

## Vzájomné pôsobenie povrchových a podzemných vôd v krajine

*Y. Velísková, R. Dulovičová, V. Štekaurová: Mutual Interaction of Surface Water and Groundwater in Landscape. Život. Prostr., Vol. 44, No. 6, p. 313 – 318, 2010.*

Institute of Hydrology of the Slovak Academy of Sciences, as a partner in the *Centre of Excellence for Protection and Use of Landscape and Biodiversity*, is a holder of activity aimed to obtaining data of the abiotic landscape components (water, soil) and their implementation to all other activities. The resulting system of information about country components finds application in a wide range of scientific disciplines, as well as various government departments, and also in the economic or agricultural sector.

Water is the basis for the existence of life. Within the country, the water moves through the processes which are called hydrological cycle. Very important role in this cycle plays the interaction between surface water and groundwater. Illustrative case is the Žitný ostrov area with its channel network. This area was not only in the past, but is also in the current period, an important territory for water, agricultural and land management. Sediments of the upper part of Žitný ostrov area represent a huge accumulation space of groundwater in Slovakia. In the past, built channel network was designed to supply some of the area with irrigation water from surface channel water and also to regulate groundwater reserves. Groundwater in this area has a strong link with the channel network of this area. Their interaction was impacted by the change of bed bottom permeability of channel network over time. This varies mainly due to clogging with suspended silt. For simulation of the interaction between channel network and surrounding ground water it is necessary to know permeability characteristics of bottom sediments in the form of their hydraulic conductivity coefficient.

Ústav hydrologie Slovenskej akadémie vied (ÚH SAV), ako jeden z partnerov Centra excelentnosti pre ochranu a využívanie krajiny a biodiverzitu, svojim výskumom v oblasti vied o Zemi, environmentálnych vied a výskumom v oblasti vied environmentálneho inžinierstva zameraným na hydrologické procesy v krajine, reprezentuje jednu z najvýznamnejších vedeckých základní Bratislavského kraja ako aj celého Slovenska. V kontexte základného výskumu je to jediná výskumná inštitúcia na Slovensku, ktorá rieši v rámci jedného pracoviska ako povrchové, tak aj podpovrchové a podzemné vody a problémy s nimi spojené. Pracovníci ÚH SAV sú tvorcami metód a metodík získavania základných hydrofyzikálnych charakteristík pre stanovenie obsahu vody v pôde, pre stanovenie disperzných charakteristík v povrchových tokoch, ktoré sú veľmi

dôležité z hľadiska posúdenia kvality povrchových vôd a šírenia znečistenia v nich, pre stanovenie charakteristík, ktoré ovplyvňujú mieru vzájomnej interakcie povrchových a podzemných vôd (čo je dôležité napríklad pri regulácii hladiny podzemnej vody v období sucha), pre stanovenie vplyvu využitia krajiny na tvorbu odtoku a na erózne procesy v povodí, pre kvantifikáciu zásob vody v zóne aerácie pôd ako zdroja vody pre biosféru v povodiach riek, pre parametrizáciu procesov tvorby odtoku v povodiach Slovenskej republiky v podmienkach nestacionarity hydrologického systému a pod.

Cieľom aktivity, ktorej hlavným nositeľom v rámci Centra excelentnosti je ÚH SAV, je získavanie údajov o abiotických zložkách krajiny (voda, pôda) pre potreby ochrany krajiny a biodiverzity a ich implementácia do všetkých ostatných aktivít.

Vzniknutý systém informácií o živých a neživých zložkách krajiny nájde uplatnenie v širokom spektre vodných disciplín, ako aj v rôznych vládných rezortoch (napr. na Ministerstve životného prostredia SR, Ministerstve pôdohospodárstva a rozvoja vidieka SR) i v hospodárskych odvetviach.

### Úloha vody v krajine

Hodnota vody z roka na rok rastie. V poslednom období sa hovorí o vode ako o strategickú surovinu. Voda ňou bola už v minulosti, stála pri rozmachu i úpadku celých civilizácií. Mnohé z nich si degradáciou vlastných vodných zdrojov privodili zánik. Voda, popri tom, že patrí k základným komponentom prírodnej krajiny, má nezastupiteľnú úlohu v hospodárskom živote spoločnosti. Vzhľadom na všeobecné rozšírenie a mnohoraké využitie ju možno považovať za univerzálne médium. Z týchto vlastností vyplýva aj variabilita výskytu a využitia vody v prírodnej krajine a spoločnosti, čo je prostredníctvom prirodzených alebo človekom vyvolaných procesov prepojené systémom väzieb. Vo väčšine rozvinutých štátov je prírodná krajina viac alebo menej modifikovaná činnosťou človeka.

Voda je základom existencie života a v prírodnej krajine vystupuje ako transportér hmoty, energie, informácií. Je najrozšírenejším chemickým rozpúšťadlom. V krajine sa voda pohybuje prostredníctvom procesov, ktoré súborne nazývame hydrologický cyklus. Ako jedna z najdynamickejších zložiek krajiny môže vďaka hydrologickým procesom ovplyvňovať, či dokonca determinovať charakter vzťahov medzi jej ostatnými zložkami. Hydrologickým procesom v tomto kontexte rozumieme každý proces pohybu vody a zmeny jej skupenstva v dôsledku pôsobenia slnečnej energie a gravitácie. Voda, popri pôsobení na krajinu vyvolanom silami gravitácie a slnečnou energiou, vnáša do jej štruktúry aj niektoré výnimočné vzťahy, podmienené špecifickými fyzikálnymi a chemickými vlastnosťami (hydraulické a kapilárne sily pri pohybe podzemnej vody, rozpúšťacia schopnosť a zmena objemu pri zamrznutí v procese zvetrávania, resp. rozrušovania hornín).

Základnou priestorovou jednotkou pohybu vody v krajine je povodie, kde sa voda koncentruje do trvalej alebo občasnej siete vodných tokov. Vodné toky môžu na jednej strane pôsobiť ako stabilizujúci prvok v krajine, na druhej strane však vďaka schopnosti prenášať energiu, hmotu a informácie, môžu prenášať, resp. podmieniť nežiaduce procesy aj v územiach relatívne vzdialených od miesta vzniku neželaného javu. Klasickým príkladom je prenos znečistenej vody, zarezávanie dna koryta a pokles hladiny podzemnej vody v pririekovej zóne

v dôsledku hydrotechnických zásahov na vyššom úseku toku, prenos produktov svahovej modelácie (plaveniny), povodne na stredných a dolných úsekoch tokov v dôsledku nevhodných zásahov na vyšších úsekoch a pod.

História masívnych ľudských zásahov do nivných ekosystémov nie je v západnej civilizácii stará. Až do obdobia renesancie sa výstavba sídiel a dopravných trás podľa možnosti vyhýbala nivám veľkých tokov. Výnimkou bolo napr. Holandsko, kde však vzhľadom na miestne fyzicko-geografické podmienky nebolo inej možnosti, ako osídľovať krajinu v inundácii veľkých tokov. Zmena nastala v období priemyselnej revolúcie, počas ktorej sa rozvinula stavebná činnosť v nivách riek. Takéto zmeny umožnili hydrotechnické zásahy do tokov, výstavbu hrádzí a kanálov. Na území Slovenska, s výnimkou výstavby menších protipovodňových hrádzí na Žitnom ostrove v 13. storočí, či tajchov v oblasti Banskej Štiavnice na prelome 17. a 18. storočia, sa začalo s rozsiahlymi hydrotechnickými úpravami (charakteristickými radikálnou premenou riečnych ekosystémov) v polovici 19. storočia. Boli to úpravy dolných úsekov Ondavy a Latorice na Východoslovenskej nížine. Tým sa napr. Ondavská rovina (územie medzi Vranovom nad Topľou a Trebišovom) premenila z niekdajšieho rozsiahleho lužného lesa na intenzívne obrábanú poľnohospodársku krajinu súčasnosti. Východoslovenská nížina je názorným príkladom, ako sa bezpochyby potrebná prvotná úprava odtokových pomerov územia dostala do polohy umelého prostredia slúžiaceho jednostranným (najmä poľnohospodárskym) záujmom. Udržiavanie takéhoto umelo vytvoreného systému bez rozsiahlej dotácie (hnojivá, energeticky náročné a nákladné obrábanie pôdy, výstavba a údržba odvodňovacích a závlahových sústav) je nemožné. Takýto stav má negatívny vplyv na rentabilitu poľnohospodárskej produkcie, čo sa výrazne prejavuje v trhovej ekonomike.

Kompromis, ktorý by umožňoval racionálne riadenie a koordináciu rôznorodých aktivít ľudí v krajine v súlade s optimálnym fungovaním ekosystémov, zabezpečuje integrovaný manažment povodia. S ohľadom na narastajúce disproporcie medzi zdrojmi a potrebami vody i vzhľadom na možné prejavy klimatických zmien na vodnosť tokov, mal by sa stať integrovaný manažment povodia jednou z rozhodujúcich vodohospodárskych priorít v najbližšom období.

### Výskyt vody v krajine

Vodu podľa jej výskytu v krajine vzhľadom na zemský povrch delíme na povrchovú a podpovrchovú:

- *Povrchové vody* sú definované ako vodný útvar prijímajúci vodu z určitého povodia. Tento útvar môže vzniknúť prirodzenou cestou alebo umelo, zásahom človeka.

Ďalej sa delia na stojaté (prirodzené – moria a oceány, jazerá, močiare; umelé – rybníky, priehradné nádrže) a tečúce (prirodzené – potoky, rieky, bystriny; umelé – kanály, prieplyvy).

- *Podpovrchové vody* sa delia podľa pôvodu na vadózne (vznikajúce presakovaním – infiltráciou zrážkových a povrchových vôd do zeme a v malej miere aj kondenzáciou vodných pár atmosférického pôvodu pod povrchom) a juvenálne (vznikajúce kondenzáciou vodných pár unikajúcich z chladnúcej magmy v zemskej vnútri; môžu sa dostať pozdĺž puklín v zemskej kôre až na povrch a vyvierajú ako termálne pramene, žriedla alebo gejzíry). Podpovrchová voda je v profile viazaná chemicky a mechanicky. Chemicky viazaná voda je z hydrologického hľadiska nevyužiteľná, mechanicky viazaná voda sa vyskytuje ako podzemná voda a ako pôdna voda. Z hľadiska využívania krajiny je toto delenie podstatnejšie.

- *Pôdna voda* je časťou podpovrchovej vody (bez ohľadu na skupenstvo), ktorá nevytvára súvislú hladinu a nevyplňa všetky póry.

- *Podzemná voda* je časť podpovrchovej vody, ktorá vyplňa dutiny zvodneného geologického profilu.

Vodný režim pôdy, ktorý determinuje jej produkčnú schopnosť, závisí od prítoku a odtoku vody do, resp. z nenasýtenej oblasti pôdy. Zásoba vody v nenasýtenej oblasti pôdy je priamo ovplyvnená tokom vody cez jej hornú a dolnú hranicu. Dolná hranica nenasýtenej oblasti pôdy je zvyčajne vymedzená hladinou podzemnej vody. Hornú hranicu tvorí povrch pôdy s porastom alebo bez porastu a reaguje priamo na meteorologické a klimatické podmienky prostredníctvom evapotranspirácie, resp. je miestom, ktoré umožňuje vtekanie vody zo zrážok do nižších vrstiev pôdneho profilu. Vplyv týchto javov na vodný režim pôd, resp. na zásobu vody v nenasýtenej oblasti pôdy, možno kvantifikovať monitorovaním vlhkosti pôdy v celom profile nenasýtenej oblasti pôdy (Šútor, 1999), alebo simuláciou pohybu vody v pôde matematickými modelmi (Šimůnek et al. 1997). Nenasýtená oblasť pôdy je pre hodnotenie pohybu vody relatívne komplikovaná časť hydrologického cyklu.

Medzi základné hydrofyzikálne vlastnosti pôdy patrí vlhkosťná retenčná krivka. Využitie vlhkostných retenčných kriviek je výhodné pri výpočte hydrolimít – vlhkostí pôdy dosiahnutých za určitých podmienok. Väčšinou nemajú presný fyzikálny význam a nemôžu reprezentovať dynamické procesy prúdenia. Ich použitie je výhodné pri bilanciách vody

v pôdnom profile, napr. pri zisťovaní obsahu vody prístupnej pre rastliny.

- *Polná vodná kapacita*  $\Theta_{PVK}$  je hydrolimit, charakterizovaný vlhkosťou pôdy na hranici medzi kapilárnou a gravitačnou vodou. Vyjadruje maximálne množstvo zavesenej vody v skutočnom pôdnom profile, odmerané v poľných podmienkach.

- *Bod zníženej dostupnosti*  $\Theta_{BZD}$  je hydrolimit charakterizovaný vlhkosťou pôdy, pri ktorej sa už podstatne znižuje pohyblivosť pôdnej vody a jej prístupnosť pre rastliny.

- *Bod vädnutia*  $\Theta_{BV}$  je hydrolimit charakterizovaný vlhkosťou pôdy, pri ktorej sú rastliny trvale nedostatočne zásobované pôdnou vodou, pretože intenzita absorpcie vody koreňmi rastlín je podstatne nižšia, ako je intenzita transpirácie, v dôsledku čoho rastliny vädnu a hynú.

Jednou z metód ako určiť zásobu vody v pôde je monitoring vlhkosti v pôdnom profile. Z monitorovaných vlhkostí pôdy je možné vypočítať integrálne obsahy vody v jednotlivých vrstvách pôdneho profilu a pomocou hydrolimít určiť, či bol pôdny profil dostatočne zásobený vodou pre potreby rastlín.

### Zásoby a ochrana vôd na Slovensku

Hydrogeologické pomery Slovenska sú z hľadiska tvorby a akumulácie zásob a zdrojov podzemných vôd pomerne priaznivé, nevýhodou je však ich nerovnomerné rozloženie. V súčasnosti má približne 60 % územia Slovenska nedostatok vodných zdrojov, 30 % územia má dobré zastúpenie vodných zdrojov a najlepšie podmienky zaznamenávame na 10 % územia. Z množstva vody, ktoré preteká slovenskými tokmi, len 12 % pramení na území Slovenska. Podstatnú časť (až 88 %), predstavujú toky pritekajúce na naše územie zo susedných štátov, je to predovšetkým Dunaj, v menšej miere Morava, Dunajec, Uh, Latorica a Tisa. Maximálne prietoky sa vyskytujú na jar, minimálne prietoky spravidla na konci leta, na jeseň a v zime. Prevažná časť povrchových vôd z územia Slovenska odteká vo veľmi krátkom čase a najviac, nepravidelne, s veľkým výkyvom prietokov v priebehu roka. Slovenská republika zaostáva za vyspelými krajinami, pokiaľ ide o stupeň regulovania odtokov. V súčasnosti je na našom území vybudovaných 54 veľkých vodných nádrží, ktoré sú schopné zachytiť asi 14 % z dlhodobého priemerného ročného odtoku (bez vodnej nádrže Gabčíkovo – Čunovo, ktorá len krátkodobo reguluje prietoky Dunaja, pritekajúce prevažne zo susedných krajín). Slovensko disponuje pomerne veľkými zásobami podzemných vôd. Bohaté zdroje sa nachádzajú najmä v náplavoch horného Žitného ostrova a vo vápencovo-dolomitických horninách viacerých pohorí stredného Slovenska



Obr. 1. Územie Žitného ostrova s kanálom. Foto: Y. Velísková

Obr. 2. Regulačné objekty na kanálovej sieti. Foto: Y. Velísková



a Slovenského krasu. Zároveň však geologické pomery veľkej časti krajiny, napr. východného okraja Podunajskej nížiny, juhu stredného Slovenska a väčšiny východného Slovenska, nie sú priaznivé pre vytváranie významnejších akumulácií podzemných vôd. Z hľadiska kvality podzemných vôd sú najviac znečistené nížinné oblasti. Pitná voda sa voda čer-

pá z nižších horizontov, kde dosahuje kvalitu vyhovujúcu pitným účelom.

### Žitný ostrov a jeho kanálová sieť

Žitný ostrov bol nielen v minulosti dôležitým územím pre vodohospodárov a pôdohospodárov. Náplavy jeho hornej časti tvoria obrovský akumulčný priestor podzemnej vody na Slovensku. V minulosti vybudovaná kanálová sieť zásobovala niektoré časti územia Žitného ostrova povrchovými závlahami a zároveň regulovala zásoby podzemných vôd. Podzemné vody tejto oblasti sú v silnej väzbe s kanálovou sieťou tohto územia. Ich vzájomná interakcia bola v priebehu času ovplyvnená zmenou priepustnosti dna korýt kanálovej siete. Táto sa mení hlavne vplyvom zanášania plaveninovými nánosmi. Pri simulácii interakcie kanálovej siete s podzemnými vodami je preto potrebné poznať charakteristiku priepustnosti dnových nánosov vo forme koeficienta hydraulického vodivosti.

Rieka Dunaj tečie cez relatívne úzke údolie pozdĺž rakúsko-slovenských hraníc. Dunaj pretína horský masív Álp a Karpát, prechádza Bratislavou a hneď pod ňou sa rozvetvuje na dva toky, Dunaj a Malý Dunaj. Tieto potoky tečú oddelene približne v dĺžke 100 km a opäť sa spájajú pri Komárne. Oblasť medzi Dunajom a Malým Dunajom sa nazýva Žitný ostrov. Úze-

mie je časťou Podunajskej nížiny a keďže sú na ňom veľmi priaznivé klimatické, pôdne a morfológické podmienky, považuje sa za jednu z poľnohospodársky najproduktívnejších oblastí celého Slovenska. Priemerná šírka Žitného ostrova je 20 km, jeho plocha je približne 2 000 km<sup>2</sup>. Táto plocha predstavuje asi 4 % celého územia Slovenska, no na druhej strane

tvorí 10 % najproduktívnejšej ornej pôdy krajiny.

Oblasť Žitného ostrova je rovinaté územie s minimálnymi výškovými rozdielmi (obr. 1). Jeho povrch klesá juhozápadným smerom. Priemerná nadmorská výška je 135 – 136 m n. m. pri Bratislave, pozdĺž toku klesá na hodnotu 110 m n. m. a pri Komárne dosahuje 108 m n. m. Priemerný sklon ostrova je len okolo  $2,5 \cdot 10^{-4}$ , čo bolo jedným z hlavných dôvodov budovania kanálovej siete v tejto oblasti (ako odvodňovací systém). Žitný ostrov je tvorený sedimentmi, naplavenými z horného toku Dunaja. V minulosti sa rieka rozvetvila do množstva malých tokov, ktoré často menili smer vo vnútri svojich vlastných naplavených sedimentov.

Smer prúdenia podzemných vôd Žitného ostrova v období nízkych prietokov v Dunaji je vo všeobecnosti juhovýchodným smerom, a teda viac-menej kopíruje smer toku Dunaja, čo dokazuje vzájomné pôsobenie medzi Dunajom a zvodneným prostredím Žitného ostrova. V období vysokých stavov hladiny Dunaja voda infiltruje vo veľkom množstve do zvodneného prostredia Žitného ostrova, pričom vektory priesakových rýchlostí sú takmer kolmé na smer toku Dunaja (Kosorin, 1997).

Obdobne existuje interakcia medzi kanálovou sieťou a zvodnenými vrstvami Žitného ostrova. V tomto prípade je jav interakcie ovplyvňovaný nielen všeobecnými podmienkami prúdenia podzemných vôd, ale zároveň hladinovým režimom samotnej kanálovej sústavy. Pre reguláciu hladinového režimu sú na kanálovej sieti vybudované čerpace stanice a iné regulačné objekty (obr. 2). V prípade vysokého stavu hladiny v Dunaji možno reguláciou hladín v kanálovej sústave ovplyvniť hladinu podzemnej vody v okolitom zvodnenom prostredí tak, aby sa eliminovali negatívne vplyvy takéhoto stavu.

Z uvedeného vyplýva, aké dôležité je poznanie interakcie na tomto území. Pre kvantifikáciu tohto javu je dôležité poznanie jeho mechanizmu a parametrov. Jedným z parametrov interakcie, ktorý výrazne vplýva na jej mieru, je priepustnosť jednotlivých vrstiev zvodneného prostredia, ale tiež priepustnosť vrstvy nánosov na dne koryta toku. V hydrodynamike podzemných vôd je priepustnosť charakterizovaná koeficientom hydraulikkej vodivosti. Ak chceme poznať priepustnosť dnového nánosov, musíme určiť hodnotu jeho koeficienta hydraulikkej vodivosti. Na určenie tejto charakteristiky existuje veľké množstvo empirických vzťahov. Ich použitie je však obmedzené podmienkami



Obr. 3. Meranie hrúbky nánosov na kanáli Gabčíkovo – Topoľníky.  
Foto: Y. Velísková

ich platnosti. Vzhľadom na to, že vzorky dnových nánosov bolo možné odobrať len v porušenej forme, zúžil sa rozsah aplikovateľných vzťahov na určenie koeficientov hydraulikkej vodivosti nánosov na Beyerov-Schweigerov (Mucha, Šestakov, 1981) a Špačkov (1987).

V r. 1993 bolo prvýkrát merané zanesenie kanálovej siete Žitného ostrova na vopred stanovených priečných profiloch niektorých hlavných kanálov, a to na kanáli Gabčíkovo – Topoľníky, Chotárnom kanáli, Aszód – Čergov, Čergov – Komárno, Čalovo – Holiare a Holiare – Kosihy, pričom posledné dva boli spojené do kanála, označeného ako Čalovo – Kosihy.

Pre zistenie aktuálneho stavu zanesenia kanálovej siete boli v r. 2004, 2006 a 2010 uskutočnené kontrolné merania zanesenia koryta na niektorých vybraných priečných profiloch kanálov Gabčíkovo – Topoľníky, Chotárneho a Komárňanského kanála (obr. 3). Okrem merania hrúbky nánosov boli vo väčšine profilov odobrané vzorky z vrchnej a spodnej vrstvy nánosov so zariadením (obr. 4), ktoré bolo na tento účel použité aj v minulosti. Z odobraných vzoriek sme vyhodnotili zrnitosť zloženia nánosov a použili ho pri určovaní



Obr. 4. Odoberanie vzoriek nánosov na jednom z kanálov Žitného ostrova. Foto: Y. Velísková

hodnôt koeficientov hydraulického vodivosti nánosov v meraných profiloch kanálov. Platné hodnoty koeficientov hydraulického vodivosti sme následne použili pri simulácii interakcie medzi kanálovou sieťou a podzemnou vodou. Výsledky simulácií ukázali, že existencia nánosov v povrchovom toku (ich hrúbka a zrnitostné zloženie) kvantitatívne ovplyvňujú vzájomnú výmenu medzi vodnou masou povrchového toku a podzemnej vody. Vo všeobecnosti môžu nastať dva prípady:

- ak je hladina vody v povrchovom toku vyššie ako hladina podzemnej vody v jeho okolí, dochádza k infiltrácii vody z toku do okolitých zvodnených vrstiev, a naopak;
- ak je hladina vody v povrchovom toku nižšie ako hladina podzemnej vody v jeho okolí, dochádza k priesaku vody z okolitých zvodnených vrstiev do toku.

Pri numerickej simulácii obidvoch prípadov sa ukázalo, že ak je dno koryta zanesené nánosmi s určitou mierou priepustnosti, tak sa vplyv týchto nánosov na priesakové

množstvá pri interakcii povrchového toku s okolitou podzemnou vodou prejavuje vo väčšej miere pri infiltrácii vody z toku do okolitej hladiny podzemnej vody.

\* \* \*

Dobrá zabezpečenosť krajiny vodou závisí od vyváženej vodnej bilancie. V prírode sa však takýto stav vyskytuje len zriedkavo, väčšinou sa stretávame s nadbytkom alebo nedostatkom vody. Pri správnej regulácii možno nepriaznivé stavy eliminovať na čo najnižšiu mieru (Burger, 2008). Hladina podzemnej vody sa oproti hladine v povrchovom toku vytvára s určitým oneskorením. Túto skutočnosť možno využiť pri eliminácii vyššie spomenutých stavov, je však potrebné poznať zákonitosti vzájomného pôsobenia povrchových a podzemných vôd a charakteristiky, ktoré tento jav najviac ovplyvňujú, ako aj ich naviazanosť na biotu krajiny a na jej ochranu. V tom spočíva úloha ÚH SAV ako partnera vytvoreného Centra excelentnosti pre ochranu a využívanie krajiny a biodiverzitu.

Tento článok bol vytvorený realizáciou projektu ITMS 26240120014 Centrum excelentnosti pre ochranu a využívanie krajiny a biodiverzitu na základe podpory operačného programu Výskum a vývoj financovaného z Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

#### Literatúra

- Burger, F.: Závislosti fluktuácie hladiny podzemnej vody pririeknych území od zmien hladín v riekach. Acta Hydrologica Slovaca, 9, 2008, 2, s. 274 – 284.
- Kosorin, K.: Spatial Groundwater Dynamics of the Žitný Ostrov Aquifer. Journal of Hydrology and Hydromechanics, 45, 1997, p. 348 – 364.
- Mucha, I., Šestakov, V. M.: Hydraulika podzemných vôd. Bratislava : Alfa, 1981, 344 s.
- Šimůnek, J., Huang, K., Šejna, M., van Genuchten, M. T., Majerčák, J., Novák, V., Šútor, J.: The HYDRUS-ET Software Package for Simulating the One-Dimensional Movement of Water, Heat and Multiple Solutes in Variably-Saturated Media. Bratislava : Institute of Hydrology SAS, 1997, 184 p.
- Špaček, J.: Stanovení koeficientu filtrace z totálních křivek zrnitosti. Meliorace, 23, 1987, 1, s. 1 – 13.
- Šútor, J.: Water Storage Monitoring in the Aeration Zone of Soil and its Interpretation. In: Halasi-Kun, G. J. (ed.): Environmental Protection of Soil and Water Resources, Columbia University Seminar Proceedings, 30, 1999, p. 152 – 159.

**Ing. Yveta Velísková, PhD.,** [veliskova@uh.savba.sk](mailto:veliskova@uh.savba.sk)

**Ing. Renáta Dulovičová,** [dulovicova@uh.savba.sk](mailto:dulovicova@uh.savba.sk)

**RNDr. Vlasta Štekauerová, CSc.,**

[stekauerova@uh.savba.sk](mailto:stekauerova@uh.savba.sk)

**Ústav hydrologie SAV, Račianska 75, 831 02**

**Bratislava**