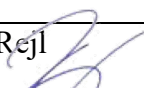


Skupina dokumentů: Související dokumentace
Označení: SD11
Název dokumentu: Statistika

Platnost od: 19.1.2026
Vydání: 2

	Jméno	Funkce
Zpracoval	Ing. Martin Dobrovolný, Ph.D.	Statistik
Kontroloval a schválil	Ing. Michal Rejl 	SZ

1. Statistické zpracování výsledků zkoušek

Návrh statistického zpracování je vytvořen statistikem a schválen členy managementu ALME - Sekce programu zkoušení způsobilosti (SPZZ). Návrh je vypracován tak, aby odpovídal cílům programu, vycházel z charakteru dat, byl v souladu s platnými normami. Statistické zpracování dat vychází ze statistických předpokladů, povahy chyb a očekávaného počtu výsledků. Struktura návrhu reflektuje zejména kapitoly 7.2.2 až 7.4 a přílohu B ČSN 17043:2023.

Statistické zpracování dat Programu zkoušení způsobilosti (PZZ) a jejich analýzu provádí statistik po skončení cyklu podle schváleného návrhu.

Vyhodnocované programy:

ALME-OR-01/XX	část A - Stanovení konc. vybraných plynných složek (CO, NO, SO ₂) v plynné směsi
ALME-OR-01/XX	část B - Stanovení koncentrace vybraných plynných složek (CO ₂) v plynné směsi
ALME-OR-01/XX	část C - Stanovení koncentrace vybraných plynných složek (O ₂) v plynné směsi
ALME-OR-02/XX	Stanovení koncentrace propanu v plynné směsi
ALME-OR-03/XX	Stanovení koncentrace amoniaku v plynné směsi
ALME-OR-06/XX	Stanovení hmotnostního toku tuhé znečišťující látky v proudící vzdušině včetně rychlosti proudění a hmotnostní koncentrace (Aerosol)
ALME-OR-10/XX	Stanovení koncentrace plynného chlorovodíku v plynné směsi
ALME-OR-11/XX	Stanovení koncentrace vodní páry (H ₂ O) v plynu (Aerosol)

2. Vstupní data pro statistické vyhodnocení

Výsledky měření od účastníků PZZ shromažďuje koordinátor ALME. Data měřících skupin z jednotlivých programů jsou předána statistikovi v anonymní podobě koordinátorem ve formě souhrnné tabulky (F_32 Podklady pro statistika.xlsx), zahrnující naměřená data ze všech programů, nejistoty měření. Dále pro programy „ALME-OR-11/XX Stanovení koncentrace vodní páry (H₂O) v plynu“ a „ALME-OR-06/XX Stanovení hmotnostního toku tuhé znečišťující látky v proudící vzdušině včetně rychlosti proudění a hmotnostní koncentrace“ i referenční hodnoty. Předané výsledky jsou pak analyzovány v anonymní podobě, tzn. statistik nezná pravou identitu účastníků.

Výsledky všech programů zkoušení způsobilosti jsou dále zpracovávány způsobem, který doporučuje norma ČSN ISO 5725–2:2022. Statistická analýza a vyhodnocení je prováděno v souladu s ČSN 17043:2023 a ČSN 13528:2023.

V programech:

ALME-OR-01/XX	část A - Stanovení koncentrace vybraných plynných složek (CO, NO, SO ₂) v plynné směsi
ALME-OR-01/XX	část B - Stanovení koncentrace vybraných plynných složek (CO ₂) v plynné směsi
ALME-OR-01/XX	část C - Stanovení koncentrace vybraných plynných složek (O ₂) v plynné směsi

ALME-OR-02/XX	Stanovení koncentrace propanu v plynné směsi
ALME-OR-03/XX	Stanovení koncentrace amoniaku v plynné směsi
ALME-OR-10/XX	Stanovení koncentrace plynného chlorovodíku v plynné směsi

každá měřicí skupina - laboratoř udává výsledek jako dvě hodnoty s příslušnými nejistotami měření¹. Pro účely vyhodnocení jsou dílčí výsledné hodnoty laboratoře **průměrovány**.

V programu:

ALME-OR-11/XX	Stanovení koncentrace vodní páry (H₂O) v plynu (Aerosol)
----------------------	--

účastníci měří jednu veličinu (koncentraci vodní páry) dvakrát a pro každé měření udávají jednu výslednou hodnotu.

V programu:

ALME-OR-06/XX	Stanovení hmotnostního toku tuhé znečišťující látky v proudící vzdušině včetně rychlosti proudění a hmotnostní koncentrace (Aerosol)
----------------------	---

účastníci měří tři veličiny a pro každou vyplňují tři jim odpovídající naměřené hodnoty s příslušnými nejistotami měření.

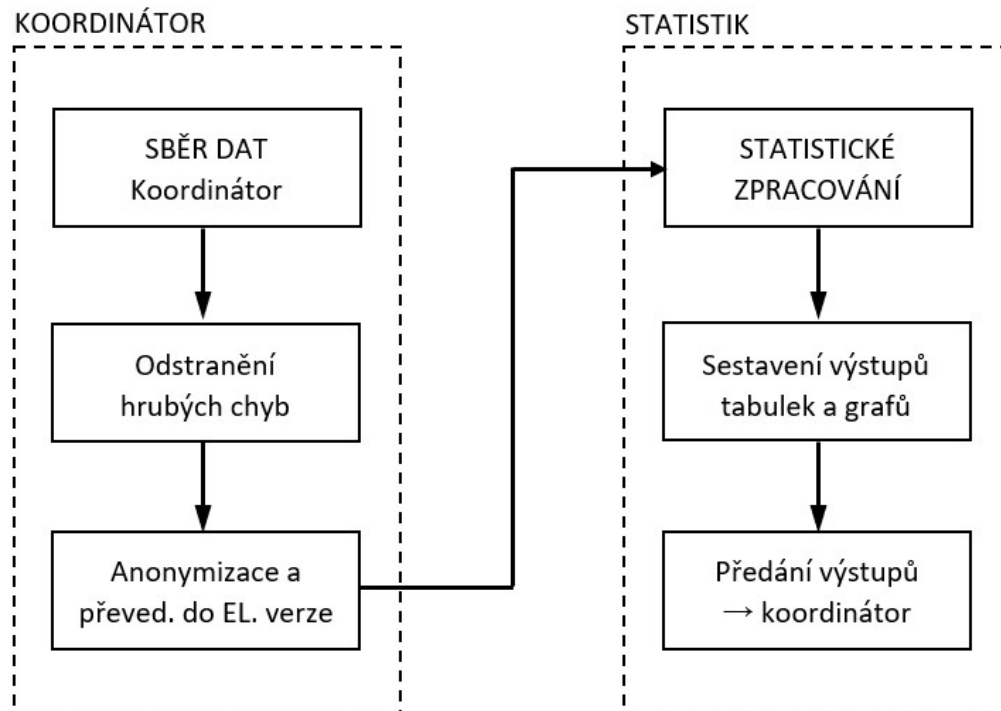
Nejistoty měření nejsou součástí posuzování výkonností laboratoří. Mohou však být využity pro posouzení shody s nejistotami ostatních laboratoří v souladu s 9.8.2 ČSN 13528:2023 a dále pro porovnání s daty z minulých ročníků.

V souladu s odstavcem 7.1.3 ČSN ISO 5725–2:2022 jsou využity také další statistické postupy. Cílem je získat co nejvíce poznatků o typu rozdělení dodaných dat, jejich homogenitě, symetrii nebo asymetrii, nezávislosti jednotlivých měření. Vzhledem k použití algoritmů robustních odhadů nejsou vyučovány odlehlé hodnoty.

Analyzovány jsou grafy naměřených hodnot a jejich relativních vzdáleností od referenčních hodnot, grafy jádrových hustot, histogramy výsledků a grafy relativních chyb. Tento proces je prováděn interaktivně na počítači za pomoci grafických metod, které napomáhají identifikaci případných statistických zvláštností a tendencí v dodaných výsledcích.

Proces zpracování dat, jejich analýzy a hodnocení PZZ ALME je schematicky znázorněn na následujícím obrázku.

¹ Dle doporučení ČSN 13528:2023 odst. 9.8.2



Obrázek 1 - Proces zpracování dat, jejich analýzy a hodnocení PZZ ALME

Statistická analýza dat poskytuje nezbytné informace pro rozhodování členů SPZZ. Na jejich základě posuzují hodnoty výkonových ukazatelů, vymezují toleranční meze pro posouzení výkonnosti účastníků PZZ. Toleranční meze jsou základní hodnoty pro posouzení výkonnosti účastníků PZZ.

3. Postup pro stanovení vztažných hodnot a nejistot

Pro stanovení vztažné hodnoty x_{pt} položky zkoušky způsobilosti používané v cyklu PZZ je vhodné zvolit jeden z dále popsanych přístupů v závislosti na použitém analytu. V případě dostatečného počtu účastníků je v souladu s doporučením D.1.3.1 ČSN 13528:2023 vhodný postup a) - odhad konsenzuální hodnoty z výsledků účastníků metodou robustního odhadu střední hodnoty a směrodatné odchylky. Je-li k dispozici certifikovaný materiál, je možné využít postup b).

Volba metody je odpovědností poskytovatele zkoušení způsobilosti (7.1.1 ČSN 13528:2023).

a) Konsenzuální hodnota z výsledků účastníků

Pro stanovení vztažné hodnoty x_{pt} položky zkoušky způsobilosti používané v cyklu PZZ je zvolen odhad polohy (robustní průměr) získaný z výsledků udávaných účastníky daného cyklu podle doporučení v ČSN 5725-2:2022. V ČSN 13528:2023 ods. B.3.1 je označen jako „konsenzuální hodnota z výsledků účastníků. Tento odhad bude vypočítán pomocí

příslušného postupu - v souladu s experimentálním návrhem uvedeným v Příloze C ČSN 13528:2023. V případě malého počtu účastníků je třeba respektovat D.1.4 ČSN 13528:2023.

Robustní algoritmus A minimalizuje vliv extrémních hodnot a poskytuje stabilní odhady i v situaci, kdy některé laboratoře vykazují odlehle výsledky. Tím je zajištěno, že vypočtená robustní vztažná hodnota i směrodatná odchylka skutečně odrážejí „typické“ chování souboru laboratoří a nejsou zkresleny jednotlivými anomáliemi.

V souladu s příkladem C.3 - *Robustní analýza - algoritmus A* v ČSN 13528:2023:

Označí se p položek z údajů seřazených v rostoucím pořadí jako:

$$x_1, x_2, \dots, x_p \quad (1)$$

Označí se robustní průměr a robustní směrodatná odchylka těchto dat jako x^* a s^* .

Vypočtou se počáteční hodnoty pro x^* a s^* jako:

$$x^* = \text{med } x_i (i = 1, 2, \dots, p) \quad (2)$$

$$s^* = 1,483 \text{ med } |x_i - x^*| \quad \text{pro } (i = 1, 2, \dots, p) \quad (3)$$

Hodnoty x^* a s^* se aktualizují následujícím způsobem. Vypočte se:

$$\delta = 1,5s^* \quad (4)$$

pro každou $x_i = (i = 1, 2, \dots, p)$ se vypočte:

$$x_i^* = \begin{cases} x^* - \delta & \text{pokud } x_i < x^* - \delta \\ x^* + \delta & \text{pokud } x_i > x^* + \delta \\ x_i & \text{jinak} \end{cases} \quad (5)$$

Vypočtou se nové hodnoty x^* a s^* pomocí:

$$x^* = \sum_{i=1}^p x_i^* / p \quad (6)$$

$$s^* = 1,134 \sqrt{\sum_{i=1}^p (x_i^* - x^*)^2 / (p - 1)} \quad (7)$$

kde sumace je přes i .

Robustní odhady x^* a s^* se získají iterativně, tj. přepočítáním hodnot x^* a s^* několikrát, za použití rovnic 4 až 7, dokud proces nekonverguje. Konvergence znamená, že nejsou žádné změny mezi iteracemi ve třetí platné číslici u robustního průměru ani robustní směrodatné odchylky (x^* a s^*).

Standardní nejistota vztažné hodnoty x_{pt} se odhadne v souladu s ods. 7.7.7 ČSN 13528:2023 jako:

$$u(x_{pt}) = 1,25 \times \frac{s^*}{\sqrt{p}} \quad (8)$$

kde s^* je robustní směrodatná odchylka výsledků. (Zde „výsledek“ účastníka představuje průměr obou jeho měření z vyplněného formuláře.)

V případě malého počtu účastníků mezilaboratorního porovnání ($p < 12$) v souladu s požadavky normy ČSN 13528:2023, zejména článku 7.1.2, bude pro odhad parametrů polohy a rozptýlení použita Hornova metoda pivotů. Tato metoda představuje robustní alternativu vhodnou pro malé datové soubory, kde je potřeba minimalizovat vliv odlehlých hodnot a zároveň zachovat objektivitu statistického hodnocení [4]. Metoda využívá pivotní transformace a je vhodná pro malé datové sady, kde tradiční statistické metody mohou selhávat.

Cílem aplikace Hornovy metody v tomto kontextu není pouze výpočet přidělené hodnoty a rozptylu, ale také zajištění důvěryhodnosti hodnocení způsobilosti účastníků zkoušení, a to i v případech, kdy není možné využít standardní robustní metody z důvodu omezené velikosti datového souboru.

Přidělená hodnota měřené veličiny x_{pt} bude v rámci této metody stanovena jako medián seřazených výsledků účastníků:

$$x_{pt} = \text{med } x_i (i = 1, 2, \dots, p) \quad (9)$$

Pro odhad směrodatné odchylky bude využit průměr rozdílů mezi krajními symetrickými dvojicemi hodnot v seřazeném souboru („pivotní rozdíly“), přepočtený na směrodatnou odchylku pomocí koeficientu $k \approx 1,349$ [5]:

$$s_{Horn} = \frac{\text{průměr pivotních rozdílů}}{k} \quad (10)$$

takto odhadnutá směrodatná odchylka bude dále využita k určení Standardní nejistota vztažné hodnoty x_{pt} , a to podle následujícího vztahu:

$$u(x_{pt}) = \frac{s_{Horn}}{\sqrt{p}} \quad (11)$$

kde p je počet laboratoří zahrnutých do výpočtu. Tato nejistota bude zohledněna při výpočtu kritérií způsobilosti účastníků, ve formě Z-skóre.

Předložený přístup tak umožňuje získat statisticky spolehlivé a robustní odhady i v podmínkách omezeného počtu výsledků. Zároveň zajišťuje soulad s požadavky mezinárodních standardů a podporuje objektivní hodnocení výkonnosti laboratoří účastníků se zkoušení způsobilosti.

V případě, že to velikost výběru umožňuje (např. $p \geq 12$), může být provedeno srovnání výsledků získaných Hornovou metodou s výsledky jiných robustních metod. Takové srovnání může sloužit jako validace zvoleného přístupu a jako indikátor stability odhadovaných parametrů. V případě podstatného rozdílu mezi metodami je vhodné provést dodatečnou analýzu, včetně vizuální kontroly rozložení dat a případného vlivu odlehlých hodnot.

b) Certifikovaný referenční materiál

Pokud je položkou zkoušky způsobilosti certifikovaný referenční materiál (CRM), jeho certifikovaná hodnota vlastnosti x_{CRM} může být použita jako vztažná hodnota x_{pt} v souladu s 7.4.1 ČSN 13528:2023.

Omezení pro tento přístup jsou následující:

- může být nákladné poskytovat každému účastníku jednu jednotku certifikovaného referenčního materiálu;
- certifikované referenční materiály se často zpracovávají náročným způsobem, aby se zajistila jejich dlouhodobá stabilita, což může ohrožovat zaměnitelnost položek zkoušky způsobilosti;
- CRM může být účastníkům známý, pak je důležité utajovat identitu položky zkoušky způsobilosti.

Standardní nejistota vztažné hodnoty se odvodí z informace o nejistotě hodnoty vlastnosti uváděné na certifikátu. Informace na certifikátu má zahrnovat položky pro výpočet:

$$- u(x_{pt}) = \sqrt{u_{char}^2 + u_{hom}^2 + u_{trans}^2 + u_{stab}^2} \quad (12)$$

- kde: $u(x_{pt})$ označuje standardní nejistotu vztažné hodnoty;
- u_{char}^2 označuje standardní nejistotu náležící charakterizaci;
- u_{hom}^2 označuje standardní nejistotu náležící rozdílu mezi položkami zkoušky způsobilosti;
- u_{trans}^2 označuje standardní nejistotu náležící nestabilitě za podmínek přepravy;
- u_{stab}^2 označuje standardní nejistotu náležící nestabilitě během doby trvání PZZ.

V procesu zpracování dat se posuzuje shoda střední hodnoty naměřených výsledků s referenční vztažnou hodnotou x_{pt} . Pokud se jejich rozdíl neliší více než trojnásobek směrodatné odchylky reprodukovatelnosti naměřených výsledků, považuje se za vztažnou hodnotu hodnota certifikovaná hodnota vlastnosti x_{CRM} . V opačném případě není možné certifikovanou hodnotu použít.

4. Stanovení kritérií pro vyhodnocení výkonnosti

Základní univerzální přístup představuje porovnání výsledku položky zkoušky způsobilosti x_i se vztažnou hodnotou x_{pt} . Při vyhodnocení se rozdíl porovnává s povolenou chybou měření.

Toto porovnání se obvykle provádí pomocí standardizované výkonnostní statistiky (oddíly 9.4 až 9.7. ČSN 13528:2023).

Pro interpretaci a porovnání je vhodné uvedené výsledky účastníků PZZ převést na výkonnostní charakteristiky. Pokud kritérium pro hodnocení výkonnosti vychází z konsenzuální statistiky daného cyklu nebo předchozích cyklů programu zkoušení způsobilosti, je pak preferovanou statistikou robustní odhad směrodatné odchylky. Jestliže se použije tento přístup, bude použito výkonnostní Z -skóre a pro směrodatnou odchylku posuzování způsobilosti (s_{pt}) zvolen vypočítaný odhad směrodatné odchylky čl. 8.1.3 ČSN 13528:2023.

V případech, kdy je vztažná hodnota stanovena pomocí certifikovaného referenčního materiálu (CRM), vychází se při výpočtu výkonnostního skóre z certifikované hodnoty a směrodatné odchylky pro posuzování způsobilosti s_{pt} stanovené managementem ALME. Při stanovení směrodatné odchylky mají členové SPZZ údaje z databáze předchozích programů PZZ, které jsou archivovány. Mohou je porovnat s aktuální směrodatnou odchylkou reprodukovatelnosti naměřených dat. Není-li k dispozici příslušná časová řada nejistot, pak se toleranční meze odhadnou jako střední hodnota nejistot aktuálně naměřených hodnot, např. pomocí robustního algoritmu S (C.4 ČSN 13528:2023). Tento odhad tolerance může být korigován na základě zkušeností. Poslední možností je odhad tolerance z nezávisle naměřených výsledků expertních účastníků v předběžném programu PZZ. Pro hodnocení bude použito výkonnostní Z -skóre.

Z -skóre bude vypočítáno tak, že se vyčíslí rozdíl mezi výsledkem účastníka a konsenzuální vztažnou hodnotou vůči určenému výkonnostnímu kritériu, tj. směrodatné odchylce pro posuzování způsobilosti σ_{pt} .

$$Z_i = \frac{x_i - x_{pt}}{\sigma_{pt}} \quad (13)$$

Pokud je standardní nejistota vztažné hodnoty $u(x_{pt})$ v porovnání s kritériem hodnocení výkonnosti velká a nesplní:

$$u(x_{pt}) < 0.3\sigma_{pt} \quad (14)$$

bude v souladu s čl. 9.2.2 ČSN 13528:2023 zvoleno pro interpretaci výsledků přísnější

Z'-skóre, jehož interpretace zůstává pro účastníky PZZ shodná.

$$Z'_i = \frac{x_i - x_{pt}}{\sqrt{\sigma_{pt}^2 + u^2(x_{pt})}} \quad (15)$$

Konvenční interpretace hodnoty $Z(Z')$ -skóre (ČSN 13528:2023, odstavec 9.4.2) - výsledek $|z| \leq 2,0$ je považován za přijatelný.

Toleranční meze vymezují rozsah hodnot výsledků, pro který bude vydáno účastníku PZZ osvědčení. Vztažné hodnoty a toleranční meze schválené členy SPZZ jsou po ukončení PZZ zveřejněny na webových stránkách OPZZ (www.alme.cz).

5. Výstupy statistického zpracování dat

Výsledky statistického zpracování výsledků PZZ jsou předány koordinátorovi ALME ve formě:

1. Souhrnné zprávy „Zpráva statistika ALME 20xx.docx“.
2. Vypočtených výsledků „20xx ALME Statistik vysledky.xlsx“

Souhrnná zpráva

Souhrnná zpráva bude obsahovat textovou část se slovním vyhodnocením průběhu statistického zpracování dat. Postup zpracování a výsledky přezkoumání statistického rozložení datových sad, jejich normality a vychýlení. Bude zhodnocena variabilita měření v jednotlivých programech, která reflektuje přesnost měření daného analytu laboratořemi a náročnost měřících metod. Bude zhodnocen a okomentován postup stanovení vztažných hodnot s ohledem na zvolený způsob, použitý analyt a počet účastníků programu.

V textové části zprávy bude dále zhodnoceno porovnání s výsledky z minulých ročníků. V tabulkové části budou přehledně uvedeny vztažné hodnoty, robustní směrodatné odchylky a celkový počet laboratoří v jednotlivých programech. Dále bude uvedena jednoduchá statistika úspěšných a neúspěšných laboratoří.

Pro jednotlivé programy budou vždy uvedeny měřené parametry a jednotky.

Grafická/tabulková část výstupní zprávy statistika bude obsahovat:

- Získané výsledky jednotlivých programů ve formě přehledové tabulky a grafů naměřených výsledků (spolu s přijatými ref. hodnotami),
- grafy dosažených Z-skore (případně Z'-skore) s čísly laboratoří a přijatými ref. hodnotami,
- případně grafické znázornění relativních chyb laboratoří.
- u programů tuhých znečišťujících látek a vodní páry Z-skore (případně Z'-skore) ve formě sloupcových grafů pro jednotlivá měření každé laboratoře.

Vypočtené výsledky

Vypočtené výsledky budou předány ve formě XLSX souboru s výsledky rozdělenými podle programů PZZ. U každého programu budou uvedeny souhrnné statistické údaje a dále:

- číslo skupiny,
- dosažené Z(Z')-skóre,
- relativní chyba laboratoře,
- hodnoty prvního (případně druhého) měření,
- průměr (počítán na dvě desetinná místa,
- referenční hodnoty u programů TZL a vodní pára

6. Odkazy na uvedenou literaturu

- [1] ČSN EN ISO/IEC 17043 (01 5264) Posuzování shody - Obecné požadavky na kompetenci poskytovatelů zkoušení způsobilosti, Prosinec 2023
- [2] ČSN ISO 13528 (01 0248) Statistické metody používané při zkoušení způsobilosti mezilaboratorním porovnáváním, Prosinec 2023
- [3] ČSN ISO 5725-2 (01 0251) Přesnost (správnost a shodnost) metod a výsledků měření. Část 2: Základní metoda pro stanovení opakovatelnosti a reprodukovatelnosti normalizované metody měření, Únor 2022
- [4] Huber, P. J. Robust Statistics. New York: John Wiley & Sons, 1981. ISBN 978-0-471-41805-2.
- [5] Dušek, D., Meloun, M., & Novák, J. (2009). Interaktivní statistická analýza v oboru pěstování lesa – I. Vyhodnocení jednorozměrných dat. Zprávy lesnického výzkumu, 54(2), 145–153.

7. Použité zkratky

ALME	Asociace autorizovaných laboratoří pro měření emisí
MK	manažer kvality
PZZ	program zkoušení způsobilosti
RM	referenční materiál
SPZZ	Sekce poskytovatelů zkoušení způsobilosti
SZ	statutární zástupce
ZZ	zkoušení způsobilosti

8. Záznam revizí a změn dokumentu

Datum	Č. revize	Popis změny	Provedl	Schválil
9.5.2025	1	Celková aktualizace dokumentu	M. Dobrovolný	M. Rejl
19.1.2025	2	Celková aktualizace dokumentu	M. Dobrovolný	M. Rejl