,556	3,578	
V95	114,0	113,9	114,0	114,0	114,0	32,3	31,3	31,5	31,8	32,0	3,529	3,639	3,619	3,585	3,563	
		Prozvučování po šířce					$f_{\nu}$ : 150 kHz					Akustická vazba: vazelína				
V91	114,1	114,1	114,1	114,1	114,1	33,1	32,7	32,5	32,9	34,0	3,447	3,489	3,511	3,468	3,356	
V92	114,3	114,2	114,3	114,3	114,4	33,4	33,8	33,1	32,7	33,7	3,422	3,379	3,453	3,495	3,395	
V93	114,0	113,9	113,9	114,0	114,0	33,0	32,7	32,5	32,1	32,3	3,455	3,483	3,505	3,551	3,529	
V94	114,6	114,6	114,5	114,5	114,5	34,1	33,4	32,8	33,0	33,3	3,361	3,431	3,491	3,470	3,438	
V95	114,0	113,9	114,0	114,0	114,0	33,1	32,8	32,4	32,5	33,3	3,444	3,473	3,519	3,508	3,423	
		Prozvučování po šířce					$f_{\nu}$ : 500 kHz					Akustická vazba: vazelína				
V91	114,1	114,1	114,1	114,1	114,1	30,3	30,2	30,4	30,8	31,7	3,766	3,778	3,753	3,705	3,599	
V92	114,3	114,2	114,3	114,3	114,4	30,7	30,9	30,8	31,3	31,0	3,723	3,696	3,711	3,652	3,690	
V93	114,0	113,9	113,9	114,0	114,0	30,1	30,3	30,3	30,0	29,5	3,787	3,759	3,759	3,800	3,864	
V94	114,6	114,6	114,5	114,5	114,5	31,7	30,9	30,8	31,2	30,7	3,615	3,709	3,718	3,670	3,730	
V95	114,0	113,9	114,0	114,0	114,0	30,5	30,3	30,3	30,2	30,6	3,738	3,759	3,762	3,775	3,725	
Vzorek:		KŘEMENNÉ SKLO: 230 x 114 x 76 mm														
		Prozvučování po šířce					$f_{\nu}$ : 54 kHz					Akustická vazba: vazelína				
V71	114,1	114,1	114,0	114,0	114,1	32,6	32,6	32,0	32,5	32,3	3,500	3,500	3,563	3,508	3,533	
V72	114,4	114,4	114,4	114,4	114,4	32,5	32,0	31,6	31,9	33,0	3,520	3,575	3,620	3,586	3,467	
V73	114,0	114,0	114,0	114,0	114,0	31,7	31,1	31,1	31,2	32,4	3,596	3,666	3,666	3,654	3,519	
V74	114,3	114,3	114,2	114,2	114,2	31,2	31,2	31,6	31,0	31,4	3,663	3,663	3,614	3,684	3,637	
V75	114,2	114,2	114,1	114,1	114,1	31,5	30,8	30,3	31,0	31,1	3,625	3,708	3,766	3,681	3,669	

Tabulka 39: Pokračování

Prozvučování po šířce						$f_{\nu}$ :150 kHz					Akustická vazba:vazelná				
<i>V71</i>	114,1	114,1	114,0	114,0	114,1	33,8	33,4	33,7	33,6	34,6	3,376	3,416	3,383	3,393	3,298
<i>V72</i>	114,4	114,4	114,4	114,4	114,4	32,7	32,6	32,6	32,4	33,2	3,498	3,509	3,509	3,531	3,446
<i>V73</i>	114,0	114,0	114,0	114,0	114,0	32,2	31,8	32,5	32,2	33,5	3,540	3,585	3,508	3,540	3,403
<i>V74</i>	114,3	114,3	114,2	114,2	114,2	32,1	31,6	31,8	32,1	33,1	3,561	3,617	3,591	3,558	3,450
<i>V75</i>	114,2	114,2	114,1	114,1	114,1	32,2	31,2	31,4	30,9	32,2	3,547	3,660	3,634	3,693	3,543
Prozvučování po šířce						$f_{\nu}$ :500 kHz					Akustická vazba:vazelná				
<i>V71</i>	114,1	114,1	114,0	114,0	114,1	31,0	31,0	31,0	31,0	31,7	3,681	3,681	3,677	3,677	3,599
<i>V72</i>	114,4	114,4	114,4	114,4	114,4	30,9	30,5	30,4	30,3	31,1	3,702	3,751	3,763	3,776	3,678
<i>V73</i>	114,0	114,0	114,0	114,0	114,0	30,3	30,2	30,3	30,1	31,0	3,762	3,775	3,762	3,787	3,677
<i>V74</i>	114,3	114,3	114,2	114,2	114,2	29,8	30,0	29,7	29,9	30,2	3,836	3,810	3,845	3,819	3,781
<i>V75</i>	114,2	114,2	114,1	114,1	114,1	29,7	29,4	29,3	29,4	29,6	3,845	3,884	3,894	3,881	3,855
Prozvučování po šířce						$f_{\nu}$ :54 kHz					Akustická vazba:vazelná				
Ozn. vzorku	$\check{S}_1$	$\check{S}_2$	$\check{S}_3$	$\check{S}_4$	$\check{S}_5$	$T_1$	$T_2$	$T_3$	$T_4$	$T_5$	$V_1$	$V_2$	$V_3$	$V_4$	$V_5$
	[mm]					[μs]					[km/s]				
<i>N1</i>	114,4	114,4	114,4	114,4	114,4	32,0	31,9	31,6	32,1	32,8	3,575	3,586	3,620	3,564	3,488
<i>N2</i>	114,0	113,9	114,0	113,9	114,0	30,6	30,3	30,8	30,8	31,0	3,725	3,759	3,701	3,698	3,677
<i>N3</i>	114,6	114,6	114,6	114,6	114,6	31,1	31,0	31,2	31,5	32,2	3,685	3,697	3,673	3,638	3,559
<i>N4</i>	114,4	114,4	114,3	114,3	114,3	30,9	30,4	31,1	31,4	31,9	3,702	3,763	3,675	3,640	3,583
Prozvučování po šířce						$f_{\nu}$ :150 kHz					Akustická vazba:vazelná				
<i>N1</i>	114,4	114,4	114,4	114,4	114,4	33,6	33,7	33,4	33,9	34,4	3,405	3,395	3,425	3,375	3,326
<i>N2</i>	114,0	113,9	114,0	113,9	114,0	32,7	32,2	32,4	32,9	33,2	3,486	3,537	3,519	3,462	3,434
<i>N3</i>	114,6	114,6	114,6	114,6	114,6	32,4	32,4	32,8	33,1	34,0	3,537	3,537	3,494	3,462	3,371
<i>N4</i>	114,4	114,4	114,3	114,3	114,3	33,0	32,1	32,1	32,6	33,5	3,467	3,564	3,561	3,506	3,412
Prozvučování po šířce						$f_{\nu}$ :500 kHz					Akustická vazba:vazelná				
<i>N1</i>	114,4	114,4	114,4	114,4	114,4	31,1	30,9	30,8	31,0	31,6	3,678	3,702	3,714	3,690	3,620
<i>N2</i>	114,0	113,9	114,0	113,9	114,0	30,2	30,0	30,1	30,3	29,9	3,775	3,797	3,787	3,759	3,813
<i>N3</i>	114,6	114,6	114,6	114,6	114,6	30,5	30,5	30,3	30,6	30,9	3,757	3,757	3,782	3,745	3,709
<i>N4</i>	114,4	114,4	114,3	114,3	114,3	29,3	29,7	30,3	30,3	30,5	3,904	3,852	3,772	3,772	3,748

Tabulka 40: Výsledky měření pro sledování vlivu vlastního kmitočtu sond – tvarovky z křemenného skla.

Vzorek:		KŘEMENNÉ SKLO: 230 x 114 x 76 mm														
		Prozvučování po šířce					$f_{\nu}$ :54 kHz					Akustická vazba: vazelná				
Ozn. vzorku	$\check{S}_1$	$\check{S}_2$	$\check{S}_3$	$\check{S}_4$	$\check{S}_5$	$T_1$	$T_2$	$T_3$	$T_4$	$T_5$	$V_1$	$V_2$	$V_3$	$V_4$	$V_5$	
	[mm]					[μs]					[km/s]					
<i>H1</i>	113,9	113,9	113,9	113,9	113,9	32,0	30,9	30,3	30,2	31,1	3,559	3,686	3,759	3,772	3,662	
<i>H2</i>	114,3	114,3	114,3	114,3	114,3	31,6	31,3	30,8	31,6	32,0	3,617	3,652	3,711	3,617	3,572	
<i>H3</i>	114,3	114,2	114,2	114,2	114,3	32,8	32,0	32,3	32,6	34,5	3,485	3,569	3,536	3,503	3,313	
<i>H4</i>	114,1	114,1	114,0	114,0	114,1	32,5	31,3	32,5	32,7	34,0	3,511	3,645	3,508	3,486	3,356	
		Prozvučování po šířce					$f_{\nu}$ :150 kHz					Akustická vazba: vazelná				
<i>H1</i>	113,9	113,9	113,9	113,9	113,9	34,5	33,5	32,8	32,7	34,7	3,301	3,400	3,473	3,483	3,282	
<i>H2</i>	114,3	114,3	114,3	114,3	114,3	33,8	33,0	32,4	33,0	34,1	3,382	3,464	3,528	3,464	3,352	
<i>H3</i>	114,3	114,2	114,2	114,2	114,3	34,4	33,4	33,8	35,1	38,0	3,323	3,419	3,379	3,254	3,008	
<i>H4</i>	114,1	114,1	114,0	114,0	114,1	36,3	34,6	36,0	35,9	36,8	3,143	3,298	3,167	3,175	3,101	
		Prozvučování po šířce					$f_{\nu}$ :500 kHz					Akustická vazba: vazelná				
<i>H1</i>	113,9	113,9	113,9	113,9	113,9	31,6	30,0	29,5	30,3	31,6	3,604	3,797	3,861	3,759	3,604	
<i>H2</i>	114,3	114,3	114,3	114,3	114,3	30,2	30,2	30,1	29,9	30,4	3,785	3,785	3,797	3,823	3,760	
<i>H3</i>	114,3	114,2	114,2	114,2	114,3	36,5	30,7	31,2	31,8	37,4	3,132	3,720	3,660	3,591	3,056	
<i>H4</i>	114,1	114,1	114,0	114,0	114,1	36,5	34,9	35,9	36,6	37,7	3,126	3,269	3,175	3,115	3,027	

114

Tabulka 41: Výsledky měření pro sledování vlivu vlastního kmitočtu sond – tvarovky z křemenného skla.

Vzorek:		KŘEMENNÉ SKLO: 230 x 114 x 64 mm														
		Prozvučování po výšce					$f_{\nu}$ :54 kHz					Akustická vazba: vazelná				
Ozn. vzorku	$H_1$	$H_2$	$H_3$	$H_4$	$H_5$	$T_1$	$T_2$	$T_3$	$T_4$	$T_5$	$V_1$	$V_2$	$V_3$	$V_4$	$V_5$	
	[mm]					[μs]					[km/s]					
<i>V91</i>	63,1	63,2	63,2	63,2	63,2	17,1	17,0	17,0	17,0	17,0	3,690	3,718	3,718	3,718	3,718	
<i>V92</i>	63,0	63,0	62,9	62,9	62,9	16,9	16,9	17,1	17,1	17,1	3,728	3,728	3,678	3,678	3,678	
<i>V93</i>	63,3	63,3	63,4	63,4	63,5	17,0	17,1	17,0	17,1	17,1	3,724	3,702	3,729	3,708	3,713	
<i>V94</i>	63,1	63,0	63,1	63,1	63,2	17,7	17,0	17,0	17,0	17,0	3,565	3,706	3,712	3,712	3,718	
<i>V95</i>	63,2	63,2	63,2	63,2	63,2	17,1	17,0	17,1	17,1	17,3	3,696	3,718	3,696	3,696	3,653	

Tabulka 41: Pokračování A

Prozvučování po výšce						$f_{\text{L}}$ :150 kHz					Akustická vazba:vazelná				
V91	63,1	63,2	63,2	63,2	63,2	17,6	17,8	17,5	17,5	17,5	3,585	3,551	3,611	3,611	3,611
V92	63,0	63,0	62,9	62,9	62,9	17,9	17,3	17,7	17,8	17,9	3,520	3,642	3,554	3,534	3,514
V93	63,3	63,3	63,4	63,4	63,5	17,6	17,4	17,4	17,8	17,8	3,597	3,638	3,644	3,562	3,567
V94	63,1	63,0	63,1	63,1	63,2	18,1	17,6	17,3	17,2	17,3	3,486	3,580	3,647	3,669	3,653
V95	63,2	63,2	63,2	63,2	63,2	17,3	17,3	17,3	17,8	17,3	3,653	3,653	3,653	3,551	3,653
Prozvučování po výšce						$f_{\text{L}}$ :500 kHz					Akustická vazba:vazelná				
V91	63,1	63,2	63,2	63,2	63,2	16,4	16,4	16,4	16,2	16,4	3,848	3,854	3,854	3,901	3,854
V92	63,0	63,0	62,9	62,9	62,9	16,4	16,4	16,4	16,4	16,7	3,841	3,841	3,835	3,835	3,766
V93	63,3	63,3	63,4	63,4	63,5	16,4	16,4	16,4	16,3	16,2	3,860	3,860	3,866	3,890	3,920
V94	63,1	63,0	63,1	63,1	63,2	16,8	16,4	16,3	16,4	16,3	3,756	3,841	3,871	3,848	3,877
V95	63,2	63,2	63,2	63,2	63,2	16,4	16,2	16,2	16,4	16,3	3,854	3,901	3,901	3,854	3,877
Vzorek:						KŘEMENNÉ SKLO: 230 x 114 x 76 mm									
Prozvučování po výšce						$f_{\text{L}}$ :54 kHz					Akustická vazba:vazelná				
V71	75,9	75,8	75,8	75,8	75,9	21,3	21,2	21,3	21,4	21,3	3,563	3,575	3,559	3,542	3,563
V72	75,3	75,3	75,2	75,2	75,3	20,8	20,5	20,5	20,7	20,9	3,620	3,673	3,668	3,633	3,603
V73	75,1	75,0	75,0	75,0	75,0	20,6	20,6	20,4	20,8	21,2	3,646	3,641	3,676	3,606	3,538
V74	75,4	75,3	75,2	75,2	75,3	20,5	20,9	20,5	20,7	20,6	3,678	3,603	3,668	3,633	3,655
V75	74,8	74,7	74,7	74,7	74,8	20,3	20,1	20,1	20,1	20,1	3,685	3,716	3,716	3,716	3,721
Prozvučování po výšce						$f_{\text{L}}$ :150 kHz					Akustická vazba:vazelná				
V71	75,9	75,8	75,8	75,8	75,9	22,2	21,9	21,8	22,0	22,1	3,419	3,461	3,477	3,445	3,434
V72	75,3	75,3	75,2	75,2	75,3	21,4	20,8	21,5	21,6	21,4	3,519	3,620	3,498	3,481	3,519
V73	75,1	75,0	75,0	75,0	75,0	20,9	20,9	20,7	21,1	21,4	3,593	3,589	3,623	3,555	3,505
V74	75,4	75,3	75,2	75,2	75,3	21,1	21,3	20,9	21,0	20,9	3,573	3,535	3,598	3,581	3,603
V75	74,8	74,7	74,7	74,7	74,8	20,7	20,5	20,9	20,5	20,4	3,614	3,644	3,574	3,644	3,667
Prozvučování po výšce						$f_{\text{L}}$ :500 kHz					Akustická vazba:vazelná				
V71	75,9	75,8	75,8	75,8	75,9	20,3	20,4	20,4	20,2	20,2	3,739	3,716	3,716	3,752	3,757
V72	75,3	75,3	75,2	75,2	75,3	19,9	19,6	19,3	19,9	19,8	3,784	3,842	3,896	3,779	3,803
V73	75,1	75,0	75,0	75,0	75,0	19,9	19,7	19,6	19,5	19,9	3,774	3,807	3,827	3,846	3,769
V74	75,4	75,3	75,2	75,2	75,3	19,6	19,6	19,5	19,3	19,5	3,847	3,842	3,856	3,896	3,862
V75	74,8	74,7	74,7	74,7	74,8	19,3	19,1	19,4	19,4	19,4	3,876	3,911	3,851	3,851	3,856

Tabulka 41: Pokračování B

Vzorek:						KŘEMENNÉ SKLO: 230 x 114 x 76 mm									
Prozvučování po výšce						$f_{\nu}$ :54 kHz					Akustická vazba:vazelná				
<i>N1</i>	75,2	75,1	75,0	75,0	75,1	20,7	20,9	20,7	20,8	21,1	3,633	3,593	3,623	3,606	3,559
<i>N2</i>	75,0	75,0	75,1	75,1	75,2	20,2	20,2	20,5	20,1	20,4	3,713	3,713	3,663	3,736	3,686
<i>N3</i>	75,0	75,0	75,1	75,1	75,1	20,4	20,6	20,6	20,5	20,9	3,676	3,641	3,646	3,663	3,593
<i>N4</i>	74,9	74,8	74,7	74,8	74,8	20,1	20,1	20,3	20,3	20,3	3,726	3,721	3,680	3,685	3,685
Prozvučování po výšce						$f_{\nu}$ :150 kHz					Akustická vazba:vazelná				
<i>N1</i>	75,2	75,1	75,0	75,0	75,1	21,7	22,2	22,0	21,7	22,3	3,465	3,383	3,409	3,456	3,368
<i>N2</i>	75,0	75,0	75,1	75,1	75,2	21,4	21,0	21,4	21,5	21,4	3,505	3,571	3,509	3,493	3,514
<i>N3</i>	75,0	75,0	75,1	75,1	75,1	21,7	21,6	21,5	22,0	21,6	3,456	3,472	3,493	3,414	3,477
<i>N4</i>	74,9	74,8	74,7	74,8	74,8	21,0	21,1	21,3	21,4	21,5	3,567	3,545	3,507	3,495	3,479
Prozvučování po výšce						$f_{\nu}$ :500 kHz					Akustická vazba:vazelná				
<i>N1</i>	75,2	75,1	75,0	75,0	75,1	20,1	20,2	20,3	20,3	20,6	3,741	3,718	3,695	3,695	3,646
<i>N2</i>	75,0	75,0	75,1	75,1	75,2	19,8	19,6	19,8	19,8	19,4	3,788	3,827	3,793	3,793	3,876
<i>N3</i>	75,0	75,0	75,1	75,1	75,1	19,9	20,1	20,2	20,0	20,2	3,769	3,731	3,718	3,755	3,718
<i>N4</i>	74,9	74,8	74,7	74,8	74,8	19,8	19,7	19,9	19,9	20,0	3,783	3,797	3,754	3,759	3,740
Prozvučování po výšce						$f_{\nu}$ :54 kHz					Akustická vazba:vazelná				
<i>H1</i>	74,8	74,7	74,7	74,8	74,9	20,3	20,2	20,2	19,8	20,2	3,685	3,698	3,698	3,778	3,708
<i>H2</i>	75,2	75,0	74,9	74,8	74,9	20,4	19,8	20,0	19,6	20,5	3,686	3,788	3,745	3,816	3,654
<i>H3</i>	75,1	75,1	75,1	75,2	75,3	20,1	20,2	21,2	21,1	20,8	3,736	3,718	3,542	3,564	3,620
<i>H4</i>	74,9	74,8	74,7	74,7	74,7	20,6	20,5	20,4	20,5	21,4	3,636	3,649	3,662	3,644	3,491
Prozvučování po výšce						$f_{\nu}$ :150 kHz					Akustická vazba:vazelná				
<i>H1</i>	74,8	74,7	74,7	74,8	74,9	22,0	21,7	21,5	21,5	22,3	3,400	3,442	3,474	3,479	3,359
<i>H2</i>	75,2	75,0	74,9	74,8	74,9	21,7	21,3	21,2	21,4	21,5	3,465	3,521	3,533	3,495	3,484
<i>H3</i>	75,1	75,1	75,1	75,2	75,3	22,1	22,6	22,7	22,1	22,7	3,398	3,323	3,308	3,403	3,317
<i>H4</i>	74,9	74,8	74,7	74,7	74,7	22,5	22,2	22,5	23,0	22,5	3,329	3,369	3,320	3,248	3,320
Prozvučování po výšce						$f_{\nu}$ :500 kHz					Akustická vazba:vazelná				
<i>H1</i>	74,8	74,7	74,7	74,8	74,9	19,4	19,7	19,1	19,3	19,3	3,856	3,792	3,911	3,876	3,881
<i>H2</i>	75,2	75,0	74,9	74,8	74,9	19,3	19,5	19,1	19,2	19,3	3,896	3,846	3,921	3,896	3,881
<i>H3</i>	75,1	75,1	75,1	75,2	75,3	19,6	19,9	20,2	19,8	20,2	3,832	3,774	3,718	3,798	3,728
<i>H4</i>	74,9	74,8	74,7	74,7	74,7	19,7	19,8	19,7	20,0	20,2	3,802	3,778	3,792	3,735	3,698

Příloha P4: Výsledky měření žárovzdorných tvarovek pro sledování vlivu materiálu akustické vazby (tabulky 42 až 45).

Tabulka 42: Výsledky měření pro sledování vlivu materiálu akustické vazby – dinasové tvarovky.

Vzorek:				DINAS: 230 x 114 x 76 mm					
Prozvučování po délce vzorku				$f_{\mu}$ : 54 kHz			Akustická vazba: <i>plastelína</i>		
Ozn. vzorku	$L_1$	$L_2$	$L_3$	$T_1$	$T_2$	$T_3$	$V_1$	$V_2$	$V_3$
	[mm]			[μs]			[km/s]		
<i>D101</i>	230,6	230,6	230,6	106,9	108,4	110,2	2,157	2,127	2,093
<i>D102</i>	231,4	231,5	231,4	114,7	113,7	112,1	2,017	2,036	2,064
<i>D103</i>	230,6	230,5	230,5	109,8	109,7	108,7	2,100	2,101	2,121
<i>D104</i>	231,4	231,4	231,4	115,2	113,4	112,6	2,009	2,041	2,055
<i>D105</i>	231,5	231,4	231,4	115,4	114,7	113,2	2,006	2,017	2,044
Prozvučování po délce vzorku				$f_{\mu}$ : 54 kHz			Akustická vazba: <i>vazelína</i>		
<i>D101</i>	230,6	230,6	230,6	107,3	109,1	110,5	2,149	2,114	2,087
<i>D102</i>	231,4	231,5	231,4	113,8	112,0	111,0	2,033	2,067	2,085
<i>D103</i>	230,6	230,5	230,5	109,2	108,9	108,3	2,112	2,117	2,128
<i>D104</i>	231,4	231,4	231,4	114,5	114,1	112,6	2,021	2,028	2,055
<i>D105</i>	231,5	231,4	231,4	114,2	113,6	113,1	2,027	2,037	2,046
Vzorek:				DINAS: 230 x 114 x 100 mm					
Prozvučování po délce vzorku				$f_{\mu}$ : 54 kHz			Akustická vazba: <i>plastelína</i>		
<i>D106</i>	230,4	230,5	230,5	108,3	108,7	109,3	2,127	2,121	2,109
<i>D107</i>	230,4	230,4	230,5	108,1	108,6	109,8	2,131	2,122	2,099
<i>D108</i>	231,4	231,5	231,4	109,5	110,0	109,4	2,113	2,105	2,115
<i>D109</i>	230,5	230,6	230,5	110,4	111,2	111,4	2,088	2,074	2,069
<i>D110</i>	231,3	231,5	231,5	109,3	109,9	110,0	2,116	2,106	2,105
Prozvučování po délce vzorku				$f_{\mu}$ : 54 kHz			Akustická vazba: <i>vazelína</i>		
<i>D106</i>	230,4	230,5	230,5	108,7	109,0	109,5	2,120	2,115	2,105
<i>D107</i>	230,4	230,4	230,5	107,7	109,3	110,0	2,139	2,108	2,095
<i>D108</i>	231,4	231,5	231,4	110,7	112,0	110,9	2,090	2,067	2,087
<i>D109</i>	230,5	230,6	230,5	110,1	111,6	111,2	2,094	2,066	2,073
<i>D110</i>	231,3	231,5	231,5	109,2	110,5	109,5	2,118	2,095	2,114
Vzorek:				DINAS: 230 x 114 x 150 mm					
Prozvučování po délce vzorku				$f_{\mu}$ : 54 kHz			Akustická vazba: <i>plastelína</i>		
<i>D121</i>	230,4	230,4	230,4	110,1	111,8	113,7	2,093	2,061	2,026
<i>D122</i>	231,0	231,1	231,2	111,8	111	109,4	2,066	2,082	2,113
<i>D123</i>	231,2	231,2	231,2	117,9	118,8	118,4	1,961	1,946	1,953
<i>D124</i>	231,4	231,4	231,4	115	115,2	117,7	2,012	2,009	1,966
<i>D125</i>	231,2	231,2	231,3	115,8	116,9	118,3	1,997	1,978	1,955
Prozvučování po délce vzorku				$f_{\mu}$ : 54 kHz			Akustická vazba: <i>vazelína</i>		
<i>D121</i>	230,4	230,4	230,4	108,2	110,8	112,6	2,129	2,079	2,046
<i>D122</i>	231,0	231,1	231,2	109,5	110,0	110,8	2,110	2,101	2,087
<i>D123</i>	231,2	231,2	231,2	117,7	117,5	119,0	1,964	1,968	1,943
<i>D124</i>	231,4	231,4	231,4	114,5	115,1	115,8	2,021	2,010	1,998
<i>D125</i>	231,2	231,2	231,3	115,7	116,7	117,5	1,998	1,981	1,969

Tabulka 43: Výsledky měření pro sledování vlivu materiálu akustické vazby – dinasové tvarovky.

Vzorek:					DINAS: 230 x 114 x 76 mm								
Prozvučování po šířce					$f_{\nu}$ : 54 kHz				Akustická vazba: plastelína				
Ozn. vzorku	$\check{S}_1$	$\check{S}_2$	$\check{S}_3$	$\check{S}_4$	$T_1$	$T_2$	$T_3$	$T_4$	$V_1$	$V_2$	$V_3$	$V_4$	
	[mm]				[μs]				[km/s]				
D101	114,7	114,6	114,6	114,6	54,0	53,3	53,6	54,3	2,124	2,150	2,138	2,110	
D102	114,5	114,4	114,4	114,3	55,9	55,2	55,0	55,4	2,048	2,072	2,080	2,063	
D103	114,2	114,1	114,1	114,1	53,4	53,1	52,5	53,4	2,139	2,149	2,173	2,137	
D104	114,1	114,1	114,3	114,1	55,1	55,3	55,2	54,8	2,071	2,063	2,071	2,082	
D105	114,4	114,4	114,5	114,3	56,3	55,3	55,1	55,4	2,032	2,069	2,078	2,063	
Prozvučování po šířce					$f_{\nu}$ : 54 kHz				Akustická vazba: vazelína				
D101	114,7	114,6	114,6	114,6	54,0	53,3	53,6	54,3	2,124	2,150	2,138	2,110	
D102	114,5	114,4	114,4	114,3	55,9	55,2	55,0	55,4	2,048	2,072	2,080	2,063	
D103	114,2	114,1	114,1	114,1	53,4	53,1	52,5	53,4	2,139	2,149	2,173	2,137	
D104	114,1	114,1	114,3	114,1	55,1	55,3	55,2	54,8	2,071	2,063	2,071	2,082	
D105	114,4	114,4	114,5	114,3	56,3	55,3	55,1	55,4	2,032	2,069	2,078	2,063	
Vzorek:					DINAS: 230 x 114 x 100 mm								
Prozvučování po šířce					$f_{\nu}$ : 54 kHz				Akustická vazba: plastelína				
D106	114,4	114,5	114,5	114,5	52,6	53,4	53,3	54,1	2,175	2,144	2,148	2,116	
D107	114,3	114,3	114,3	114,3	53,9	53,6	53	52,9	2,121	2,132	2,157	2,161	
D108	114,4	114,5	114,5	114,6	54	54,1	54	53,3	2,119	2,116	2,120	2,150	
D109	114,4	114,5	114,4	114,6	53,7	54,2	54,4	55,3	2,130	2,113	2,103	2,072	
D110	114,6	114,5	114,3	114,3	54,1	53,7	53,5	53,4	2,118	2,132	2,136	2,140	
Prozvučování po šířce					$f_{\nu}$ : 54 kHz				Akustická vazba: vazelína				
D106	114,4	114,5	114,5	114,5	52,2	52,6	53,8	54,1	2,192	2,177	2,128	2,116	
D107	114,3	114,3	114,3	114,3	53,4	53,3	53,2	52,9	2,140	2,144	2,148	2,161	
D108	114,4	114,5	114,5	114,6	54,4	54,0	54,5	53,4	2,103	2,120	2,101	2,146	
D109	114,4	114,5	114,4	114,6	52,7	53,9	54,5	55,6	2,171	2,124	2,099	2,061	
D110	114,6	114,5	114,3	114,3	53,7	53,4	53,6	53,2	2,134	2,144	2,132	2,148	

Tabulka 43: Pokračování

Vzorek:					DINAS: 230 x 114 x 150 mm							
Prozvučování po šířce					$f_{\nu}$ -54 kHz				Akustická vazba: plastelína			
D121	114,5	114,7	114,7	114,5	54,7	54,9	55,6	55,7	2,093	2,089	2,063	2,056
D122	114,3	114,3	114,2	114,2	54,2	55,0	54,3	53,8	2,109	2,078	2,103	2,123
D123	114,4	114,5	114,5	114,4	57,6	57,8	57,2	57,0	1,986	1,981	2,002	2,007
D124	114,5	114,4	114,4	114,3	56,0	56,6	56,6	54,9	2,045	2,021	2,021	2,082
D125	114,4	114,4	114,5	114,5	57,7	59,4	56,2	55,5	1,983	1,926	2,037	2,063
Prozvučování po šířce					$f_{\nu}$ -54 kHz				Akustická vazba: vazelína			
D121	114,5	114,7	114,7	114,5	55,2	54,7	55,5	55,4	2,074	2,097	2,067	2,067
D122	114,3	114,3	114,2	114,2	54,1	55,0	53,8	54,2	2,113	2,078	2,123	2,107
D123	114,4	114,5	114,5	114,4	56,4	57,6	57,2	56,2	2,028	1,988	2,002	2,036
D124	114,5	114,4	114,4	114,3	55,9	55,7	56,0	54,5	2,048	2,054	2,043	2,097
D125	114,4	114,4	114,5	114,5	57,4	58,9	55,3	54,7	1,993	1,942	2,071	2,093

Tabulka 44: Výsledky měření pro sledování vlivu materiálu akustické vazby – dinasové tvarovky.

Vzorek:					DINAS: 230 x 114 x 76 mm							
Prozvučování po výšce					$f_{\nu}$ -54 kHz				Akustická vazba: plastelína			
Ozn. vzorku	$H_1$	$H_2$	$H_3$	$H_4$	$T_1$	$T_2$	$T_3$	$T_4$	$V_1$	$V_2$	$V_3$	$V_4$
	[mm]				[μs]				[km/s]			
D101	76,4	76,3	76,3	76,2	39,0	38,5	38,3	38,3	1,959	1,982	1,992	1,990
D102	76,3	76,2	76,2	76,2	39,6	39,4	39,6	38,2	1,927	1,934	1,924	1,995
D103	76,6	76,6	76,5	76,4	38,0	38,0	37,8	37,5	2,016	2,016	2,024	2,037
D104	76,1	76,1	76,2	76,2	39,7	39,1	39,3	39,2	1,917	1,946	1,939	1,944
D105	76,0	76,0	76,0	76,0	40,4	39,0	39,7	39,7	1,881	1,949	1,914	1,914
Prozvučování po výšce					$f_{\nu}$ -54 kHz				Akustická vazba: vazelína			
D101	76,4	76,3	76,3	76,2	39,2	38,1	38,1	38,1	1,949	2,003	2,003	2,000
D102	76,3	76,2	76,2	76,2	39,3	38,8	39,2	38,4	1,941	1,964	1,944	1,984
D103	76,6	76,6	76,5	76,4	37,8	37,9	37,4	37,6	2,026	2,021	2,045	2,032
D104	76,1	76,1	76,2	76,2	39,7	39,3	39,4	39,3	1,917	1,936	1,934	1,939
D105	76,0	76,0	76,0	76,0	40,0	39,2	39,1	38,8	1,900	1,939	1,944	1,959

Tabulka 44: Pokračování

Vzorek:					DINAS: 230 x 114 x 100 mm							
Prozvučování po výšce					$f_{\nu}$ : 54 kHz				Akustická vazba: plastelína			
<i>D106</i>	100,5	100,6	100,7	100,6	49,4	50,6	49,7	51,2	2,034	1,988	2,026	1,965
<i>D107</i>	100,5	100,6	100,5	100,3	52,1	50,3	50,0	50,7	1,929	2,000	2,010	1,978
<i>D108</i>	100,8	100,9	100,8	100,7	50,9	51,0	50,6	50,1	1,980	1,978	1,992	2,010
<i>D109</i>	100,5	100,5	100,6	100,6	50,3	50,9	52,0	52,0	1,998	1,974	1,935	1,935
<i>D110</i>	100,3	100,4	100,4	100,6	50,8	50,0	50,4	49,7	1,974	2,008	1,992	2,024
Prozvučování po výšce					$f_{\nu}$ : 54 kHz				Akustická vazba: vazelína			
<i>D106</i>	100,5	100,6	100,7	100,6	49,4	50,3	49,4	50,8	2,034	2,000	2,038	1,980
<i>D107</i>	100,5	100,6	100,5	100,3	51,3	50,2	50,1	50,4	1,959	2,004	2,006	1,990
<i>D108</i>	100,8	100,9	100,8	100,7	51,1	51,6	51,3	50,0	1,973	1,955	1,965	2,014
<i>D109</i>	100,5	100,5	100,6	100,6	50,0	51,0	52,2	52,0	2,010	1,971	1,927	1,935
<i>D110</i>	100,3	100,4	100,4	100,6	50,9	50,1	50,5	49,7	1,971	2,004	1,988	2,024
Vzorek:					DINAS: 230 x 114 x 150 mm							
Prozvučování po výšce					$f_{\nu}$ : 54 kHz				Akustická vazba: plastelína			
Ozn. vzorku	$H_1$	$H_2$	$H_3$	$H_4$	$T_1$	$T_2$	$T_3$	$T_4$	$V_1$	$V_2$	$V_3$	$V_4$
	[mm]				[μs]				[km/s]			
<i>D121</i>	150,4	150,5	150,6	150,7	76,5	77,0	77,3	78,4	1,966	1,955	1,948	1,922
<i>D122</i>	150,7	150,8	150,8	150,8	76,1	76,4	75,9	76,0	1,980	1,974	1,987	1,984
<i>D123</i>	150,6	150,7	150,6	150,8	80,9	81,1	81,7	80,8	1,862	1,858	1,843	1,866
<i>D124</i>	150,9	150,9	150,8	150,9	79,5	79,1	79,3	77,9	1,898	1,908	1,902	1,937
<i>D125</i>	150,7	150,8	150,9	150,8	80,0	81,6	78,7	77,9	1,884	1,848	1,917	1,936
Prozvučování po výšce					$f_{\nu}$ : 54 kHz				Akustická vazba: vazelína			
<i>D121</i>	150,4	150,5	150,6	150,7	76,9	75,8	77,7	78,7	1,956	1,985	1,938	1,915
<i>D122</i>	150,7	150,8	150,8	150,8	75,6	76,3	75,4	75,9	1,993	1,976	2,000	1,987
<i>D123</i>	150,6	150,7	150,6	150,8	79,9	80,2	80,4	79,9	1,885	1,879	1,873	1,887
<i>D124</i>	150,9	150,9	150,8	150,9	78,9	78,3	78,4	77,6	1,913	1,927	1,923	1,945
<i>D125</i>	150,7	150,8	150,9	150,8	79,6	80,9	78,3	77,8	1,893	1,864	1,927	1,938

Tabulka 45: Výsledky měření pro sledování vlivu materiálu akustické vazby – tvarovky z křemenného skla.

Vzorek:				KŘEMENNÉ SKLO: 230 x 114 x 76 mm					
Prozvučování po délce vzorku				$f_v$ : 54 kHz			Akustická vazba: <i>plastelína</i>		
Ozn. vzorku	$L_1$	$L_2$	$L_3$	$T_1$	$T_2$	$T_3$	$V_1$	$V_2$	$V_3$
	[mm]			[μs]			[km/s]		
V141	210,1	230,2	230,1	63,9	64,1	64,5	3,288	3,591	3,567
V142	230,2	229,3	230,1	65,5	64,4	64,1	3,515	3,561	3,590
V143	229,8	229,9	229,9	63,2	62,9	62,3	3,636	3,655	3,690
V144	229,9	229,9	229,9	65,8	64,7	64,3	3,494	3,553	3,575
V145	230,3	230,2	230,2	65,5	65,5	65,3	3,516	3,515	3,525
V146	230,3	230,3	230,3	63,9	64,1	64,9	3,604	3,593	3,549
V147	229,9	229,9	230,0	66,8	66,1	66	3,442	3,478	3,485
V148	229,8	229,9	229,9	62,1	62,1	62,5	3,700	3,702	3,678
Prozvučování po délce vzorku				$f_v$ : 54 kHz			Akustická vazba: <i>vazelína</i>		
V141	210,1	230,2	230,1	64,1	64,1	64,4	3,278	3,591	3,573
V142	230,2	229,3	230,1	64,1	64,0	63,0	3,591	3,583	3,652
V143	229,8	229,9	229,9	62,3	62,1	61,7	3,689	3,702	3,726
V144	229,9	229,9	229,9	64,5	63,7	63,9	3,564	3,609	3,598
V145	230,3	230,2	230,2	64,5	64,5	64,7	3,571	3,569	3,558
V146	230,3	230,3	230,3	62,6	63,0	64,0	3,679	3,656	3,598
V147	229,9	229,9	230,0	66,0	65,5	65,5	3,483	3,510	3,511
V148	229,8	229,9	229,9	61,4	61,9	62,3	3,743	3,714	3,690

Tabulka 46: Výsledky měření pro sledování vlivu materiálu akustické vazby – tvarovky z křemenného skla.

Vzorek					KŘEMENNÉ SKLO: 230 x 114 x 76 mm							
Prozvučování po šifce					$f_{\mu}$ -54 kHz				Akustická vazba: plastelína			
Ozn. vzorku	$\check{S}_1$	$\check{S}_2$	$\check{S}_3$	$\check{S}_4$	$T_1$	$T_2$	$T_3$	$T_4$	$V_1$	$V_2$	$V_3$	$V_4$
	[mm]				[μs]				[km/s]			
V141	114,6	114,2	114,7	114,6	32,0	32,1	31,5	32,2	3,581	3,558	3,641	3,559
V142	114,6	114,5	114,5	114,5	31,2	31,3	31,2	31,5	3,673	3,658	3,670	3,635
V143	114,4	114,4	114,6	114,5	31,2	31,0	30,2	30,7	3,667	3,690	3,795	3,730
V144	114,3	114,3	114,3	114,3	31,4	31,6	31,3	31,9	3,640	3,617	3,652	3,583
V145	114,7	114,7	114,7	114,8	31,7	32,0	32,2	32,7	3,618	3,584	3,562	3,511
V146	114,7	114,8	114,8	114,8	32,0	31,6	31,4	31,9	3,584	3,633	3,656	3,599
V147	114,7	114,7	114,6	114,6	32,9	32,5	32,8	33,0	3,486	3,529	3,494	3,473
V148	114,2	114,2	114,2	114,2	30,2	30,2	30,3	31,1	3,781	3,781	3,769	3,672
Prozvučování po šifce					$f_{\mu}$ -54 kHz				Akustická vazba: vazelína			
V141	114,6	114,2	114,7	114,6	32,3	31,9	31,5	31,9	3,548	3,580	3,641	3,592
V142	114,6	114,5	114,5	114,5	30,9	30,8	30,9	31,5	3,709	3,718	3,706	3,635
V143	114,4	114,4	114,6	114,5	30,7	30,5	29,9	30,1	3,726	3,751	3,833	3,804
V144	114,3	114,3	114,3	114,3	31,0	31,1	31,2	31,7	3,687	3,675	3,663	3,606
V145	114,7	114,7	114,7	114,8	31,1	31,5	31,8	32,3	3,688	3,641	3,607	3,554
V146	114,7	114,8	114,8	114,8	32,1	30,9	30,7	31,5	3,573	3,715	3,739	3,644
V147	114,7	114,7	114,6	114,6	32,0	31,9	31,8	32,2	3,584	3,596	3,604	3,559
V148	114,2	114,2	114,2	114,2	29,8	29,8	30,1	30,8	3,832	3,832	3,794	3,708

Tabulka 46: Pokračování

Vzorek					KŘEMENNÉ SKLO: 230 x 114 x 76 mm							
Prozvučování po výšce					$f_{\nu}$ : 54 kHz				Akustická vazba: plastelína			
Ozn. vzorku	$H_1$	$H_2$	$H_3$	$H_4$	$T_1$	$T_2$	$T_3$	$T_4$	$V_1$	$V_2$	$V_3$	$V_4$
	[mm]				[μs]				[km/s]			
V141	75,3	75,2	75,2	75,3	21,2	21,3	21,0	21,2	3,552	3,531	3,581	3,552
V142	75,0	75,1	75,1	75,0	20,4	20,5	20,4	20,4	3,676	3,663	3,681	3,676
V143	75,0	75,0	74,9	75,0	20,3	20,0	19,5	19,8	3,695	3,750	3,841	3,788
V144	75,1	75,2	75,2	75,1	20,4	20,4	20,3	20,7	3,681	3,686	3,704	3,628
V145	75,5	75,5	75,5	75,5	21,1	21,1	21,1	21,4	3,578	3,578	3,578	3,528
V146	75,4	75,3	75,4	75,2	20,8	20,6	20,6	20,9	3,625	3,655	3,660	3,598
V147	75,7	75,7	75,7	75,6	21,5	21,3	21,2	21,5	3,521	3,554	3,571	3,516
V148	75,1	75,1	75,0	75,1	19,6	19,7	19,9	20,1	3,832	3,812	3,769	3,736
Prozvučování po výšce					$f_{\nu}$ : 54 kHz				Akustická vazba: vazelína			
V141	75,3	75,2	75,2	75,3	20,7	20,7	20,5	20,6	3,638	3,633	3,668	3,655
V142	75,0	75,1	75,1	75,0	20,4	20,5	20,4	20,5	3,676	3,663	3,681	3,659
V143	75,0	75,0	74,9	75,0	20,1	19,9	19,5	19,6	3,731	3,769	3,841	3,827
V144	75,1	75,2	75,2	75,1	20,5	20,2	20,3	20,7	3,663	3,723	3,704	3,628
V145	75,5	75,5	75,5	75,5	20,7	20,6	20,5	20,8	3,647	3,665	3,683	3,630
V146	75,4	75,3	75,4	75,2	20,3	20,4	20,3	20,5	3,714	3,691	3,714	3,668
V147	75,7	75,7	75,7	75,6	21,0	20,7	20,9	21,0	3,605	3,657	3,622	3,600
V148	75,1	75,1	75,0	75,1	19,4	19,5	19,7	20,0	3,871	3,851	3,807	3,755