

Štúdia protipovodňovej ochrany mesta Brezno

Magdaléna Janíková, VODOTIKA, a.s.

Abstract

The climate of our Earth is constantly changing and to changes of natural character add those caused by human factor. Because of climate change, extreme hydrological phenomena such as floods or draughts occur more frequently. Floods are one of the most destructive - and most common – natural phenomenon all around the world which cause massive economical losses and, in less fortunate cases, can cause also casualties. People fight with this phenomenon since they started to build dwellings in tight proximity of rivers or streams and no exception are people of town Brezno.

The article is dedicated to hydraulic modelling as part of a study of flood protection of mentioned town. Based on geodetical survey and flow rate measurements mathematical model of river Hron has been created using HEC-RAS software. After evaluation of a capacity flow rate through the town Brezno, flood protection measures in form of protection walls and dams have been proposed.

Key words: flood protection, mathematical modeling, channel capacity, protection wall, protection dam

1 Úvod

Podnebie Zeme neustále podlieha prirodzeným zmenám, ku ktorým však v poslednej dobe čoraz viac prispieva aj ľudstvo. Kvôli klimatickej zmene sa čoraz častejšie objavujú takzvané extrémne hydrologické javy akými sú povodne, alebo v opačnom prípade suchá. Je to z toho dôvodu, že atmosféra s vyššou teplotou môže obsahovať viac vody, ktorú naraz uvoľní vo forme zrážok, čím spôsobí povodeň (spravidla lokálnu). V opačnom prípade, ak trvá teplejšie obdobie dlhšie, znamená to zvýšenie evapotranspirácie, čo vedie k nedostatku vody, teda k suchu. V súčasnosti sa čoraz viac pozornosti upriamuje na protipovodňovú ochranu miest a obcí. Výnimkou nie je ani mesto Brezno, ktoré chce taktiež ochrániť svojich obyvateľov a majetok pred týmto živlom. Tento príspevok sa venuje návrhu vhodných protipovodňových opatrení na toku Hron pre toto stredoslovenské mesto.



Obr. 1 Následky povodne v Brezne v roku 2014

2 Zhodnotenie súčasného stavu

Riešené katastrálne územie mesta Brezno hydrologicky spadá do povodia rieky Hron, č. hydrologického poradia 4-23-01 a 4-23-02. Hron Breznom preteká v úseku rkm 218,87 - 230,4 ; t. j. v dĺžke 11,53 km, pričom tečie cez východnú a juhovýchodnú časť mesta, za mostom na Ceste osloboditeľov sa otáča na severozápad a poniže mesta oblúkom na sever priteká k obci Valaská. Riečnu sieť tvoria aj prítoky Hrona. V základnom povodí 4-23-01 sú to nasledujúce významnejšie toky:

pravostranné prítoky :

- Ježová (4-23-01-063)
- Vagnár (4-23-01-075)
- Drakšiar (4-23-01-076)
- Lužná (4-23-01-079)

ľavostranné prítoky :

- Rohozná (4-23-01-073)
- Brezenec (4-23-01-077)
- Drábsko (4-23-01-078)

V základnom povodí 4-23-02 , severná časť k.ú. sú to nasledujúce významnejšie toky :

- Štiavnička (4-23-02-007)
- Mlynná (4-23-01-008) ústia do Hrona mimo k.ú. Brezno.

V súčasnosti je na ochranu intravilánu v úseku po rkm 220,165 realizovaná úprava v súvislosti s výstavbou št. cesty I / 66 a kanalizačného zberača na $Q = 200 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Upravené koryto má tvar jednoduchého lichobežníka so šírkou dna 16 - 20 m, sklonom svahov 1:2 s opevnením brehov pätkou a dlažbou z lomového kameňa. V úseku rkm 222,00 - 223,30 sa nachádza pravobrežný oporný múr výšky 2,3 m v sklone 10:1. Na túto úpravu nadväzujú sporadické opevnenia brehov a úpravy pravého brehu nad Breznom v rámci výstavby cesty.



Obr. 2 Pohľad smerom proti prúdu na existujúci oporný múr na pravom brehu a železničný násyp na ľavom brehu Hrona

Tieto opatrenia vrátane existujúceho oporného múra v súčasnom stave nevyhovujú na prevedenie storočného prietoku. Aj preto bol Hron zaradený do Plánu manažmentu povodňového rizika s tým, že patrí do územia s pravdepodobným výskytom potenciálne významného povodňového rizika. Úprava toku na prevedenie storočného prietoku je tiež v súlade v územnom pláne mesta Brezno.

Najvýznamnejšie povodne sa v tomto území vyskytli v rokoch 1960, 1974, 1999 a 2011, ktorých príčinou boli intenzívne a výdatné zrážky. Zvýšené prietoky počas privalových dažďov spôsobujú vybreženie vody z korýt tokov, ktorá následne ohrozuje najmä rodinné a bytové domy so záhradami, občiansku vybavenosť, poštu, penzióny, miestne komunikácie, ale aj sídla a prevádzky rôznych spoločností (napr. LESY mesta Brezno, areál bývalých Mostární Brezno, SSC prevádzku Brezno, železničnú stanicu a iné).

V povodí Hrona nad Breznom sú vybudované 2 suché poldre a to na prítokoch Drábsko a Lúčky. Drábsko má retenčnú kapacitu vyše 55 000 m³ a objem poldra Lúčky je takmer 120 000 m³. Horšie sú na tom ľavostranné prítoky Hrona, ktoré sú momentálne bez protipovodňovej ochrany a počas povodne výrazne podporujú zvýšenie prietoku v Hrone.

Na zabezpečenie protipovodňovej ochrany mesta Brezno bola v minulosti vypracovaná aj Štúdia súboru stavieb ochranných hrádzi, ktorá riešila návrh lokalít na možnú vystavbu ochranných nádrží v povodí toku Hron. V súčasnosti, keď je väčšina územia urbanizovaná, je však ťažké nájsť vhodné miesta na výstavbu ochranných nádrží, resp. poldrov. Často sa najvhodnejší profil z vodohospodárskeho hľadiska nachádza v zastavanom území a v takomto prípade nezostáva nič iné, ako profil posunúť vyššie po toku, čo má za následok zmenšenie zachytenej časti povodia. Ďalším problémom je aj fakt, že ochranné nádrže sa zriedkavo budujú na hlavných tokoch (najmä kvôli veľkosti), ale len na prítokoch, čo tiež znižuje ich účinnosť a pre dosiahnutie efektívnej ochrany väčšieho mesta, akým je napr. Brezno, je nutné vybudovať väčšie množstvo takýchto menších ochranných nádrží. Častou prekážkou vo výstavbe sú tiež majetkové pomery v mieste vhodného profilu ochrannej nádrže. V neposlednom rade treba spomenúť aj finančné náklady na realizáciu poldrov, ktoré by bolo potrebné vybudovať na dosiahnutie dostatočného sploštenia povodňových prítokov. Tento príspevok sa preto venuje len návrhu opatrení v intraviláne mesta Brezno, ktoré sa v súčasnosti javia reálnejšie z hľadiska realizácie.

3 Použité podklady

Pri vypracovaní štúdie protipovodňovej ochrany mesta Brezno sa vychádzalo z týchto podkladov:

- Fotodokumentácia a poznámky z obhliadky stavby
- Mapové listy v mierkach 1:10 000 a 1:5 000
- Zameranie územia v mierke 1:500
- Hydrologické údaje vodného toku Hron a jeho prítokov
- Územný plán mesta Brezno
- Plán manažmentu povodňového rizika v čiastkovom povodí Hrona
- Mapy povodňového ohrozenia a mapy povodňového rizika vodných tokov Slovenska

Hydrologické podklady boli odvodené pre profil na začiatku úpravy toku:

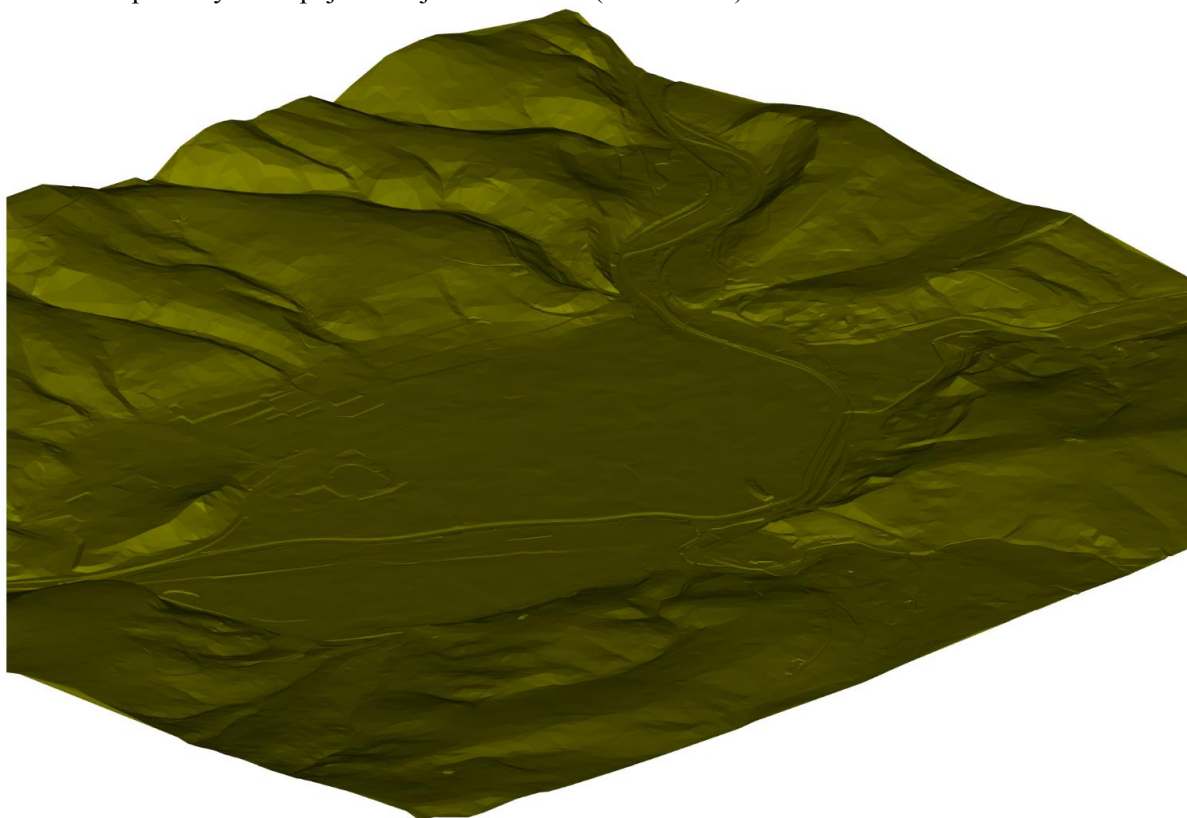
Tok	Hron
Profil	rkm 220,100
Hydrologické číslo povodia	4-23-01-078
Plocha povodia	608,75 km ²
Trieda spoľahlivosti	I.

Roky	5	10	20	50	100	1000
Q (m ³ .s ⁻¹)	108,0	134,0	164,0	205,0	237,0	339,0

4 Koncepcia riešenia

Mesto Brezno podľa Plánu manažmentu povodňového rizika v čiastkovom povodí Hrona patrí do územia s pravdepodobným výskytom potenciálne významného povodňového rizika. Pri zvýšených prietokoch môže byť povodňou ohrozených až 1480 obyvateľov.

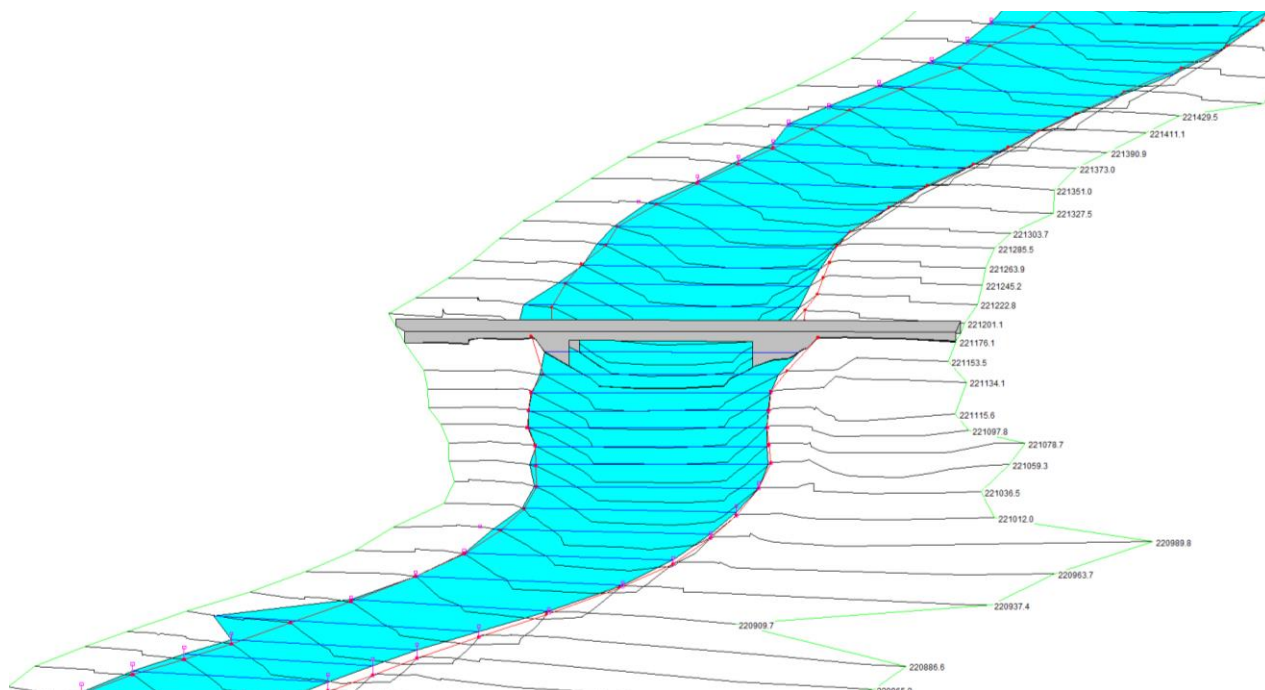
Na posúdenie kapacity koryta toku Hron bol použitý jednorozmerný matematický model HEC-RAS (U.S. Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center's River Analysis System), v ktorom je hladinový režim pri ustálenom režime prúdenia počítaný od profilu k profilu riešením rovnice energie iteračným spôsobom (metódou po úsekoch). Pre vypracovanie štúdie bolo dodané zameranie záujmového územia v podobe trojuholníkovej siete a polohopisného a výškopisného zamerania. Nakoľko zameranie bolo realizované len v úzkom okolí toku Hron a v niektorých miestach bolo potrebné rozšíriť záplavové územie, bol investorom doplnený digitálny model terénu. Tieto dva samostatné povrchy boli spojené do jedného celku (viď. Obr. 3).



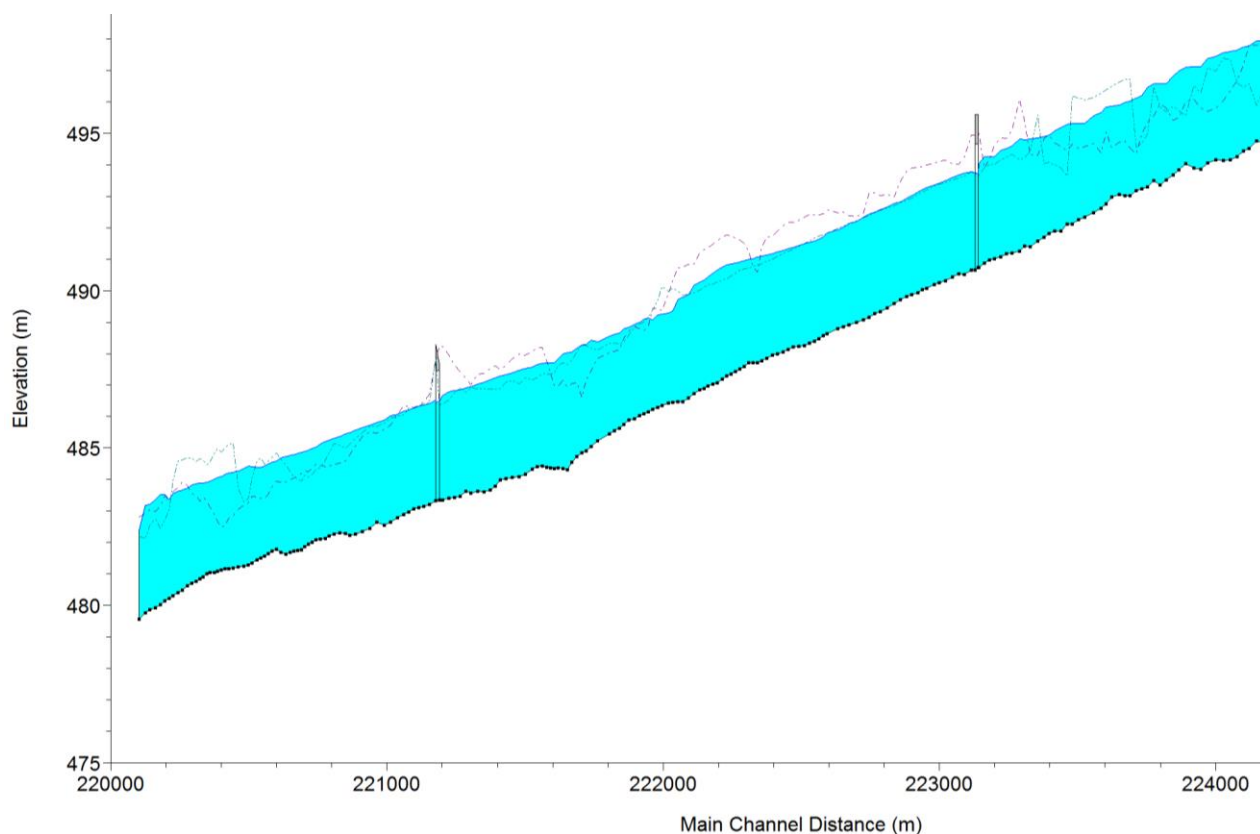
Obr. 3 Digitálny model terénu spojený so zameraním toku

Následne bol zostavený geometrický model ako sústava priečných profilov kolmých k osi toku. Priečne profily boli exportované z modelu približne každých 20 m. V tomto modeli boli zakomponované aj existujúce mosty a lávky. Manningov stupeň drsnosti bol uvažovaný hodnotou $n = 0,032$ pre koryto a $0,035$ pre pravý a ľavý breh, čo predstavuje upravené koryto mierne zarastené trávou, temer bez buriny, resp. čisté priame koryto bez prahov a hlbokých tóní.

Výsledkom modelovania bol priebeh hladín na toku Hron (obr. 4 a 5), z ktorého následne vyplynula potreba, typ a lokalizácia ochranných opatrení. Pre vypracovanie štúdie bol tiež poskytnutý priebeh hladín spracovaný spoločnosťou DHI. Výsledky oboch modelovaní boli porovnané a dá sa konštatovať, že sa líšia len v rámci modelovej chyby.



Obr. 4 Pohľad na vodnú hladinu pri storočnom prietoku v toku Hron



Obr. 5 Pozdĺžny profil toku Hron v z výpočtového programu HEC-RAS

Na ochranu intravilánu mesta Brezno boli navrhnuté nasledovné opatrenia: ochranná hrádza, nábrežný oporný múr a nadvýšenie existujúceho oporného múra. V rozsahu riešeného úseku (rkm 220,300 – 224,000) bolo smerové a výškové vedenie toku ponechané v súčasnom stave. Právě aj ľavé brehy budú okrem krátkeho úseku ochrannej hrádze opatrené opornými múrmi najmä z dôvodu, aby neprišlo k výrazným zásahom do susediacich pozemkov a zároveň neprišlo k narušeniu okolostojacich

budov. Na vzdušnej strane múra sa terén zarovná zhutní, zahumusuje a zatrávni. Úprava koryta je navrhnutá na návrhový storočný prietok $237 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ a minimálne prevýšenie navrhovaných opatrení nad hladinu Q_{100} je 0,50 m.

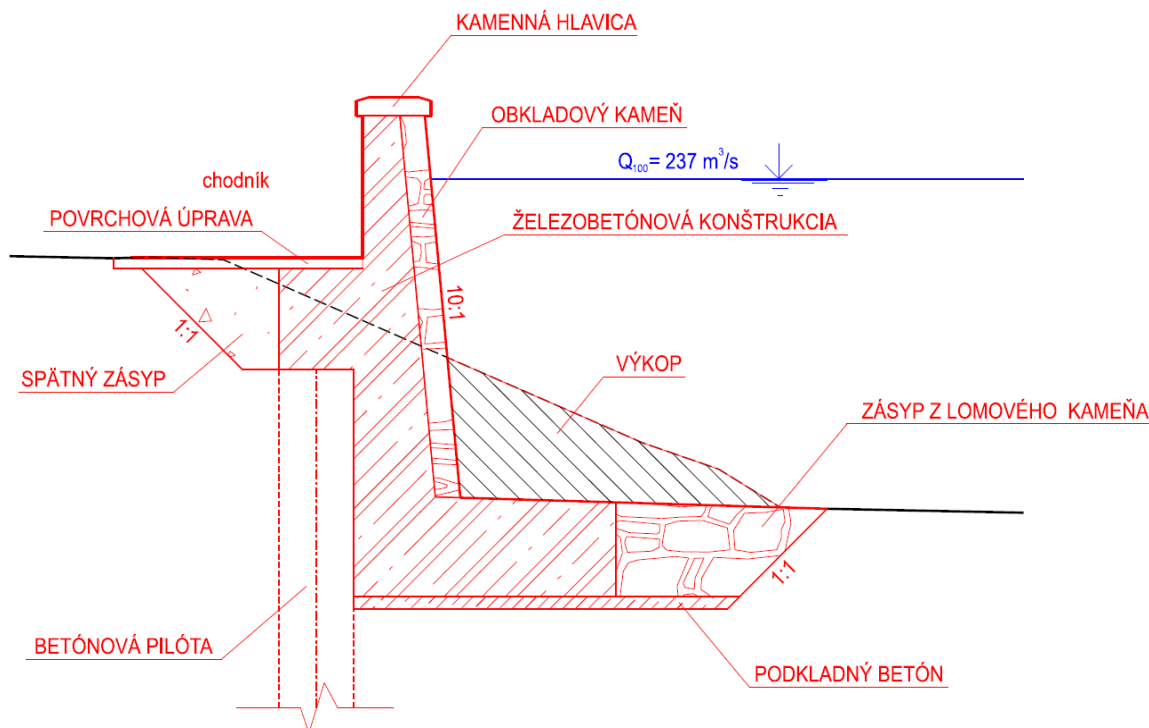
Navrhuté protipovodňové opatrenia

Na začiatku úpravy bola na ochránenie asphaltovej cesty a priemyselného areálu nachádzajúceho sa za cestou na ľavom brehu navrhnutá ochranná hrádza. Táto bola navrhnutá s korunou v šírke 3,50 m so sklonom svahov 1:3. Hrádza je navrhnutá na dĺžke 175 m medzi rkm 220,300 – 220,475 a jej priemerná výška je približne 0,60 m nad terénom.



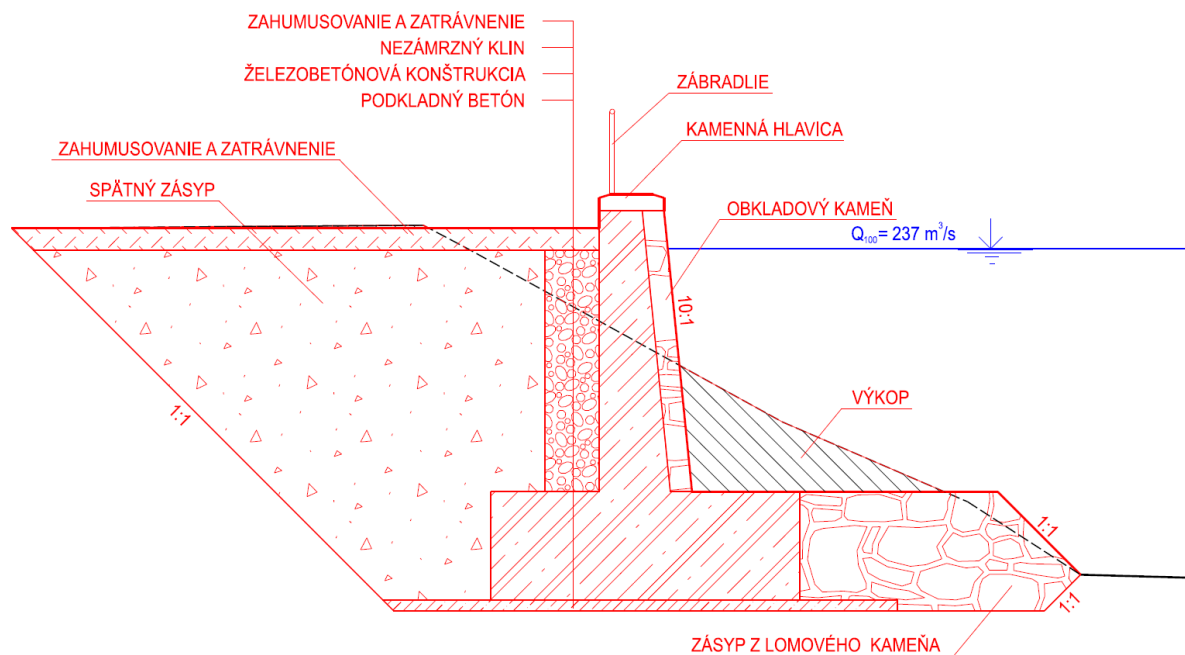
Obr. 6 Priečny rez ochrannou hrádzou

Medzi rkm 220,600 – 221,183 je koryto lemované na ľavom brehu asphaltovou cestou a na pravom brehu chodníkom. V tomto úseku voda vybrežuje z koryta a z toho dôvodu bol ako opatrenie navrhnutý obojstranný nábrežný múr. Na ľavom brehu je oporný múr zaústený v hrádzi a následne pokračuje smerom proti toku až po cestný most v rkm 221,183. Na návodnej strane v sklone 10:1 je navrhnuté obloženie obkladovým kameňom hrúbky 200 mm. Na vrch oporného múru sa osadení kamenná hlavica a z jeho vzdušnej strany bude v prípade nutnosti osadené oceľové zábradlie. Ľavostranný oporný múr je z dôvodu stiesnených pomerov pre výkopové práce (ohraničenie asphaltovou cestou) navrhnutý ako železobetónový v kombinácii s prerezávanými pilótami.



Obr. 7 Priečny rez železobetónového oporného múra v kombinácii s prerezávanou pilótou

Na pravom brehu v tomto úseku je navrhnutý nábrežný múr na dĺžke 670 m. Jeho konštrukcia je navrhnutá ako železobetónová so základom hrubým 1000 mm. Sklon návodnej strany aj obloženie je obdobné ako v prípade múra s prerezávanými pilótami. Na vzdušnej strane bude terén zarovnaný, dosypaný z nesúdržných zemín ako nezámrazný klin, zhutnený, zahumusovaný a zatrávnený.

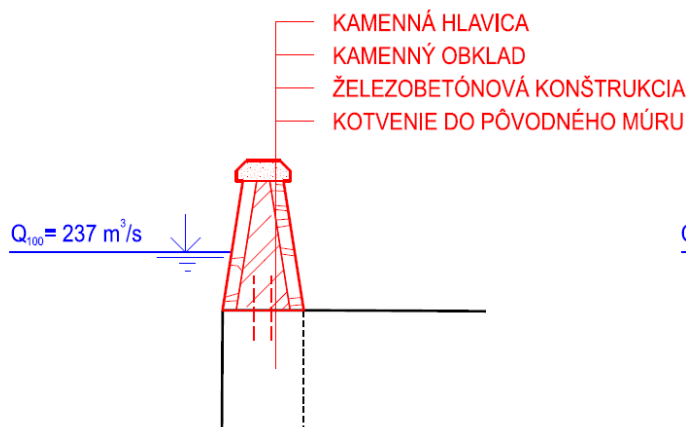
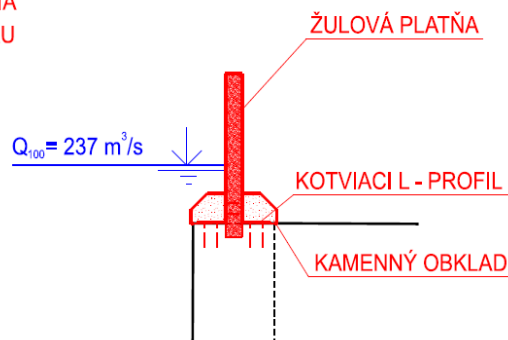


Obr. 8 Priečny rez železobetónovým oporným múrom

Most v rkm 221,189 vyhovuje na prevedenie Q_{100} . Približne 100 m nad mostom smerom proti prúdu sa však nachádza problematická lávka pre peších, ktorá je v súčasnosti uzavretá, kvôli zlému technickému stavu. V rámci úpravy koryta sa odporúča túto lávku odstrániť, nakoľko pri zvýšených prietokoch môže vzdúvať hladinu. Prechod chodcov z jedného brehu na druhý je zaistený chodníkom na cestnom moste cca 100 m pod lávkou.

Ľavý breh je nad mostom ešte opatrený krátkym 225 m úsekom nábrežného múra, ktorý končí zaústením pri betónovom moste na prítoku Drábsko. Ľavý breh následne pokračuje bez úprav. Voda v niektorých miestach vybrežuje, avšak v týchto lokalitách sa môže rozlíať v území. Rozlivné územie na ľavom brehu je limitované výškou železničného násypu.

Na pravom brehu pokračuje za mostom oporný múr kontinuálne až po rkm 222,000 kde sa na neho napája nadvýšenie už jestvujúceho nábrežného múra. To môže byť realizované zo železobetónovej konštrukcie, ktorá sa ukotví do pôvodného betónu. Návodná aj vzdušná strana bude obložená kamenným obkladom a na vrch múra bude osadená kamenná hlavica. Nadvýšenie by malo byť realizované na celej dĺžke oporného múra (teda medzi rkm 222,000 – 223,277). Výška novej konštrukcie je navrhnutá v celej dĺžke úpravy 1,10 m nad terénom (úrovňou jestvujúceho múra), čím bude zároveň slúžiť ako zábradlie. Variantným riešením je použitie žulovej platne, ktorá by bola ukotvená do jestvujúceho múra a na spodnej hrane obložená kamenným obkladom.

Variant A**Variant B**

Obr. 9 Priečný rez nadvýšením existujúceho nábrežného múra

V rkm 223,135 sa nachádza ďalší most, ktorý však tiež vyhovuje z hydrotechnického hľadiska na prevedenie storočného prietoku. Lávka nachádzajúca sa približne 150 nad ním tieto podmienky nespĺňa, teda by mala byť nadvýšená. Rekonštrukcia lávky by mala zahŕňať aj preložku plynového potrubia, ktoré je na nej zavesené. Nad lávkou sú navrhnuté ešte dve lokality oporných múrov, jedna na pravom a jedna na ľavom brehu. Na ľavom brehu sa jedná o rkm 223,475 - 223,895 a na pravom je múr navrhnutý medzi rkm 223,769 – 223,948, kde je aj koniec úpravy toku.

V rámci úpravy toku sú navrhované aj vegetačné opatrenia týkajúce sa náhradnej výsadby za stromy a kríky odstránené pri výstavbe nábrežných múrov.

5 Odhad finančných nákladov

Pri návrhu protipovodňových opatrení treba dbať aj na to, aby náklady na prípravu, realizáciu, prevádzku, údržby a opravy týchto opatrení počas celého predpokladaného obdobia ich životnosti boli nižšie ako vyčíslené povodňové škody z prílohy X. Plánu manažmentu povodňového rizika.

Samozrejme vo fáze štúdie nie je možné (kvôli chýbajúcemu inžiniersko-geologickému a stavebnému prieskumu) náklady vyčíslieť úplne presne, ale pre potreby ďalších stupňov projektovej dokumentácie bol spracovaný orientačný odhad finančných nákladov v závislosti od jednotlivých objektov. Na základe jednotkových cien na meter bežný boli ocenené jednotlivé úseky múrov, hrádze či navýšenia jestvujúceho nábrežného múru. Celková cena úpravy toku so započítaním nákladov na údržbu a prevádzku predstavuje 10 192 076 €, čo je menej ako hodnota zabránených škôd 10 204 930,07 €.

6 Záver

Z hľadiska posúdenia kapacity toku Hron v meste Brezno možno konštatovať, že úprava toku v súčasnom stave nevyhovuje na prevedenie storočného prietoku.

Na zistenie kapacity koryta toku Hron v intraviláne mesta Brezno bol spočítaný priebeh hladín matematickým modelovaním. Z jeho výsledkov bolo zrejmé kde je nutné umiestniť technické opatrenia na protipovodňovú ochranu a v akom rozsahu. Na zvýšenie kapacity a zároveň ochránenie obyvateľov a ich majetku boli navrhnuté opatrenia vo forme ochrannej hrádze, nábrežných múrov a nadvýšenia existujúcich oporných múrov. Po prerokovaní s dotknutými orgánmi sa môže rozsah nábrežných múrov upresniť a v konečnom dôsledku bude stavba rozdelená na jednotlivé stavebné objekty.

Pozitívnym vplyvom výstavby protipovodňových opatrení je ochrana zdravia a majetku obyvateľov v dotknutom území, bezpečný územný a hospodársky rozvoj chráneného územia, zachovanie hydromorfologických charakteristík koryta a budovanie vedomia verejnosti o účele protipovodňových línii a ich význame pri protipovodňovej ochrane krajiny.

Z vodohospodárskeho hľadiska sa výstavba ochranných nádrží na prítokoch Hrona javí ako vhodnejšie opatrenie, ktorým by sa predišlo výrazným stavebným zásahom do koryta v intraviláne mesta Brezno. Ako však bolo spomenuté, ich výstavba je sprevádzaná množstvom problémov a obštrukcií a v konečnom dôsledku pravdepodobne nespĺňa ekonomickú podmienku o nižších nákladoch na výstavbu než je hodnota povodňami ohrozeného majetku, a to aj po započítaní obcí, ktoré by ochranné nádrže na prítokoch chránili.

7 Literatúra

Štúdia - Brezno, protipovodňové opatrenia na toku Hron, r. km 220,300 – 227,750.
Vodotika, a.s., September 2019

US Army Corps of Engineers, 2016: *HEC-RAS River Analysis System, User's manual, Version 5.0.* Institute for Water Resources, Hydrologic Engineering Center, 960 s.

Štúdia súboru stavieb ochranných hrádí pre mesto Brezno, Vodotika, a.s., September 2017

Webová stránka <https://brezno.dnes24.sk/galeria/povoden-v-brezne-33287/fotografia-8>,
prístupné online dňa 25.10.2019

Článok Extrémne hydrologické javy – suchá a povodne prístupné na stránke www.sav.sk
online dňa 25.10.2019

Annotation

Proposed contribution deals with mathematical modelling of 100 year flood flow through town Brezno located in the middle of Slovakia. Based on geodetical and hydrological measurements a 4 km long model has been created in HEC-RAS software. The model has been used to determine capacity flow in the channel, which is very important to estimate when proposing any flood protection measures. It is also important when designing and evaluating proposed measures. The study proposed flood protection measures in form of protection walls and dams as the location is right in the residential area of town.

Positive aspect of construction of flood protection measures is securing health and life of people living in the area of interest, safe urban and economic development of protected area and also preservation of hydro-morphological characteristics of river channel.