



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ
V BRNĚ



FAKULTA
STAVEBNÍ ústav
stavebního zkušebnictví

ZÁVĚREČNÁ ZPRÁVA O VÝSLEDKÁCH EXPERIMENTU SHODNOSTI

PROGRAM ZKOUŠENÍ ZPŮSOBILOSTI

Zkoušení čerstvého betonu

ZČB 2018/2

Poskytovatel zkoušení způsobilosti při SZK FAST

Veveří 95, 602 00 Brno


Czech Republic

www.szk.fce.vutbr.cz, ptprovider.cz

Datum vydání: 29. 10. 2018

Vedoucí PoZZ, koordinátor PrZZ

Koordinátor hodnocení výsledků PrZZ


doc. Ing. Tomáš Vymazal, Ph.D.




Ing. Petr Misák, Ph.D.

Obsah

1 Úvod a důležité kontakty	3
2 Postupy statistické analýzy experimentu shodnosti	5
2.1 Numerický postup zjišťování odlehlých hodnot	5
2.1.1 Cochranův test	5
2.1.2 Grubbsův test – jedno odlehlé pozorování	6
2.2 Mandelovy statistiky	6
2.2.1 Mezilaboratorní statistika konzistence h	6
2.2.2 Vnitrolaboratorní statistika konzistence k	6
2.3 Výpočet odhadů rozptylů	6
2.3.1 Rozptyl opakovatelnosti	7
2.3.2 Mezilaboratorní rozptyl	7
2.3.3 Rozptyl reprodukovatelnosti	7
2.4 Opakovatelnost a reprodukovatelnost	7
2.5 Vztažná hodnota	7
2.6 Výpočet statistik výkonnosti	8
3 Závěry statistické analýzy	10
3.1 ČSN EN 12350-2 (Zkouška sednutím)	10
3.2 ČSN EN 12350-4 (Stanovení stupně zhutnitelnosti)	10
3.3 ČSN EN 12350-5 (Zkouška rozlitím)	10
3.4 ČSN EN 12350-6 (Stanovení objemové hmotnosti)	10
3.5 ČSN EN 12350-7 (Stanovení obsahu vzduchu)	11
3.6 ČSN EN 12350-8 (Zkouška sednutí-rozlitím)	11
3.7 ČSN EN 12350-9 (Zkouška V-nálevkou)	11
3.8 ČSN EN 12350-10 (Zkouška L-truhlíkem)	11
3.9 ČSN EN 12350-11 (Zkouška segregace při prosévání)	11
3.10 ČSN EN 12350-12 (Zkouška J-kroužkem)	11
Normativní dokumenty a odkazy	12
Příloha	13
1 Příloha – ČSN EN 12350-2 (Zkouška sednutím)	13
1.1 Výsledky zkoušek	13
1.2 Numerické zhodnocení odlehlých hodnot	13
1.3 Mandelovy statistiky konzistence	14
1.4 Vyhodnocení výkonnosti účastníků	15
2 Příloha – ČSN EN 12350-4 (Stanovení stupně zhutnitelnosti)	17
3 Příloha – ČSN EN 12350-5 (Zkouška rozlitím)	18
3.1 Výsledky zkoušek	18
3.2 Numerické zhodnocení odlehlých hodnot	18
3.3 Mandelovy statistiky konzistence	19
3.4 Vyhodnocení výkonnosti účastníků	20
4 Příloha – ČSN EN 12350-6 (Stanovení objemové hmotnosti)	23
4.1 Výsledky zkoušek	23
4.2 Numerické zhodnocení odlehlých hodnot	23
4.3 Mandelovy statistiky konzistence	25
4.4 Vyhodnocení výkonnosti účastníků	26

5 Příloha – ČSN EN 12350-7 (Stanovení obsahu vzduchu)	28
5.1 Výsledky zkoušek	28
5.2 Numerické zhodnocení odlehlých hodnot	29
5.3 Mandelovy statistiky konzistence	30
5.4 Vyhodnocení výkonnosti účastníků	31

1 Úvod a důležité kontakty

Dne 11. 10. 2018 byl Poskytovatelem zkoušení způsobilosti při SZK FAST (PoZZ) a firmou BETOTECH s. r. o. uspořádán program zkoušení způsobilosti (PrZZ) s označením ZČB 2018/2, jehož cílem bylo ověřit a posoudit shodnost výsledků zkoušek čerstvého betonu.

Posouzení výsledků programu zkoušení způsobilosti měla na starost komise složená z následujících pracovníků Poskytovatele zkoušení způsobilosti při SZK FAST (PoZZ).

Vedoucí PoZZ, koordinátor PrZZ

doc. Ing. Tomáš Vymazal, Ph.D.

Vysoké učení technické v Brně

Fakulta stavební

Ústav stavebního zkušebnictví

Veveří 95, Brno 602 00

Tel.: +420 603 313 337

Email: Tomas.Vymazal@vutbr.cz

Koordinátor hodnocení výsledků PrZZ

Ing. Petr Misák, Ph.D.

Vysoké učení technické v Brně

Fakulta stavební

Ústav stavebního zkušebnictví

Veveří 95, Brno 602 00

Tel.: +420 774 980 255

Email: Petr.Misak@vutbr.cz

Předmětem zkoušení způsobilosti byly následující zkušební postupy:

1. **ČSN EN 12350-2:** Zkoušení čerstvého betonu - Část 2: Zkouška sednutím, 2009. [1]
2. **ČSN EN 12350-4:** Zkoušení čerstvého betonu - Část 4: Stupeň zhutnitelnosti, 2009. [2]
3. **ČSN EN 12350-5:** Zkoušení čerstvého betonu - Část 5: Zkouška rozlitím, 2009. [3]
4. **ČSN EN 12350-6:** Zkoušení čerstvého betonu - Část 6: Objemová hmotnost, 2009. [4]
5. **ČSN EN 12350-7:** Zkoušení čerstvého betonu - Část 7: Obsah vzduchu - Tlakové metody, 2009. [5]
6. **ČSN EN 12350-8:** Zkoušení čerstvého betonu - Část 8: Samozhutnitelný beton - Zkouška sednutí-rozlitím, 2010. [6]
7. **ČSN EN 12350-9:** Zkoušení čerstvého betonu - Část 9: Samozhutnitelný beton - Zkouška V-nálevkou, 2010. [7]
8. **ČSN EN 12350-10:** Zkoušení čerstvého betonu - Část 10: Samozhutnitelný beton - Zkouška L-truhlíkem, 2010. [8]
9. **ČSN EN 12350-11:** Zkoušení čerstvého betonu - Část 11: Samozhutnitelný beton - Zkouška segregace při prosévání, 2010. [9]
10. **ČSN EN 12350-12:** Zkoušení čerstvého betonu - Část 12: Samozhutnitelný beton - Zkouška J-kroužkem, 2010. [10]

Zkušební postupy č. 2 a 6 – 10 nebyly otevřeny z důvodu nízkého počtu účastníků.

Zkoušky byly jednotlivými účastníky prováděny dne 11. 10. 2018 na stejném místě vždy v jeden čas za účelem dodržení stejných podmínek pro všechny účastníky. PoZZ zajistil homogenitu a stabilitu zkoušeného materiálu (čerstvý beton) nejlepší dostupnou technikou odběru. Čerstvý beton byl pro všechny účastníky PrZZ odebrán z jedné výrobní dávky, která byla vyrobena při dodržení postupů uvedených v ČSN EN 206 [11] a dále rozdělování čerstvého betonu jednotlivým účastníkům PrZZ bylo prováděno rovnoměrně, aby nemohlo dojít k segregaci.

Výsledky zkoušek jednotlivých účastníků PrZZ jsou vzájemně porovnány metodou statistické analýzy experimentu shodnosti podle ČSN ISO 5725-2 [12] a podle ČSN EN ISO/IEC 17043 [13]. Výsledkem řešení je tato závěrečná zpráva, která shrnuje výsledky experimentu shodnosti, včetně statistického vyhodnocení.

Programu se zúčastnilo celkem 15 pracovišť. Pro zachování anonymity účastníků PrZZ je každému pracovišti přiděleno identifikační číslo, které je dále v tomto dokumentu používáno. Nedílnou součástí této závěrečné zprávy je osvědčení o účasti v programu zkoušení způsobilosti, které je pro každého účastníka jedinečné a je zde uvedeno ID účastníka, pod kterým vystupuje v této zprávě. V následující tabulce je znázorněna účast pracovišť v jednotlivých částech PrZZ.

Tabulka 1: Účast jednotlivých pracovišť v PrZZ (označení zkoušek dle části 1)

ID/zkouška	1	2	3	4	5
cfb974	X	-	-	-	X
1fda1d	X	-	X	X	X
0e51c6	X	-	-	X	X
5984a0	X	-	-	X	X
1768f0	X	-	-	-	X
bf809b	X	-	-	X	-
b216f5	X	-	X	X	X
e5a108	-	-	X	X	X
5fcb20	X	-	X	-	-
199a0d	X	-	-	X	X
98e305	X	-	X	X	X
a130d6	X	-	X	X	X
a6f721	X	-	X	X	X
627c90	X	-	X	X	X
5e6fcf	X	-	-	X	X

Tabulka 2: Seznam účastníků – pořadí v tabulce neodpovídá identifikačnímu číslu v tabulce 1

Subjekt	Adresa	Číslo AZL
BETOTECH, s.r.o., zkušební laboratoř Brno	Beroun 660, Beroun, 266 01, Česká republika	1195.3
BETOTECH, s.r.o., zkušební laboratoř Ostrava	Beroun 660, BEROUN, 266 01, Česká republika	1195.2
CEMEX Czech Republic, s.r.o.	Semtín 102, Pardubice, 53354, Česká republika	1302
Centrum dopravního výzkumu, v.v.i.	Líšeňská 33a, Brno, 63600, Česká republika	1506
DI Shahrokh Winter	Gewerbeparkstraße 5, Markgrafneusiedl, A-2282, Österraich	-
GEOSTAR, spol. s r. o.	Tuřanka 240/111, Brno, 62700, Česká republika	1373
JKV TEST s.r.o.	Suhrady 148/4, Vřesina, 747 20, Česká republika	1294
M.I.S. a.s.	Resslova 956/13, Hradec Králové, 500 02, Česká republika	1197
Skanska a.s.	Křížíkova 682/34a, Praha 8, Karlín, 186 00, Česká republika	1355
Skanska Transbeton, s.r.o. - zkušební laboratoř Olomouc	Skanska a.s., Křížíkova 682/34a, Praha 8 - Karlín, 18600, Česká republika	1122
Technický a zkušební ústav stavební Praha, s.p., Centrální laboratoř, zkušebna 0500 Předměřice nad Labem	Průmyslová 283, Předměřice nad Labem, 503 02, Česká republika	1018.3
Technický a zkušební ústav stavební, s.p. - pobočka Praha	Prosecká 811/76a, Praha 9 - Prosek, 190 00, Česká republika	L 1018.3
TPA ČR, pracoviště č. 4 Olomouc, areál firmy STRABAG a.s., Velká Bystřice 783 53	Vrbenská 1821/31, České Budějovice, 370 06, Česká republika	1181

Subjekt	Adresa	Číslo AZL
TPA ČR, pracoviště č.3 Brno, Tovární 3, 643 00 Brno	Vrbenská 1821/31, České Budějovice, 370 06, Česká republika	1181
Ústav stavebního zkušebnictví s.r.o.	Jiřího Potůčka 115, Pardubice, 53009, Česká republika	1115

2 Postupy statistické analýzy experimentu shodnosti

K popisu přesnosti metod měření se využívá termínů správnost a shodnost. Správnost se týká těsnosti shody mezi aritmetickým průměrem velkého počtu výsledků zkoušek a pravou nebo přijatou referenční hodnotou. Shodnost se týká těsnosti shody mezi výsledky zkoušek. Nutnost uvažování shodnosti vzniká ze skutečnosti, že zkoušky, o nichž se předpokládá, že jsou provedeny na stejném materiálu za stejných podmínek, neposkytují obecně stejné výsledky. Příčinou jsou náhodné chyby, kterým se nelze vyhnout. Tyto chyby jsou nedílnou součástí každého zkušebního postupu a nelze je nikdy v plném rozsahu ovládat. Analýza experimentu shodnosti není zaměřena na zkoumání správnosti výsledků zkoušek, ale především na jejich shodnost. Výsledky se tedy posuzují vzájemně mezi sebou a nikoli vzhledem k nějaké referenční nebo pravdivé hodnotě.

Základem statistické analýzy je kritické zhodnocení údajů podle ČSN EN 5725-2 [12], tedy zjištění a ošetření podezřelých a odlehlých hodnot a dalších nepravidelností. Toto zhodnocení se provádí prostřednictvím Mandelových statistik (grafické zhodnocení) a především pomocí Grubbsových a Cochranových testů (numerické zhodnocení). Dalšími sledovanými statistickými parametry jsou mezilaboratorní rozptyl, rozptyl opakovatelnosti a reprodukovatelnosti a na ně navazující charakteristiky opakovatelnost a reprodukovatelnost. Výsledkem programu MPZ je vyhodnocení výkonnosti zúčastněných laboratoří (účastníků) podle ČSN EN ISO/IEC 17043 [13], které se skládá z určení vztažných hodnot a jejich nejistot a následného porovnání s výsledky zkoušek účastníků MPZ.

Předpokladem pro použití těchto metod je jednovrcholové rozdělení pravděpodobnosti naměřených dat. Dále označme p počet účastníků se laboratoří označených indexem $i = 1, \dots, p$, z nichž každá provedla n zkoušek.

2.1 Numerický postup zjišťování odlehlých hodnot

Ke zjišťování odlehlých hodnot se používají dva základní statistické testy. Prvním z nich je Cochranův test, který je testem vnitrolaboratorní variability (je-li počet měření jedné veličiny v jedné laboratoři > 2) a používá se jako první. Pokud tento test označí výsledky jedné z laboratoří jako odlehlé, musí se laboratoř vyřadit a test zopakovat. Druhý test (Grubbsův) je předně testem mezilaboratorní variability a lze ho rovněž použít, když Cochranův test vzbudí podezření, zda vysoké vnitrolaboratorní rozptýlení lze připsat na vrub pouze jednoho z výsledků zkoušek. Oba tyto testy předpokládají vyváženost experimentu, tedy mělo by platit, že počet zkoušek v jedné laboratoři pro stanovení jedné veličiny je konstantní.

Při zjišťování vybočujících nebo odlehlých hodnot mohou nastat tři případy:

- Je-li testová statistika menší než 5% kritická hodnota nebo je-li této hodnotě rovna, považuje se testovaná entita za správnou;
- Je-li testová statistika větší než 5% kritická hodnota a menší než 1% kritická hodnota nebo je-li této hodnotě rovna, nazve se testovaná entita **vybočující**;
- Je-li testová statistika větší než 1% kritická hodnota, nazve se testovaná entita **odlehlou** hodnotou.

2.1.1 Cochranův test

Cochranova statistika C je dána vztahem

$$C = \frac{s_{max}^2}{\sum_{i=1}^p s_i^2} \quad (1)$$

kde s_{max} je největší výběrová směrodatná odchylka, s_i jsou výběrové směrodatné odchylky stanovené na základě výsledků ve všech laboratořích a p je počet účastníků se laboratoří v experimentu.

Výběrová směrodatná odchylka se stanovuje ze vztahu

$$s_i = \sqrt{\frac{1}{n_i - 1} \sum_{k=1}^{n_i} (y_k - \bar{y})^2}, \quad (2)$$

kde n_i je počet výsledků zkoušek stanovení jedné veličiny v i -té laboratoři, y_k je k -tá hodnota a \bar{y}_i je aritmetický průměr hodnot změřených v i -té laboratoři. Jsou-li pro sledovanou veličinu naměřeny pouze dva výsledky, je možné použít zjednodušeného vztahu

$$s_i = \frac{|y_1 - y_2|}{\sqrt{2}}. \quad (3)$$

2.1.2 Grubbsův test – jedno odlehlé pozorování

Z dané množiny údajů x_i pro $i = 1, 2, \dots, p$, uspořádané vzestupně podle velikosti, se pro určení použitím Grubbsova testu, zda je největší pozorování odlehlou hodnotou, vypočte Grubbsova statistika G_p

$$G_p = \frac{x_p - \bar{x}}{s}, \quad (4)$$

přičemž \bar{x} je aritmetický průměr sledovaného znaku. Sledovaným znakem může být průměrná hodnota určované veličiny v rámci laboratoře. Dále je s výběrová směrodatná odchylka sledovaného znaku, tedy v tomto případě směrodatná odchylka počítána přes všechny laboratoře.

Pro test významnosti nejmenšího pozorování se vypočte testová statistika

$$G_p = \frac{\bar{x} - x_p}{s}. \quad (5)$$

2.2 Mandelovy statistiky

Pro zjišťování konzistence dat se použily dvě míry, nazývané Mandelovy statistiky h a k . Běžně se tyto míry používají pro grafické hodnocení laboratoří podobně jako popis variability.

2.2.1 Mezilaboratorní statistika konzistence h

Pro každou laboratoř se vyhodnotila mezilaboratorní statistika konzistence h podle vzorce

$$h_i = \frac{\bar{y}_i - \bar{\bar{y}}}{\sqrt{\frac{1}{p-1} \sum_{i=1}^p (\bar{y}_i - \bar{\bar{y}})^2}}. \quad (6)$$

2.2.2 Vnitrolaboratorní statistika konzistence k

Vnitrolaboratorní statistika konzistence k se vypočítá podle vztahu

$$k_i = \frac{s_i \sqrt{p}}{\sqrt{\sum_{i=1}^p s_i^2}}. \quad (7)$$

kde s_i je výběrová směrodatná odchylka hodnot naměřených v i -té laboratoři. Stejně jako statistika h se hodnoty k vynášejí do grafů. Prohlídka grafů hodnot h a k může naznačovat, že u určitých laboratoří se ukazuje podstatně odlišné uspořádání výsledků než u ostatních studovaných laboratoří. Je to důsledkem trvale velkého a/nebo malého rozptylu výsledků nebo extrémních průměrů výsledků napříč úrovněmi.

2.3 Výpočet odhadů rozptylů

Po vyřazení odlehlých hodnot (laboratoří) je možné přikročit k výpočtu základních charakteristik variability, a to rozptylu opakovatelnosti, mezilaboratorního rozptylu a rozptylu reprodukovatelnosti. Tyto charakteristiky se uvádějí ve formě směrodatných odchylek, tedy po odmocnění. Výhodou je stejný fyzikální rozměr charakteristiky variability a sledované veličiny.

2.3.1 Rozptyl opakovatelnosti

$$s_r^2 = \frac{\sum_{i=1}^p (n_i - 1) s_i^2}{\sum_{i=1}^p (n_i - 1)} \quad (8)$$

2.3.2 Mezilaboratorní rozptyl

$$s_L^2 = \frac{s_d^2 - s_r^2}{\bar{n}}, \quad (9)$$

kde

$$s_d^2 = \frac{1}{p-1} \sum_{i=1}^p n_i (\bar{y}_i - \bar{y})^2 \quad (10)$$

a

$$\bar{n} = \frac{1}{p-1} \left[\sum_{i=1}^p n_i - \frac{\sum_{i=1}^p n_i^2}{\sum_{i=1}^p n_i} \right]. \quad (11)$$

2.3.3 Rozptyl reprodukovatelnosti

$$s_R^2 = s_r^2 + s_L^2, \quad (12)$$

kde s_r^2 je rozptyl opakovatelnosti a s_L^2 je mezilaboratorní rozptyl.

2.4 Opakovatelnost a reprodukovatelnost

Opakovatelnost vyjadřuje, že rozdíl mezi dvěma výsledky zkoušek z téhož vzorku, provedených stejným pracovníkem, na tomtéž zařízení, v nejkratším možném časovém intervalu nebude překračovat hodnotu opakovatelnosti r v průměru ne více než jednou ve 20 případech při běžném a správném provádění metody.

Hodnota opakovatelnosti je vyjádřena vztahem

$$r = 2,8 s_r, \quad (13)$$

kde $s_r = \sqrt{s_r^2}$ je směrodatná odchylka opakovatelnosti.

Reprodukovatelnost vyjadřuje, že výsledky zkoušek na tomtéž vzorku, získané v nejkratším možném časovém intervalu dvěma pracovníky, kteří použili každý své zařízení, se nebudou lišit hodnotou reprodukovatelnosti R v průměru ne více než jednou ve 20 případech při běžném a správném provádění metody.

Hodnota reprodukovatelnosti je vyjádřena vztahem

$$R = 2,8 s_R, \quad (14)$$

kde $s_R = \sqrt{s_R^2}$ je směrodatná odchylka reprodukovatelnosti.

2.5 Vztažná hodnota

Organizátor MPZ zajistí stanovení vztažné hodnoty X a její nejistoty pro každý program MPZ. Vztažné hodnoty jsou vždy účastníkům MPZ sdělovány až po dodání výsledků MPZ a to tak, aby účastníci nemohli získat žádnou výhodu z jejich předčasného zveřejnění.

Vztažné hodnoty organizátor stanovuje jako konsenzuální hodnotu účastníků podle přílohy B normy ČSN EN ISO/IEC 17043 [13] za použití statistických metod popsanych v ISO 13528 [14] a ČSN ISO 5725-5 [15]. Vztažná hodnota X je tedy určena jako robustní odhad hodnoty průměru x^* (**Algoritmus A** uvedený v [14] a [15]).

Vypočtou se počáteční hodnoty x^* a s^* (robustní směrodatná odchylka) jako

$$x^* = \text{medián } x_i, \quad (15)$$

$$s^* = 1,483 \cdot \text{medián } |x_i - x^*|, \quad (16)$$

kde $i = 1, \dots, p$. Hodnoty x^* a s^* se upraví následovně. Vypočte se $\varphi = 1,5 \cdot s^*$. Pro každou hodnotu x_i se vypočte

$$x_i^* = \begin{cases} x^* - \varphi & \text{jestliže } x_i < x^* - \varphi, \\ x^* + \varphi & \text{jestliže } x_i > x^* + \varphi, \\ x_i & \text{v ostatních případech.} \end{cases} \quad (17)$$

Vypočtou se nové hodnoty x^* a s^* ze vztahu

$$x^* = \sum_{i=1}^p \frac{x_i^*}{p}, \quad (18)$$

a

$$s^* = 1,134 \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^p \frac{(x_i^* - x^*)^2}{p-1}}. \quad (19)$$

Robustní odhady se odvozují iterací, dokud nejsou změny odhadů od jednoho výpočtu k dalšímu malé. Standardní nejistota u_X takto stanovené vztažné hodnoty se určuje podle vztahu

$$u_X = 1,25 \frac{s^*}{\sqrt{p}}. \quad (20)$$

V případě malého počtu účastníků MPZ stanovuje organizátor vztažné hodnoty jako konsenzuální hodnoty získané od expertních účastníků, kteří prokázali kompetenci ke stanovení měřené veličiny, která je předmětem zkoušky.

Při nízkém počtu účastníků ($4 \leq p \leq 20$) může organizátor dále zvážit využití tzv. **Hornova postupu** pro stanovení vztažných hodnot. Tento postup spočívá ve stanovení tzv. pivotů, na jejichž základě se určí odhad polohy a variability. Nejdříve se provede vzestupné seřazení posuzovaných dat. Dolní pivot se poté určí ze vztahu

$$x_D = x_{(H)}, \quad (21)$$

kde H je pořadový index daný rovnicí $H = \frac{\text{int}(\frac{p+1}{2})}{2}$ nebo $H = \frac{\text{int}(\frac{p+1}{2}+1)}{2}$. Horní pivot se poté určí ze vztahu

$$x_H = x_{p+1-H}. \quad (22)$$

Vztažná hodnota je prostřednictvím Hornova postupu určena jako odhad polohy, tedy tzv. pivotová polosuma

$$x^* = \frac{x_D + x_H}{2}. \quad (23)$$

Odhad variability se stanovuje jako tzv. pivotové rozpětí

$$R_L = x_H - x_D \quad (24)$$

a nejistota takto určené vztažné hodnoty jako 95% intervalový odhad střední hodnoty

$$u_X = R_L t_{L;0,95}(p), \quad (25)$$

kde $t_{L;0,95}(p)$ je $(1 - \alpha)$ kvantil rozdělení T_L s p stupni volnosti.

2.6 Výpočet statistik výkonnosti

Výsledky zkoušek se musí pro interpretaci a porovnání se stanovenými cíli převést na tzv. výkonnostní statistiky. Účelem je vyjádřit odchylku od vztažné hodnoty takovým způsobem, který umožňuje porovnání s kritérii výkonnosti. Podle normy ČSN EN ISO/IEC 17043 [13] se výkonnost účastníků se pracovišť hodnotí podle tzv. z-score a ζ -score (zeta-score).

Pro každou neodlehlou laboratoř se z-score vypočte podle vztahu

$$z_i = \frac{|\bar{x}_i - x^*|}{s^*}. \quad (26)$$

ζ -score (zeta-score) se vypočítá pomocí rovnice

$$\zeta_i = \frac{|\bar{x}_i - x^*|}{\sqrt{u_i^2 + u_X^2}}, \quad (27)$$

kde u_i je standardní kombinovaná nejistota i -té laboratoře. Standardní kombinované nejistoty měření lze získat podělením rozšířené nejistoty U koeficientem rozšíření k , který má pro normální rozdělení pravděpodobnosti hodnotu $k = 2$. Pokud účastník neuvedl rozšířenou nejistotu měření na záznamovém listu výsledků zkoušek, není možné ζ -score určit. Více o nejistotách měření lze nalézt v dokumentu [16].

Pro z-score a ζ -score (pro jednoduchost je uvedeno pouze z-score) platí následující stupnice:

$$z\text{-score} = \begin{cases} |z| \leq 2 & \text{ukazuje, že výkonnost laboratoře je } \mathbf{vyhovující}, \\ 2 \leq |z| \leq 3 & \text{ukazuje, že výkonnost laboratoře je } \mathbf{problematická} \text{ a vytváří varovný podnět,} \\ 3 \leq |z| & \text{ukazuje, že výkonnost laboratoře je } \mathbf{nevyhovující} \text{ a vytváří podnět k akci.} \end{cases} \quad (28)$$

3 Závěry statistické analýzy

Předložená zpráva shrnuje výsledky programu zkoušení způsobilosti ZČB 2018/2 pořádaného Poskytovatelem zkoušení způsobilosti při SZK FAST. PrZZ se zúčastnilo celkem 15 pracovišť. Program byl zaměřen na běžné normalizované zkoušky čerstvého betonu. Výsledky zkoušek byly hodnoceny samostatně pro každý sledovaný zkušební postup. Vyhodnocené statistické charakteristiky, výsledky testů a grafické znázornění jsou součástí přílohy této zprávy.

Nejdůležitějším výstupem PrZZ jsou tzv. z-score a ζ -score (zeta-score). Tyto charakteristiky hodnotí výkonnost jednotlivých účastníků porovnáním se vztažnou hodnotou a nejistotami měření. Vztažná hodnota a její nejistota byla určena podle postupů uvedených v 2.6. z-score a ζ -score jsou porovnány s limitními hodnotami (viz část 2.6). Výsledné hodnoty ζ -score nejsou brány v potaz při výsledném vyhodnocení výkonnosti účastníků, neboť jsou do značné míry závislé na hodnotách nejistot měření.

3.1 ČSN EN 12350-2 (Zkouška sednutím)

Výsledky zkoušek společně s grafickým znázorněním a vyhodnocenými statistickými charakteristikami jsou uvedeny v části 1 přílohy.

Numerické kritické zhodnocení údajů neukázalo překročení žádné kritické hodnoty. Grafické zjištění konzistence laboratoří (Mandelovy statistiky) ukázalo několik překročení kritických hodnot statistik konzistence (viz příloha). Překročení kritických hodnot Mandelových statistik nenaznačuje, že výsledky laboratoří jsou špatné. Pouze poukazuje na drobné nesrovnalosti. Žádný z účastníků tedy nebyl z experimentu vyřazen.

Vztažná hodnota a její nejistota byla stanovena na základě algoritmu A (ISO 13258 [14]). Na základě této analýzy je možné prohlásit, že výsledky všech účastníků nepřekročily limitní hodnotu z-score = 2 a proto lze jejich výkonnost označit jako **vyhovující**.

3.2 ČSN EN 12350-4 (Stanovení stupně zhutnitelnosti)

Zkouška neotevřena pro nízký počet účastníků.

3.3 ČSN EN 12350-5 (Zkouška rozlitím)

Výsledky zkoušek společně s grafickým znázorněním a vyhodnocenými statistickými charakteristikami jsou uvedeny v části 3 přílohy. Numerické ani grafické zhodnocení výsledků zkoušek neukázalo překročení kritických hodnoty. Žádný z účastníků tedy nebyl z experimentu vyřazen.

Vztažná hodnota a její nejistota byla stanovena na základě algoritmu A (ISO 13258 [14]). Na základě této analýzy je možné prohlásit, že výsledky všech účastníků nepřekročily limitní hodnotu z-score = 2 a proto lze jejich výkonnost označit jako **vyhovující**.

3.4 ČSN EN 12350-6 (Stanovení objemové hmotnosti)

Výsledky zkoušek společně s grafickým znázorněním a vyhodnocenými statistickými charakteristikami jsou uvedeny v části 4 přílohy.

Numerické posouzení údajů Cochranovým testem ukázalo překročení 1% kritické hodnoty v případě účastníka bf809b. Bližší analýza ukázala, že toto překročení způsobuje pouze jeden odlehlý výsledek zkoušky, po jehož vyřazení již 1% kritická hodnota překonána nebyla. Kritické posouzení Grubbsovým testem neukázalo překročení žádné kritické hodnoty.

Grafické zjištění konzistence laboratoří (Mandelovy statistiky) ukázalo několik překročení kritických hodnot statistik konzistence (viz příloha). Překročení kritických hodnot Mandelových statistik nenaznačuje, že výsledky laboratoří jsou špatné. Pouze poukazuje na drobné nesrovnalosti. Žádný z účastníků tedy nebyl z experimentu vyřazen.

Vztažná hodnota a její nejistota byla stanovena na základě algoritmu A (ISO 13258 [14]). K překročení kritické hodnoty z-score = 2 došlo v případě účastníka **e5a108**. Výkonnost tohoto účastníka je tedy označena jako **problematická**. Výsledky všech ostatních účastníků nepřekročily limitní hodnotu z-score = 2 a proto lze jejich výkonnost označit jako **vyhovující**.

3.5 ČSN EN 12350-7 (Stanovení obsahu vzduchu)

Výsledky zkoušek společně s grafickým znázorněním a vyhodnocenými statistickými charakteristikami jsou uvedeny v části 5 přílohy.

Numerické posouzení údajů Cochranovým testem ukázalo překročení 5% kritické hodnoty v případě účastníka e5a108. Bližší analýza ukázala, že toto překročení způsobuje pouze jeden odlehlý výsledek zkoušky, po jehož vyřazení již 5% kritická hodnota překonána nebyla. Kritické posouzení Grubbsovým testem neukázalo překročení žádné kritické hodnoty.

Grafické zjištění konzistence laboratoří (Mandelovy statistiky) ukázalo několik překročení kritických hodnot statistik konzistence (viz příloha). Překročení kritických hodnot Mandelových statistik nenaznačuje, že výsledky laboratoří jsou špatné. Pouze poukazuje na drobné nesrovnalosti. Žádný z účastníků tedy nebyl z experimentu vyřazen.

Vztažná hodnota a její nejistota byla stanovena na základě algoritmu A (ISO 13258 [14]). Na základě této analýzy je možné prohlásit, že výsledky všech účastníků nepřekročily limitní hodnotu $z\text{-score} = 2$ a proto lze jejich výkonnost označit jako **vyhovující**.

3.6 ČSN EN 12350-8 (Zkouška sednutí-rozlitím)

Zkouška neotevřena pro nízký počet účastníků.

3.7 ČSN EN 12350-9 (Zkouška V-nálevkou)

Zkouška neotevřena pro nízký počet účastníků.

3.8 ČSN EN 12350-10 (Zkouška L-truhlíkem)

Zkouška neotevřena pro nízký počet účastníků.

3.9 ČSN EN 12350-11 (Zkouška segregace při prosévání)

Zkouška neotevřena pro nízký počet účastníků.

3.10 ČSN EN 12350-12 (Zkouška J-kroužkem)

Zkouška neotevřena pro nízký počet účastníků.

Odkazy

- [1] ČSN EN 12350-2. *Zkoušení čerstvého betonu - Část 2: Zkouška sednutím*. 2009.
- [2] ČSN EN 12350-4. *Zkoušení čerstvého betonu - Část 4: Stupeň zhutnitelnosti*. 2009.
- [3] ČSN EN 12350-5. *Zkoušení čerstvého betonu - Část 5: Zkouška rozlitím*. 2009.
- [4] ČSN EN 12350-6. *Zkoušení čerstvého betonu - Část 6: Objemová hmotnost*. 2009.
- [5] ČSN EN 12350-7. *Zkoušení čerstvého betonu - Část 7: Obsah vzduchu - Tlakové metody*. 2009.
- [6] ČSN EN 12350-8. *Zkoušení čerstvého betonu - Část 8: Samozhutnitelný beton - Zkouška sednutí-rozlitím*. 2010.
- [7] ČSN EN 12350-9. *Zkoušení čerstvého betonu - Část 9: Samozhutnitelný beton - Zkouška V-nálevkou*. 2010.
- [8] ČSN EN 12350-10. *Zkoušení čerstvého betonu - Část 10: Samozhutnitelný beton - Zkouška L-truhlíkem*. 2010.
- [9] ČSN EN 12350-11. *Zkoušení čerstvého betonu - Část 11: Samozhutnitelný beton - Zkouška segregace při prosévání*. 2010.
- [10] ČSN EN 12350-12. *Zkoušení čerstvého betonu - Část 12: Samozhutnitelný beton - Zkouška J-kroužkem*. 2010.
- [11] ČSN EN 206. *Beton - Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda*. 2014.
- [12] ČSN ISO 5725-2. *Přesnost (správnost a shodnost) metod a výsledků měření – Část 1: Základní metoda pro stanovení opakovatelnosti a reprodukovatelnosti normalizované metody měření*. 1997.
- [13] ČSN EN ISO/IEC 17043. *Posuzování shody - Všeobecné požadavky na zkoušení způsobilosti*. 2010.
- [14] ISO 13 528. *Statistical methods for use in proficiency testing by interlaboratory comparisons*. 2005.
- [15] ČSN ISO 5725-5. *Přesnost (správnost a shodnost) metod a výsledků měření – Část 5: Alternativní metody pro stanovení shodnosti normalizované metody měření*. 1999.
- [16] EA 4/02. *Vyjadřování nejistot měření při kalibracích*. 2000.

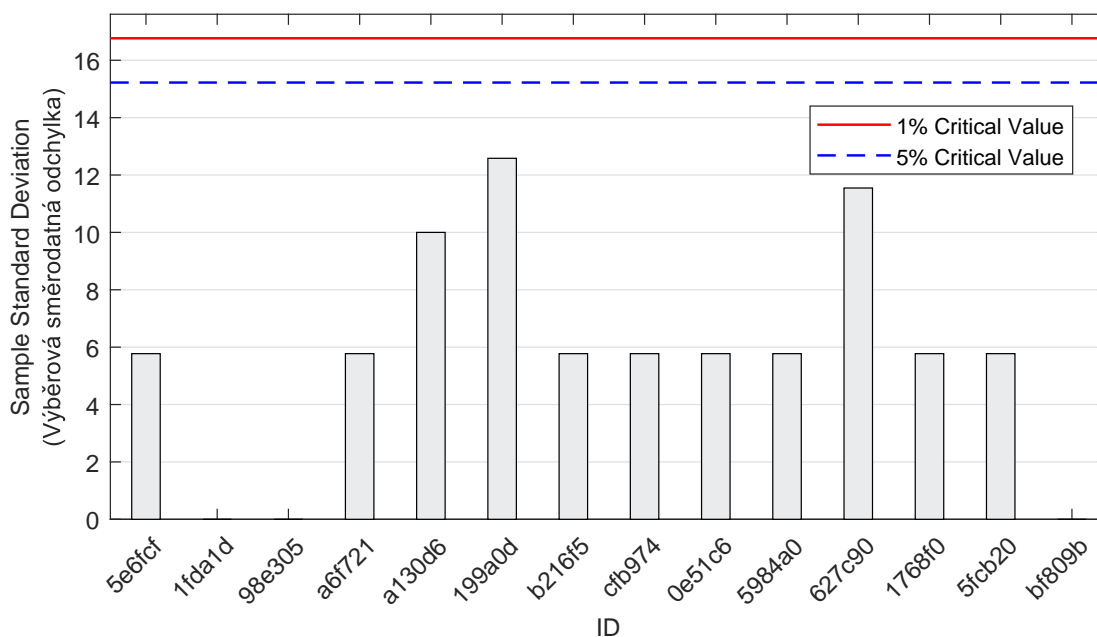
1 Příloha – ČSN EN 12350-2 (Zkouška sednutím)

1.1 Výsledky zkoušek

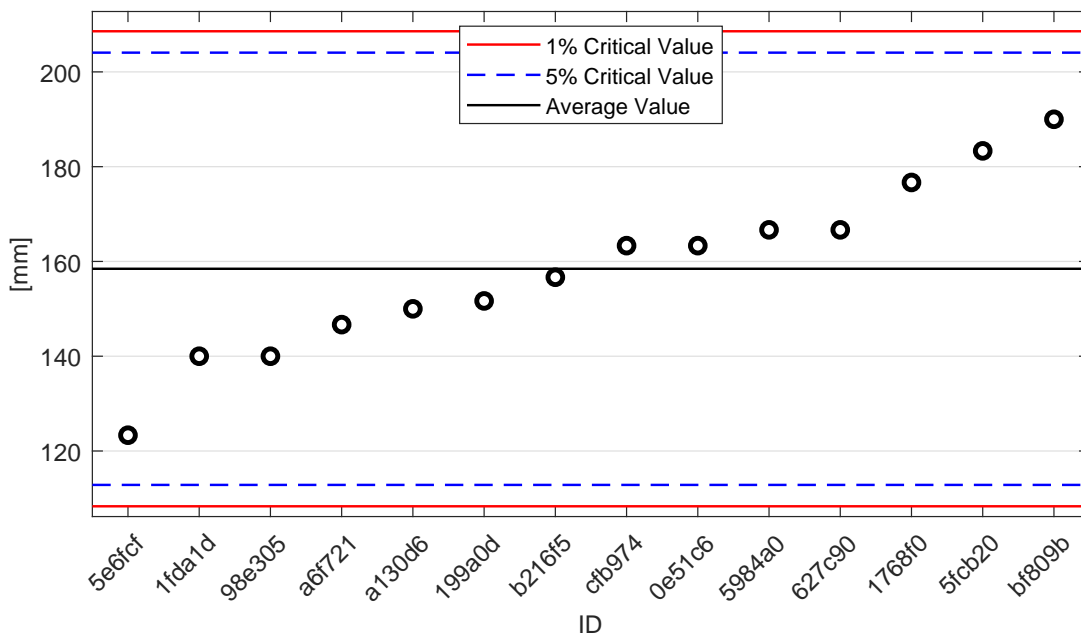
Tabulka 3: Výsledky zkoušek - seřazené podle průměrné hodnoty. Odlehlé hodnoty jsou vyznačeny hvězdičkou. u_X - rozšířená nejistota účastníka; \bar{x} - aritmetický průměr; s_0 - výběrová směrodatná odchylka; V_X - variační koeficient

ID účastníka	Výsledky zkoušek [mm]			u_X [mm]	\bar{x} [mm]	s_0 [mm]	V_X [%]
5e6fcf	130	120	120	10	123	6	4.68
1fda1d	140	140	140	1	140	0	0.00
98e305	140	140	140	10	140	0	0.00
a6f721	150	150	140	16	147	6	3.94
a130d6	150	160	140	4	150	10	6.67
199a0d	165	140	150	-	152	13	8.30
b216f5	160	160	150	10	157	6	3.69
cfb974	160	160	170	5	163	6	3.53
0e51c6	170	160	160	20	163	6	3.53
5984a0	170	170	160	10	167	6	3.46
627c90	180	160	160	5	167	12	6.93
1768f0	180	180	170	14	177	6	3.27
5fcb20	190	180	180	20	183	6	3.15
bf809b	190	190	190	2	190	0	0.00

1.2 Numerické zhodnocení odlehklých hodnot

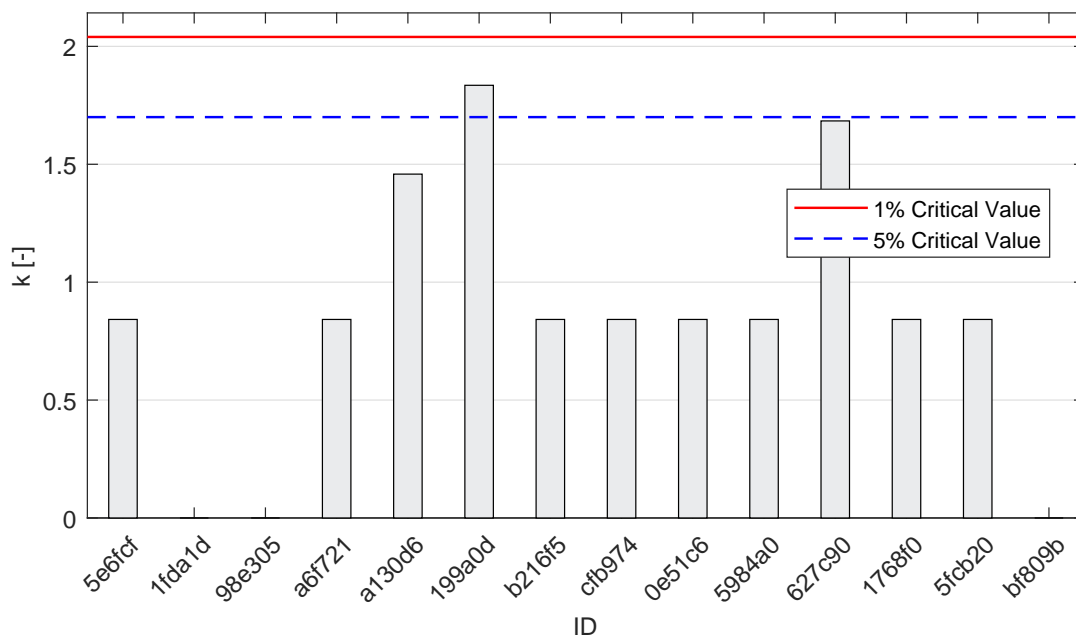


Obrázek 1: **Cochranův test** - graf výběrových směrodatných odchylek: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

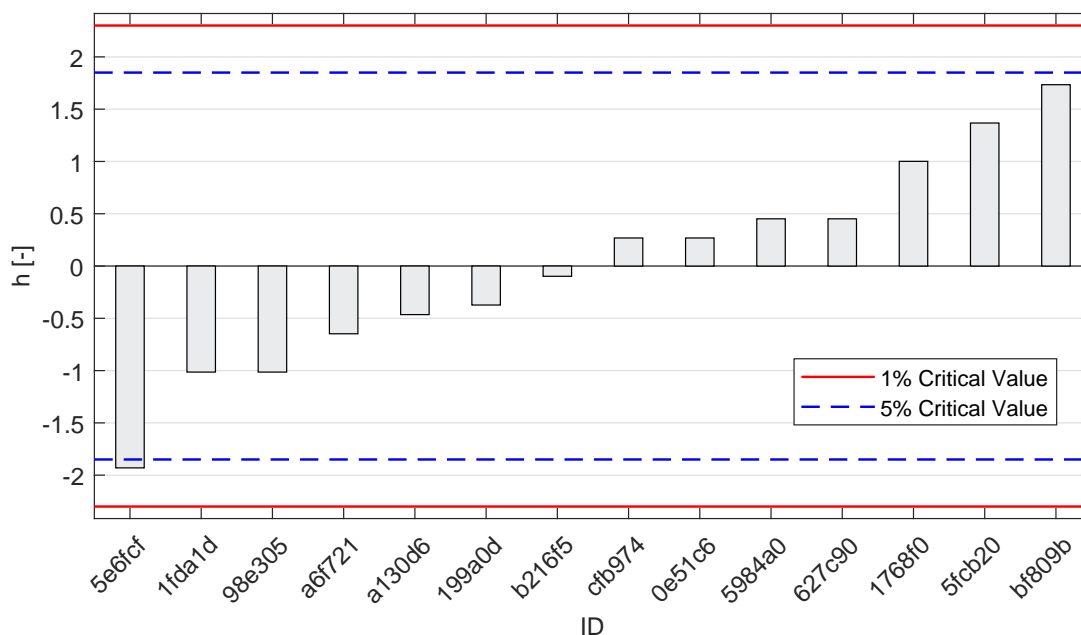


Obrázek 2: **Grubbsův test** - graf průměrných hodnot: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

1.3 Mandelovy statistiky konzistence

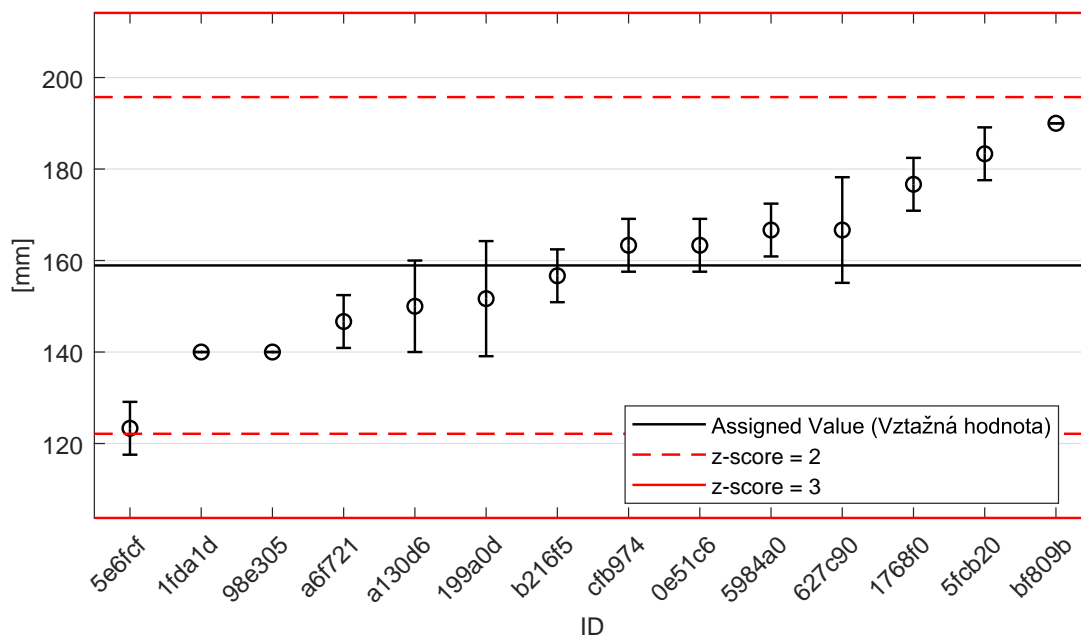


Obrázek 3: Vnitrolaboratorní statistika konzistence: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

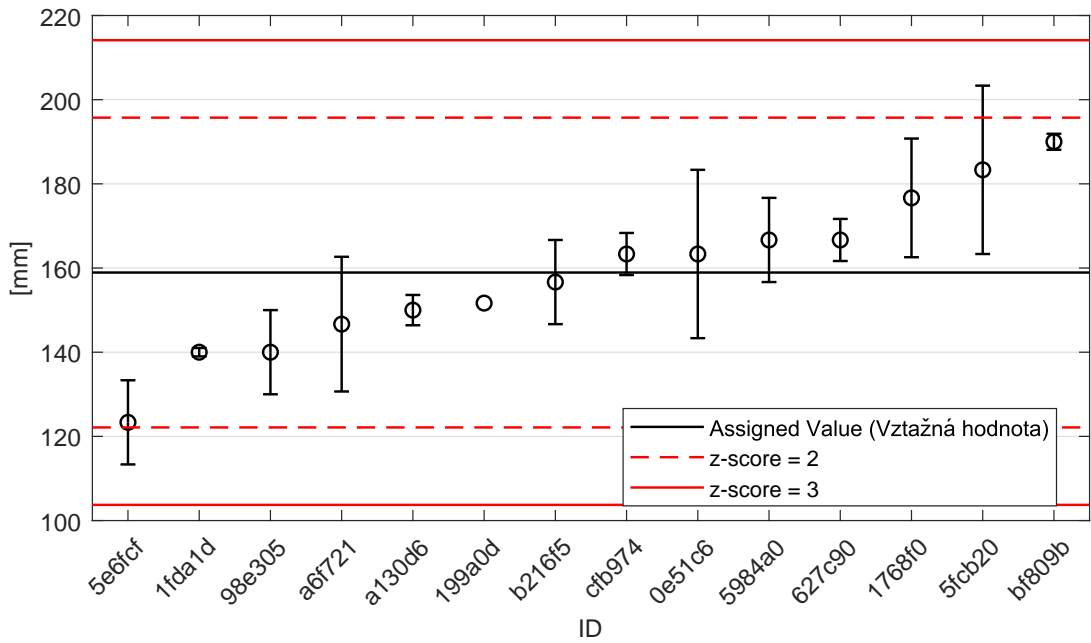


Obrázek 4: Mezilaboratorní statistika konzistence: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

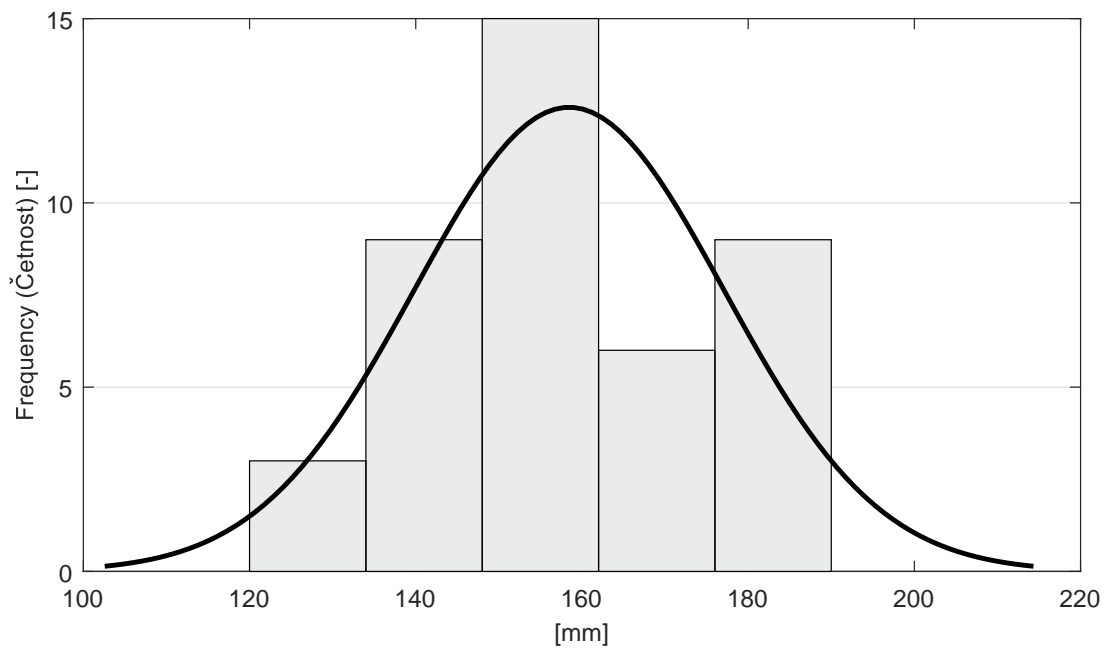
1.4 Vyhodnocení výkonnosti účastníků



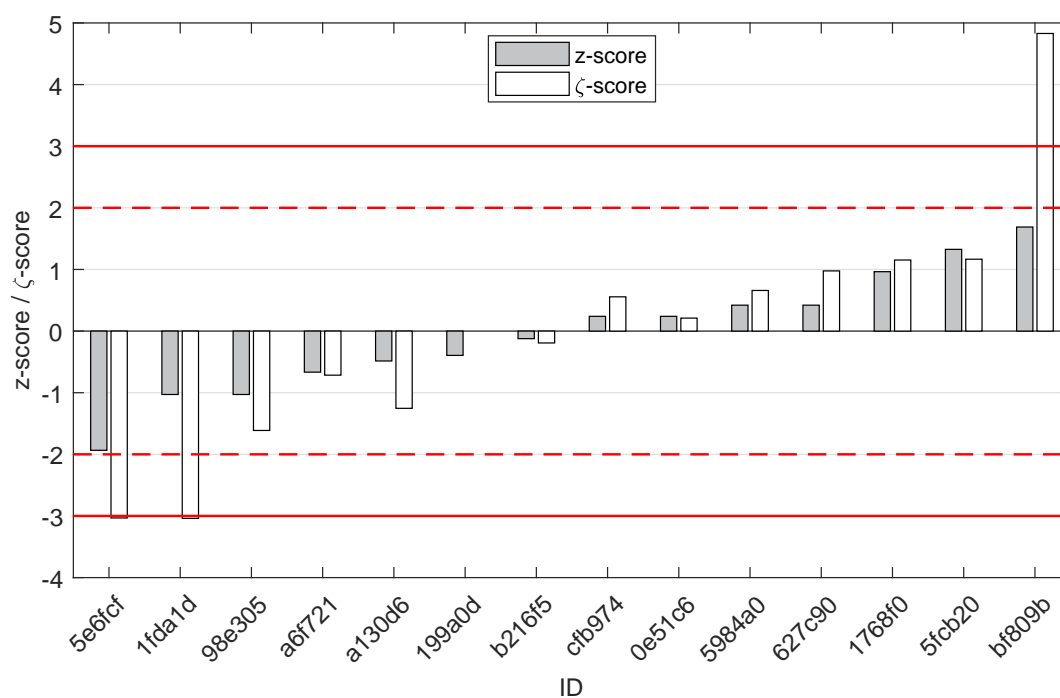
Obrázek 5: Graf průměrných hodnot výsledků zkoušek a výběrových směrodatných odchylek



Obrázek 6: Graf průměrných hodnot výsledků zkoušek a rozšířených nejistot měření



Obrázek 7: Histogram všech výsledků zkoušek



Obrázek 8: z-score a ζ-score

Tabulka 4: Výsledné hodnoty z-score a ζ-score

ID	z-score [-]	ζ-score [-]
5e6fcf	-1.93	-3.03
1fda1d	-1.03	-3.04
98e305	-1.03	-1.61
a6f721	-0.67	-0.72
a130d6	-0.49	-1.25
199a0d	-0.39	-
b216f5	-0.12	-0.19
cfb974	0.24	0.56
0e51c6	0.24	0.21
5984a0	0.42	0.66
627c90	0.42	0.98
1768f0	0.96	1.15
5fcb20	1.33	1.17
bf809b	1.69	4.83

2 Příloha – ČSN EN 12350-4 (Stanovení stupně zhutnitelnosti)

Zkouška neotevřena pro nízký počet účastníků.

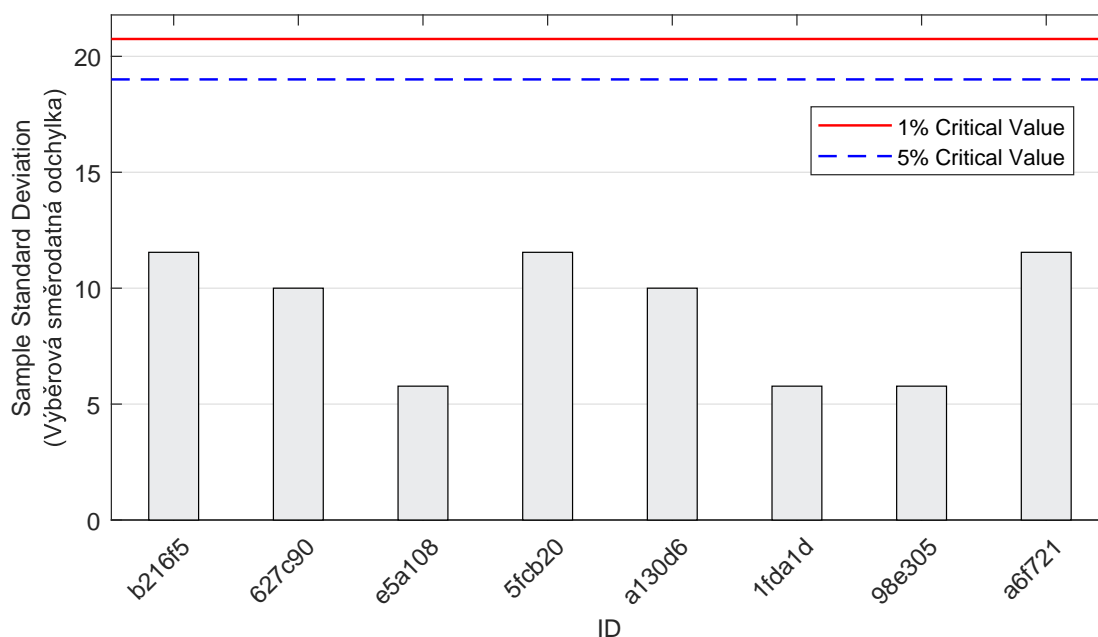
3 Příloha – ČSN EN 12350-5 (Zkouška rozlitím)

3.1 Výsledky zkoušek

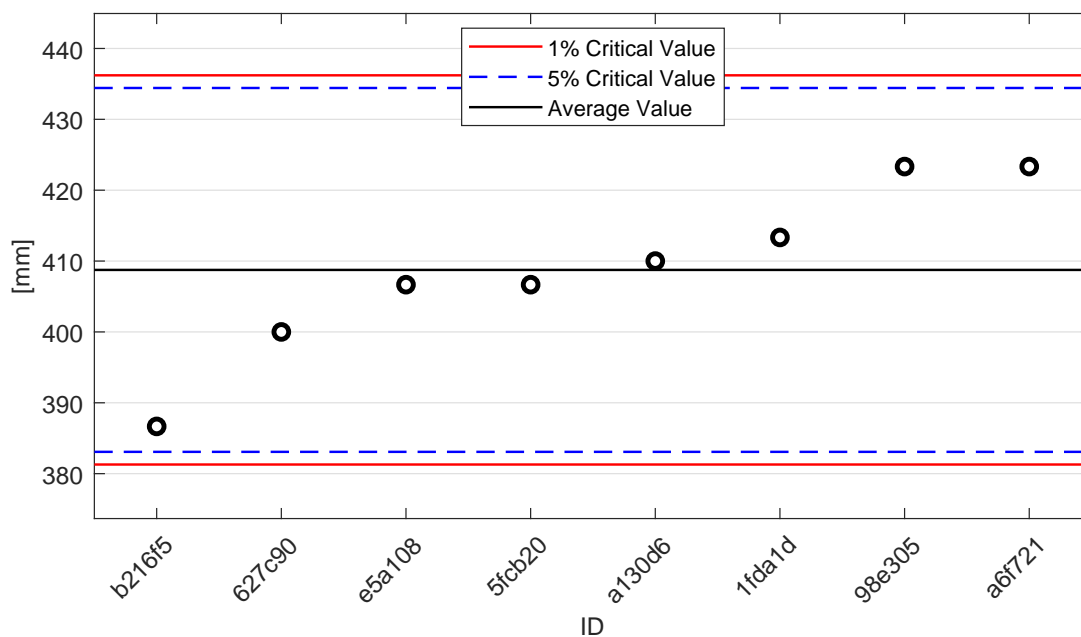
Tabulka 5: Výsledky zkoušek - seřazené podle průměrné hodnoty. Odlehlé hodnoty jsou vyznačeny hvězdičkou. u_X - rozšířená nejistota účastníka; \bar{x} - aritmetický průměr; s_0 - výběrová směrodatná odchylka; V_X - variační koeficient

ID účastníka	Výsledky zkoušek [mm]			u_X [mm]	\bar{x} [mm]	s_0 [mm]	V_X [%]
b216f5	400	380	380	10	387	12	2.99
627c90	390	410	400	10	400	10	2.50
e5a108	410	410	400	20	407	6	1.42
5fcb20	400	420	400	20	407	12	2.84
a130d6	400	420	410	13	410	10	2.44
1fda1d	420	410	410	60	413	6	1.40
98e305	420	430	420	10	423	6	1.36
a6f721	430	430	410	40	423	12	2.73

3.2 Numerické zhodnocení odlehlých hodnot

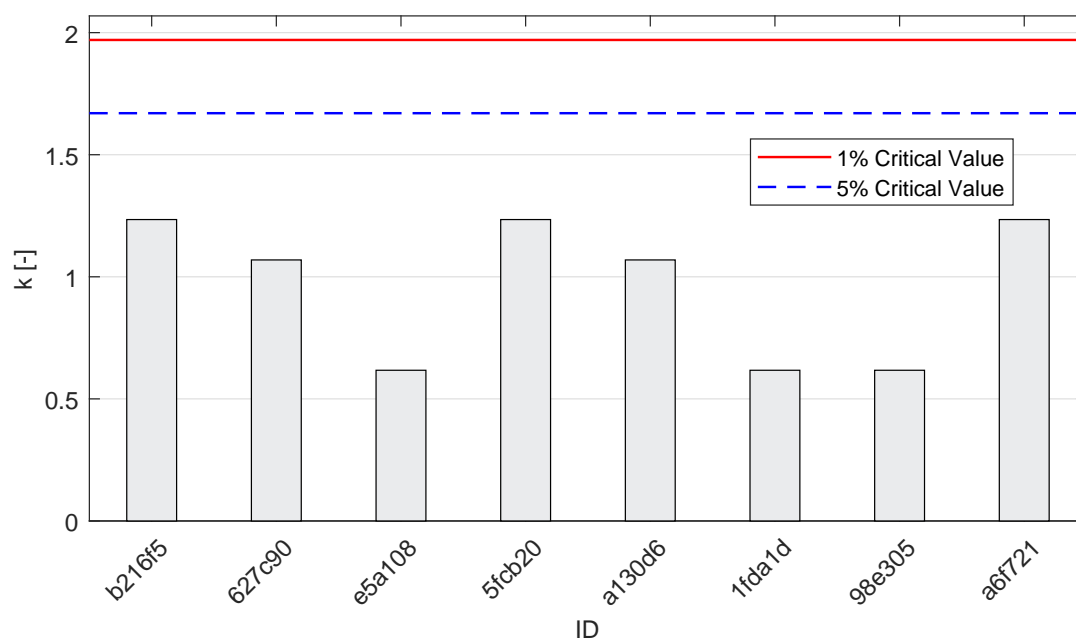


Obrázek 9: **Cochranův test** - graf výběrových směrodatných odchylek: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

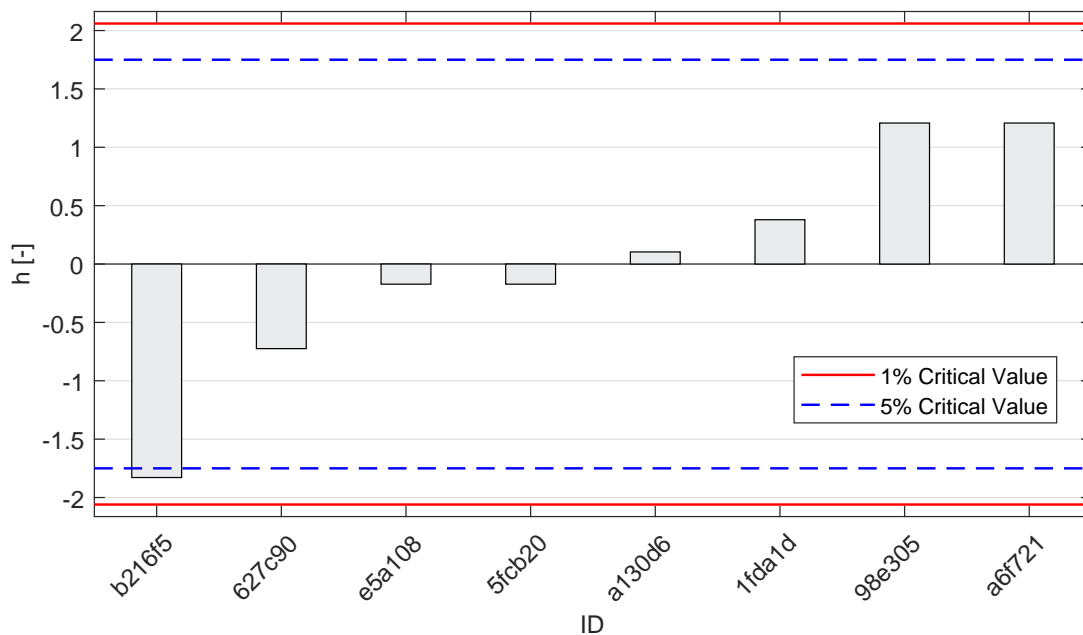


Obrázek 10: **Grubbsův test** - graf průměrných hodnot: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

3.3 Mandelovy statistiky konzistence

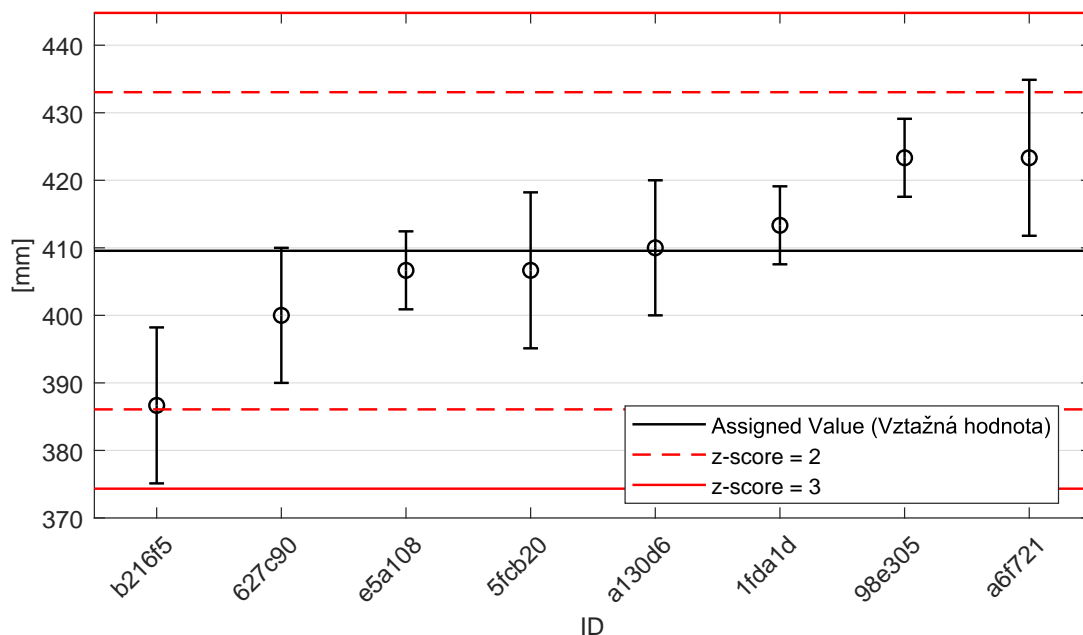


Obrázek 11: Vnitrolaboratorní statistika konzistence: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

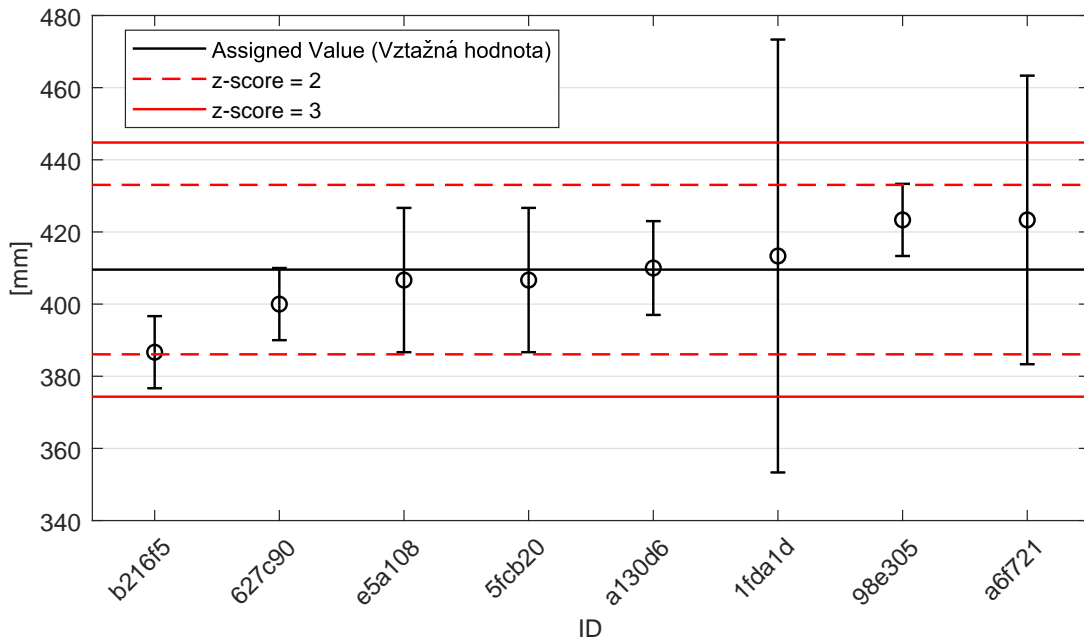


Obrázek 12: Mezilaboratorní statistika konzistence: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

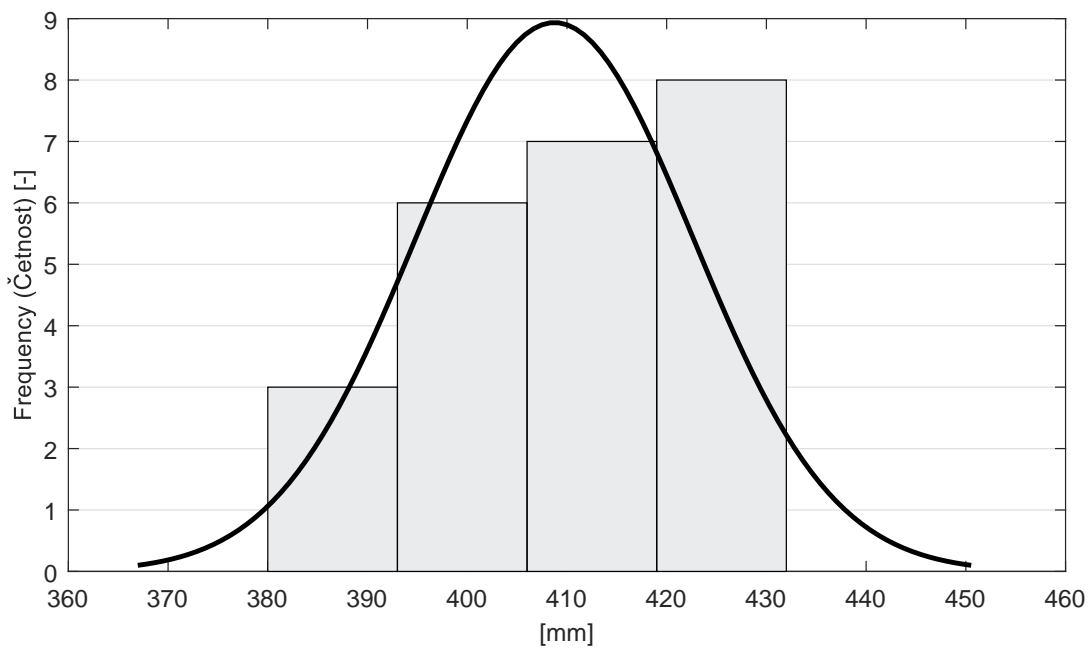
3.4 Vyhodnocení výkonnosti účastníků



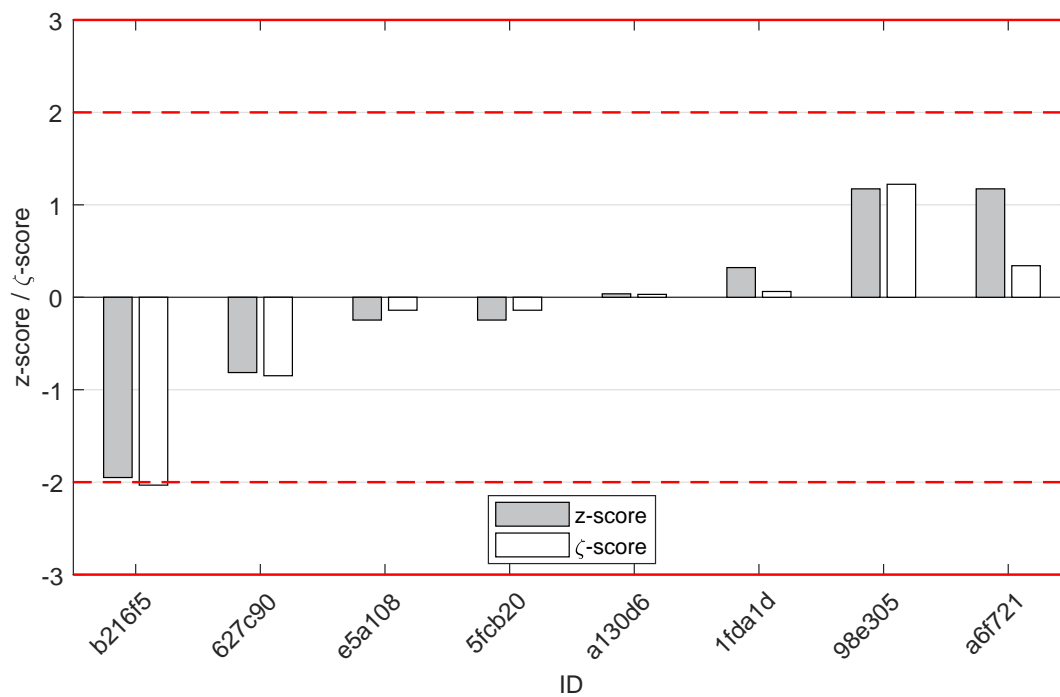
Obrázek 13: Graf průměrných hodnot výsledků zkoušek a výběrových směrodatných odchylek



Obrázek 14: Graf průměrných hodnot výsledků zkoušek a rozšířených nejistot měření



Obrázek 15: Histogram všech výsledků zkoušek



Obrázek 16: z-score a ζ-score

Tabulka 6: Výsledné hodnoty z-score a ζ-score

ID	z-score [-]	ζ-score [-]
b216f5	-1.95	-2.03
627c90	-0.81	-0.85
e5a108	-0.25	-0.14
5fcb20	-0.25	-0.14
a130d6	0.04	0.03
1fda1d	0.32	0.06
98e305	1.17	1.22
a6f721	1.17	0.34

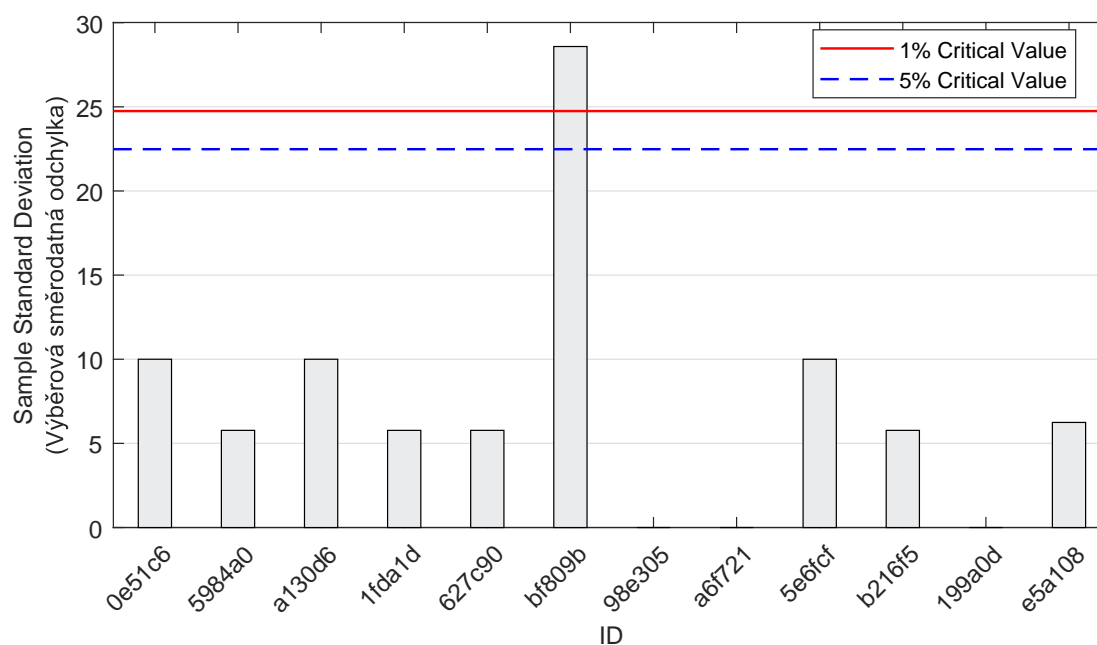
4 Příloha – ČSN EN 12350-6 (Stanovení objemové hmotnosti)

4.1 Výsledky zkoušek

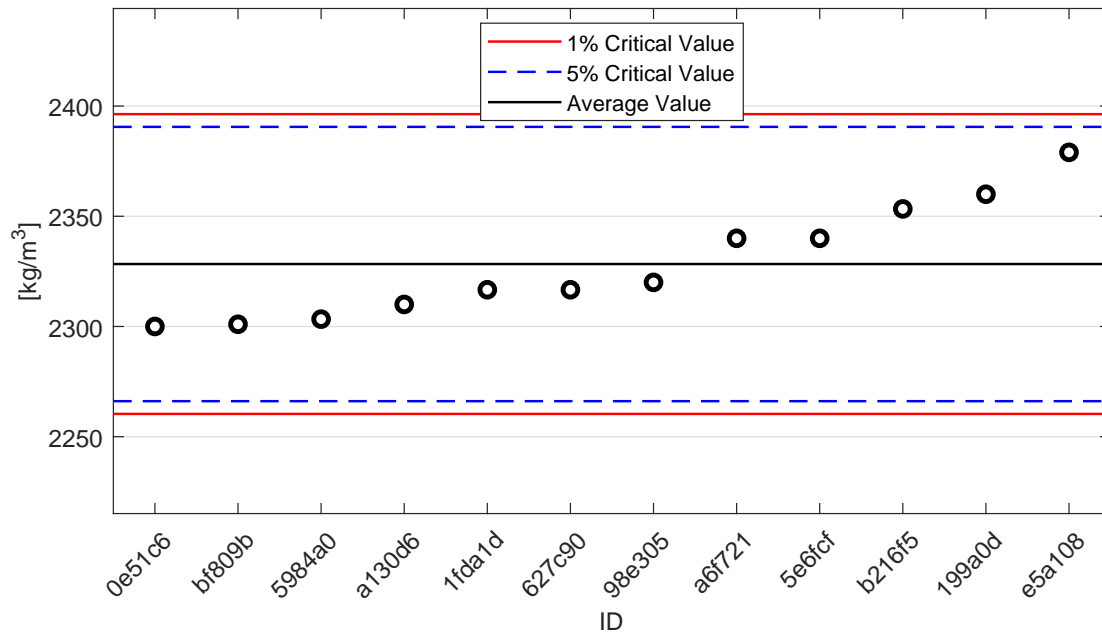
Tabulka 7: Výsledky zkoušek - seřazené podle průměrné hodnoty. Odlehlé hodnoty jsou vyznačeny hvězdičkou. u_x - rozšířená nejistota účastníka; \bar{x} - aritmetický průměr; s_0 - výběrová směrodatná odchylka; V_x - variační koeficient

ID účastníka	Výsledky zkoušek [kg/m ³]			u_x [kg/m ³]	\bar{x} [kg/m ³]	s_0 [kg/m ³]	V_x [%]
0e51c6	2300	2290	2310	10	2300	10	0.43
5984a0	2310	2300	2300	10	2303	6	0.25
a130d6	2300	2310	2320	12	2310	10	0.43
1fda1d	2310	2320	2320	30	2317	6	0.25
627c90	2320	2320	2310	40	2317	6	0.25
bf809b	2349	2294	2308	2	2317	29	1.23
98e305	2320	2320	2320	60	2320	0	0.00
a6f721	2340	2340	2340	40	2340	0	0.00
5e6fcf	2340	2330	2350	20	2340	10	0.43
b216f5	2350	2360	2350	10	2353	6	0.25
199a0d	2360	2360	2360	-	2360	0	0.00
e5a108	2374	2377	2386	50	2379	6	0.26

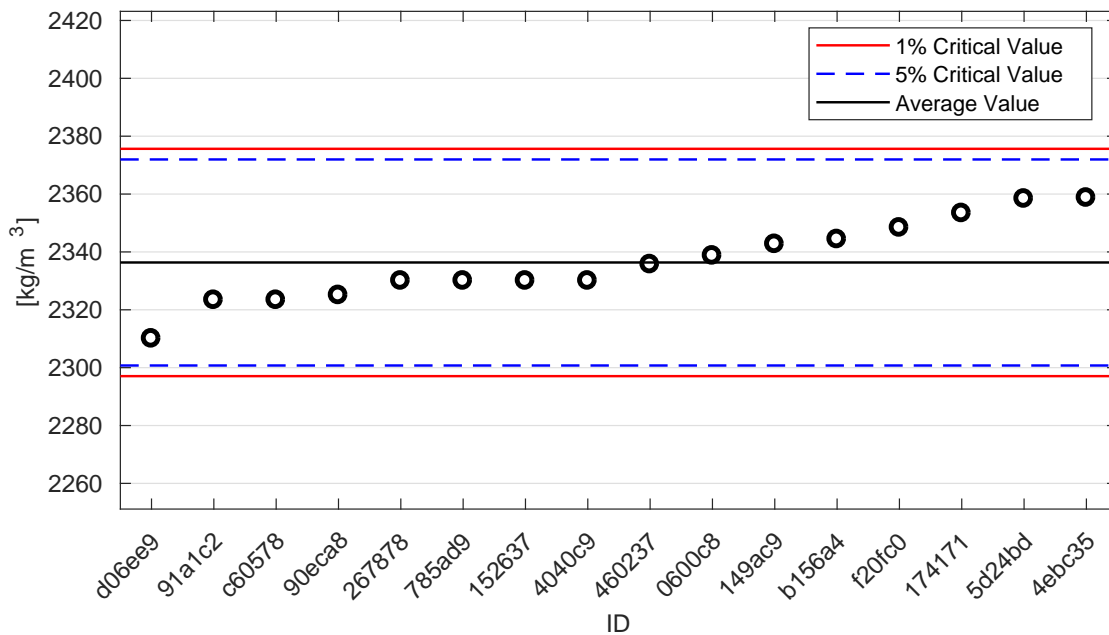
4.2 Numerické zhodnocení odlehých hodnot



Obrázek 17: **Cochranův test** - graf výběrových směrodatných odchylek: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

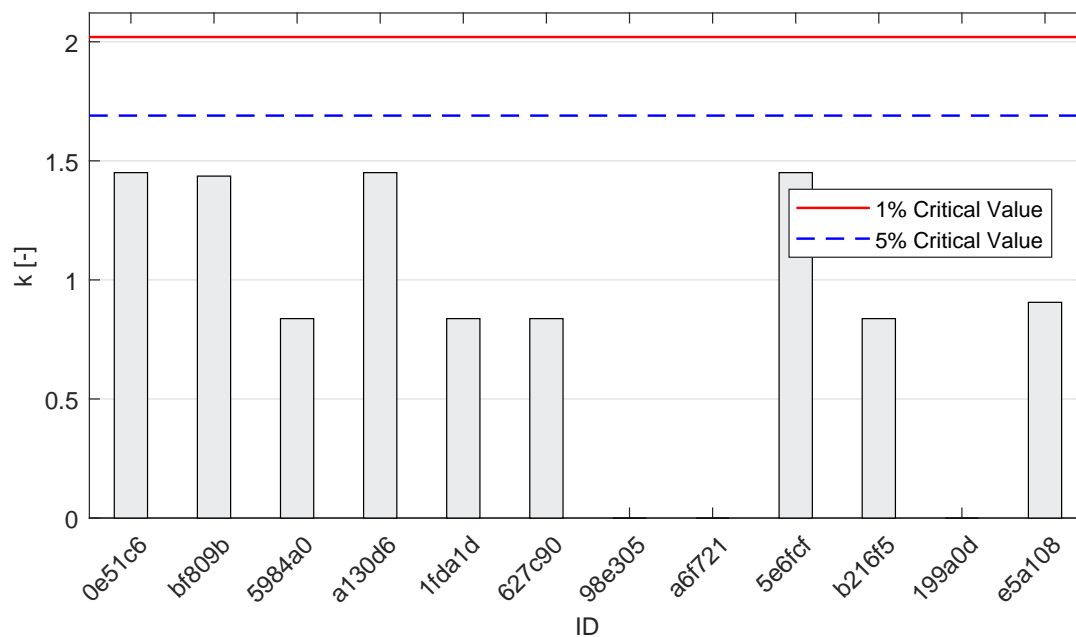


Obrázek 18: **Grubbsův test** - graf průměrných hodnot: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

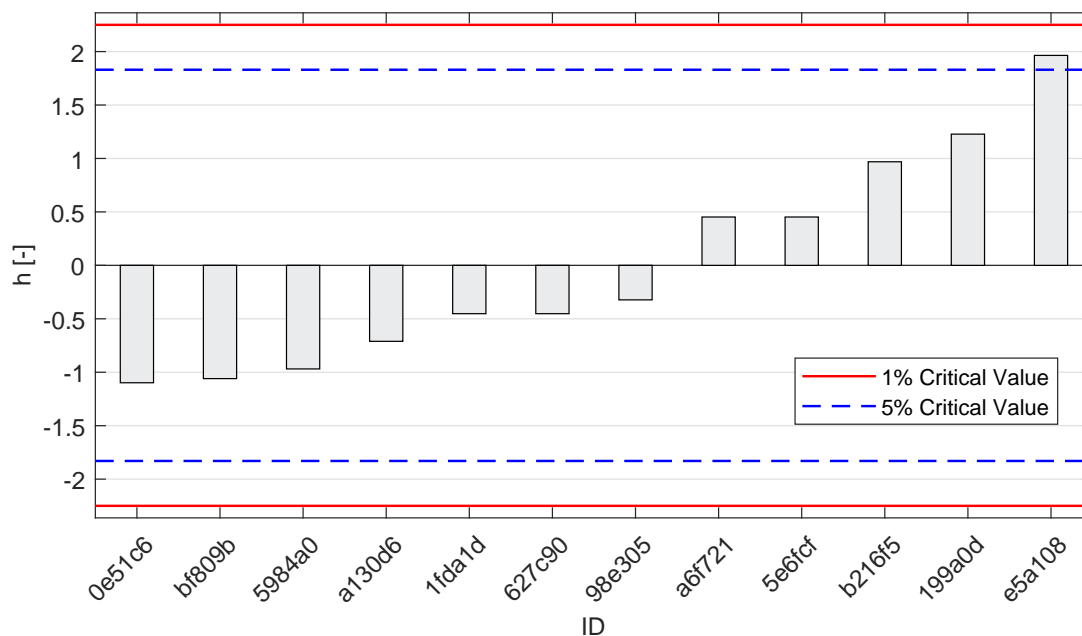


Obrázek 19: **Grubbsův test** - graf průměrných hodnot po vyřazení odlehlých hodnot: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

4.3 Mandelovy statistiky konzistence

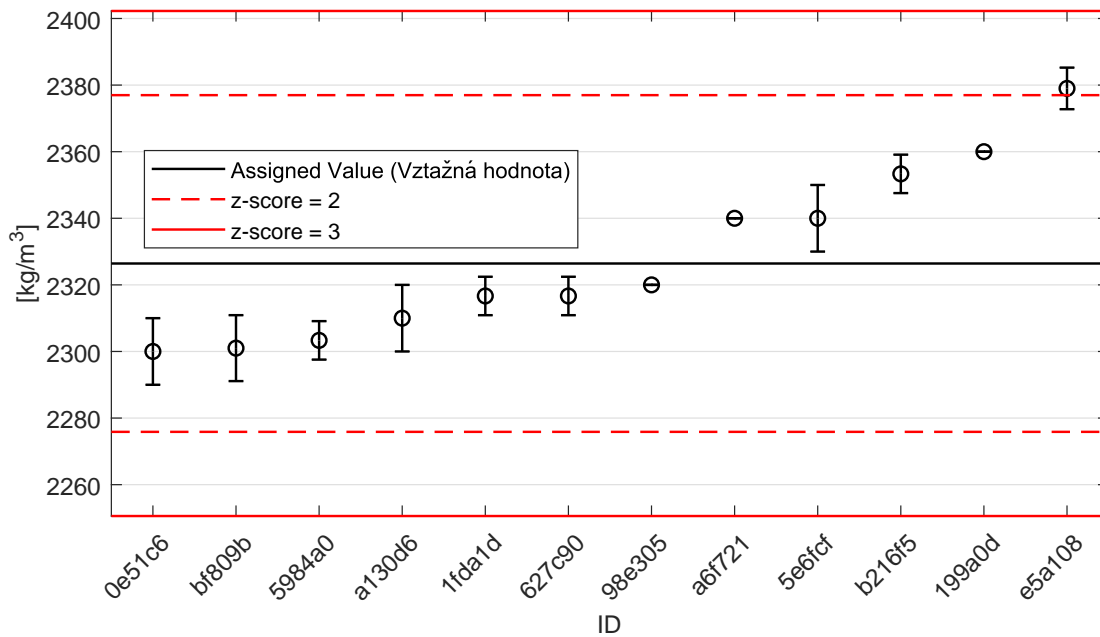


Obrázek 20: Vnitrolaboratorní statistika konzistence: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

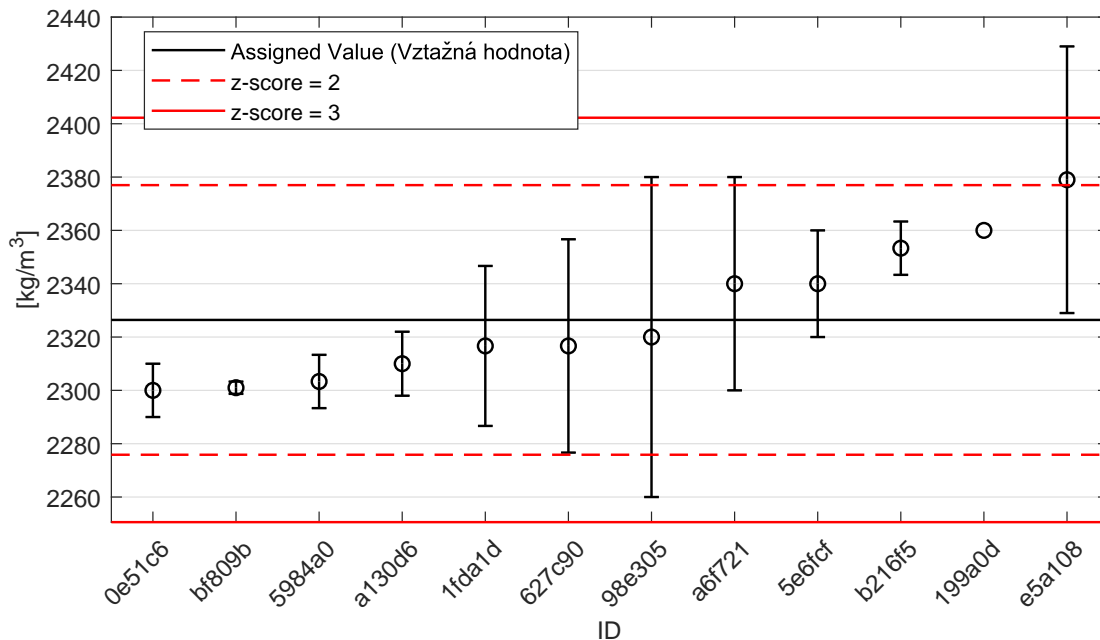


Obrázek 21: Mezilaboratorní statistika konzistence: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

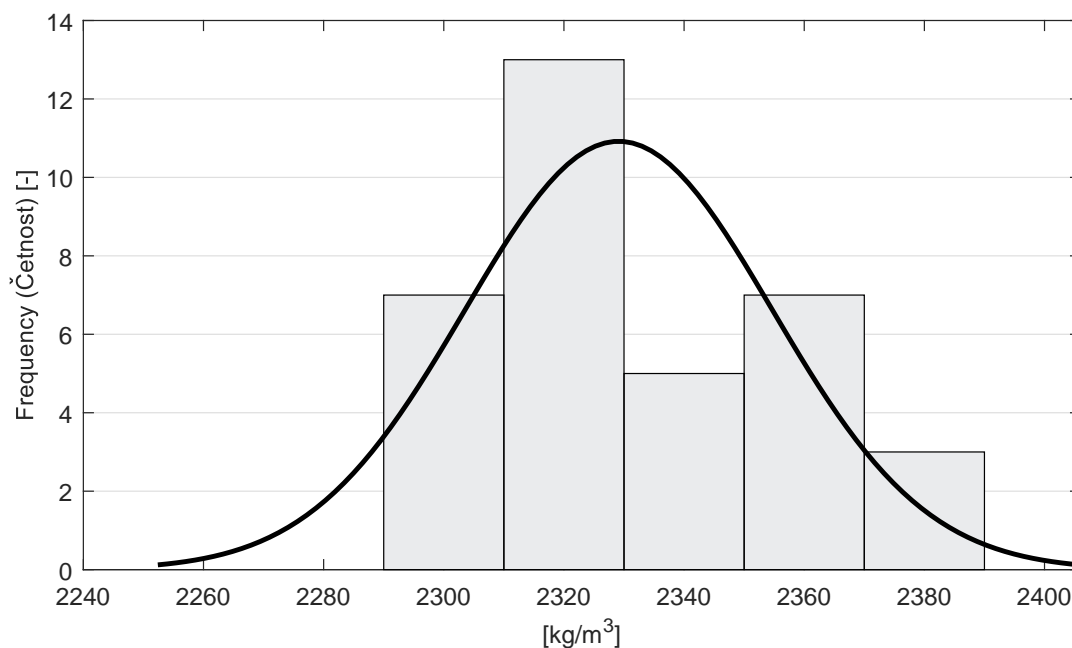
4.4 Vyhodnocení výkonnosti účastníků



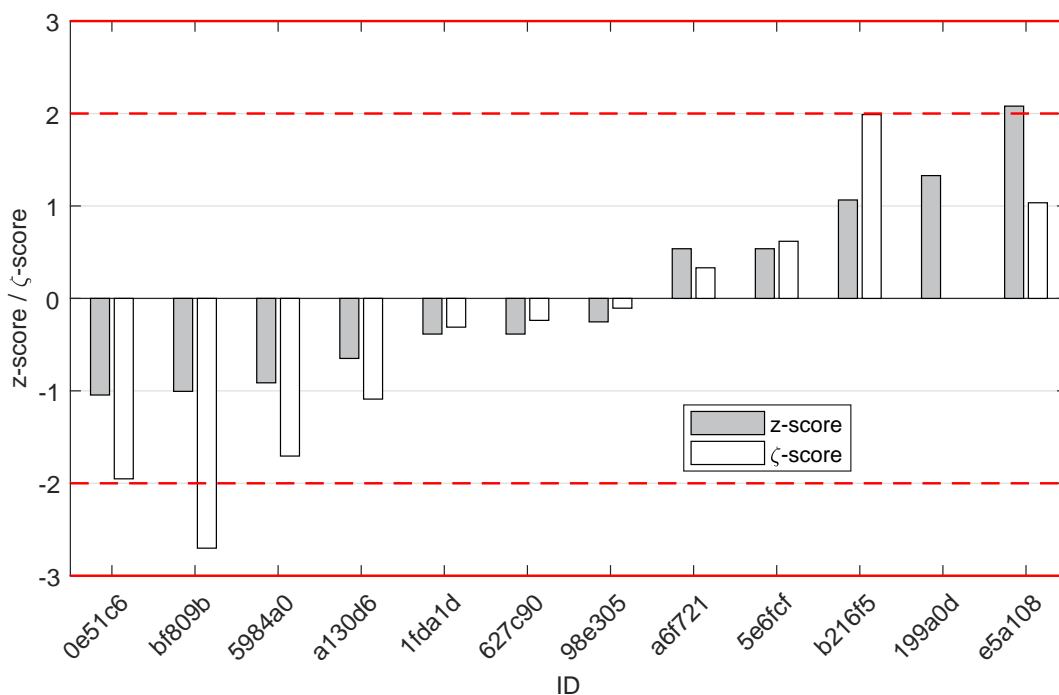
Obrázek 22: Graf průměrných hodnot výsledků zkoušek a výběrových směrodatných odchylek



Obrázek 23: Graf průměrných hodnot výsledků zkoušek a rozšířených nejistot měření



Obrázek 24: Histogram všech výsledků zkoušek



Obrázek 25: z-score a ζ-score

Tabulka 8: Výsledné hodnoty z-score a ζ -score

ID	z-score [-]	ζ -score [-]
0e51c6	-1.05	-1.95
bf809b	-1.01	-2.70
5984a0	-0.91	-1.71
a130d6	-0.65	-1.09
1fda1d	-0.39	-0.31
627c90	-0.39	-0.24
98e305	-0.25	-0.11
a6f721	0.54	0.33
5e6fcf	0.54	0.62
b216f5	1.06	1.99
199a0d	1.33	-
e5a108	2.08	1.03

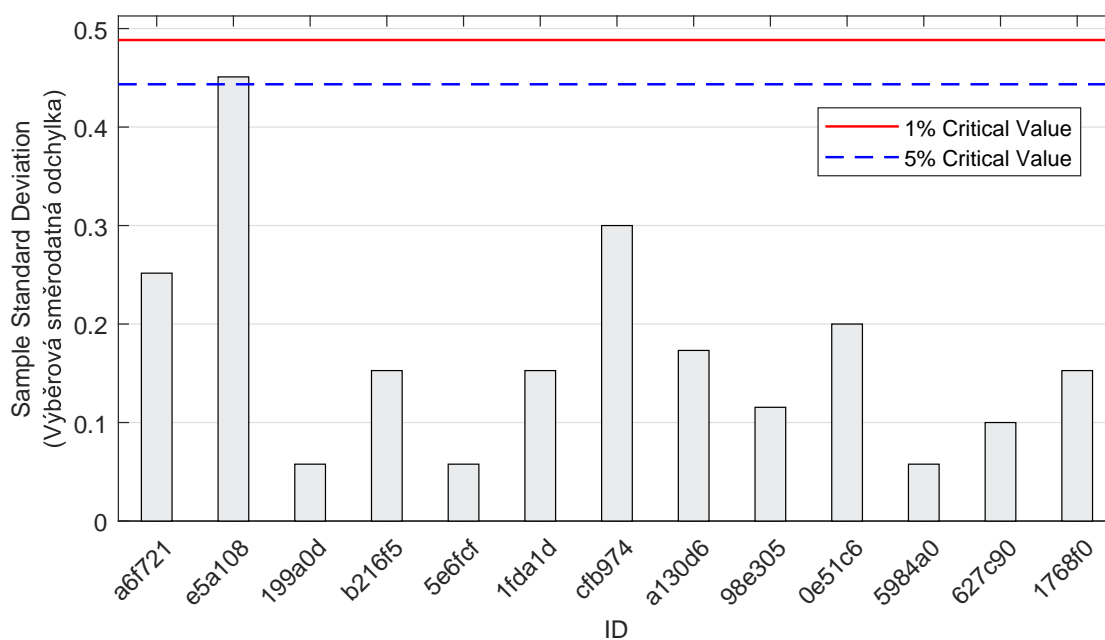
5 Příloha – ČSN EN 12350-7 (Stanovení obsahu vzduchu)

5.1 Výsledky zkoušek

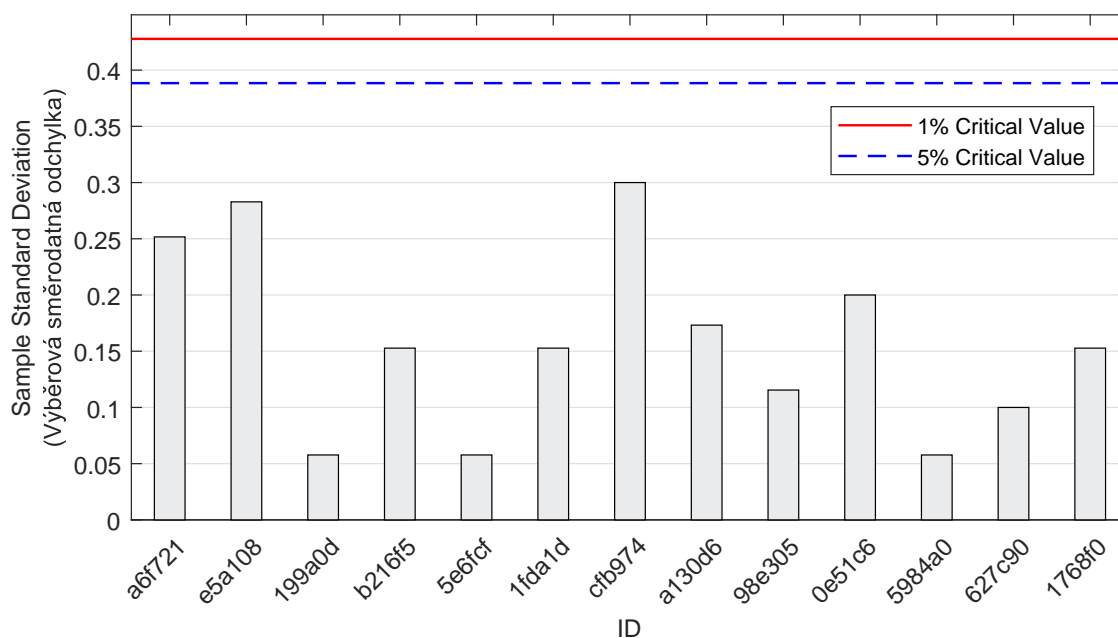
Tabulka 9: Výsledky zkoušek - seřazené podle průměrné hodnoty. Odlehlé hodnoty jsou vyznačeny hvězdičkou. u_X - rozšířená nejistota účastníka; \bar{x} - aritmetický průměr; s_0 - výběrová směrodatná odchylka; V_X - variační koeficient

ID účastníka	Výsledky zkoušek			u_X [%]	\bar{x} [%]	s_0 [%]	V_X [%]
	2.0	2.5	2.2				
a6f721	2.0	2.5	2.2	-	2.2	0.3	11.27
e5a108	2.1	2.5	3.0	0.3	2.5	0.5	17.80
199a0d	2.5	2.5	2.6	-	2.5	0.1	2.28
b216f5	2.5	2.4	2.7	0.2	2.5	0.2	6.03
5e6fcf	2.6	2.6	2.5	0.5	2.6	0.1	2.25
1fda1d	3.2	3.0	2.9	0.5	3.0	0.2	5.04
cfb974	3.4	3.1	2.8	0.2	3.1	0.3	9.68
a130d6	3.3	3.0	3.0	0.5	3.1	0.2	5.59
98e305	3.2	3.2	3.0	0.1	3.1	0.1	3.69
0e51c6	3.2	3.0	3.4	0.4	3.2	0.2	6.25
5984a0	3.2	3.3	3.2	0.3	3.2	0.1	1.79
627c90	3.4	3.5	3.6	0.2	3.5	0.1	2.86
1768f0	3.8	3.6	3.5	0.4	3.6	0.2	4.20

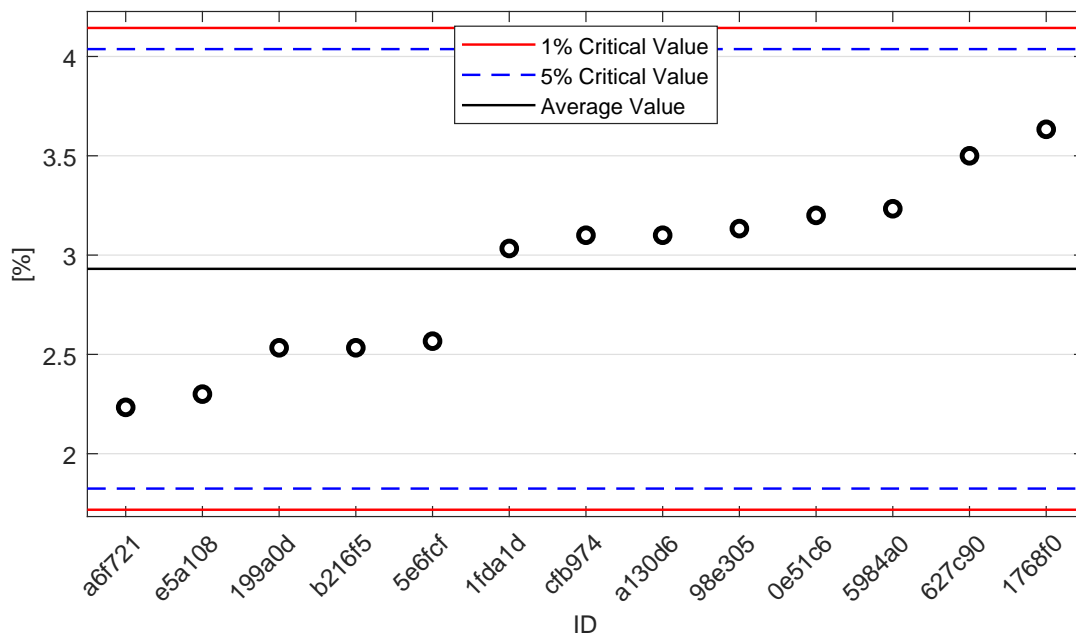
5.2 Numerické zhodnocení odlehlých hodnot



Obrázek 26: **Cochranův test** - graf výběrových směrodatných odchylek: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

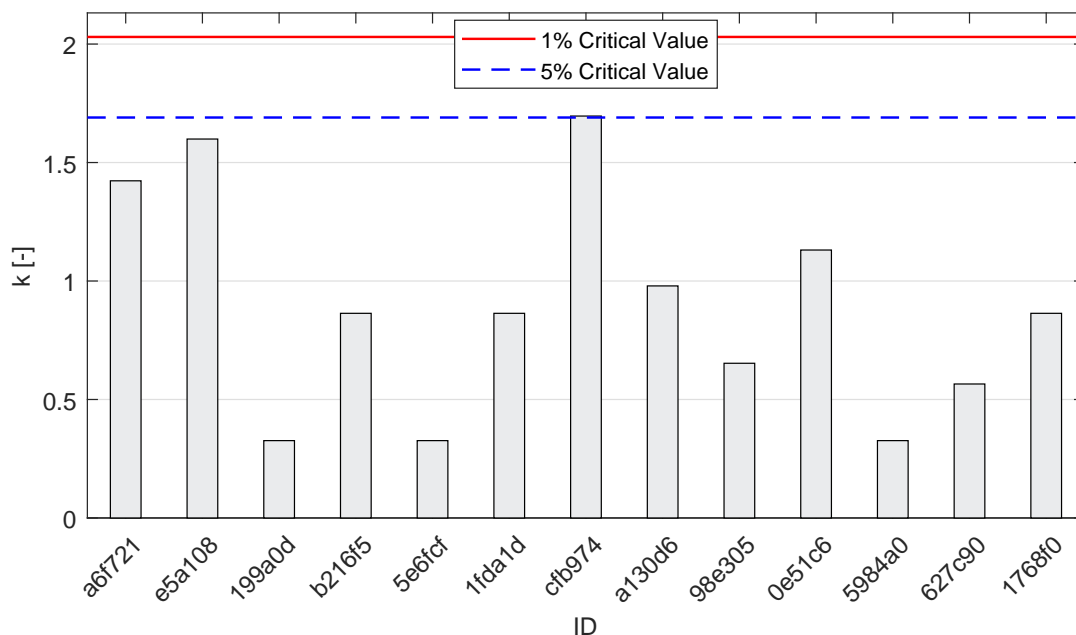


Obrázek 27: **Cochranův test** - graf výběrových směrodatných odchylek po vyřazení odlehlých hodnot: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

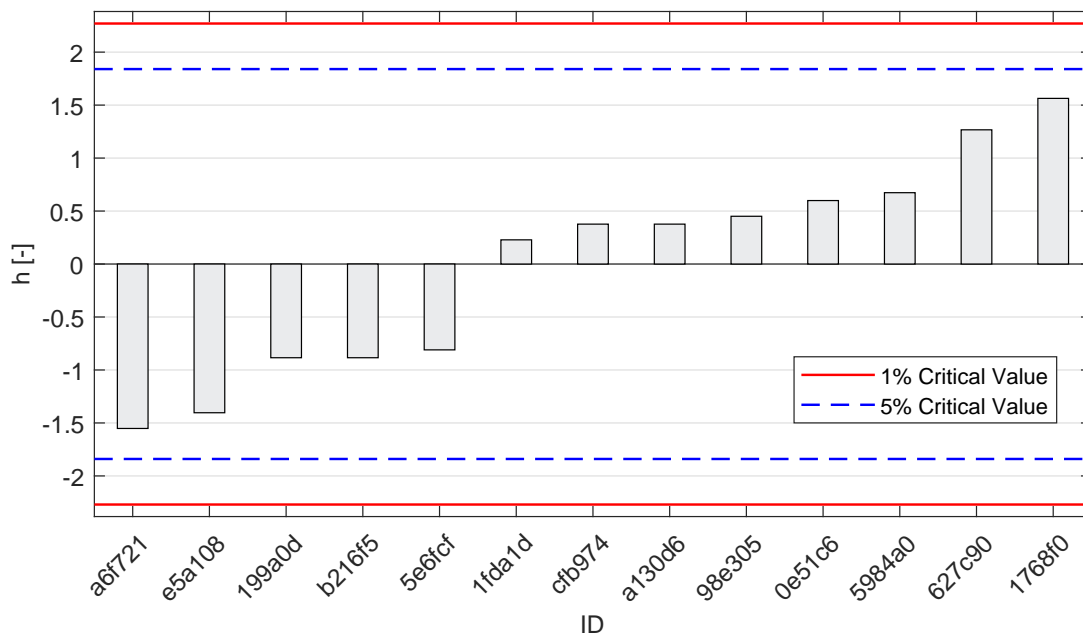


Obrázek 28: **Grubbsův test** - graf průměrných hodnot: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

5.3 Mandelovy statistiky konzistence

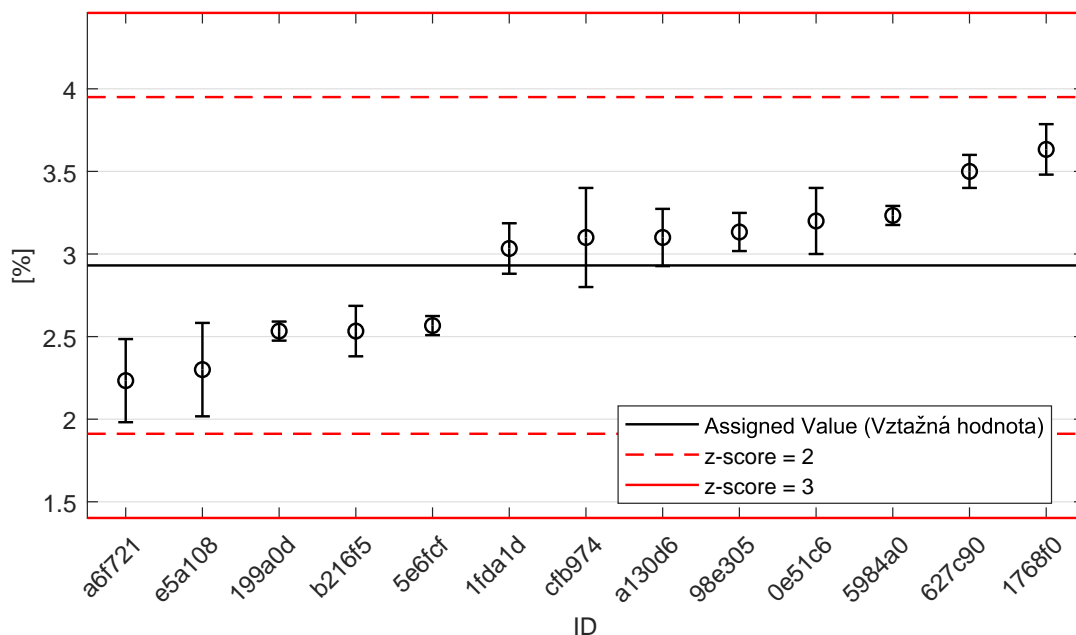


Obrázek 29: Vnitrolaboratorní statistika konzistence: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

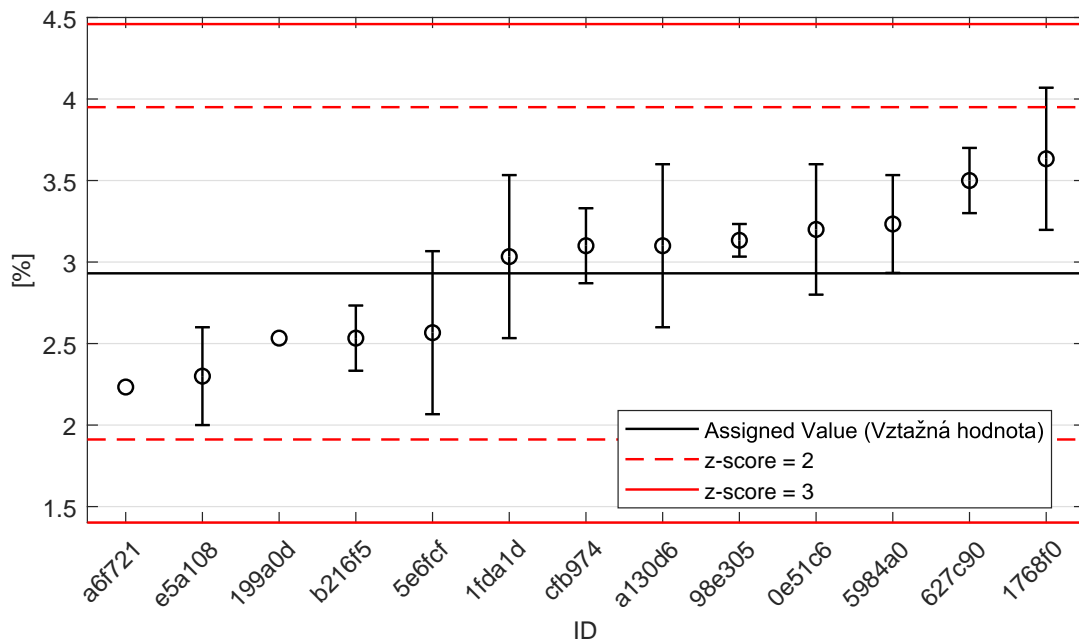


Obrázek 30: Mezilaboratorní statistika konzistence: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

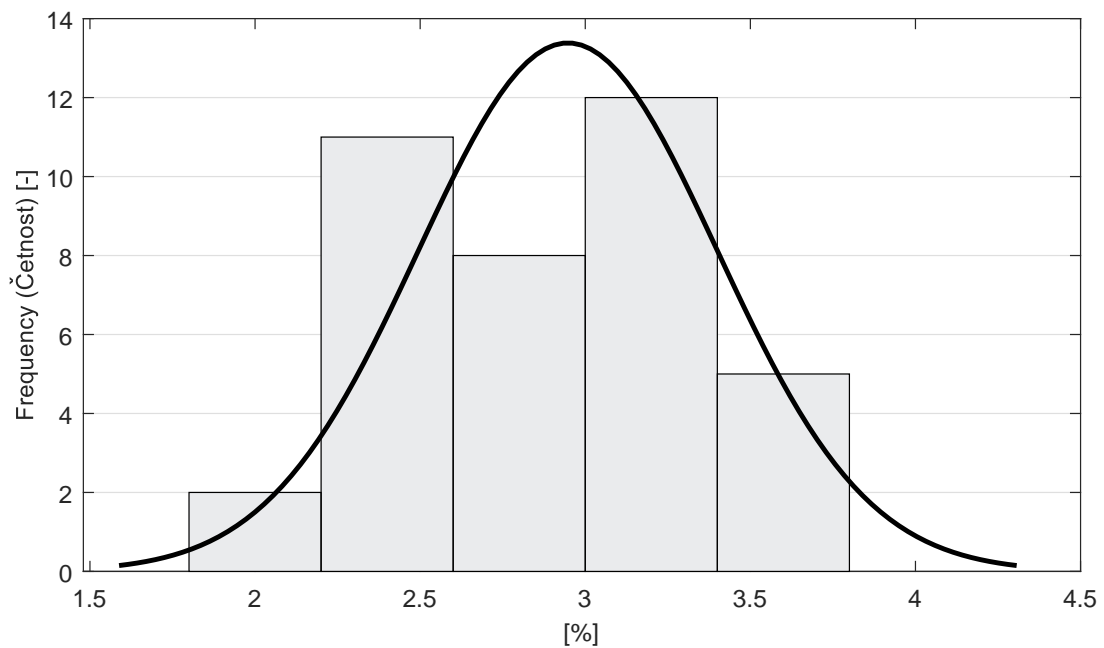
5.4 Vyhodnocení výkonnosti účastníků



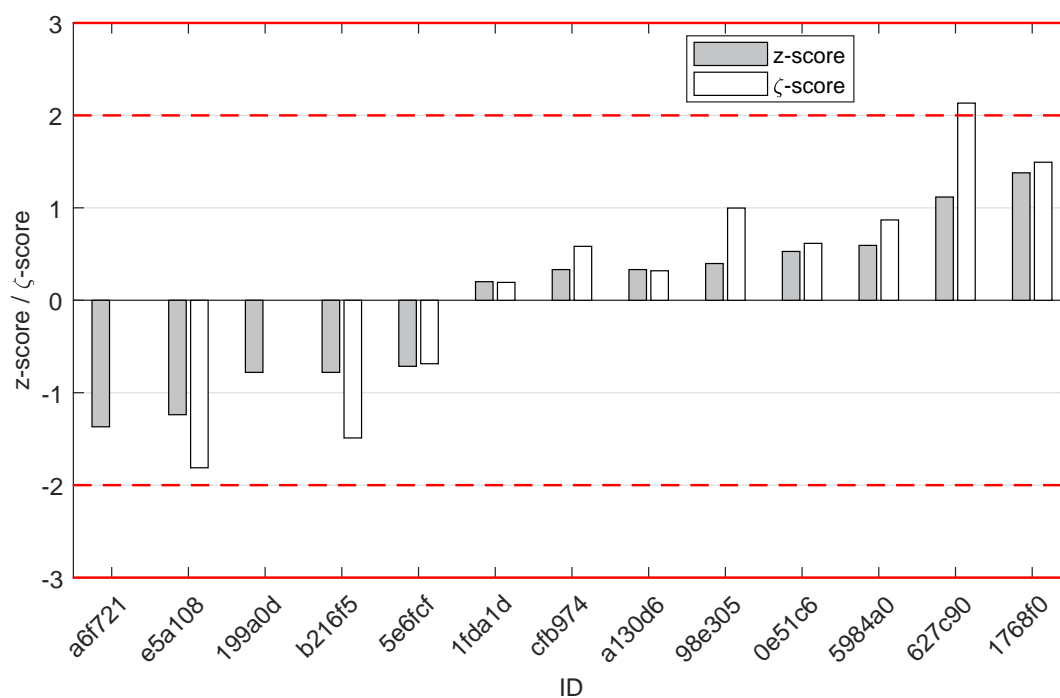
Obrázek 31: Graf průměrných hodnot výsledků zkoušek a výběrových směrodatných odchylek



Obrázek 32: Graf průměrných hodnot výsledků zkoušek a rozšířených nejistot měření



Obrázek 33: Histogram všech výsledků zkoušek



Obrázek 34: z-score a ζ-score

Tabulka 10: Výsledné hodnoty z-score a ζ-score

ID	z-score [-]	ζ-score [-]
a6f721	-1.37	-
e5a108	-1.24	-1.81
199a0d	-0.78	-
b216f5	-0.78	-1.49
5e6fcf	-0.71	-0.69
1fda1d	0.20	0.19
cfb974	0.33	0.58
a130d6	0.33	0.32
98e305	0.40	1.00
0e51c6	0.53	0.62
5984a0	0.59	0.87
627c90	1.12	2.13
1768f0	1.38	1.49