

SROVNÁVACÍ ZKOUŠKY VYBRANÝCH PROSTŘEDKŮ PRO INDIVIDUÁLNÍ PŘÍPRAVU PITNÉ VODY V POLI

Jaroslava DOLEŽALOVÁ, Lubomíra RUMLOVÁ
Ústřední vojenská nemocnice Praha

Souhrn

Byly zkoušeny tři prostředky určené pro individuální přípravu pitné vody v polních podmínkách (DIKACID, AQUATABS, AQUASTERIL 2 EXTREME) obsahující stejnou účinnou látku – dichlorisokyanurát sodný. Zkoušky byly zaměřeny na jejich dezinfekční účinnost, teplotní stabilitu a organoleptické vlastnosti upravené vody. Zkoušky prokázaly nejlepší výsledky u přípravku AQUASTERIL 2 EXTREME.

Klíčová slova: Příprava pitné vody; Dezinfekční prostředek; Dezinfekční účinnost; Teplotní stabilita; Klimatická zkouška; Dichlorisokyanurát sodný.

Comparative Tests of Selected Agents for the Individual Disinfection of Drinking Water in the Field Conditions

Summary

Three preparations designed for the individual disinfection of drinking water in the field conditions were tested (DIKACID, AQUATABS, AQUASTERIL 2 EXTREME). They contain the same effective substance – sodium dichloroisocyanurate. The tests were focused on their disinfection efficiency, temperature stability and organoleptic properties of the treated water. The preparation AQUASTERIL 2 EXTREME showed the best results in these tests.

Key words: Preparation of drinking water; Disinfection; Disinfection efficiency; Temperature stability; Climatic test; Sodium dichloroisocyanurate.

Úvod

Jedním z cílů řešení projektu obranného výzkumu č. 6100 VÝBAVA – Modernizace individuální zdravotnické výbavy – je výzkumně ověřit a navrhnout nový prostředek určený do individuální výbavy vojáka AČR pro přípravu pitné vody v polních podmínkách.

Odbor rozvoje, výzkumu a vývoje (ORVV) Ústřední vojenské nemocnice (ÚVN) Praha jako řešitelské pracoviště tohoto projektu provedl v roce 2007 srovnávací testy tří přípravků na bázi chloru.

Zkoušeny byly tyto prostředky:

- DIKACID (stávající, v AČR zavedený cca 30 let),
- AQUATABS (jeden z nejrozšířenějších v armádách NATO),
- AQUASTERIL 2 EXTREME (nově vyvinutá polní verze v ČR registrovaného prostředku AQUASTERIL).

Všechny tři přípravky obsahují stejnou účinnou látku, a to dichlorisokyanurát sodný. Rozdíl mezi nimi je v aplikační formě a v předepsaném dávkování.

AQUASTERIL 2 EXTREME navíc obsahuje dechlo-
rační složku – kyselinu askorbovou.

Popis zkoušených vzorků

DIKACID

Bílé tablety o hmotnosti cca 120 mg jsou baleny po 50 ks ve skleněné lahvičce se šroubovacím uzávěrem. Jedna tableta obsahuje podle údajů výrobce 14 mg účinné látky (dichlorisokyanurát sodný). *Předepsané dávkování:* 1 tableta na 750 ml vody, expozice 30 minut

Výrobce: BIOMEDICA, spol. s r. o., Praha

Zkoušená šarže: 10 09 07, exspirace 09/2009

AQUATABS

Bílé šumivé tablety jsou vyráběny s různým obsahem účinné látky – dichlorisokyanurátu sodného (3,5 mg, 17 mg, 167 mg, 500 mg). Ke zkouškám byly získány tablety o hmotnosti 330 mg s obsahem účinné látky 167 mg. Balení po 10 ks v blistru z vrstvené hliníkové fólie s natištěným návodem k použití v angličtině, francouzštině a španělštině.

Předepsané dávkování: 1 tableta na 20–25 litrů vody, expozice 30 minut

Výrobce: Medentech, Irsko

Zkoušená šarže: BN 7365, vyrobeno 03/2007, expirace 03/2012

AQUASTERIL 2 EXTREME

Přípravek je dvousložkový. Jednu složku tvoří dezinfekční činidlo – dichlorisokyanurát sodný a druhou dechloarační prostředek – kyselina askorbová. Obě složky jsou v práškové formě adjustované v sáčcích. Zatavené sáčky z vrstvené hliníkové fólie s červeným potiskem a označením A2 obsahují dezinfekční prostředek dichlorisokyanurát sodný (160 mg), sáčky s modrým potiskem a označením B2 obsahují dechloarační prostředek – kyselinu askorbovou (330 mg). Vždy jeden sáček A2 a jeden sáček B2 (dávka pro jedno použití) jsou společně

zateny do celofánového obalu. Pět takto vzniklých dvojic sáčků je uloženo do papírové skládačky s natištěným návodem na použití. Skládačka je vložena do uzavíratelného plastového sáčku o rozměrech 125×80 mm.

Předepsané dávkování: 1 sáček A2 na max. 2 litry vody, expozice 15 minut, + 1 sáček B2

Výrobce: AQUA PLUS, spol. s r. o., Praha 6

Zkoušené vzorky byly vyrobeny v roce 2007, jednalo se o prototypy bez uvedeného čísla šarže, s expirací 12/2017.

Zkoušky byly zaměřeny jak na dostatečnou dezinfekční účinnost, tak na teplotní stabilitu zkoušených přípravků a na organoleptické vlastnosti upravené vody určené k pití. Na základě zkušeností příslušníků zahraničních misí se ukázalo, že všechny tyto požadavky by měl nový prostředek splňovat.



Obr. 1: DIKACID ve skupinovém balení



Obr. 2: DIKACID – individuální balení v lahvičce



Obr. 3: AQUASTERIL 2 EXTREME



Obr. 4: AQUASTERIL 2 EXTREME – papírová skládačka a vnitřní sáčky s účinnými složkami

Rozsah provedených zkoušek

1. Stanovení volného a celkového aktivního chloru v dezinfekčním prostředku a v dezinfikované vodě před klimatickým namáháním kolorimetrickou metodou podle ČSN ISO 7393-2 (1). Ke zkoušce byla použita demineralizovaná voda.
2. Klimatická zkouška vlhkým teplem cyklickým při teplotách +25 °C a +55 °C a relativní vlhkosti 90 %, trvání zkoušky 8 týdnů (56 dní).
3. Klimatická zkouška suchým teplem +60 °C, trvání zkoušky 7 dní.
4. Klimatická zkouška mrazem při -40 °C po dobu 4 dnů.
5. Vizuální hodnocení vzorků v průběhu klimatických zkoušek a po jejich ukončení.
6. Stanovení volného a celkového aktivního chloru v dezinfekčním prostředku a v dezinfikované vodě po klimatickém namáhání (zkoušky 2, 3 a 4) kolorimetrickou metodou podle ČSN ISO 7393-2. Ke zkoušce byla použita demineralizovaná voda.
7. Zkouška dezinfekční účinnosti podle zpracované metodiky vycházející z vyhlášky č. 409/2005 Sb. (2), (kmen *Enterococcus faecalis* CCM 4224) doplněná o další dva kmeny – *Bacillus subtilis* CNCTC 5615 a *Bacillus cereus* CNCTC 6204. Jedná se o sporulující mikroorganismy, jež jsou doporučeny pro stanovení sporicidního účinku dezinfekčních přípravků podle ČSN EN 12353 (3). Spory *Bacillus subtilis* lze považovat za zástupný testovací mikroorganismus za viry a parazitické prvky s ohledem na hodnoty CT-faktoru (4). CT-faktor je parametr, který charakterizuje dezinfekční účinek přípravku. Jedná se o součin koncentrace C přípravku v mg/l a času T v minutách (4) potřebného k dosažení požadovaného dezinfekčního účinku.
8. Metodika zkoušek dezinfekční účinnosti (5) byla posuzována a odsouhlasena Ústředním vojenským zdravotním ústavem Praha. Dezinfekční účinnost na *Escherichia coli* (požadavek platné vyhlášky) a STANAG 2136 MED (6) nebyla zkoušena, u všech tří přípravků ji certifikátem doložil výrobce, resp. dodavatel.
9. Organoleptické hodnocení dezinfikované vody.

Poznámka: Zkoušky 2, 3 a 4 byly provedeny ve zkušebnách ORVV ÚVN v klimatizační komoře a mrazícím boxu podle schválené metodiky (7). Zkoušky 1, 6, 7 a 8 byly pětkrát opakovány, vždy bylo provedeno také slepé stanovení.

Výsledky zkoušek

DIKACID

Zkoušené tablety obsahovaly cca 7 mg volného a 7,3 mg celkového aktivního chloru v jedné tabletě, což vyhovělo předepsaným hodnotám. Při dávkování 1 tbl. na 0,75 litru upravované vody byla koncentrace volného aktivního chloru průměrně 9,3 mg/l a koncentrace celkového aktivního chloru 9,7 mg/l, měřeno po rozpuštění tablety.

Působením simulovaného klimatického namáhání nedošlo u tablet po žádné zkoušce k vizuálním změnám. Obsah volného aktivního chloru i celkového aktivního chloru v průběhu zkoušky vlhkým teplem cyklickým klesal. Po 8 týdnech se snížil průměrný obsah celkového aktivního chloru v 1 tbl. ze 7,3 mg na 6,2 mg, tj. cca o 15 %, průměrný obsah volného aktivního chloru poklesl za tuto dobu cca o 14 %. Po zkoušce suchým teplem představoval pokles celkového aktivního chloru cca 5 % a volného aktivního chloru cca 6 %. Po zkoušce mrazem nebyly zaznamenány žádné změny oproti vstupním hodnotám.

Ve zkoušce dezinfekčního účinku DIKACID nevyhověl s kmeny *Bacillus subtilis* a *Bacillus cereus*, kdy po předepsané 30minutové expozici byly ještě nalezeny zbytky kolonií (dezinfekční účinnost 99,8 procent u obou kmenů).

Při zkoušce praktického použití bylo potvrzeno, že každá voda upravená DIKACIDem silně páchne, takže z organoleptického hlediska nevyhovuje. S tímto výsledkem koresponduje skutečnost, že povolená koncentrace zbytkového chloru byla v dezinfikované vodě určené k pití mnohonásobně překročena (cca 8 mg/l) oproti požadavkům hygienických norem (max. 0,3 mg/l) a ještě po 96 hodinách byla téměř desetinásobná (3 mg/l).

AQUATABS

Zkoušené tablety obsahovaly průměrně 101 mg volného aktivního chloru a 104 mg celkového aktivního chloru. Při předepsaném dávkování byla koncentrace volného aktivního chloru průměrně 4 mg/l a celkového aktivního chloru 4,2 mg/l.

Působením klimatického namáhání (všechny tři typy zkoušek) nedošlo u tablet k vizuálním změnám. Porovnáním se vstupní analýzou bylo zjištěno, že se průměrný obsah volného aktivního chloru i celkového aktivního chloru po všech provedených klimatických zkouškách nesnížil.

Ve zkoušce dezinfekční účinnosti přípravek nevyhověl, protože po 30minutové expoziční době byly nalezeny zbytky kolonií *Bacillus cereus* (dezinfekční účinnost 99,3 %).

Při zkoušce praktického použití a organoleptickým hodnocení vykazovala upravená voda silný zápach chloru. Povolená koncentrace zbytkového chloru u vody určené k pití byla překročena více než 10krát (3,5 mg/l) oproti hygienickému předpisu a ještě po 96 hodinách překračovala normu cca 2,5krát.

AQUASTERIL 2 EXTREME

Zkoušené sáčky A2 obsahovaly cca 160 mg dezinfekčního prostředku, v němž bylo nalezeno cca 89,9 mg volného aktivního chloru a cca 91,8 mg celkového aktivního chloru. Při předepsaném dávkování, tj. 1 sáček A2 na 2 litry upravované vody, byla průměrná koncentrace volného aktivního chloru 45 mg/l a celkového aktivního chloru 45,9 mg/l.

Ve všech klimatických zkouškách přípravek vyhověl. Nedošlo k vizuálním změnám ani u obalů ani u dezinfekčního a dechlordačního činidla. Obsah chloru byl po zkouškách vlhkým teplem a suchým teplem nepatrně, ale statisticky nevýznamně nižší. Po osmi týdnech působení vlhkého tepla se snížil z výchozí hodnoty 45 mg/l na 44,2 mg/l (volný chlor) a z 45,9 mg/l na 45,8 mg/l (celkový chlor). Po sedmidenní expozici suchým teplem došlo k poklesu v obdobných hodnotách (ze 45 mg/l na 44,8 mg/l u volného chloru a z 45,9 mg/l na 45,5 mg/l u celkového chloru).

Obě složky, A2 i B2, nevykazovaly po klimatickém namáhání žádné vizuální změny (barva, sykost, rozpustnost).

Ve zkouškách dezinfekční účinnosti prostředek vyhověl požadavkům u všech zkoušených kmenů

po 15minutové expoziční době.

Pokud u upravené vody nebylo použito dechlordační činidlo (složka B), voda silně páchla a nesplňovala hygienické požadavky na povolenou koncentraci zbytkového chloru, která byla bez použití dechlordačního činidla mnohonásobně překročena (cca 100krát) ještě po 96 hodinách. V případě použití dechlordačního prostředku (sáček B2 – kyselina askorbová) byl obsah zbytkového chloru okamžitě nulový, z vody byl odstraněn zápach; z organoleptického hlediska vyhověla.

Diskuse a závěr

Všechny tři zkoušené přípravky obsahují stejné dezinfekční činidlo, a to dichlorisokyanurát sodný. Rozdíl je v obsahu této aktivní látky v jedné tabletě nebo sáčku u jednotlivých prostředků (nejvyšší u AQUASTERIL 2 EXTREME – 160 mg, nejnižší u DIKACIDu – 14 mg).

Rozdíly dále vyazuje dávka předepsaná výrobcem pro úpravu vody. Jedna tableta, resp. dávka v sáčku, je určena u každého prostředku do jiného objemu upravované vody (AQUASTERIL 2 EXTREME 2 litry upravované vody, DIKACID 0,75 litru, AQUATABS 25 litrů).

Hodnoty koncentrace volného a celkového aktivního chloru v dezinfikované vodě třemi zkoušenými prostředky jsou pro přehled uvedeny v tabulce 1.

Z tabulky vyplývá, že při dávkování prostředku do předepsaného objemu vody je nejnižší koncentrace volného a aktivního chloru ve vodě dezinfikované prostředkem AQUATABS. Přesto při porovnání dezinfekční účinnosti vykázal tento prostředek lepší výsledky než DIKACID. Prostředek AQUATABS nevyhověl pouze ve zkoušce dezinfekční účinnosti na kmen *Bacillus cereus*, zatímco DIKACID

Tabulka 1

Hodnoty koncentrace volného a celkového aktivního chloru v dezinfikované vodě třemi zkoušenými prostředky

Název zkoušeného prostředku	Obsah volného aktivního chloru		Obsah celkového aktivního chloru	
	v dezinfekčním prostředku 1 tbl./sáček (mg)	v dezinfikované vodě (mg/l)	v dezinfekčním prostředku 1 tbl./sáček (mg)	v dezinfikované vodě (mg/l)
AQUASTERIL 2 EXTREME	89,9	45	91,8	45,9
DIKACID	7	9,3	7,3	9,7
AQUATABS	101,7	4,1	104,3	4,2

nevyhověl jak s kmenem *Bacillus cereus*, tak i *Bacillus subtilis*. Nejvyšší hodnoty obsahu chloru byly zjištěny u AQUASTERIL 2 EXTREME, který v této souvislosti vykázal u všech zkoušených kmenů nejvyšší dezinfekční účinek v nejkratším čase (po 15 minutách). Dezinfekční účinnost prostředků DIKACID a AQUATABS vůči sporulujícím mikroorganismům by se reálně mohla zvýšit úpravou jejich dávkování.

Výsledky provedených testů klimatické odolnosti prokázaly, že tablety DIKACID vykazují určitý pokles obsahu chloru po klimatickém namáhání vlhkým a suchým teplem, který je pravděpodobně způsoben přítomností méně stabilních dalších složek v tabletě (plnidla apod.). Stabilitními zkouškami provedenými v roce 2003 s tabletami DIKACID bylo navíc zjištěno, že po uplynutí doby expirace (2 roky) se stávají tyto tablety zcela nepoužitelnými (zčernání, výrazný zápach chloru).

Z hlediska praktického použití a organoleptického hodnocení nevyhověly přípravky DIKACID a AQUATABS, protože upravená voda se vyznačovala silným zápachem chloru, povolená koncentrace zbytkového chloru podle hygienických norem byla u obou přípravků ještě po 96 hodinách výrazně překročena. Překročen byl i limit pro nouzový krátkodobý příjem takto upravené vody (8). Z tohoto důvodu se jeví výše uvedený návrh na případnou úpravu (zvýšení) dávkování těchto prostředků jako nereálný, protože organoleptické vlastnosti by se tím dále zhoršily. Upravená voda by pro velmi silný zápach chloru byla nepoživatelná. U přípravku AQUASTERIL 2 EXTREME se tato negativa zcela eliminovala použitím dechloračního číidla.

Z hlediska adjustace se jeví jako poněkud výhodnější tabletová forma než forma v sáčkích. Výhodou sypkého prostředku je však jeho větší stabilita a s tím související delší doba použitelnosti dezinfekčního prostředku (tablety DIKACID 2 roky, tablety AQUATABS 5 let, prášek AQUASTERIL 2 EXTREME 10 let).

U nového prostředku AQUASTERIL 2 EXTREME vyhovuje dávkování ve fóliových sáčkích, poněkud méně výhodnými se jeví další 2 vnější obaly – z nich hlavně papírová skládáčka je obtížně vyjímatelná z plastového sáčku. Tento nedostatek by bylo třeba odstranit.

K doplnění provedených zkoušek se plánují další srovnávací testy dezinfekční účinnosti na vodách

zatížených organickými látkami, jež mohou přicházet v úvahu v polních podmínkách různých klimatických pásem. Jedná se zejména o organické látky, které s řádově vyšší reakční rychlostí redukují aktivní chlor, což způsobuje, že na vlastní dezinfekci může být nedostatek aktivní složky.

Nový prostředek AQUASTERIL 2 EXTREME, který se podle výsledků laboratorních zkoušek jeví jako perspektivní náhrada za DIKACID, byl předán ke zkouškám praktického použití v polních podmínkách do mise v Afghánistánu, a to v upraveném vnějším obalu, který by měl umožnit snadnější manipulaci. Výsledky budou k dispozici do konce letošního roku. Spolu s výsledky laboratorních testů pak budou zahrnuty do celkových závěrů projektu VÝBAVA.

Literatura

1. ČSN ISO 7393-2 Jakost vod. Stanovení volného a celkového chloru. Část 2: Kolorimetrická metoda s N,N-diethyl-1,4-fenylendiaminem pro běžnou kontrolu.
2. Vyhláška 409/2005 Sb., o hygienických požadavcích na výrobky přicházející do přímého styku s vodou a na úpravu vody.
3. ČSN EN 12353 (665206) Chemické dezinfekční přípravky a antiseptika – Uchovávání zkušebních organismů používaných ke stanovení baktericidního, mykobaktericidního, sporicidního a fungicidního účinku
4. BARBEAU, B., et al. Examining the use of aerobic spore-forming bacteria to assess the efficiency of chlorination. Water Research, 1999, vol. 33, no. 13, p. 2941–2948.
5. Metodika zkoušek dezinfekční účinnosti prostředků na dezinfekci vody, čj. 1460-29/2006-ÚVN.
6. STANAG 2136 MED Minimum Standards of Water Potability during field operations and in emergency situations AMedP-18, 2007.
7. Metodika zkoušek odolnosti zdravotnického materiálu v simulovaném klimatickém namáhání, čj. 1551-6/2006-ÚVN.
8. Metodické doporučení SZÚ – Národní referenční centrum pro pitnou vodu – Nouzové zásobování pitnou vodou. SZÚ, 2008.

Korespondence: Ing. Jaroslava Doležalová
Ústřední vojenská nemocnice Praha
Odbor rozvoje, výzkumu a vývoje
U Vojenské nemocnice 1200
169 02 Praha 6-Střešovice
e-mail: Jaroslava.Dolezalova@uvn.cz

Do redakce došlo 26. 8. 2008