

# IDENTIFIKÁCIA HYDROLOGICKÉHO SUCHA V HLADINOVOM REŽIME PODZEMNÝCH VÔD V POVODÍ LABORCA

Dagmar Stojkovová

**Anotácia:** Príspevok sa zaoberá metódami identifikácie hydrologického sucha a klasifikáciou závažnosti sucha v hladinovom režime podzemných vôd v povodí Laborca. Medzi použité metódy identifikácie výskytu sucha patrí index SDI použitý pri prietokoch, index SWI pri hladinách podzemných vôd, 90. percentil priemernej dlhodobej prahovej hodnoty a klasifikácia závažnosti sucha podľa SDSI hodnôt. Výskyt sucha je hodnotený v štyroch monitorovacích objektoch, v ktorých je sledovaný priebeh hladín podzemnej vody akumulovanej v kvartérnych sedimentoch.

**Kľúčové slová:** meteorologické sucho, hydrologické sucho, závažnosť sucha

Dagmar Stojkovová: Identification of hydrological drought in groundwater level regime in the Laborec river basin

**Annotation:** The paper deals with identification methods of hydrological drought and drought severity classification in groundwater level regime in the Laborec river basin. Among the used methods identifying the drought occurrence belong indexes such as SDI by discharges, SWI by groundwater levels, the average long-term threshold level of the 90th percentile and the drought severity classification by SDSI values. Drought occurrence is evaluated in the four monitoring wells, in which the course of groundwater levels (stored in the Quaternary sediments) is observed.

**Key words:** meteorological drought, hydrological drought, drought severity

## ÚVOD

Režim podzemných vôd je definovaný ako dynamický proces zmien v jeho výskyte a obehu, vyvolaný prírodnými a umelými činiteľmi, prejavujúcimi sa zmenami v prúde, kolísaní hladiny, výdatnosti, zmenami fyzikálnych vlastností, chemického zloženia a pod. Režim podzemných vôd v určitom území ovplyvňuje rad rôznych činiteľov, a to predovšetkým geologická stavba, ale i hydrogeologické, geomorfologické, klimatické, hydrologické pomery, vegetácia a činnosť človeka (Dubá, 1968).

Hladina podzemných vôd vyjadruje okamžitú zásobu podzemných vôd. Jej zmena odráža podmienky dopĺňania podzemných vôd a aj odvodnenia. Miera dopĺňania je ovplyvnená i vlastnosťami pôdy (Tallaksen a van Lanen, eds., 2004), vegetačným pokryvom a hĺbkou hladiny podzemnej vody, ktorá môže byť ovplyvnená i evapotranspiráciou. Znížené dopĺňanie podzemných vôd môže byť spôsobené suchom, ktoré sa začína prejavovať najprv v atmosfére, a to nedostatkom zrážok. Wilhite a Glantz (1985) rozčlenili súbor definícií sucha do štyroch kategórií, a to na sucho meteorologické, hydrologické, poľnohospodárske a socio-ekonomické. Sucho v podzemnej zložke hydrosféry sa zaraďuje k hydrologickému suchu.

Hodnotený územie je situované vo flyšovom pásme (Bezák a kol., 2009), kde vystupuje duklianska jednotka a z magurskej skupiny príkrovov je tu zastúpená račianska a krynická jednotka. V hodnotených objektoch podzemnej vody je zachytená voda akumulovaná v kvartérnych sedimentoch. Kvartérne sedimenty sú reprezentované prevažne fluvialnou litofáciou. Tvorí ich štrk, piesčité štrk, zahlinený piesčité štrk nízkych terás s pokryvom, ako i povodňová hlina, piesok a hlinitý štrk riečnych nív (Žec a kol., 2006). V monitorovacom objekte 1138 (Vyšné Čabiny) siahajú kvartérne sedimenty do hĺbky 7,3 m, v monitorovacom objekte 1350 (Koškovce) do hĺbky 5,7 m, v monitorovacom objekte 1142 (Udavské) do hĺbky 5,9 m a v monitorovacom objekte 1335 (Vyšný Hrušov) do hĺbky 5,8 m.

Cieľom práce bolo identifikovať hydrologické sucho v predpokladanom prírodnom režime podzemných vôd v monitorovacích objektoch podzemných vôd.

## MATERIÁL A METODIKA PRÁCE

Hodnotenie výskytu sucha bolo vypracované na základe údajov o úrovniach hladín podzemných vôd, prietokoch v povrchových tokoch, teplotách vzduchu a úhrnoch zrážok v predmetnom území poskytnutých Slovenským hydrometeorologickým ústavom (SHMÚ) za obdobie hydrologických rokov 1982 – 2010.

Na hodnotenie vzťahu medzi jednotlivými parametrami bol použitý Spearmannov koeficient poradovej korelácie, ktorý môžeme použiť vtedy, keď sledujeme vzťah metrickej a poradovej premennej alebo vtedy, keď premenné nemajú normálne rozdelenie početnosti. Koeficient poradovej korelácie je vhodné použiť aj vtedy (Chajdiak, 2003), ak chceme potlačiť vplyv extrémnych hodnôt. Koeficient korelácie nadobúda hodnoty od -1 po +1. Nulová hodnota reprezentuje nezávislosť, kladné hodnoty priamu závislosť a záporné hodnoty nepriamu závislosť. Približnú schému členenia intenzity štatistickej závislosti môžeme interpretovať nasledovne:

- hodnoty od -0,1 po +0,1 svedčia o nezávislosti,
- hodnoty od -0,4 po -0,1 resp. od +0,1 po +0,4 o slabšej závislosti,
- hodnoty od -0,7 po -0,4 resp. od +0,4 po +0,7 o strednej závislosti,
- hodnoty od -1 po -0,7 resp. od +0,7 po 1 o silnej závislosti.

Vzájomná korelačná funkcia (krížová korelácia) počíta odhady korelačných koeficientov medzi časovým radom, napr.  $y(t)$ , a ďalším časovým radom, napr.  $z(t+k)$ , ktorý je časovo posunutý o mesačný krok  $k = 1, 2, \dots, 12$ , pričom hodnota 12 predstavuje sezónnu zložku (jeden hydrologický rok). Táto funkcia sa používa na skúmanie korelačnej závislosti medzi dvoma časovými radmi, pričom jeden rad časovo predchádza druhý (Chajdiak a kol., 1995).

Na hodnotenie meteorologického sucha bol použitý index sucha, ktorý sa vyjadruje pre  $i$ -ty rok (Klementová, 1990). Je to bezrozmerný parameter, ktorý bol v predkladanej práci vypočítaný v ročnom kroku. Je daný vzťahom:

$$S_i = \frac{\Delta t_i}{\sigma_t} - \frac{\Delta z_i}{\sigma_z}$$

kde  $S_i$  je index sucha,

$\Delta t_i$  odchýlka priemernej ročnej teploty vzduchu od dlhodobého ročného priemeru ( $^{\circ}\text{C}$ ),

$\sigma_t$  smerodajná odchýlka priemernej ročnej teploty vzduchu,

$\Delta z_i$  odchýlka ročného úhrnu zrážok od dlhodobého ročného priemeru (mm),

$\sigma_z$  smerodajná odchýlka ročných zrážkových úhrnov.

Klasifikácia hodnotených oblastí podľa tejto metódy je uvedená v tab. 1. Táto metóda klasifikuje iba stupne suchých rokov, vlhké roky tu nie sú bližšie klasifikované. Hodnoty, ktoré sú menšie ako nula sú považované za vlhko.

Tab. 1: Hodnotenie klimatických oblastí podľa indexu sucha

Klimatická oblasť	Index sucha
suchá (S)	0 až 1
veľmi suchá (VS)	1 až 2
extrémne suchá (ES)	viac ako 2

Na hodnotenie hydrologického sucha v povrchovej vode bol použitý index prietokového sucha SDI (Nalbantis, 2008), ktorý je založený na kumulatívnom objeme

prietoku. Vzťah je daný pomerom rozdielu prietoku konkrétneho roka a priemeru prietoku za referenčné obdobie (1982 – 2010) ku smerodajnej odchýlke. Na hodnotenie hydrologického sucha v podzemnej vode bol použitý štandardizovaný hladinový index SWI (Bhuiyan, 2004), ktorým je možné charakterizovať deficit dopĺňania podzemnej vody. Vzťah je daný pomerom rozdielu hĺbky hladiny podzemnej vody konkrétneho roku a dlhodobého priemeru hĺbky hladiny podzemnej vody za hodnotené obdobie ku smerodajnej odchýlke hĺbok hladín podzemnej vody. Klasifikácia podľa hodnôt SDI a SWI je uvedená v tab. 2.

Tab. 2: Klasifikácia hydrologického sucha v povrchovej vode podľa SDI a v podzemnej vode podľa SWI

SDI	Klasifikácia podľa SDI	SWI	Klasifikácia podľa SWI
< -2	extrémne sucho (ES)	< -2	extrémne vlhko (EV)
< -1,5	závažné sucho (ZS)	< -1,5	závažné vlhko (ZV)
< -1	mierne sucho (MS)	< -1	mierne vlhko (MV)
< 0	slabé sucho (SS)	< 0	slabé vlhko (SV)
> 0	slabé vlhko (SV)	> 0	slabé sucho (SS)
> 1	mierne vlhko (MV)	> 1	mierne sucho (MS)
> 1,5	závažné vlhko (ZV)	> 1,5	závažné sucho (ZS)
> 2	extrémne vlhko (EV)	> 2	extrémne sucho (ES)

Pre podrobnejšie charakterizovanie hydrologického sucha v podzemnej vode bola stanovená prahová hodnota zodpovedajúca 90. percentilu čiary prekročenia hladiny podzemnej vody priamo z nameraných hodnôt v týždennom kroku, pretože podľa STN 75 1510 (2009) v oblasti podzemných vôd je vhodné používať len reálne rady, čo má i praktický význam. Prahová hodnota daného percentilu bola vypočítaná ako priemerná dlhodobá hodnota vypočítaná z percentilov čiar prekročenia jednotlivých hydrologických rokov. Tento percentil by sme mohli považovať za začiatok kritickej hraničnej úrovne, kedy sú zachytené pretrvávajúce „extrémne“ resp. významnejšie suchá.

Sucho v úrovni hladiny podzemnej vody bolo hodnotené metódou prahovej hodnoty, ktorá je ako modul TLM 2.1 zahrnutá v programe HydroOffice 2010 vytvorenom Gregorom (2010). Program umožňuje spracovať celý časový rad údajov a podľa zadanej prahovej hodnoty určí začiatok a koniec trvania sucha. Zadefinuje pritom aj dĺžku trvania v dňoch. Keďže úrovne hladín sú merané v spomínanom týždennom kroku, pre dosiahnutie reálnejšieho trvania sucha v dňoch boli v tomto prípade v programe použité interpolované hodnoty. Na základe výsledkov bolo sucho zhodnotené za jednotlivé roky aj za jednotlivé čiastkové suché obdobia a klasifikované na základe závažnosti sucha. Rovnakým spôsobom ako boli vypočítané indexy SWI a SDI, je možné vypočítať aj index SDSI (štandardizovaný index závažnosti sucha). Vzťah je daný:

$$SDSI = \frac{DS - \bar{DS}}{\sigma}$$

kde  $DS$  - priemerný deficit ( $m.deň^{-1}$ ) v jednotlivých rokoch (v jednotlivých čiastkových suchých obdobiach) vypočítaný ako podiel celkového deficitu dosiahnutého za rok (za jednotlivé čiastkové suché obdobia) ku celkovej dĺžke trvania za rok (za jednotlivé čiastkové suché obdobia),

$\bar{DS}$  - dlhodobý priemer hodnôt priemerných deficitov ( $m.deň^{-1}$ ) za hodnotené obdobie,

$\sigma$  - smerodajná odchýlka priemerných deficitov.

V tab. 3 sú uvedené výsledky klasifikácie hydrologického sucha podľa hodnôt SDSI.

Tab. 3: Klasifikácia hydrologického sucha podľa hodnôt SDSI

SDSI	Klasifikácia podľa SDSI
< 0	nezávažné sucho (NS)
> 0	slabé sucho (SS)
> 1	mierne sucho (MS)
> 1,5	závažné sucho (ZS)
> 2	extrémne sucho (ES)

## VÝSLEDKY

Monitorovací objekt 1138 Vyšné Čabiny sa nachádza asi 300 m od toku. Priemerná ročná hodnota prietoku (vodomerný profil 9090 Krásny Brod) v hodnotenom úseku toku Laborca je  $2,07 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  a úroveň hladiny podzemnej vody je 277,02 m n. m. (4,31 m p. t.). Teplota vzduchu dosahuje ročný priemer  $7,6 \text{ }^\circ\text{C}$  a úhrn zrážok z klimatologickej stanice 11977 Medzilaborce je 860 mm.

Monitorovací objekt 1350 Koškovce sa nachádza približne 40 m od toku. Priemerná ročná hodnota úroveň hladiny podzemnej vody je 180,87 m n. m., čo zodpovedá priemernej hĺbke hladiny podzemnej vody 3,19 m pod povrchom terénu. Priemerná ročná hodnota prietoku (vodomerný profil 9120 Koškovce) je  $4,67 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Teplota vzduchu dosahuje priemernú ročnú hodnotu  $8,8 \text{ }^\circ\text{C}$  a priemerný zrážkový úhrn v zrážkomernej stanici 43140 Koškovce je 763 mm.

Monitorovací objekt 1142 Udavské sa nachádza v medziriečnom území medzi tokom Udava a Laborec, približne 100 m od oboch tokov. Monitorovací objekt 1335 Vyšný Hrušov je situovaný približne 150 m od toku. Priemerná ročná hodnota úroveň hladiny podzemnej vody v objekte 1142 Udavské je 157,39 m n. m. (3,33 m p. t.) a v objekte 1335 Vyšný Hrušov je 191,24 m n. m. (2,54 m p. t.). Priemerná ročná hodnota prietoku vo vodomernom profile 9150 Udavské je  $2,04 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Teplota vzduchu má priemernú ročnú hodnotu  $8,9 \text{ }^\circ\text{C}$  v Udavskom a  $8,7 \text{ }^\circ\text{C}$  vo Vyšnom Hrušove. Zrážkový úhrn v zrážkomernej stanici 4326 Vyšný Hrušov dosahuje priemernú ročnú hodnotu 736 mm.

V monitorovacích objektoch podzemnej vody v povodí Laborca sa potvrdil pririečny hladinový režim podzemných vôd na základe výsledkov metód matematickej štatistiky. Z výsledkov Spearmanovej poradovej korelácie sa preukázala stredná závislosť hladiny podzemnej vody v objekte 1138 Vyšné Čabiny od prietoku v profile 9090 Krásny Brod pri koeficiente korelácie 0,6 a silná závislosť hladiny podzemnej vody v objekte 1350 Koškovce od prietoku v profile 9120 Koškovce pri koeficiente korelácie 0,71. Na ľavostrannom prítoku Udava toku Laborca sa potvrdila stredná závislosť hladiny podzemnej vody v objekte 1145 Udavské pri koeficiente korelácie 0,5 a v objekte 1335 Vyšný Hrušov pri koeficiente korelácie 0,7 od prietoku v profile 9150 Udavské. Krížovou koreláciou sa v záujmovom území zistil vzťah hladín podzemných vôd s prietokmi povrchových tokov bez časového oneskorenia. Naopak mesačné časové oneskorenie sa zistilo len v prípade lokality Vyšné Čabiny, čo môže súvisieť aj so vzdialenosťou sondy, ktorá je situovaná cca 300 m od toku.

V povodí Laborca sa vyskytlo meteorologické sucho hodnotené podľa indexu sucha v rokoch 1983, 1986, 1989, 1994 – 1995, 2000, 2002 – 2003, 2007 a 2009. Vo väčšine prípadov sa meteorologické sucho vyskytlo v rovnakom období ako sucho v prietokoch.

Prietokové sucho hodnotené podľa indexu SDI sa vyskytlo spoločne vo vodomernom profile 9090 Krásny Brod, 9120 Koškovce a 9150 Udavské v rokoch 1984, 1987, 1990 – 1991, 1993 – 1997, 2002 – 2003, 2007 a 2009.

V tab. 4 sú uvedené výsledky hodnotenia hydrologického sucha podľa indexu SWI a SDSI. Deficitné dopĺňanie podzemnej vody hodnotené podľa indexu SWI sa vyskytlo v rokoch 1994, 1996, 2002 – 2003 a 2007. V troch zo štyroch hodnotených monitorovacích

objektov bola nízka hladina podzemnej vody zistená aj v rokoch 1987, 1990, 1995, 2000, 2006 a 2009.

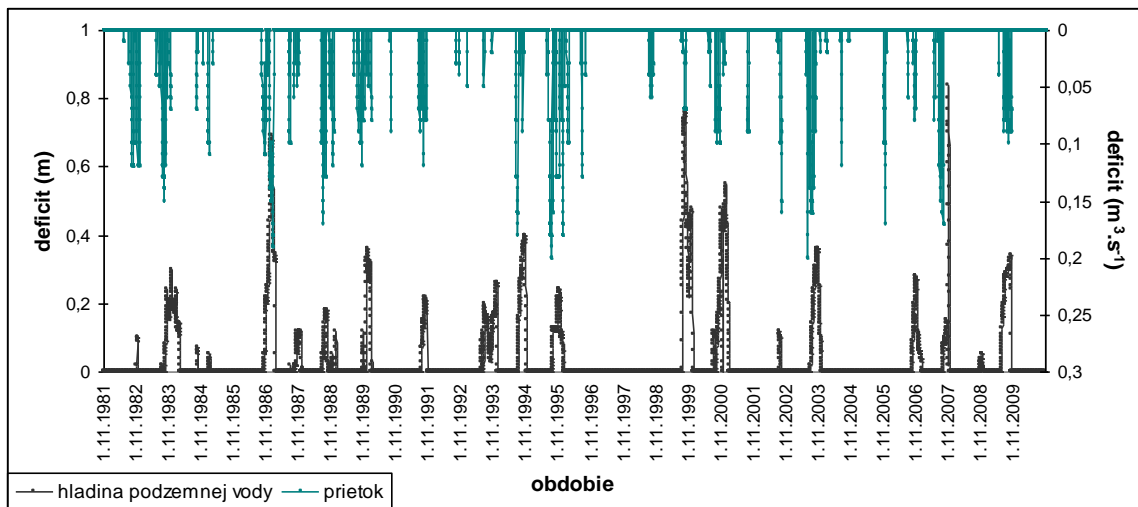
Tab. 4: Hodnotenie hydrologického sucha v podzemnej vode podľa indexu SWI a SDSI

hydrolog.rok	VYŠNÉ ČABINY		KOŠKOVCE		UDAVSKÉ		VYŠNÝ HRUŠOV	
	SWI	SDSI	SWI	SDSI	SWI	SDSI	SWI	SDSI
1982	ZV	ŽS	MV	ŽS	ZV	ŽS	SV	ŽS
1983	SS	NS	ZV	ŽS	ZV	ŽS	SS	ŽS
1984	ZS	SS	SV	NS	SV	ŽS	SS	ŽS
1985	SV	NS	EV	ŽS	ZV	ŽS	EV	ŽS
1986	SV	NS	MV	ŽS	MV	ŽS	SV	ŽS
1987	MS	MS	SS	SS	SV	ŽS	ES	SS
1988	SS	NS	SV	ŽS	MV	ŽS	SS	ŽS
1989	SV	NS	SV	ŽS	MV	ŽS	SS	SS
1990	MS	SS	SS	NS	SV	ŽS	SS	MS
1991	SS	SS	SV	SS	SV	ŽS	SS	NS
1992	SV	ŽS	SS	NS	SV	NS	SS	MS
1993	SS	NS	SV	ŽS	SV	NS	SS	ZS
1994	SS	SS	SS	NS	SS	NS	SS	SS
1995	SV	NS	SS	NS	SS	SS	SS	NS
1996	MS	SS	SS	NS	SS	SS	SS	NS
1997	SV	ŽS	SS	NS	SS	NS	SV	NS
1998	ZV	ŽS	SV	SS	SV	SS	ZV	NS
1999	SV	ES	SS	SS	SV	SS	SV	NS
2000	SS	SS	SV	SS	SS	SS	SS	SS
2001	SS	ZS	SS	MS	SV	SS	SV	ES
2002	SS	NS	ZS	SS	MS	SS	SS	NS
2003	SS	SS	ZS	SS	MS	SS	MS	MS
2004	SV	SS	SV	SS	SS	NS	MV	NS
2005	MV	ŽS	SV	ŽS	SS	NS	EV	ŽS
2006	SS	NS	SS	SS	SS	MS	SV	NS
2007	SS	NS	ZS	ES	ES	ES	SS	SS
2008	SV	MS	SS	SS	SS	SS	SV	SS
2009	MS	SS	ZS	ES	ES	ES	SV	SS
2010	EV	ŽS	SV	NS	SV	SS	SV	SS

Poznámka: SWI: ES – extrémne sucho, ZS – závažné sucho, MS – mierne sucho, SS – slabé sucho, SV – slabé vlhko, MV – mierne vlhko, ZV – závažné vlhko, EV – extrémne vlhko; SDSI: ŽS – žiadne sucho, NS – nezávažné sucho, SS – slabé sucho, MS – mierne sucho, ZS – závažné sucho, ES – extrémne sucho

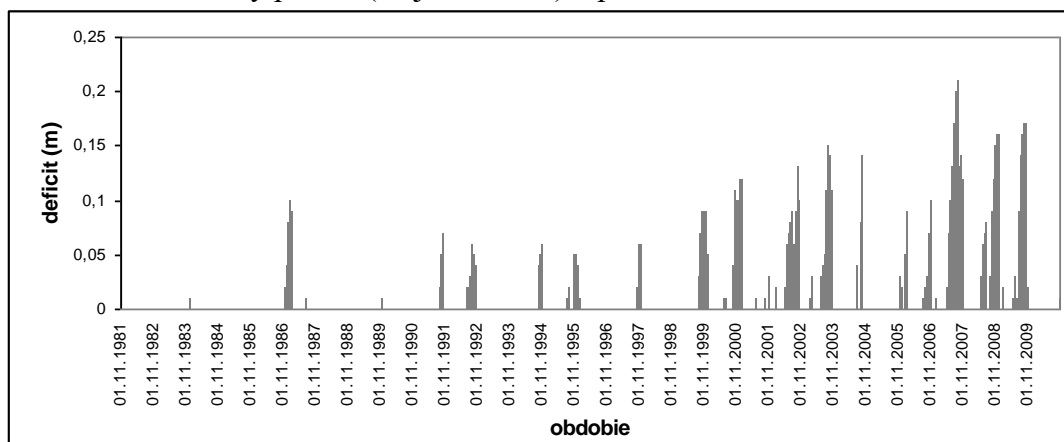
Pri podrobnejšom hodnotení hydrologického sucha bolo metódou prahovej hodnoty zistené, že výskyty sucha v prietokoch spôsobovali pokles hladiny podzemnej vody (obr. 1) v približne rovnakom období výskytu, pričom závažnosť sucha sa nemusela prejavíť do rovnakej veľkosti, resp. klasifikačnej úrovne v podzemnej vode ako v povrchovej vode. V povrchovej vode sa sucho vyskytovalo častejšie, ale v kratšom trvaní maximálne do 50 dní. V podzemnej vode trval výskyt sucha dlhšie ako 100 dní. Na lokalite Vyšné Čabiny bola najväčšia závažnosť sucha v hladine podzemnej vody o veľkosti 0,45 m.deň<sup>-1</sup> klasifikovaná podľa SDSI ako extrémne sucho, ktoré bolo zistené v hydrologickom období 1999/2000 (22.8.1999 – 26.12.1999) a trvalo 127 dní. Celkový počet čiastkových suchých období bol 32 výskytov sucha. Za celé hodnotené obdobie 1982 – 2010 bolo deficitné dopĺňanie zásob podzemnej vody voči prahovej hodnote 90. percentilu najčastejšie v októbri v počte 391 dní.

Za zimný polrok (november – apríl) sa sucho vyskytlo v počte 847 dní a za letný polrok (máj – október) v počte 1015 dní.



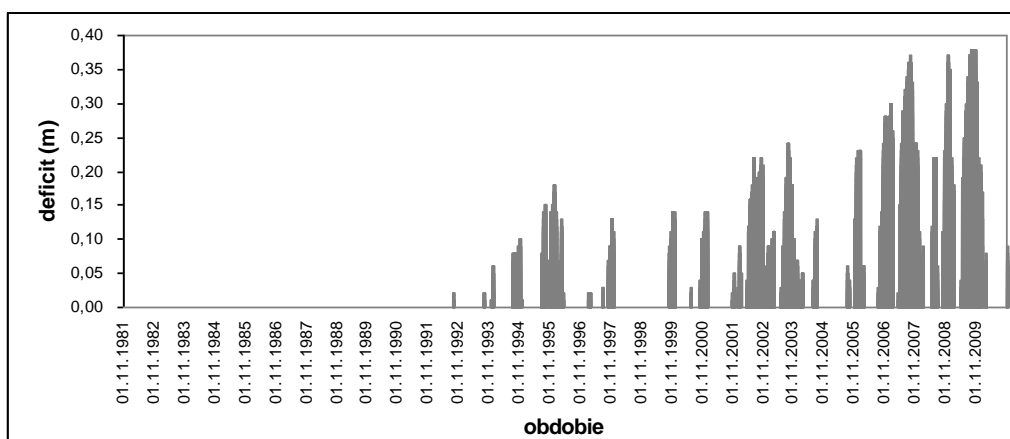
Obr. 1: Identifikácia sucha priemernou dlhodobou prahovou hodnotou 90. percentilu v prietoku (profil 9090) a v hladine podzemnej vody (monitorovací objekt 1138)

Na lokalite Koškovce (obr. 2) sa vyskytlo extrémne sucho klasifikované podľa SDSI hodnôt v roku 2009, čo je 101 dní s vypočítanou závažnosťou sucha 0,12 m.deň<sup>-1</sup>. Celkový počet čiastkových suchých období bol 40 výskytov sucha. Za celé hodnotené obdobie 1982 – 2010 bolo deficitné dopĺňanie zásob podzemnej vody voči prahovej hodnote 90. percentilu najčastejšie v októbri v počte 308 dní. Výskyty sucha za zimný polrok (november – apríl) boli v počte 391 dní a za letný polrok (máj – október) v počte 1120 dní.



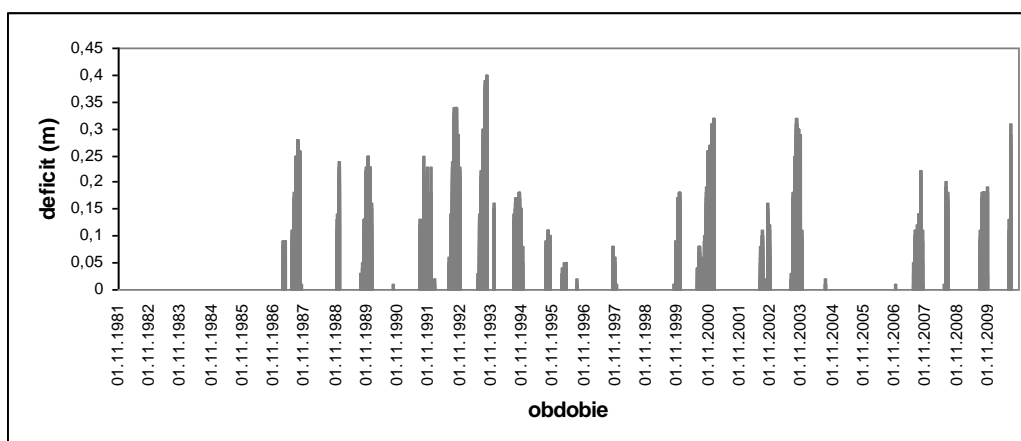
Obr. 2: Identifikácia sucha priemernou dlhodobou prahovou hodnotou 90. percentilu v monitorovacom objekte 1350 Koškovce

Na lokalite Udavské (obr. 3) sa vyskytlo extrémne sucho klasifikované podľa SDSI v rokoch 2009/2010, čo je 247 dní s najväčšou vypočítanou závažnosťou sucha 0,26 m.deň<sup>-1</sup>. Celkový počet čiastkových suchých období bol 36 výskytov sucha. Za celé hodnotené obdobie 1982 – 2010 bolo deficitné dopĺňanie zásob podzemnej vody voči prahovej hodnote 90. percentilu najčastejšie v októbri v počte 364 dní. Výskyty sucha za zimný polrok (november – apríl) boli v počte 922 dní a za letný polrok (máj – október) v počte 1347 dní.



Obr. 3: Identifikácia sucha priemernou dlhodobou prahovou hodnotou 90. percentilu v monitorovacom objekte 1142 Udavské

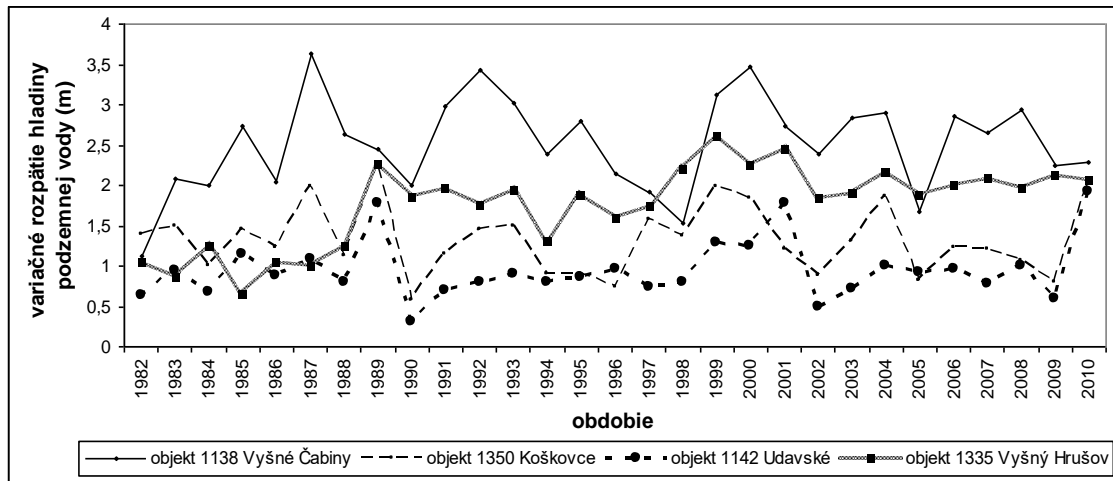
Na lokalite Vyšný Hrušov (obr. 4) trvalo extrémne sucho klasifikované podľa SDSI od 26. 5. 1993 do 11. 9. 1993, čo je 109 dní s najväčšou vypočítanou závažnosťou sucha  $0,22 \text{ m}\cdot\text{deň}^{-1}$ . Celkový počet čiastkových suchých období bol 37 výskytov sucha. Za celé hodnotené obdobie 1982 – 2010 bolo deficitné dopĺňanie zásob podzemnej vody voči prahovej hodnote 90. percentilu najčastejšie v júli v počte 304 dní. Výskyt sucha za zimný polrok (november – apríl) boli v počte 236 dní a za letný polrok (máj – október) v počte 1246 dní.



Obr. 4: Identifikácia sucha priemernou dlhodobou prahovou hodnotou 90. percentilu v monitorovacom objekte 1335 Vyšný Hrušov

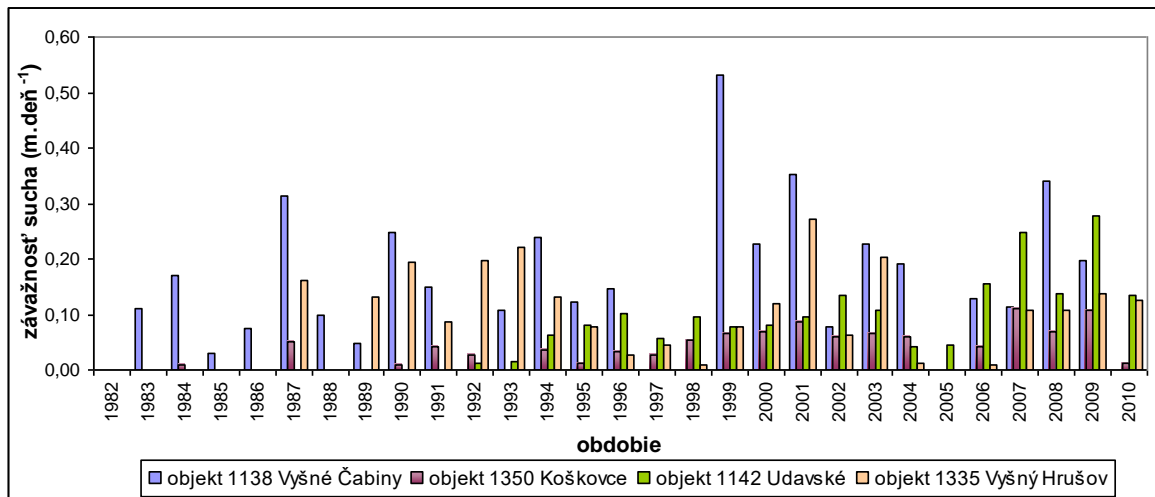
Výskyt sucha v rámci jednotlivých rokov môže byť ovplyvnený i veľkosťou variačného rozpätia hladín podzemných vôd. Na obr. 5 je znázornený priebeh variačného rozpätia ročných hladín podzemných vôd v povodí Laborca z hľadiska ich absolútnych nameraných hodnôt. Najväčšie rozpätie (3,64 m) vôbec bolo namerané v roku 1987 vo Vyšných Čabinách a najmenšia rozkolísanosť (1,12 m) tu bola dosiahnutá v roku 1982. V smere toku v Koškovciach bolo najmenšie kolísanie hladín (0,57 m) v roku 1990 a najväčšie kolísanie bolo (2,25 m) v roku 1989. Na ľavostrannom prítoku Laborca vo Vyšnom Hrušove bolo najväčšie kolísanie hladín (2,61 m) v roku 1999 a najmenšie (0,65 m) v roku 1985. V smere toku bolo v Udavskom najmenej rozkolísaná hladina vôbec v rámci všetkých hodnotených objektov. Najmenšie variačné rozpätie (0,31 m) tu bolo dosiahnuté v roku 1990 a najväčšie rozpätie (1,92 m) v roku 2010. Rozkyv absolútnych ročných hodnôt (priemerných ročných hodnôt) v rámci obdobia rokov 1982 – 2010 bol najväčší na lokalite Vyšné Čabiny 2,52 m (1,34 m) a na lokalite Koškovce bol rozkyv hodnôt

1,68 m (0,42 m), na lokalite Udavské 1,61 m (0,73 m) a na lokalite Vyšný Hrušov 1,96 m (0,89 m).



Obr. 5: Priebeh variačného rozpätia nameraných absolútnych maximálnych a minimálnych ročných hodnôt hladín podzemných vôd v povodí Laborca

V povodí Laborca sa v rámci jednotlivých hydrologických rokov vyskytovali suchá s najväčšou závažnosťou v hornej časti toku Laborca, kde je situovaný pozorovací objekt 1138 Vyšné Čabiny (obr. 6) a je tu zároveň i voľná hladina podzemnej vody. Naopak suchá, s najmenšou závažnosťou, boli v strednej časti toku Laborca, kde je situovaný pozorovací objekt 1350 Košovce a hladina podzemnej vody je tu skôr mierne napätá. Čo sa týka počtu výskytov sucha pri identifikačnej metóde 90. percentilu priemernej dlhodobej prahovej hodnoty v rámci jednotlivých rokov v období 1982 – 2010, tak v hodnotenom hornom úseku toku Laborca bol najčastejší výskyt sucha 23 krát a naopak, najmenší počet výskytov sucha, 19 krát, bol zistený na dolnom úseku toku Laborca na prítoku Udava v pozorovacom objekte 1142 Udavské, kde bol aj najmenší dlhodobý rozkryv absolútnych ročných hodnôt.



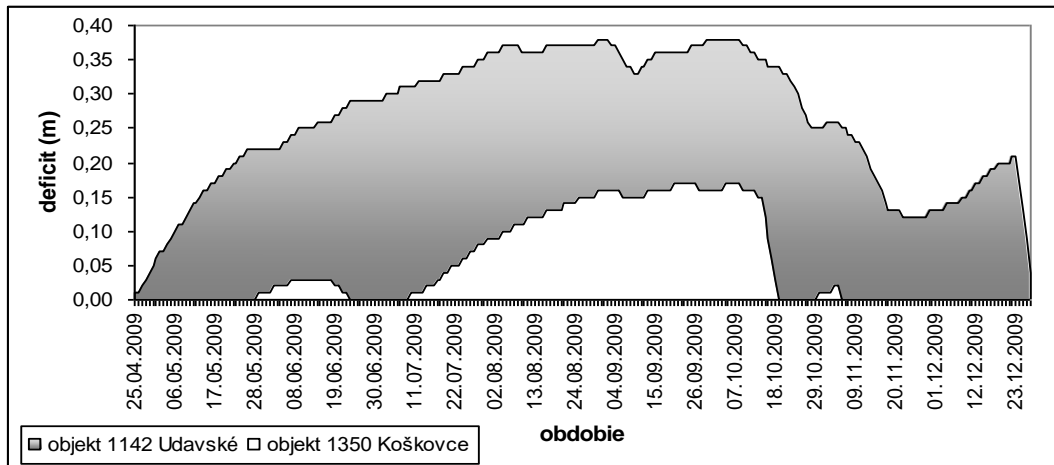
Obr. 6: Závažnosť sucha vypočítaná pri 90. percentile priemernej dlhodobej prahovej hodnoty na záujmových lokalitách v povodí Laborca

Čo sa týka výskytov čiastkového sucha v povodí Laborca, extrémne suchá klasifikované podľa indexu SDSI sa prejavili v rozdielnom časovom horizonte, pravdepodobne i v dôsledku, napr. rozkolísanosti hladín podzemných vôd, rozdielných nadmorských výšok a hydrometeorologických podmienok. Jedine na lokalitách Košovce a Udavské, kde bola zistená silná korelačná závislosť pri koeficiente korelácie 0,78, sa



vyskytli aj extrémne suchá v rovnakom časovom horizonte pri použití hraničnej úrovne 90. percentilu priemernej dlhodobej prahovej hodnoty (obr. 7).

Na obr. 7 je zaznamenané extrémne sucho na lokalite Udavské, ktoré sa vyskytlo v období 25. 4. 2009 – 27. 12. 2009 v trvaní 247 dní so závažnosťou sucha  $0,26 \text{ m.deň}^{-1}$  a na lokalite Koškovce v období 10. 7. 2009 – 18. 10. 2009 v trvaní 101 dní so závažnosťou sucha  $0,12 \text{ m.deň}^{-1}$ . Výskyty sucha pretrvávali dlhšie na lokalite Udavské, pričom mali väčšinou aj skorší nástup prejavu sucha.



Obr. 7: Výskyt extrémneho sucha v objekte 1142 Udavské a 1350 Koškovce pri použití 90. percentilu priemernej dlhodobej prahovej hodnoty

## ZÁVER

Hodnotené pozorovacie objekty podzemnej vody v povodí Laborca zachytávajú vodu z kvartérneho horizontu a môžeme ich zaradiť k prierečnemu typu režimu podzemnej vody, ovplyvňovanom prietokmi v povrchovom toku. Monitorovacie objekty sa nachádzali 40 až 300 m od toku. Hladina podzemnej vody sa pohybovala 2,54 až 4,31 m pod povrchom terénu.

V povodí Laborca sa vyskytlo meteorologické sucho hodnotené podľa indexu sucha v rokoch 1983, 1986, 1989, 1994 – 1995, 2000, 2002 – 2003, 2007 a 2009.

Z hľadiska hodnotenia priemerných ročných hodnôt hladín podzemných vôd sa suché obdobia v povodí Laborca vyskytli vo všetkých štyroch hodnotených pozorovacích objektoch v rokoch 1994, 1996, 2002, 2003 a 2007, čomu predchádzali aj nízke prietoky a nedostatok zrážok v atmosfére.

Na samotné charakterizovanie hydrologického sucha bola použitá metóda prahovej hodnoty, ktorá bola po vypočítaní hraničnej úrovne 90. percentilu z nameraných hodnôt aplikovaná na interpolované hodnoty. V hydrologickej praxi sú preferované práve priemerné dlhodobé prahové hodnoty, ktoré zohľadňujú suché roky všetkých hodnotených rokov daného obdobia. Ďalej bolo možné metódou prahovej hodnoty v prípade stavovej veličiny zistiť začiatok a koniec sucha, jeho dĺžku trvania, a ako kvantitatívny parameter bola použitá závažnosť sucha (priemerný deficit). Tento parameter zohľadňuje poklesy hladín podzemných vôd voči posudzovaným hraničným hodnotám za čas ich trvania. Na tomto parametri bola založená i klasifikácia podľa indexu SDSI. Vo všeobecnosti by sme mohli povedať, že závažnosť sucha je tým vyššia, čím je dosiahnutý deficit za menší čas trvania, ako by bol približne rovnaký dosiahnutý deficit pri väčšom čase trvania.

Pri hodnotení hydrologického sucha v podzemnej vode z hľadiska závažnosti sucha v rámci jednotlivých hydrologických rokov sa suchá s najväčšou závažnosťou vyskytovali v hornej časti toku Laborca, kde je situovaný pozorovací objekt 1138 Vyšné Čabiny. Suchá s najmenšou závažnosťou boli v strednej časti toku Laborca, kde je situovaný pozorovací

objekt 1350 Koškovce. Spoločne sa sucho vyskytlo v záujmovom území v rokoch 1994 – 1996, 1999 – 2004 a 2006 – 2009.

Na záver by sme mohli preto povedať, že veľkosť závažnosti sucha v hladinovom režime podzemných vôd rastie relatívne s hĺbkou hladiny, s nadmorskou výškou úrovne hladiny podzemnej vody, a taktiež môže byť podmienená napr. i voľnou hladinou a dobrou prietochnosťou prostredia, čo umožňuje i dobrú reakciu na meteorologické a hydrologické sucho.

## LITERATÚRA

- BEZÁK, V. – BIELY, A. – BROSKA I. – BÓNA, J. – BUČEK, S. – ELEČKO, M. – FILO, I. – FORDINÁL, K. – GAZDAČKO, Ľ. – GREČULA, P. – HRAŠKO, Ľ. – IVANIČKA, J. – JACKO, S., st. – JACKO, S., ml. – JANOČKO, J. – KALIČIAK, M. – KOBULSKÝ, J. – KOHÚT, M. – KONEČNÝ, V. – KOVÁČIK, M. (Bratislava) – KOVÁČIK, M. (Košice) – LEXA, J. – MADARÁS, J. – MAGLAY, J. – MELLO, J. – NAGY, A. – NÉMETH, Z. – OLŠAVSKÝ, M. – PLAŠIENKA, D. – POLÁK, M. – POTFAJ, M. – PRISTAŠ, J. – SIMAN, P. – ŠIMON, L. – TEŤÁK, F. – VOZÁROVÁ, A. – VOZÁR, J. – ŽEC, B., (2009): *Vysvetlivky k Prehľadnej geologickej mape Slovenskej republiky 1:200 000*. ŠGÚDŠ, Bratislava, 534 s.
- BHUIYAN, C., 2004: Various drought indices for monitoring drought condition in Aravalli terrain of India. In *Proceedings of the XXth ISPRS Conference, Int. Soc. Photogrammetry and Remote Sensing, Istanbul*, 6 p.
- DUBA, D., 1968: *Hydrológia podzemných vôd*. SAV, Bratislava, 352 s.
- GREGOR, M., 2010: How to use HydroOffice 2010, User's manual. HydroOffice.org, 25 s., dostupné online na: [<http://hydrooffice.org>], citované dňa 6.9.2010]
- CHAJDIAK, J. – BALINTOVÁ, D. – BOLLOVÁ, Ľ. – JANIGA, I. – MEDVEĎOVÁ, E. – RUBLÍKOVÁ, E. – STANKOVIČOVÁ, I. – TKÁČ, M. – URSÍNÝ, M., 1995: *Štatistika. Štatistické metódy v programovom systéme STATGRAPHICS*. Bratislava, 156 s.
- CHAJDIAK, J., 2003: *Štatistika jednoducho*. Statis, Bratislava, 194 s.
- KLEMENTOVÁ, E., 1990: Hodnotenie vybraných oblastí indexom sucha, ZS VÚ II-5-6/0301.4, Bratislava, KHM SvF, 23 s.
- NALBANTIS, I., 2008: Evaluation of a hydrological drought index. In *European Water 23/24*, pp. 67 – 77
- STN 75 1510, 2009: *Hydrológia. Hydrologické údaje podzemných vôd. Kvantifikácia hydrologického režimu hladín podzemných vôd*. SÚTN, Bratislava, 16 s.
- TALLAKSEN, L.M. – van LANEN, H.A.J. – BIGGS, B.J.F. – CLAUSEN, B. – DEMUTH, S. – FENDEKOVÁ, M. – GOTTSCHALK, L. – GUSTARD, A. – HISDAL, H. – HOLMES, M.G.R. – JOWETT, I.G. – KAŠPÁREK, L. – KASPRZYK, A. – KUPCZYK, E. – MADSEN, H. – MARSH, T.J. – MOESLUND, B. – NOVICKÝ, O. – PETERS, E. – POKOJSKI, W. – QUERNER, E.P. – REES, G. – ROALD, L. – STAHL, K. – YOUNG, A.R., 2004: *Hydrological drought, Processes and Estimation Methods for Streamflow and Groundwater*. Developments in Water Science 48, Elsevier, Amsterdam, 579 p., ISBN 0-444-51767-7
- WILHITE, D. A. – GLANTZ, M. H., 1985: Understanding the drought phenomenon: The role of definitions. In *Water International*, Vol. 10, No. 3, pp. 111 – 120
- ŽEC, B. – GAZDAČKO, Ľ. – KOVÁČIK, M. – KOBULSKÝ, J. – BÓNA, J. – POTFAJ, M. – PRISTAŠ, J., 2006: *Geologická mapa Nizkých Beskýd – stredná časť*. ŠGÚDŠ, Bratislava

## **Dagmar Stojkovová: IDENTIFICATION OF HYDROLOGICAL DROUGHT IN GROUNDWATER LEVEL REGIME IN THE LABOREC RIVER BASIN**

Drought is one of the major natural disasters that are caused by weather. The nature of drought is significantly different from other types of disasters. Drought is a phenomenon, which occurs in various climatic zones, in various time periods and with different length of duration. It is characterized by slow emergence and development, for which neither beginning nor the end can be clearly defined, but always it is represented by lack of water.

The aim of this work was evaluating drought occurrence in groundwater levels in the Laborec basin by using the 90 percentile computed as the arithmetic average of the percentiles obtained from the time series of particular hydrological years of the whole evaluated period. Drought severity (average deficit) as a quantitative parameter was interpreted as the ratio of the sum of daily decreases related to the threshold level and the drought duration. This parameter was used for classification purposes in the calculation of standardized drought severity index. Proposed methods were applied for hydrological drought evaluation in groundwater levels of monitoring wells No. 1138, 1350, 1142 and 1335 situated in the Laborec River basin. The results of mathematical statistics confirmed the riverine regime of groundwater level in all observation points.

Hydrological drought was estimated using the TLM 2.1 module from the HydroOffice 2010 software package (Gregor, 2010). Drought occurrence was evaluated within partial drought periods and individual hydrological years.

Meteorological drought was classified using the drought index. The results refer on 1983, 1986, 1989, 1994 – 1995, 2000, 2002 – 2003, 2007 a 2009 as dry years in various degrees in all evaluated monitoring points.

Hydrological drought was evaluated using standardized water level index (SWI) proposed by Bhuiyan (2004), which evaluates groundwater recharge deficit. The results refer on 1994, 1996, 2002, 2003 and 2007 as dry years in various degrees in all evaluated monitoring wells. Drought in discharges was evaluated using the Streamflow Drought Index (SDI). The results refer on 1984, 1987, 1990 – 1991, 1993 – 1997, 2002 – 2003, 2007 a 2009 as dry years.

By assessing the hydrological drought in groundwater level in terms of drought severity within each hydrological year the greatest drought severity occurred in the upper stream of Laborec, where the monitoring well No. 1138 Vyšné Čabiny is situated. The minimum drought severity occurred in the middle of the Laborec river, where the monitoring well No. 1350 Koškovce is situated. Considering the whole area of interest it was in certain extent affected by drought in all years as follows: 1994 – 1996, 1999 – 2004 and 2006 – 2009.

---

RNDr. Dagmar Stojkovová, PhD.

Ústav hydrológie SAV, Oddelenie hydrológie podpovrchových vôd, Račianska 75, 831 02 Bratislava  
[dagmar.stojkovova@gmail.com](mailto:dagmar.stojkovova@gmail.com)