



VYSOKÉ UČENÍ  
TECHNICKÉ  
V BRNĚ



FAKULTA  
STAVEBNÍ ústav  
stavebního zkušebnictví

## ZÁVĚREČNÁ ZPRÁVA O VÝSLEDCÍCH EXPERIMENTU SHODNOSTI

PROGRAM ZKOUŠENÍ ZPŮSOBILOSTI

Pevnost a trvanlivost ztvrdlého betonu

ZZB 2018/1

Poskytovatel zkoušení způsobilosti při SZK FAST

Veveří 95, 602 00 Brno

Czech Republic

[www.szk.fce.vutbr.cz](http://www.szk.fce.vutbr.cz), [ptprovider.cz](http://ptprovider.cz)

**Datum vydání: 4. 6. 2018**

Vedoucí PoZZ, koordinátor PrZZ

Koordinátor hodnocení výsledků PrZZ

  
doc. Ing. Tomáš Vymazal, Ph.D.



  
Ing. Petr Misák, Ph.D.



# Obsah

<b>1 Úvod a důležité kontakty</b>	<b>3</b>
<b>2 Postupy statistické analýzy experimentu shodnosti</b>	<b>6</b>
2.1 Numerický postup zjišťování odlehlých hodnot	6
2.1.1 Cochranův test	7
2.1.2 Grubbsův test – jedno odlehlé pozorování	7
2.2 Mandelovy statistiky	7
2.2.1 Mezilaboratorní statistika konzistence $h$	7
2.2.2 Vnitrolaboratorní statistika konzistence $k$	8
2.3 Výpočet odhadů rozptylů	8
2.3.1 Rozptyl opakovatelnosti	8
2.3.2 Mezilaboratorní rozptyl	8
2.3.3 Rozptyl reprodukovatelnosti	8
2.4 Opakovatelnost a reprodukovatelnost	8
2.5 Vztažná hodnota	9
2.6 Výpočet statistik výkonnosti	10
<b>3 Závěry statistické analýzy</b>	<b>11</b>
3.1 ČSN EN 12390-3 – Pevnost v tlaku ztvrdlého betonu	11
3.2 ČSN EN 12390-7 – Objemová hmotnost	11
3.3 ČSN EN 12390-8 – Hloubka průsaku	11
3.4 ČSN EN 480-11 – Stanovení charakteristik vzduchových pórů ve ztvrdlém betonu	12
3.5 ČSN 73 1322 – Mrazuvzdornost	12
3.6 ČSN 73 1324 – Obrusnost	12
3.7 ČSN 73 1326, metoda A – Odolnost proti CHRL	12
3.8 ČSN 73 1326, metoda C – Odolnost proti CHRL	12
3.9 ČSN EN 12390-9 – Odolnost proti zmrazování a rozmrazování - Odlupování	12
<b>Normativní dokumenty a odkazy</b>	<b>13</b>
<b>Příloha</b>	<b>14</b>
<b>1 Příloha – ČSN EN 12390-3 – Pevnost v tlaku ztvrdlého betonu</b>	<b>14</b>
1.1 Výsledky zkoušek	14
1.2 Numerické zhodnocení odlehlých hodnot	15
1.3 Mandelovy statistiky konzistence	17
1.4 Vyhodnocení výkonnosti účastníků	18
<b>2 Příloha – ČSN EN 12390-7 – Objemová hmotnost</b>	<b>21</b>
2.1 Výsledky zkoušek	21
2.2 Numerické zhodnocení odlehlých hodnot	22
2.3 Mandelovy statistiky konzistence	23
2.4 Vyhodnocení výkonnosti účastníků	24
<b>3 Příloha – ČSN EN 12390-8 – Hloubka průsaku</b>	<b>28</b>
3.1 Výsledky zkoušek	28
3.2 Numerické zhodnocení odlehlých hodnot	29
3.3 Mandelovy statistiky konzistence	30
3.4 Vyhodnocení výkonnosti účastníků	31
<b>4 Příloha – ČSN EN 480-11 – Stanovení charakteristik vzduchových pórů ve ztvrdlém betonu</b>	<b>33</b>
<b>5 Příloha – ČSN 73 1322 – Mrazuvzdornost</b>	<b>34</b>

<b>6 Příloha – ČSN 73 1324 – Obrusnost</b>	<b>34</b>
<b>7 Příloha – ČSN 73 1326, metoda A – Odolnost proti CHRL</b>	<b>34</b>
7.1 25 cyklů . . . . .	34
7.1.1 Výsledky zkoušek . . . . .	34
7.1.2 Numerické zhodnocení odlehlých hodnot . . . . .	35
7.1.3 Mandelovy statistiky konzistence . . . . .	36
7.1.4 Vyhodnocení výkonnosti účastníků . . . . .	37
7.2 50 cyklů . . . . .	40
7.2.1 Výsledky zkoušek . . . . .	40
7.2.2 Numerické zhodnocení odlehlých hodnot . . . . .	40
7.2.3 Mandelovy statistiky konzistence . . . . .	41
7.2.4 Vyhodnocení výkonnosti účastníků . . . . .	42
7.3 75 cyklů . . . . .	45
7.3.1 Výsledky zkoušek . . . . .	45
7.3.2 Numerické zhodnocení odlehlých hodnot . . . . .	45
7.3.3 Mandelovy statistiky konzistence . . . . .	46
7.3.4 Vyhodnocení výkonnosti účastníků . . . . .	47
7.4 100 cyklů . . . . .	50
7.4.1 Výsledky zkoušek . . . . .	50
7.4.2 Numerické zhodnocení odlehlých hodnot . . . . .	50
7.4.3 Mandelovy statistiky konzistence . . . . .	51
7.4.4 Vyhodnocení výkonnosti účastníků . . . . .	52
<b>8 Příloha – ČSN 73 1326, metoda C – Odolnost proti CHRL</b>	<b>54</b>
<b>9 Příloha – ČSN EN 12390-9 – Odolnost proti zmrazování a rozmrazování - Odlupování</b>	<b>54</b>

# 1 Úvod a důležité kontakty

Na začátku roku 2018 byl Poskytovatelem zkoušení způsobilosti při SZK FAST (PoZZ) zahájen program zkoušení způsobilosti (PrZZ) s označením ZZB 2018/1, jehož cílem bylo ověřit a posoudit shodnost výsledků zkoušek ztvrdlého betonu, a to se zaměřením na pevnost a trvanlivost ztvrdlého betonu.

Posouzení výsledků programu zkoušení způsobilosti měla na starost komise složená z následujících pracovníků 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 12390-3** – Pevnost v tlaku ztvrdlého betonu [1],
2. **ČSN EN 12390-7** – Objemová hmotnost [2],
3. **ČSN EN 12390-8** – Hloubka průsaku [3],
4. **ČSN EN 480-11** – Stanovení charakteristik vzduchových pórů ve ztvrdlém betonu [4],
5. **ČSN 73 1322** – Mrázuvzdornost [5],
6. **ČSN 73 1324** – Obrusnost [6],
7. **ČSN 73 1326, metoda A** – Odolnost proti CHRL [7],
8. **ČSN 73 1326, metoda C** – Odolnost proti CHRL [7],
9. **ČSN EN 12390-9** – Odolnost proti zmrazování a rozmrazování - Odlupování [8].

Zkušební postupy číslo 4 – 6, 8 a 9 nebyly otevřeny s ohledem na nízký počet účastníků.

Přípravu ztvrdlého betonu pro PoZZ zajistil dodavatel, tedy firma BETOTECH s. r. o. Čerstvý beton pro výrobu zkušebních těles byl odebrán z jedné výrobní dávky, která byla vyrobena při dodržení postupů uvedených v ČSN EN 206 [9]. Čerstvý beton byl uložen do zkušebních forem vždy stejného typu a po odformování byla zkušební tělesa umístěna za stejných podmínek do uložení vyhovujících požadavkům jednotlivých specifikací.

Výsledky zkoušek jednotlivých účastníků PrZZ jsou vzájemně porovnány metodou statistické analýzy experimentu shodnosti podle ČSN ISO 5725-2 [10] a podle ČSN EN ISO/IEC 17043 [11]. Výsledkem řešení je tato závěrečná zpráva, která shrnuje výsledky experimentu shodnosti, včetně statistického vyhodnocení.

Programu se zúčastnilo celkem 36 pracovišť. Pro zachování anonymity účastníků PrZZ bylo každému pracovišti přiděleno identifikační číslo, které bude 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	6	7	8	9
53b6af	X	X	X	-	-	-	X	-	-
3d5f87	-	-	X	-	-	-	-	-	-
cf32b9	X	X	X	-	-	-	-	-	-
2703fb	X	-	-	-	-	-	-	-	-

ID/zkouška	1	2	3	4	5	6	7	8	9
e123aa	X	X	X	-	-	-	-	-	-
48db09	X	X	-	-	-	-	-	-	-
389769	X	X	-	-	-	-	-	-	-
bc9be8	-	-	X	-	-	-	X	-	-
49d26d	X	X	-	-	-	-	-	-	-
61c683	X	X	X	-	-	-	X	-	-
fdce76	X	X	X	-	-	-	X	-	-
f97ed1	X	X	X	-	-	-	-	-	-
9b988b	X	X	-	-	-	-	-	-	-
4d33f0	-	X	-	-	-	-	-	-	-
76804e	-	X	-	-	-	-	-	-	-
7afbd4	X	X	X	-	-	-	X	-	-
871adf	X	X	X	-	-	-	-	-	-
473bde	X	X	-	-	-	-	-	-	-
cf22f5	X	X	X	-	-	-	X	-	-
3857c2	X	-	-	-	-	-	-	-	-
cc37b3	-	-	-	-	-	-	X	-	-
c61b13	X	X	-	-	-	-	X	-	-
a84a6a	X	X	-	-	-	-	-	-	-
99a33c	-	-	X	-	-	-	-	-	-
c1731c	X	-	X	-	-	-	-	-	-
6c9825	X	X	X	-	-	-	-	-	-
5aced5	X	X	-	-	-	-	X	-	-
fcad9e	X	X	-	-	-	-	-	-	-
bcb626	-	-	X	-	-	-	-	-	-
8ac9ce	-	X	-	-	-	-	-	-	-
5a6ad7	-	X	-	-	-	-	-	-	-
a4ef89	-	X	-	-	-	-	-	-	-
df4a81	-	X	-	-	-	-	-	-	-
387ddb	X	X	-	-	-	-	-	-	-
94927c	-	X	-	-	-	-	-	-	-
da579b	X	X	X	-	-	-	X	-	-

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

Subjekt	Adresa	Číslo AZL
"Zavodski stroezhi Kozloduy" AD	ploshtadka AEC, BGR grad Kozloduy, 3321, Bulgaria	119LI
BASF Stavební hmoty Česká republika s.r.o. - ZLB Praha	K Májovu 1244, Chrudim, 53701, Česká republika	1495
Betón Racio, s.r.o., Skúšobné labotarium, Pracovisko Lietavská Lúčka, Žilinská 49/25, 013 11 Lietavská Lúčka, Slovenská republika	Skladová 2, Trnava, 917 01, Slovenská republika	S-320
Betón Racio, s.r.o., Skúšobné labotarium, Pracovisko Trnava, Skladová 2, 917 01 Trnava, Slovenská republika	Skladová 2, Trnava, 917 01, Slovenská republika	S-320

Subjekt	Adresa	Číslo AZL
Betón Racio, s.r.o., Skúšobné laboratórium, Pracovisko Veľký Šariš, Železničná 9, 082 21 Veľký Šariš, Slovenská republika	Skladová 2, Trnava, 917 01, Slovenská republika	S-320
BETOTECH, s. r. o. - pracoviště Brno	Jihlavská 51, Brno, 64200, Česká republika	1195.3
CEMEX Cement, s.r.o.	Semtín 102, Pardubice, 53354, Česká republika	1302
CS-BETON s.r.o. Zkušební laboratoř CS-BETON	Velké Žernoseky 184, Litoměřice, 412 01, Česká republika	1500
DI Shahrokh Winter	Gewerbeparkstraße 5, Markgrafneusiedl, A-2282, Österreich	-
ÉMI Építésügyi Minőségellenőrző Innovációs Nonprofit Kft.	Pf. 180., Szentendre, 2001, Hungary	NAH-1-1110/2014
ÉMI Építésügyi Minőségellenőrző Innovációs Nonprofit Kft.	Pf. 180., Szentendre, 2001, Hungary	NAH-1-1110/2014
ÉMI Építésügyi Minőségellenőrző Innovációs Nonprofit Kft.	Pf. 180., Szentendre, 2001, Hungary	NAH-1-1110/2014
ÉMI Építésügyi Minőségellenőrző Innovációs Nonprofit Kft.	Pf. 180., Szentendre, 2001, Hungary	NAH-1-1110/2014
ENERGOPROJEKT NISKOGRADNJA AD BEOGRAD	Boulevard Mihaila Pupina 12, New Belgrade, 11070, Republic of Serbia	-
EUROVIA Services, s.r.o.	PO BOX 207, Praha 6, 16041, Česká republika	1170
Geo Measuring & Analyses	Industriepark Rosteyne 1, Zelzate, 9060, Belgium	BELAC 296-TEST
Horský s.r.o.	Klánovická 286/12, Praha 9, 198 00, Česká republika	1207
JSC "Konstrukciju bandymu centras"	J. Basanavičiaus g. 160C, Šiauliai, LT-76128, Lithuania	LA013
LABBET - Betosan s.r.o.	Na Dolinách 42, Praha 4, 140 00, Česká republika	1687
Lafarge Cement, a.s.	Čížkovice čp. 27, Čížkovice, 411 12, Česká republika	1426
MC-Bauchemie s.r.o.	Skandinávská 990, Žebrák, 26753, Česká republika	208
Ředitelství silnic a dálnic ČR	Rebešovická 40, Brno-Chrlice, 643 00, Česká republika	1072
SQZ, s.r.o.	K Výtopně 1226, Praha 5, 156 00, Česká republika	1135.2
STACHEMA Bratislava a.s., Skúšobné laboratórium STACHEMA	Rovinka 411, Rovinka, 900 41, Slovenská republika	S-275
STACHEMA CZ s.r.o., Zkušební laboratoř, Pracoviště 1	Hasičská 1, Zibohlavy, Kolín, 280 02, Česká republika	1433
STACHEMA CZ s.r.o., Zkušební laboratoř, Pracoviště 2	Hasičská 1, Zibohlavy, Kolín, 280 02, Česká republika	1433
Technický a zkušební ústav stavební Praha s.p.	Hněvkovského 77, Brno, 617 00, Česká republika	1018.3
Technický a zkušební ústav stavební Praha, s.p. (pobočka Ostrava)	U Studia 14, Ostrava - Zábřeh, 700 30, Česká republika	1018.7

Subjekt	Adresa	Číslo AZL
Technický a zkušební ústav stavební Praha, s.p. (zkušebna Plzeň)	Zahradní 15, Plzeň, 326 00, Česká republika	1018.3
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
TPA za obezbeđenje kvaliteta i inovacije d.o.o. Beograd	Milutina Milankovića 3b, Novi Beograd (New Belgrade), 11070, Srbija (Serbia)	01-280
UAB "Šiaulių plentas" laboratorija	Išradėjų g. 11, Šiauliai, LT 78149, Lithuania	+37041540711
Univerzitet u Zenici, Metalurški institut "Kemal Kapetanović"	Travnicka cesta br.7, Zenica, 72000, BiH	-
Ústav stavebního zkušebnictví s.r.o.	Jiřího Potůčka 115, Pardubice, 53009, Česká republika	1115
Vilnius Gediminas Technical University (Applied Laboratory of Buildings, Constructions and Materials of Vilnius Gediminas Technical University)	Saulėtekio al. 11, Vilnius, LT-10223, Lithuania	LA.01.098
Výzkumný ústav pozemních staveb - Certifikační společnost, s.r.o.	Pražská 810/16, Praha 10, 102 21, Česká republika	1234

## 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 [10], 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). Další 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 [11], 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 účastnících 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 vnitrolaboratorních variabilit (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

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

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 [11] za použití statistických metod popsaných v ISO 13528 [12] a ČSN ISO 5725-5 [13]. Vztažná hodnota  $X$  je tedy určena jako robustní odhad hodnoty průměru  $x^*$  (**Algoritmus A** uvedený v [12] a [13]).

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 [11] se výkonnost účastníků se pracovišť hodnotí podle tzv. z-score a  $\zeta$ -score (zeta-score).

Pro každou neodlehlou laboratoř se z-score vypočte podle vztahu

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

$\zeta$ -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  $\zeta$ -score určit. Více o nejistotách měření lze nalézt v dokumentu [14].

Pro z-score a  $\zeta$ -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 ZZB 2018/1 (PrZZ) pořádaného Poskytovatelem zkoušení způsobilosti při SZK FAST (Ústav stavebního zkušebnictví Fakulty stavební VUT v Brně). PrZZ se zúčastnilo celkem 36 pracovišť. Program byl zaměřen na běžné normalizované zkoušky ztvrdlého betonu se zaměřením na jeho pevnost a trvanlivost. Výsledky zkoušek jsou 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  $\zeta$ -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  $\zeta$ -score jsou porovnány s limitními hodnotami (viz část 2.6). Výsledné hodnoty  $\zeta$ -score nejsou brány v potaz při výsledném vyhodnocení výkonnosti účastníků, neboť jsou do značné míry závislé na hodnotách nejistot měření.

#### 3.1 ČSN EN 12390-3 – Pevnost v tlaku ztvrdlého betonu

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

Vyhodnocení Grubbsova testu ukázalo překročení 1% kritické hodnoty v případě účastníků **fcad9e** a **5aced5**. Výsledky těchto účastníků byly označeny jako **odlehlé** a z experimentu **vyřazeny**. Po vyřazení těchto účastníků již k žádnému dalšímu překročení kritických hodnot nedošlo. Grafické zjištění konzistence laboratoří (Mandelovy statistiky) neukázalo překročení 1% kritických hodnot statistik konzistence.

Vztažná hodnota a její nejistota byla stanovena na základě algoritmu A (ISO 13258 [12]). Na základě této analýzy je možné prohlásit, že výsledky všech neodlehklých účastníků nepřekročily limitní hodnotu z-score = 2 a proto lze jejich výkonnost označit jako **vyhovující**.

#### 3.2 ČSN EN 12390-7 – Objemová hmotnost

Výsledky zkoušek společně s grafickým znázorněním a vyhodnocenými statistickými charakteristikami jsou uvedeny v části 2 přílohy.

Numerické kritické zhodnocení výsledků zkoušek Cochranovým testem ukázalo překročení 1% kritické hodnoty účastníka **a4ef89**. Bližší analýza ukázala, že toto překročení má za následek pouze jeden výsledek zkoušky, po jehož vyřazení již kritické hodnoty překonány nebyly.

Numerické kritické zhodnocení výsledků zkoušek Grubbsovým testem neukázalo překročení kritických hodnot. 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 [12]). K překročení limitní hodnoty z-score = 3 došlo v případě účastníků **a4ef89**, **fcad9e** a **473bde**. Výkonnost těchto účastníků je tedy označena jako **nevyhovující**. K překročení limitní hodnoty z-score = 2 došlo v případě účastníků **8ac9ce** a **e123aa**. Výkonnost těchto účastníků je tedy označena jako **problematická**. Výsledky všech ostatních účastníků nepřekročily limitní hodnotu z-score = 2 a proto lze jejich výkonnost označit jako **vyhovující**.

#### 3.3 ČSN EN 12390-8 – Hloubka průsaku

Výsledky zkoušek společně s grafickým znázorněním a vyhodnocenými statistickými charakteristikami jsou uvedeny v části 3 přílohy.

Numerické kritické zhodnocení výsledků zkoušek Cochranovým testem ukázalo překročení 1% kritické hodnoty účastníka č. 871adf. Bližší analýza ukázala, že toto překročení má za následek pouze jeden výsledek zkoušky, po jehož vyřazení již kritické hodnoty překonány nebyly. Účastník č. 871adf tedy nebyl z experimentu vyřazen. Numerické kritické zhodnocení výsledků zkoušek Grubbsovým testem neukázalo překročení kritických hodnot.

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 [12]). K překročení limitní hodnoty z-score = 2 došlo v případě účastníka **da579b**. Výkonnost tohoto účastníka je tedy označena jako **proble-**

**matická.** Výsledky všech ostatních účastníků nepřekročily limitní hodnotu  $z\text{-score} = 2$  a proto lze jejich výkonnost označit jako **vyhovující**.

### 3.4 ČSN EN 480-11 – Stanovení charakteristik vzduchových pórů ve ztvrdlém betonu

Zkouška neotevřena pro nízký počet účastníků.

### 3.5 ČSN 73 1322 – Mrazuvzdornost

Zkouška neotevřena pro nízký počet účastníků.

### 3.6 ČSN 73 1324 – Obrusnost

Zkouška neotevřena pro nízký počet účastníků.

### 3.7 ČSN 73 1326, metoda A – Odolnost proti CHRL

Předmětem vyhodnocení této zkoušky byl odpad v  $\text{g}/\text{m}^2$  a to celkem na čtyřech úrovních daných počtem zmrazovacích cyklů, tedy 25, 50, 75 a 100. Výsledky zkoušek byly posuzovány samostatně pro každou úroveň (viz část 7 přílohy).

Numerické kritické zhodnocení výsledků zkoušek Cochranovým testem ukázalo překročení 1% kritické hodnoty účastníka 53b6af. Bližší analýza ukázala, že toto překročení má za následek pouze jeden výsledek zkoušky, po jehož vyřazení již kritické hodnoty překonány nebyly. Účastník 53b6af tedy nebyl z experimentu vyřazen. Numerické kritické zhodnocení výsledků zkoušek Grubbsovým testem neukázalo překročení kritických hodnot.

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 [12]). 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**.

### 3.8 ČSN 73 1326, metoda C – Odolnost proti CHRL

Zkouška neotevřena pro nízký počet účastníků.

### 3.9 ČSN EN 12390-9 – Odolnost proti zmrazování a rozmrazování - Odlupování

Zkouška neotevřena pro nízký počet účastníků.

## Odkazy

- [1] ČSN EN 12390-3. *Zkoušení ztvrdlého betonu - Část 3: Pevnost v tlaku zkušebních těles*. 2009.
- [2] ČSN EN 12390-7. *Zkoušení ztvrdlého betonu - Část 7: Objemová hmotnost ztvrdlého betonu*. 2009.
- [3] ČSN EN 12390-8. *Zkoušení ztvrdlého betonu - Část 8: Hloubka průsaku tlakovou vodou*. 2009.
- [4] ČSN EN 480-11. *Přísady do betonu, malty a injektážní malty - Zkušební metody - Část 11: Stanovení charakteristik vzduchových pórů ve ztvrdlém betonu*. 2006.
- [5] ČSN 73 1322. *Stanovení mrazuvzdornosti betonu*. 2003.
- [6] ČSN 731324. *Stanovení obrusnosti betonu*. 2003.
- [7] ČSN 73 1326. *Stanovení odolnosti povrchu cementového betonu proti působení vody a chemických rozmrazovacích látek*. 2003.
- [8] ČSN P CEN/TS 12390-9. *Zkoušení ztvrdlého betonu - Část 9: Odolnost proti zmrazování a rozmrazování - Odlupování*. 2007.
- [9] ČSN EN 206. *Beton - Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda*. 2014.
- [10] 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.
- [11] ČSN EN ISO/IEC 17043. *Posuzování shody - Všeobecné požadavky na zkoušení způsobilosti*. 2010.
- [12] ISO 13 528. *Statistical methods for use in proficiency testing by interlaboratory comparisons*. 2005.
- [13] ČSN ISO 5725-5. *Přesnost (správnost a shodnost) metod a výsledků měření – Část 5: Alternativní metody pro stanovení shodnosti normalizované metody měření*. 1999.
- [14] EA 4/02. *Vyjadřování nejistot měření při kalibracích*. 2000.

# 1 Příloha – ČSN EN 12390-3 – Pevnost v tlaku ztvrdlého betonu

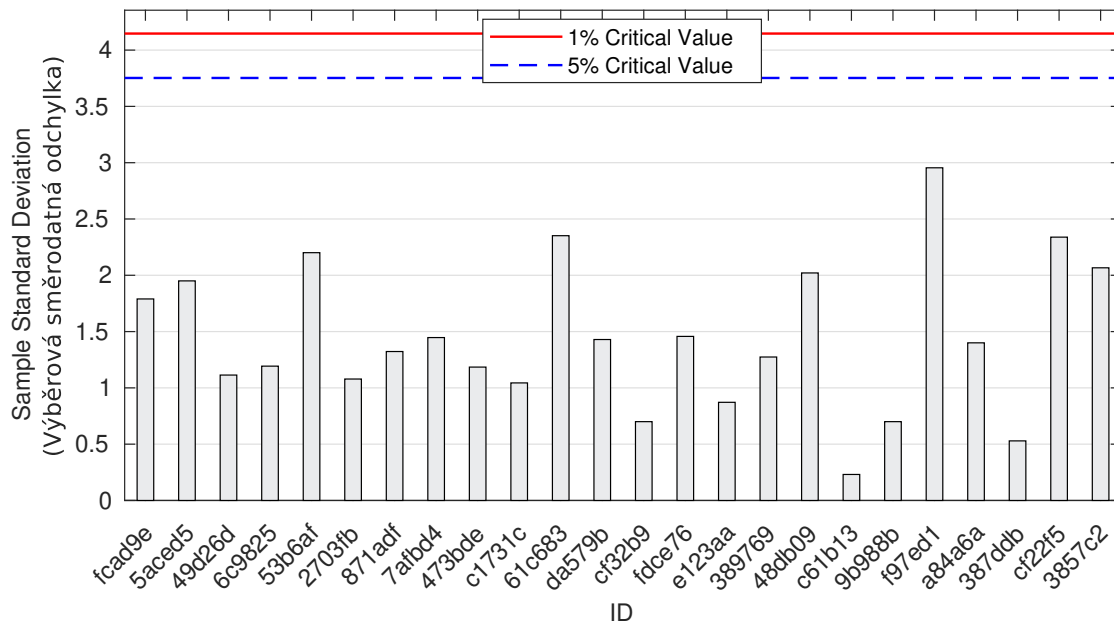
## 1.1 Výsledky zkoušek

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

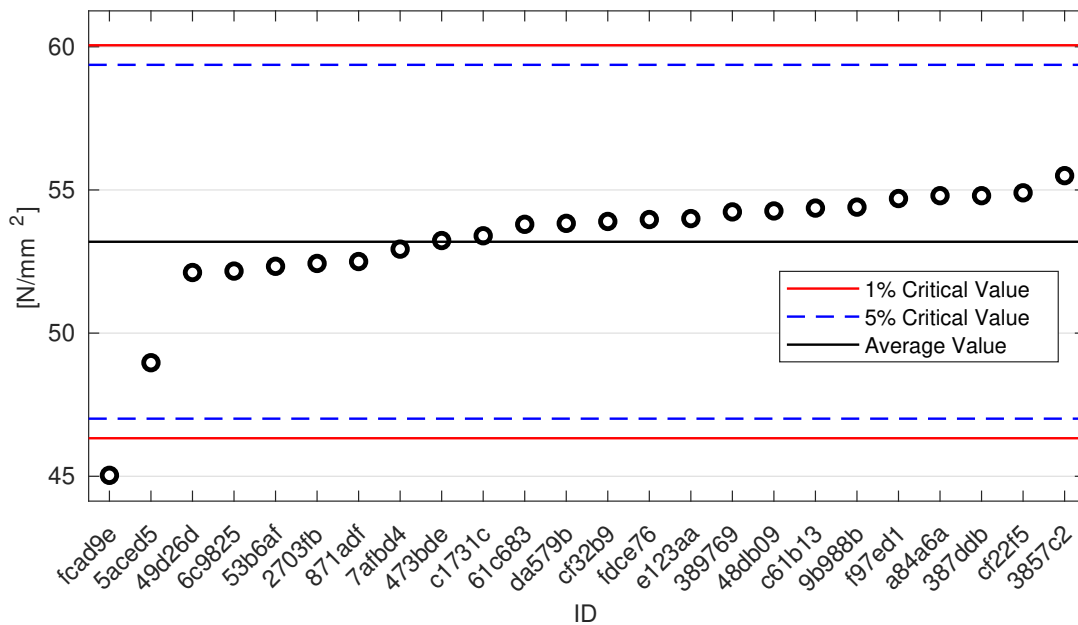
ID účastníka	Výsledky zkoušek			$u_X$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\bar{x}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$s_0$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$V_X$ [%]
fcad9e*	44.0	44.0	47.1	0.5	45.0	1.8	3.97
5aced5*	49.0	50.9	47.0	3.9	49.0	2.0	3.98
49d26d	51.1	52.0	53.3	-	52.1	1.1	2.14
6c9825	51.2	51.8	53.5	2.1	52.2	1.2	2.29
53b6af	50.1	52.4	54.5	-	52.3	2.2	4.21
2703fb	53.2	52.9	51.2	0.2	52.4	1.1	2.06
871adf	53.5	51.0	53.0	0.1	52.5	1.3	2.52
7afb4	52.0	52.2	54.6	2.6	52.9	1.4	2.73
473bde	52.5	54.6	52.6	-	53.2	1.2	2.23
c1731c	52.2	53.9	54.1	0.8	53.4	1.0	1.96
61c683	56.2	51.5	53.7	3.0	53.8	2.4	4.37
da579b	55.4	52.6	53.5	2.5	53.8	1.4	2.66
cf32b9	53.4	53.6	54.7	2.5	53.9	0.7	1.30
fdce76	52.6	55.5	53.8	-	54.0	1.5	2.70
e123aa	53.6	53.4	55.0	0.7	54.0	0.9	1.61
389769	53.6	55.7	53.4	0.7	54.2	1.3	2.35
48db09	54.6	56.1	52.1	0.6	54.3	2.0	3.72
c61b13	54.5	54.1	54.5	2.3	54.4	0.2	0.42
9b988b	53.7	54.4	55.1	2.6	54.4	0.7	1.29
f97ed1	51.4	55.6	57.1	-	54.7	3.0	5.40
a84a6a	56.4	53.8	54.2	1.4	54.8	1.4	2.55
387ddb	55.4	54.4	54.6	4.5	54.8	0.5	0.97
cf22f5	56.3	56.2	52.2	3.1	54.9	2.3	4.26
3857c2	57.7	55.2	53.6	2.5	55.5	2.1	3.72



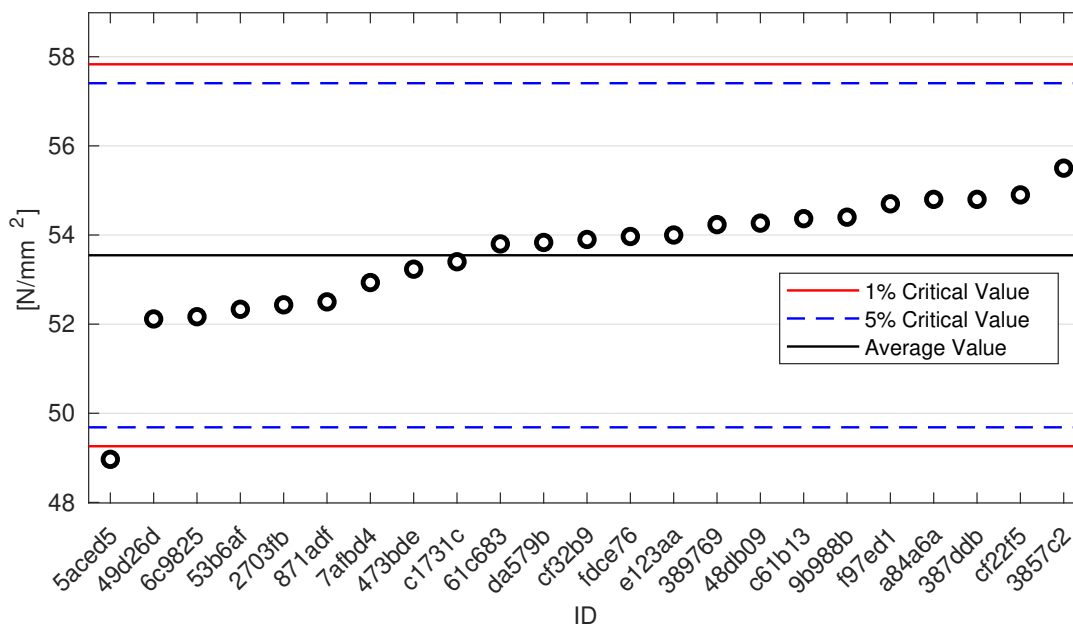
## 1.2 Numerické zhodnocení odlehých hodnot



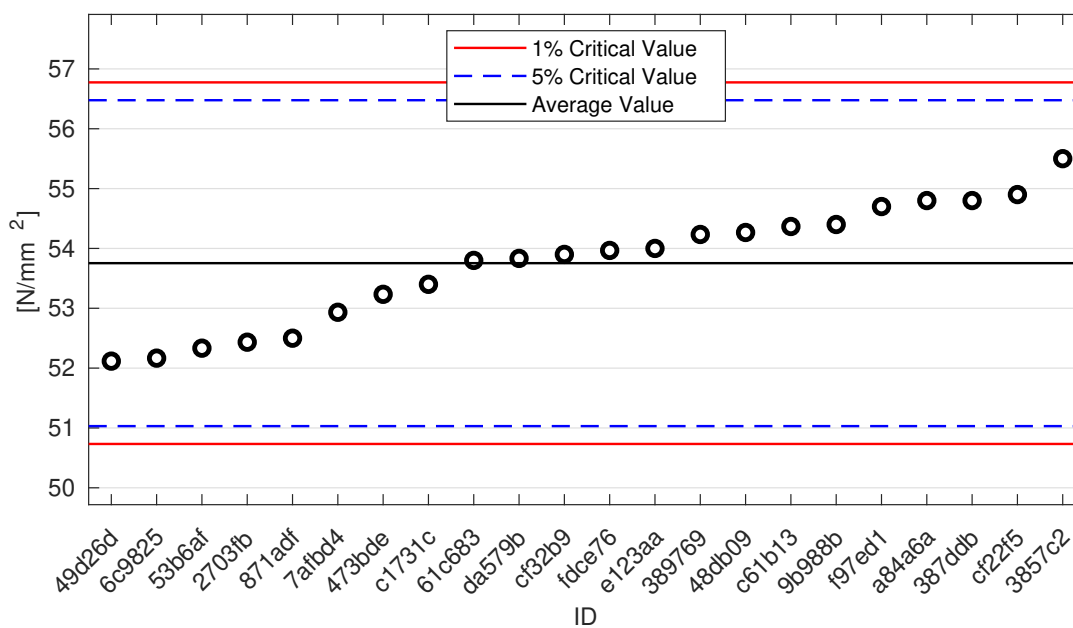
Obrázek 1: **Cochranův test** - graf výběrových směrodatných odchylek: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva



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

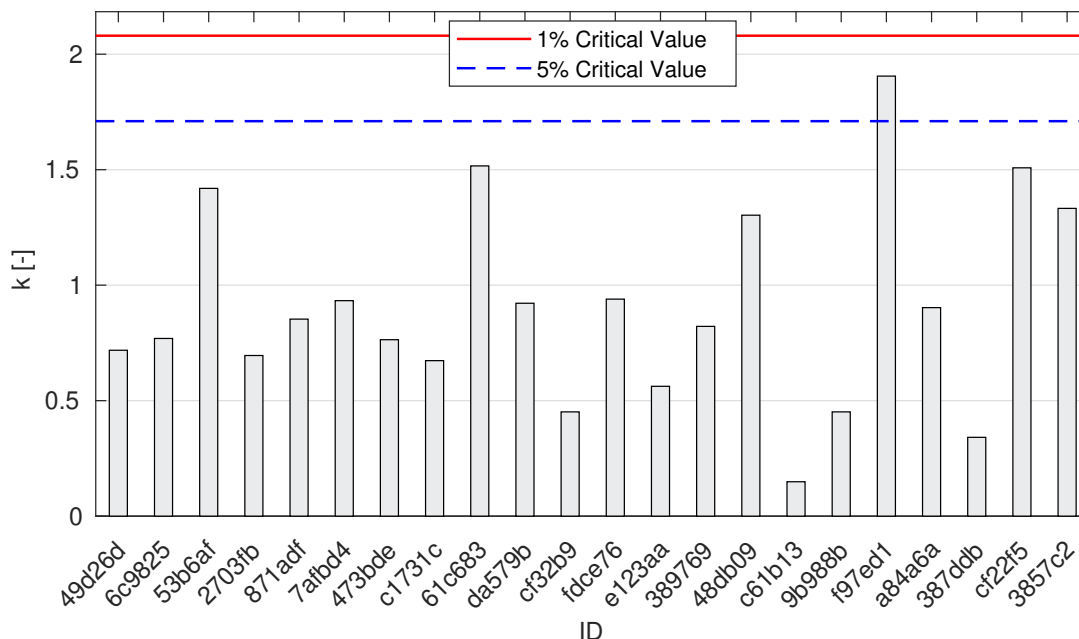


Obrázek 3: **Grubbsův test** - graf průměrných hodnot po vyřazení odlehlých hodnot: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

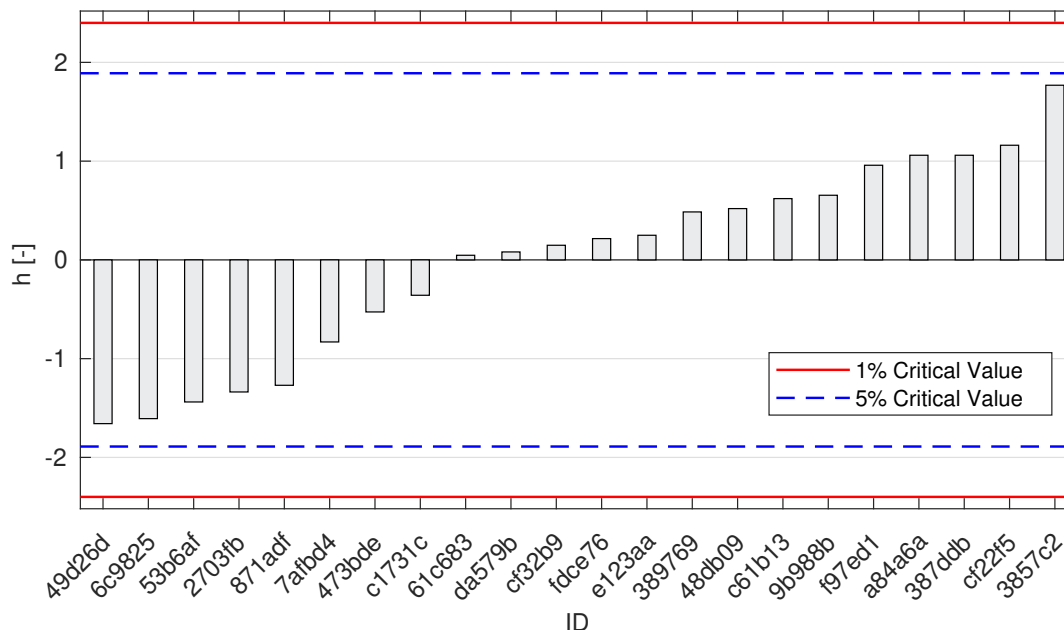


Obrázek 4: **Grubbsův test** - graf průměrných hodnot po vyřazení odlehlých hodnot: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

### 1.3 Mandelovy statistiky konzistence

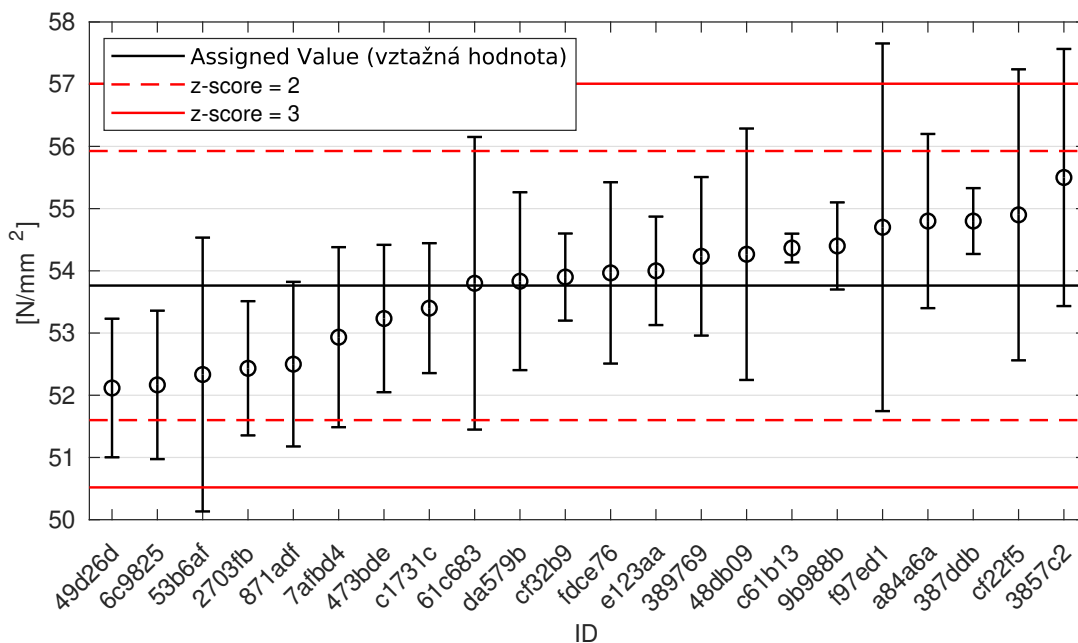


Obrázek 5: Vnitrolaboratorní statistika konzistence: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

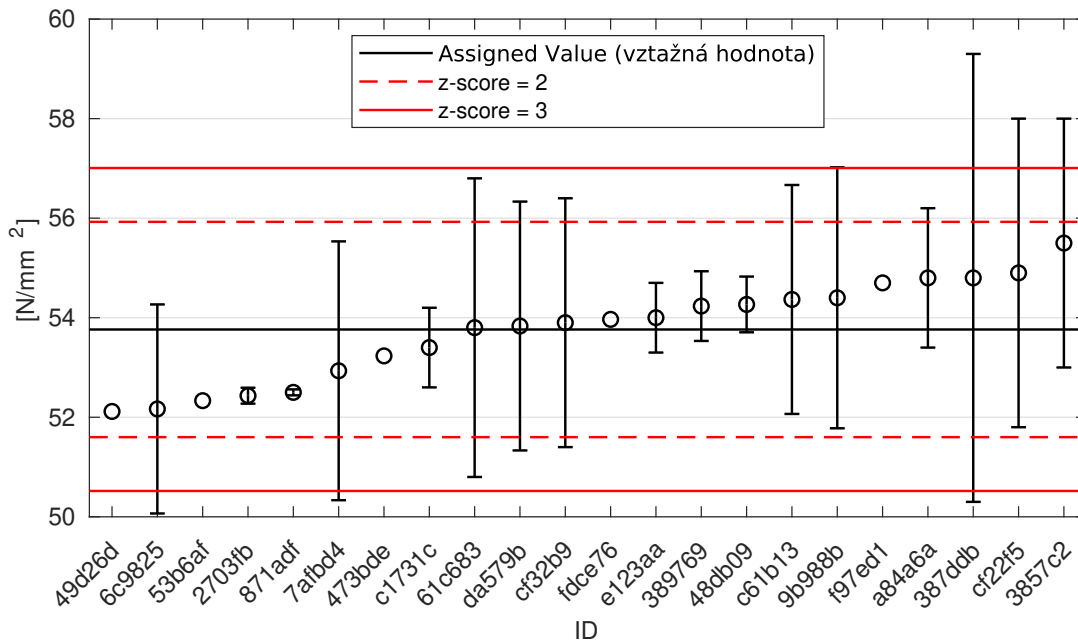


Obrázek 6: Mezilaboratorní statistika konzistence: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

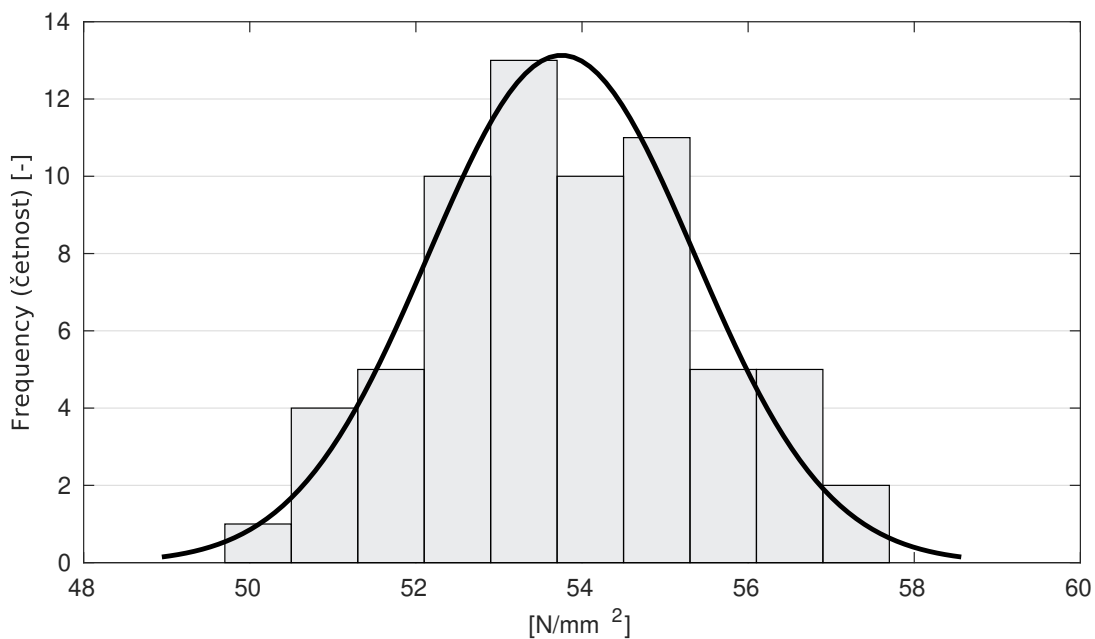
### 1.4 Vyhodnocení výkonnosti účastníků



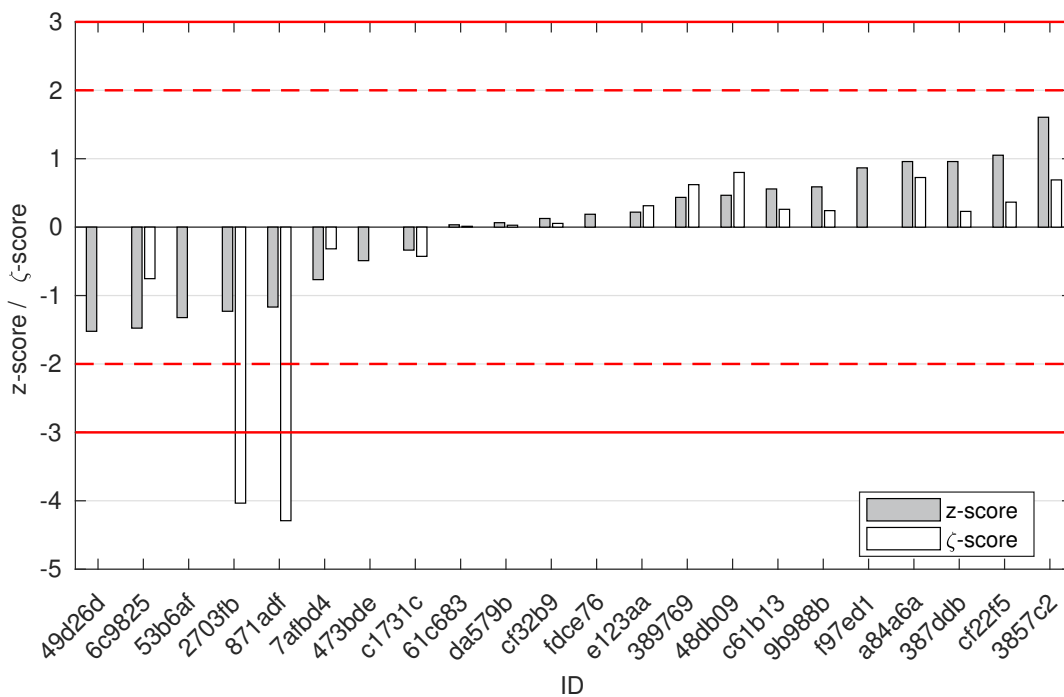
Obrázek 7: Graf průměrných hodnot výsledků zkoušek a výběrových směrodatných odchylek



Obrázek 8: Graf průměrných hodnot výsledků zkoušek a rozšířených nejistot měření



Obrázek 9: Histogram všech výsledků zkoušek



Obrázek 10: z-score a ζ-score

Tabulka 4: Výsledné hodnoty z-score a  $\zeta$ -score

ID	z-score [-]	$\zeta$ -score [-]
49d26d	-1.52	-
6c9825	-1.48	-0.75
53b6af	-1.32	-
2703fb	-1.23	-4.03
871adf	-1.17	-4.29
7afb4d	-0.77	-0.32
473bde	-0.49	-
c1731c	-0.34	-0.43
61c683	0.03	0.01
da579b	0.06	0.03
cf32b9	0.13	0.05
fdce76	0.19	-
e123aa	0.22	0.31
389769	0.43	0.62
48db09	0.47	0.80
c61b13	0.56	0.26
9b988b	0.59	0.24
f97ed1	0.87	-
a84a6a	0.96	0.73
387ddb	0.96	0.23
cf22f5	1.05	0.37
3857c2	1.61	0.69

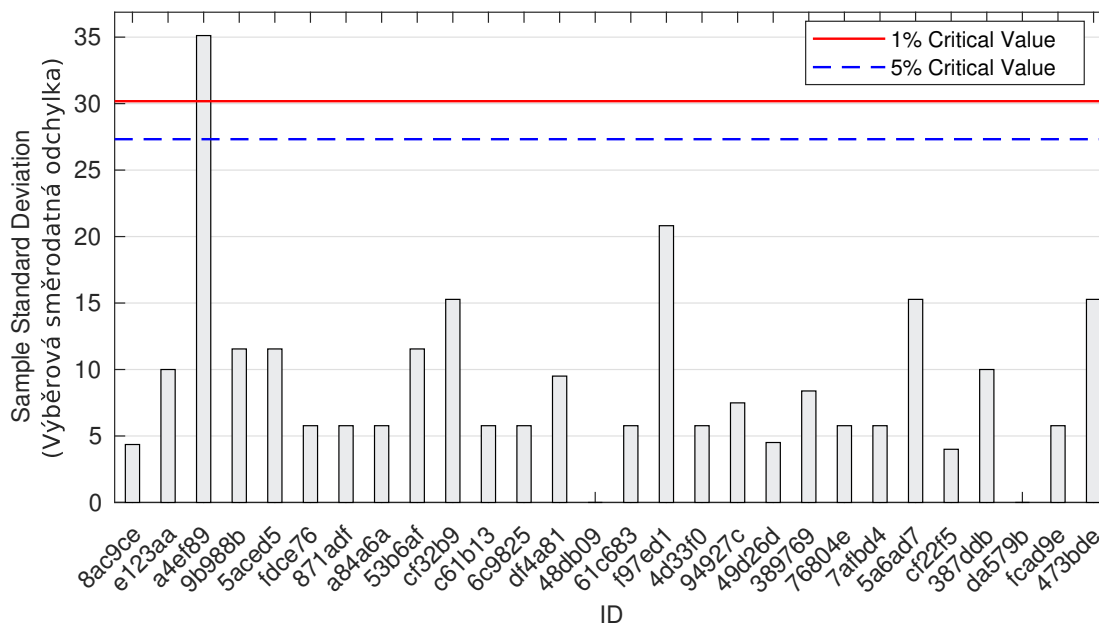
## 2 Příloha – ČSN EN 12390-7 – Objemová hmotnost

### 2.1 Výsledky zkoušek

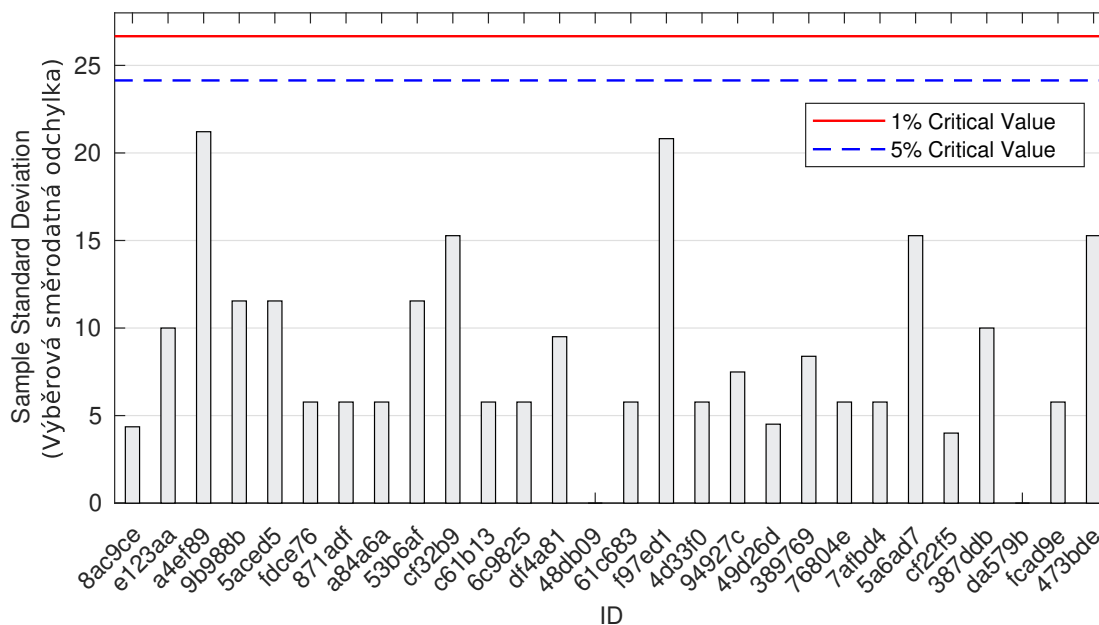
Tabulka 5: Výsledky zkoušek - seřazené podle průměrné hodnoty. Odlehlé hodnoty jsou vyznačeny hvězdičkou.  $u_X$  - rozšířená nejistota účastníka;  $\bar{x}$  - aritmetický průměr;  $s_0$  - výběrová směrodatná odchylka;  $V_X$  - variační koeficient

ID účastníka	Výsledky zkoušek			$u_X$	$\bar{x}$	$s_0$	$V_X$
	[kg/m <sup>3</sup> ]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[%]
8ac9ce	2305	2306	2313	179	2308	4	0.19
e123aa	2320	2300	2310	10	2310	10	0.43
a4ef89	2310	2350*	2280	860	2313	35	1.52
9b988b	2310	2310	2330	111	2317	12	0.50
5aced5	2310	2310	2330	23	2317	12	0.50
fdce76	2320	2330	2320	-	2323	6	0.25
871adf	2320	2330	2320	0	2323	6	0.25
a84a6a	2320	2330	2320	60	2323	6	0.25
53b6af	2320	2320	2340	-	2327	12	0.50
cf32b9	2330	2310	2340	20	2327	15	0.66
c61b13	2320	2330	2330	16	2327	6	0.25
6c9825	2320	2330	2330	31	2327	6	0.25
df4a81	2330	2320	2339	235	2330	10	0.41
48db09	2330	2330	2330	4	2330	0	0.00
61c683	2330	2340	2330	10	2333	6	0.25
f97ed1	2310	2340	2350	-	2333	21	0.89
4d33f0	2330	2330	2340	20	2333	6	0.25
94927c	2326	2341	2334	-	2334	7	0.32
49d26d	2335	2339	2330	-	2335	5	0.19
389769	2327	2341	2342	19	2337	8	0.36
76804e	2330	2340	2340	20	2337	6	0.25
7afbd4	2340	2340	2330	41	2337	6	0.25
5a6ad7	2340	2320	2350	19	2337	15	0.65
cf22f5	2340	2344	2336	6	2340	4	0.17
387ddb	2330	2340	2350	100	2340	10	0.43
da579b	2340	2340	2340	18	2340	0	0.00
fcad9e	2370	2360	2360	2	2363	6	0.24
473bde	2380	2350	2370	-	2367	15	0.65

## 2.2 Numerické zhodnocení odlehlých hodnot

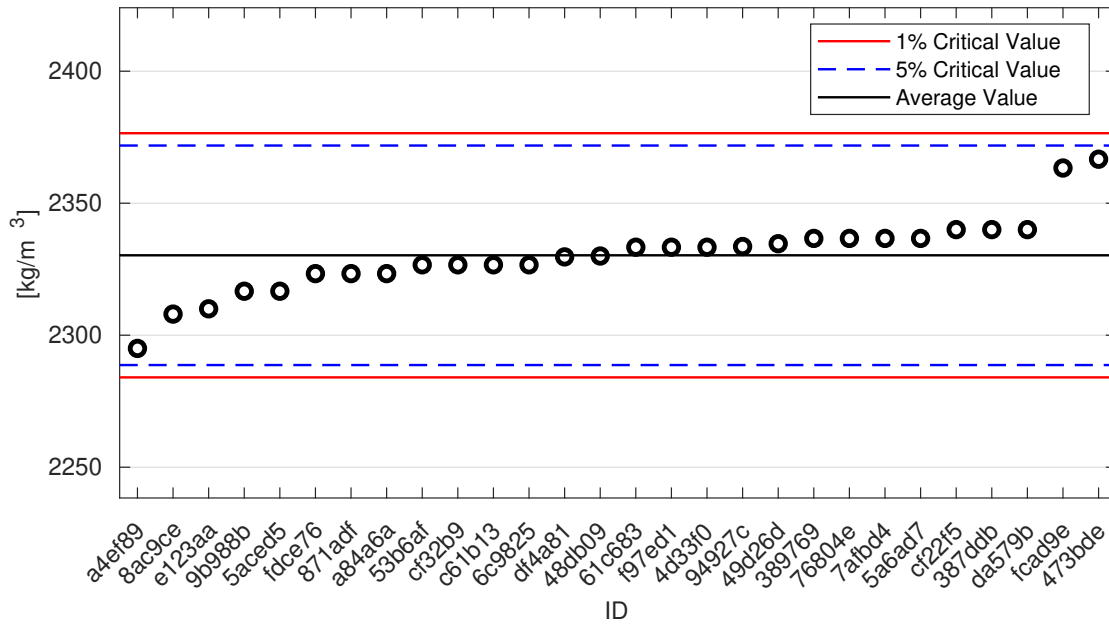


Obrázek 11: **Cochranův test** - graf výběrových směrodatných odchylek: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva



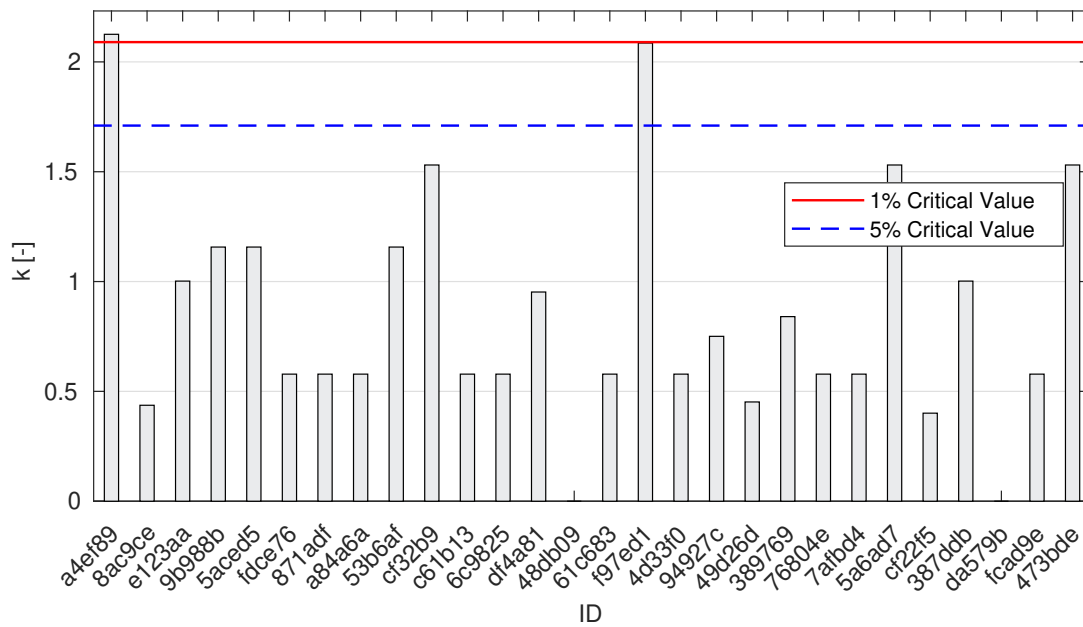
Obrázek 12: **Cochranův test** - graf výběrových směrodatných odchylek po vyřazení odlehlých hodnot: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva



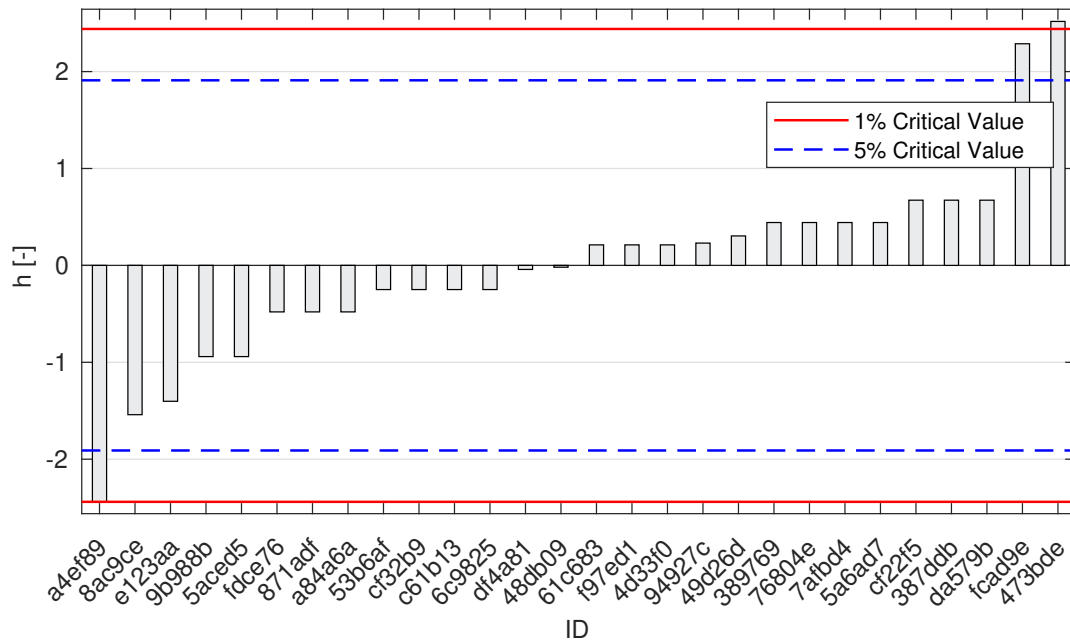


Obrázek 13: **Grubbsův test** - graf průměrných hodnot: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

### 2.3 Mandelovy statistiky konzistence

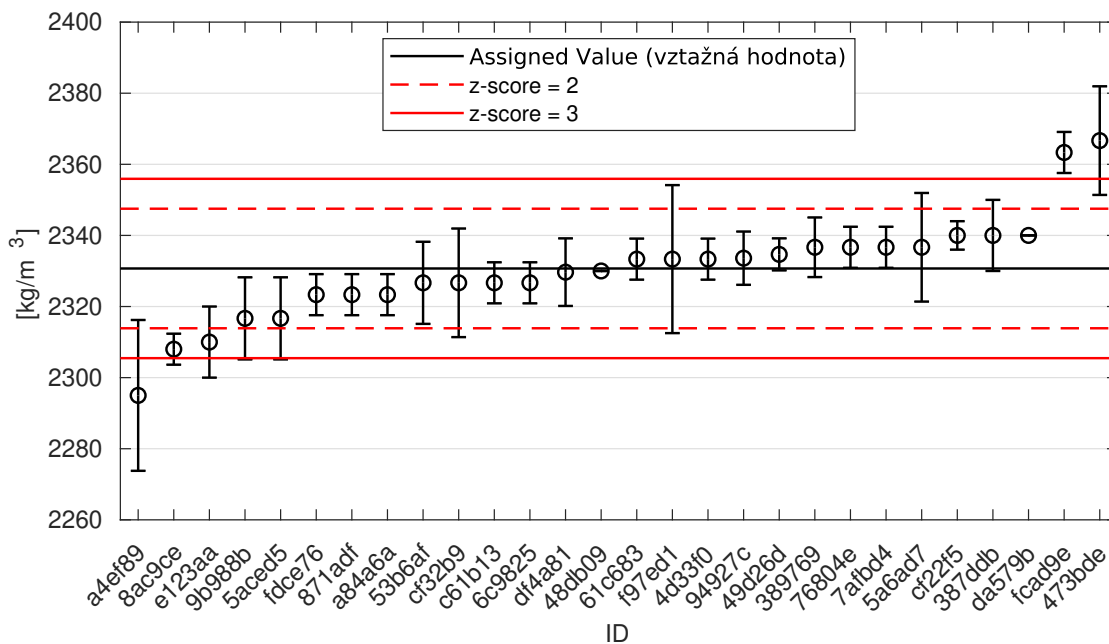


Obrázek 14: Vnitrolaboratorní statistika konzistence: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

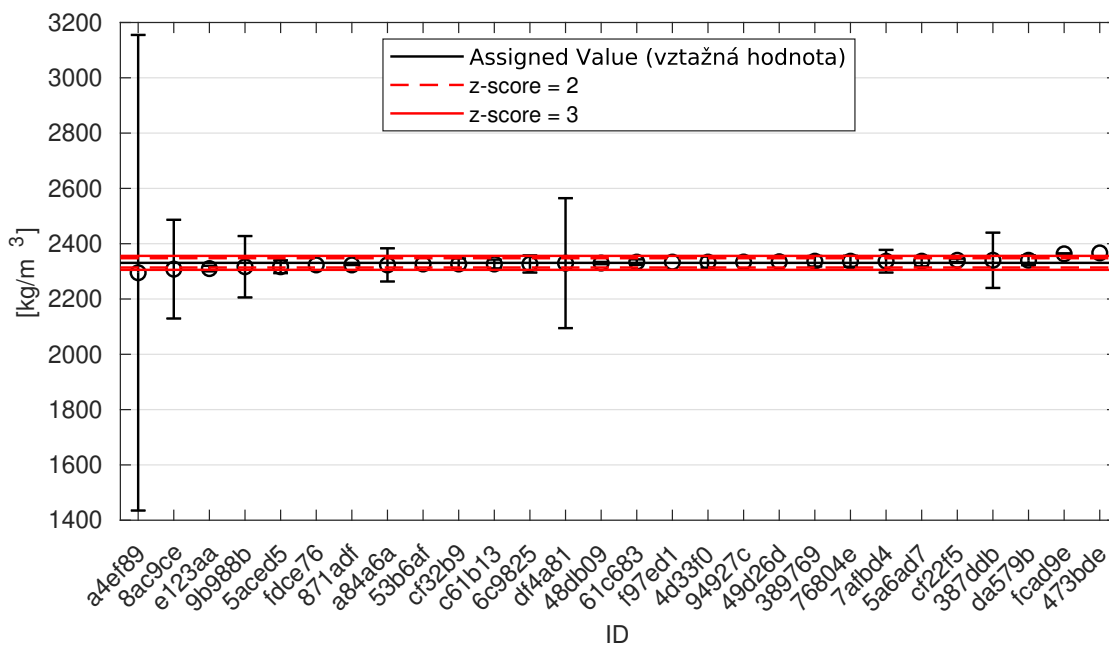


Obrázek 15: Mezilaboratorní statistika konzistence: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

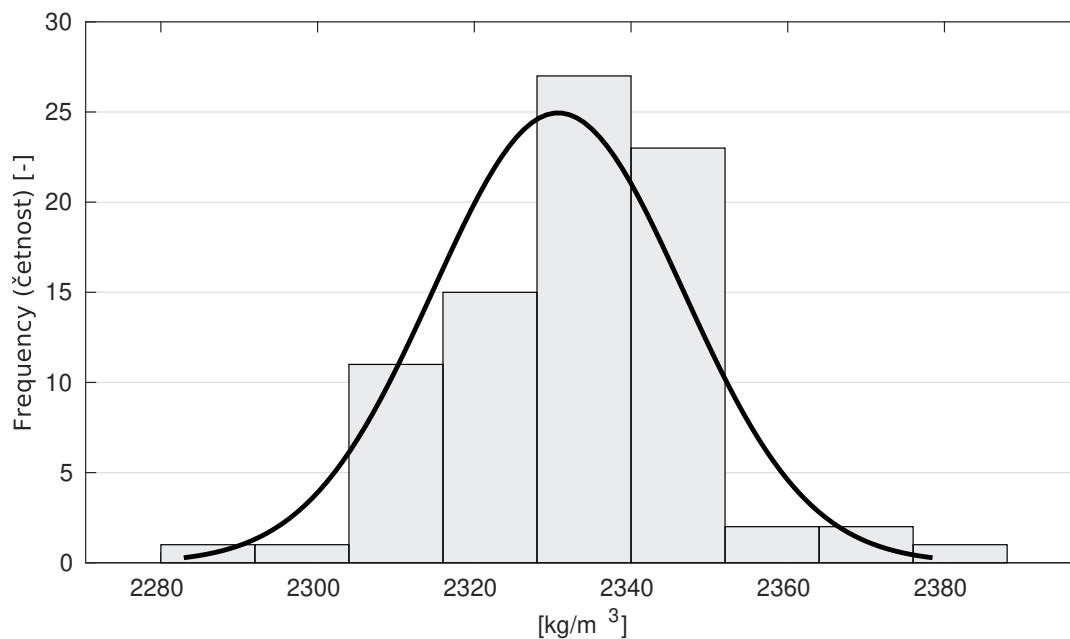
## 2.4 Vyhodnocení výkonnosti účastníků



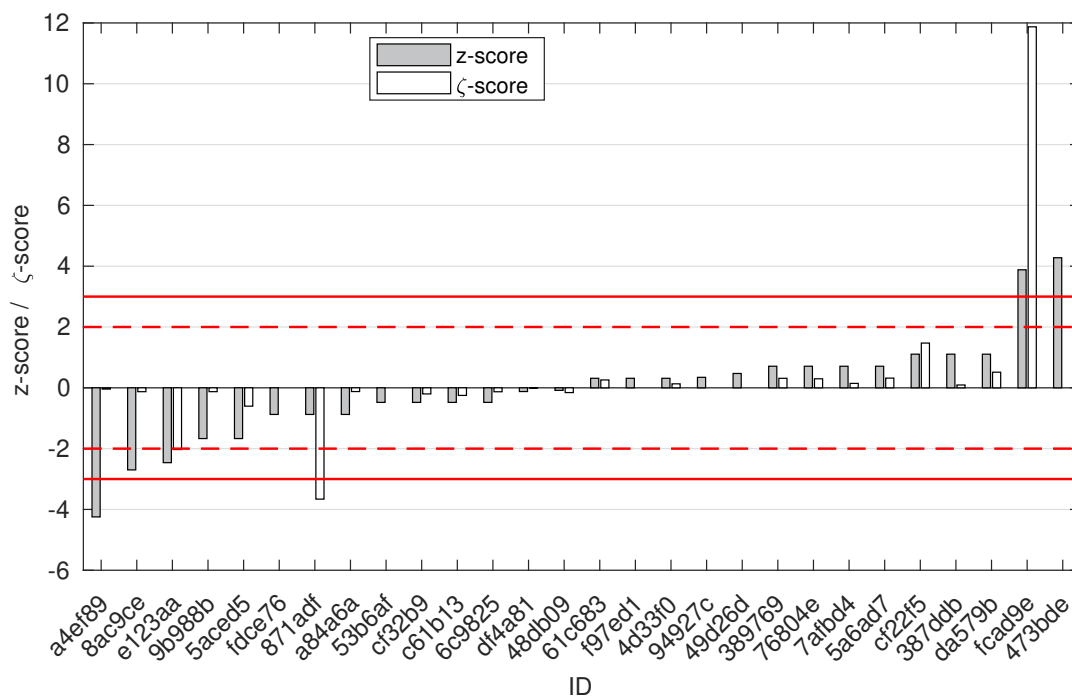
Obrázek 16: Graf průměrných hodnot výsledků zkoušek a výběrových směrodatných odchylek



Obrázek 17: Graf průměrných hodnot výsledků zkoušek a rozšířených nejistot měření



Obrázek 18: Histogram všech výsledků zkoušek



Obrázek 19: z-score a  $\zeta$ -score

Tabulka 6: Výsledné hodnoty z-score a  $\zeta$ -score

ID	z-score [-]	$\zeta$ -score [-]
a4ef89	-4.25	-0.04
8ac9ce	-2.70	-0.13
e123aa	-2.46	-2.03
9b988b	-1.67	-0.13
5aced5	-1.67	-0.60
fdce76	-0.88	-
871adf	-0.88	-3.66
a84a6a	-0.88	-0.12
53b6af	-0.48	-
cf32b9	-0.48	-0.20
c61b13	-0.48	-0.25
6c9825	-0.48	-0.13
df4a81	-0.12	-0.00
48db09	-0.08	-0.16
61c683	0.31	0.26
f97ed1	0.31	-
4d33f0	0.31	0.13
94927c	0.35	-
49d26d	0.47	-
389769	0.71	0.31
76804e	0.71	0.30
7afbd4	0.71	0.15
5a6ad7	0.71	0.32
cf22f5	1.11	1.47
387ddb	1.11	0.09
da579b	1.11	0.51
fcad9e	3.88	11.87
473bde	4.28	-

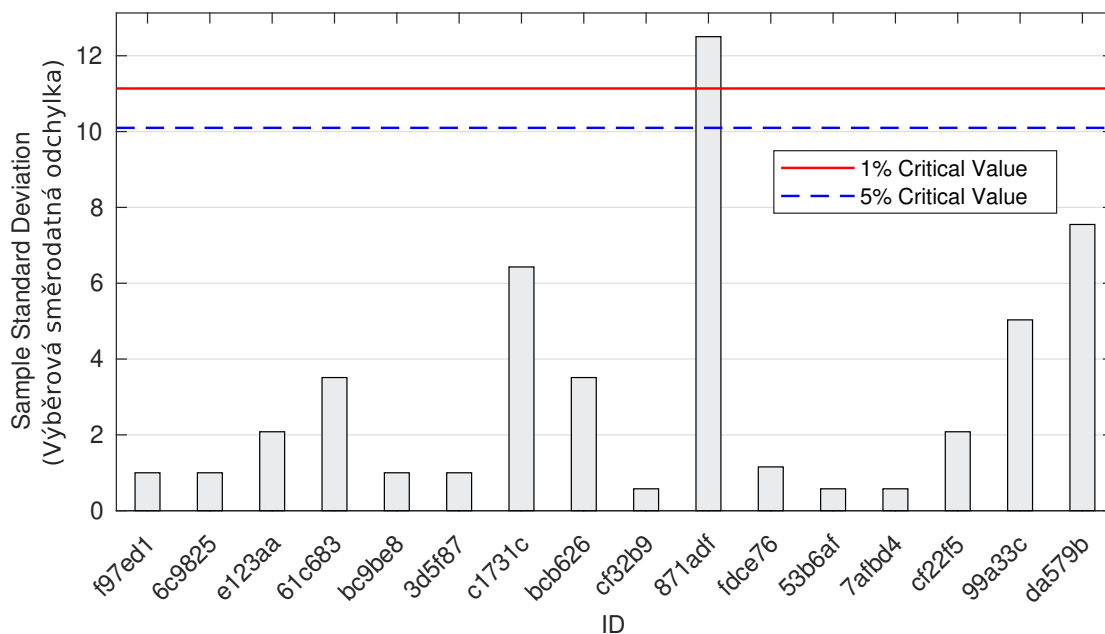
### 3 Příloha – ČSN EN 12390-8 – Hloubka průsaku

#### 3.1 Výsledky zkoušek

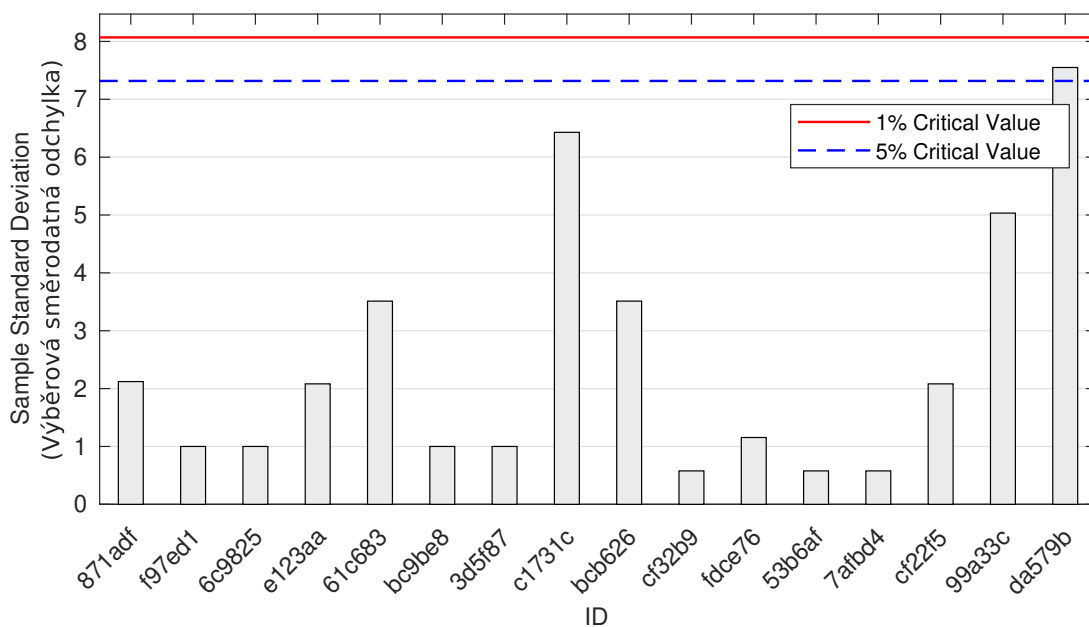
Tabulka 7: Výsledky zkoušek - seřazené podle průměrné hodnoty. Odlehlé hodnoty jsou vyznačeny hvězdičkou.  $u_X$  - rozšířená nejistota účastníka;  $\bar{x}$  - aritmetický průměr;  $s_0$  - výběrová směrodatná odchylka;  $V_X$  - variační koeficient

ID účastníka	Výsledky zkoušek			$u_X$ [mm]	$\bar{x}$ [mm]	$s_0$ [mm]	$V_X$ [%]
			[%]				
f97ed1	10	8	9	-	9	1	11.11
6c9825	10	11	12	2	11	1	9.09
e123aa	12	13	9	1	11	2	18.37
61c683	15	12	8	2	12	4	30.10
bc9be8	13	11	12	2	12	1	8.33
3d5f87	12	13	14	1	13	1	7.69
c1731c	21	9	11	0	14	6	47.04
bcb626	11	18	15	0	15	4	23.94
cf32b9	15	16	15	2	15	1	3.77
871adf	7	10	30*	0	16	13	79.81
fdce76	17	15	17	-	16	1	7.07
53b6af	17	17	18	-	17	1	3.33
7afbd4	18	17	18	3	18	1	3.27
cf22f5	20	16	17	2	18	2	11.78
99a33c	24	18	28	2	23	5	21.57
da579b	26	17	32	3	25	8	30.20

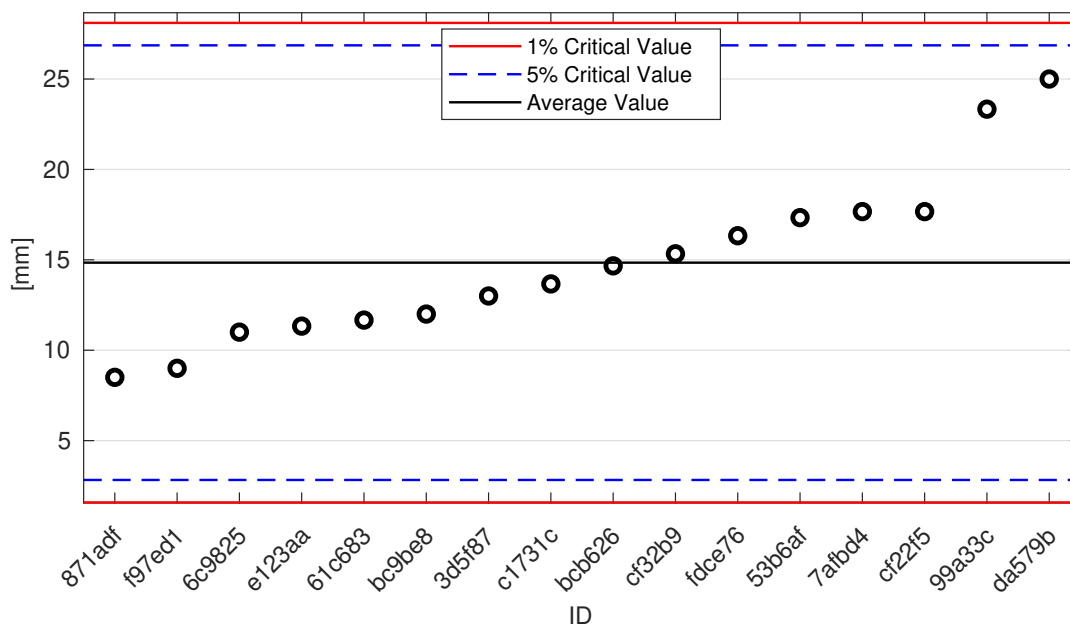
### 3.2 Numerické zhodnocení odlehlých hodnot



Obrázek 20: **Cochranův test** - graf výběrových směrodatných odchylek: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

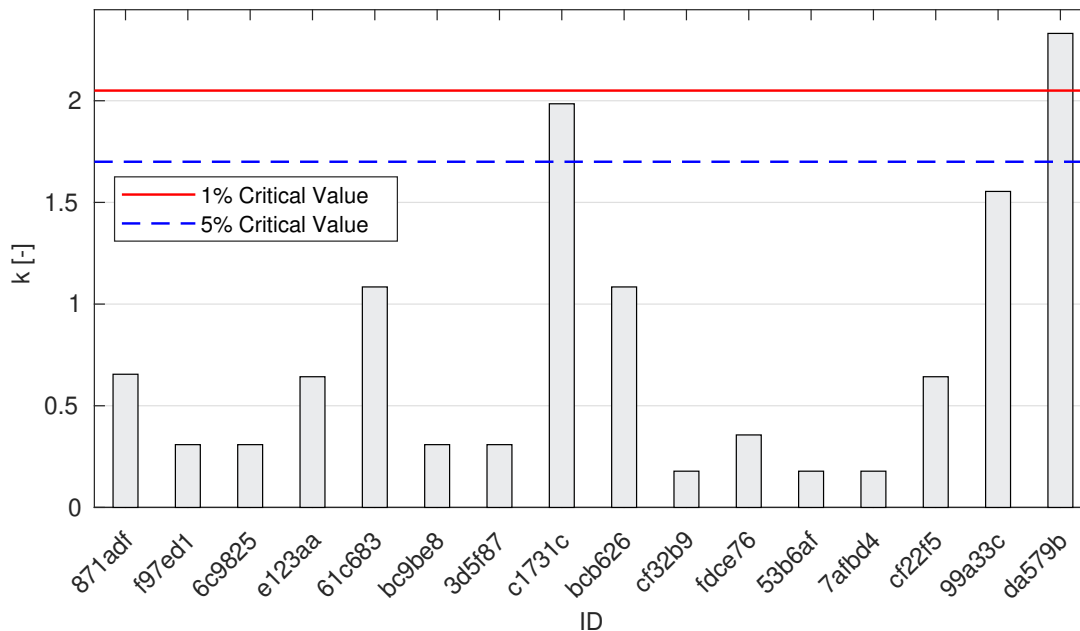


Obrázek 21: **Cochranův test** - graf výběrových směrodatných odchylek po vyřazení odlehlých hodnot: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva



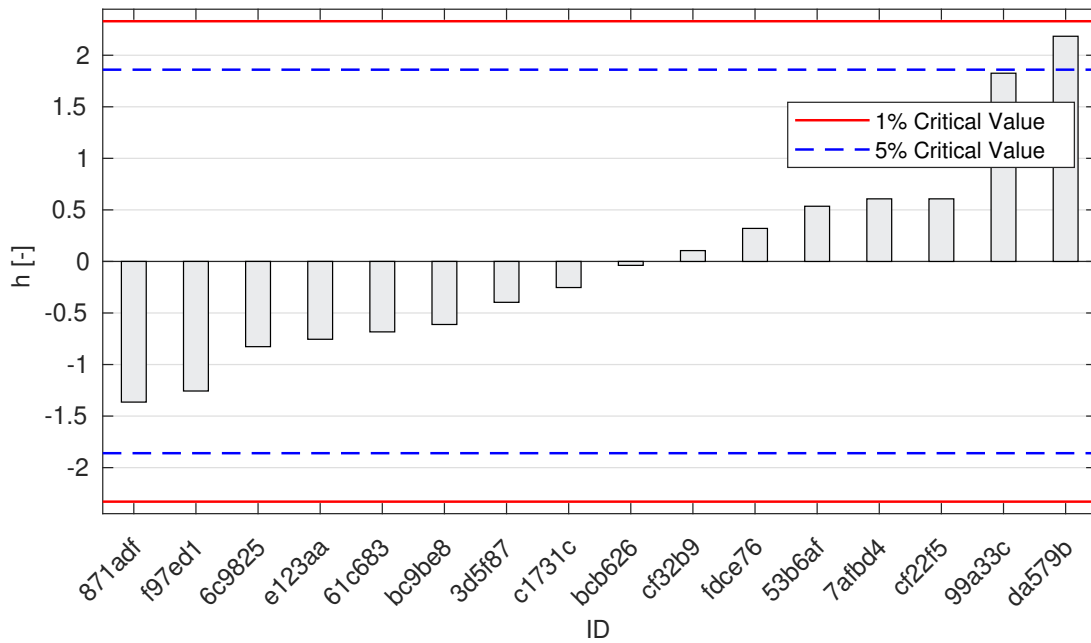
Obrázek 22: **Grubbsův test** - graf průměrných hodnot: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

### 3.3 Mandelovy statistiky konzistence



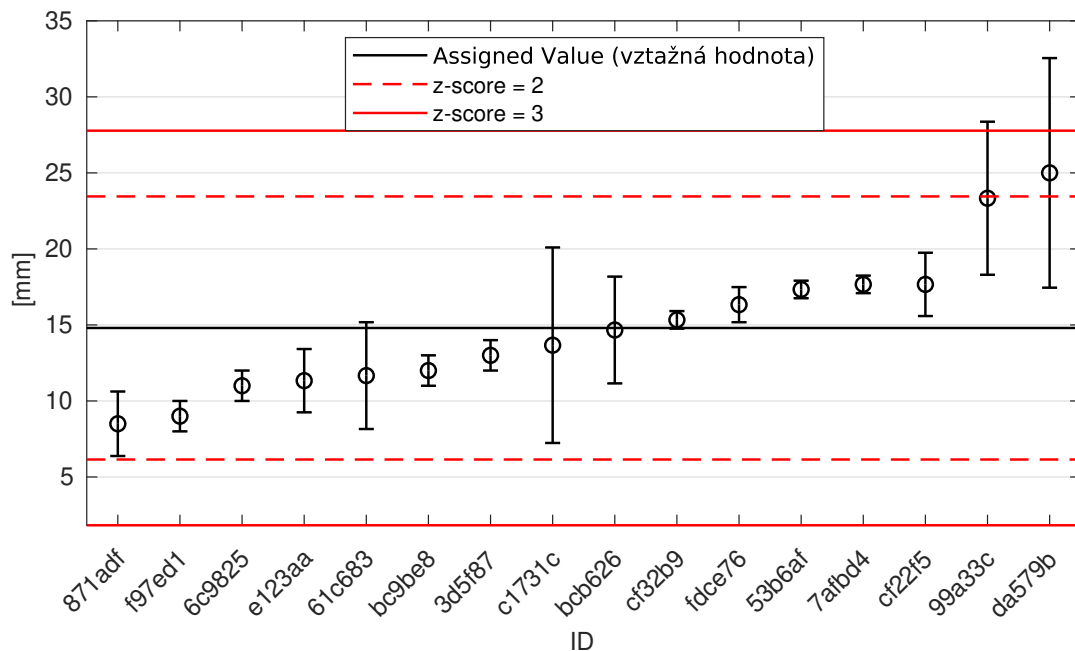
Obrázek 23: Vnitrolaboratorní statistika konzistence: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva



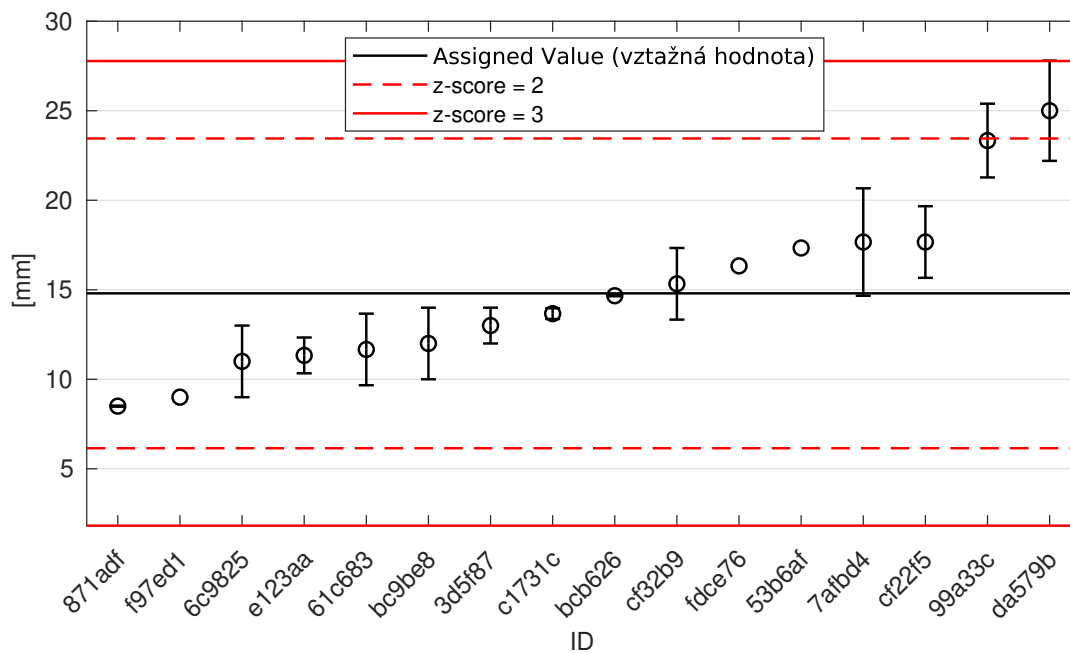


Obrázek 24: Mezilaboratorní statistika konzistence: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

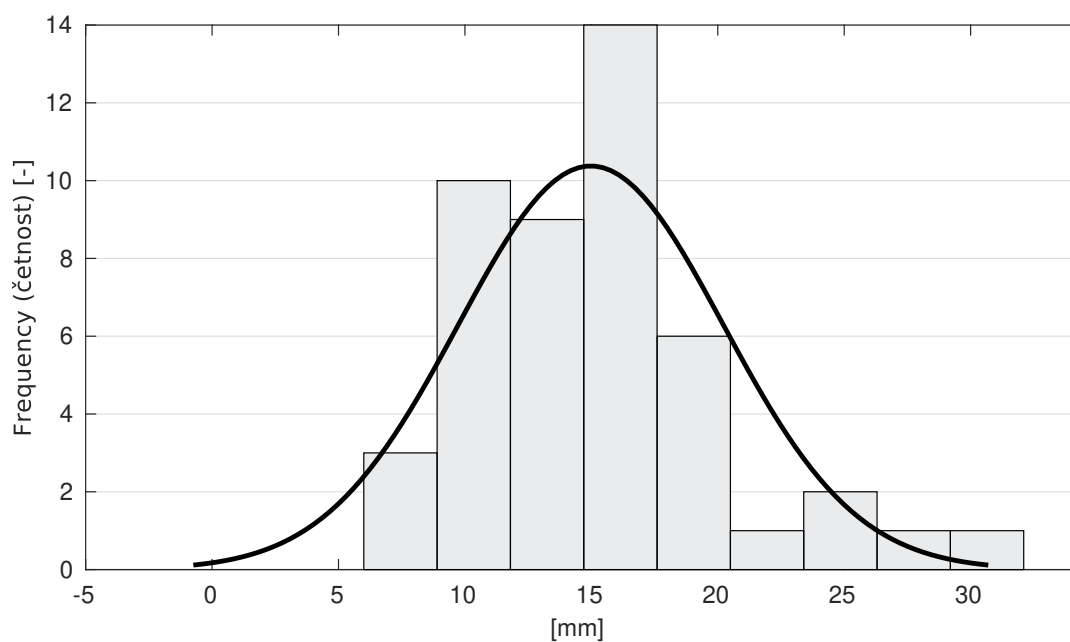
### 3.4 Vyhodnocení výkonnosti účastníků



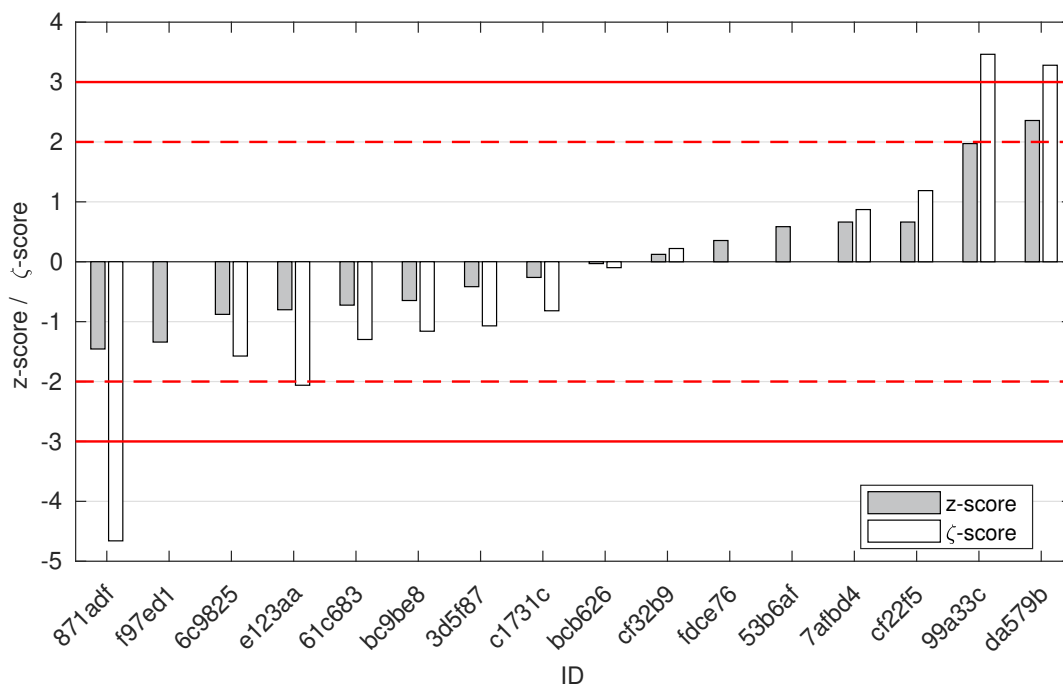
Obrázek 25: Graf průměrných hodnot výsledků zkoušek a výběrových směrodatných odchylek



Obrázek 26: Graf průměrných hodnot výsledků zkoušek a rozšířených nejistot měření



Obrázek 27: Histogram všech výsledků zkoušek



Obrázek 28: z-score a ζ-score

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

ID	z-score [-]	ζ-score [-]
871adf	-1.46	-4.66
f97ed1	-1.34	-
6c9825	-0.88	-1.57
e123aa	-0.80	-2.06
61c683	-0.72	-1.30
bc9be8	-0.65	-1.16
3d5f87	-0.42	-1.07
c1731c	-0.26	-0.82
bcb626	-0.03	-0.10
cf32b9	0.12	0.22
fdce76	0.35	-
53b6af	0.59	-
7afbd4	0.66	0.87
cf22f5	0.66	1.19
99a33c	1.97	3.46
da579b	2.36	3.28

#### 4 Příloha – ČSN EN 480-11 – Stanovení charakteristik vzduchových pórů ve ztvrdlém betonu

Zkouška neotevřena pro nízký počet účastníků.

## 5 Příloha – ČSN 73 1322 – Mrazuvzdornost

Zkouška neotevřena pro nízký počet účastníků.

## 6 Příloha – ČSN 73 1324 – Obrusnost

Zkouška neotevřena pro nízký počet účastníků.

## 7 Příloha – ČSN 73 1326, metoda A – Odolnost proti CHRL

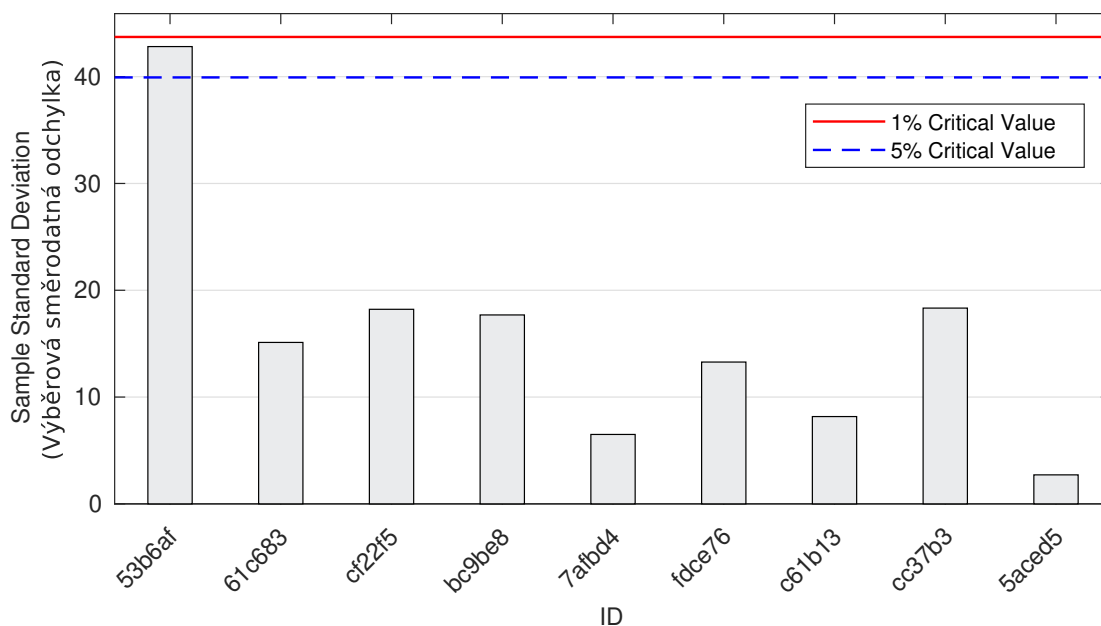
### 7.1 25 cyklů

#### 7.1.1 Výsledky zkoušek

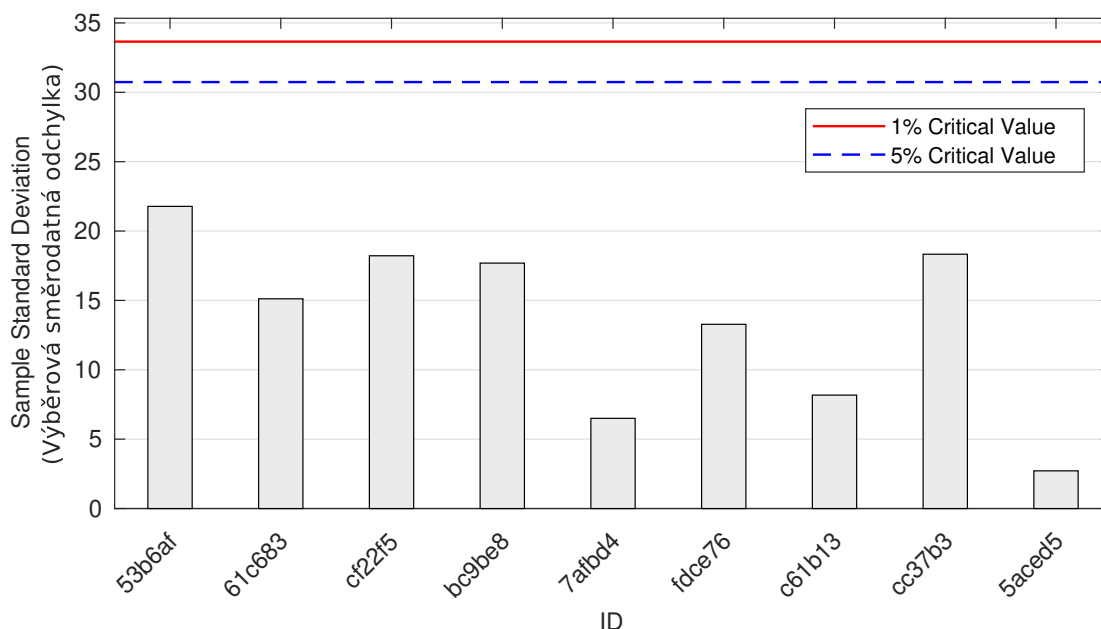
Tabulka 9: Výsledky zkoušek - seřazené podle průměrné hodnoty. Odlehlé hodnoty jsou vyznačeny hvězdičkou.  $u_X$  - rozšířená nejistota účastníka;  $\bar{x}$  - aritmetický průměr;  $s_0$  - výběrová směrodatná odchylka;  $V_X$  - variační koeficient

ID účastníka	Výsledky zkoušek			$u_X$ [g/m <sup>2</sup> ]	$\bar{x}$ [g/m <sup>2</sup> ]	$s_0$ [g/m <sup>2</sup> ]	$V_X$ [%]
53b6af	62.0	8.2*	92.8	-	54.3	42.8	78.81
61c683	71.0	91.8	62.4	3.0	75.1	15.1	20.14
cf22f5	117.0	82.5	89.6	10.0	96.4	18.2	18.91
bc9be8	102.0	117.6	137.3	7.9	119.0	17.7	14.87
7afbd4	121.6	132.6	121.1	9.5	125.1	6.5	5.20
fdce76	143.0	120.0	143.0	-	135.3	13.3	9.81
c61b13	215.7	200.0	211.8	12.6	209.2	8.2	3.91
cc37b3	188.2	220.0	219.9	20.0	209.4	18.3	8.76
5aced5	212.7	217.5	212.9	5.4	214.4	2.7	1.27

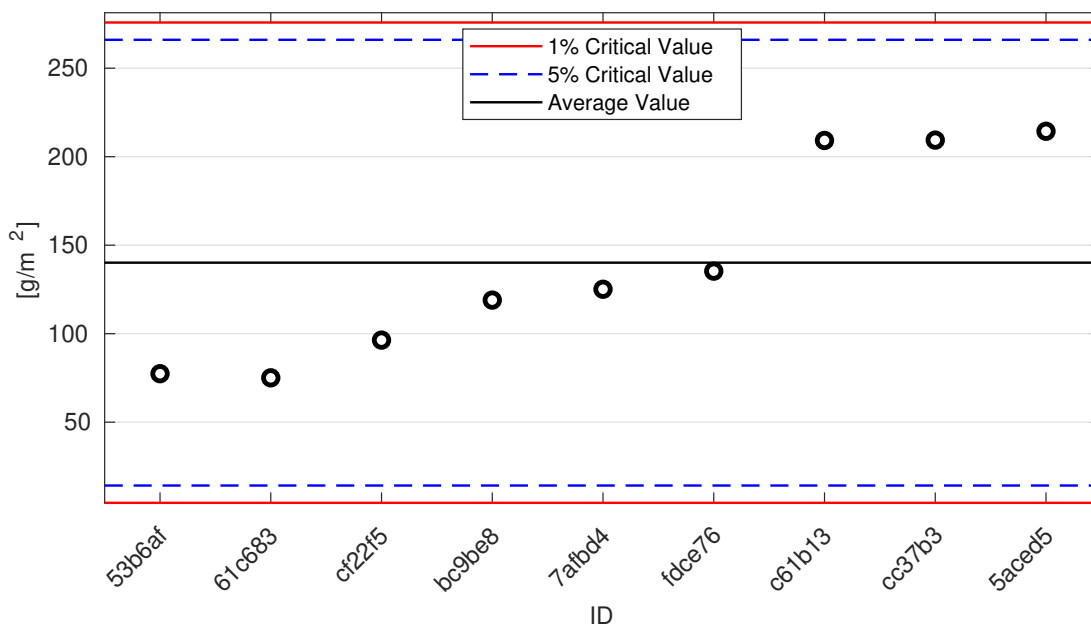
7.1.2 Numerické zhodnocení odlehých hodnot



Obrázek 29: **Cochranův test** - graf výběrových směrodatných odchylek: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

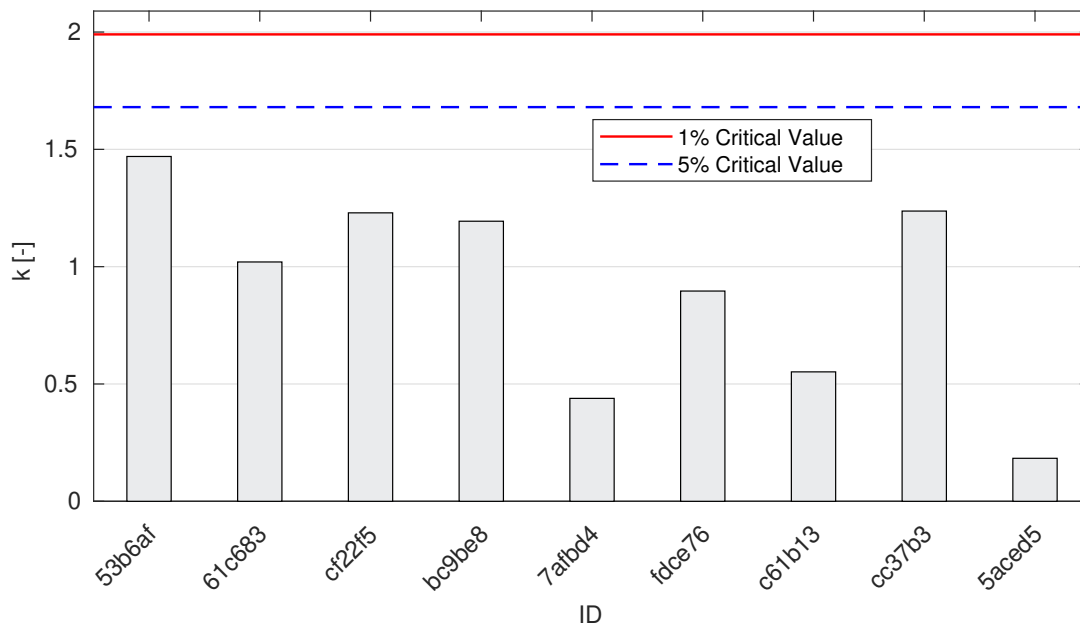


Obrázek 30: **Cochranův test** - graf výběrových směrodatných odchylek bez odlehých hodnot: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

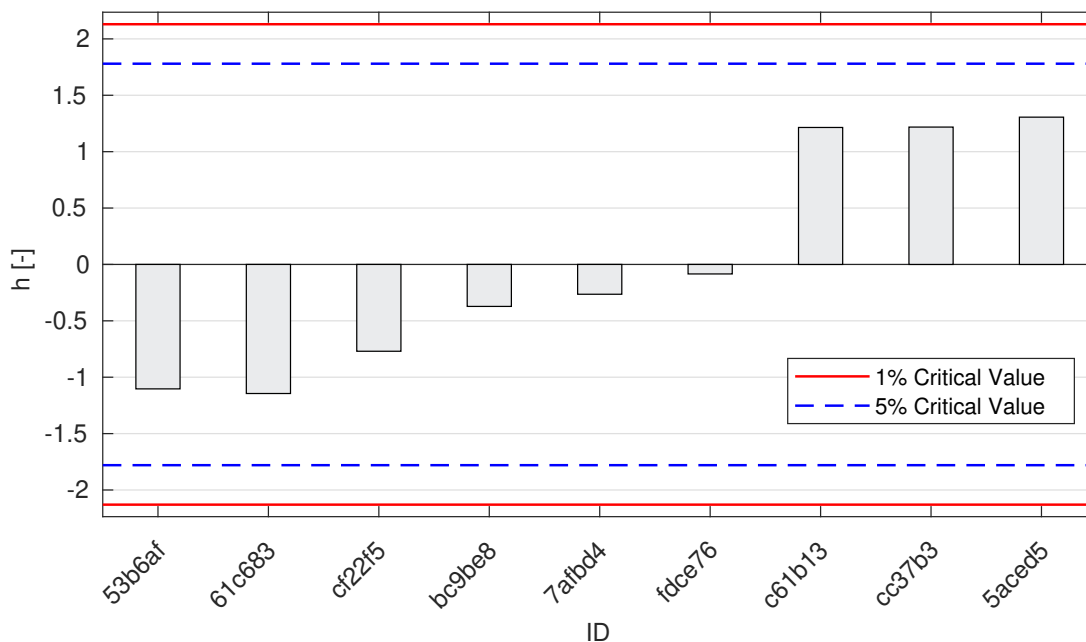


Obrázek 31: **Grubbsův test** - graf průměrných hodnot: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

### 7.1.3 Mandelovy statistiky konzistence

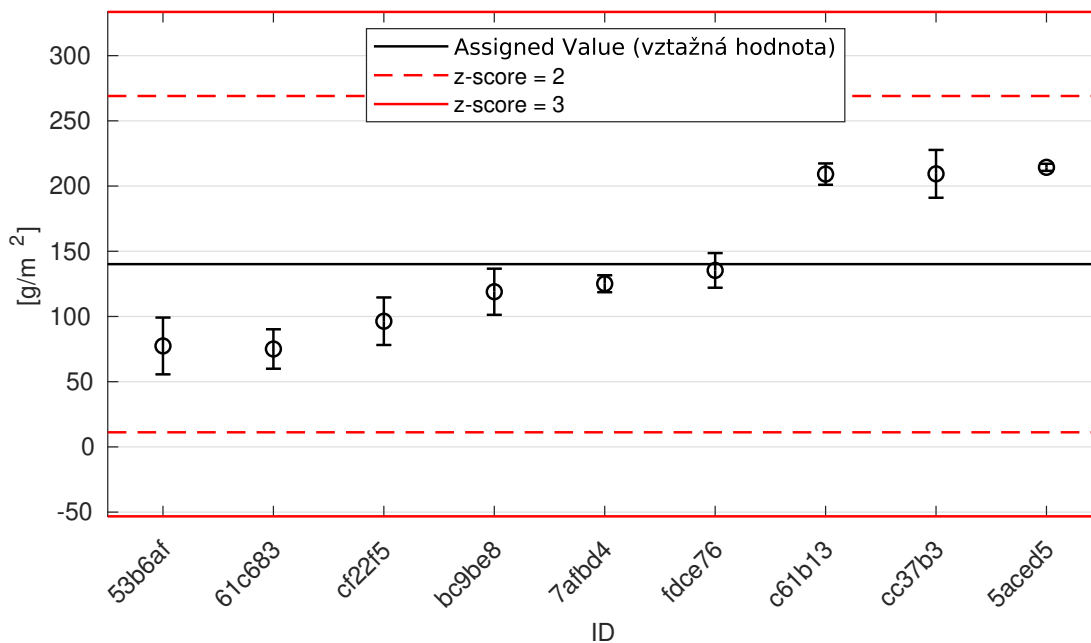


Obrázek 32: Vnitrolaboratorní statistika konzistence: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

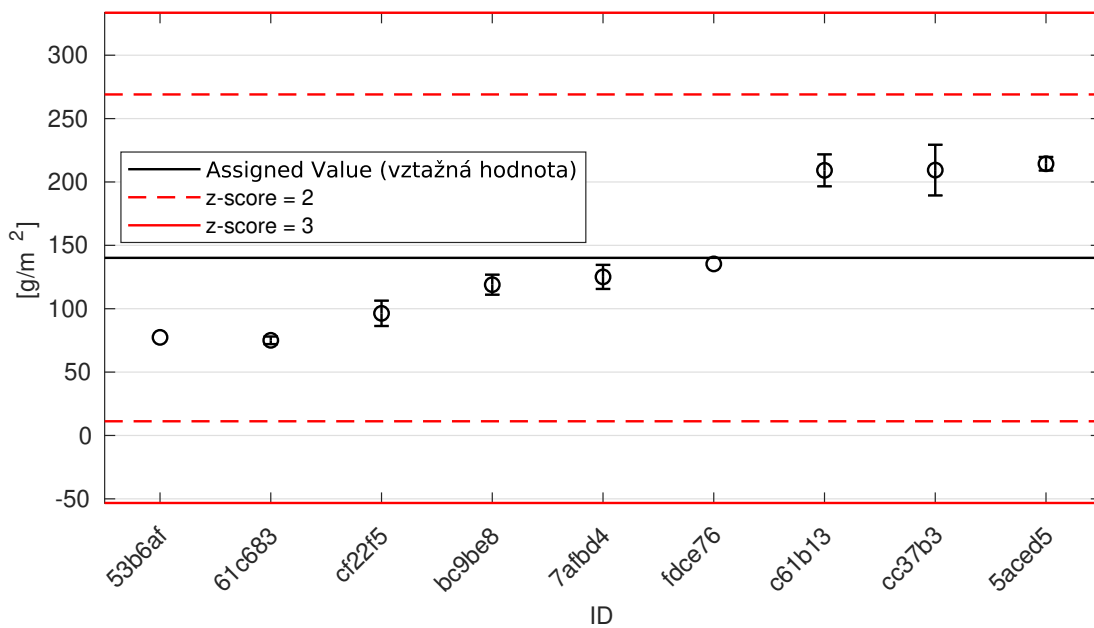


Obrázek 33: Mezilaboratorní statistika konzistence: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

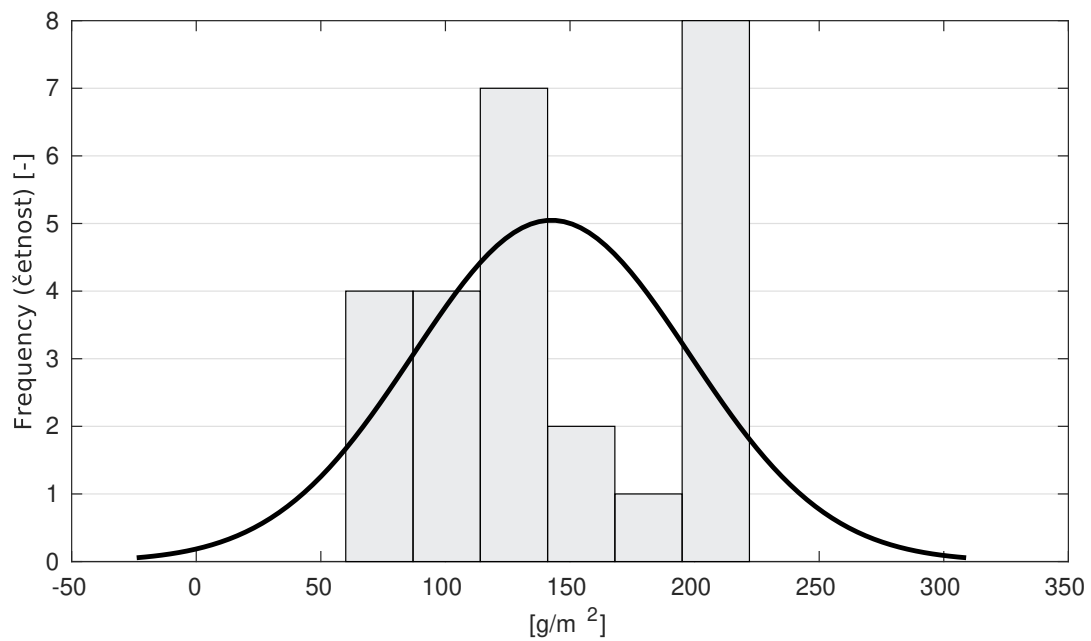
### 7.1.4 Vyhodnocení výkonnosti účastníků



Obrázek 34: Graf průměrných hodnot výsledků zkoušek a výběrových směrodatných odchylek

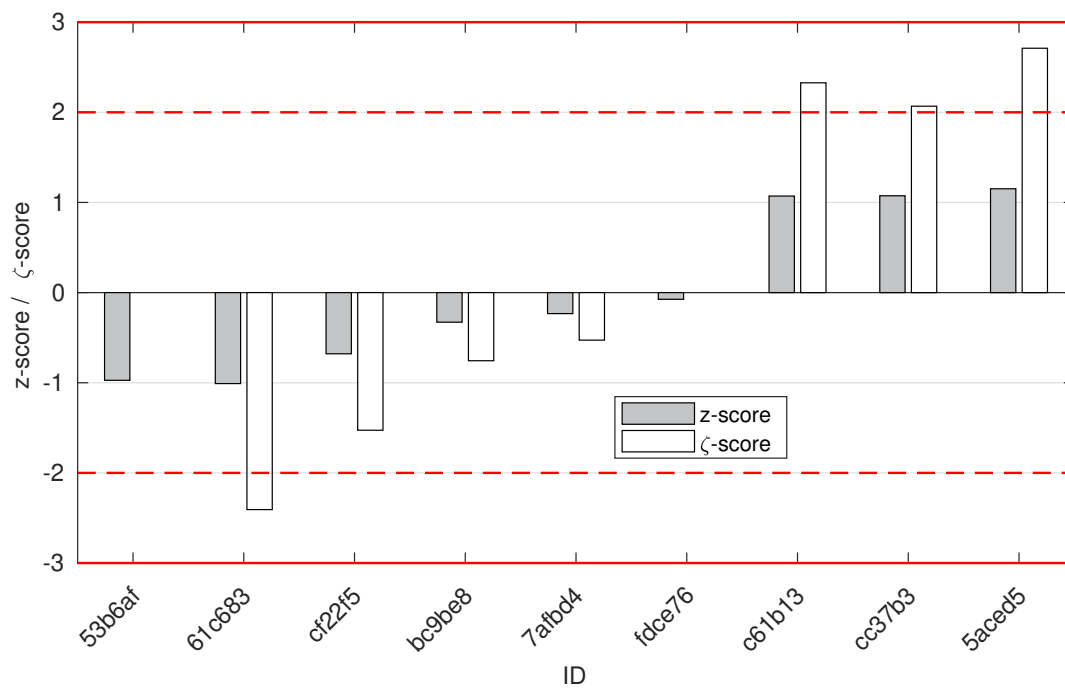


Obrázek 35: Graf průměrných hodnot výsledků zkoušek a rozšířených nejistot měření



Obrázek 36: Histogram všech výsledků zkoušek





Obrázek 37: z-score a ζ-score

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

ID	z-score [-]	ζ-score [-]
53b6af	-0.97	-
61c683	-1.01	-2.41
cf22f5	-0.68	-1.53
bc9be8	-0.33	-0.76
7afbd4	-0.23	-0.53
fdce76	-0.07	-
c61b13	1.07	2.33
cc37b3	1.07	2.07
5aced5	1.15	2.71

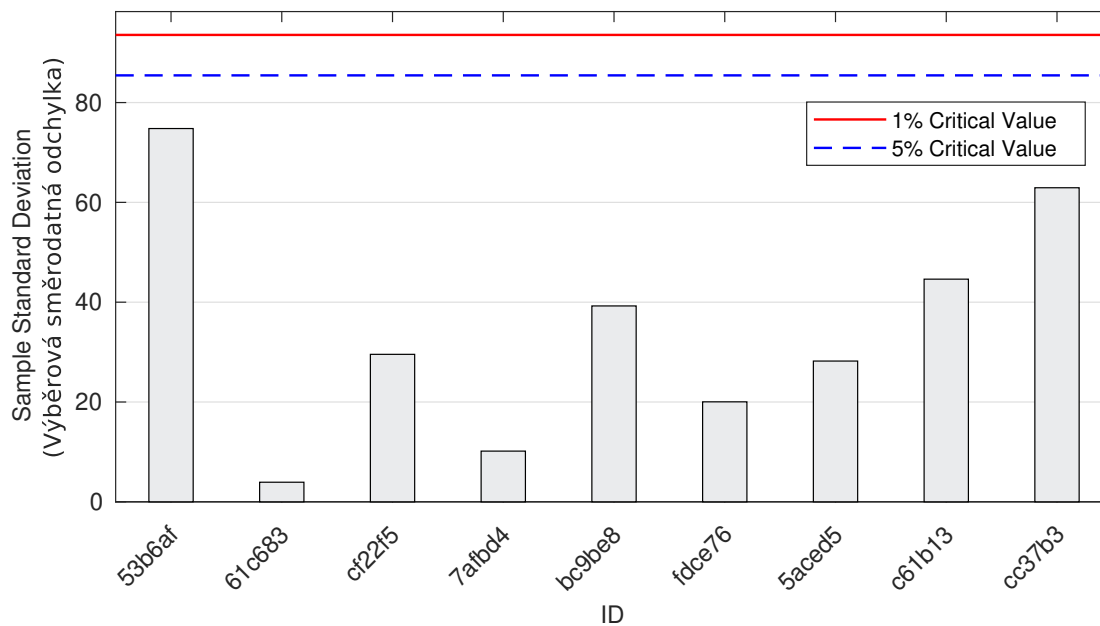
## 7.2 50 cyklů

### 7.2.1 Výsledky zkoušek

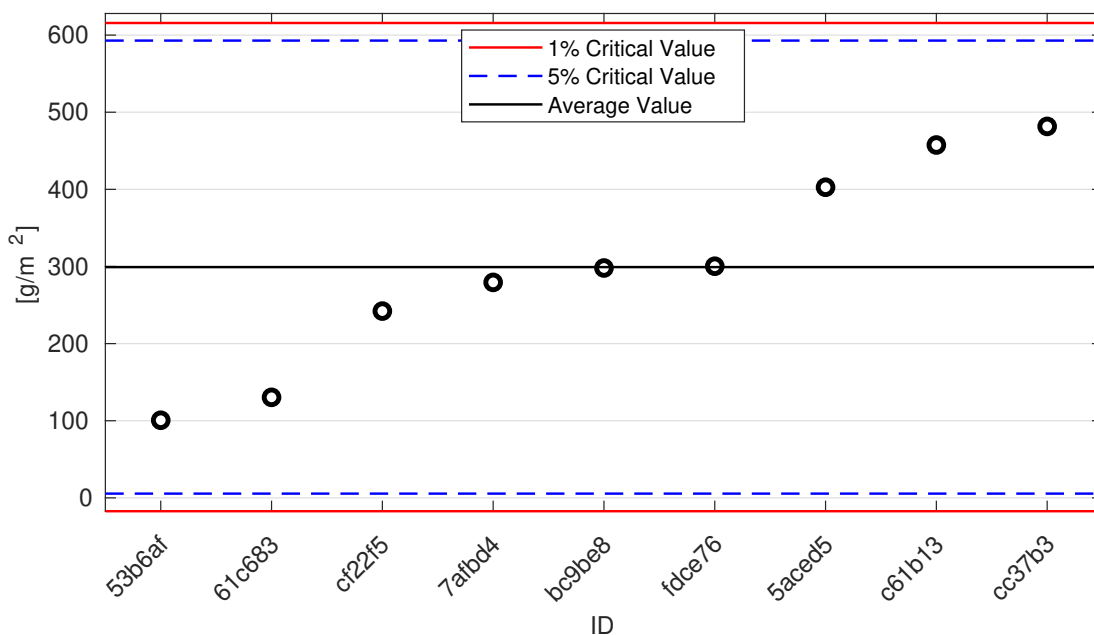
Tabulka 11: Výsledky zkoušek - seřazené podle průměrné hodnoty. Odlehlé hodnoty jsou vyznačeny hvězdičkou.  $u_X$  - rozšířená nejistota účastníka;  $\bar{x}$  - aritmetický průměr;  $s_0$  - výběrová směrodatná odchylka;  $V_X$  - variační koeficient

ID účastníka	Výsledky zkoušek [g/m <sup>2</sup> ]			$u_X$ [g/m <sup>2</sup> ]	$\bar{x}$ [g/m <sup>2</sup> ]	$s_0$ [g/m <sup>2</sup> ]	$V_X$ [%]
53b6af	141.7	14.3	145.9	-	100.6	74.8	74.33
61c683	129.8	134.5	126.7	5.2	130.3	3.9	3.01
cf22f5	257.5	208.1	260.9	20.0	242.2	29.6	12.20
7afb4	273.5	273.5	291.1	21.2	279.4	10.2	3.64
bc9be8	258.8	298.0	337.3	35.2	298.0	39.3	13.17
fdce76	281.0	299.0	321.0	-	300.3	20.0	6.67
5aced5	432.7	398.8	376.7	56.4	402.7	28.2	7.00
c61b13	494.1	407.8	470.6	27.5	457.5	44.6	9.75
cc37b3	411.8	499.0	534.0	70.0	481.6	62.9	13.07

### 7.2.2 Numerické zhodnocení odlehlých hodnot

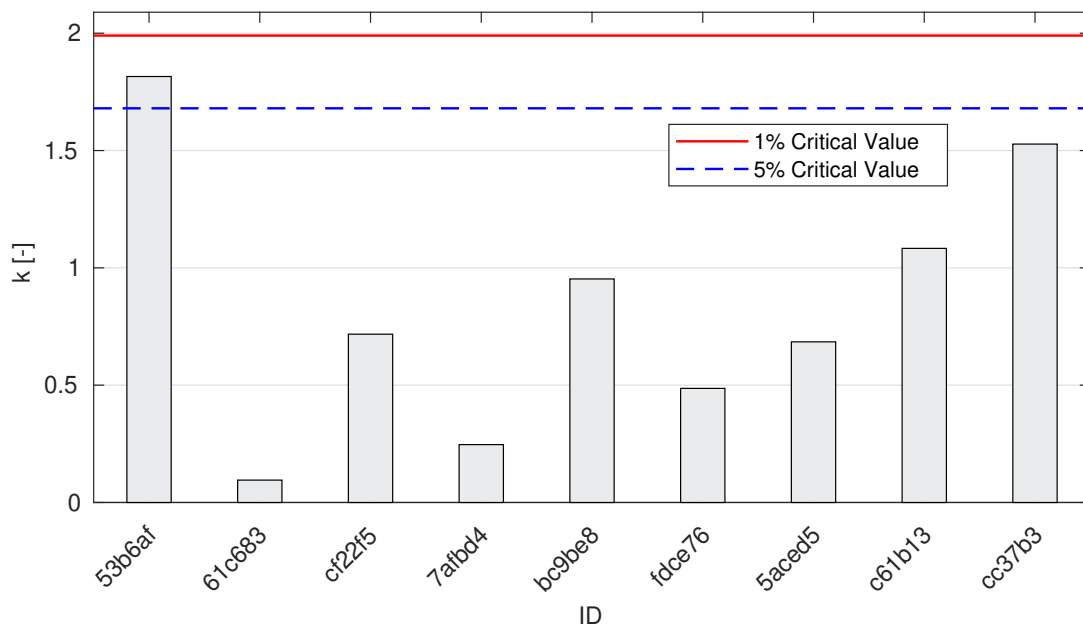


Obrázek 38: **Cochranův test** - graf výběrových směrodatných odchylek: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

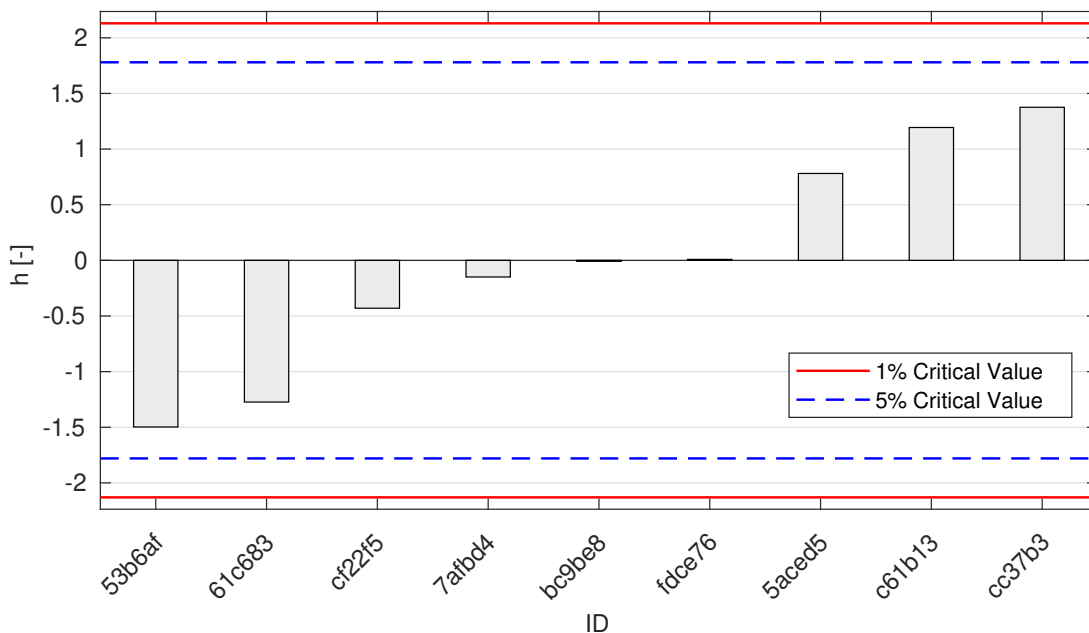


Obrázek 39: **Grubbsův test** - graf průměrných hodnot: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

### 7.2.3 Mandelovy statistiky konzistence

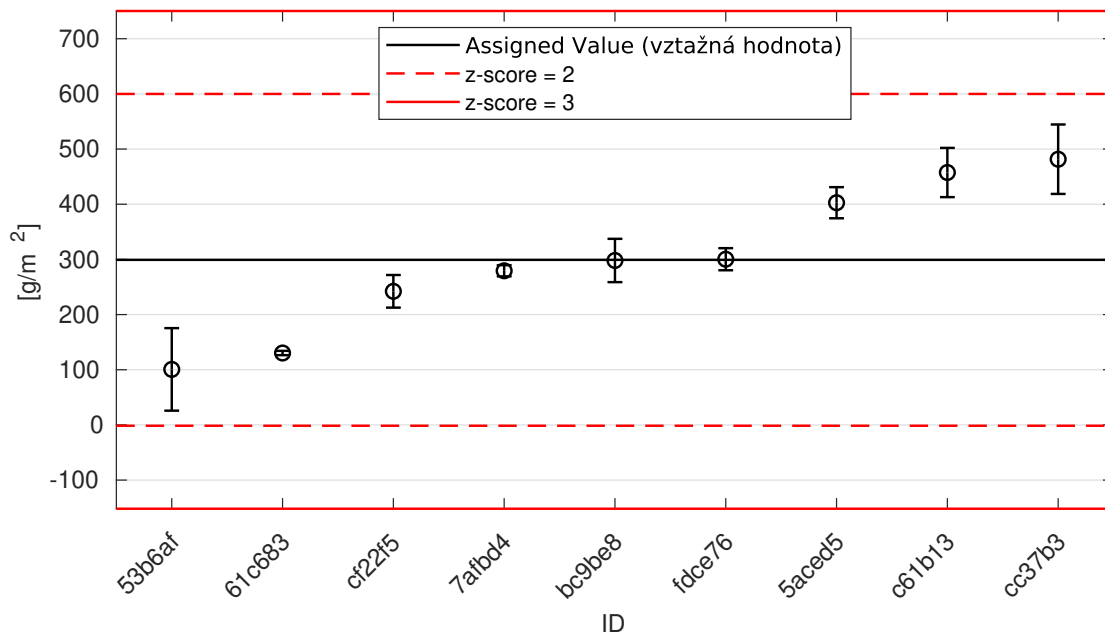


Obrázek 40: Vnitrolaboratorní statistika konzistence: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

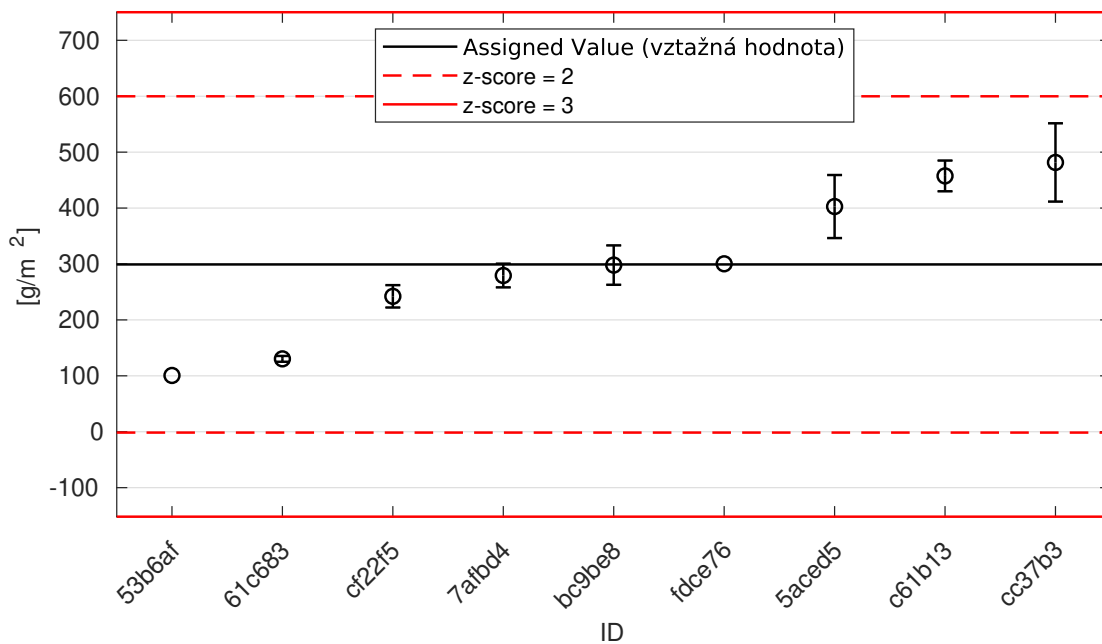


Obrázek 41: Mezilaboratorní statistika konzistence: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

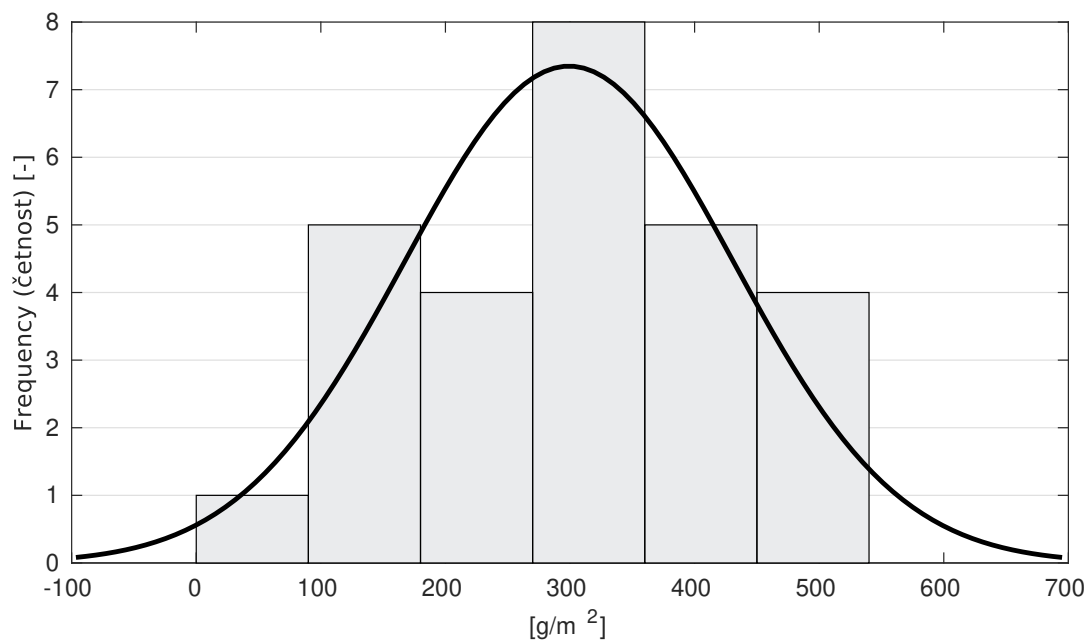
### 7.2.4 Vyhodnocení výkonnosti účastníků



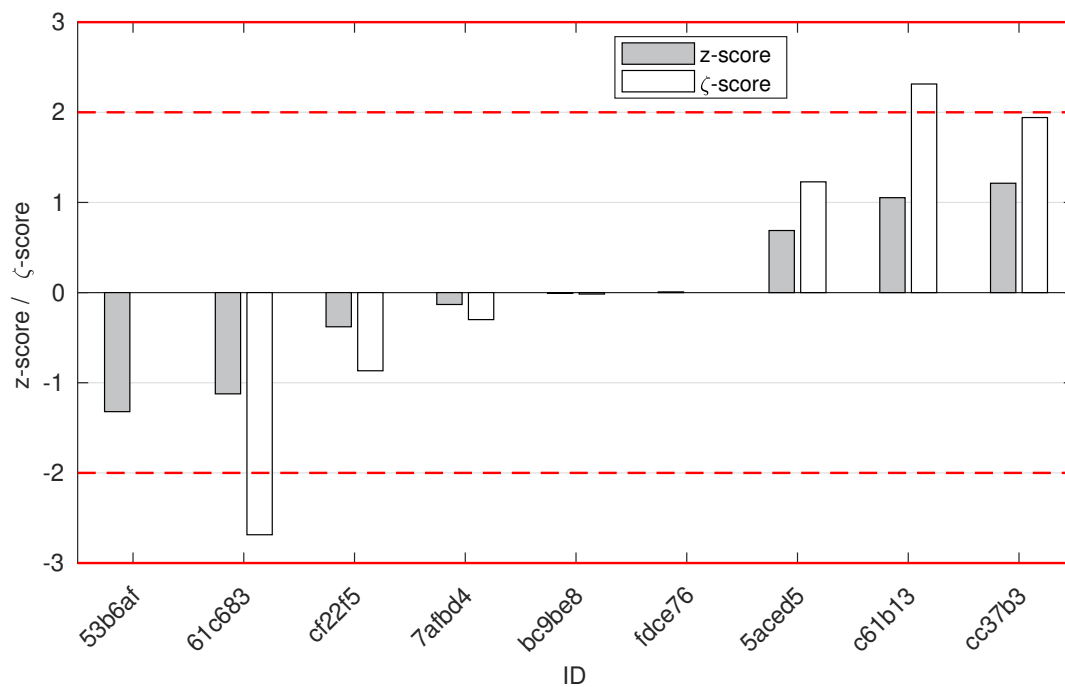
Obrázek 42: Graf průměrných hodnot výsledků zkoušek a výběrových směrodatných odchylek



Obrázek 43: Graf průměrných hodnot výsledků zkoušek a rozšířených nejistot měření



Obrázek 44: Histogram všech výsledků zkoušek



Obrázek 45: z-score a ζ-score

Tabulka 12: Výsledné hodnoty z-score a ζ-score

ID	z-score [-]	ζ-score [-]
53b6af	-1.32	-
61c683	-1.12	-2.69
cf22f5	-0.38	-0.87
7afbd4	-0.13	-0.30
bc9be8	-0.01	-0.02
fdce76	0.01	-
5aced5	0.69	1.23
c61b13	1.05	2.31
cc37b3	1.21	1.94

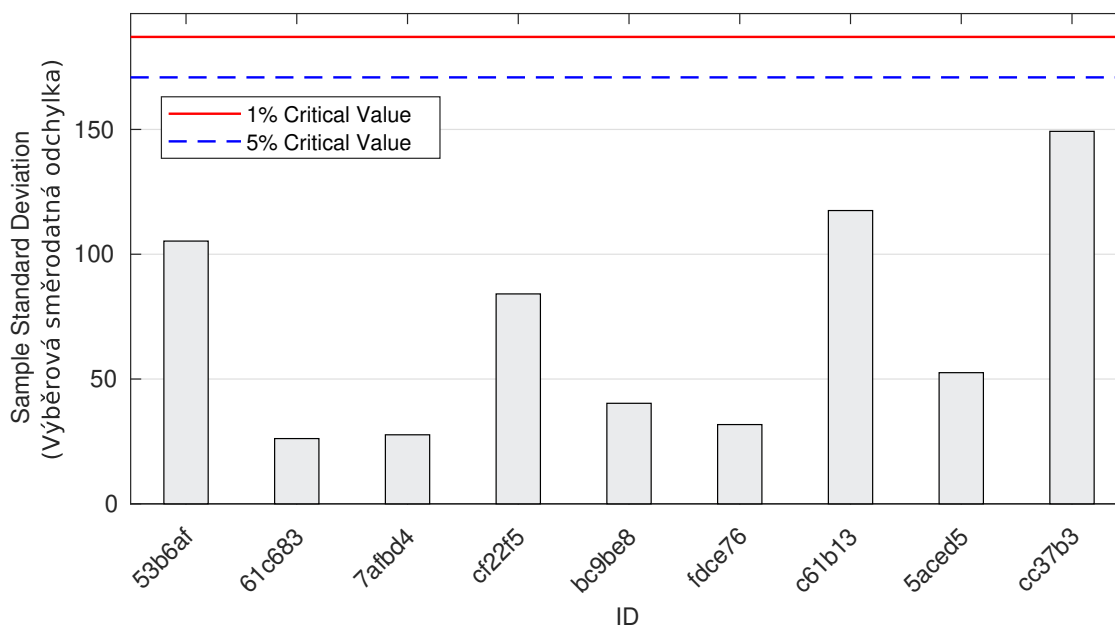
## 7.3 75 cyklů

### 7.3.1 Výsledky zkoušek

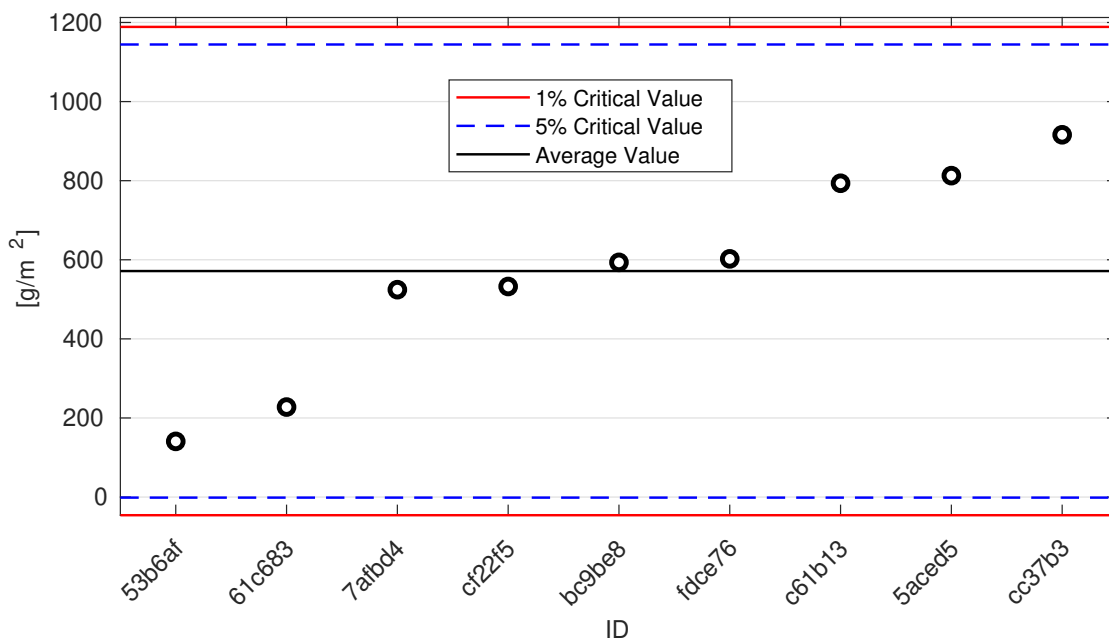
Tabulka 13: Výsledky zkoušek - seřazené podle průměrné hodnoty. Odlehlé hodnoty jsou vyznačeny hvězdičkou.  $u_X$  - rozšířená nejistota účastníka;  $\bar{x}$  - aritmetický průměr;  $s_0$  - výběrová směrodatná odchylka;  $V_X$  - variační koeficient

ID účastníka	Výsledky zkoušek [g/m <sup>2</sup> ]			$u_X$ [g/m <sup>2</sup> ]	$\bar{x}$ [g/m <sup>2</sup> ]	$s_0$ [g/m <sup>2</sup> ]	$V_X$ [%]
53b6af	190.3	19.9	212.2	-	140.8	105.3	74.77
61c683	255.7	223.1	204.0	9.1	227.6	26.1	11.49
7afbd4	508.4	508.4	556.3	39.9	524.4	27.7	5.27
cf22f5	589.1	435.8	572.4	30.0	532.4	84.1	15.80
bc9be8	549.0	603.9	627.5	99.7	593.5	40.3	6.79
fdce76	639.0	584.0	584.0	602.0	602.3	31.8	5.27
c61b13	890.2	662.7	827.5	47.6	793.5	117.5	14.81
5aced5	858.8	823.9	755.5	105.7	812.7	52.5	6.47
cc37b3	890.2	1076.5	781.4	160.0	916.0	149.2	16.29

### 7.3.2 Numerické zhodnocení odlehlých hodnot

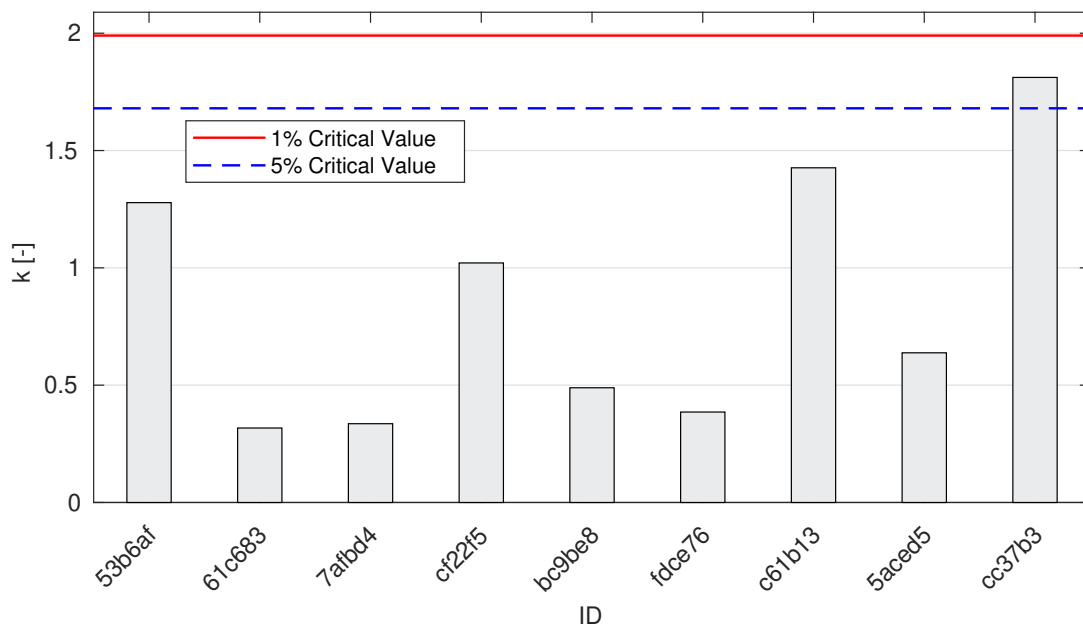


Obrázek 46: **Cochranův test** - graf výběrových směrodatných odchylek: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva



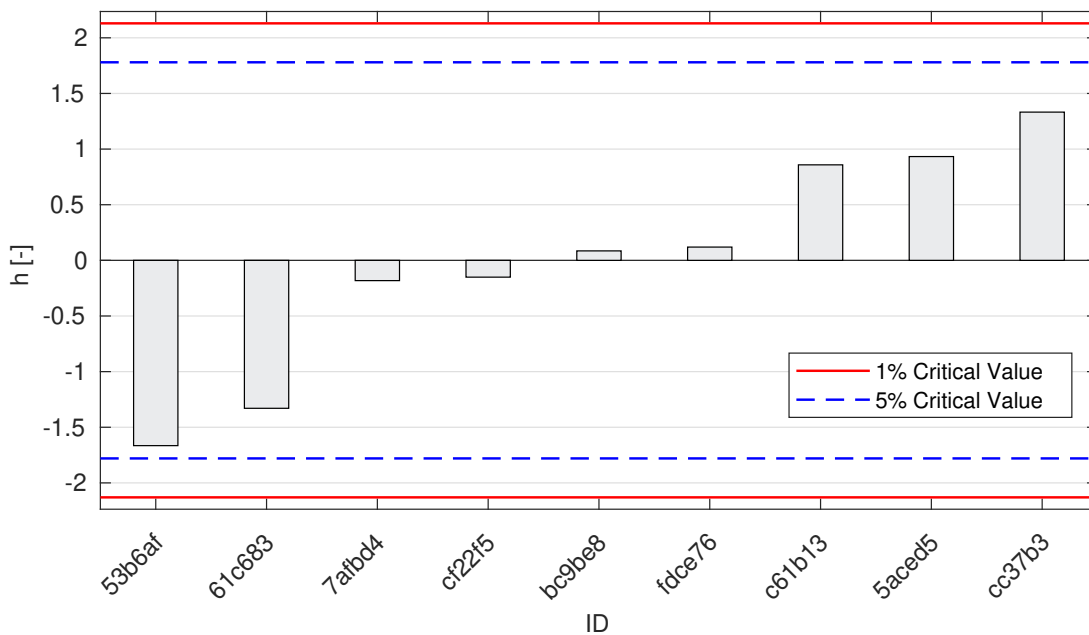
Obrázek 47: **Grubbsův test** - graf průměrných hodnot: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

### 7.3.3 Mandelovy statistiky konzistence



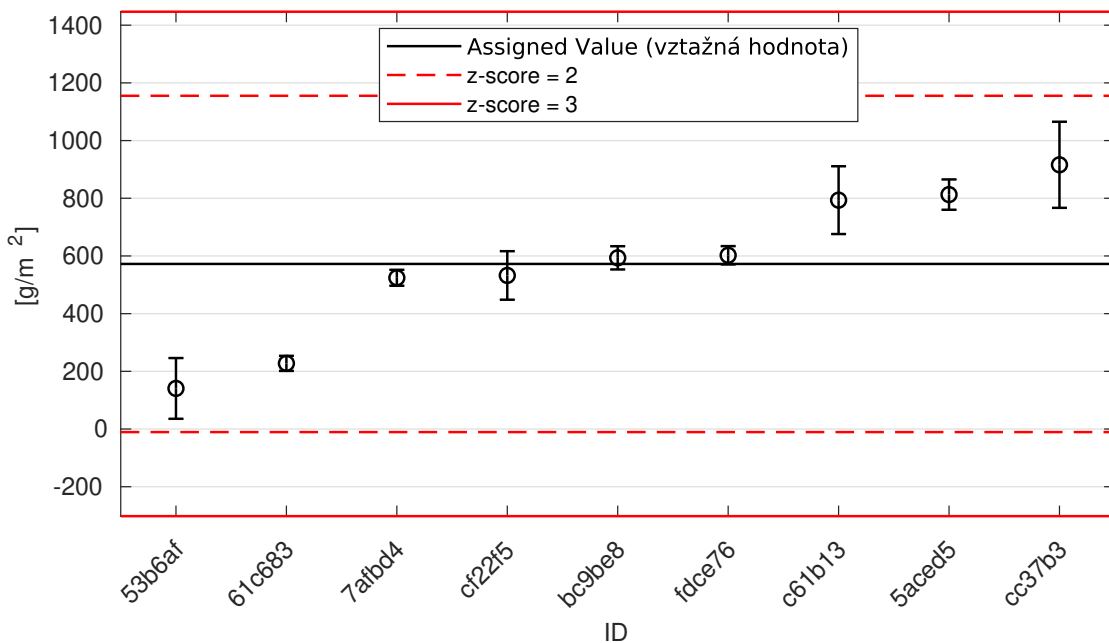
Obrázek 48: Vnitrolaboratorní statistika konzistence: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva



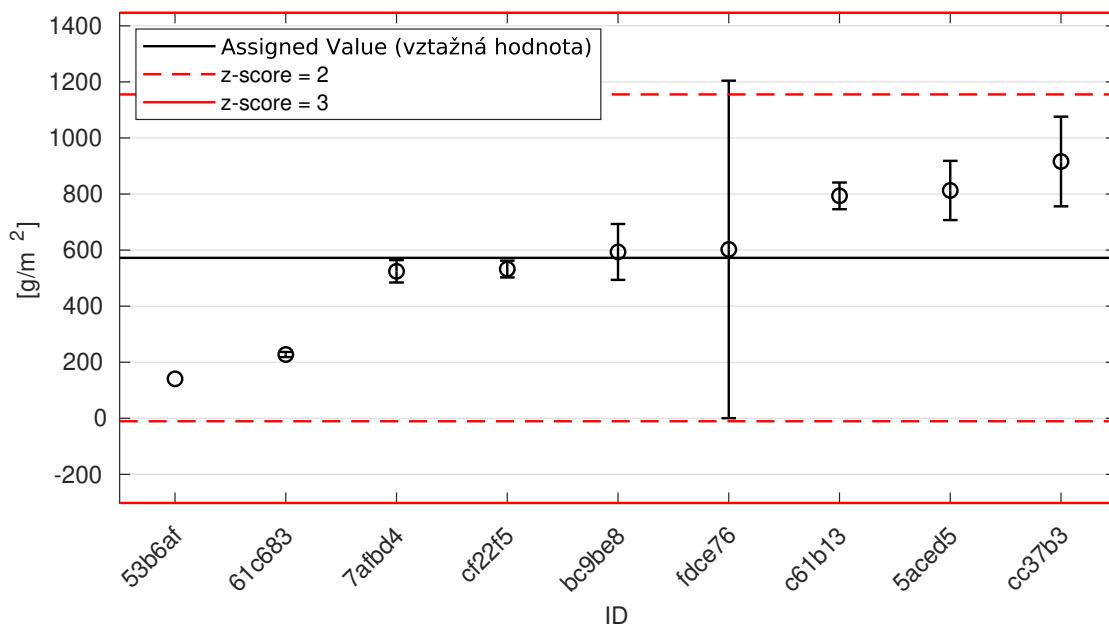


Obrázek 49: Mezilaboratorní statistika konzistence: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

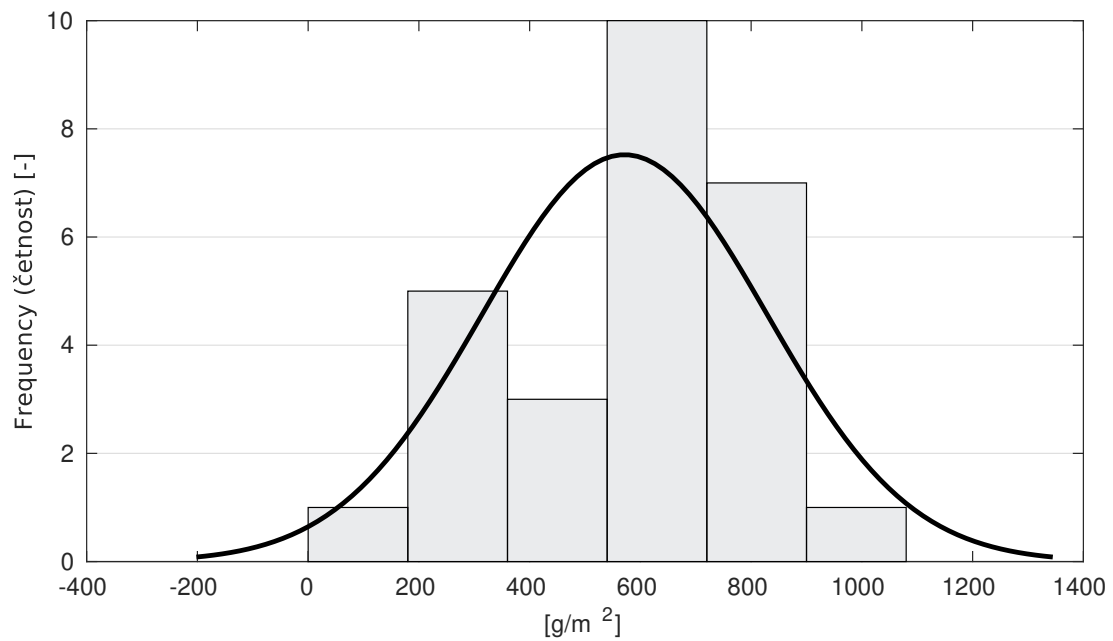
### 7.3.4 Vyhodnocení výkonnosti účastníků



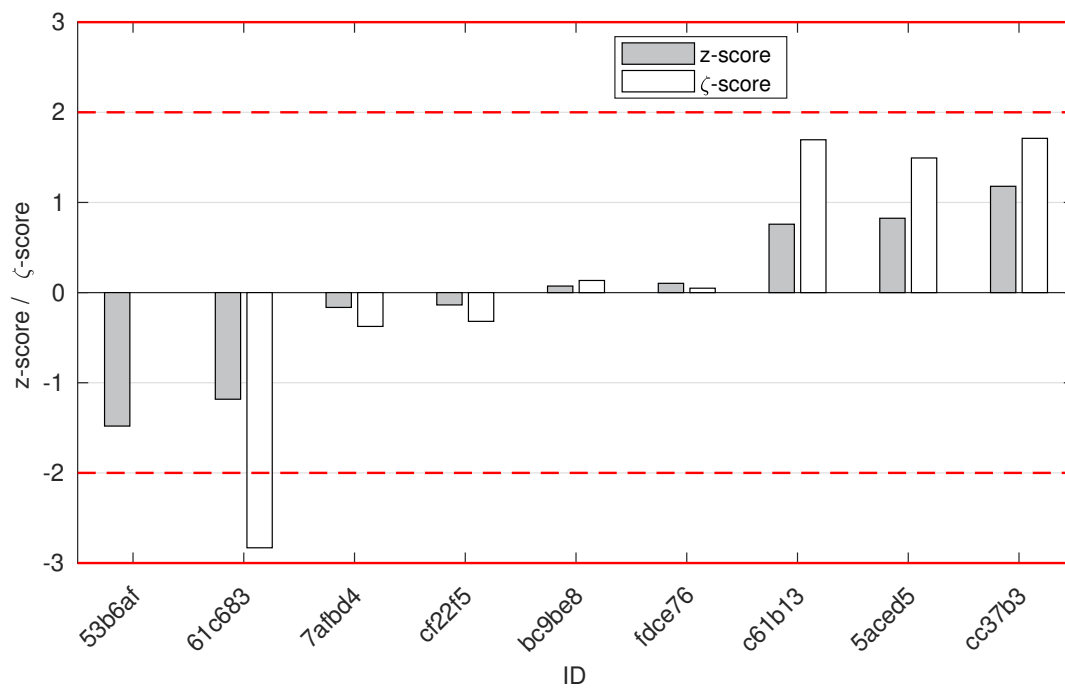
Obrázek 50: Graf průměrných hodnot výsledků zkoušek a výběrových směrodatných odchylek



Obrázek 51: Graf průměrných hodnot výsledků zkoušek a rozšířených nejistot měření



Obrázek 52: Histogram všech výsledků zkoušek



Obrázek 53: z-score a ζ-score

Tabulka 14: Výsledné hodnoty z-score a ζ-score

ID	z-score [-]	ζ-score [-]
53b6af	-1.48	-
61c683	-1.18	-2.83
7afbd4	-0.16	-0.38
cf22f5	-0.14	-0.32
bc9be8	0.07	0.13
fdce76	0.10	0.05
c61b13	0.76	1.70
5aced5	0.82	1.49
cc37b3	1.18	1.71

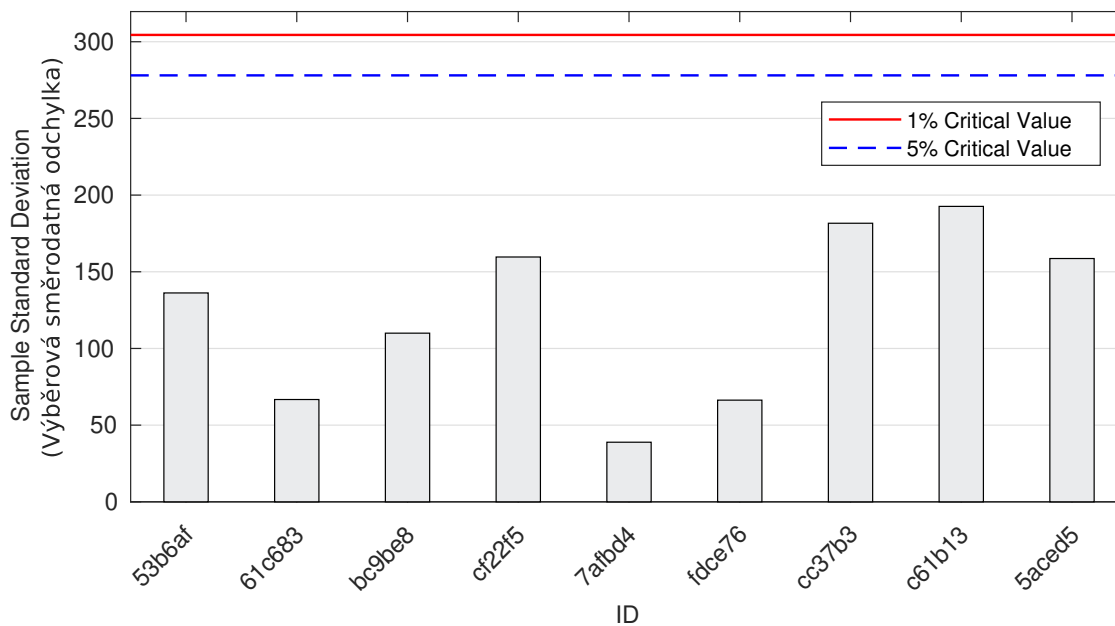
## 7.4 100 cyklů

### 7.4.1 Výsledky zkoušek

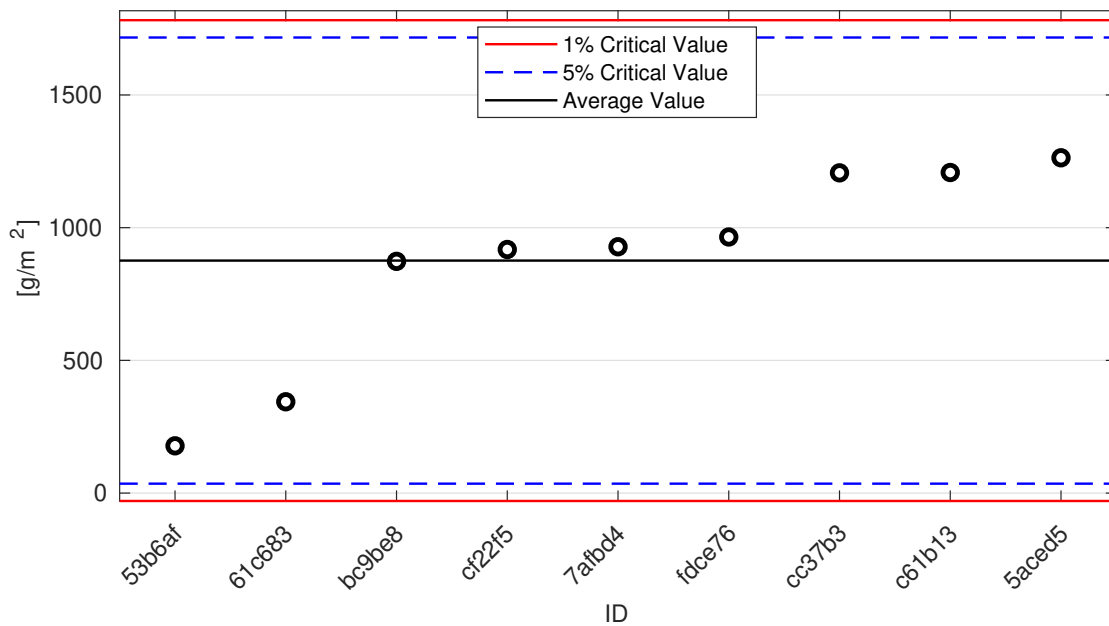
Tabulka 15: Výsledky zkoušek - seřazené podle průměrné hodnoty. Odlehlé hodnoty jsou vyznačeny hvězdičkou.  $u_X$  - rozšířená nejistota účastníka;  $\bar{x}$  - aritmetický průměr;  $s_0$  - výběrová směrodatná odchylka;  $V_X$  - variační koeficient

ID účastníka	Výsledky zkoušek [g/m <sup>2</sup> ]			$u_X$ [g/m <sup>2</sup> ]	$\bar{x}$ [g/m <sup>2</sup> ]	$s_0$ [g/m <sup>2</sup> ]	$V_X$ [%]
53b6af	221.3	25.5	287.4	-	178.1	136.2	76.49
61c683	420.0	294.9	317.3	13.8	344.1	66.7	19.39
bc9be8	752.9	898.0	968.6	188.6	873.2	110.0	12.59
cf22f5	1072.8	753.9	926.7	60.0	917.8	159.6	17.39
7afb4	900.8	972.6	910.9	70.5	928.1	38.9	4.19
fdce76	911.0	945.0	1039.0	965.0	965.0	66.3	6.87
cc37b3	1223.5	1379.1	1017.0	200.0	1206.5	181.6	15.06
c61b13	1380.4	1000.0	1243.1	72.5	1207.8	192.6	15.95
5aced5	1445.3	1190.6	1154.1	315.8	1263.3	158.6	12.56

### 7.4.2 Numerické zhodnocení odlehlých hodnot

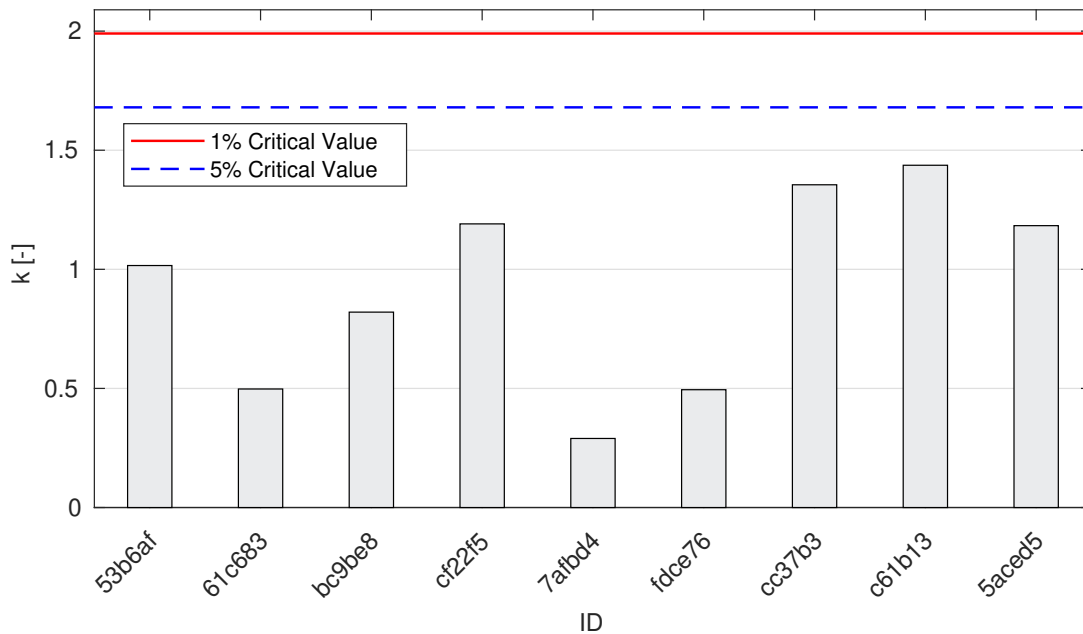


Obrázek 54: **Cochranův test** - graf výběrových směrodatných odchylek: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

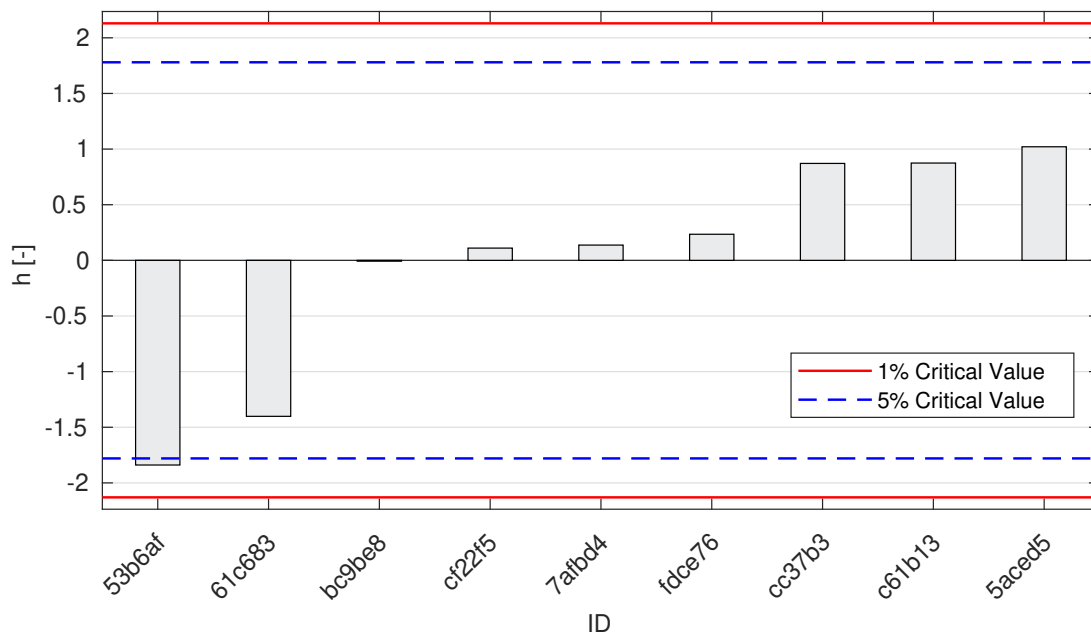


Obrázek 55: **Grubbsův test** - graf průměrných hodnot: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

### 7.4.3 Mandelovy statistiky konzistence

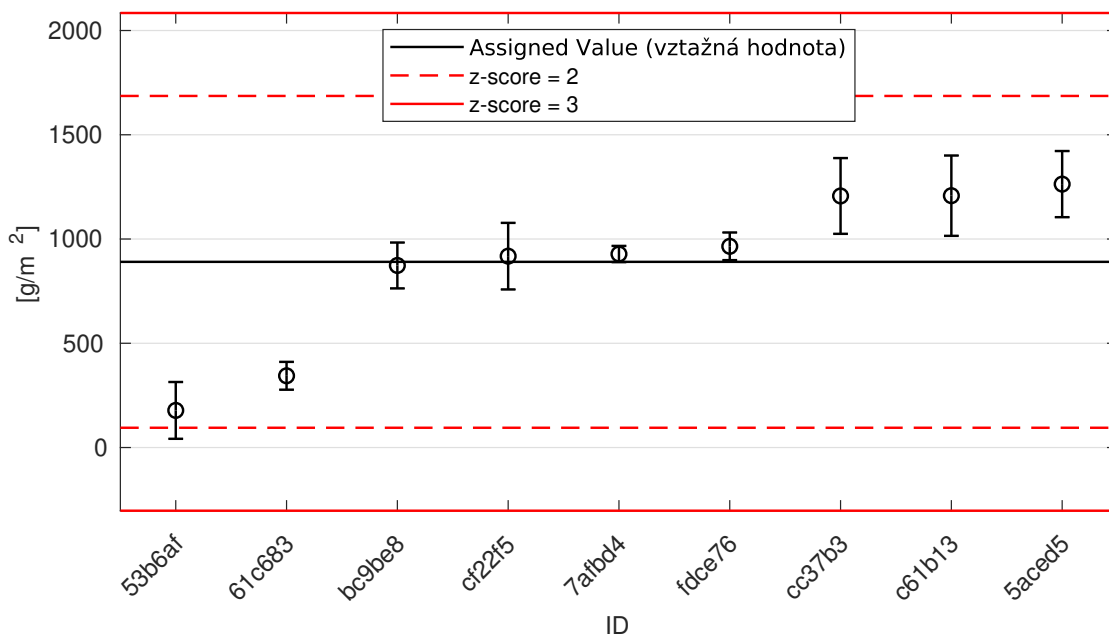


Obrázek 56: Vnitrolaboratorní statistika konzistence: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

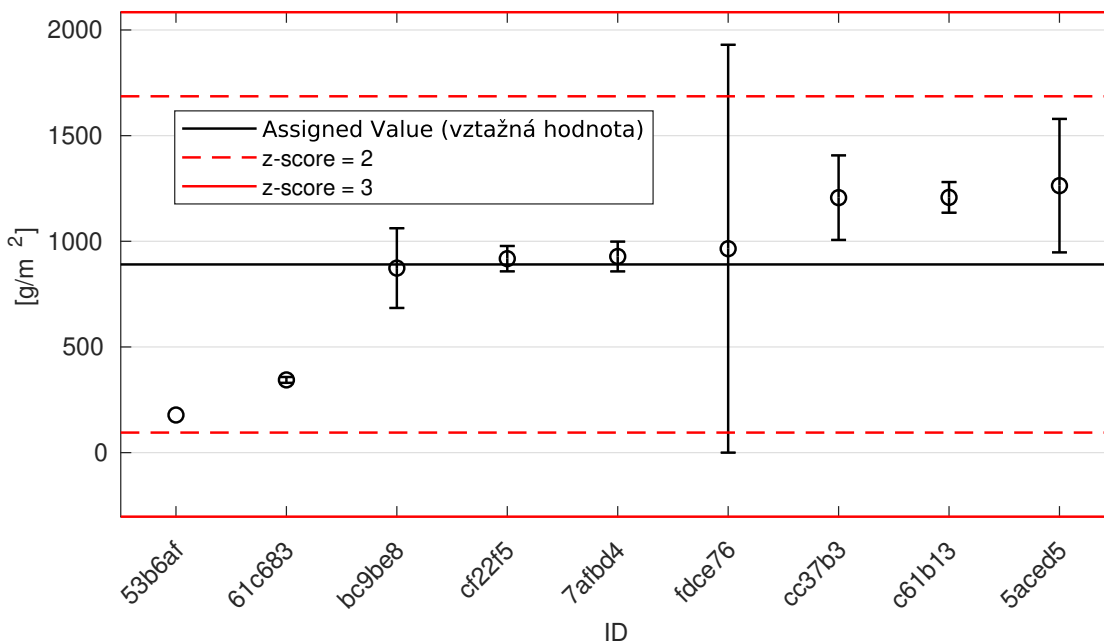


Obrázek 57: Mezilaboratorní statistika konzistence: 1% kritická hodnota - červená barva; 5% kritická hodnota - modrá barva

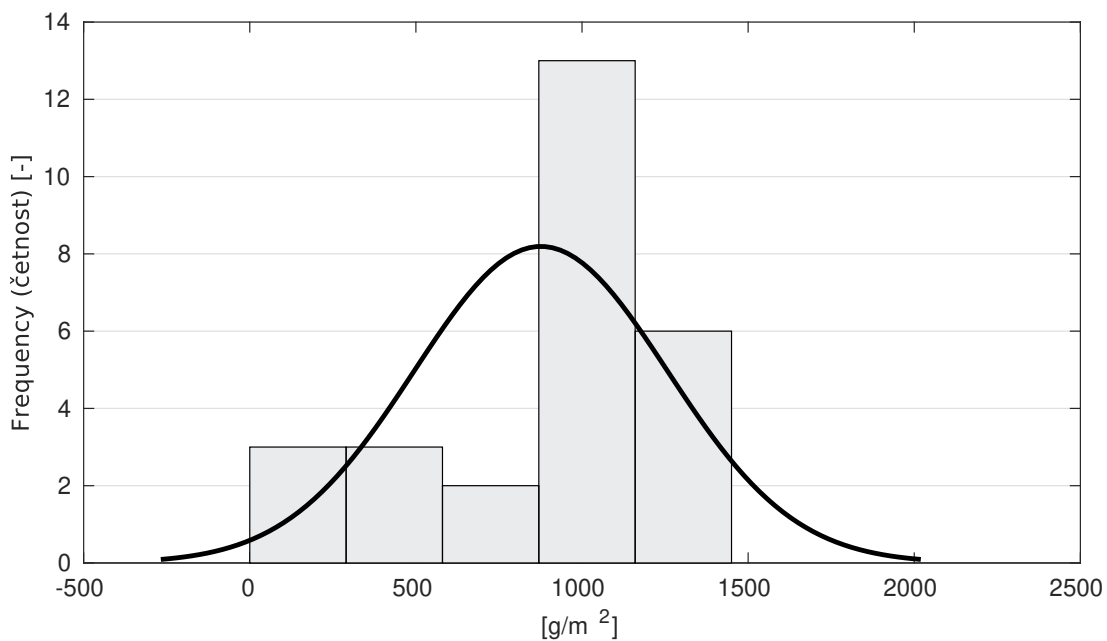
#### 7.4.4 Vyhodnocení výkonnosti účastníků



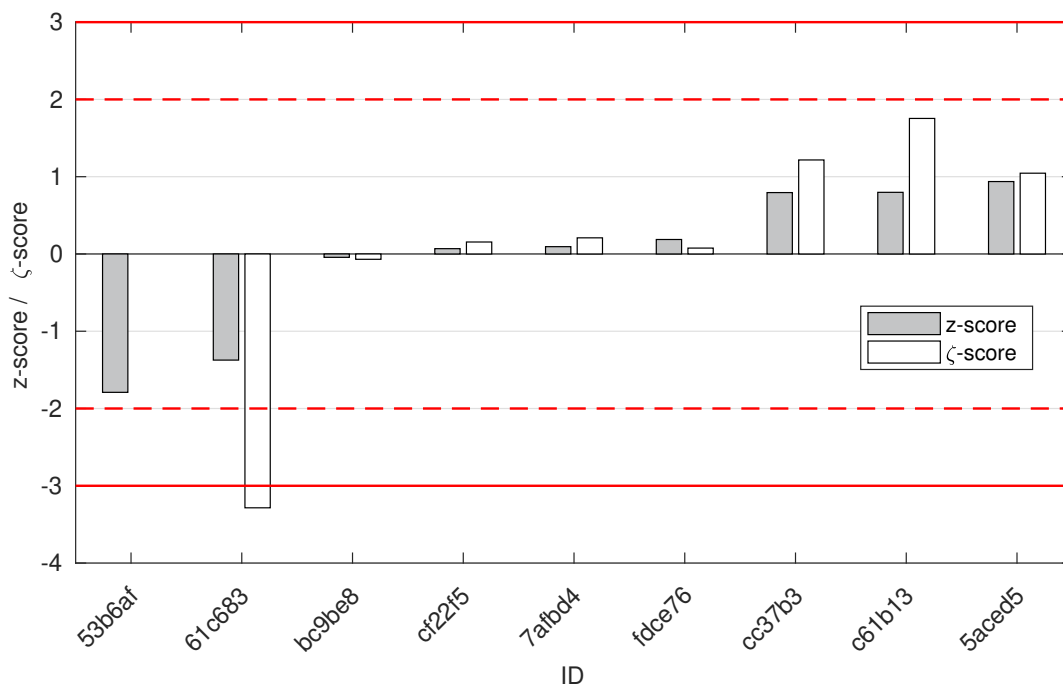
Obrázek 58: Graf průměrných hodnot výsledků zkoušek a výběrových směrodatných odchylek



Obrázek 59: Graf průměrných hodnot výsledků zkoušek a rozšířených nejistot měření



Obrázek 60: Histogram všech výsledků zkoušek



Obrázek 61: z-score a ζ-score

Tabulka 16: Výsledné hodnoty z-score a ζ-score

ID	z-score [-]	ζ-score [-]
53b6af	-1.79	-
61c683	-1.37	-3.29
bc9be8	-0.04	-0.07
cf22f5	0.07	0.15
7afbd4	0.09	0.21
fdce76	0.19	0.08
cc37b3	0.79	1.22
c61b13	0.80	1.75
5aced5	0.94	1.05

## 8 Příloha – ČSN 73 1326, metoda C – Odolnost proti CHRL

Zkouška neotevřena pro nízký počet účastníků.

## 9 Příloha – ČSN EN 12390-9 – Odolnost proti zmrazování a rozmrazování - Odlupování

Zkouška neotevřena pro nízký počet účastníků.