

INDIKÁCIA LOKALÍT VYSTÚPENIA PODZEMNÝCH VÔD K TERÉNU A RÁMCOVÉ POSÚDENIE ICH MOŽNÝCH DÔSLEDKOV

INDICATION THE LOCATIONS OF GROUNDWATER-LEVEL RISE TO TERRAIN AND FRAMEWORK ASSESSMENT OF THEIR POSSIBLE EFFECTS

Ing. Martin Belan

Anotácia

Príspevok je venovaný indikácií lokalít vystúpenia podzemných vôd blízko k terénu. Ide o lokality, kde hladina podzemných vôd vystúpi k terénu bližšie ako 10 cm, prípadne vystúpi až nad terén. Identifikované lokality sa rámcovo posúdili z hľadiska ich možných dôsledkov na zastavané územia, pozemné komunikácie a ornú pôdu.

Kľúčové slová :

záplavy, podzemné vody, faktor ohrozenia

Annotation

The aim of this work is indication the locations of groundwater-level rise to terrain. These are the locations where groundwater-level rise to terrain near or more than 10 cm and rise up above terrain. Identified locations are assessed for their possible consequences on built-up areas, land communications and arable land.

Keywords:

floods, groundwater, threat factor

Ing. Martin Belan,
Slovenský hydrometeorologický ústav, Jeséniova 17, 833 15 Bratislava, Slovenská republika
+421 2 59 415 450,
Email : martin.belan@shmu.sk

Abstrakt

Príspevok je venovaný identifikácii lokalít vystúpenia podzemných vôd blízko k terénu, prípadne nad terén. Pre identifikáciu lokalít sa zvolila limitná hodnota 10 cm. Táto hodnota nám definuje vystúpenie podzemných vôd. Východiskové dáta pochádzali zo sond štátnej hydrologickej siete monitorovania kvantity podzemných vôd v správe Slovenského hydrometeorologického ústavu. Pre identifikované lokality vystúpenia podzemných vôd sa vypočítala a kategorizovala významnosť prekročenia limitnej hodnoty.

Cieľom príspevku bolo určenie možných dôsledkov vystúpenia podzemných vôd. Úloha spočívala v jednoduchom plošnom namodelovaní záplav podzemných vôd v okolí sond štátnej hydrologickej siete pomocou softwaru ArcMap. Následne sa kategorizovali možné dôsledky vystúpenia podzemnej vody pomocou určených faktorov ohrozenia. Dôsledky sa určovali pre sondy v kvartérnych útvaroch, kde bola významnosť prekročenia vystúpenia viac ako 10%. Faktory ohrozenia sa aplikovali s ohľadom na zastavané územie, pozemné komunikácie a ornú pôdu.

Abstract

The paper is dedicated to the identification the locations of groundwater-level rise close to terrain or above on terrain. The 10 cm limit value was selected to identify this locations. This value defines groundwater-level rise. The input data came from the state hydrological network for groundwater monitoring in the Slovak hydrometeorological institute report. For selected locations of groundwater-level rise was calculated and categorized the significance of the exceedance of the limit value.

The aim of this work was to identify the consequences of groundwater-level rise. The task consisted of simply spatial model with groundwater floods around the hydrological probes using ArcMap software. Subsequently, the consequences of groundwater-level rise were categorized by identified threat factors. Consequences were determined for probes whose significance was higher than 10%. Threat factors have been applied with regard to built-up areas, land communications and arable land.

1 Úvod

Povodeň patrí k významnému prírodnému fenoménu. Prejavuje sa hlavne zaplavením dovtedy ešte nezaplavených území. Príčin vzniku povodní môže byť viac - zväčšenie prietoku vo vodnom toku, intenzívne alebo dlhotrvajúce zrážky, topenie snehu až po vystúpenie hladiny podzemných vôd [1]. Dôsledky povodní môžu byť rôznorodé od zaplavených pivníc, pozemných komunikácií až po škody na majetku či stratách ľudských životov. Zatiaľ, čo dôsledkom povodní spôsobených povrchovými vodami sa venuje široká laická či odborná verejnosť, dôsledkom vystúpenia hladín podzemných vôd je venovaná menšia pozornosť. Dôkazom, že tento fenomén netreba zanedbávať sú napríklad povodne z roku 2010 v blízkosti rieky Žitava, kde boli zasiahnuté obce Kmeťovo, Maňa a Dolný Oháj [2] alebo v povodí rieky Torysa, kde boli zasiahnuté obce Čana, Ždaňa a Nižná Myšľa [3]. Kým povrchová voda odtiekla, podzemná voda stále robila problémy. Zaplavovala pivnice alebo okolité polia. Podobných príkladov je viac.

Identifikovať potenciálne miesta povodňového rizika vplyvom podzemných vôd sa dá viacerými spôsobmi. Napríklad modelovaním hladinového režimu podzemných vôd [4] alebo jednoduchšie pomocou indikácie vystúpenia hladín v minulosti. Príspevok sa zameria na druhú možnosť. Keďže je dosť veľká pravdepodobnosť, že k vystúpeniu dôjde aj v budúcnosti, či už vo väčšej alebo menšej miere.

2 Východiskové informácie

Ako východiskové informácie boli použité dáta zo štátnej hydrologickej siete monitorovania podzemných vôd. Prvé údaje monitorovania hladín podzemných vôd pochádzajú už z 30.rokov 20. storočia. V súčasnosti má odbor Podzemných vôd patriaci pod úsek Hydrologickej služby na Slovenskom hydrometeorologickom ústave dáta k 2394 sondám, ktoré patria alebo patrili pod Štátnu hydrologickú sieť monitorovania kvantity podzemných vôd Slovenska s dennou alebo týždennou periodicitou merania. Treba poznamenať, že objekty majú rôznu dĺžku monitorovania. K dispozícii sú informácie ako umiestnenie sondy, obdobie monitorovania, výšku odmerného bodu, výšku terénu a úroveň hladiny podzemnej vody a teplota vody. Tieto údaje sú uložené v hydrologickej databanke – katalógu monitorovaných sond.

3 Výber sond vystúpenia podzemných vôd a výpočet významnosti prekročenia

Pri výbere sond vystúpenia podzemných vôd k terénu bolo potrebné definovať, kedy môžeme hovoriť o vystúpení hladiny k terénu. V tomto prípade sa definovala limitná hodnota 10 cm. To znamená, že sa vybrali len tie sondy v ktorých hladina podzemnej vody bola k terénu bližšie ako 10 cm, prípadne vystúpila až nad terén. Tejto podmienke vyhovovalo 511 sond z 2394 v minulosti alebo v súčasnosti monitorovaných sond. Výsledkom bolo 511 sond s nasledovnými informáciami :

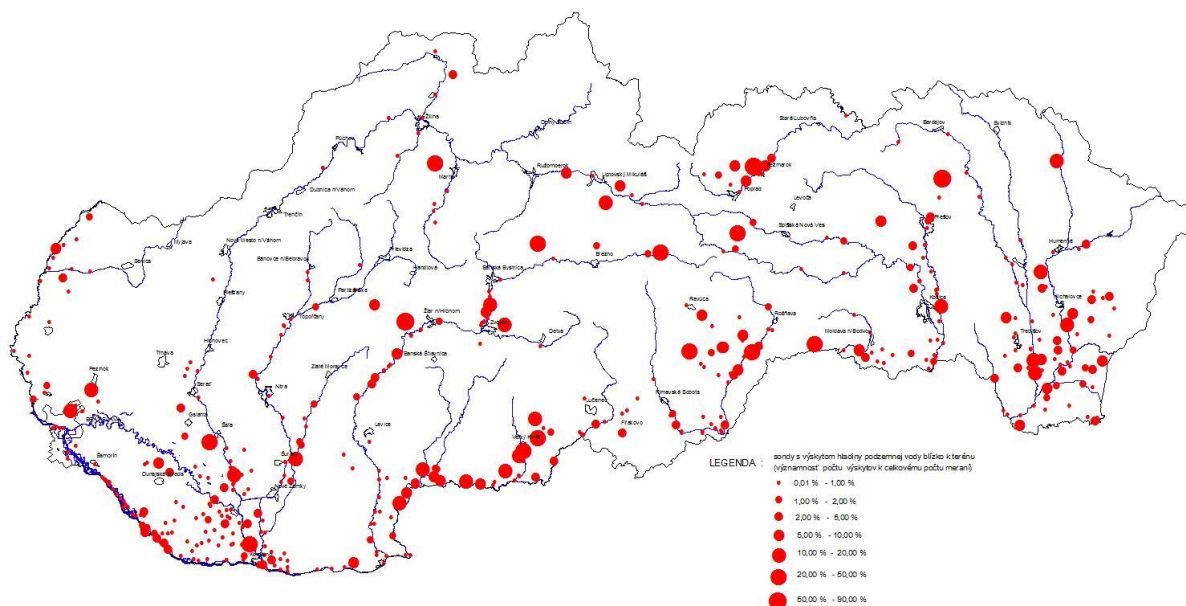
- Lokalita merného objektu pre spracovanie v GIS
- Obdobie monitorovania
- Nadmorská výška odmerného bodu
- Výška odmerného bodu nad terénom

- Týždenne hodnoty meraní za celé pozorované obdobie (v závislosti od začiatku merania, maximálne do roku 2014)
- Úroveň hladiny podzemnej vody odpovedajúca nastavenej limitnej hodnote
- Počet prekročení limitnej podmienky

Po identifikovaní lokalít vystúpenia podzemných vôd bolo potrebné daný jav kategorizovať, keďže sa v sondách vykonávalo meranie v rôznych časových obdobiach. Kategorizácia spočívala vo vypočítaní významnosti prekročenia pomocou jednoduchej trojčlenky :

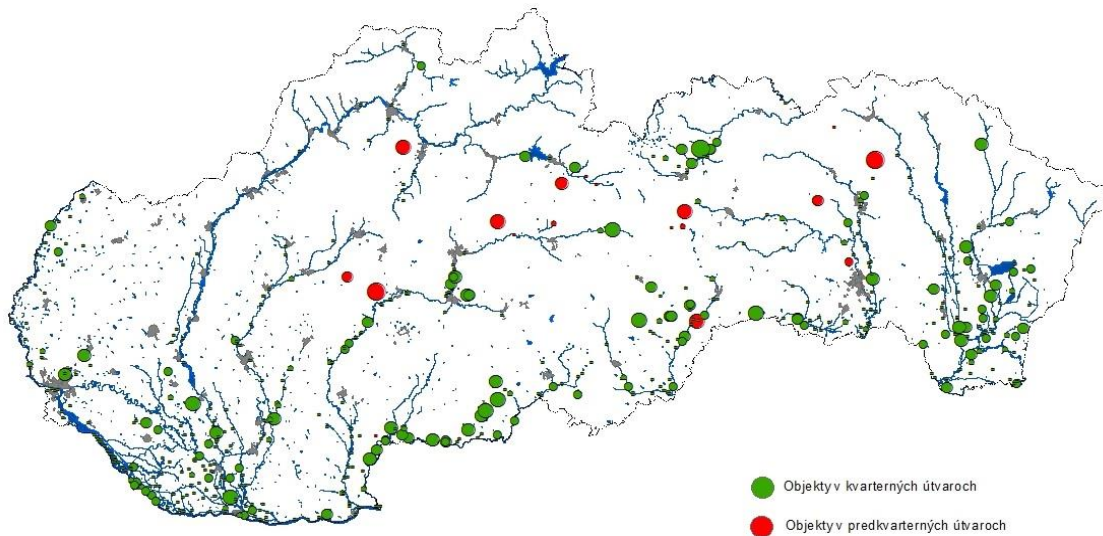
$$\text{Významnosť prekročenia} = \frac{\text{počet prekročení} \cdot 100}{\text{počet týždňov za celé pozorované obdobie}} \quad (1)$$

Výsledkom je 511 sond s vypočítanými významnosťami prekročenia stanovenej limitnej hodnoty rozdelených do 7 kategórií a vykreslených do situačnej mapy na Obr. 1. Významnosť vystúpenia podzemnej vody je znázornená červeným kruhom. Čím je kruh väčší tým je významnosť vystúpenia väčšia. Významnosť vystúpenia hladiny podzemnej vody kolísala v hodnotách od 0,03 % do 85,76 %.



Obr. 1 : Mapa významnosti výskytov prekročenia hladín podzemných vôd nad stanovenú limitnú hodnotu.

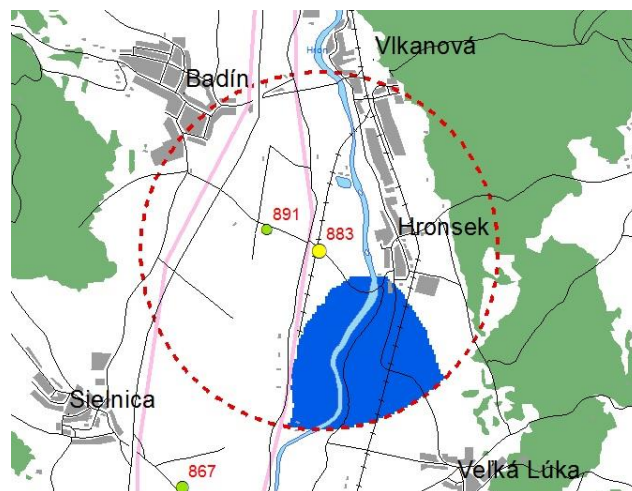
Keďže sondy štátnej hydrologickej siete monitorovania podzemných vôd sú zapustené v kvartérnych a v predkvartérnych útvaroch, z hydrogeologického hľadiska je potrebné tento faktor zahrnúť do identifikácie vystúpenia hladín podzemných vôd (Obr. 2). Hladina podzemnej vody sa vo vyhĺbenej sonde v predkvartéry správa podobne ako artézska studňa. Ide o napätú hladinu, ktorá sa dostala k terénu dôsledkom prevrtania nepriepustného podložia. Objekty v predkvartéry sa teda nezahrnuli do posudzovania možných dôsledkov vystúpenia hladiny, keďže je ťažké identifikovať, či by došlo k vystúpeniu podzemnej vody keby na mieste nebola sonda.



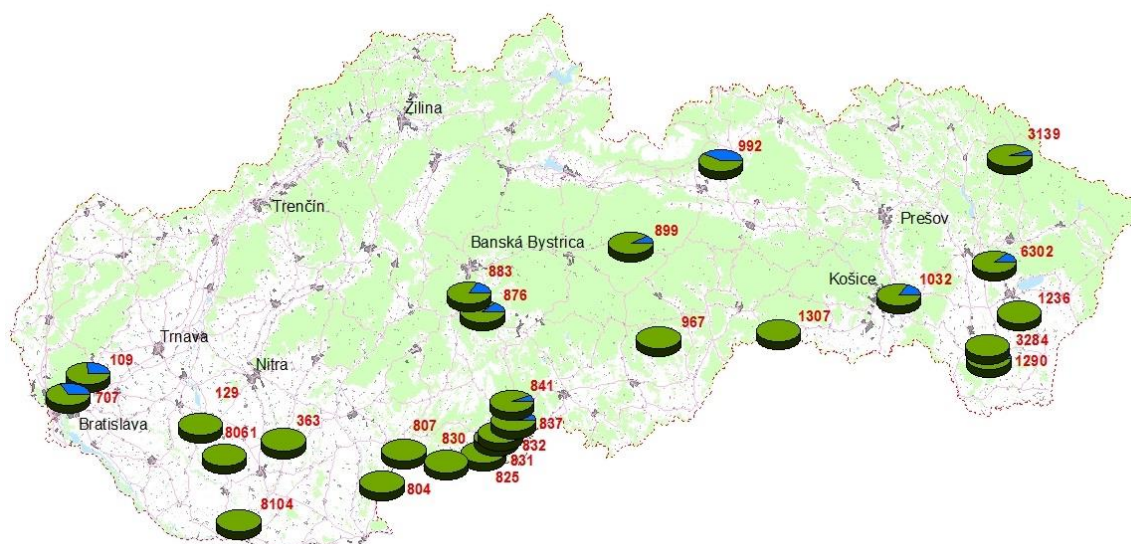
Obr. 2 :Vystúpenia hladín podzemných vôd v kvartéry a v predkvartéry

4 Modelové riešenie plošného rozsahu vystúpenia podzemnej vody v okolí sond

V ďalšom kroku sa namodeloval rozsah vystúpenia podzemnej vody v okolí sond nad terén. Pre tento účel bolo použité prostredie softwaru ArcMap 10. Modelovanie sa robilo len pre sondy v kvartéry, kde bola významnosť vystúpenia podzemnej vody viac ako 10 % za pozorované obdobie. Pre model sa použil výškovo determinovaný raster v ktorom sa v okolí sond vymedzilo záujmové územie o polomere 2 km. V tomto území sa namodelovala plocha, ktorá by bola potenciálne ohrozená v prípade dosiahnutia maximálnej úrovne podzemnej vody, ktorá tam bola doteraz nameraná. Na tento účel boli použité nástroje z funkcií Spatial analyst tools v prostredí ArcMap. Výsledkom je 26 sond v kvartérnych útvaroch s vymedzenými zaplavenými územiami. Príklad záplavy v okolí sondy 883 je na Obr. 3. Následne už nebol problém vypočítať percento zaplavenej a nezaplavenej plochy v okolí jednotlivých sond. Výsledky zaplavenia sa následne vykreslili pomocou koláčových grafov do mapy Slovenska na Obr. 4. Kde modrá farba značí percento zaplavenej plochy a zelená percento nezaplavenej plochy v okolí sondy.



Obr. 3 : Záplava v okolí sondy 883 namodelovaná v prostredí ArcMap.



Obr. 4 : Mapa percentuálneho zastúpenia zaplavenej a nezaplavenej plochy v okolí sond

5 Stanovenie faktorov ohrozenia

Po identifikovaní lokalít vystúpenia podzemnej vody a určenia plošného rozsahu záplavy sa pristúpilo k rámcovému posúdeniu možných dôsledkov vystúpenia hladiny pomocou faktorov ohrozenia. Výsledný faktor ohrozenia pre každý prvok (zastavané územie, pozemné komunikácie, orná pôda) sa určil ako priemer dvoch veličín. Miery zastúpenia daného prvku (M1) a miery zaplavenia daného prvku v okolí sondy (M2) :

$$\text{Výsledný faktor ohrozenia} = \frac{M1+M2}{2} \quad (2)$$

Miera zastúpenia (M1) zastavaných plôch, pozemných komunikácií a ornej pôdy sa určovala pomocou GIS nástroja v prostredí ArcMap. Pre určenie miery zastúpenia ornej pôdy sa použila vrstva Corine Land Cover Europe 2006 [5], ktorú vypracovala European Environment Agency. Pre definovanie miery zastúpenia boli stanovené 4 stupne, určené podľa toho aký približný plošný rozsah v okolí sondy zaberá daný prvok. Príklad určovania miery zastavaného územia je v Tab. 1, rovnaký postup sa aplikoval pri pozemných komunikáciách a ornej pôde.

Tab. 1: Miera zastúpenia zastavaných území v okolí sond

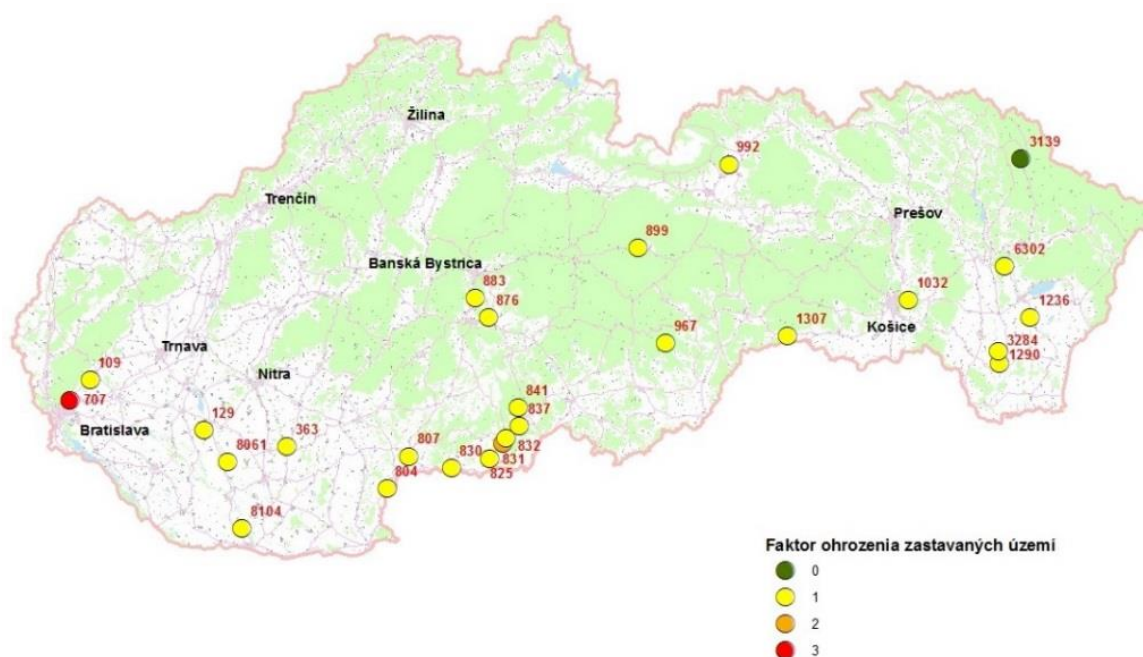
Stupeň (M1)	Miera zastúpenia
0	V záujmovom území sa nenachádzajú žiadne zastavané územia
1	Zastavané územia zaberajú menej ako 50 % záujmového územia
2	Zastavané územia zaberajú približne polovicu záujmového územia
3	Zastavané územia zaberajú viac ako 50 % záujmového územia

Určenie miery zaplavenia (M2) daného prvku v okolí sondy sa robilo pomocou faktorov odstupňovaných v Tab. 2. Pre určenie plošného rozsahu záplavy ohľadom na zastavané územia, pozemné komunikácie a ornú pôdu sa použil GIS nástroj v prostredí ArcMap.

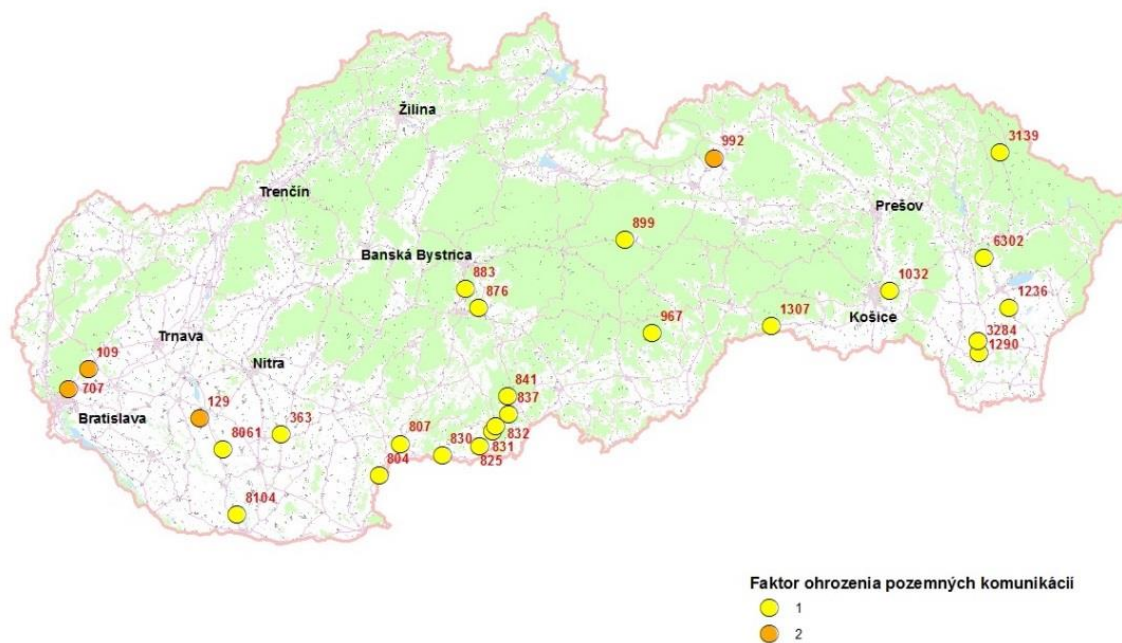
Tab. 2: Faktor ohrozenia podzemnou vodou

Faktor (M2)	Miera zaplavenia
0	V záujmovom území by záplavy nezasiahli zastavané územia/ pozemné komunikácie/ ornú pôdu pri modelovom riešení dosiahnutia maximálnej úrovne hladiny podzemnej vody
1	V záujmovom území by záplavy zasiahli menej ako 50 % zastavaného územia/ pozemných komunikácií/ ornej pôdy pri modelovom riešení dosiahnutia maximálnej úrovne hladiny podzemnej vody
2	V záujmovom území by záplavy zasiahli približne 50 % zastavaného územia/ pozemných komunikácií/ ornej pôdy pri modelovom riešení dosiahnutia maximálnej úrovne hladiny podzemnej vody
3	V záujmovom území by záplavy zasiahli viac ako 50 % zastavaného územia/ pozemných komunikácií/ ornej pôdy pri modelovom riešení dosiahnutia maximálnej úrovne hladiny podzemnej vody

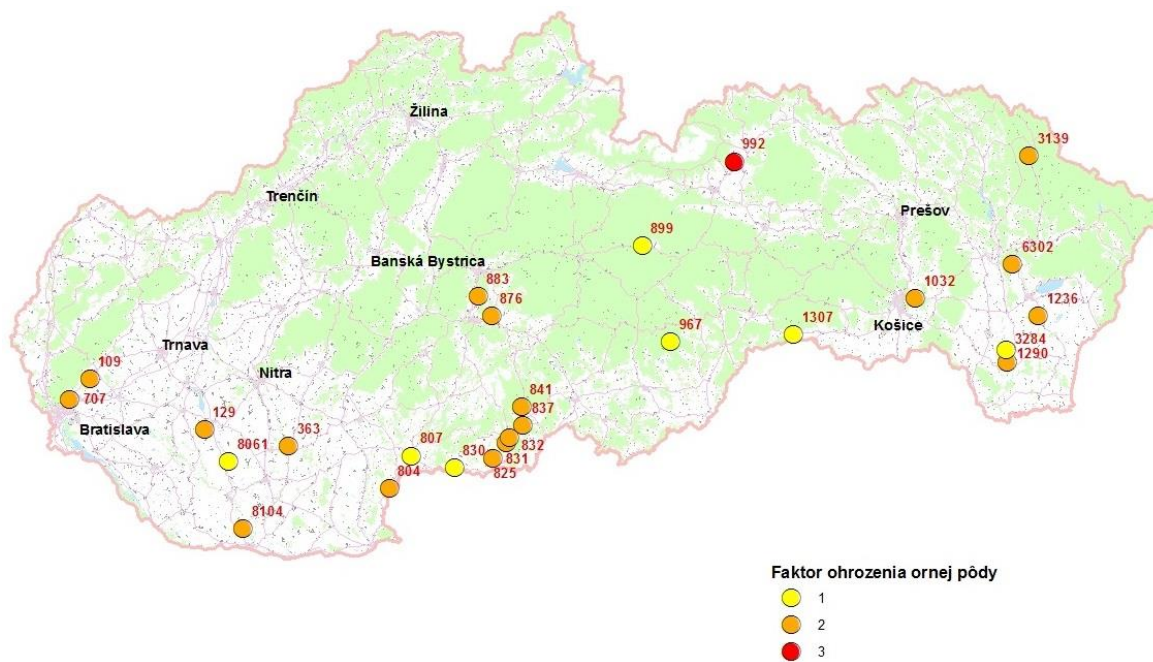
Výsledne faktory ohrozenia zastavaných území (Obr. 5), pozemných komunikácií (Obr. 6) a ornej pôdy (Obr. 7) sa následne plošne zobrazili do máp pomocou farebne odstupňovaných krúžkov. Výsledný faktor ohrozenia v sebe zohľadňuje početnosť daného prvku v okolí sondy a mieru jeho ohrozenia. Jeho závažnosť je odstupňovaná vzostupne od 0 po 3.



Obr. 5 : Mapa ohrozenia zastavaných území vystúpením podzemných vôd



Obr. 6 : Mapa ohrozenia pozemných komunikácií vystúpením podzemných vôd



Obr. 7 : Mapa ohrozenia ornej pôdy vystúpením podzemných vôd

6 Záver a diskusia

Práca sa zaoberá indikáciou lokalít vystúpenia podzemných vôd k terénu a rámcovému posúdeniu ich možných dôsledkov. Z doteraz spracovaných dát a na základe údajov z pozorovacích objektov s rozdielnou dĺžkou merania zo štátnej hydrologickej siete monitorovania podzemných vôd bolo identifikovaných 511 sond v ktorých vystúpila podzemná voda k terénu prípadne nad terén.

Pre ďalšie hodnotenia boli vybrané sondy v ktorých bola významnosť vystúpenia viac ako 10 %. Túto podmienku spĺňalo 33 sond v kvartérnych a predkvartérnych útvaroch. V tejto práci boli sondy v kvartérnych útvaroch pre ďalšie posudzovanie dôsledkov vystúpenia podzemných vôd vyradené. Ostáva na zváženie a diskusiu, či posudzovať len objekty s významnosťou viac ako 10 % alebo všetkých 511 sond kde bolo indikované vystúpenie podzemných vôd. V takom prípade by sa mohol získať komplexnejší obraz vystúpenia podzemnej vody v rámci Slovenska.

Pri rámcovom posudzovaní ohrozenia zastavaných území podzemnou vodou bol najvyšší určený faktor ohrozenia 3 v sonde 707 – Bratislava za Dynamitkou. Meranie na sonde 707 bolo vykonávané od roku 1961 do roku 1997. Sonda sa nachádzala v lokalite Žabí majer, kde je záhradkárska kolónia a firemné sklady. Faktor 2 bol určený na sonde 831, ktorá sa nachádzala v obci Obeckov v okrese Veľký Krtíš. Tu bolo meranie ukončené v 1985. Na ostatných sondách bol určený faktor 1 s výnimkou objektu 3139 kde bol určený faktor 0, keďže v okolí nie je zastavané územie. Z hodnotenia vychádza, že vystúpenie podzemnej vody v intraviláne je možné v okolí všetkých identifikovaných sond s významnosťou prekročenia viac ako 10 % s výnimkou sondy 3139– Čabiny- Sukov.

S pohľadu ohrozenia pozemných komunikácií bol najvyšší určený faktor 2 identifikovaný na sondách 707- Bratislava – Za Dynamitkou, 109 – Pezinok – Grinava, 992 – Stráne pod Tatrami a 129 - Diakovce. Faktor 3 – vysoké riziko nebol identifikovaný. Na ostatných sondách bol identifikovaný faktor 1. Treba poznamenať, že za pozemné komunikácie boli v práci považované okrem cestných komunikácií (diaľnice, rýchlostné cesty) aj miestne a účelové komunikácie. Z posudzovania vychádza, že v okolí všetkých identifikovaných sond môže dôjsť k vystúpeniu podzemnej vody a potenciálnemu zaplaveniu pozemnej komunikácie. V závislosti od faktora v menšej alebo väčšej miere.

S pohľadu ohrozenia ornej pôdy bol najvyšší faktor 3 na sonde 992 – Stráne pod Tatrami. Síce sa v okolí sondy nenachádza rozsiahla plocha ornej pôdy ale pri záplave by sa pod vodou mohla ocitnúť všetka táto pôda. Na ostatných sondách bol určený faktor 1 a 2. Potenciálne riziko zaplavenia ornej pôdy podzemnou vodou je teda v okolí všetkých identifikovaných sond s významnosťou prekročenia viac ako 10%.

Treba poznamenať, že faktory ohrozenia majú len informatívny charakter a sú určené na základe vystúpenia podzemnej vody v minulosti a približnom odhade miery zaplavenia, ktorý vychádza z presnosti a aktuálnosti gis nástroja. Práca sa snažila určiť pravdepodobnosť ohrozenia pomocou faktora ohrozenia.

Pre príkladové porovnanie: záplavy, ktoré boli vyššie spomenuté v článku [2] sa odohrali v okolí obci Hul, kde sa nachádzala sonda 363. V okolí tejto sondy boli identifikované faktory ohrozenia 1 z pohľadu ohrozenia pozemných komunikácií a zastavaných území. Z pohľadu ohrozenia ornej pôdy bol identifikovaný faktor 2. Z tejto informácie je možné identifikovať približnú zhodu v okolí daného objektu.

Na koniec treba poznamenať, že téma čelí rôznym výzvam ako je napríklad prepojenie dosiahnutých výsledkov s povrchovými vodami alebo prehodnotenie daných faktorov ohrozenia.

Literatúra :

- [1] Povodne – úvod. Dostupné na internete: <http://www.minzp.sk/sekcie/temy-oblasti/voda/ochrana-pred-povodnami/povoden-uvod.html>
- [2] Žitava klesla, domy naďalej zaplavuje spodná voda. Dostupné na internete: <https://mynovezamky.sme.sk/c/5411205/zitava-klesla-domy-nadalej-zaplavuje-spodna-voda.html>
- [3] V obciach Čaňa, Ždaňa, Zdobá a Nižná Myšľa prežili storočnú povodeň. Dostupné na internete: http://www.pluska.sk/slovensko/regiony/v-obciach-cana-zdana-zdoba-nizna-mysla-prezili-storocnu-povoden.html?forward=sk_mobil_clanok.jsp
- [4] Pindjaková, T. 2012. *Model hladinového režimu podzemných vôd počas povodní*. VODOHOSPODÁRSKY SPRAVODAJCA, r. 55, č. 5-6, s. 28-29, 2012
- [5] Corine Land Cover Europe 2006. Dostupné na internete : <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/clc-2006-vector-data-version-2>