

WELMEC 2.8

2. vydání

květen 2012

WELMEC

Evropská spolupráce v oblasti legální metrologie

Příručka pro převod výsledků zkoušek NAWI (indikátor) pro účely AWI



WELMEC

Evropská spolupráce v oblasti legální metrologie

WELMEC je spolupráce mezi službami legální metrologie v členských státech Evropské unie a EFTA.

Tento dokument je jednou z řady příruček zveřejněných organizací WELMEC jako návod pro výrobce přístrojů na měření a pro informované orgány zodpovědné za hodnocení souladu výrobků.

Tyto příručky jsou pouze informativní a neuvádí žádná omezení nebo dodatečné technické požadavky nad rámec těch, které jsou obsaženy v příslušných směrnicih ES.

Alternativní přístupy mohou být přijatelné, ale informace uvedené v tomto dokumentu představují uznávaný názor organizace WELMEC s ohledem na osvědčené metody, které se doporučují dodržovat.

Vydal:
Sekretariát WELMEC

E-mail: secretary@welmec.org
Webové stránky: www.welmec.org

Předmluva

Cílem této směrnice je poskytovat základní informace pro jednoduché používání výsledků zkoušek prováděných na NAWI na základě EN 45501 a OIML R76/2006 za účelem vydání certifikátů přezkoušení typu a přezkoušení designu v souladu s MID pro nástroje, na něž se vztahují následující doporučení OIML:

R51
R61
R107

Hlavním požadavkem je, aby AWI, který má být schválen na základě výsledků těchto zkoušek, nepracoval dynamicky (náplň v relativním pohybu k receptoru náplně při vážení), to znamená, že tato příručka nepokrývá např. kontrolní váhy vybavené přepravními pásy, které se pro účely vážení nezastavují. Avšak pro přístroje, které plní materiál např. do vázící násypky, se tato příručka vztahuje, ačkoli materiál při vážení nemusí být zcela v klidu.

Další podmínkou je to, aby snímače zatížení určené k použití byly vyzkoušeny na základě OIML R60 nebo OIML R76, přísluší-li.

Uživatelé navíc zváží, zda MD může vyžadovat dodatečné zkoušky a různé úrovně zkoušky. Místo nabízení podrobného plánu výpočtu příručka ukazuje princip, a je-li to užitečné, rovněž příklady pro vysvětlení nezbytných výpočtů např. pro gravimetrické plnicí váhy).

Citované požadavky jsou převzaty z následujících doporučení OIML:

- R51/2006
- R61/2004
- R76/2006
- R107/2007

Příručka je rozdělena do tří kapitol:

- I. Kontrolní váhy s automatickou činností
- II. Diskontinuální součtové váhy
- III. Gravimetrické plnicí váhy s automatickou činností

Obsah

Obečné informace	5
I Kontrolní váhy s automatickou činností (OIML R51, MID MI-006 kapitola II).....	5
II Diskontinuální součtové váhy.....	6
III Gravimetrické plnicí váhy s automatickou činností.....	6

Obecné informace

Při převádění výsledků zkoušek z R76 na R51/ R61/ R107 obvykle platí:

- Byl otestován modul zahrnující konvertor A/D (ukazatel jednotky zpracovávající analogová data), k němuž nebyl přiřazen ani interval stupnice ověření "e" ani interval stupnice "d" v jednotkách hmotnosti, ale pouze napětí minimálního signálu v mikrovoltech za "e" nebo "d" a maximální počet intervalů stupnice.
- Výrobce hodlá vytvořit širokou škálu typů nástrojů s různým maximálním zatížením (Max), minimálním zatížením (Min) a intervaly (ověřovací) stupnice (e, d).

I Kontrolní váhy s automatickou činností (OIML R51, MID MI-006 kapitola II)

- I.A.** Kontrolní váhy s automatickou činností je téměř možno považovat za automatické NAWI. Obdobný chybový režim se vztahuje na kontrolní váhy třídy přesnosti Y (viz R51-1, č. 2.5.1.2), ale poskytují větší interval chyby s ohledem na přesnost nastavení nuly a účinky automatického (dynamického) provozu.

Chyba nulového nastavení hraje důležitou roli zejména u těch přístrojů, u nichž se nastavení nuly neprovádí před každým vážením. Chyba nulového nastavení se přičítá přímo k chybě vážení. Proto je nutno vzít do úvahy následující chyby nulového nastavení:

- a) Chyba nulového nastavení v důsledku efektu rozehrátí: Chybu nulového nastavení je nutno kontrolovat v průběhu zkoušky doby rozehrávání v souladu s EN 45501 / R76, jinak se tato zkouška musí opakovat pro nulu.
- b) Chyba nulového nastavení v důsledku kolísání teploty: Je nutno zohlednit výsledky zkoušky „Účinek teploty na indikaci bez náplně“ (R76, A.5.3.2). Protože OIML R51 (A.3.5), R61 (A.3.3), R76 (A.4.1.2), R107 (A.3.3) a IEC 60068 předpokládají změnu teploty maximálně 5 K/h a R76 vyžaduje kontrolu kolísání teploty pro 5 K, chybu nulového nastavení v důsledku změny teploty je možno vypočítat pro konkrétní časové období. Naopak nejdelší časový interval mezi nastavením nuly je možno vypočítat na základě maximální přípustné chyby nulového nastavení a naměřeného kolísání teplotního rozdílu pro 5 K (teplotní rozdíly nejsou vyjádřeny ve °C, ale v K (Kelvinech), toto však výpočet neovlivní).

I.B. Příklady výpočtů pro zohlednění chyby nulového nastavení

- a) Předpoklad: Kolísání nuly v době zahřívání 0,5 h: $\Delta z = 1 e$, lineární posun v průběhu času
Předpokládá se, že po 15 minutách kolísání dosáhne limitu 0.5 e pro přípustnou nepřesnost nuly. Proto po 15 minutách musí být přístroj znovu nastaven na nulu.
Pokud kolísání nuly nebylo pozorováno, protože NAWI byl nastaven na nulu pokaždé před aplikací náplně, zkouška by se měla zopakovat při dodržení nuly, ale aplikaci zatížení (nula a max.) častěji, než předepisuje protokol R76.
Důvodem je, že tendence ke kolísání se může měnit a při delších intervalech mezi zjištěním nuly by mohlo dojít k přehlednutí absolutního posunu. Proto by nula měla být zjišťována minimálně např. každou minutu.
- b) Předpoklad: Kolísání nuly v důsledku kolísání teploty: 0,25 e / 5 K
Pokud kolísání teploty nepřekročí 5 K za hodinu, maximální kolísání nuly (tj. chyba nulového nastavení) pro 0,5 e je dosaženo po:

0,25 e / 5 K při 5 K / h vede k 0,5 e / 2 h, tj. přístroj musí být resetován na nulu nejpozději po 2 h.

II Diskontinuální součtové váhy

II.A U diskontinuálních součtových vah pracujících na principu provádění vážení posun nuly z důvodu zahřátí nebo z důvodu kolísání teploty neovlivňuje výsledek vážení, protože přístroj je tárován před každým vážením.

U přístrojů, které neprovádějí tárování po každém provedení vážení, je maximální chyba nastavení nuly $1 d_t$ (přístroj se zařízením na *automatické* nastavení nuly) nebo $0.5 d_t$ (přístroj bez zařízením na *automatické* nebo se zařízením na *poloautomatické* nastavení nuly). Chyba nastavení nuly se připočítává přímo k chybě vážení. Proto je nutno zvážit následující chyby nastavení nuly:

- Chyba nastavení nuly v důsledku účinku zahřátí: Chybu nastavení nuly je nutno kontrolovat v průběhu doby zahřívání, jinak tuto zkoušku bude nutno opakovat pro nulu.
- Chyba nastavení nuly v důsledku kolísání teploty: Je nutno brát do úvahy výsledky zkoušky „Účinek teploty na indikaci bez náplně“ (R76, A.5.3.2). Protože OIML / IEC předpokládá změnu teploty maximálně 5 K/h a R76 vyžaduje kontrolu posunu nuly na 5 K, chybu posunu nuly z důvodu změny teploty je možno vypočítat pro určité časové období. Naopak nejdelší časový interval mezi nastavením nuly může být vypočten na základě maximální přípustné chyby nastavení nuly a naměřeného posunu při změně teploty 5 K.

II.B. Příklady výpočtu pro zvážení chyby nastavení nuly

- Předpoklady: Kolísání nuly při době zahřívání 0,5 h: $\Delta z = 1 e$, lineární posun v průběhu času, zařízení automatického nastavení nuly funguje. Předpokládá se, že po 30 minutách posun dosáhne limitu 1 e pro povolenou nepřesnost nastavení nuly. Proto nejpozději po 30 minutách je nutno znovu nastavit nulu na přístroji. Pokud posun nuly nebyl pozorován, protože NAWI byl nastaven na nulu pokaždé před aplikací náplně, potom by zkouška měla být opakována při zohlednění nuly, ale s odečtem hmotnosti (nulové a max.) častěji než to předepisuje protokol R76. Důvodem je to, že tendence k posunu se může měnit a po delší době mezi odečty nuly je možno přehlédnout maximální absolutní posun. Proto by měla být odečítána alespoň nula, např. každou minutu.
- Předpoklady: Posun nuly z důvodu kolísání teploty: $0,25 e / 5 K$, zařízení na automatické nastavení nuly funguje. Pokud posun teploty nepřekročil 5 K za hodinu, maximální posun nuly (tj. chyba nastavení nuly) 1 e bude dosažena pro:

$0,25 e / 5 K$ při $5 K / h$ vede k $1 e / 4 h$, tj. přístroj je nutno nastavit na nulu nejpozději po 4 h.

II.C Speciální otázky, které je nutno zvážit

Podle starého protokolu OIML R107 (1997) musí být dosažený součet zkontrolován rovněž za působení narušení. Tento požadavek byl ve vydání OIML R107-1 z roku 2007 vypuštěn. Přechodové narušení však může mít dopad na celkový úhrn, pokud sčítáč nevyužívá stabilitu kritéria rovnováhy sčítáče. Potom je tento indikátor nutno dodržovat pro přechodové změny při narušení.

III Gravimetrické plnicí váhy s automatickou činností

III.A Zkoušky významnosti pro převod

Základní podmínky:

- Byl otestován modul zahrnující konvertor A/D (ukazatel jednotky zpracovávající

WELMEC 2.8, 2. vydání: Příručka pro převod výsledků zkoušek NAWI (indikátor) pro AWI analogová data), k němuž nebyl přiřazen ani interval stupnice ověření "e" ani interval stupnice "d" v jednotkách hmotnosti, ale pouze napětí minimálního signálu v mikrovoltech za "e" nebo "d" a maximální počet intervalů stupnice.

- Výrobce chce vytvořit širokou škálu typů přístrojů s různou maximální zátěží (Max), minimální zátěží (Min), intervalem stupnic (d) a rovněž různou minimální náplní.
- Min. náplň není známa.

Ovlivňující faktory a narušení s dopadem na výsledek plnění:

1. Změna rozpětí

Zkoušky, které je třeba zvážit: teplota a vlhké teplo

2. Změna nulového nastavení

Zkoušky, které je třeba zvážit: přesnost nastavení nuly / táry, teplota (kolísání nuly), zahřátí (kolísání nuly)

3. Chyby v důsledku narušení

Zkoušky, které je třeba zvážit: krátkodobé snížení elektřiny, zvýšení proudu, nárazy proudu, elektrostatické výboje, vyzařované elektromagnetické pole, pole prováděné radiové frekvence

Poznámka:

Přechodové chyby mohou být pro plnicí stroje velmi závažné, avšak při zkouškách podle R76 nejsou brány do úvahy, protože jsou považovány za zcela zjevné pro uživatele. Avšak u plnicích strojů je to jiné, protože přístroj by mohl brát do úvahy nastavenou hodnotu, která má být dosažena, z důvodu dočasného narušení zvyšujícího indikaci hmotnosti, a proto by mohl otevřít klapky vážící násypky. Mohlo by to vést k nesprávnému plnění. Výsledky zkoušek narušení podle R76 proto nemohou být obecně upravovány pro R61, pokud zpráva R76 nebrala do úvahy přechodové chyby.

III.B Převod příslušných výsledků zkoušek

Limity chyby podle R76 jsou založeny pouze na maximálním počtu intervalů stupnic, bez ohledu na hodnotu hmotnosti intervalu stupnice, protože se jedná o dané zlomky intervalu stupnice. U R61 tomu tak není, kde se zavádí zcela jiný chybový režim založený na konkrétních hodnotách hmotnosti náplně. Proto konkrétní hodnotě d v gramech je nutno přiřadit minimální počet mikrovoltů na e / d nebo odpovídající počet číslic. Hodnota d musí být uvedena v certifikátu schválení typu, protože na této hodnotě závisí dosažitelná minimální náplň. Čím menší je d, tím menší bude přípustná min. náplň. Hodnota d závisí na minimálním počtu mikrovoltů na d (e), pro něž je ukazatel specifikován, protože se jedná o siloměr, pro něž je podstatná hodnota Max, pokud jeho výstupní signál je dostatečně vysoký, aby splnil požadavek, že nesmí klesnout pod minimální napětí na d.

Náplň obecně ovlivňuje rozpětí a nastavení nuly přístroje. Druhý faktor je obzvláště významný pro gravimetrické plnicí přístroje, protože nastavení nuly zpravidla není součástí každého cyklu vážení. Plnění tudíž může přímo ovlivnit jakýmkoliv kolísání nuly. Tento účinek může být významnější než účinek rozpětí. Toto je dobře vidět na srovnání limitů chyby R76 a limitů chyby R61. Protože druhé uvedené limity jsou v podstatě procentní limity chyby, absolutní maximální přípustná chyba (mpe) plnění vyšší než 200 d podle R61 (chyba nastavení 0,25 mpd_{v provozu}) je mnohem vyšší než mpe podle R76, v závislosti na plnění. Čím vyšší je náplň ve vztahu k d, tím méně kritický je limit chyby R61 ve srovnání s R76 (viz obr. 1).

Poznámky:

U všech následujících vzorových výpočtů byly použity procentní hodnoty místo absolutních hodnot v tabulce 1 dokumentu OIML R61. Důvod je nejlépe možno vysvětlit uvedením následujícího příkladu: Náplň bude např. 75 g. Maximální přípustná odchylka pro tuto náplň je 4,5 g. Toto je maximální chyba rovněž pro nejvyšší náplň v tomto rozmezí (100 g) a bude se jednat o nejmenší relativní (neboli procentní) přípustnou odchylku všech náplní v rozmezí od >50 g do ≤100 g. Tato relativní hodnota $mpd_{v \text{ provozu}}$ tudíž představuje nejhorší případ a bude zaručovat, že u všech plnění menších než 100 g v tomto rozpětí nebude $mpd_{v \text{ provozu}}$ nikdy překročena.

Všechna čísla odstavců, která se objevují ve výpočtech, jsou převzata z R61/2004, pokud není uvedeno jinak.

III.B.1. Změna měřicího rozpětí

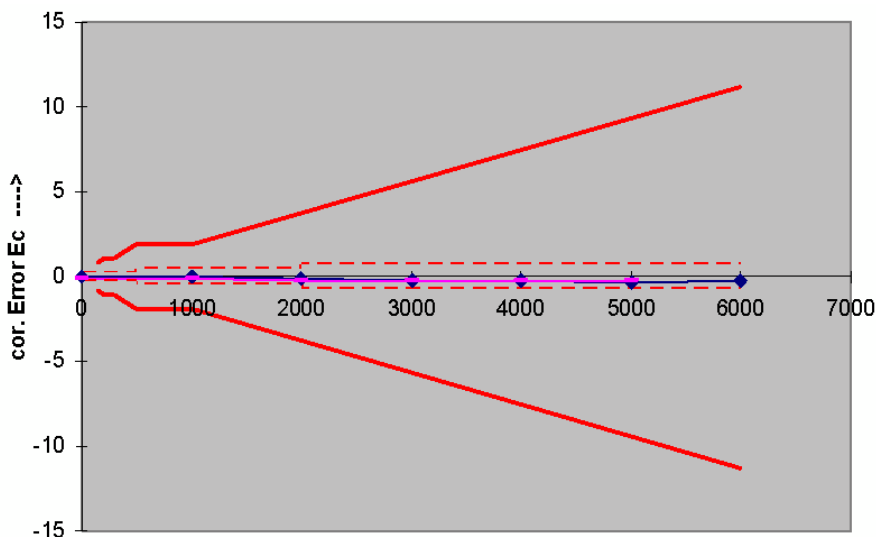
Limity chyby R76 (výkon vážení) ve srovnání s limity chyby R61 u zkoušky faktoru ovlivnění:

R61, 2.5 uvádí: $mpd_{\text{faktory ovlivnění}} = 0,25 \cdot mpd_{v \text{ provozu}}$
Je nutno zvážit zkoušku indikátoru (modulu) p_i : např. $p_i = 0,5$
Dále je nutno zvážit třídu přesnosti reference $Ref(x)$.

Níže uvedený diagram (všechny hodnoty jsou v gramech) představuje následující příklad:

Na základě $d = 1 \text{ g}$ a $p_i = 0,5$ a limity chyby $Ref(1)$ podle R61 (plná čára) a podle R76 (přerušovaná čára):

Obrázek 1: Limity chyby R61 (plná čára) ve srovnání s limity chyby R76 (přerušovaná čára)



Příklad náplně: 2000 g

Limit chyby podle R61:

$$mpd = Fill \cdot mpd_{v \text{ provozu}} \cdot 0,25 \text{ (č. 2.5 z R61)} \cdot Ref(x) \cdot p_i$$

$$mpd = 2000 \text{ g} \cdot 1,5 \% \cdot 0,25 \cdot 1 \cdot 0,5$$

$$mpd = 3,75 \text{ g}$$

Limit chyby podle R76 při náplni odpovídající 2000 e:

$$mpe = 1 \text{ e} \cdot p_i = 1 \text{ e} \cdot 0,5 = 0,5 \text{ g}$$

Z grafu je patrné, že čím vyšší náplň, tím vyšší je rozdíl mezi limitem chyby R76 a limitem chyby R61. Proto je dostačující zvažovat pouze malé náplně nebo přesněji minimální náplň (min. náplň). U gravimetrických plnicích vah s automatickou činností je chyba nastavení nuly s ohledem na min. náplň kritičtější, a tudíž první min. náplň by měla být vypočtena na základě následujícího, než bude provedena kontrola např. toho, zda působí posun rozpětí v důsledku teploty.

III.B.2. Změna nastavení nuly

Změnu nastavení nuly je důležité zvažovat pro každý přístroj, který není automaticky nastavován na nulu před každým vážením, protože chyba nastavení nuly se přidává přímo k výsledku vážení.

Účinky, které brání tomu, aby nula byla přesná:

A) Nedostatečná přesnost nastavení nuly / táry

$$\begin{aligned} \text{z 3.8:} \quad \text{mpd}(\text{nula}) &\leq 0,25 \cdot \text{mpd}(X)_{\text{v provozu}} \cdot \text{Min}(\text{náplň}) & (3.8.2) \\ \Leftrightarrow \quad \text{Min}(\text{náplň}) &\geq \text{mpd}(\text{nula}) / 0,25 \cdot \text{mpd}(X)_{\text{v provozu}} \end{aligned}$$

Požadovaná přesnost elektronických přístrojů na vážení podle R76 je omezena na 0,25 e (nebo d). To nám dává absolutně nejmenší možnou min. náplň, protože nastavení nuly/táry se za všech podmínek přidává k chybě náplně.

Příklad:

Přístroj na vážení bez automatické činnosti s $e = 1$ g, nastavení na nulu je 0,25 g. Referenční třída přesnosti je $\text{Ref}(x) = 1$. Tudíž absolutně nejmenší min. náplň je:

$$\text{min. náplň} \geq 0,25 \text{ g} / (0,25 \cdot \text{mpd}(X)_{\text{v provozu}})$$

Problém je, že $\text{mpd}(X)_{\text{v provozu}}$ není známo, protože závisí na (Min) náplni. Jako první krok bude tudíž učiněn odhad náplně a bude potřeba následná iterace. Pokud začneme iteraci za předpokladu, že min. náplň je menší než 50 g, potom

$$\text{mpd}(X)_{\text{v provozu}} = 9 \% \text{ (2.2.2, Table 1)}$$

První krok iterace:

$$\text{min. náplň} \geq 0,25 \text{ g} / (0,25 \cdot 9 \%)$$

$$\text{min. náplň} \geq 11,1 \text{ g a zaokrouhleno na d}$$

$$\text{min. náplň} \geq 11 \text{ g}$$

Min. náplň tohoto přístroje (při $d = 1$ g) nikdy nemůže být menší než 11 g u referenční třídy $\text{Ref}(X) = 1$.

Podle stejného postupu je nutno postupovat při výpočtu všech ostatním přípustných minimálních náplní závisících na dalších hodnotách intervalu stupnice d a dalších referenčních tříd $\text{Ref}(X)$.

B) Teplotní účinek indikace bez náplně

$$\begin{aligned} \text{z A.6.2.2:} \quad \Delta Z_{\text{max}} &\leq 0,25 \cdot \text{mpd}_{\text{v provozu}} \cdot \text{min. náplň} \cdot p_i \cdot \text{Ref}(X) \\ \Leftrightarrow \quad \text{min. náplň} &\geq \Delta Z_{\text{max}} / (0,25 \cdot \text{mpd}_{\text{v provozu}} \cdot p_i \cdot \text{Ref}(X)) \\ \text{mpd}_{\text{v provozu}} &\rightarrow \text{z tabulky 1 (2.2.2)} \end{aligned}$$

0,25 → z 2.5

Maximální posun nuly závisující na kolísání teploty podle R76 je 1 e na 5 K (°C). Předpokládá se, že maximální posun teploty není vyšší než 5 K / h (tento údaj je převzat z A.3.3 protokolu R61, viz rovněž R76, A.4.1.2). Maximální předpokládaný časový interval mezi dvěma nastaveními nuly, který si výrobce zvolí, je 2 hodiny. Maximální posun nuly, který je tudíž nutno brát do úvahy, je teoretický posun v rámci dvou hodin, tj. dvojnásobek maximální hodnoty převzaté z protokolu R76-2.

Maximální posun nuly bude převzat z formuláře protokolu R76-2, poté je možno iterací vypočítat min. náplň.

Příklad: $e = d = 1 \text{ g}$, $\text{Ref}(X) = 1$, $p_i = 0,5$, kolísání nuly 1 e / 5 K, $\text{mpd}_{v, \text{provozu}} = 9 \%$ (předpoklad, že min. náplň $\leq 50 \text{ g}$)

$$\begin{aligned} \text{z A.6.2.2: } \quad \Delta z_{\max} &\leq 0,25 \cdot \text{mpd}_{v, \text{provozu}} \cdot \text{min. náplň} \cdot p_i \cdot \text{Ref}(X) \\ \Leftrightarrow \text{min. náplň} &\geq \Delta z_{\max} / (0,25 \cdot \text{mpd}_{v, \text{provozu}} \cdot p_i \cdot \text{Ref}(X)) \end{aligned}$$

Předpoklad, že nástroj není nastaven na nulu před uplynutím 2 h:

$$\begin{aligned} \text{min. náplň} &\geq (2 \text{ h} \cdot 1 \text{ e} / \text{h}) / (0,25 \cdot 9 \% \cdot 0,5 \cdot 1) \\ \Leftrightarrow \text{min. náplň} &\geq (2 \text{ h} \cdot 1 \text{ g} / \text{h}) / (0,25 \cdot 9 \% \cdot 0,5 \cdot 1) \\ \Leftrightarrow \text{min. náplň} &\geq 2 \text{ g} / (0,25 \cdot 9 \% \cdot 0,5 \cdot 1) \\ \Leftrightarrow \text{min. náplň} &\geq 177,78 \text{ g} > 50 \text{ g} \text{ (předpoklad s ohledem na min.} \\ &\text{náplň byl nesprávný)} \end{aligned}$$

Další krok iterace: min. náplň $\leq 200 \text{ g}$ a $\text{mpd}_{v, \text{provozu}} = 4.5 \%$ (evidentně dostáváme dvojnásobek dříve vypočtené hodnoty)

$$\begin{aligned} \text{min. náplň} &\geq 2 \text{ g} / (0,25 \cdot 4,5 \% \cdot 0,5 \cdot 1) \\ \Leftrightarrow \text{min. náplň} &\geq 355,56 \text{ g} > 200 \text{ g} \text{ (předpoklad s ohledem na min.} \\ &\text{náplň byl nesprávný)} \end{aligned}$$

Další krok iterace: min. náplň $\leq 500 \text{ g}$ a $\text{mpd}_{v, \text{provozu}} = 3 \%$

$$\begin{aligned} \text{min. náplň} &\geq 2 \text{ g} / (0,25 \cdot 3 \% \cdot 0,5 \cdot 1) \\ \Leftrightarrow \text{min. náplň} &\geq 533,33 \text{ g} > 500 \text{ g} \text{ (předpoklad s ohledem na min.} \\ &\text{náplň byl nesprávný)} \end{aligned}$$

Další krok iterace: min. náplň $\leq 1000 \text{ g}$ a $\text{mpd}_{v, \text{provozu}} = 1,5 \%$, což odpovídá 1,5 % (evidentně dostáváme dvojnásobek dříve vypočtené hodnoty)

$$\begin{aligned} \text{min. náplň} &\geq 2 \text{ g} / (0,25 \cdot 1,5 \% \cdot 0,5 \cdot 1) \\ \Leftrightarrow \text{min. náplň} &\geq 1066,67 \text{ g} \text{ (více než } 1000 \text{ g, avšak u náplní v rozmezí} \\ &\text{od } 1000 \text{ g a } 10\,000 \text{ g je přípustná odchylka } 1,5 \%, \text{ tudíž } 1067 \text{ g je} \\ &\text{konečná přípustná min. náplň)} \end{aligned}$$

Kratší intervaly nastavení nuly:

V řadě případů nemusí být dvouhodinový interval nastavení nuly odpovídající, zejména pokud se plní tuhnutí nebo adhezivní materiál. Některé příslušné orgány vyžadují dokonce interval maximálně 15 minut. Následující příklad ukazuje, co se stane s min. náplní, když maximální časový interval mezi dvěma nastaveními nuly bude snížen například na 15 minut nebo respektive 0,25 hodin.

Maximální posun nuly na 5 K a tudíž na 1 h se předpokládá 1 e (e = 1 g). Tudíž za čtvrt hodiny to nemůže být více než 0,25 e. Min. náplň by tedy byla:

$$\begin{aligned} \text{min. náplň} &\geq \Delta z_{\max} / (0,25 \cdot \text{mpd}_{\text{v provozu}} \cdot p_i \cdot \text{Ref}(X)) \\ \text{Ref}(X) \text{ min. náplň} &\geq 1 \text{ g} \cdot 0,25 / (0,25 \cdot 9 \% \cdot 0,5 \cdot 1) \\ \Leftrightarrow \text{min. náplň} &\geq 0,25 \text{ g} / (0,25 \cdot 9 \% \cdot 0,5 \cdot 1) \\ \Leftrightarrow \text{min. náplň} &\geq 22,2 \text{ g} \end{aligned}$$

C) Doba zahřátí

$$\text{z A.5.2: } E_0 - E_{0 \text{ init}} \leq 0,25 \cdot \text{mpd}_{\text{v provozu}} \cdot \text{min. náplň} \cdot p_i \cdot \text{Ref}(X)$$

$$\Leftrightarrow \text{min. náplň} \geq (E_0 - E_{0 \text{ init}}) / (0,25 \cdot \text{mpd}_{\text{v provozu}} \cdot p_i \cdot \text{Ref}(X))$$

$$\text{mpd}_{\text{v provozu}} \rightarrow \text{z tabulky 1 (2.2.2)}$$

$$0,25 \rightarrow \text{z 2.5}$$

$$\text{Ref}(X) \rightarrow \text{je nutno vybrat (může být uveden od výrobce)}$$

Poznámka: Pokud $(E_0 - E_{0 \text{ init}}) < 0$ potom je nutno použít absolutní hodnotu $(E_0 - E_{0 \text{ init}})$.

Z formuláře protokolu R76-2 je nutno převzít maximální kolísání nuly v důsledku zahřátí a poté je možno iterací vypočítat min. náplň.

Příklad: e = d = 1 g, Ref(X) = 1, p_i = 0,5, nulový posun v důsledku zahřátí 3 e, mpd_{v provozu} = 9 % (předpoklad, že min. náplň ≤ 50 g)

$$\text{min. náplň} \geq (E_0 - E_{0 \text{ init}}) / (0,25 \cdot \text{mpd}_{\text{v provozu}} \cdot p_i \cdot \text{Ref}(X))$$

$$\Leftrightarrow \text{min. náplň} \geq 3 \text{ g} / (0,25 \cdot 9 \% \cdot 0,5 \cdot 1)$$

$$\Leftrightarrow \text{min. náplň} \geq 266,6 \text{ g} > 200 \text{ g},$$

Předpoklad min. náplň v rozmezí od >200 g do ≤ 300 g.

$$\text{mpd}_{\text{v provozu}} = 9 \text{ g}.$$

Pro nový výpočet, který musí být uveden do vztahu s největší náplní v tomto rozpětí, tj. 300 g. Maximální procentní odchylka by tudíž byla:

$$9 \text{ g} / 300 \text{ g} = 0,03 = 3 \%. \text{ (viz poznámky v III.B)}$$

$$\text{min. náplň} \geq 3 \text{ g} / (0,25 \cdot 3 \% \cdot 0,5 \cdot 1)$$

$$\Leftrightarrow \text{min. náplň} \geq 800 \text{ g} > 500 \text{ g}, \text{ další krok iterace.}$$

Předpoklad min. náplň v rozmezí od >500 g do ≤ 1000 g.

$$\text{mpd}_{\text{v provozu}} = 15 \text{ g}.$$

Pro nový výpočet, který musí být uveden do vztahu s největší náplní v tomto rozpětí, tj. 1000 g. Maximální procentní odchylka by tudíž byla:

$$15 \text{ g} / 1000 \text{ g} = 0,015 = 1,5 \%. \text{ (viz počáteční poznámky)}$$

$$\text{min. náplň} \geq 3 \text{ g} / (0,25 \cdot 1,5 \% \cdot 0,5 \cdot 1)$$

III.B.3. Chyby způsobené rušením

Významná chyba pro všechny zkoušky narušení je 0,25 maximální přípustné odchylky (mpd) každé náplně pro ověření v provozu pro náplň rovnající se jmenovité minimální náplni (viz T.4.2.6). Maximální odchylka tudíž musí být

$$md_{\text{narušení}} \leq 0,25 \cdot mpd_{\text{v provozu}} \cdot \text{Ref}(X) \cdot \text{min. náplň}$$

$$(p_i = 1 \text{ pro zkoušky narušení; viz WELMEC příručka 2.1)}$$

$$\Leftrightarrow \text{min. náplň} \geq md_{\text{narušení}} / (0,25 \cdot mpd_{\text{v provozu}} \cdot \text{Ref}(X))$$

Významná chyba u přístrojů na vážení bez automatické činnosti je 1 e. Pokud se však zkouška provádí bez vysokého rozlišení, tento údaj by mohl být až 1,5 e.

Následující příklad je založen na předpokladu, že významná chyba je 1,5 e, zatímco $e = 1 \text{ g}$. Referenční třída přístroje bude opět $\text{Ref}(x) = 1$. Chybový zlomek p_i však nyní není 0,5, ale 1, protože sklon k narušení je vlastnost samotného ukazatele a rovněž vliv kolísání dodávky napětí (viz R76-1, C.2, tabulka 12). Očekávaná min. náplň je v rozmezí od $>50 \text{ g}$ do $\leq 100 \text{ g}$, takže $mpd_{\text{v provozu}} = 4,5 \%$.

Potom:

$$\text{min. náplň} \geq md_{\text{narušení}} / (0,25 \cdot mpd_{\text{v provozu}} \cdot \text{Ref}(X))$$

$$\Leftrightarrow \text{min. náplň} \geq 1,5 \text{ g} / (0,25 \cdot 4,5 \% \cdot 1)$$

$$\Leftrightarrow \text{min. náplň} \geq 133,3 \text{ g}$$

Protože $mpd_{\text{v provozu}}$ u náplně 133,3 g je rovněž 4,5 %, žádné další výpočty nejsou nutné. Min. náplň menší nebo rovná 50 g není možná, protože maximální odchylka z důvodu narušení by byla:

$$md_{\text{narušení}} \leq 0,25 \cdot mpd_{\text{v provozu}} \cdot \text{Ref}(X) \cdot \text{min. náplň}$$

$$\Leftrightarrow md_{\text{narušení}} \leq 0,25 \cdot 9 \% \cdot 1 \cdot 50 \text{ g}$$

$$\Leftrightarrow md_{\text{narušení}} \leq 1,125 \text{ g}$$

Shrnutí výsledků a závěrů vzorové zkoušky

Min. náplň založená na výše uvedených výpočtech je:

Založená na přesnosti nastavení nuly/táry:	11 g	(zaokr. dolů)
Založená na teplotním účinku indikace bez náplně	1067 g	(zaokr. nahoru)
Založená na době zahřátí	400 g	
Založená na chybách v důsledku narušení	133 g	(zaokr. dolů)

Nejvyšší min. náplň (1067 g) je nutno zvolit jako nejhorší případ. Limit chyby R61 u této náplně je $1067 \text{ g} \cdot 1,5 \% \cdot 0,5 = 8 \text{ g}$. Když tento údaj srovnáme s limitem chyby podle R76 (při zvažení p_i), který je $0,5 \text{ g}$ ($1 \text{ g} \cdot 0,5$), je zjevné, že hlavními body jsou zpravidla nesprávné nastavení nuly a odchylka způsobená rušením. Nejprve proto musí být vypočtena odpovídající min. náplň a poté nejvyšší min. náplň musí být srovnána s limitem chyby R61 (viz obr. 1) platnými pro zkoušky teploty a zkoušky vlhkého tepla.

III.C Výpočet min. náplně pomocí výběrových kombinačních vah

Výběrové kombinační váhy musí být používány trochu jinak, protože náplň se skládá z mnoha dílčích náplní. Každá jednotka vážení, která vytváří částečnou náplň, vytváří i svou částečnou chybu v důsledku ovlivňujících faktorů a narušení. Avšak s ohledem na sčítání zlomků chyb p_i v rámci modulárního přístupu se jednotlivé chyby jednotek na vážení sčítají geometricky (viz R61-1, A.6.1.3.1). Příklady jsou založeny na stejných údajích jako u plnicích vah s jednou náplní s tou výjimkou, že $e = d$ přístroje s jednou náplní je nyní považováno za d_{WU} jednotky na vážení jednotlivé náplně.

$$d \geq d_{WU} \cdot \sqrt{i} \quad (\text{A.6.1.3.2})$$

III.C.1. Změna nuly

z 3.8.2 a A.6.1.3.2:

$$\text{mpd}(\text{nula}) \leq 0,25 \cdot (\text{mpd}(X))_{v \text{ provozu}} \cdot \text{Min}(\text{náplň}) / \sqrt{(\text{lpf})}$$

[$\sqrt{(\text{lpf})}$ je druhá odmocnina počtu náplní na plnění]

A) Nedostatečná přesnost nuly / nastavení táry

Požadovaná přesnost elektronických přístrojů na vážení podle protokolu R76 je omezena na 0,25 e (nebo d_{WU}). Tato skutečnost vede k absolutně nejmenší možné min. náplni, protože chyba nastavení nuly / táry se za všech podmínek přidává k chybě plnění.

$$\begin{aligned} 0,25 d_{WU} &\leq 0,25 \cdot (\text{mpd}(X))_{v \text{ provozu}} \cdot \text{Min}(\text{náplň}) / \sqrt{(\text{lpf})} \\ \Leftrightarrow d_{WU} &\geq \text{mpd}(X)_{v \text{ provozu}} \cdot \text{Min}(\text{náplň}) / \sqrt{(\text{lpf})} \\ \Leftrightarrow \text{Min}(\text{náplň}) &\geq d_{WU} \cdot \sqrt{(\text{lpf})} / \text{mpd}(X)_{v \text{ provozu}} \end{aligned}$$

Příklad:

Neautomatický přístroj na vážení s $d_{WU} = 1 \text{ g}$, chyba nastavení nuly 0,25 g. Třída referenční přesnosti je $\text{Ref}(x) = 1$. Průměrný počet částečných naplnění (počet náplní při plnění, "lpf") je 4. Absolutně nejmenší min. náplň je tudíž:

$$\text{min. náplň} \geq d_{WU} \cdot \sqrt{(\text{lpf})} / \text{mpd}(X)_{v \text{ provozu}}$$

Problém je, že $\text{mpd}(X)_{v \text{ provozu}}$ není známé, protože závisí na min. náplni. Proto v prvním kroku bude proveden odhad náplně a bude nutná následná iterace. Pro zahájení iterace za předpokladu, min. náplň je menší než 50 g, potom

$$\text{mpd}(X)_{v \text{ provozu}} = 9 \% \quad (\text{2.2.2, tabulka 1})$$

První krok iterace:

$$\text{min. náplň} \geq 1 \text{ g} \cdot \sqrt{(4)} / 9 \%$$

$$\text{min. náplň} \geq 22,2 \text{ g} \text{ a zaokrouhlení na } d$$

min. náplň ≥ 22 g

Min. náplň tohoto přístroje (při $d_{WU} = 1$ g a průměrném počtu 4 náplní z plnění) nikdy nemůže být nižší než 22 g u referenční třídy $\text{Ref}(X) = 1$.

Podle stejného postupu je nutno postupovat i pro výpočet všech ostatních přípustných min. náplní v závislosti na jiných hodnotách intervalu stupnice d_{WU} a dalších referenčních třídách $\text{Ref}(X)$.

Následující tabulka uvádí absolutní minimum min. náplně selektivních kombinačních vah se 4 náplněmi z plnění, ve vztahu k d_{WU} , v závislosti na normální přesnosti nastavení nuly u NAWI:

d_{WU} (g)	Minimální přípustná hodnota min. náplně (g) / $l_{pf} = 4$			
	X(0.2)	X(0.5)	X(1)	X(2)
1	333	44	22	11
2	1 334	88	44	22
5	3 335	1 335	335	110
10	6 660	2 660	1 330	330
20	13 340	5 330	2 660	1340
50	50 000	13 350	6 650	1 650
100	100 000	40 000	20 000	6 600
200	200 000	80 000	40 000	20 000
≥ 500	1000 d	500 d	200 d	100 d

Jako alternativu k výše uvedenému způsobu je všechny výpočty možno založit na d celého plnicího nástroje namísto d_{WU} jednotky vážení

$d/\sqrt{(l_{pf})}$ $l_{pf} = 4$	vypočtená d_{WU}	připustná d_{WU}	třída X(1)	
			d zaokrouhlo Min. náplň	nahoru Min. náplň
2 g/2	1 g	1 g	22 g	22 g
5 g/2	2,5 g	2 g	44 g	45 g
10 g/2	5 g	5 g	110 g	110 g
20 g/2	10 g	10 g	1 330 g	1 340 g
50 g/2	25 g	20 g	2 660 g	2 700 g
100 g/2	50 g	50 g	6 650 g	6 700 g
200 g/2	100 g	100 g	20 000 g	20 000 g
500 g/2	250 g	200 g	40 000 g	40 000 g

B) Teplotní účinek na indikaci bez náplně

z A.6.2.2 a A.6.1.3.2:

$$\Delta z_{\max} \leq 0,25 \cdot \text{mpd}_{v \text{ provozu}} \cdot \text{Min. náplň} \cdot p_i \cdot \text{Ref}(X) / \sqrt{(l_{pf})}$$

$$\Leftrightarrow \text{Min. náplň} \geq \Delta z_{\max} \cdot \sqrt{(l_{pf})} / (0,25 \cdot \text{mpd}_{v \text{ provozu}} \cdot p_i \cdot \text{Ref}(X))$$

$$\text{mpd}_{v \text{ provozu}} \rightarrow \text{z tabulky 1 (2.2.2)}$$

$$0,25 \rightarrow \text{z 2.5}$$

Maximální posun nuly v závislosti na kolísání teploty podle R76 je 1 e na 5 K (°C). Vychází se z předpokladu, že maximální posun teploty není vyšší než 5 K / h. (Tento údaj byl převzat z A.3.3 protokolu R61, viz rovněž R76, A.4.1.2) Maximální časový interval mezi dvěma nastaveními nuly, který výrobce hodlá zvolit, je 2 hodiny. Proto maximální posun nuly, který je nutno zvážit, je teoretický posun v rámci dvou hodin, tj. dvojnásobek maximální hodnoty převzaté z protokolu R76-2.

Z formuláře protokolu R76-2 je nutno převzít maximální posun nuly a poté je možno iterací vypočítat min. náplň.

Příklad: $e = d_{WU} = 1 \text{ g}$, $\text{Ref}(X) = 1$, $p_i = 0,5$, kolísání nuly 1 e / 5 K, $\text{mpd}_{v \text{ provozu}} = 9 \%$ (předpoklad, že min. náplň $\leq 50 \text{ g}$)

z A.6.2.2 a A.6.1.3.2:

$$\Delta z_{\max} \leq 0,25 \cdot \text{mpd}_{v \text{ provozu}} \cdot \text{min. náplň} \cdot p_i \cdot \text{Ref}(X) / \sqrt{(l_{pf})}$$

$$\Leftrightarrow \text{min. náplň} \geq \Delta z_{\max} \cdot \sqrt{(l_{pf})} / (0,25 \cdot \text{mpd}_{v \text{ provozu}} \cdot p_i \cdot \text{Ref}(X))$$

Za předpokladu, že nástroj nebude nastaven na nulu do vypršení 2 hodin:

$$\text{min. náplň} \geq (2 \text{ h} \cdot 1 \text{ e} / \text{h}) \cdot \sqrt{(4)} / (0,25 \cdot 9 \% \cdot 0,5 \cdot 1)$$

$$\Leftrightarrow \text{min. náplň} \geq (2 \text{ h} \cdot 1 \text{ g} / \text{h}) \cdot 2 / (0,25 \cdot 9 \% \cdot 0,5 \cdot 1)$$

$$\Leftrightarrow \text{min. náplň} \geq 4 \text{ g} / (0,25 \cdot 9 \% \cdot 0,5 \cdot 1)$$

$$\Leftrightarrow \text{min. náplň} \geq 355,56 \text{ g} > 50 \text{ g (předpoklad s ohledem na min. náplň byl nesprávný)}$$

Další krok iterace: min. náplň $\leq 500 \text{ g}$ a $\text{mpd}_{\text{v provozu}} = 3 \%$ (zjevně dává trojnásobek dříve vypočtené hodnoty)

$$\text{min. náplň} \geq 4 \text{ g} / (0,25 \cdot 3 \% \cdot 0,5 \cdot 1)$$

$$\Leftrightarrow \text{min. náplň} \geq 1066,67 \text{ g} > 500 \text{ g (předpoklad s ohledem na min. náplň byl nesprávný)}$$

Další krok iterace: min. náplň $\leq 10000 \text{ g}$ a $\text{mpd}_{\text{v provozu}} = 1,5 \%$

$$\text{min. náplň} \geq 4 \text{ g} / (0,25 \cdot 1,5 \% \cdot 0,5 \cdot 1)$$

$$\Leftrightarrow \text{min. náplň} \geq 2133,33 \text{ g} < 10000 \text{ g (pro náplň v rozmezí od 1000 g do 10 000 g je přijatelná odchylka 1,5 %, tudíž 2133 g je konečná přípustná min. náplň)}$$

C) Doba zahřátí

$$\text{z A.5.2: } E_0 - E_{0l} \leq 0,25 \cdot \text{mpd}_{\text{v provozu}} \cdot \text{min. náplň} \cdot p_i \cdot \text{Ref}(X) / \sqrt{(|p_f|)}$$

$$\Leftrightarrow \text{min. náplň} \geq (E_0 - E_{0l}) \cdot \sqrt{(|p_f|)} / (0,25 \cdot \text{mpd}_{\text{v provozu}} \cdot p_i \cdot \text{Ref}(X))$$

$$\text{mpd}_{\text{v provozu}} \rightarrow \text{z tabulky 1 (2.2.2)}$$

$$0,25 \rightarrow \text{z 2,5}$$

$$\text{Ref}(X) \rightarrow \text{je nutno zvolit (může být uveden od výrobce)}$$

Poznámka: If $(E_0 - E_{0l}) < 0$, potom je nutno použít absolutní hodnotu $(E_0 - E_{0l})$.

Maximální kolísání nuly je nutno převzít z formuláře protokolu R76-2 a poté je možno iterací vypočítat min. náplň.

Příklad: $e = d = 1 \text{ g}$, $\text{Ref}(X) = 1$, $p_i = 0,5$, kolísání nuly z důvodu zahřátí je 3 e, $\text{mpd}_{\text{v provozu}} = 9 \%$ (za předpokladu, že min. náplň $\leq 50 \text{ g}$)

$$\text{min. náplň} \geq (E_0 - E_{0 \text{ init}}) \cdot \sqrt{(|p_f|)} / (0,25 \cdot \text{mpd}_{\text{v provozu}} \cdot p_i \cdot \text{Ref}(X))$$

$$\Leftrightarrow \text{min. náplň} \geq 3 \text{ g} \cdot \sqrt{(4)} / (0,25 \cdot 9 \% \cdot 0,5 \cdot 1)$$

$$\Leftrightarrow \text{min. náplň} \geq 533,3 \text{ g} > 500 \text{ g,}$$

Předpoklad min. náplň v rozmezí od $>500 \text{ g}$ do $\leq 1000 \text{ g}$.

$\text{mpd}_{\text{v provozu}} = 15 \text{ g}$. Pro nový výpočet, který je nutno uvést ve vztah k největší náplni v tomto rozmezí, tj. 1000 g . Maximální procentní odchylka by tudíž byla: $15 \text{ g} / 1000 \text{ g} = 0,015 = 1,5 \%$. (viz poznámka v III.B)

$$\text{min. náplň} \geq 3 \text{ g} \cdot \sqrt{(4)} / (0,25 \cdot 1,5 \% \cdot 0,5 \cdot 1)$$

⇔ min. náplň $\geq 3200 \text{ g} \geq 1000 \text{ g}$, další krok iterace.

min. náplň v rozmezí od $>1000 \text{ g}$ do $\leq 10000 \text{ g}$, $\text{mpd}_{\text{v provozu}}$
 $= 1.5\%$, tudíž min. náplň je 3200 g , iterace zde končí.

III.C.3. Chyby z důvodu rušení

U výběrových kombinačních vah je významná chyba všech zkoušek narušení $0,25$ maximální přípustné odchylky (mpd) každé náplně pro ověření v provozu u náplně na nominální minimální náplně (viz T.4.2.5), avšak děleno druhou odmocninou počtu náplní z plnění. Maximální odchylka tudíž musí být

$$\text{md}_{\text{narušení}} \leq 0,25 \cdot \text{mpd}_{\text{v provozu}} \cdot \text{Ref}(X) \cdot \text{min. náplň} / \sqrt{(\text{lpf})}$$

$$\Leftrightarrow \text{min. náplň} \geq \text{md}_{\text{narušení}} \cdot \sqrt{(\text{lpf})} / (0,25 \cdot \text{mpd}_{\text{v provozu}} \cdot \text{Ref}(X))$$

Opět za předpokladu, že skutečná chyba přístrojů na vážení bez automatické činnosti by mohla být $1,5 \text{ e}$, uvádí se následující příklad.

Protože $e = 1 \text{ g}$, referenční třída přístroje bude opět $\text{Ref}(x) = 1$ a počet náplní z plnění bude $\text{lpf} = 4$. Podíl chyby p_i je opět 1 (viz R76-1, C.2.2, tabulka 12). Předpokládaná min. náplň je v rozmezí od $>100 \text{ g}$ do $\leq 200 \text{ g}$, proto $\text{mpd}_{\text{v provozu}} = 4,5 \%$

Potom:

$$\text{min. náplň} \geq \text{md}_{\text{narušení}} \cdot \sqrt{(\text{lpf})} / (0,25 \cdot \text{mpd}_{\text{v provozu}} \cdot \text{Ref}(X))$$

$$\Leftrightarrow \text{min. náplň} \geq 1,5 \text{ g} \cdot \sqrt{(4)} / (0,25 \cdot 4,5 \% \cdot 1)$$

$$\Leftrightarrow \text{min. náplň} \geq 266,6 \text{ g}$$

Očekávání bylo nesprávné, tudíž další iterace:

Předpoklad min. náplň v rozmezí od $>300 \text{ g}$ do $\leq 500 \text{ g}$, $\text{mpd}_{\text{v provozu}} = 3 \%$

$$\Leftrightarrow \text{min. náplň} \geq 1,5 \text{ g} \cdot \sqrt{(4)} / (0,25 \cdot 3 \% \cdot 1)$$

$$\Leftrightarrow \text{min. náplň} \geq 400 \text{ g}$$

Min. náplň menší nebo rovna 300 g není možná, protože maximální odchylka z důvodu narušení by byla:

$$\text{md}_{\text{narušení}} \leq 0,25 \cdot \text{mpd}_{\text{v provozu}} \cdot \text{Ref}(X) \cdot \text{min. náplň}$$

$$\Leftrightarrow \text{md}_{\text{narušení}} \leq 0,25 \cdot 3 \% \cdot 1 \cdot 300 \text{ g}$$

$$\Leftrightarrow \text{md}_{\text{narušení}} \leq 2,25 \text{ g}$$