



## PLÁN PROGRAMU ZKOUŠENÍ ZPŮSOBILOSTI

**ZMC 2019/1 – Zkoušení malt, cementů a jemnozrnných cementových kompozitů  
(ZMC 196, 1015, 13892, 12004)**

Poskytovatel zkoušení způsobilosti při SZK FAST  
Veveří 95, 602 00 Brno  
Czech Republic

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

Koordinátor  
Kontroloval  
Schválil za PoZZ

doc. Ing. Tomáš Vymazal, Ph.D.  
Ing. Petr Misák, Ph.D.  
doc. Ing. Tomáš Vymazal, Ph.D.

Schválil: 27. 9. 2018  
Schválil: 27. 9. 2018  
Schválil: 27. 9. 2018



## Obsah

<b>1</b>	<b>Základní informace o programu zkoušení způsobilosti</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Realizace programu zkoušení způsobilosti</b>	<b>2</b>
2.1	Specifikace a charakteristiky . . . . .	2
2.2	Zajištění homogenity a stability . . . . .	6
2.3	Pokyny pro eliminaci hlavních zdrojů chyb . . . . .	6
2.4	Průběh PrZZ . . . . .	6
<b>3</b>	<b>Postupy statistické analýzy experimentu preciznosti</b>	<b>6</b>
3.1	Numerický postup zjišťování odlehých hodnot . . . . .	7
3.1.1	Cochranův test . . . . .	7
3.1.2	Grubbsův test – jedno odlehlé pozorování . . . . .	7
3.2	Mandelovy statistiky . . . . .	8
3.2.1	Mezilaboratorní statistika konzistence $h$ . . . . .	8
3.2.2	Vnitrolaboratorní statistika konzistence $k$ . . . . .	8
3.3	Výpočet odhadů rozptylů . . . . .	8
3.3.1	Rozptyl opakovatelnosti . . . . .	8
3.3.2	Mezilaboratorní rozptyl . . . . .	8
3.3.3	Rozptyl reprodukovatelnosti . . . . .	9
3.4	Opakovatelnost a reprodukovatelnost . . . . .	9
3.5	Vztažná hodnota . . . . .	9
3.6	Výpočet statistik výkonnosti . . . . .	10
<b>4</b>	<b>Osvědčení o účasti a Závěrečné zprávy o výsledcích experimentu shodnosti</b>	<b>11</b>
<b>5</b>	<b>Opatření zajišťující důvěrnost</b>	<b>11</b>
<b>6</b>	<b>Související dokumenty</b>	<b>11</b>

## 1 Základní informace o programu zkoušení způsobilosti

Účelem programu zkoušení způsobilosti (PrZZ) je porovnat a vyhodnotit výsledky zkoušek cementu a jemnozrnných cementových kompozitů podle vybraných částí ČSN EN 196 [1–4], ČSN EN 1015 ([5–12], ČSN EN 13892-2 [13] a ČSN EN 12004-2 [14].

Cílem programu je poskytnout objektivní informace o měřících schopnostech účastníků PrZZ. Základním kritériem účasti je včasná přihláška do programu. Základním kritériem pro obdržení Osvědčení o účasti a Závěrečné zprávy o výsledcích experimentu shodnosti je včasné uhrazení vložného.

### Důležité termíny:

<b>Uzávěrka přihlášek:</b>	<b>31. 8. 2019</b>
<b>Distribuce vzorků:</b>	<b>7. – 11. 10. 2019</b>
<b>Realizace/zahájení zkoušek</b>	
<b>Čerstvá malta, cementová kaše:</b>	<b>21. 10. 2019</b>
<b>Zatvrdlá malta, cement:</b>	<b>18. 11. 2019</b>
<b>Odeslání výsledků organizátorovi:</b>	<b>30. 11. 2019</b>
<b>Vyhodnocení do:</b>	<b>31. 1. 2020</b>

## 2 Realizace programu zkoušení způsobilosti

### 2.1 Specifikace a charakteristiky

Pro tento PrZZ jsou přijímány přihlášky od zkušebních laboratoří, případně dalších subjektů, které o to projeví zájem. Minimální počet účastníků v každé části programu je 5. V případě počtu účastníků blízcímu se minimálnímu, zváží koordinátor hodnocení výsledků PrZZ využití Hornova postupu pro zjištění vztažné hodnoty a její nejistoty. Maximální počet účastníků je 30. Nebude-li dosaženo minimálního počtu účastníků, vyhrazuje si PoZZ právo PrZZ odvolat. Následně je postupováno podle kapitoly 3 směrnice „Řízení odvolání a stížností“ [15], která je dostupná z [www.ptprovider.cz](http://www.ptprovider.cz).

Program je realizován pro následující charakteristiky:

#### 1. ČSN EN 196-1 [1]

- Charakteristika: Pevnost
- Jednotky:  $N/mm^2$
- Rozsah hodnot: CEM II 42,5 R
- Množství materiálu: 6 kg suché směsi
- Počet stanovení:
  - po 2 dnech zrání: 3 x pevnost v tahu ohybem, 6 x pevnost v tlaku
  - po 7 dnech zrání: 3 x pevnost v tahu ohybem, 6 x pevnost v tlaku
  - po 28 dnech zrání: 3 x pevnost v tahu ohybem, 6 x pevnost v tlaku

#### 2. ČSN EN 196-2 (čl. 4.4.1) [2]

- Charakteristika: Stanovení ztráty žíháním
- Jednotky: %
- Rozsah hodnot: CEM II 42,5 R
- Množství materiálu: 0.5 kg suché směsi
- Počet stanovení: 3

**3. ČSN EN 196-2 (čl. 4.4.2) [2]**

- Charakteristika: Stanovení obsahu síranů
- Jednotky: %
- Rozsah hodnot: CEM II 42,5 R
- Množství materiálu: 0.5 kg suché směsi
- Počet stanovení: 3

**4. ČSN EN 196-2 (čl. 4.4.3) [2]**

- Charakteristika: Stanovení zbytku nerozpustného v kyselině chlorovodíkové a uhlíčitanu sodném
- Jednotky: %
- Rozsah hodnot: CEM II 42,5 R
- Množství materiálu: 0.5 kg suché směsi
- Počet stanovení: 3

**5. ČSN EN 196-2 (čl. 4.4.4) [2]**

- Charakteristika: Stanovení zbytku nerozpustného v kyselině chlorovodíkové a hydroxidu draselném
- Jednotky: %
- Rozsah hodnot: CEM II 42,5 R
- Množství materiálu: 0.5 kg suché směsi
- Počet stanovení: 3

**6. ČSN EN 196-2 (čl. 4.4.5) [2]**

- Charakteristika: Stanovení obsahu sulfidů
- Jednotky: %
- Rozsah hodnot: CEM II 42,5 R
- Množství materiálu: 0.5 kg suché směsi
- Počet stanovení: 3

**7. ČSN EN 196-3 [3]**

- Charakteristika: Doba tuhnutí čerstvé cementové kaše, Objemová stálost čerstvé cementové kaše
- Jednotky: min,  $kg/m^3$
- Rozsah hodnot: CEM II 42,5 R
- Množství materiálu: 6 kg suché směsi
- Počet stanovení: 3

**8. ČSN EN 196-10 [4]**

- Charakteristika: Stanovení obsahu chrómu ( $Cr^{6+}$ )
- Jednotky: %
- Rozsah hodnot: CEM II 42,5 R
- Množství materiálu: 6 kg suché směsi
- Počet stanovení: 3

**9. ČSN EN 1015-1 [5]**

- Charakteristika: Zrnitost
- Jednotky: %
- Rozsah hodnot: min. M 2,5

- Množství materiálu: 6 kg suché směsi
- Počet stanovení: 3

10. **ČSN EN 1015-3 [6]**

- Charakteristika: Konzistence
- Jednotky: mm
- Rozsah hodnot: min. M 2,5
- Množství materiálu: 6 kg suché směsi
- Počet stanovení: 3

11. **ČSN EN 1015-6 [7]**

- Charakteristika: Objemová hmotnost čerstvé malty
- Jednotky:  $kg/m^3$
- Rozsah hodnot: min. M 2,5
- Množství materiálu: 6 kg suché směsi
- Počet stanovení: 3

12. **ČSN EN 1015-10 [8]**

- Charakteristika: Objemová hmotnost zatvrdlé malty
- Jednotky:  $kg/m^3$
- Rozsah hodnot: min. M 2,5
- Množství materiálu: 6 kg suché směsi
- Počet stanovení: 3

13. **ČSN EN 1015-11 [9]**

- Charakteristika: Pevnost
- Jednotky:  $N/mm^2$
- Rozsah hodnot: min. M 2,5
- Počet stanovení: 3
- Množství materiálu: 6 kg suché směsi
- Množství vody bude určeno v pokynech při dodání vzorku.

14. **ČSN EN 1015-12 [10]**

- Charakteristika: Přídržnost
- Jednotky:  $N/mm^2$
- Rozsah hodnot: min. M 2,5
- Množství materiálu: 6 kg suché směsi
- Počet stanovení: 3

15. **ČSN EN 1015-18 [11]**

- Charakteristika: Koef. kapilární absorpce ( $C_m$ )
- Jednotky:  $kg/(m^2 \cdot \sqrt{min})$
- Rozsah hodnot: min. M 2,5
- Množství materiálu: 6 kg suché směsi
- Počet stanovení: 3

**16. ČSN EN 1015-19 [12]**

- Charakteristika: Tok vodní páry
- Jednotky:  $kg/m^2 \cdot s \cdot Pa$
- Rozsah hodnot: min. M 2,5
- Množství materiálu: 6 kg suché směsi
- Počet stanovení: 3

**17. ČSN EN 13892-2 [13]**

- Charakteristika: Pevnost v tahu za ohybu a tlaku
- Jednotky:  $N/mm^2$
- Rozsah hodnot: CT-C30-F5
- Množství materiálu: 6 kg suché směsi
- Použijte způsob míchání podle ČSN EN 13892-1 [16], čl. 4.4
- Počet stanovení: 3

**18. ČSN EN 12004-2, kap. 8.1 [14]**

- Charakteristika: Stanovení otevřené doby
- Jednotky:  $N/mm^2$
- Rozsah hodnot: C2T
- Množství materiálu: 8 kg suché směsi
- Počet stanovení: 1 x po 10 min. a 1 x po 30 min.
- Jen nevyřazené hodnoty – 10 pozorovaných hodnot po 10 min. a 10 pozorovaných hodnot po 30 min.
- Dva zkušební vzorky (dlaždice).

**19. ČSN EN 12004-2, kap. 8.2 [14]**

- Charakteristika: Skluz
- Jednotky: mm
- Rozsah hodnot: C1T
- Počet stanovení: 3
- Množství materiálu: 6 kg suché směsi

**20. ČSN EN 12004-2, kap. 8.3.3.2 [14]**

- Charakteristika: Přídržnost
- Jednotky:  $N/mm^2$
- Rozsah hodnot: C1, C2
- Počet stanovení: 1
- Jen nevyřazené hodnoty – maximum z 10 stanovení.
- Množství materiálu: 6 kg suché směsi

**21. ČSN EN 12004-2, kap. 8.3.3.3 [14]**

- Charakteristika: Přídržnost
- Jednotky:  $N/mm^2$
- Rozsah hodnot: C1, C2
- Počet stanovení: 1
- Jen nevyřazené hodnoty – maximum z 10 stanovení.
- Množství materiálu: 6 kg suché směsi

## 22. ČSN EN 196-2 (čl. 4.4.6) [2]

- Charakteristika: Stanovení obsahu manganu
- Jednotky: %
- Rozsah hodnot: CEM II 42,5 R
- Množství materiálu: 6 kg suché směsi
- Počet stanovení: 3

## 2.2 Zajištění homogenity a stability

Pracovníci PoZZ a jejich případní dodavatelé jsou si vědomi významu homogenity a stability zkušebních těles pro výsledky programu zkoušení způsobilosti.

Homogenita a stabilita zkušebních těles je zajištěna:

1. materiál pro výrobu vzorků je odebírám vždy ze stejné výrobní šarže a data výroby, a/nebo
2. homogenizací suché směsi pro výrobu malt v míchačce,
3. kontrolou materiálu před uvolněním účastníkům.

## 2.3 Pokyny pro eliminaci hlavních zdrojů chyb

Účastníci PrZZ jsou povinni:

- zacházet s položkami zkoušky způsobilosti stejným způsobem jako s většinou rutinně zkoušených vzorků,
- dodržovat pokyny pracovníka PoZZ, který je za realizaci PrZZ odpovědný, zejména co se druhu prováděné zkoušky, počtu stanovení výsledků a jejího načasování,
- uvádět nejistotu měření v souladu se svými dokumentovanými postupy, včetně odpovídajícího koeficientu rozšíření. Není-li dáno jinak, použijí účastníci koeficient rozšíření 2, což odpovídá hladině spolehlivosti přibližně 95 %,
- dodržovat pravidla a zásady etického chování, BOZP a PO, používat výhradně elektrická zařízení a přístroje s platnou revizí,
- zaslat PoZZ výsledky zkoušení položek zkoušení způsobilosti včetně nejistot měření do stanoveného termínu, který je uveden v části 1.

## 2.4 Průběh PrZZ

Veškeré další informace, formuláře, záznamy neuvedené v tomto dokumentu jsou aktuálně zveřejňovány na [www.ptprovider.cz](http://www.ptprovider.cz).

## 3 Postupy statistické analýzy experimentu preciznosti

K popisu přesnosti metod měření se využívá termínů pravdivost a preciznost. Pravdivost se týká těsnosti shody mezi aritmetickým průměrem velkého počtu výsledků zkoušek a pravou nebo přijatou referenční hodnotou. Preciznost se týká těsnosti shody mezi výsledky zkoušek. Nutnost uvažování preciznosti 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 zkušební postupu a nelze je nikdy v plném rozsahu ovládat. Analýza tohoto experimentu není zaměřena na zkoumání pravdivosti výsledků zkoušek, ale především na jejich preciznost. 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 ISO 5725-2 [17], tedy zjištění a ošetření podezřelých a odlehlých hodnot a dalších nepravdivostí. 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 [18], 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  $n$  měření.

### 3.1 Numerický postup zjišťování odlehých hodnot

Ke zjišťování odlehých 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 odlehých 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.

#### 3.1.1 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

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

#### 3.1.2 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  $G_p$

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

příčemž  $\bar{x}$  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

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

## 3.2 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.

### 3.2.1 Mezilaboratorní statistika konzistence $h$

Pro každou laboratoř se vyhodnotila mezilaboratorní statistika konzistence  $h$  podle vzorce

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

### 3.2.2 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.

## 3.3 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.

### 3.3.1 Rozptyl opakovatelnosti

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

### 3.3.2 Mezilaboratorní rozptyl

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

kde

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

a

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

### 3.3.3 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.

## 3.4 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

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

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.

## 3.5 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 [18] za použití statistických metod popsanych v ISO 13528 [19] a ČSN ISO 5725-5 [20]. Vztažná hodnota  $X$  je tedy určena jako robustní odhad hodnoty průměru  $x^*$  (**Algoritmus A** uvedený v [19] a [20]).

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.

### 3.6 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 [18] 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 [21].

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

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

## 4 Osvědčení o účasti a Závěrečné zprávy o výsledcích experimentu shodnosti

PoZZ poskytuje odborný komentář týkající se hodnocení výkonnosti účastníků v závěrečné zprávě a v rámci vzdělávacích kurzů, které pořádá. V závěrečné zprávě je zachována anonymita účastníků PrZZ. Jednotliví účastníci, resp. jejich výsledky zkoušek, zde vystupují pod identifikačním číslem. Nedílnou součástí závěrečné zprávy je osvědčení o účasti v programu mezilaboratorních porovnávacích zkoušek testu způsobilosti, které je pro každého účastníka jedinečné a je zde uvedeno identifikační označení účastníka.

## 5 Opatření zajišťující důvěrnost

Identita účastníků PrZZ je důvěrná a známá pouze osobám/subjektům zapojeným do PrZZ a se všemi informacemi od účastníků nakládá PoZZ jako s důvěrnými. Účastník se může zřeknout této důvěrnosti za účelem diskuse a vzájemné pomoci až po obdržení výsledků programu zkoušení způsobilosti. PoZZ neposkytuje třetí straně výsledky zkoušení způsobilosti s výhradou pro písemnou žádost regulačního orgánu, která je podána před zahájením PrZZ a se kterou musí vyjádřit písemný souhlas účastníci PoZZ.

## 6 Související dokumenty

- Příručka kvality PoZZ SZK FAST
- Řízení odvolání a stížností dostupné z [www.ptprovider.cz](http://www.ptprovider.cz) [15]
- MPA 20 – 01 - . . . k aplikaci ČSN EN ISO/IEC 17043 Posuzování shody – Všeobecné požadavky na zkoušení způsobilosti v akreditačním systému České republiky.

## Odkazy

- [1] ČSN EN 196-1. *Metody zkoušení cementu - Část 1: Stanovení pevnosti*. 2016.
- [2] ČSN EN 196-2. *Metody zkoušení cementu - Část 2: Chemický rozbor cementu*. 2013.
- [3] ČSN EN 196-3. *Metody zkoušení cementu - Část 3: Stanovení dob tuhnutí a objemové stálosti*. 2017.
- [4] ČSN EN 196-10. *Metody zkoušení cementu - Část 10: Stanovení obsahu ve vodě rozpustného chromu (Cr6+) v cementu*. 2006.
- [5] ČSN EN 1015-1. *Zkušební metody malt pro zdivo - Část 1: Stanovení zrnitosti (sítovým rozbořem)*. 1999.
- [6] ČSN EN 1015-3. *Zkušební metody malt pro zdivo - Část 3: Stanovení konzistence čerstvé malty (s použitím střešovacího stolku)*. 2000.
- [7] ČSN EN 1015-6. *Zkušební metody malt pro zdivo - Část 6: Stanovení objemové hmotnosti čerstvé malty*. 1999.
- [8] ČSN EN 1015-10. *Zkušební metody malt pro zdivo - Část 10: Stanovení objemové hmotnosti suché zatvrdlé malty*. 2000.
- [9] ČSN EN 1015-11. *Zkušební metody malt pro zdivo - Část 11: Stanovení pevnosti zatvrdlých malt v tahu za ohybu a v tlaku*. 2000.
- [10] ČSN EN 1015-12. *Zkušební metody malt pro zdivo - Část 12: Stanovení přídržnosti zatvrdlých malt pro vnitřní a vnější omítky k podkladu*. 2000.
- [11] ČSN EN 1015-18. *Zkušební metody malt pro zdivo - Část 18: Stanovení koeficientu kapilární absorpce vody v zatvrdlé maltě*. 2003.
- [12] ČSN EN 1015-19. *Zkušební metody malt pro zdivo - Část 19: Stanovení propustnosti vodních par zatvrdlými maltami pro vnitřní a vnější omítky*. 1999.
- [13] ČSN EN 13892-2. *Zkušební metody potěrových materiálů - Část 2: Stanovení pevnosti v tahu za ohybu a pevnosti v tlaku*. 2003.
- [14] ČSN EN 12004-2. *Lepidla pro keramické obkladové prvky - Část 2: Zkušební metody*. 2018.
- [15] *Řízení odvolání a stížností dostupné z [www.ptprovider.cz](http://www.ptprovider.cz)*.

- [16] ČSN EN 13892-1. *Zkušební metody potěrových materiálů - Část 1: Odběr vzorků, zhotovení a ošetřování zkušebních těles.* 2003.
- [17] ČSN ISO 5725-2. *Přesnost (pravdivost a preciznost) metod a výsledků měření – Část 2: Základní metoda pro stanovení opakovatelnosti a reprodukovatelnosti normalizované metody měření.* 2018.
- [18] ČSN EN ISO/IEC 17043. *Posuzování shody - Všeobecné požadavky na zkoušení způsobilosti.* 2010.
- [19] ČSN ISO 13528. *Statistické metody používané při zkoušení způsobilosti mezilaboratorním porovnáváním.* 2017.
- [20] ČSN ISO 5725-5. *Přesnost (pravdivost a preciznost) metod a výsledků měření – Část 5: Alternativní metody pro stanovení shodnosti normalizované metody měření.* 2018.
- [21] EA 4/02. *Vyjadřování nejistot měření při kalibracích.* 2000.