

**PREDBEŽNÉ POSÚDENIE RIZIKA POVODNÍ
SPÔSOBENÝCH VYSTÚPENÍM HLADINY PODZEMNEJ VODY**

Michaela Červeňanská, Dana Baroková, Andrej Šoltész

Hodnotenie rizika povodní spôsobených výrazným prechodným zvýšením hladiny vodného toku je v posledných rokoch stredobodom pozornosti, zatiaľ čo mapovanie povodňového rizika spôsobeného vnútornými vodami prežíva svoje začiatky. V Európe dochádza v ostatných rokoch k lepšiemu chápaniu rizika vyplývajúceho z častejšieho výskytu povodňových udalostí spôsobených vystúpením hladiny podzemnej vody (HPV), a takéto riziko povodní sa postupne dostáva do európskych a následne aj do národných legislatív. Predkladaný článok sa zaoberá identifikáciou území potenciálne ohrozených zvýšenou hladinou podzemnej vody na území Slovenskej republiky a je súčasťou pilotného projektu posúdenia povodňového rizika spôsobeného vystúpením hladiny podzemnej vody. Podkladom pre posúdenie a mapovanie boli maximálne namerané HPV do r. 2014, ktoré sa vyskytovali najmä v rokoch 1965, 1974, 1999 a 2010.

KLÚČOVÉ SLOVÁ: mapa povodňového ohrozenia, podzemná voda, povodne

PRELIMINARY ASSESSMENT OF FLOOD RISK DUE TO INCREASING OF GROUNDWATER LEVEL. While in recent years the focus of assessment was at the risk of flooding caused by a significant temporary increase of water level in stream, mapping of flood risk due to internal waters is experiencing its inception. In Europe in recent years, there has been a recognition of the risk from the frequent occurrence of floods caused by the increasing groundwater level. Groundwater flooding is gradually coming into European and, consequently, into national legislation. The present paper deals with the identification of areas potentially at risk from increased levels of groundwater in Slovak republic and is a part of a pilot project assessing the risk of groundwater floods. The data, used for mapping, was the maximum measured levels of groundwater which occurred mainly in the years 1965, 1974, 1999 and 2010.

KEY WORDS: flood hazard map, groundwater, flooding

Úvod

Zákon č. 7/2010 Z. z. o ochrane pred povodňami definuje povodeň ako dočasné zaplavenie územia, ktoré zvyčajne nie je zaliate vodou (Zákon č. 7/2010 Z. z.). Podľa spomínaného zákona môže byť zaplavenie územia spôsobené, okrem iného, aj vnútornými vodami (Bačík, Ryšavá, 2011):

- pri dočasne zamedzenom prirodzenom odtoku vody zo zrážok alebo topenia snehu do recipientu a
- vystúpením hladiny podzemnej vody (HPV) nad povrch terénu chráneného územia, ktoré spôsobil dlhotrvajúci vysoký vodný stav vo vodnom toku.

Podľa (Morris a kol., 2007) k zaplaveniu územia podzemnými vodami dochádza v dôsledku vystúpenia

týchto vôd nad terén alebo blízko k povrchu terénu v oblastiach, kde je voda zriedka pozorovaná, alebo sa nachádza v oveľa väčšom množstve, ako je bežné. Môže to byť spôsobené (Hughes a kol., 2011):

- extrémne vysokou intenzitou a/alebo dlho trvajúcimi zrážkami,
- prúdením podzemnej vody riečnymi náplavami popod protipovodňové opatrenia vodného toku,
- ukončením odberu podzemných vôd, ktoré predtým zásobovali obyvateľstvo alebo priemysel vodou,
- výstavbou podzemných stavieb, ktoré tvoria prekážky pri prúdení podzemnej vody.

Záplavy majú zväčša lokálny charakter a vznikajú vplyvom nasledovných faktorov: topografia územia, geológia, hydrogeológia a antropogénne účinky (napr.

vytváranie prekážok brániacich prirodzenému prúdeniu podzemných vôd). Zápaly spôsobené podzemnou vodou sa môžu vyskytovať v rovnakom čase a na rovnakom mieste ako zápaly spôsobené prechodným zvýšením hladiny vody v toku, a teda sú s nimi stotožňované, alebo sa môžu objavovať mimo oblastí, ktoré boli súčasťou manažmentu povodňových rizík (Cobby a kol., 2009).

Povodne z podzemných vôd môžu spôsobiť zaplavenie pivníc a prízemných podlaží budov, zápaly inžinierskych sietí, nachádzajúcich sa pod úrovňou terénu, zaplavenie poľnohospodárskej pôdy, ciest, komerčných, obytných a ostatných plôch, a tiež vyliatie kanalizácií z dôvodu prenikania podzemnej vody do nej (Cobby a kol., 2009). V porovnaní s povodňami, pri ktorých sa prechodne výrazne zvýši hladina vodného toku, povodne spôsobené vystúpením HPV trvajú dlhšie a spôsobujú zväčša väčšie ekonomické a sociálne škody (Morris a kol., 2007).

Identifikácia oblastí, ktoré môžu byť potenciálne zaplavené, je jednou z požiadaviek Smernice Európskeho parlamentu a Rady 2007/60/ES o hodnotení a manažmente povodňových rizík (ďalej Smernica). Smernica požaduje 3 stupne manažmentu povodňových rizík: 1. predbežné hodnotenie povodňového rizika, 2. povodňové mapy a 3. plány manažmentu povodňového rizika. Podľa Smernice by mapy povodňového ohrozenia mali obsahovať rozsah povodne, hĺbku vody alebo kótu hladiny vody a ak je to možné, rýchlosť prúdenia vody v toku alebo príslušný prietok. Pre oblasti, v ktorých dochádza k zaplavovaniu územia podzemnou vodou, je možné obmedziť prípravu týchto máp len na rozsah povodne (Smernica 2007/60/ES).

Naším cieľom je preto identifikácia oblastí potenciálne

ohrozených zvýšenou HPV na území Slovenskej republiky ako súčasť pilotného projektu posúdenia povodňového rizika spôsobeného vystúpením hladiny podzemnej vody.

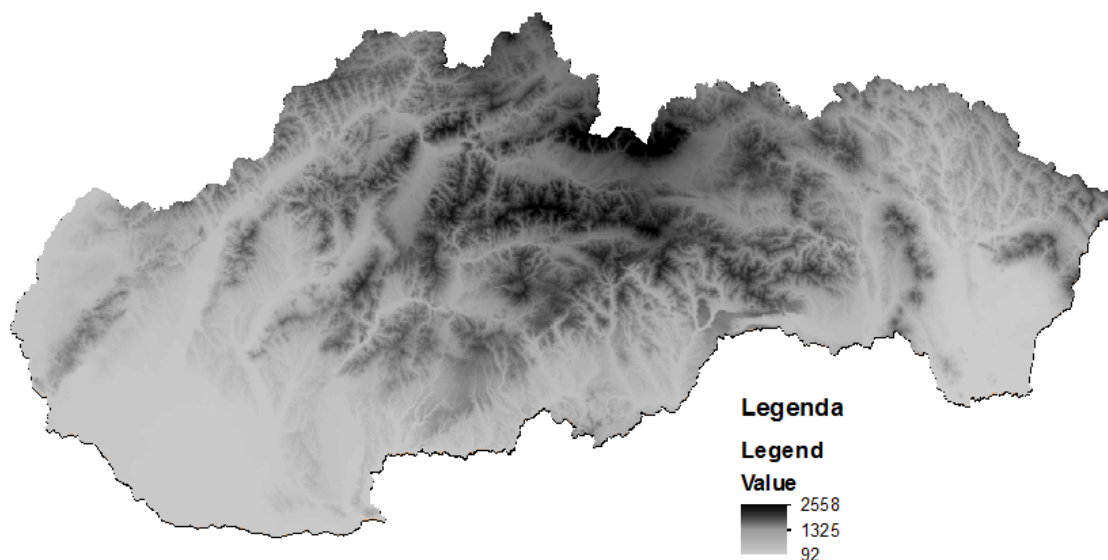
Materiál a metódy

Podkladom pre vytvorenie mapy území potenciálne ohrozených podzemnou vodou je digitálny model reliéfu (obr. 1) (Digitálny model reliéfu Európy, 2013) s veľkosťou rastra 25 x 25 m a maximálne namerané hodnoty HPV v 916 pozorovacích sondách základnej hydrologickej siete Slovenského hydrometeorologického ústavu (ďalej sonda SHMÚ) do roku 2014 (Hydrologická ročenka, 2015). Sondy základnej hydrologickej siete SHMÚ sú znázornené na obr. 2.

Maximálne namerané hodnoty hladiny podzemnej vody H_{max} do roku 2014

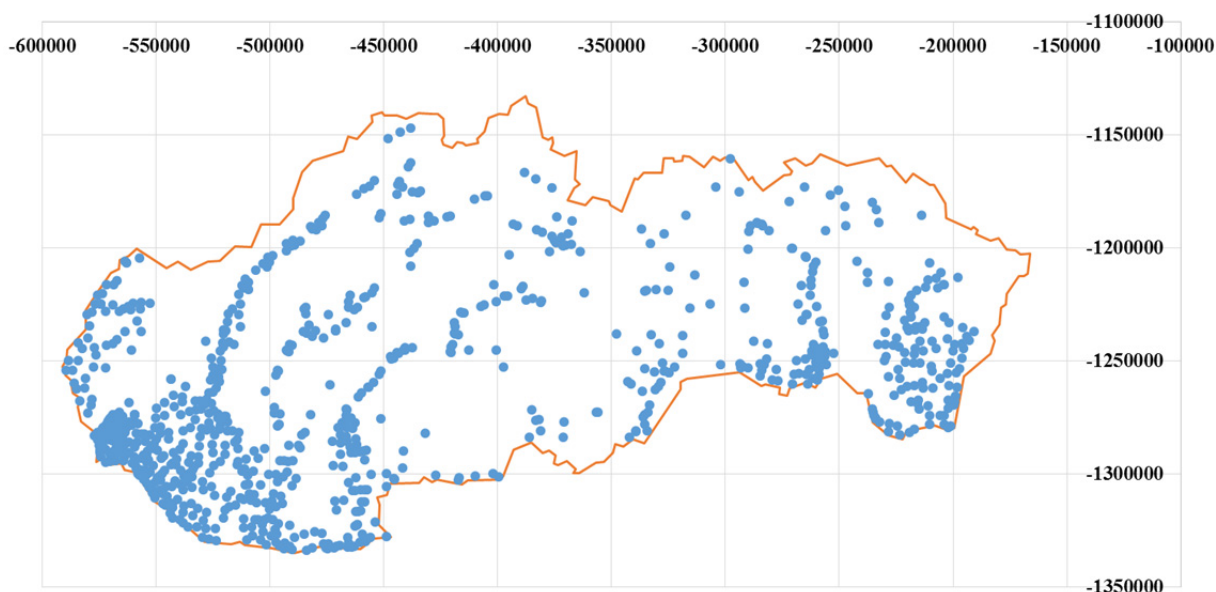
Z analýzy uvedených údajov vyplynulo, že nameraná HPV sa nachádzala nad úrovňou terénu v 22 sondách a je možné predpokladať, že aj v ich blízkom okolí. Z toho až v ôsmich bol tento stav dosiahnutý v r. 2010.

Ak však uvažujeme o nepriaznivom vplyve vnútorných vôd, pri hodnotení musíme brať do úvahy tiež územie, na ktorom bola nameraná HPV v hĺbke menšej ako 0,8 m, čo predstavuje priemernú nezámernú hĺbku na území Slovenska, pričom na takomto území môže dôjsť aj k podmáčaniam terénu. Z analýzy následne vyplynulo, že do roku 2014 bolo pozorovaných až 442 objektov s maximálnou nameranou HPV (H_{max}) v hĺbke menšej ako 0,8 m pod terénom (m p. t.) a ako je možné vidieť z Obr. 3 až v 160 sondách bola H_{max} nameraná práve v r. 2010.



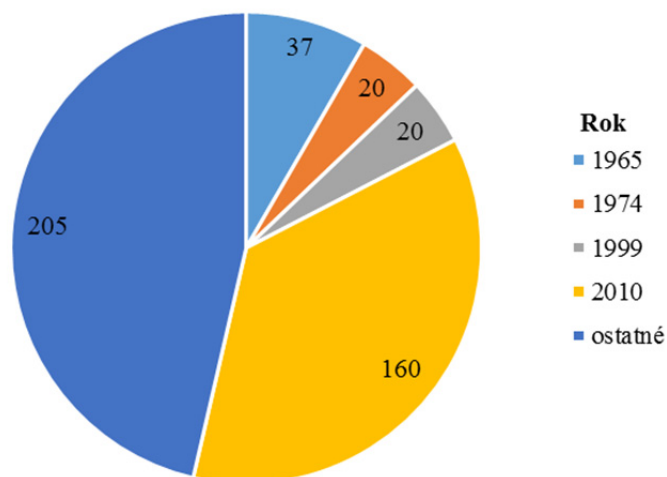
Obr. 1. Digitálny model reliéfu (DMR).

Fig. 1. Digital elevation model (DEM).



Obr. 2. Priestorové rozloženie pozorovacích sond základnej hydrologickej siete SHMÚ, použitých pre hodnotenie.

Fig. 2. Spatial distribution of SHMI observation wells used for assessment.



Obr. 3. Počet sond s maximálnou HPV v hĺbke menšej ako 0,8 m p. t. nameranou do roku 2014.

Fig. 3. The number of observation wells with maximum GWL at a depth less than 0.8 m b.g.s. measured by 2014.

Hodnotenie hydrologického roka 2010

Ak sa sústredíme na r. 2010, je nutné podotknúť, že zrážkový úhrn na území SR dosiahol v r. 2010 hodnotu 1206 mm, čo predstavuje 158 % normálu, a preto bol hodnotený ako zrážkovo mimoriadne vlhký rok. Mesiace jún, júl, august a november boli zrážkovo veľmi vlhkými mesiacmi. Na území SR spadlo 102 až 147 mm zrážok, čo je 163 až 177 % normálu. Všetky regióny boli charakterizované ako zrážkovo extrémne nadnor-

málne – región západného Slovenska dosahoval 159 %, región stredného Slovenska 162 % a región východného Slovenska 171 % dlhodobého normálu (Hydrologická ročenka, 2011).

V r. 2010 sa najvyššie ročné namerané hodnoty HPV vyskytovali najmä v období od konca mája do augusta, prípadne až septembra, kedy sa prejavil vplyv nadnormálnych úhrnov zrážok vzostupom HPV s jej maximálnymi ročnými nameranými hodnotami. V r. 2010 sa v oveľa väčšej miere vyskytovali prekročenia dlhodo-

bých maximálnych HPV. Takmer v polovici pozorovacích objektov boli prekročené dlhodobé maximálne hladiny až do + 90 cm. Jednou z príčin sú výkyvy počas roka, napr. prívalové dažde a s tým spojené povodňové stavy v tokoch (Hodnotenie hydrologického roka, 2010).

Tvorba mapy území potenciálne ohrozených podzemnou vodou

Na základe podkladových materiálov boli na mape Slovenska vymedzené územia, na ktorých bola do r. 2014 HPV 0,80 m p. t. a vyššie. Uvedené oblasti vznikli ako rozdiel povrchu terénu a plochy preloženej H_{\max} nameranej do r. 2014 a takýmto spôsobom bola vypracovaná „Mapa území potenciálne ohrozených podzemnou vodou“, znázornená na Obr. 34.

Výsledky a diskusia

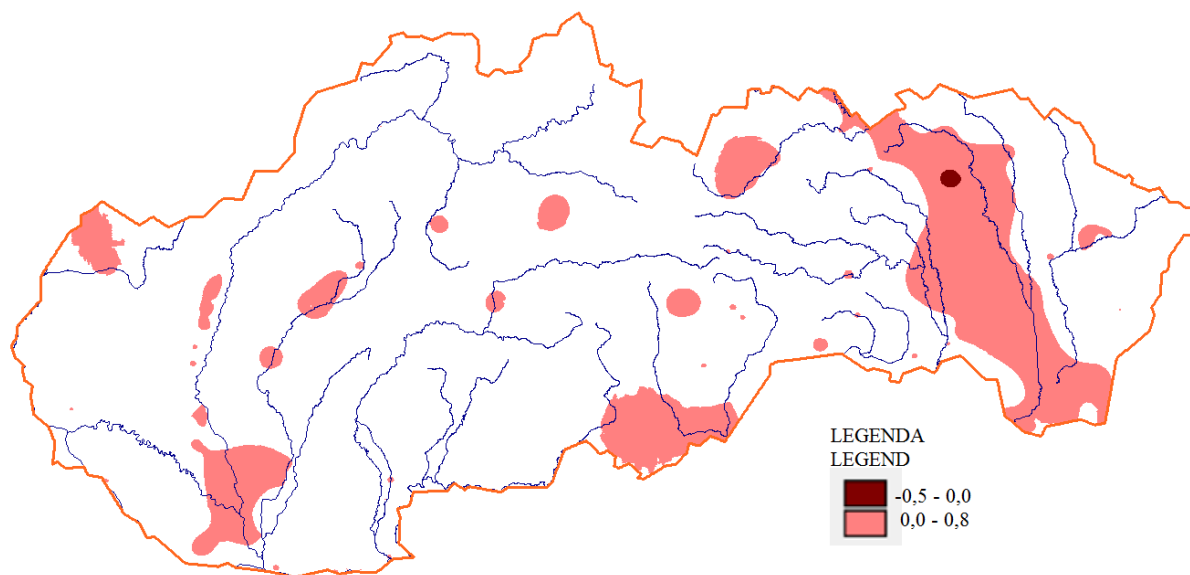
Výsledkom práce pilotného projektu je mapa predbežného posúdenia území (Obr. 4), ktoré v prípade výskytu doteraz nameraných maximálnych HPV a vyšších, sú potenciálne ohrozené podzemnou vodou, ktorá v niektorých prípadoch môže vystúpiť až nad povrch terénu. V ostatných identifikovaných územiach môže dôjsť k podmáčaní územia, prípadne vystúpenie HPV môže mať nepriaznivý vplyv na základy nepodpivničených budov, ktoré sa nachádzajú v nezámrznej hĺbke (v hĺbke

priemerne 0,8 m p. t. na území Slovenska).

Na Obr. 4 je možné vidieť, že najviac ohrozenou oblasťou je východná časť Slovenska. Jedným z dôvodov môžu byť práve ťažké pôdy, ktoré sa tu nachádzajú (Granec, Šurina, 1999).

Ďalšími, rozlohou väčšími oblasťami, je okolie Rimavskej Soboty, okolie Popradu a Starého Smokovca, územie Nových Zámkov, Hurbanova a Kolárova, Horná Nitra a územie medzi Holičom a Senicou, kde jedným z možných faktorov, vplývajúcich na prúdenie podzemnej vody, sú spraše (Granec, Šurina, 1999). Mapa území potenciálne ohrozených podzemnou vodou nemusí nevyhnutne zahŕňať všetky oblasti, kde je možné očakávať vystúpenie HPV. Aj napriek pomerne hustej monitorovacej sieti sú na Slovensku oblasti, v ktorých nemáme namerané údaje o výške HPV. Tieto oblasti potom logicky nie sú znázornené ani na vypracovanej mape, avšak to neznamená, že nie sú potenciálne ohrozené. To isté platí aj pre ostatné územia, kde pri ešte extrémnejších podmienkach, ako boli doteraz pozorované, môže dôjsť k zaplaveniu alebo podmáčaní územia.

V ďalšej fáze projektu, zaoberajúceho sa posúdením povodňového ohrozenia spôsobeného vystúpením hladiny podzemnej vody, bude preto vytvorený matematický model konkrétnej lokality s prihliadnutím na hydrologické, geologické, hydrogeologické a tiež topografické faktory. Takýmto modelom bude možné bližšie preskúmať danú oblasť a zároveň zostrojiť mapu povodňového ohrozenia tak, aby spĺňala požiadavky Smernice.



Obr. 4. Mapa území potenciálne ohrozených podzemnou vodou.

Fig. 4. Map of areas potentially at hazard from groundwater.

Záver

Podľa Smernice Európskeho parlamentu a Rady 2007/60/ES o hodnotení a manažmente povodňových rizík, ktorá vyžaduje vykonanie predbežného hodnotenia povodňového rizika, povodňových máp a plánov manažmentu povodňového rizika, by mapy povodňového ohrozenia mali obsahovať pre oblasti, v ktorých dochádza k zaplavovaniu územia podzemnou vodou, rozsah povodne. Záplavy spôsobené podzemnou vodou sa môžu vyskytovať v rovnakom čase a na rovnakom mieste ako záplavy spôsobené prechodným zvýšením hladiny vody v toku, a teda sú nimi zakryté, alebo sa môžu objavovať mimo oblastí, ktoré boli súčasťou manažmentu povodňových rizík. Preto je nutné vykonať takéto hodnotenie zvlášť pre podzemné vody.

Podkladom pre vytvorenie mapy území potenciálne ohrozených podzemnou vodou (obr. 4) bol digitálny model reliéfu a maximálne namerané hodnoty HPV v sondách základnej pozorovacej siete SHMÚ.

Analýzou údajov bolo vyhodnotených 22 sond s HPV vystupujúcou až nad terén a 442 sond s hĺbkou HPV menšou ako 0,8 m p.t., čo predstavuje nezámraznú hĺbku. V 36 % prípadov sa jednalo o rok 2010, ktorý bol z pohľadu zrážok mimoriadne vlhký.

Na základe zostrojenej mapy území potenciálne ohrozených podzemnou vodou (obr. 4) bolo identifikovaných niekoľko najviac ohrozených lokalít, a to hlavne východná časť Slovenska, okolie Rimavskej Soboty, okolie Popradu a Starého Smokovca, územie Nových Zámkov, Hurbanova a Kolárova, Horná Nitra a územie medzi Holičom a Senicou. Vytvorením pripravovaného matematického modelu konkrétnej lokality bude možné bližšie preskúmať vybranú oblasť a zároveň zostrojiť čiastkovú mapu povodňového ohrozenia tak, aby spĺňala požiadavky Smernice.

Podakovanie

Autori ďakujú STU za finančnú podporu v rámci Grantovej schémy na podporu mladých výskumníkov.

Literatúra

- Bačík, M., Ryšavá, Z. (2011): Ochrana pred povodňami z pohľadu legislatívy, Manažment povodí a povodňových rizík 2011, Bratislava.
- Cobby, D., Morris, S., Parkes, A., Robinson, V. (2009): Groundwater Flood Risk Management: Advances towards Meeting the Requirements of the EU Floods Directive, Journal of Flood Risk Management, Vol. 2, 111 – 119.
- Digitálny model reliéfu Európy (2013): European Environment Agency. Dostupné na stránke <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/eu-dem>
- Granec, M., Šurina, B. (1999): Atlas pôd SR, Výskumný ústav pôdoznanectva a ochrany pôdy, Bratislava.
- Hodnotenie hydrologického roka 2010, Slovenský hydrometeorologický ústav, Bratislava. Dostupné na stránke http://www.shmu.sk/File/podzemna_voda/Text_2010/web_hodnotenie_2010.pdf
- Hughes, A. G. a kol. (2011): Flood Risk from Groundwater: Examples from Chalk Catchment in Southern England, Journal of Flood Risk Management, Vol. 4, 143 – 155.
- Hydrologická ročenka. Podzemné vody 2014 (2015): Slovenský hydrometeorologický ústav, Bratislava.
- Hydrologická ročenka. Povrchové vody 2010 (2011): Slovenský hydrometeorologický ústav, Bratislava.
- Morris, S. E., Cobby, D., Parkes, A. (2007): Towards Groundwater Flood Risk Mapping, Quarterly Journal of Engineering, Geology and Hydrogeology, Vol. 40, 203 – 211.
- Smernica Európskeho parlamentu a Rady 2007/60/ES o hodnotení a manažmente povodňových rizík.
- Zákon č. 7/2010 Z. z. o ochrane pred povodňami.

PRELIMINARY ASSESSMENT OF FLOOD RISK DUE TO INCREASING OF GROUNDWATER LEVEL

Flooding caused by groundwater can occur at the same time and at the same place as floods caused by a significant temporary increase of water level in stream and thus be masked, or may appear outside the areas which were part of the flood risk management. Therefore it is necessary to perform the assessment and management of flood risks also for groundwater.

The present paper deals with the identification of areas potentially at risk from increased levels of groundwater in Slovak republic. Data used for creation of such a map were digital elevation model and maximum values of measured groundwater levels in observation well of Slovak Hydrometeorological Institute.

Some of the most endangered areas were identified based on the constructed map of areas potentially at hazard from

groundwater. There were 22 measuring objects with water above the surface (this water was originally groundwater) and 442 measuring objects with groundwater less than 0.8 m bellow the ground surface, which can cause waterlogging of such areas. The value 0.8 m bellow the ground surface is also the average freeze depth in Slovakia which means that foundations of all buildings without cellars are in this depth.

In the next phase of the project assessing the risk of groundwater floods mathematical model of specific area will be created taking into account hydrological, geological and hydrogeological and also topographical factors. Thru this model it will be possible to further examine the area and also create flood risk map to be up the standard of the Directive 2007/60/EC of the European parliament and of the council on the assessment and management of flood risk.

Ing. Michaela Červeňanská
doc. Ing. Dana Baroková, PhD.
prof. Ing. Andrej Šoltész, PhD.
Katedra hydrotechniky
Stavebná fakulta STU
Radlinského 11
810 05 Bratislava
Tel.: +421 2 59 274 563
+421 2 59 274 693
+421 2 59 274 320
E-mail: michaela.cervenanska@stuba.sk
dana.barokova@stuba.sk
andrej.soltesz@stuba.sk