METODIKA HODNOTENIA AGRESÍVNYCH VLASTNOSTÍ PODZEMNEJ VODY V ZMYSLE SLOVENSKEJ TECHNICKEJ NORMY STN EN 206-1 A JEJ APLIKÁCIA V POHORÍ VTÁČNIK

METHODS OF GROUNDWATER AGGRESSIVE PROPERTIES EVALUATION ACCORDING TO THE SLOVAK TECHNICAL STANDARD STN EN 206-1 AND ITS APPLICATION IN THE VTÁČNIK MOUNTAINS

Miriam Fendeková, David Krčmář, František Malík, Zuzana Makišová, Anna Roháčiková

ABSTRACT

The new methods for evaluation of groundwater aggressive properties according to the international standard STN EN 206-1 and the Slovak national standard STN 03 8375 are proposed in the paper. Methods were applied on the territory of the Vtáčnik Mts. belonging to the Central Slovakian volcanic field. Research results showed that the whole area can be included into one region of aggressive groundwater with the aggressiveness degree XA1. The groundwater aggressiveness is caused mainly by presence of aggressive carbon dioxide. Only in few cases also aggressiveness caused by lowered pH value was showed. Research results were visualised using location map of groundwater aggressiveness in respective towns and villages.

KEY WORDS

groundwater, aggressive properties, assessment methods, neovolcanic rocks, Vtáčnik Mts.

KĽÚČOVÉ SLOVÁ

podzemná voda, agresívne vlastnosti, metodika hodnotenia, neovulkanity, pohorie Vtáčnik

ÚVOD

V roku 2002 bola v Slovenskej republike prijatá nová európska norma pre posudzovanie agresívnosti prostredí EN 206-1 prevzatá v plnom znení ako STN EN 206-1 (STN 73 2403), ktorá v celom rozsahu zrušila dovtedy platnú STN 73 1215. Zároveň je pre hodnotenie korózie oceľových potrubí ešte stále platná STN 03 8375 Ochrana kovových potrubí uložených v půde nebo ve vodě proti korozi z roku 1986 (prevzatá od 1.1.1993).

Pôvodná metodika hodnotenia agresívnych vlastností podzemnej vody, ktorá bola navrhnutá pre účely spracovávania inžinierskogeologických máp Slovenska (Holzer et al., 1989), vychádzala ešte z normy STN 73 1001 Základová půda pod plošnými základy (1966), ktorá predchádzala norme STN 73 1215, schválenej v roku 1983. Autormi podkladových mapových listov agresívnych vlastností podzemných vôd pre inžinierskogeologické mapy Slovenska v práci Holzera et al. (1989) boli pracovníci Katedry hydrogeológie PRIF UK, a to V. Böhm, M. Fendeková a K. Hyánková.

Výsledky hodnotenia agresívnych vlastností podzemných vôd Slovenska založené na zohľadnení limitných hodnôt STN 73 1001 boli publikované najmä v prácach Böhma, Hyánkovej a Fendekovej (1981) a Böhma, Fendekovej a Hyánkovej (1987), ako aj iných.

Metodika použitá v práci Holzera et al. (1989) vychádzajúca z už neplatnej STN 73 1001 je ešte stále súčasťou platnej Smernice Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky na zostavovanie inžinierskogeologických máp (Smernica MŽP SR, 1996). V rokoch 2001 – 2002 boli Roháčikovou a Fendekovou prehodnotené agresívne vlastnosti podzemných vôd Slovenska v zmysle STN 73 1215. Výsledky boli publikované v Atlase krajiny SR (Ministerstvo životného prostredia SR, 2002) a v článku Fendekovej a Roháčikovej (2004).

Doc. RNDr. Miriam Fendeková, CSc., RNDr. David Krčmář, PhD., Mgr. František Malík, Mgr. Zuzana Makišová, Ing. Anna Roháčiková

Katedra hydrogeológie, Prírodovedecká fakulta UK, Mlynská dolina, 842 15 Bratislava, podzvody@fns.uniba.sk

V porovnaní s STN 73 1215 došlo zavedením normy STN EN 206-1 k zásadne odlišnému hodnoteniu agresívnych prostredí. Preto bola v roku 2003 do riešenia úlohy štátneho programu výskumu a vývoja „Kvalita života – zdravie, výživa a vzdelávanie“ (č. 2003 SP 28/OSO 0066/000 00 00), v podprograme „Vplyv stavebných materiálov, konštrukcií a geologických faktorov na kvalitu života v rámci úlohy „Vplyv geologických faktorov na kvalitu života“ v čiastkovej úlohe 02 „Hydrogeologické faktory“ zaradená aj požiadavka vypracovať novú metodiku hodnotenia agresívnych vlastnosti podzemnej vody v zmysle STN EN 206-1 (Fendeková a Roháčiková in Bodiš et al., 2005).

Princípy tejto novo navrhnutej metodiky boli aplikované v predkladanom hodnotení agresívnych vlastností podzemnej vody pohoria Vtáčnik v rámci riešenia grantovej úlohy VEGA č. 1/1025/04.

HODNOTENIE AGRESÍVNYCH VLASTNOSTÍ PODZEMNEJ VODY V ZMYSLE STN EN 206-1

STN EN-206-1 je prevzatou európskou normou EN 206-1, ktorá platí v štátoch Európskej únie. Táto norma zaviedla klasifikáciu 6 druhov vplyvu agresívnych prostredí rozdelených do niekoľkých stupňov, ako je to zrejmé z tab. 1.

Tab. 1: Druhy a stupne vplyvu prostredí podľa normy STN EN 206-1
Tab. 1: Types and degrees of environment influence according to STN EN 206-1 standard

Popis prostredia		Označenie stupňa
1	Bez nebezpečenstva korózie alebo narušenia	XO
2	Korózia vplyvom karbonatácie	XC1, XC2, XC3, XC4
3	Korózia vplyvom chloridov (nie z morskej vody)	XD1, XD2, XD3
4	Korózia vplyvom chloridov z morskej vody	XS1, XS2, XS3
5	Striedavé pôsobenie mrazu a rozmrazovania	XF1, XF2, XF3, XF4
6	Chemické pôsobenie	XA1, XA2, XA3

Hodnotenie agresivity podzemnej vody z pohľadu jej chemického pôsobenia (tab. 2) sa viaže na stanovené hodnoty pH, agresívneho CO_2 a iónov Mg^{2+}, NH_4^+ a SO_4^{2-}. Norma STN EN 206-1 na rozdiel od predchádzajúcich noriem už neuvažuje s vylúhovacími účinkami v dôsledku nízkeho obsahu vápenatých a horečnatých hydrogénuhličitanov. V porovnaní s STN 73 1215 dochádza ku sprísneniu dolných limitov koncentrácií Mg^{2+} a SO_4^{2-}, naopak, horné hranice sa zvýšili. Koncentrácie NH_4^+ sa podstatne znížili pre všetky typy prostredí. Na druhej strane, obsahy agresívneho CO_2 môžu byť podľa tejto normy výrazne vyššie (tab. 2). Klasifikácia chemického prostredia uvedená v tab. 2 platí pre zeminu a podzemnú vodu pri teplote vody/zeminy v rozmedzí +5 °C až +25 °C a *„...pre veľmi miernu rýchlosť vody blížiacu sa nehybnému stavu“* (STN EN 206-1).

Tab. 2: Medzné hodnoty pre stupne chemického pôsobenia podzemnej vody podľa normy STN EN 206-1
Tab. 2: Limit values for degrees of groundwater chemical affecting according to STN EN 206-1 standard

Chemická charakteristika	STN EN 206-1: stupeň vplyvu		
	XA1	XA2	XA3
pH	≤ 6,5 a ≥ 5,5	< 5,5 a ≥ 4,5	< 4,5 a ≥ 4,0
agresívny CO_2 mg.l^{-1}	≥ 15 a ≤ 40	> 40 a ≤ 100	>100 až do nasýtenia
Mg^{2+} mg.l^{-1}	≥ 300 a ≤ 1000	>1000 a ≤ 3000	> 3000 až do nasýtenia
NH_4^+ mg.l^{-1}	≥ 15 a ≤ 30	> 30 a ≤ 60	> 60 a ≤ 100
SO_4^{2-} mg.l^{-1}	≥ 200 a ≤ 600	> 600 a ≤ 3000	> 3000 a ≤6000

V súčasnosti je pre hodnotenie korózie oceľových potrubí stále platná STN 03 8375. Táto norma pre agresívne pôsobenie podzemnej vody na oceľové potrubia uvádza nasledujúce ukazovatele:

- hodnota pH,
- sumárny obsah síranových a chloridových iónov $SO_4^{2-} + Cl^-$ v mg.l^{-1},
- obsah agresívneho oxidu uhličitého – CO_2 agresívny v mg.l^{-1}l.

Agresivita vody na oceľ je hodnotená podľa parametrov uvedených v tab. 3.

Je potrebné poukázať na rozpor medzi textovou a tabuľkovou časťou normy, kde na strane 4 v bode 34 sa hovorí o určení síranov a chloridov, ako aj agresívneho oxidu uhličitého vo vodách, avšak v tab. 2 Agresivita pôd a vod na ocel (str. 15) je uvedený

sumárny obsah SO_3 a Cl bez uvedenia formy výskytu (ión alebo plynná zložka???). Pri hodnotení agresivity na oceľ teda predpokladáme, že hodnotenou agresívnou zložkou sú sírany, tak, ako je to uvedené v textovej časti normy na str. 4.

METODICKÝ POSTUP HODNOTENIA AGRESÍVNYCH VLASTNOSTÍ PODZEMNEJ VODY V ZMYSLE STN EN 206-1

Návrh metodiky hodnotenia agresívnych vlastností podzemných vôd vychádzal z riešenia nasledovných okruhov problémov (Fendeková a Roháčiková in Bodiš et al., 2005):

a) priestorové pokrytie územia dokumentačnými bodmi,
b) zdroje vstupných dát,
c) výber ukazovateľov agresívnych vlastností podzemných vôd,
d) spôsob hodnotenia,
e) interpretácia získaných výsledkov,
f) grafické vyjadrenie získaných výsledkov.

Všetky tieto okruhy problémov sú dôležité pre získanie relevantných podkladových údajov pre hodnotenie agresívnosti podzemnej vody voči betónovým, resp. oceľovým konštrukciám, s ktorými podzemná vody prichádza do styku.

A) PRIESTOROVÉ POKRYTIE ÚZEMIA

Hustota pokrytia územia môže byť rozdielna v závislosti od mierky, v ktorej sa vykonáva hodnotenie, typu a intenzity využívania krajiny a od geologického prostredia.

Pre územia hodnotené v mierke 1:50 000 a viac bola navrhnutá hustota jeden dokumentačný bod na plochu 10 km^2 v území, ktoré je intenzívne antropogénne využívané a je predpoklad ovplyvnenia primárnych vlastností podzemných vôd antropogénnou činnosťou. Hustota jeden dokumentačný bod na 20 km^2 bola navrhnutá pre stredné a vyššie časti povodí charakteristické nižšou hustotou osídlenia, resp. v geologicky rovnorodejších územiach. Takáto hustota dokumentačných bodov vychádza z predpokladu, že celé územie Slovenskej republiky bolo v druhej polovici minulého desaťročia pokryté rovnomernou sieťou odberov podzemných vôd pre účely zostavenia geochemického atlasu (Rapant et al., 1996) a teda existuje dostatočné množstvo podkladových údajov, ktoré boli získané rovnakou metodikou v relatívne krátkom časovom rozmedzí. V prípade, že by sa pri analýze vstupných údajov ukázali „biele miesta“, je potrebné vykonať dodatočné vzorkovanie podľa uváženia spracovateľa – riešiteľa úlohy.

B) ZDROJE VSTUPNÝCH DÁT

Ako vstupné dáta sú využívané chemické analýzy podzemných vôd z rôznych zdrojov, a to tak z archívnych materiálov, ako aj nové analýzy z účelových odberov.

Pri zbere údajov sa odporúča uplatňovať nasledovné pravidlá:

- Základom databázy údajov pre hodnotenie a mapové spracovanie agresívnych vlastností podzemných vôd sú údaje excerpované zo záverečných správ inžinierskogeologických a hydrogeologických prieskumov a ďalších archivovaných prác regionálneho charakteru z archívu Geofondu, resp. iných dostupných archívov. Vzhľadom na aktuálnosť údajov bolo odporúčané uvažovať s časovým ohraničením rokom 1980.

- Súčasťou excerpovaných údajov sú údaje o hladine podzemnej vody, prípadne o jej kolísaní.

V prípade nedostatku údajov o agresívnych vlastnostiach vody sa odporúča vykonať doplnkové vzorkovanie podľa nasledovných pravidiel:

- Hustota vzorkovania v rámci danej úlohy je cca 1 vzorka na 5 km^2 (štatisticky).

- Vzorkovanie je prednostne orientované na:

- oblasti s malou početnosťou archívnych údajov,
- časti územia s priepustnejšími horninami,
- oblasti s vyšším zvodnením plytkých polôh horninového prostredia,
- odbery vzoriek minerálnych vôd,
- odbery vzoriek banských vôd,
- iné stresové javy (skládky ap.).

- V rámci vzorkovania sa zamerajú hladiny podzemnej vody.

- Pri odbere vzorky sa na mieste stanovujú nasledovné základné údaje:

- pH,
- teplota vody,
- elektrolytická vodivosť (EC),
- kyselinová neutralizačná kapacita $KNK_{8,3}$ ($ANC_{8,3}$).

- Vzorka na stanovenie agresívneho CO_2 sa zakonzervuje na mieste odberu.

- Účelová chemická analýza obsahuje stanovenia parametrov spôsobujúcich agresívne vlastnosti podzemnej vody a to:

- obsah NH_4^+,
- obsah Mg^{2+},
- obsah Cl^-,
- obsah SO_4^{2-},
- obsah agresívneho CO_2.

C) VÝBER UKAZOVATEĽOV AGRESÍVNYCH VLASTNOSTÍ PODZEMNÝCH VÔD

Výber ukazovateľov agresívnych vlastností pre metodiku ich hodnotenia vychádzal z príslušných platných noriem, a to STN EN 206-1 (73 2403) – Betón, Časť 1: Špecifikácia, vlastnosti, výroba a zhoda a STN 03 8375 Ochrana kovových potrubí uložených v pôde nebo ve vodě proti korozi z roku 1986 (prevzatá od 1.1.1993).

Podľa STN EN 206-1 (73 2403) sú pre agresívne pôsobenie vody na betón hodnotené ukazovatele:
- obsah síranových iónov – SO_4^{2-} ($mg.l^{-1}$),
- hodnota pH,
- obsah agresívneho oxidu uhličitého – agresívny CO_2 ($mg.l^{-1}$),
- obsah amónnych iónov – NH_4^+ ($mg.l^{-1}$),
- obsah horečnatých iónov – Mg^{2+} ($mg.l^{-1}$).

Podľa STN 03 8375 sú pre agresívne pôsobenie podzemnej vody na oceľové konštrukcie hodnotené ukazovatele:
- hodnota pH,
- sumárny obsah síranových a chloridových iónov – $SO_4^{2-} + Cl^-$ ($mg.l^{-1}$),
- obsah agresívneho oxidu uhličitého – agresívny CO_2 ($mg.l^{-1}$).

D) SPÔSOB HODNOTENIA

Pri vlastnom hodnotení agresívnych vlastností bol odporúčaný nasledovný postup prác:
- zostavenie databázy archívnych a novozískaných údajov o obsahoch agresívnych zložiek vôd v programe kompatibilnom s použitým GIS-ovským programom tvorby máp agresívnych vlastností. V hodnotení sa odporúča zohľadniť len podzemné vody plytkých horizontov (do 20 m pod terénom), resp. podzemnú vodu vytekajúcu na zemský povrch v prameňoch,
- vlastné hodnotenie agresívnych vlastností v zmysle platných noriem,
- napojenie databázy na GIS-ovský program zobrazovania výsledkov,
- grafické vyjadrenie získaných výsledkov.

E) INTERPRETÁCIA ZÍSKANÝCH VÝSLEDKOV

V zmysle normy STN EN 206-1 (73 2403) je voda podľa jej agresívnych vlastností zaraďovaná do štyroch stupňov: voda bez agresívneho pôsobenia – označená symbolom X0, voda slabo agresívna – označená symbolom AX1, voda stredne agresívna – označená symbolom AX2 a voda silne agresívna – označená symbolom AX3. Pokiaľ dve alebo viac chemických charakteristík sú zaradené do rovnakého stupňa agresivity, je nutné použiť pri hodnotení najbližší vyšší stupeň (pokiaľ osobitná štúdia pre tento špecifický prípad nepreukáže, že to nie je nutné). Osobitne je hodnotená agresivita na oceľ podľa STN 03 8375 v štyroch stupňoch: veľmi nízka I., stredná II., zvýšená III. a veľmi vysoká IV.

F) GRAFICKÉ VYJADRENIE ZÍSKANÝCH VÝSLEDKOV

Grafické znázornenie získaných výsledkov pozostáva z:
- vyjadrenia agresívnych vlastností podzemnej vody terčovou metódou,
- vytvorenia rajónov agresívnych vlastností podzemných vôd v hodnotenom území,
- vytvorenia účelových máp agresívnych vlastností podzemných vôd.

Vyjadrenie agresívnych vlastností podzemnej vody terčovou metódou

V terčovom vyjadrení sú znázornené osobitne ukazovatele agresivity na betón a na oceľ. Kruhový terč je rozdelený na minimálne štyri kvadranty. Vyplnený kvadrant (farbou alebo šrafou) charakterizuje pod/nadlimitný obsah agresívnej zložky – zložka pôsobí neagresívne/agresívne, nevyplnený kvadrant indikuje neuskutočnené hodnotenie príslušnej zložky, napríklad v dôsledku chýbajúcich údajov.

Zložky agresívne pôsobiace na betón:
- pH,
- horečnaté ióny ($mg.l^{-1}$),
- síranové ióny ($mg.l^{-1}$),
- agresívny oxid uhličitý ($mg.l^{-1}$).

STN EN 206-1 predpisuje aj hodnotenie obsahu amónnych iónov. Táto zložka sa však na Slovensku v absolútnej väčšine prípadov vyskytuje v podlimitných koncentráciách, preto bolo v návrhu metodiky (Fendeková a Roháčiková in Bodiš et al., 2005) navrhnuté rozdelenie terča na viac ako 4 kvadranty iba v osobitných prípadoch.

Zložky agresívne pôsobiace na oceľ:
- pH,
- suma síranových + chloridových iónov ($mg.l^{-1}$),
- agresívny oxid uhličitý ($mg.l^{-1}$).

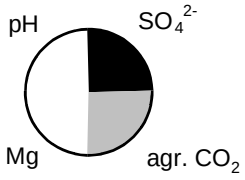
Stupeň agresívneho pôsobenia je možné vyjadriť vyplnením príslušného kvadrantu terča príslušnou farbou výplne semaforovým spôsobom osobitne pre každú agresívnu zložku. Podlimitný obsah agresívnej zložky je vyjadrený zelenou farbou výplne, slabo agresívne prostredie je vyjadrené žltou farbou, stredne agresívne prostredie oranžovou a vysoko agresívne prostredie červenou farbou výplne. Pre účely čiernobielej reprodukcie výsledkov je možné farbu

nahradiť vhodne zvolenou šrafou alebo odtieňom šedej farby (obr. 1).

Vytvorenie rajónov agresívnych vlastností podzemných vôd

Pre účely rajonizácie sú vytvorené štyri kategórie rajónov zohľadňujúcich pôsobenie vody, a to rajóny neagresívnych , slabo agresívnych, stredne agresívnych a silne agresívnych vôd. Hranice rajónov zohľadňujú geologické prostredie výstupu vôd, resp. spôsob a stupeň antropogénneho využitia krajiny. Stupeň agresivity v rajóne je určovaný obsahom agresívnej zložky v danom stupni najmenej v 10 % analýz.

Obr. 1: Jednoduché terčové vyjadrenie agresívne pôsobiacej zložky
Fig. 1: Simple disc illustration of aggressiveness raising compound



Zostavenie účelových máp agresívnych vlastností podzemných vôd

Získané výsledky hodnotenia agresívnych vlastností podzemných vôd umožňujú zostaviť účelové mapy agresívnych vlastností. Patria k nim:

monoprvkové mapa stupňa agresivity jednotlivých agresívnych zložiek,

mapa rajónov agresívnych vlastností podzemných vôd,

lokalitná mapa vôd agresívnych na betón a na oceľ.

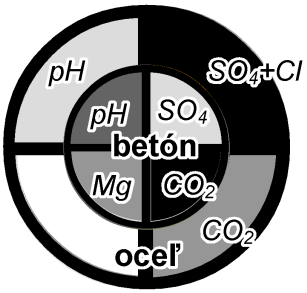
Účelové mapy agresívnych vlastností podzemných vôd sa zostavujú v mierke, ktorá závisí od účelu a potrieb riešenia konkrétnej úlohy alebo projektu.

Monoprvkové mapy stupňa agresivity slúžia na vyjadrenie priestorového rozloženia výskytu danej agresívnej zložky v území. Zostavujú sa osobitne pre každú agresívnu zložku, teda pre pH, Mg^{2+}, SO_4^{2-} a pre agresívny CO_2. V prípade hodnotenia agresivity na oceľ sú to pH, SO_4^{2-} + Cl^- a agresívny CO_2. Mapa obsahuje bodové značky v mieste zistenia príslušného ukazovateľa vo farebnej škále zelená – žltá – oranžová – červená pre stupne agresívneho pôsobenia uvedené vyššie. Okrem bodových značiek mapa obsahuje aj riečnu sieť, významnejšie sídla a vysvetlivky. Monoprvkové mapy môžu byť samostatnou prílohou správy alebo prídavnou mapkou v inej mape.

Mapa rajónov agresívnych vlastností podzemných vôd slúži na vyjadrenie agresívnych vlastností podzemných vôd na betón komplexne pre všetky agresívne zložky v závislosti na stupni ich agresívneho pôsobenia. Pri zostavovaní mapy rajónov agresívnych vlastností sa vyčlenia rajóny s rovnakým stupňom agresivity v zmysle vyššie uvedeného navrhnutého spôsobu vytvorenia rajónov agresívnych vlastností podzemných vôd. Stupne agresivity sú odlíšené farebne v škále zelená (neagresívne prostredie) – žltá (slabo agresívne prostredie) – oranžová (stredne agresívne prostredie) – červená (silne agresívne prostredie). Súčasťou mapy rajónov je terčové vyjadrenie agresivity podzemných vôd na betón s vyplnením príslušného kvadrantu pre výskyt agresívnej zložky v danom stupni. Mapa obsahuje aj riečnu sieť, významnejšie sídla, významné zdroje znečistenia a vysvetlivky. V prípade, že vyčlenený rajón pokrýva územie výrazne ovplyvnené antropogénnou činnosťou, napr. priemyselnou výrobou alebo banskou činnosťou, odporúča sa ku kruhovému terču lokalizovať veľké písmeno „**A“** signalizujúce pravdepodobný antropogénny pôvod agresívnych zložiek. Ako prídavné mapy v menšej mierke môžu byť k tejto mape pripojené monoprvkové mapy stupňa agresivity vybraných agresívnych zložiek a schematická geologická mapa.

Lokalitná mapa vôd agresívnych na betón a na oceľ slúži na vyjadrenie výskytu agresívnych vôd v konkrétnej lokalite. Lokalitou je pre účel tejto mapy chápané územie prislúchajúce obci resp. mestu, pričom výsledný stupeň a druh agresivity je vyhodnotený na základe sumarizácie všetkých údajov databázy prislúchajúcich danému sídlu. Prítomnosť agresívnych zložiek vo vodách je v mape znázornená kruhovým terčom s farebnou výplňou kvadrantov podľa stupňa agresívneho pôsobenia jednotlivých zložiek v zmysle vyššie uvedeného spôsobu grafického vyjadrenia agresívnych vlastností podzemných vôd. Pôsobenie agresívnych zložiek podzemnej vody na betón a na oceľ je hodnotené formou sústredného terča, pričom jeho vnútorná časť zobrazuje agresívne pôsobenie zložiek vody na betón a vonkajšia časť na oceľ (obr. 2). Mapový podklad tvorí riečna sieť, sídla hodnoteného územia a prípadne ich hranice. Na mape môžu byť aj znázornené aj významné zdroje znečistenia, mapa obsahuje vysvetlivky. Ako prídavné mapky môžu byť pripojené monoprvkové mapy agresívnych vlastností podzemných vôd, mapa rozkyvu hladiny podzemnej vody a mapa hĺbok hladiny podzemnej vody.

Obr. 2: Terčové vyjadrenie súčasného posúdenia agresivity podzemnej vody na betónové a kovové konštrukcie
Fig. 2: Disc illustration of contemporaneous assessment of groundwater aggressiveness on concrete and metallic constructions



ZÍSKANÉ VÝSLEDKY

Metodiku sme v rámci riešenia projektu VEGA č. 1/1025/04 aplikovali na území pohoria Vtáčnik. Toto pohorie je budované neovulkanickými horninami. Územie je spracované v geologickej mape 1:50 000 (Šimon et al., 1997). Hlavné črty vývoja neovulkanitov pohoria Vtáčnik v rámci stredoslovenského neovulkanického poľa hodnotil Šimon (2000). Podzemné vody Vtáčnika hodnotili Franko et al. (1996). Hydrogeologické pomery územia v rámci hodnotenia hydrogeologických pomerov Hornonitrianskej kotliny spracovali Franko et al. (1997) vychádzajúc z hydrogeologickej mapy Horninitrianskej kotliny v mierke 1:50 000 (Franko et al., 1993). Vzťah obyčajných a minerálnych vôd v Hornonitrianskej kotline hodnotili Fendek et al. (1997), pričom dokumentovali 11 – 15 mesačný posun v režime výdatností obyčajných vôd a minerálnych vôd vyvierajúcich, resp. zachytených vrtmi v kúpeľoch Bojnice.

Neovulkanické horniny, hlavne efuzívne, patria medzi hydrogeochemicky málo aktívne horniny, čo obyčajne má za následok objavenie sa určitého druhu agresívnych vlastností podzemnej vody. Najčastejšie je agresivita spôsobená nízkou hodnotou pH. V prípade prítomnosti sulfidického zrudnenia sa často objavuje aj agresivita spôsobená zvýšeným obsahom síranov. Tektonické pomery majú často za následok zvýšené koncentrácie oxidu uhličitého prítomného vo vode, pričom v neovulkanických horninách je tento prítomný aj v agresívnej forme.

Ako vstupné dáta sme použili 133 chemických analýz podzemných vôd. Z nich bolo 131 excerpovaných z Geochemického atlasu SR (Rapant et al., 1996) a dve analýzy pochádzali z výsledkov terénneho výskumu Katedry hydrogeológie z roku 2006. Analýzy v 120 prípadoch pochádzajú z prameňov, 10 zo studní, dve vzorky reprezentujú výtoky zo štôlne, a jedna je z vrtu. Lokalizácia vzoriek použitých pre analýzu a typ odberného miesta je uvedená na obr. 3.

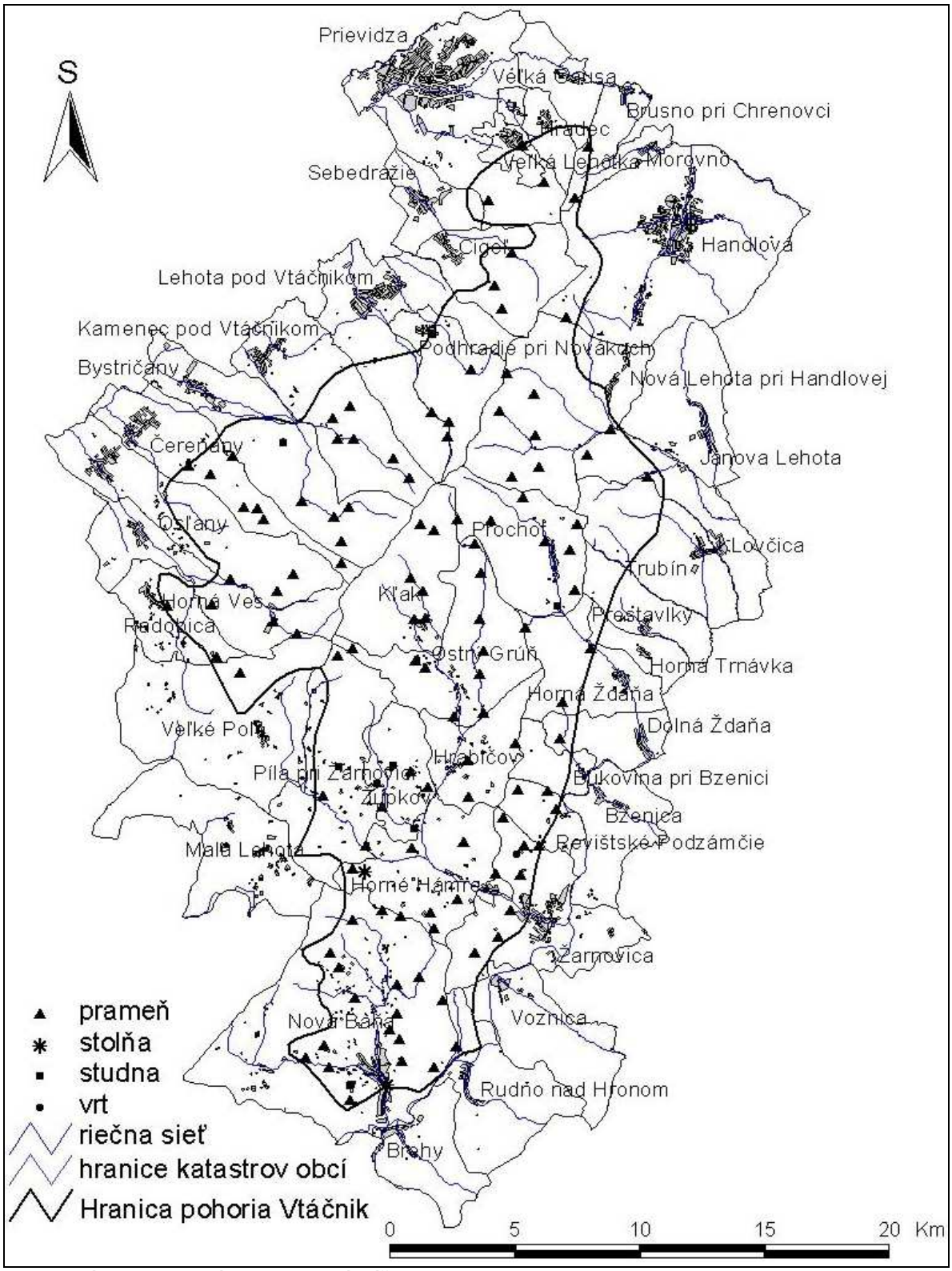
Z týchto analýz boli následne vyseparované fyzikálne a chemické parametre vyžadované normami STN EN 206-1 a STN 03 8375 a spracované metodikou navrhnutou Fendekovou a Roháčikovou (in Bodiš et al., 2005).

Vyhodnotenie výsledkov ukázalo, že v hodnotenom území sa vyskytovali agresívne vlastnosti podzemnej vody spôsobené v 63 prípadoch nadlimitnými koncentráciami agresívneho oxidu uhličitého, v 8 prípadoch hodnotou pH nedosahujúcou normové hodnoty. Len v jednom prípade bola dokumentovaná nadlimitná koncentrácia síranov. V žiadnej z analýz neboli dokumentované nadlimitné koncentrácie horčíka ani amónnych iónov, ako to dokumentuje tab. 4.

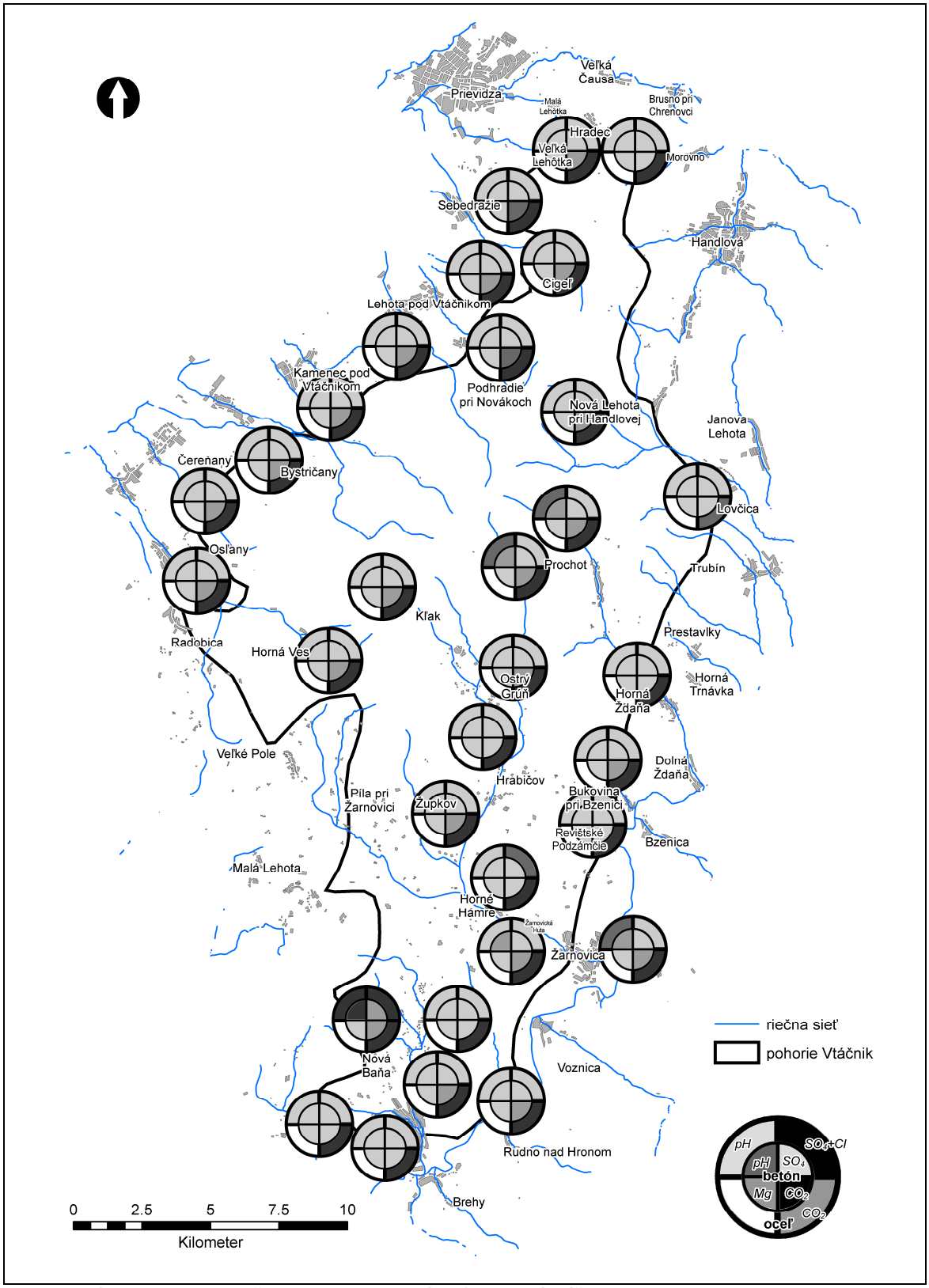
Súčasný výskyt agresivity v dvoch ukazovateľoch bol zaznamenaný v 6 prípadoch, z toho v piatich prípadoch sa vyskytovala súčasne agresivita vplyvom prítomnosti agresívneho CO_2 a zníženej hodnoty pH a v jednom prípade vplyvom zvýšenej koncentrácie síranov a zníženej hodnoty pH. V prípade výskytu agresivity to bola vo väčšine prípadov agresivita stupňa XA1, len v troch prípadoch sa vyskytla agresivita v stupni XA2.

Monoprvková mapa výskytu agresívneho oxidu uhličitého dokumentovala rovnomerné rozdelenie výskytu agresívnych vôd v celom území s hodnotou výskytu vyššou ako 10 % celkového počtu analýz, preto bolo možné vyčleniť jeden rajón slabo agresívnych podzemných vôd pokrývajúcich celé hodnotené územie. Podzemné vody s agresivitou spôsobenou zníženou hodnotou pH sa vyskytovali v páse lemujúcom východný okraj územia.

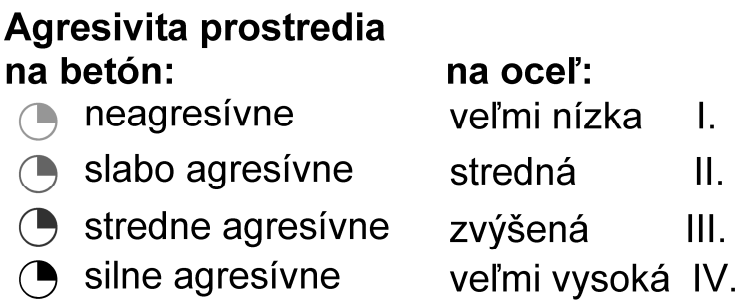
Z pohľadu zostavenia lokalitnej mapy výskytu agresívnych podzemných vôd (obr. 4) bol najvyšší počet výskytov dokumentovaný v katastrálnom území mesta Nová Baňa (11) a obcí Bystričany (7), Kamenec pod Vtáčnikom (4), Lehota pod Vtáčnikom (4) a Horná Ves (4). Neagresívne vody bol zistené v katastrálnych územiach obcí Horná Ždaňa, Horné Hámre, Janova Lehota, Revištské Podzámčie a Hradec. Vysvetlivky k tejto mape sú na obr. 5.



Obr. 3: Lokalizácia a typ odberných miest v pohorí Vtáčnik
Fig. 3: Location and type of sampling points in the Vtáčnik Mts.



Obr. 4: Lokalitná mapa druhov a stupňov agresivity podzemných vôd v pohorí Vtáčnik
Fig. 4: Location map of groundwater aggressiveness types and degrees in the Vtáčnik Mts.



Obr. 5: Vysvetlivky k lokalitnej mape druhov a stupňov agresivity podzemných vôd v pohorí Vtáčnik
Fig. 5: Explanation to the location map of groundwater aggressiveness types and degrees in the Vtáčnik Mts.

Tab. 4: Sumarizácia výskytov agresívnych zložiek v podzemnej vode pohoria Vtáčnik
Tab. 4: Summary of aggressive compounds occurrence in groundwater of the Vtáčnik Mts.

Agresivita na betón					
	SO_4^{2-}	pH	CO_2 agr.	Mg^{2+}	NH_4^+
Neagresívne prostredie	132	125	70	133	133
Stupeň agresivity XA1	1	7	61	0	0
Stupeň agresivity XA2	0	1	2	0	0
Stupeň agresivity XA3	0	0	0	0	0

Agresivita na oceľ			
	$SO_4^{2-} + Cl^-$	pH	CO_2 agr.
Veľmi nízka I.	131	126	9
Stredná II.	0	0	
Zvýšená III.	1	6	124
Veľmi vysoká IV.	1	1	z toho 9 v intervale (0; 5)

Vo väčšine lokalít prevládajú slabo agresívne vody z pohľadu prítomnosti oxidu uhličitého agresívneho na betón. Z dôvodu nejasnej špecifikácie stupňa agresivity podzemnej vody na oceľ pri hodnotení koncentrácií agresívneho oxidu uhličitého podľa STN 03 8375 (hodnota 0 $mg.l^{-1}$ pre veľmi nízku I. a strednú II. agresivitu, hodnota 5 $mg.l^{-1}$ pre zvýšenú III. a veľmi vysokú IV. agresivitu) vo všetkých 32 lokalitách bola stanovená zvýšená až veľmi vysoká agresivity podzemnej vody. Najagresívnejšie vody tak na betón, ako aj na oceľ boli dokumentované v Novej Bani, Sebedraží a Podhradí pri Novákoch.

ZÁVER

Zostavenie metodiky hodnotenia agresívnych vlastností podzemnej vody z pohľadu limitných hodnôt normy STN EN 206-1 umožnilo formulovať nasledujúce odporúčania:

V zmysle STN EN 206-1 je potrebné osobitne hodnotiť chemicky znečistené podzemné vody, ktoré môžu obsahovať chemikálie rozrušujúce betón a ktoré sa môžu vyskytovať najmä v miestach špecifických zdrojov znečistenia.

Spôsob grafického znázornenia agresívnych vlastností terčovou metódou je možné primerane modifikovať v súlade s riešenou úlohou, možnosťami použitého softvéru a formou tlače, napr. jedným dvojitým terčom pre agresívne pôsobenie vody na betón a na oceľ, resp. vytvorením dvoch samostatných terčov, pričom výplň výsekov môže byť buď farebná, alebo odstupňovaná odtieňmi šedej farby, alebo rôzne šrafovaná.

Je potrebné revidovať normu STN 03 8375. V prvom rade je nutné zosúladiť text normy s tabuľkou č. 2 čo do obsahu SO3 + Cl (v tabuľke), resp. SO42- + Cl- (v texte). Ďalej je potrebné prehodnotiť filozofiu limitných hodnôt pH, pretože zo súčasného stavu vyplýva, že voda s akoukoľvek možnou hodnotou pH je vodou agresívnou na oceľ. Tiež je potrebné prehodnotiť limitné hodnoty pre pôsobenie agresívneho oxidu

uhličitého (rovnaké hodnoty pre I. a II. stupeň a pre III. a IV. stupeň), resp. špecifikovať spolupôsobenie jednotlivých agresívnych zložiek.

Platná Smernica Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky na zostavovanie inžinierskogeologických máp (1996) vychádza pri hodnotení agresívnych vlastností podzemných vôd z STN 73 1001. Odporúčame novelizáciu tejto smernice a jej uvedenie do súladu s platnou normou STN EN 206-1.

Pri projektovaní nových inžiniersko-technických diel väčšieho rozsahu situovaných v územiach s preukázanou prítomnosťou agresívnych podzemných vôd odporúčame v rámci inžinierskogeologického prieskumu vykonať nové vzorkovacie práce, stanoviť a vyhodnotiť aktuálne hodnoty agresívnych zložiek podzemných vôd.

Z aplikácie novej metodiky v území neovulkanického pohoria Vtáčnik vyplynul poznatok o výskyte slabo agresívnych podzemných vôd s agresivitou spôsobenou prevažne zvýšenými koncentráciami agresívneho oxidu uhličitého v tomto type horninového prostredia. Predpoklad výskytu takýchto vôd je reálny aj pre iné pohoria patriace do hydrogeologického celku hornín vulkanického neogénu, pričom v oblastiach so zvýšeným výskytom sulfidického zrudnenia pribudne aj agresivita spôsobená zvýšenými koncentráciami síranov a stupeň agresivity v dôsledku nízkych hodnôt pH a zvýšených koncentrácií síranov sa môže zvýšiť.

POĎAKOVANIE

Príspevok bol vypracovaný na základe metodických výsledkov úlohy štátneho programu výskumu a vývoja „Kvalita života – zdravie, výživa a vzdelávanie“ č. 2003 SP 28/OSO 0066/000 00 00, podprogramu „Vplyv stavebných materiálov, konštrukcií a geologických faktorov na kvalitu života“, jeho úlohy „Vplyv geologických faktorov na kvalitu života“ v rámci čiastkovej úlohy 02 „Hydrogeologické faktory“ a jeho praktickej aplikácie ako súčasti riešenia grantovej úlohy VEGA č. 1/1025/04 (zodp. riešiteľ M. Fendeková).

LITERATÚRA

Atlas krajiny Slovenskej republiky 2002. 1. vyd. Ministerstvo životného prostredia SR Bratislava, 244 s.

Bodiš, D. et al. 2005: Záverečná správa riešenia úlohy: Vplyv geologických faktorov na kvalitu života. MRRaV SR, Bratislava.

Böhm V., Hyánková K. a Fendeková M. 1981: Poznatky o agresívnych vodách na území ČSSR a význam ich sledovania. Zb. z konferencie: „50 rokov skúmania podzemných vôd na Slovensku“. Publ. ČSVTS pri HMÚ Bratislava. Piešťany. VIII/1-9.

Böhm V., Fendeková M. a Hyánková K. 1987: Rayonierung der Grundwässer der SSR nach der Stufe ihrer Agresivität. Acta geologica et geographica Universitatis Comenianae. Geologica. Bratislava. Nr. 43. 155 - 164.

Fendek, M., Jezný, M. a Fendeková, M. 1997: Režim a vzájomné vzťahy obyčajných a minerálnych vôd v oblasti Bojníc. Podzemná voda III./1997, č. 1, 80-94.

Fendeková, M. a Roháčiková, A. 2004: Agresívne vlastnosti podzemných vôd Slovenskej republiky. Podzemná voda X./2004, č. 2, 10-17.

Franko, O., Kullman, E., Melioris, L. a Vrana, K. 1993: Hydrogeologická mapa Hornonitrianskej kotliny 1:50 000. Manuskript. Archív Geofondu, Bratislava.

Franko, O., Kullman, E., Melioris, L. a Vrana, K. 1997: Hydrogeológia Hornej Nitry. Podzemná voda III./1997, č. 1, 56-79.

Franko, O., Šimeček, M., Jahodník, L., Dovina, V. a Škvarka, L. 1996: Podzemné vody Vtáčnika a ich využívanie. Podzemná voda 2/1996, č. 2, 37-46.

Holzer R., Hrašna M., Letko V., Ondrášik R. a Wagner P. 1989: Atlas inžinierskogeologických máp SSR: 1 : 200 000. Publ. SGÚ. Bratislava.

Rapant, S., Vrana, K. a Bodiš, D. 1996: Geochemický atlas Slovenska. Bratislava: ŠGÚDŠ, 124 s.

Šimon, L. 2000: Evolution of volcanics of the Vtáčnik Mts. in the Central Slovakia Neogene volcanic field. Mineralia Slovaca, 32 (2000), 227-229.

Šimon, L., Elečko, M., Lexa, J., Pristaš, J., Halouzka, R., Konečný, V., Gross, P., Kohút, M., Mello, J., Polák, M., Havrila, M. a Vozár, J. 1997: Geologická mapa Vtáčnika a Hornonitrianskej kotliny. GSSR, vyd. D. Štúra, Bratislava.

METHODS OF GROUNDWATER AGGRESSIVE PROPERTIES EVALUATION ACCORDING TO THE SLOVAK TECHNICAL STANDARD STN EN 206-1 AND ITS APPLICATION IN THE VTÁČNIK MOUNTAINS

SUMMARY

New European legislation for assessment of the environment aggressiveness was implemented in the Slovak Republic in 2002. The European standard No. EN 206-1 was accepted as the Slovak technical standard No. STN EN 206-1 (STN 73 2403) Concrete. Part 1: Specification, performance, production and conformity. Assessment of the steel pipelines corrosion is still performed by application of the Slovak technical standard No. STN 03 8375 Corrosion protection of underground metallic pipelines accepted in 1986 (taken over since 1.1.1993).

The original methods of groundwater aggressiveness assessment, proposed for compilation of engineering geological maps of Slovakia (Holzer et al., 1989) was based on the former Slovak technical standard No. STN 73 1001 Foundation soil under flat foundations (1966), which predeceased the standard No. STN 73 1215 Concrete structures. Classification of aggressive environments accepted in 1983. Members of the Department of Hydrogeology of the Faculty of Natural Sciences, Comenius University in Bratislava V. Böhm, M. Fendeková and K. Hyánková were authors of aggressiveness maps used for compilation of engineering geological map sheets The results of groundwater aggressiveness evaluation according to limit values put in STN 73 1001 were published mainly by Böhm, Hyánková and Fendeková (1981) and Böhm, Fendeková and Hyánková (1987).

The new map of groundwater aggressiveness of Slovakia compiled according to the STN 73 1215 was published by Roháčiková and Fendeková in the Landscape atlas of Slovakia (2002) and later by Fendeková and Roháčiková (2004).

Working out of the new methods for groundwater aggressiveness evaluation was necessary because of the new European legislation implementation in 2002. Therefore a partial task comprising the working out of new methods was implemented into a State research and development program „Life quality – health, nourishment and education"(under No. 2003 SP 28/OSO 0066/000 00 00), within the sub-program „Influence of building materials, constructions and geological factors on the life quality" in the task „Influence of geological factors on the life quality" and sub-task 02 „Hydrogeological factors". The final report of the project was accepted in September 2006. This new method was applied in the area of the neovolcanic mountains Vtáčnik.

The new methods define basic items of data mining, database compilation, selection of evaluation criteria, ways of assessment, results interpretation and graphical results visualization. As a result, groundwater affecting concrete can be classified into four aggressiveness degrees as follows: non aggressive groundwater labeled X0, weak aggressive groundwater labeled XA1, medium aggressive groundwater labeled XA2 and strongly aggressive groundwater labeled XA3. The similar scheme is used for evaluation of groundwater aggressiveness affecting metallic constructions (mainly pipelines) were the aggressive groundwater is divided into four degrees as very low I., medium II., increased III. and very high IV. aggressiveness degree. Aggressive properties are showed using either disc graph divided into four or more parts (each for the respective aggressive compound) and filled by different colors from green (non aggressive) to red (strongly aggressive) according to aggressiveness degree. Contemporary assessment of groundwater aggressiveness affecting concrete and metallic constructions can be visualized by a double disc (see Fig. 2). For spatial visualization of aggressive groundwater occurrence, regionalization maps can be created containing regions with the same aggressiveness degree expressed by color. Aggressiveness type is expressed by a disc located within the respective region boundaries. Some other maps-of-purpose can be compiled as well, as mono-elemental maps of groundwater aggressiveness type (due to pH value, presence of aggressive carbon dioxide, sulfates, magnesium or ammonium ions) expressing aggressiveness degree in each sampling point, or location maps describing aggressive groundwater type occurrence in respective towns and villages of the evaluated area.

The new methods were used on the territory of the neovolcanic Vtáčnik Mts. located in the central part of Slovakia. Samples from 133 points were used for groundwater aggressiveness evaluation. It was showed that the whole area belong to one region with weak groundwater aggressiveness. The main reason of aggressiveness occurrence is presence of aggressive carbon dioxide (in 63 cases from 133 in total), in a few cases also lower pH values were proved and in only one case increased sulfates content

was the reason for aggressiveness occurrence. Magnesium and ammonium ions overstepping the limit values of the STN EN 206-1 were not proved. Location map was compiled as showed in Fig. 4 and 5.
The same type of aggressiveness can be supposed also in other areas built by neovolcanic effusive rocks. Presence of sulfides in the rock environment can cause another type of groundwater aggressiveness due to increased contents of sulfate ions and low pH values. The aggressiveness degree can be the same or can even increase.