

Laboratorní stanovení účinnosti prevence úsad vodního kamene pomocí technologie řízené krystalizace (TAC)

Testování provedené Německou Technickou a Výzkumnou
Asociací (DVGW) podle DVGW Standardů W 512.

Toto je překlad Výpisu z originálních výsledků zkoušek.

Výpis z Popisu podmínek testů následuje za uvedenými
výsledky zkoušek.

Zpráva o testech:

Testovaný subjekt: Zařízení na katalytickou úpravu vody metodou řízené tvorby krystalů TAC.

Testy probíhaly v souladu s článkem W512 DVGW „Ověření zařízení na úpravu vody pro omezení vytváření vodního kamene“.

Zpráva uvádí čtyři vzorky testované paralelně. Dva z těchto vzorků jsou neupravená voda (slepé vzorky) a dva jsou vzorky vody upravené testovaným zařízením (testované vzorky). V připojeném textu je kompletní popis testovacích procedur a podmínek testů.

Podmínky zkoušek a jejich výsledky:

1. Chemické parametry testovaných vzorků vody. Viz Příloha č. 1
2. Parametry testů viz tabulky 1.1. a 1.2.

Tabulka 1.1 První série testů. Testované vzorky 1 a 3 jsou slepé (neupravené)

	vzorek 1	vzorek 2	vzorek 3	vzorek 4
Teplota [°C]	80 \pm 1,3	80 \pm 1,3	80 \pm 1,3	80 \pm 1,3
Doba trvání [dny]	21	21	21	21
Objem vody [l]	3 080	3 105	3 051	3 057
dodaná elektrická energie [kWh]	272,4	287,4	258,6	278,4

Tabulka 1.2 Druhá série testů. Testované vzorky 2 a 4 jsou slepé (neupravené)

	vzorek 1	vzorek 2	vzorek 3	vzorek 4
Teplota [°C]	80 \pm 1,3	80 \pm 1,3	80 \pm 1,3	80 \pm 1,3
Doba trvání [dny]	21	21	21	21
Objem vody [l]	3 034	3 028	2 900	2 995
dodaná elektrická energie [kWh]	284,6	266,8	267,8	256,5

Vyhodnocení úsad.

Tabulka 2.1 První série testů. Testované vzorky 1 a 3 jsou slepé (neupravené)

Ca ²⁺ + Mg ²⁺ [mol]	vzorek 1	vzorek 2	vzorek 3	vzorek 4
vzorek	neupravená	upravená	neupravená	upravená
topné vidlice	0,414	0,001	0,455	0,001
stěny nádoby	0,622	0,000	0,691	0,000
zbytek >500 μm	0,180	0,011	0,121	0,000
Celkem	1,216	0,012	1,267	0,001

Tabulka 2.2 Druhá série testů. Testované vzorky 2 a 4 jsou slepé (neupravené)

Ca ²⁺ + Mg ²⁺ [mol]	vzorek 1	vzorek 2	vzorek 3	vzorek 4
vzorek	upravená	neupravená	upravená	neupravená
topné vidlice	0,001	0,448	0,001	0,470
stěny nádoby	0,001	0,513	0,001	0,579
zbytek >500 μm	0,002	0,189	0,000	0,172
Celkem	0,004	1,150	0,002	1,221

$$\begin{aligned} \text{Faktor účinnosti} &= M(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}) \text{ neupravené} - M(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}) \text{ upravené} \\ & / M(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}) \text{ neupravené} \\ &= \mathbf{0,996} \end{aligned}$$

Zjištěná účinnost procesu potlačení vzniku vodního kamene je 99,6%

Testy prováděli: Schmidt a Schiemann

Příloha č. 1, Analýza vody

parametr	jednotky	hodnoty
pH		7,79
teplota	°C	12,3
vodivost	mS/m	72,3
acidita pH 4,3	mol/m ³	6,44
alkalita pH 8,2	mol/m ³	0,22 [15,0°C]
vápník	Ca ²⁺ [mg/l]	124
hořčík	Mg ²⁺ [mg/l]	12
sodík	Na ⁺ [mg/l]	23,4
draslík	K ⁺ [mg/l]	3,2
chloridy	Cl ⁻ [mg/l]	41,1
dusičnany	NO ³⁻ [mg/l]	23
sírany	SO ₄ ²⁻ [mg/l]	60,5
CaCO ₃ sraženina	CaCO ₃ [mg/l]	44,5

Metodika provádění testů W 512 září 1996

**Postup zkoušek určování účinnosti zařízení na úpravu vody pro
prevenci tvorby úsad vodního kamene.**

Úvod:

Tato metodika popisuje testovací proces zjišťující účinnost zařízení na úpravu vody, která jsou instalována k zabránění nebo dlouhodobému omezení tvorby úsad vodního kamene v ohřívacích systémech pitné vody a dalších instalacích. Účelem těchto zkoušek není popisovat jednotlivé systémy úpravy vody, které vyhovují

těmto požadavkům. V dodatku jsou uvedeny definice týkající se hodnocení výsledků testů.

Tato metodika aplikuje obecné podmínky obsažené v příručce Asociace německých inženýrů (VDI 2035), část 1, sekce 7, „Určování účinnosti bezpečnosti měření“.

Obsah:

- 1. Rozsah testů**
- 2. Koncepce testu**
 - 2.1. ohřev pitné vody**
 - 2.2. zařízení na úpravu vody**
 - 2.3. formace úsad**
 - 2.4. schopnost tvořit úsady**
- 3. Standardy**
 - 3.1. testovací voda**
 - 3.2. uspořádání testovacího zařízení**
 - 3.3. provádění testu**
 - 3.4. ukončení testu**
 - 3.5. test slepých vzorků**
 - 3.6. test vzorků upravené vody**
- 4. Vyhodnocení výsledků**
- 5. Zpráva o testech**

1. Rozsah testu

Tato metodika je aplikována na ohřev pitné vody, stejně jako na její skladování a transport. Dále je aplikovatelná i na zhodnocení systémů, které jsou instalovány na zabránění, nebo dlouhodobé omezení tvorby úsad vodního kamene v rámci norem DIN (TRWI).

2. Koncepce

2.1. Ohřev pitné vody

Pro účely této metodiky je ohřev pitné vody definován jako příprava horké vody v kvalitě pitné vody v příslušném ohřívacím systému

pitné vody. Ohřev vody v kvalitě technické vody nespadá do této koncepce.

2.2. Zařízení na úpravu vody

Pro účely této metodiky je zařízení na úpravu vody definováno jako nástroj a všechny technické součásti patřící do systému, stejně jako aktivní činidla, přičemž účel funkce celého testovaného systému je prevence, nebo dlouhodobé omezení tvorby úsad vodního kamene.

2.3. Formace úsad vodního kamene

Pro účely této metodiky je tvorba úsad vodního kamene definována jako formování sedimentů vzniklých z tvrdé vody, které jsou vytvářeny ve formě pevných depozitů na topných elementech a na povrchu nádoby, které na těchto místech zůstávají.

2.4. Schopnost vytvářet depozity kalcitu

Schopnost vytvářet depozity kalcitu udává množství uhličitanu vápenatého, který je přítomen ve vodě za dané teploty a má kapacitu vytvářet nerozpustné látky. Tuto schopnost lze vypočítat podle normy DIN 38 404-10. Tímto se nepopisuje množství málo rozpustných látek z tvrdé vody, které jsou aktuálně deponovány.

3. Standardy

3.1. Testovaná voda

Testy jsou prováděny s pitnou vodou, která má v neohřátém stavu kalcitovou kapacitu dle 2.4. (kalkulováno při 15°C) nejméně 30 mg/l ve formě CaCO_3 . Celková tvrdost testované vody musí být nejméně 3,5 mmol/l, jako suma alkalických látek.

Procentuální obsah hořčíku v této sumě musí být maximálně 25% obsahu vápníku v molech (20% celkového obsahu v molech). Je důležité, aby úsady v neupravované vodě byly po ukončení testu (po 21 dnech) byly dostatečné k řádnému vyhodnocení testu předepsanými metodami testování dle bodu 3.4. v minimální úrovni 0,1 mol alkalických zemin (10g), kalkulováno jako uhličitan vápenatý a to v každém testovaném celku během analytického stanovení.

3.2. Uspořádání testovacího zařízení.

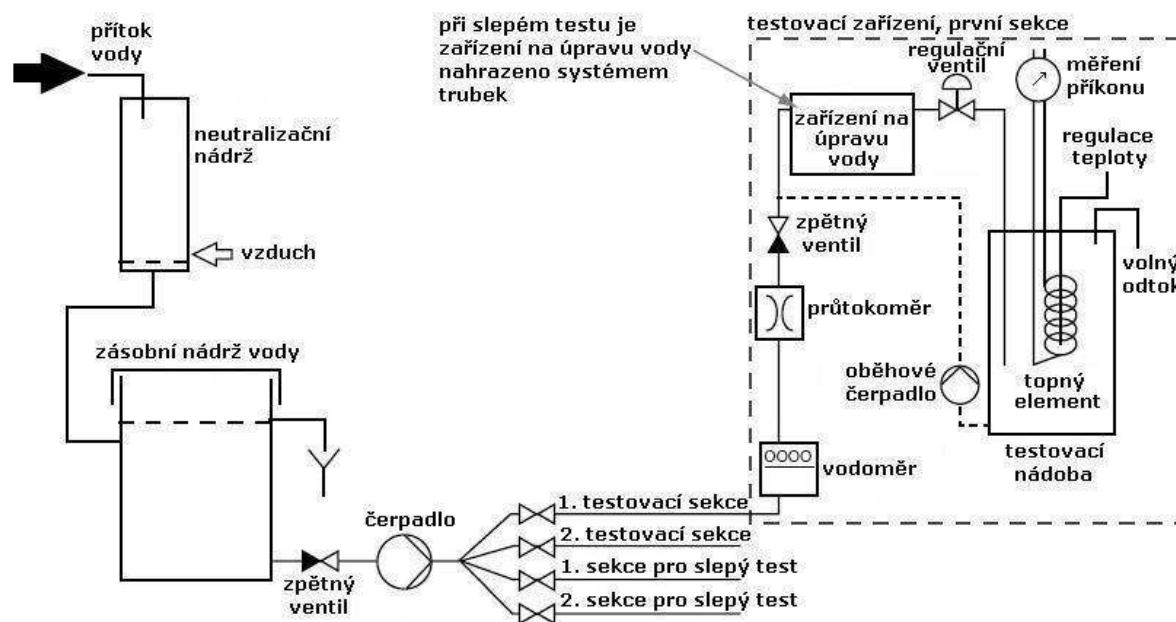


Schéma uspořádání testovacího zařízení

Testovací systém pro testování každého zařízení na úpravu vody se skládá ze čtyř identických sekcí testovacího zařízení (dvě na upravenou vodu a dvě na neupravenou vodu). Tyto čtyři sekce pracují simultánně – dvě pro sledování upravené vody a další dvě jako kontrolní pro neupravenou vodu.

Testovaná voda je v každé sekci přiváděna do ohřívacího systému vyrobeného z uhlíkaté oceli, propojovací potrubí je z chromniklové oceli obsahující molybden. Napájení systému se provádí čerpadlem při tlaku od 2,5 \pm 0,3 barů (redukční ventil), které dodává testovací vodu popsanou v 3.1. z netlakového zásobníku pro plnění jednotlivých testovacích sekcí.

Objem vody proteklý každou ze čtyř testovacích nádob je měřen příslušným vodoměrem (Q_n 1.5). Hodnota průtoku vody je podle údaje odpovídajícího průtokoměru nastavena regulačním ventilem. Uzavírací ventily řízené vzduchem zajišťují přítok vody do jednotlivých sekcí testovacího (ohřívacího) systému.

Standardně průmyslově vyráběné netlakové a elektricky ohřívané 10-ti litrové nádoby jsou z nerezové oceli, přičemž topné elementy mají maximální povrchovou hustotu energie 6,5 W/cm² a maximální teplota vody dosáhne 80°C.

K zjištění teploty v testovacích nádobách, v blízkosti topných spirál, jsou instalována teplotní čidla s přesností cca 2°C v každé z nádob. Všechny testovací nádoby mají identické vybavení. Průběh teploty v každé testovací nádobě je měřen a registrován. Elektrické hodnoty (proud a napětí) jsou rovněž zaznamenávány.

Voda prošlá testovací nádobou odtéká do odpadu. Řízení množství vody je zajišťováno otevíráním a zavíráním uzavíracích a regulačních ventilů v testovacím systému.

3.2. Provádění testu

Celkově musí protéci každým testovaným celkem 130 litrů vody každý den. Tento objem je dán intervaly v časovém úseku 16 hodin. Průtok je nejméně 5 l/minutu. Dále je celá zásoba vody v ohřívacím systému vyměněna během dvou dnů vzorkování.

Vzorkování se provádí během 16ti hodin následovně: V 0h; 2h; 2,5 h; 3,5h; 4h; 4,5h; 5h; 6h; 6,5h; 7h; 7,5h; 8h; 9h; 9,5h; 10h; 11h; 11,5h; 12,5h; 13h; 13,5h; 14h a 16h – 5 litrů pokaždé a ve 3h a 12h pokaždé 10 litrů.

Součástí testovacích podmínek je, že po 16 hodinách provozu následuje 8 hodin klidu (bez vzorkování).

Teplota vody v systémech ohřevu je udržována na 80°C \pm 0,3°C. Eventuelní odchylky od takto určených pravidel musí být zaznamenány do protokolů.

3.3. Implementace testu

Všechny testy ve všech sekcích probíhají simultánně za použití vody stejné kvality. Délka testu je vždy 21 dnů.

Po skončení každého testu se každá testovací nádoba otevře a vyjmou se topné spirály. Úsady, které zůstanou v nádobě se prosejí na sítu s velikostí ok 0,5 mm. Zbytky na sítu jsou rozpuštěny zředěnou kyselinou dusičnou. Sedimenty na topné spirále a na vnitřní stěně nádoby jsou rovněž rozpuštěny zředěnou kyselinou dusičnou. Všechny takto získané roztoky jsou podrobeny analýze na obsah vápníku a hořčíku dle normy DIN 38406-3. Potom je každý systém znovu vypláchnut zředěnou kyselinou dusičnou a poté

demineralizovanou vodou a to předtím, než je testovací systém znovu sestaven pro další testy.

3.4. Slepé testy

Testovací zařízení je využíváno pro srovnávací (slepé) testy tak, že namísto zařízení na úpravu vody je nainstalován mezikus přivádějící vstupní vodu bez úpravy.

Slepé testy jsou prováděny za podmínek popsaných v článcích 3.1 a 3.4. Každá série testů musí být prováděna nejméně třikrát.

Každá série testů dává čtyři oddělené výsledky. Aritmetický průměr pro sérii testů je kalkulován z takto získaných samostatných výsledků. Navíc, samostatné výsledky získané během série testů, nesmí mít odchylku větší než 20% od aritmetického průměru.

Samostatné výsledky ze tří za sebou jsoucích sérií testů se nesmí odchylovat o více než 30% od aritmetického průměru.

Pokud nejsou splněny tyto dvě podmínky, je nutné testy opakovat.

3.5. Test zařízení na úpravu vody

Pro tyto testy jsou zařízení na úpravu vody instalována ve dvou sekcích ze čtyř (viz obrázek) podle psaných instalačních a provozních předpisů výrobce. Dvě zbývající sekce jsou provozovány pro slepé pokusy.

Uspořádání testu se provádí dle podmínek popsaných v 3.1 až 3.4.

Testy jsou prováděny nejméně dvakrát. Zařízení na úpravu vody a odpovídající slepé testy si v druhé sérii vymění sekce.

Výsledky analytického stanovení v jednotlivých sériích testů jsou porovnány s výsledky slepých pokusů, které už byly provedeny (viz 3.5).

Opět se nesmí výsledky slepých testů v jedné sérii vychylovat o více než 20% od aritmetického průměru těchto výsledků a také se nesmí odchylovat o více než 30% aritmetického průměru výsledků testů ve všech sériích.

4. Vyhodnocení výsledků

Jak už je definováno v této Směrnici, vyhovující efektivita testovaného zařízení na úpravu vody je dána činitelem efektivnosti fE větším než 0,8 (účinnost vyšší než 80%).

Tato hodnota musí být stanovena v úrovni spolehlivosti 95%.

Vzhledem k tomu, že minimální počet testů je dán, je určeno, že lze akceptovat pouze jednu z naměřených hodnot, která má faktor efektivnosti nižší než 0,66 (účinnost nižší než 66%).

Faktor efektivity (účinnost) je definován následovně:

$$fE = \frac{M [Ca^{2+} + Mg^{2+}] \text{ neupravený} - M [Ca^{2+} + Mg^{2+}] \text{ upravený}}{M [Ca^{2+} + Mg^{2+}] \text{ neupravený}}$$

kde

$M[]$ jsou příslušná množství látky v mol

$M[]$ neupravený je aritmetický průměr z výsledků slepých testů

$M[]$ upravený jsou průměry výsledků z aktivních testů

5. Zpráva o testech

Po provedení testů je zpracována zpráva, která musí obsahovat následující informace:

- a) popis složení testované vody
- b) teplota testované vody v ohřevném systému
- c) délka testu ve dnech, pro každou sérii testů
- d) průtok vody v každé sekci
- e) elektrická práce v kWh v každé sekci
- f) výsledky analytických stanovení v jednotlivých testech
- g) výsledky analytických stanovení v odpovídajících slepých testech
- h) výpočet a uvedení zjištěného faktoru účinnosti
- i) poznámky (například zvláštnosti v průběhu testů)

V textu protokolu je uveden přehled 11-ti norem vztahujících se k popsané Směrnici:

DIN 1988-1, DIN 1988-2, DIN 1988-3, DIN 1988-4, DIN 1988-5,
DIN 1988-6, DIN 1988-7, DIN 38 404-10, DIN 38 406-3,
DIN 2035 Sheet 1.