PREPOJENIE MODELOV POVRCHOVEJ A PODZEMNEJ VODY PROSTREDNÍCTVOM INTERAKČNÝCH FUNKCIÍ

Renáta Dulovičová,

Príspevok sa zaoberá porovnaním výpočtu priesaku z koryta toku do zvodneného kolektora podzemnej vody v jeho okolí (alebo naopak) pomocou modelu prúdenia podzemnej vody SKOKY a pomocou tzv.interakčných funkcií, pričom sa berie do úvahy vplyv vzájomnej interakcie povrchových a podzemných vôd. Kľúčovou hydraulickou veličinou pri tomto procese je vtok z okolitej podzemnej vody do koryta povrchového toku (alebo výtok z koryta toku do okolitej podzemnej vody), ktorý je udávaný ako prítok (výtok) $\boldsymbol{q}$ *v* $m^3.s^{-1}$ *cez plochu dna koryta, pripadajúci na bežný meter dĺžky koryta - tzv.špecifický prietok* $\boldsymbol{q}$ *v* $m^2.s^{-1}$*. Veľkosť tohto prietoku určuje mieru účinku povrchového toku na okolitú podzemnú vodu a naopak, účinok okolitej podzemnej vody na povrchový tok. Prietok* $\boldsymbol{q}$ *vystupuje v modeli ako vstupná veličina (pre povrchovú vodu) alebo ako hraničná podmienka (pre podzemnú vodu). Naším cieľom bolo nájsť prostriedok spolupráce oboch modelov, pretože ich výstupy sú ovplyvňované práve prietokom* $\boldsymbol{q}$ *v* $m^2.s^{-1}$ *a preto boli zostavené interakčné funkcie. Ich úlohou je zjednodušiť výpočty pomocou hydrodynamických modelov tak, aby sa tieto dali využívať samostatne, bez vzájomnej závislosti, pričom bude vplyv interakcie plne akceptovaný. Interakčné funkcie umožnia zistiť hodnotu prietoku* $\boldsymbol{q}$ *bez toho, aby sa musel opakovane použiť hydrodynamický model, pretože ak sa raz pre daný povrchový tok zostavia, nahradia pri modelovaní prúdenia v tomto povrchovom toku vlastne model podzemnej vody. Naopak, pri modelovaní prúdenia podzemnej vody tieto nájdené interakčné funkcie nahrádzajú model povrchovej vody. Výpočty boli robené pre vybrané symetrické profily koryta s rôznymi geometrickými a hydraulickými parametrami a taktiež pre niektoré profily kanálovej siete na Žitnom ostrove.*

Kľúčové slová: špecifický prietok, prítok a odtok podzemnej vody, interakcia povrchovej a podzemnej vody, hydrodynamický model, interakčná funkcia

Interconnection of surface a groundwater models by interaction formulas. *This contribution deals with comparison of computation of infiltration from channel to saturated groundwater collector (or reversal) by hydrodynamic model SKOKY and by interaction formulas, with full acceptation of the influence of mutual interaction between surface and groundwater. Inlet from surrounding groundwater to open channel (or outlet from open channel to surrounding groundwater) is key hydraulic characteristic in this process. This characteristic is given as inlet (outlet)* $\boldsymbol{q}$ *in* $m^3.s^{-1}$ *over the channel bottom area which is fallen to one meter of length channel – it is so called „specific discharge“* $\boldsymbol{q}$ *in* $m^2.s^{-1}$*. Intensity of this characteristic determines the degree of open channel impact to surrounding groundwater and reversal, surrounding groundwater impact to open channel. Discharge* $\boldsymbol{q}$ *constitutes as input characteristic (for surface water) or as boundary condition (for groundwater). The aim was to find the exchangeable instrument between surface water flow and ground water flow hydrodynamic models, because their outputs are influenced just by this characteristic* $\boldsymbol{q}$ *in* $m^2.s^{-1}$*, it means to built up the interaction functions for each selected cross-section profile and verify them. The task of interaction function consists of simplification of computation of recharge to open channels bed with full acceptation of the influence their mutual interaction with ground water. It means to reduce the computations by hydrodynamic models so that they could be used separately, without their mutual dependence, but wit full acceptation of interaction influence. Interaction formulas enable to find the discharge value* $\boldsymbol{q}$ *without repeated application of hydrodynamic models, because if they are once built up for one open channel, they substitute the groundwater hydrodynamic model at flow simulation in this channel and reversal. The calculations were made for symmetrical cross-section profiles with various geometrical and hydraulic parameters and for several profiles of channel network at Žitný ostrov.*

Key words: specific discharge, groundwater input and output, interaction between surface and groundwater, hydrodynamic model, interaction formula

---

Úvod

Prúdenie povrchových a podzemných vôd bolo až donedávna sledované oddelene. No ukázalo sa, že podzemné a povrchové vody sa výraznou mierou navzájom ovplyvňujú nielen v kvantite, ale aj v kvalite. Interakciu podzemnej a povrchovej vody možno chápať ako interakciu medzi povrchovým tokom a zvodneným prostredím v jeho okolí. Možno povedať, že väčšina povrchových vodných

zdrojov je v interakcii so zdrojmi podzemných vôd. Táto interakcia môže nadobúdať mnoho foriem. V niektorých prípadoch povrchové vodné zdroje získavajú vodu a obsah látok v nej zo systému podzemných vôd, a naopak, v iných prípadoch býva povrchový vodný zdroj zase zdrojom prítoku vody a látok do podzemnej vody a ovplyvňuje jej vodnosť a kvalitu (Burger, Čelková,2004). Znečistenie povrchového zdroja môže spôsobiť degradáciu kvality podzemnej vody (Velísková, 2002), a naopak, znečistenie zdroja podzemnej vody môže mať za následok znečistenie povrchového toku. V súčasnosti existuje množstvo prác o interakcii povrchových a podzemných vôd v poriečnych oblastiach, ktoré reprezentuje rozsiahle množstvo výsledkov, dosiahnutých analytickými, numerickými, terénnymi a chemickými metódami výskumu.

Teoretické východiská a metodika výpočtu

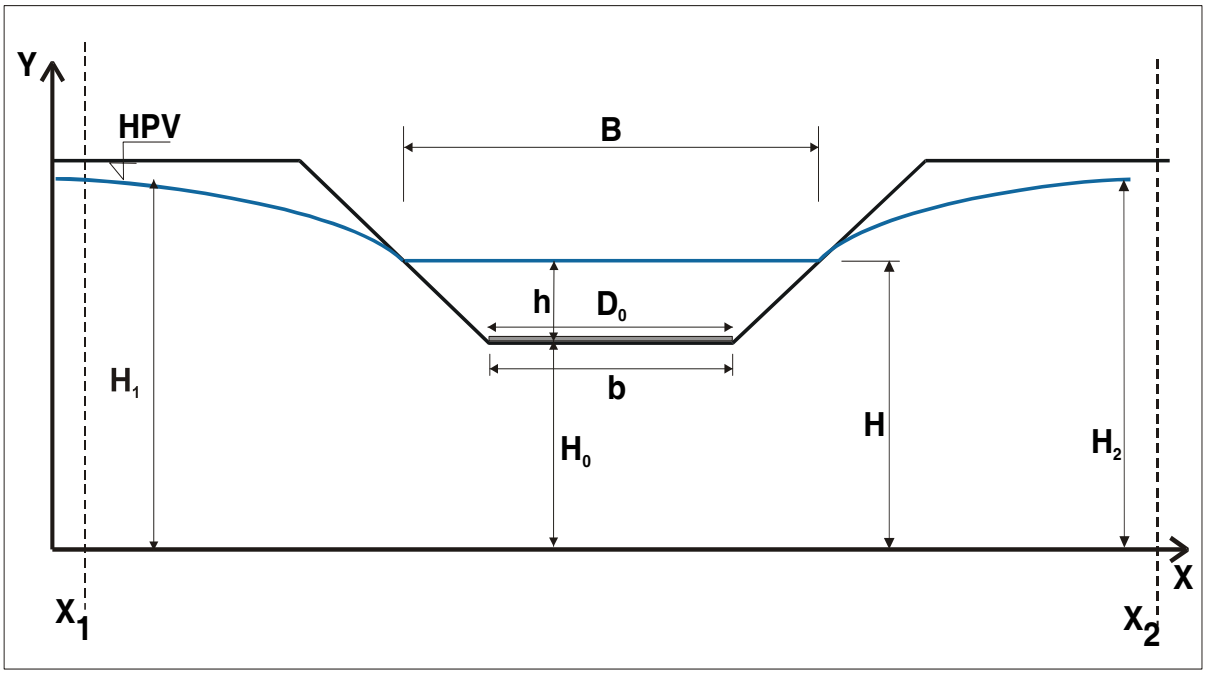
Pri modelovaní pohybu vody a látok v systéme povrchových a podzemných vôd vo vzájomnej interakcii si v prvom rade musíme uvedomiť, že ide o časovo rozdielne procesy prúdenia (rádový rozdiel medzi rýchlosťami prúdenia podzemných a povrchových vôd) a o existenciu kvalitatívne odlišných vlastností prostredia v povrchových a podzemných vodách (rádovo rozdielne koeficienty filtrácie prostredia podzemných vôd a nánosov v koryte povrchového toku). Hydrodynamické 2-D modely a 3-D modely, ktoré používame pri modelovaní prúdenia podzemných a povrchových vôd vo vzájomnej interakcii (SKOKY), sú schopné tieto časovo rozdielne procesy prúdenia povrchových a podzemných vôd tolerovať a zosúladiť pritom časovo odlišné úseky výpočtov pre povrchové a podzemné vody s dostatočnou spoľahlivosťou.
Z pohľadu akceptovania vzájomnej interakcie podzemných a povrchových vôd je dôležitá výmena množstva vody medzi povrchovým tokom a bazénom podzemnej vody, ktorá prebieha cez styčné plochy medzi nimi (cez dno a svahy koryta povrchového toku alebo nádrže). Pri procese tejto výmeny je kľúčovou hydraulickou veličinou priesak z okolitej podzemnej vody do koryta povrchového toku (alebo priesak z koryta toku do okolitej podzemnej vody). Tento je udávaný ako množstvo vody presakujúce cez plochu dna a svahy koryta $\boldsymbol{q}$ ($m^3.s^{-1}$), pripadajúce na bežný meter dĺžky koryta. V podstate je to o špecifický priesak $\boldsymbol{q}$ v $m^2.s^{-1}$, ktorý možno popísať rovnicou :

$$q_{bm} = \frac{\partial S}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} \qquad (1)$$

Veľkosť tohto priesaku vyjadruje mieru účinku povrchového toku na okolitú podzemnú vodu a naopak. Priesak $\boldsymbol{q}$ vystupuje v modeli pre povrchovú vodu ako vstupná veličina, v modeli pre podzemnú vodu ako okrajová podmienka.
Ako východzí vzťah pre priesak podzemnej vody do koryta toku alebo priesak vody z koryta toku do okolitej podzemnej vody s ohľadom na ich vzájomnú interakciu uvádza Kosorin (2001) všeobecný vzťah:

$$q_{bm} = a_1\varphi_1 + a_2\varphi_2 + a_3\varphi_3 + \ldots. + a_i\varphi_i \qquad (m^2.s^{-1}) \qquad (1a)$$

kde $\boldsymbol{\varphi_1, \varphi_2\ldots., \varphi_i}$ sú interakčné funkcie
Každá jedna z nich reprezentuje pomery v jedinom priečnom profile povrchového toku . To znamená, že v tomto profile existujú veličiny konštantné, ktoré neovplyvňujú veľkosť infiltrovaného množstva $\boldsymbol{q}$ v čase a vyjadrujú len polohu daného profilu na toku, a potom veličiny premenlivé, ktoré sa v danom profile v čase menia a teda rozhodujú o veľkosti prítoku (odtoku). Konštantnými veličinami sú geologické vlastnosti prostredia v mieste profilu a geometrické parametre tohoto profilu na toku. Premenlivými veličinami sú meniace sa hĺbky vody a premenlivé hrúbky nánosov v koryte. Jedna interakčná funkcia s rovnakými parametrami $\boldsymbol{a_i}$ teda reprezentuje taký úsek koryta toku, pozdĺž ktorého sú geologické vlastnosti prostredia rovnaké a zároveň sa nemenia geometrické parametre prietočného profilu koryta. V závislosti od variability geologického prostredia a geometrických parametrov koryta si volíme počet interakčných funkciií. Čím je geológia prostredia a geometria prietočného profilu v priestore a v čase premenlivejšia, tým vyšší počet interakčných funkcií musíme zostaviť.



Obr.1 Schéma I.variantu stavu hladiny podzemnej vody ovplyvnenej interakciou s povrchovou vodou pre symetrický profil koryta s výškou hladiny h (šírka nánosu D_0 je symetrická po celej šírke dna koryta, hrúbka nánosu v koryte je d)

Fig.1 Figure of the I-st variant of groundwater level condition effected by mutual interaction between surface and groundwater for symetrical profile with water depth h (width of silt D_0 is symetrical across whole bottom width, silt thickness is d)

Interakčné funkcie by mali teda obsahovať zahrnutie vplyvu premenlivých veličín na veľkosť prítoku (odtoku), to znamená, že budú závisieť od hladiny vody v koryte a zároveň od hladiny podzemnej vody v jeho okolí - pozri obr.1. Túto závislosť vyjadrujú nasledovné vzťahy (2) – Dulovičová (2003):

$$\varphi_1 = H_1^{\,2} - H^2 , \qquad \varphi_2 = H_2^{\,2} - H^2 ,$$

$$\varphi_3 = H_1^{\,1/2} - H^{\,1/2} , \qquad \varphi_4 = H_2^{\,1/2} - H^{\,1/2} ,$$

$$\varphi_5 = H_1 - H , \qquad \varphi_6 = H_2 - H$$

$$\varphi_7 = H_1^{\,3/2} - H^{\,3/2} , \qquad \varphi_8 = H_2^{\,3/2} - H^{\,3/2} ,$$

…

$$\varphi_i = f\,(h, H_0, H_1, H_2) \quad (2)$$

kde H_1 je hladina podzemnej vody vo vstupnom profile (X_1) v (m), H_2 je hladina podzemnej vody vo výstupnom profile (X_2) v (m), pričom tieto profily sú v symetrickej vzdialenosti od stredu koryta toku,

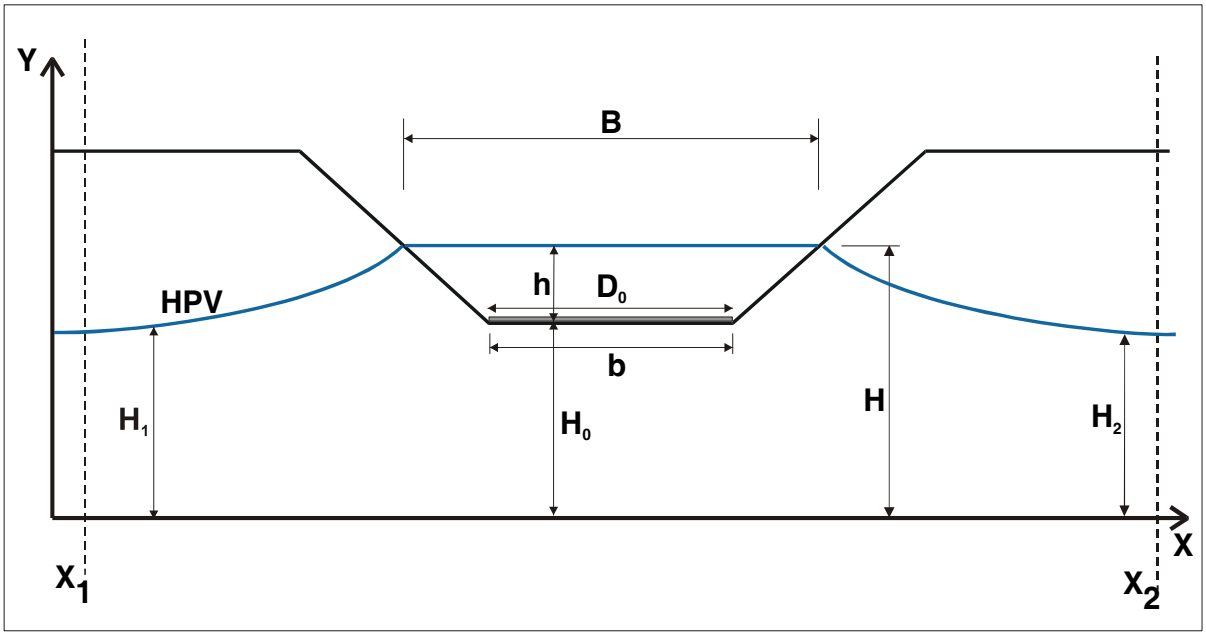
$H = H_0 + h$ je súčet hrúbky vodonosnej vrstvy od dna koryta po nepriepustné podložie a hĺbky vody v koryte,

$\boldsymbol{a_1, a_2, \ldots, a_i}$ – hľadané parametre interakčných funkcií daného profilu, ktorých počet volíme v závislosti od počtu interakčných funkcií, s ohľadom na požadovanú presnosť simulácie interakcie. Zohľadnenie geológie prostredia v mieste profilu na toku a geometrie tohoto profilu vyjadruje nasledovná závislosť:

$$a_i = f_i\,(H_0, b, k, k_n) \qquad i=1,2,3\ldots \qquad (3)$$

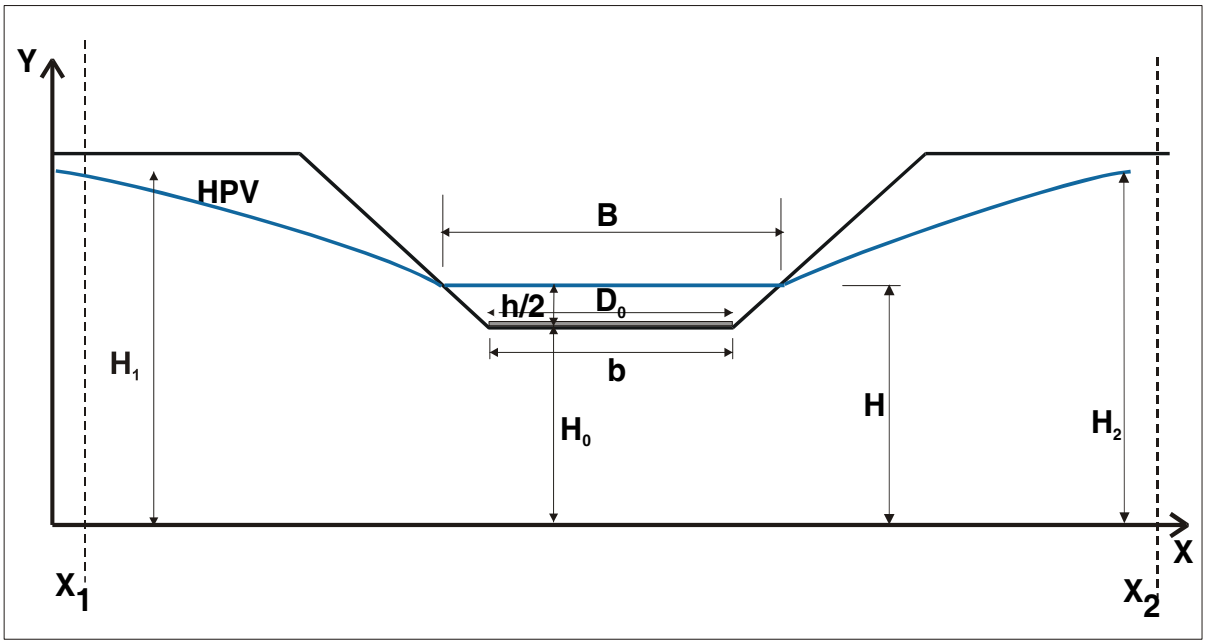
kde $\boldsymbol{k}$ je koeficient filtrácie zvodneného prostredia a $\boldsymbol{k_n}$ je koeficient filtrácie dnového nánosu koryta v jednom úseku jedného profilu.

Pre výpočet parametrov a_i je potrebné zvoliť si niekoľko variantov hĺbok povrchovej a podzemnej vody v danom profile (hraničných podmienok)– pozri obr.1, obr.2, obr.3, obr.4.



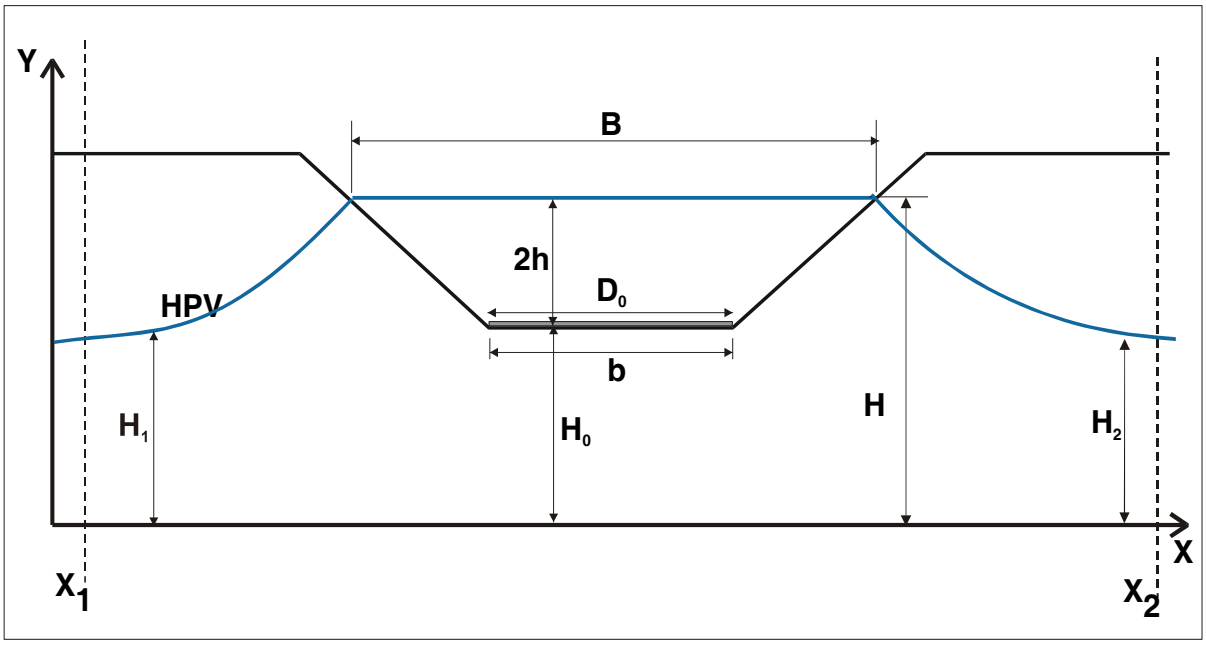
Obr. 2 Schéma II. variantu stavu hladiny podzemnej vody ovplyvnenej interakciou s hladinou povrchovej vody v symetrickom profile koryta s hladinou h

Fig. 2 Figure of the II-nd variant of groundwater level condition effected by mutual interaction between surface and groundwater for symetrical profile with water depth h



Obr.3 Schéma III. variantu stavu hladiny podzemnej vody ovplyvnenej interakciou s povrchovou vodou pre symetrický profil koryta s výškou hladiny h/2

Fig.3 Figure of the III-th variant of groundwater level condition effected by mutual interaction between surface and groundwater for symetrical profile with water depth h/2



Obr.4 Schéma IV. variantu stavu hladiny podzemnej vody ovplyvnenej interakciou s hladinou povrchovej v symetrickom profile koryta s výškou hladiny 2h

Fig.4 Figure of the IV-th variant of groundwater level condition effected by mutual interaction between surface and groundwater for symetrical profile with water depth 2h

Vybrané varianty dosadíme do rovnice (1a) a dostaneme taký počet nezávislých lineárnych rovníc, koľko variantov polohy hladín sme zvolili. Na pravú stranu týchto rovníc za prietok dosadíme vždy hodnotu q_{bmi}, vypočítanú pomocou hydrodynamického modelu SKOKY pre dané hraničné podmienky (polohy hladín). Úlohou je teda zistiť zo systému lineárnych rovníc neznáme parametre a_i. Keď ich riešením systému zvoleného počtu lineárnych rovníc získame, tým sme vlastne zostavili požadovanú interakčnú funkciu pre daný profil. Overenie platnosti získanej interakčnej funkcie môžeme urobiť tak, že si zvolíme tzv. "overovací" variant polohy hladiny podzemnej vody (novú hraničnú podmienku), pre ktorý vypočítame modelom SKOKY hodnotu q_{iov}. Túto potom porovnávame s hodnotou prietoku, vypočítanou pomocou našej získanej interakčnej funkcie. Ak je rozdiel týchto dvoch hodnôt zanedbateľný (do 10%), môžeme považovať zvolený počet variantov polôh hladín za postačujúci. Ak nie (viac ako 20 %), je potrebné pridať ďalšie varianty polohy hladín povrchovej a podzemnej vody, tým zvýšiť aj počet interakčných funkcií a ich ďalšie závislosti (vo vzťahoch (2)). Forma týchto závislostí nie je rozhodujúca, na presnosť výpočtu vplýva len ich počet - Dulovičová (2003).

Interakčné funkcie pre symetrické profily

Pre symetrické profily, t.j. pre profily so symetricky rozdeleným prítokom (odtokom) do podzemnej vody, symetrickými geometrickými parametrami profilu a symetricky rozdelenou geológiou prostredia v jeho okolí sa nám vzťahy (2) zredukujú na polovičný počet, čo je spôsobené symetriou $H_1 = H_2$. Potom sa vzťahy (1) a (2) transformujú na nasledovné:

$$q_{bm} = a_1\varphi_1 + a_2\varphi_2 + a_3\varphi_3 + a_4\varphi_4 \quad (m^2.s^{-1}) \qquad (4)$$

kde $\varphi_1 = H_1^2 - H^2$, $\varphi_2 = H_1^{1/2} - H^{1/2}$, $\varphi_3 = H_1 - H$, $\varphi_4 = H_1^{3/2} - H^{3/2}$ (5)

Za prietok q_{bm} na ľavej strane rovnice (4) dosádzame len polovičnú hodnotu z hodnoty prietoku, získaného výpočtom pomocou modelu SKOKY, nakoľko uvažujeme so symetrickým rozdelením

prítoku (odtoku) na obidve strany koryta. Geometrické, hydraulické a geologické pomery na oboch stranách symetrického koryta považujeme za rovnaké.
V rámci tohto príspevku boli použité štyri varianty vzájomnej polohy hladín podzemnej vody a hladiny v koryte povrchového toku, schematicky zobrazené na obr.1,2,3,4. Ako prvý je uvažovaný variant symetrického obojstranného prítoku podzemnej vody do symetrického profilu koryta. Druhý uvažovaný variant je symetrický obojstranný odtok zo symetrického profilu koryta toku do okolitej podzemnej vody. Pre obidva tieto varianty pritom platí, že hladina podzemnej vody vo vstupnom profile X_1 (H_1) je zhodná s hladinou podzemnej vody vo výstupnom profile X_2 (H_2), t.j. $H_1 = H_2$ a zároveň hĺbka vody v koryte je h. Ako tretí variant bol uvažovaný obojstranný symetrický prítok podzemnej vody do toku so zhodnými hĺbkami podzemnej vody $H_1 = H_2$ a s hĺbkou v koryte $h/2$. Ako štvrtý variant bol uvažovaný symetrický obojstranný odtok z koryta toku s hladinou v koryte $2h$ a zhodnými hĺbkami podzemnej vody $H_1 = H_2$.
Hodnota prietoku s akceptovaním vplyvu vzájomnej interakcie podzemnej a povrchovej vody je pre variant obojstranného prítoku do toku s výškou hladiny v koryte h:

I.variant: $q_I = +q_1 + q_2$ $(m^2.s^{-1})$

Hodnota prietoku pre variant obojstranného odtoku z koryta s výškou hladiny h je:

II.variant: $q_{II} = - q_1 - q_2$ $(m^2.s^{-1})$

Hodnota prietoku pre variant obojstranného prítoku podzemnej vody do koryta s hladinou $h/2$ je:

III.variant: $q_{III} = +q_1 + q_2$ $(m^2.s^{-1})$

Hodnota prietoku pre variant obojstranného odtoku z koryta s výškou hladiny $2h$ je:

IV.variant: $q_{IV} = - q_1 - q_2$ $(m^2.s^{-1})$

kde $\boldsymbol{q}$ je výsledný odtok (prítok) z (do) koryta, $\boldsymbol{q_1}$ je prietok cez vstupný profil X_1 a $\boldsymbol{q_2}$ je prietok cez výstupný profil X_2.

Tab.1 Prítok (odtok) do (z) symetrického koryta toku s hľbkou h = 10,0 m pre I.- IV.variant hladiny podzemnej vody v jeho okolí

Tab.1 Inlet (outlet) to (from) symetrical profile with depth h = 10,0 m for I.- IV.variant of groundwater level in its surroundings

	I.variant	**II.variant**	**III.variant**	**IV.variant**
Prietok cez profil X_1 $\|q_1\|$ $[m^2.s^{-1}]$	0,113593	0,149351	0,142372	0,246221
Prietok cez profil X_2 $\|q_2\|$ $[m^2.s^{-1}]$	0,113300	0,148890	0,142062	0,244467
Výsled.prítok (odtok)do(z) koryta toku q_i $[m^2.s^{-1}]$	0,226893	-0,298242	0,284434	-0,490688
Symetria $q_i/2$ $[m^2.s^{-1}]$	0,113447	-0,149121	0,142217	-0,245344

Číselné hodnoty prietokov vo vstupnom profile X_1 a výstupnom profile X_2 počítame pomocou modelu SKOKY, ktorý zo svojich výstupných súborov poskytuje okrem iného aj hodnoty horizontálnych zložiek rýchlostí v jednotlivých vrstvách od nepriepustného podložia po úroveň hladiny podzemnej vody v sledovanom profile. Prietoky cez profily X_1 a X_2 pre zvolené priečne prierezy koryta toku s konštantnými geometrickými a hydraulickými parametrami sú na základe rovnice kontinuity spočítané pre varianty I. – IV. v tab.1 a tab.2 pomocou algoritmu, uvedeného v Dulovičová (2002).

Tab.2. Prítok (odtok) do (z) symetrického koryta kanála SVII v profile č.1- km 3,0 s hľbkou h = 2,0 m pre I.-IV. variant hladiny podzemnej vody v jeho okolí

Tab.2. Inlet (outlet) to (from) symetrical profile at Channel SVII in km 3,0 with depth h = 2,0 m for I.-IV.variant of groundwater level in its surroundings

	I.variant	**II.variant**	**III.variant**	**IV.variant**
Prietok cez profil X_1 $\|q_1\|$ $[m^2.s^{-1}]$	0,006627	0,002426	0,006894	0,008916
Prietok cez profil X_2 $\|q_2\|$ $[m^2.s^{-1}]$	0,006634	0,002306	0,006822	0,008563
Výsled.prítok (odtok)do(z) koryta toku q_i $[m^2.s^{-1}]$	0,012972	-0,004732	0,013715	-0,017478
Symetria $q_i/2$ $[m^2.s^{-1}]$	0,006486	-0,002366	0,006858	-0,008739

Pre rôzne hľbky vody v koryte toku sú uvedené aj hodnoty tzv."overovacích" prietokov, t.j. prietokov pri nových hraničných podmienkach - tab.3 a tab.4.

Tab.3 Overovací prítok (odtok) do (z) symetrického koryta kanála SVII v profile č.1- km 3,0 s hľbkou h = 2,0 m I.-IV. variant hladiny podzemnej vody v jeho okolí

Tab.3 Verificated inlet (outlet) to (from) symetrical profile at Channel SVII in km 3,0 with depth h = 2,0 m for I.- IV.variant of groundwater level in its surroundings

	I.variant	**II.variant**	**III.variant**	**IV.variant**
Prietok cez profil X_1 $\|q_1\|$ $[m^2.s^{-1}]$	0,006967	0,002172	0,007066	0,003497
Prietok cez profil X_2 $\|q_2\|$ $[m^2.s^{-1}]$	0,006530	0,002035	0,006998	0,003238
Výsled.prítok (odtok)do(z) koryta toku q_i $[m^2.s^{-1}]$	0,013497	-0,004206	0,014063	-0,006735
Symetria $q_i/2$ $[m^2.s^{-1}]$	0,006748	-0,002103	0,007031	-0,003368

Výpočet parametrov interakčných funkcií $\boldsymbol{a_i}$ bol robený maticovou metódou riešenia sústavy lineárnych rovníc, ktorá vychádza z predpokladu, že vektor riešenia sústavy ($\boldsymbol{a_i}$) je rovný súčinu inverznej matice k matici koeficientov sústavy rovníc a vektora pravých strán sústavy rovníc ($\boldsymbol{q_i}$). Je uvedený pre rôzne hľbky v koryte v tab.5 a tab.6.

Tab.4 Overovací prítok (odtok) do (z) symetrického koryta toku s hľbkou h = 10,0 m pre I.-IV. variant hladiny podzemnej vody v jeho okolí

Tab.4 Verificated inlet (outlet) to (from) symetrical profile with depth h = 10,0 m for I.- IV.variant of groundwater level in its surroundings

	I.variant	**II.variant**	**III.variant**	**IV.variant**
Prietok cez profil X_1 $\|q_1\|$ $[m^2.s^{-1}]$	0,055802	0,111080	0,121456	0,236585
Prietok cez profil X_2 $\|q_2\|$ $[m^2.s^{-1}]$	0,055586	0,110820	0,121212	0,234970
Výsled.prítok (odtok)do(z) koryta toku q_i $[m^2.s^{-1}]$	0,111388	-0,221899	0,242669	-0,471555
Symetria $q_i/2$ $[m^2.s^{-1}]$	0,055694	-0,1109495	0,1213345	-0,235777

Tab.5 Tabuľka výpočítaných parametrov interakčnej funkcie a_{1-4} pre symetrické koryto s hľbkou h = 10,0 m

Tab.5 Calculated parameters of interaction function $\boldsymbol{a_{1-4}}$ for symetrical profile with depth h = 10,0 m

Matica koeficientov sústavy rovníc				**$q_{i=1-4}/2$** $[m^2.s^{-1}]$	**$a_{i=1-4}$**
1100	0,67489	10	111,205	0,1134467	$1{,}7470.10^{-4}$
-900	-0,74651	-10	-100,571	-0,1491208	21,903553
1575	1,037763	15	162,889	0,1422172	-3,036246
-2000	-1,42141	-20	-211,776	-0,2453441	0,139236

Tab.6 Tabuľka výpočítaných parametrov interakčnej funkcie a_{1-4} pre symetrické koryto kanála SVII v profile 1 – km 3,0 s hľbkou h = 2,0 m

Tab.6 Calculated parameters of interaction function $\boldsymbol{a_{1-4}}$ for symetrical profile at Channel SVII in km 3,0 with depth h = 2,0 m

Matica koeficientov sústavy rovníc				**$q_{i=1-4}/2$** $[m^2.s^{-1}]$	**$a_{i=1-4}$**
357,2	18,89944	2	1687,826	0,006486	$-2{,}296.10^{-4}$
-349,2	18,6866	-2	1631,446	-0,002366	0,006932
175,1	18,74025	1	1645,421	0,006858	0,043469
-706,4	18,7924	-4	1659,796	-0,008739	$-7{,}671.10^{-5}$

Tab.7 prezentuje overenie platnosti interakčných funkcií už spomenutým spôsobom, to znamená zvolením novej varianty polohy hladiny podzemnej vody (novej hraničnej podmienky) a následným vypočítaním novej hodnoty prietoku $\boldsymbol{q_{iov}}$ pomocou modelu SKOKY(tzv.overovací prietok). Porovnanie prietokov, spočítaných pomocou interakčných funkcií s parametrami $\boldsymbol{a_i}$ a tzv.overovacích prietokov (v poslednom stĺpci tab.7) vypovedá o spoľahlivosti výpočtu so zvoleným počtom parametrov a tým aj o presnosti simulácie.

Tab. 7 Overovanie platnosti interakčných funkcií pre symetrické profily s hĺbkou h = 2 m; 10 m

Tab. 7 Verification of interaction functions validity for symetrical profiles with depth h = 2 m; 10 m

I.variant

h [m]	H_0 [m]	$H = H_0 + h$ [m]	$H_1 = H_2 = H_0 + 2 . h$ [m]
2	86,3	88,3	90,3
10	40	50	60
$\varphi_1=H_2^2-H^2$ [m]	$\varphi_2=H_2^{1/2}+H^{1/2}$ [m]	$\varphi_3=H_2-H$ [m]	$\varphi_4=H_2^{3/2}+H^{3/2}$ [m]
357,2	18,89944	2	1687,826
1100	0,674899	10	111,20461
a_1	a_2	a_3	a_4
$1,2958.10^{-4}$	0,006932	0,043468	$-7,6706. 10^{-5}$
$1,7470.10^{-4}$	21,903553	-3,036246	0,139236

$q_{I.} = a_1.\varphi_1+a_2.\varphi_2+a_3.\varphi_3+a_4.\varphi_4$ $[m^2.s^{-1}]$	$q_{I..over.}$ zo SKOKY $[m^2.s^{-1}]$	ROZDIEL
0,00649	0,00675	0,00026
0,096114	0,055694	0,04042

II.variant

h [m]	H_0 [m]	$H = H_0 + h$ [m]	$H_1 = H_2 = H_0$ [m]
2	86,3	88,3	86,3
10	40	50	40
$\varphi_1=H_2^2-H^2$ [m]	$\varphi_2=H_2^{1/2}+H^{1/2}$ [m]	$\varphi_3=H_2-H$ [m]	$\varphi_4=H_2^{3/2}+H^{3/2}$ [m]
-349,2	18,68659	-2	1631,4461
-900	-0,74651	-10	-100,5712
a_1	a_2	a_3	a_4
$1,2958.10^{-4}$	0,006932	0,043468	$-7,6706. 10^{-5}$
$1,7470.10^{-4}$	21,903553	-3,036246	0,139236

$q_{II.} = a_1.\varphi_1+a_2.\varphi_2+a_3.\varphi_3+a_4.\varphi_4$ $[m^2.s^{-1}]$	$q_{II..over.}$ zo SKOKY $[m^2.s^{-1}]$	ROZDIEL
-0,00237	-0,00210	0,00026
-0,14920	-0,11095	0,03825

III.variant

h [m]	H_0 [m]	$H = H_0 + h /2$ [m]	$H_1 = H_2 = H_0 + 2.h$ [m]
2	86,3	87,3	88,3
10	40	45	60
$\varphi_1=H_2^2-H^2$ [m]	$\varphi_2=H_2^{1/2}+H^{1/2}$ [m]	$\varphi_3=H_2-H$ [m]	$\varphi_4=H_2^{3/2}+H^{3/2}$ [m]
175,6	18,74025	1	1645,421
1575	1,03776	15	162,88882
a_1	a_2	a_3	a_4
$1,2958.10^{-4}$	0,006932	0,043468	$-7,6706. 10^{-5}$
$1,7470.10^{-4}$	21,903553	-3,036246	0,139236

$q_{III.} = a_1.\varphi_1+a_2.\varphi_2+a_3.\varphi_3+a_4.\varphi_4$ $[m^2.s^{-1}]$	$q_{III..over.}$ zo SKOKY $[m^2.s^{-1}]$	ROZDIEL
0,00686	0,00703	0,00017
0,142192	0,121334	0,02086

IV.variant

h [m]	H_0 [m]	$H = H_0 + 2.\ h$ [m]	$H_1 = H_2 = H_0$ [m]
2	86,3	90,3	86,3
10	40	60	40
$\varphi_1=H_2^2-H^2$ [m]	$\varphi_2=H_2^{1/2}+H^{1/2}$ [m]	$\varphi_3=H_2-H$ [m]	$\varphi_4=H_2^{3/2}+H^{3/2}$ [m]
-706,4	18,79241	-4	1659,7956
-2000	-1,42141	-20	-211,77579
a_1	a_2	a_3	a_4
$1,2958.10^{-4}$	0,006932	0,043468	$-7,6706.\ 10^{-5}$
$1,7470.10^{-4}$	21,903553	-3,036246	0,139236

$q_{IV.} = a_1.\varphi_1+a_2.\varphi_2+a_3.\varphi_3+a_4.\varphi_4$ $[m^2.s^{-1}]$	$q_{IV..over.}$ zo SKOKY $[m^2.s^{-1}]$	ROZDIEL
-0,00874	-0,00337	0,00537
-0,245315	-0,235778	0,00954

Záver

V rámci tohto príspevku boli robené výpočty pre vybrané vzorové profily koryta toku s rôznymi geometrickými a hydraulickými parametrami a tiež pre vybrané profily kanála SVII, ktorý je jedným z troch hlavných kanálov kanálovej siete Žitného ostrova. Z rozdielu prietokov, počítaných interakčnými funkciami a prietokov pre zmenené hraničné podmienky hladiny podzemnej vody, počítaných modelom SKOKY v tab.7 je vidieť, že zvolený počet parametrov pre symetrické profily v prípade vybraných profilov na kanáli SVII poskytuje lepšie výsledky spoľahlivosti ako u vzorových profilov. Pre tieto profily bude teda potrebné ďalej zvyšovať počet parametrov, to znamená pridávať ďalšie varianty polohy hladiny podzemnej vody a následne ďalšie interakčné funkcie, nakoľko aktuálny počet parametrov nie je postačujúci na to, aby mohol byť výpočet pomocou interakčných funkcií považovať za spoľahlivo platný pre daný prierez koryta toku a variabilné vstupné dáta. V ďalšej etape overovania platnosti interakčných funkcií pripravujeme porovnanie počítaných prietokov pomocou modelu SKOKY a pomocou interakčných funkcií s reálnymi prietokmi na ďalších kanáloch kanálovej siete Žitného ostrova.

Poďakovanie

Štúdia vznikla v rámci riešenia projektu APVT č.51-044802 a grantového projektu VEGA č.2/5054/25. Autorka týmto ďakuje za finančnú podporu z týchto projektov.

Literatúra:

Burger, F, Čelková, A. (2004): Určenie napájania a drénovania zvodneného aluviálneho systému v suchom období pre modelovanie prúdenia podzemnej vody. In: Acta Hydrologica Slovaca, roč.5, č.2, ÚH SAV, Bratislava, s.358-365

Burger, F, Čelková, A. (2004): Simulácia procesov napájania zvodneného systému v podmienkach sucha. In: Acta Hydrologica Slovaca, roč.5, č.2, ÚH SAV, Bratislava, s. 348-357

Dulovičová, R. (2003): Interakčné funkcie ako nástroj vyjadrenia vzájomnej interakcie povrch.a podzem.vôd, Acta Hydrolog. Slovaca, roč.4, č.1, ÚH SAV, 107-115

Dulovičová, R. (2002): Overovanie vzťahu pre výpočet výmenných tokov pri vzájomnej interakcii podz. a povrch.vôd pre symetrické profily, Acta Hydrolog. Slovaca, roč.3, č.1, ÚH SAV, 2002, 69-75

Kosorin, K. (2001): K metodickým a aplikačným problémom modelovania pohybu povrchových a podzemných vôd vo vzájomnej interakcii, Acta Hydrologica Slovaca , roč.2, č.2, ÚH SAV, 308-312

Kosorin, K. (2002): Prenosové javy v singularitách pórovitého prostredia, Acta Hydrologica Slovaca, roč.3, č.2, ÚH SAV, 224-231

Kosorin, K. – Dulovičová, R. (2000): K metodickým problémom viacrozmernej počítačovej simulácie pohybu povrch.a podzem.vôd, Acta Hydrolog.Slovaca, roč.1, č.1, ÚH SAV, 217-221

Projekt APVT č. APVT-51-044802 (2003): Vplyv sucha na vodný režim a biodiverzitu nížinných oblastí Slovenska a návrh opatrení, Čiastková úloha.č.2 - Zhodnotenie možností a návrh regulácie hladinového režimu podzem.vôd prostredníctvom kanálovej a riečnej siete, Agentúra na podporu vedy a techniky

Velísková, Y. (2002): Charakteristiky priečneho zmiešavania v povrchových tokoch. Časť II. Vplyv geometrických parametrov koryta, strednej rýchlosti prúdenia a trecej rýchlosti, Acta Hydrolog. Slovaca roč.3, č.1, ÚH SAV, 76-80

Renáta Dulovičová

Renáta Dulovičová, Ústav hydrológie SAV, Račianska 75, 831 02 Bratislava, dulovicova@uh.savba.sk