



SLOVENSKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV



NÁVRH POLDRA V PRAMENNEJ ČASTI RIEKY TOPLÁ

Ing. Martin Grohoľ
SHMÚ - OHMPV Košice
Kontakt: martin.grohoľ@shmu.sk

Obsah

Anotácia	3
Abstrakt	3
1 Riešené územie	4
1.1 Umiestnenie navrhovaného poldra na toku Topľa	4
2 Výpočet povodňovej vlny podľa akademika Duba	5
2.1 Vykreslenie konzumčnej krivky v kritickom profile koryta toku Topľa pod poldrom	5
2.2 Akumulačný potenciál územia poldra.....	6
3 Vodohospodárske riešenie - hydraulický výpočet regulačných objektov	6
3.1 Hydraulický návrh výpustného objektu	7
3.2 Návrh bezpečnostného priepadu	8
3.3 Návrh vývaru.....	9
3.4 Transformácia povodňovej vlny	9
4 Záver.....	10
Literatúra	11

Anotácia

Príspevok je zameraný na návrh poldra na rieke Topľa nad obcou Livovská Huta v okrese Bardejov, ktorý zabezpečí protipovodňovú ochranu obce. Vzhľadom na charakter povodia rieky Topľa je v tejto lokalite vysoké riziko výskytu povodní. Účelom príspevku je návrh poldra a výpočet jeho funkčných objektov, ktorých úlohou je transformácia povodňovej vlny na prijateľnú úroveň.

Kľúčové slová

povodeň, polder, povodňová vlna, rieka Topľa, spodný výpust, zátopová oblasť

Annotation

The contribution is focused on the proposal of the polder on the river Topľa above the village of Livovská Huta in the Bardejov district, which will ensure the flood protection of the municipality. There is a high risk of flooding in this selected area due to the nature of the Topľa river basin. The purpose of this work is to design a polder and calculate its functional objects which will provides the transformation of the flood wave to an acceptable level.

Keywords

bottom drain, flood, flood wave, flooded area, polder, river Topľa,

Abstrakt

Povodne predstavujú pre človeka významné prirodzené riziko, vďaka svojím devastačným účinkom a veľkosti územia, ktoré dokážu zasiahnuť. Povodeň je výsledkom kombinácie meteorologických a hydrologických extrémov, v určitej miere ovplyvnené aj ľudskou činnosťou. Protipovodňová ochrana nedokáže úplne eliminovať povodňové riziko. Avšak vhodnou kombináciou protipovodňových opatrení dokážeme znížiť riziko pôvodní na prijateľnú úroveň.

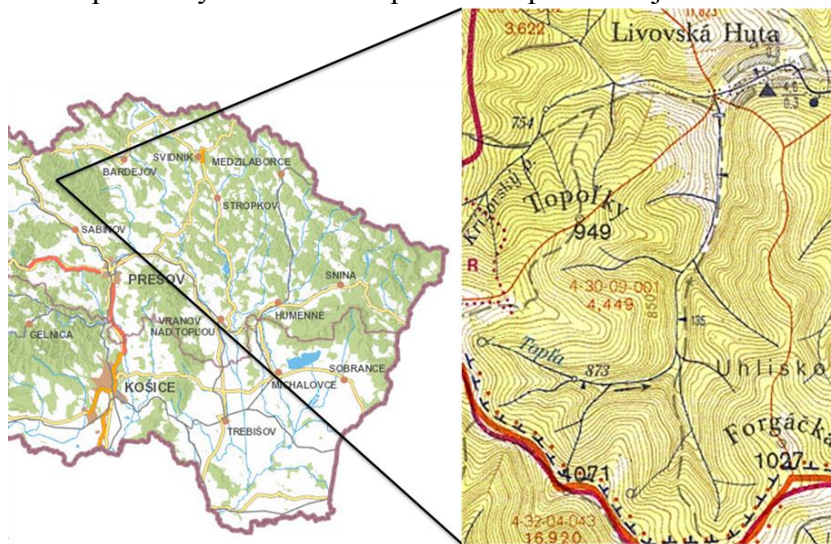
Riečna sieť Slovenska má značne zastúpené pramenné zóny vďaka morfolologickej štruktúre krajiny. Predstavujú ich malé vodné toku spravidla s vyšším pozdĺžnym sklonom. Potreba výskumu takýchto malých tokov začala byť aktuálna v súvislosti s výskytom lokálnych povodní. Problémom takýchto tokov sú bleskové povodne, ktoré vznikajú najmä intenzívnymi zrážkami vo veľmi krátkom čase. V kombinácii s nepriepustným geologickým podložím dochádza ku krátkemu dotokovému času v povodí, čo je jedným z hlavných faktorov vzniku lokálnych povodí.

V príspevku sa zaoberám protipovodňovou ochranou, práve v takejto pramennej časti rieky Topľa s vysokým pozdĺžnym sklonom. V minulosti, ale aj v súčasnej dobe, často dochádza v pramennej časti Tople, najmä v obci Livovská Huta a Livov, k častým povodniam s periodicitou opakovania jeden až dva roky. Správca toku je nútený zabezpečovať v závislosti od finančných a kapacitných možností návrhy v úprave odtokových pomerov v dotknutom území, ktoré si vyžadujú nielen zlepšenie smerových, spádových a prietokových pomerov korýt vodných tokov, ale aj plošné úpravy v povodiach, a to najmä zvýšenie retenčnej schopnosti povodia. Dostatočnú retenčnú schopnosť povodia dokážeme dosiahnuť budovaním ochranných retenčných nádrží, takzvaných poldrov.

Základný princíp tohto vodohospodárskeho riešenia je transformácia povodňovej vlny a zníženie kulminačného prietoku na požadovanú neškodnú hodnotu. Hlavnou úlohou je navrhnúť polder tak, aby transformoval povodňovú vlnu na požadovaný neškodný odtok a pri priechoде povodňovej vlny bezpečnostný prípad zaistil prevedenie maximálneho kulminačného prietoku z vrcholu povodňovej vlny. Pri hydraulickom návrhu regulačného objektu som využil overené metódy pre dimenzovanie parametrov spodného výpustu a bezpečnostného prípadu.

1 Riešené územie

Návrh poldra na ochranu horného povodia Tople pred povodňami, ktorému sa venujem v príspevku, vychádza z Predbežného hodnotenia povodňového rizika v čiastkovom povodí Bodrogu a Plánu manažmentu povodňového rizika v čiastkovom povodí Bodrogu, dokumentov vypracovaných MŽP SR, ktoré zahŕňajú, okrem iných, aj navrhované konkrétne opatrenia na zníženie nepriaznivých dôsledkov povodní v pramennej časti toku Topľa.



Obr. 1 Pramenná časť rieky Topľa

1.1 Umiestnenie navrhovaného poldra na toku Topľa

Prostredníctvom získaných mapových podkladov voľne dostupných na internetovej stránke www.geoportal.sk a prieskumu predmetnej lokality som stanovil vhodný profil pre umiestnenie poldra. Pri navrhovaní som musel brať do úvahy skutočnosť, že v blízkosti vodného toku Topľa je v predmetnej lokalite vedená líniová stavba – cestná komunikácia. Prihliadajúc na uvedenú skutočnosť som navrhol umiestnenie poldra na toku Topľa v r.km 134,000.



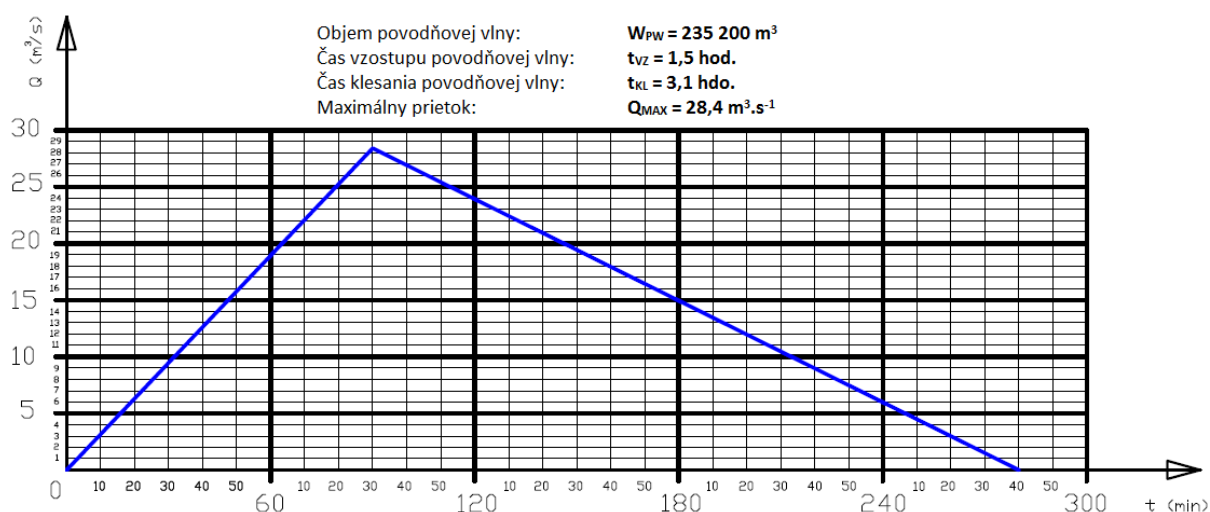
Obr. 2 Umiestnenie poldra nad obcou Livovská Huta

Z hľadiska typu navrhujem prietochný polder s neovládateľnými regulačnými objektmi, vytvorený priečnym prehradením koryta toku zemnou hrádzou z miestnych materiálov. Svoje rozhodnutie odôvodňujem tým, že tento typ poldra je vhodný pre podhorské toky, akou je pramenná časť rieky Topľa, kde sa často vyskytuje rýchly priebeh povodní bez predpovedného systému (prietoku alebo zrážok) na toku nad uvažovaným poldrom. Účinnosť poldra bude nastavená na určitý povodňový prietok (tvar a veľkosť povodňovej vlny).

2 Výpočet povodňovej vlny podľa akademika Duba

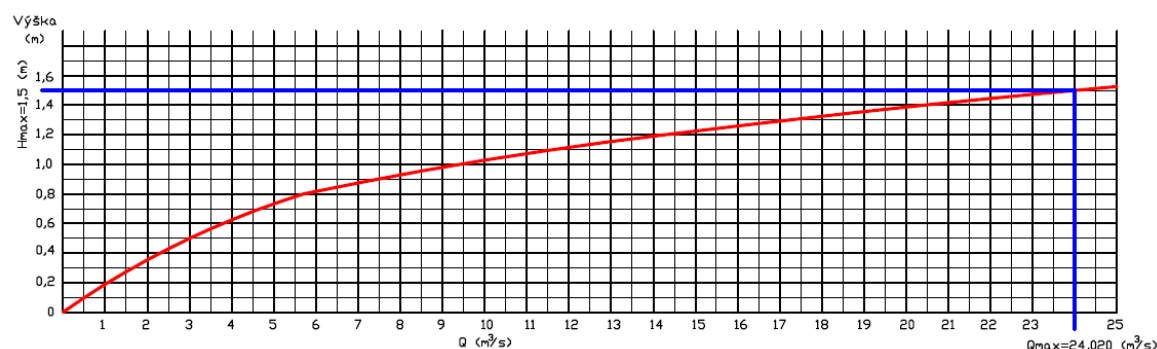
Pre samotný návrh poldra som potreboval najskôr získať hydrologické údaje o storočnom prietoku a povodňovej vlny v profile navrhovaného poldra. Pomocou týchto údajov budem vedieť následne vytvoriť návrhovú povodňovú vlnu. Údaje Q_{100} a parametre návrhovej povodňovej vlny som vypočítal na základe vzťahov podľa akademika Duba. Vypočítaná hodnota o storočnom prietoku mi posluží pri návrhu a výpočte regulačných objektov poldra a transformácii povodňovej vlny.

Maximálny kulminačný prietok povodňovej vlny $Q_{100} = 28,401 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Čas vzostupu povodňovej vlny je 1,5 hodiny a čas klesania 3,1 hodiny. Celková doba trvania schematizovanej povodňovej vlny je 4,6 hodiny.



Obr. 3 Vykreslenie návrhovej povodňovej vlny

2.1 Vykreslenie konzumčnej krivky v kritickom profile koryta toku Topľa pod poldrom



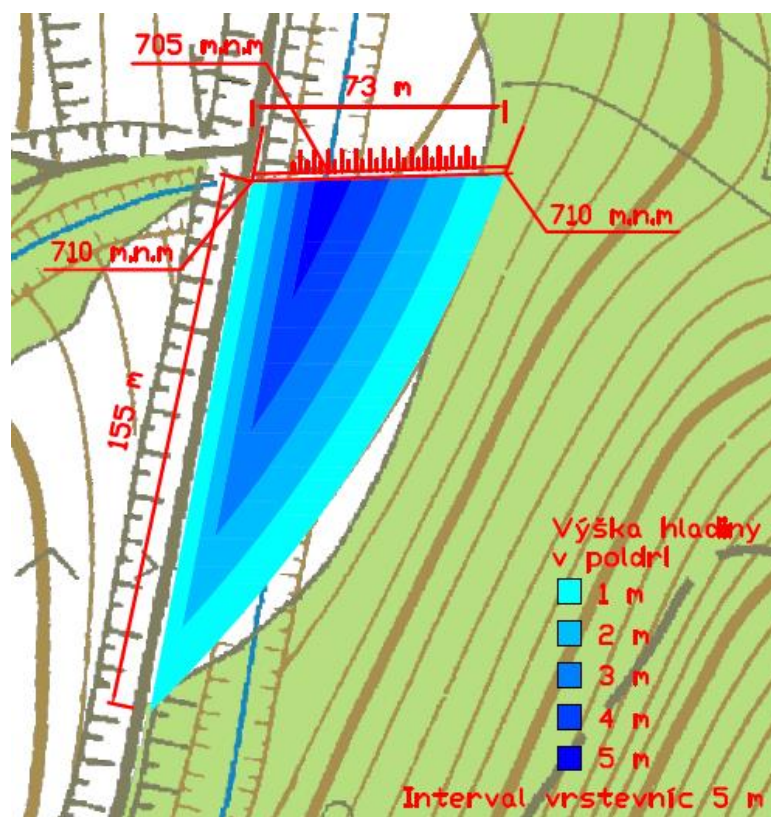
Obr. 4 Konzumčná krivka profilu toku pod hrádzou poldra s vyznačeným maximálnym prietokom pri maximálnej možnej výške hladiny v profile

Kapacita koryta v kritickom profile toku pri $Q_{\text{kap}} = 24,02 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Tento prietok vody ešte nespôsobuje škody a voda sa z koryta toku nevylieva, dosahuje brehovú čiaru pri maximálnej výške $H_{\text{max}} = 1,5 \text{ m}$.

2.2 Akumulačný potenciál územia poldra

Zátopovú oblasť poldra tvorí lesné územie. V záujmovom území sa nenachádzajú žiadne stavby pre občiansku vybavenosť. Tvar a sklony svahov bude potrebné upraviť tak, aby v čase naplňania nádrže nedochádzalo k podmočeniu, respektíve zosuvu a erózii svahov. Zátopové územie je vytvorené akumuláciou vody pred hrádzou. Výšku hrádzu som navrhol s ohľadom na maximálnu výšku hladiny akumulovanej vody, ktorá je stanovená na 5 metrov.

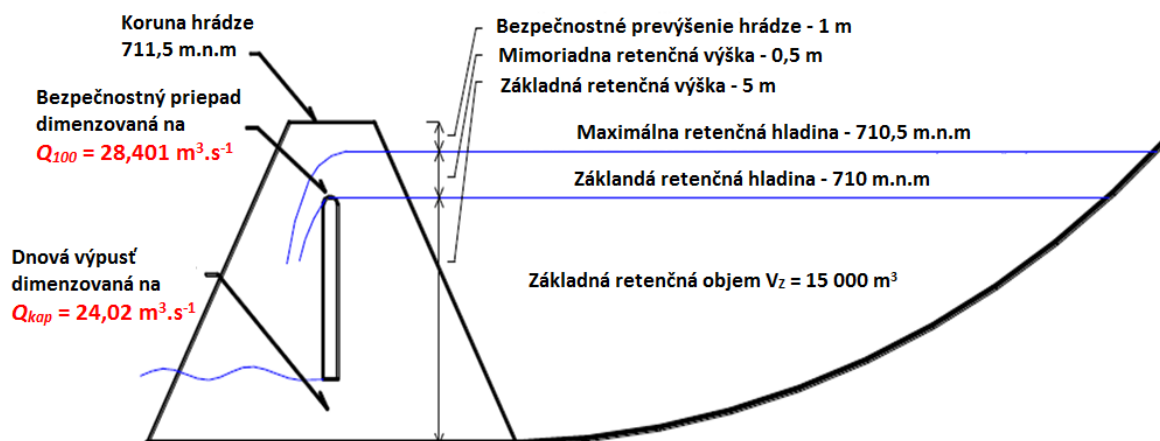
Pri tejto výške bude objem poldra približne $15\,000 \text{ m}^3$. Pri prekročení výšky hladiny vody v poldri bude dochádzať k zaplaveniu priľahlej lesnej cesty. Z ekonomického hľadiska by prekládka lesnej cesty predstavovala ďalšie výdavky spojené s výstavbou poldra.



Obr. 5 Zátopová oblasť vytvorená hrádzovým telesom poldra v rkm 134

3 Vodohospodárske riešenie - hydraulický výpočet regulačných objektov

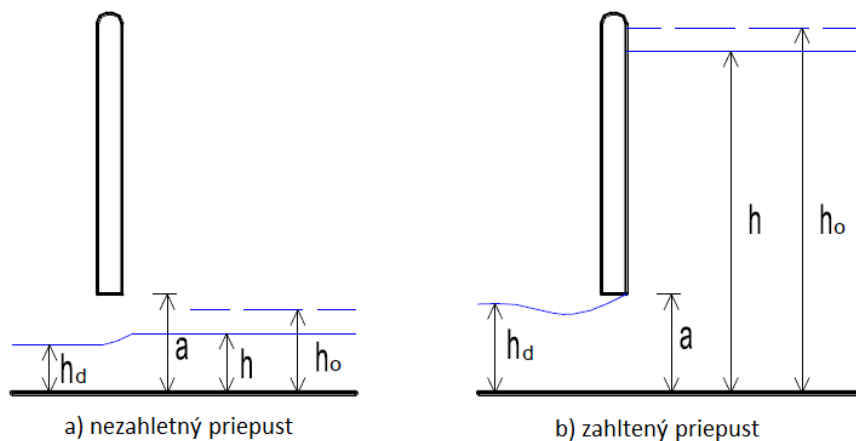
Na obrázku je znázornená schéma prietočného poldra so základnými údajmi na ktoré budem dimenzovať regulačné objekty, pod ktoré patrí bezpečnostný priepad navrhnutý na $Q_{100} = 28,401 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ a dnový výpust navrhnutý na $Q_{\text{kap}} = 24,02 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Bezpečnostné prevýšenie zemnej sypanej hrádzu je navrhnuté na 1 m.



Obr. 6 Navrhované parametre pre prietočný polder - schéma

3.1 Hydraulický návrh výpustného objektu

Stanovením maximálneho prietoku v koryte pod poldrom som získal hodnotu prietoku $Q_{kap} = 24,02 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ na ktorú budem dimenzovať rozmery dnového výpustu. Návrh dnového výpustu uvažujem ako výtok pod stavidlom s nezahľneným až zahľneným priepustom, ktoré je postavené v obdĺžnikovom profile. Stavidlo je pevne zdvihnuté na výšku $a = 1,6 \text{ m}$ nad dnom koryta, aby za žiadnych prevádzkových činností nenastal prípad zavzdutého dnového výpustu. Ak by došlo k zahľntiu dnového výpustu, klesla by jeho kapacita a dochádzalo by k pulzáciám prietoku v poldri.



Obr. 7 Nezahľntý a zahľntý priepust poldra - schéma

Maximálnu kapacita dnového výpustu je možné počítať podľa vzťahov:

$$Q_{VYP} = \mu_v * h_d * b * \sqrt{2 * g * (h_0 - h_d)}$$

$$Q_{VYP} = \mu_v * a * b * \sqrt{2 * g * (h_0 - h_d)}$$

kde:

- Q_{VYP} - výtok otvorom
- a - výška otvoru priepustu
- h - výška vody v poldri
- h_d - výška vody za výtokom
- μ_v - výtokový súčiniteľ
- b - šírka otvoru priepustu

h_0 - výška vody v poldri vrátane rýchlostnej výšky

Zo vzťahu pre výpočet prietoku pod stavidlom som odvodil vzťah pre výpočet šírky dnového výpustného otvoru zo vzťahu:

$$b = \frac{Q}{\mu_v * a * \sqrt{2 * g * (h_0 - h_d)}}$$

kde: Q_{kap} - výtok otvorom - Q_{kap}

a - výška otvoru priepustu

h_d - výška vody za výtokom, v mojom prípade

$$h_0 = h + \frac{v^2}{2g}$$

kde: h - maximálna výška hladiny vody v poldri

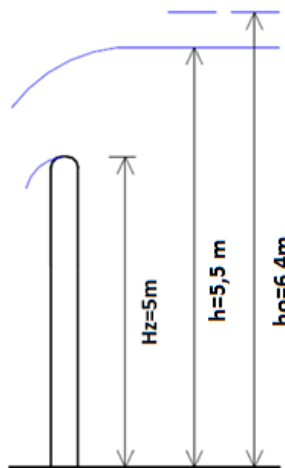
v - rýchlosť vody

Na základe vyššie uvedených vzťahov som stanovil potrebnú šírku dnového výpustu, ktorá má hodnotu **$b = 2,3$ (m).**

Vtoková časť výpustného objektu bude mať šikmé betónové krídla, ktoré sa budú smerom k výpustnému otvoru zužovať. Výpustný objekt umožňuje kolmý nátok vody cez predsunuté hrablice, ktoré budú umiestnené pred výpustným otvorom. Dno vtokovej časti bude na kóte 705,00 m. n. m.. Výška nátokových krídel bude kopírovať priečny rez zemnej hrádze až do jej výšky 6,5 m.

3.2 Návrh bezpečnostného priepadu

Prepadová hrana bezpečnostného priepadu slúži na bezpečné prevedenie prietoku $Q_{100} = Q_{\max} = 28,401 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ cez teleso hrádze.



Obr. 8 Prietok bezpečnostným priepadom

Zo vzťahu pre výpočet prietoku cez bezpečnostný priepad som odvodil vzťah pre výpočet šírky bezpečnostného priepadu:

$$Q = \frac{2}{3} * \mu * b * \sqrt{2g} * (h_0 - H_z)^{3/2}$$

kde: μ_p - je prepadový súčiniteľ

H_z - základná výška poldra od dna toku po korunu bezpečnostného priepadu

h_0 - celková výška (hlbka) vrátane rýchlostnej výšky, ktorá sa vypočíta zo vzťahu :

$$h_0 = h + \frac{v^2}{2g}$$

kde: h - maximálna výška hladiny vody v poldri
 v - rýchlosť vody

Šírku bezpečnostného priepadu som vypočítal odvodením zo vzorca pre výpočet šírky bezpečnostného priepadu podľa vzťahu:

$$b = \frac{3 \cdot Q_{\max}}{2 \cdot \mu p \cdot \sqrt{2g} \cdot (h_0 - H_z)^{3/2}}$$

Na základe vyššie uvedených vzťahom som vypočítal potrebnú šírku bezpečnostného priepadu, ktorá má hodnotu **$b = 8,3$ (m).**

3.3 Návrh vývaru

Prúdenie vody cez dnový výpust a pri vyšších hladinách cez bezpečnostný priepad je bystrinné a v toku za poldrom riečne. Za regulačným objektom sa vytvára vodný skok. Preto je potrebné nadimenzovať pre takýto objekt vývar vyhovujúcich rozmerov, ktorý zabezpečí utlmenie kinetickej energie dopadajúcej vody cez bezpečnostný priepad. Hlavnou hodnotou je návrhový maximálny prietok $Q_{100} = Q_{\max} = 28,401 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ pri maximálnej hladine v poldri.

Výpočtom som stanovil energetickú výšku v profile za spodným výpustom vzorcom:

$$E = s + h_0 + d$$

Na konci vývaru musí byť zaistená miera vzdutia $\sigma \in (1,05 \sim 1,10)$ stanovená vzťahom:

$$\sigma = \frac{h_0 + d}{h_2} h_2 \in (1,05 \sim 1,10)$$

Pokiaľ podmienka $\sigma \in (1,05 \sim 1,10)$ nie je v prvom kroku pre úroveň vývaru na úrovni dna $d = 0$ splnená, navrhne sa prehĺbenie vývaru. V ďalšom postupe sa opakuje výpočet pre novonavrhnutú úroveň dna vývaru, pokiaľ nie je splnená podmienka $\sigma \in (1,05 \sim 1,10)$.

Dĺžka vývaru sa navrhuje podľa vzťahu:

$$L_v = K \cdot (h_2 - h_1)$$

kde: K - hodnota súčiniteľa pre výpočet dĺžky vývaru

Pri navrhnutom prehĺbení vývaru **$d = 0,5$ m**, som podľa vyššie uvedených vzťahov vypočítal potrebnú dĺžku vývaru, ktorej hodnota je **$L_v = 12,35$ m**. Priečny rez vývaru, ktorý navrhujem, je obdĺžnikový s konštantnou šírkou.

3.4 Transformácia povodňovej vlny

Priebeh zmien prítoku do nádrže a odtoku za určitý časový interval, pri zmenách objemu vody v nádrži vyjadruje konkrétna diferenciálna rovnica:

$$(Q_p - Q_o) \cdot dt = S \cdot dz$$

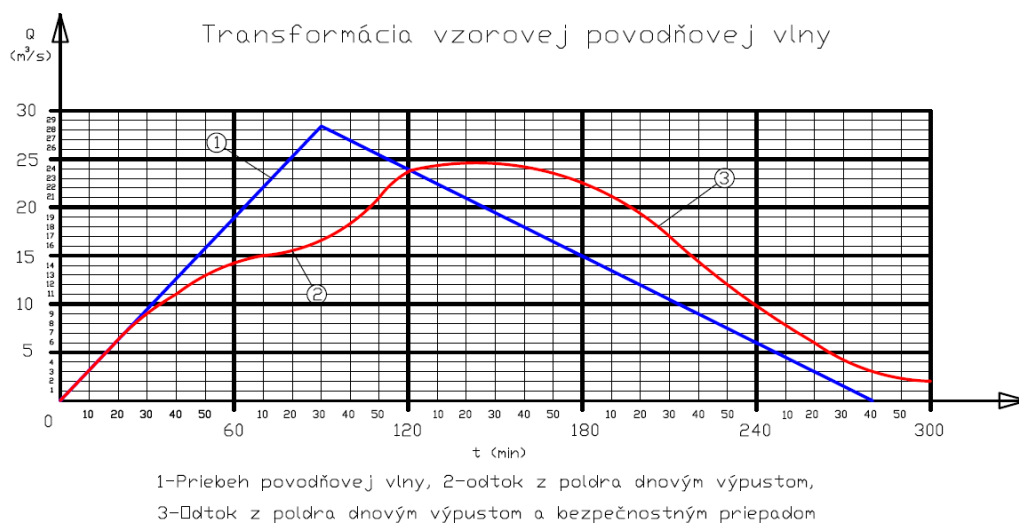
kde: Q_p - časovo premenný prítok do poldra

Q_p - časovo premenný odtok z poldra
 z - hĺbka vody v poldri
 S - po výške sa meniacia zatopená plocha
 t - zvolený časový interval

Pre riešenie danej rovnice existuje viacero spôsobov výpočtu. Pre numerický výpočet je vhodné upraviť rovnicu na tvar:

$$\Delta z = (Q_p - Q_o) * \frac{\Delta t}{S}$$

Na základe veľkosti prítokov a odtokov v zodpovedajúcich objemoch v stanovenom časovom kroku je možné využiť rôzne softvéry pre modelovanie a transformáciu povodňovej vlny.



Obr. 9 Transformácia povodňovej vlny

Maximálny kulminálny odtok z poldra bude $Q_{p,kul} = 24,02 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Výsledné sploštenie povodňovej vlny bude $\Delta Q = 4,381 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Celkový akumulčný potenciál územia vytvoreného hrádzou je $15\,000 \text{ m}^3$. Potrebný retenčný objem na úplnú transformáciu povodňovej vlny predstavuje zachytený objem $30,500 \text{ m}^3$. Z uvedeného výpočtu vyplýva, že pre tieto prитоky polder nedokáže previesť celú povodňovú vlnu bez neškodného odtoku pod poldrom.

4 Záver

Hlavným cieľom príspevku bolo zadržanie časti objemu z vrcholu povodňovej vlny a tým zabezpečiť protipovodňovú ochranu obce Livovská Huta. Tento cieľ som sa snažil dosiahnuť návrhom poldra nad predmetnou obcou. Prieskumom riešenej oblasti som navrhol vhodný profil pre umiestnenie hrádz poldra. Kvôli tesnej blízkosti lesnej cesty som stanovil maximálnu výšku vzdutej hladiny vody na takú úroveň, aby nedošlo k zaliatiu tejto cesty. Zo získaných výsledkov som zistil, že tento vytvorený akumulčný priestor nedokáže zachytiť celú povodňovú vlnu. Morfológia terénu v oblasti však umožňuje navrhnuť vyššiu hrázu. Nevýhodou je ale, že pri návrhu väčšej výšky hrádz bude dochádzať k zaplavovaniu priľahlej lesnej cesty.

Literatúra

- [1] Zákon č. 7/2010 Z. z. o ochrane pred povodňami
- [2] Macura V., Halaj P., Úpravy a revitalizácie vodných tokov, nakladateľstvo STU v Bratislave, ISBN 978-80-227-3925
- [3] Zelenáková, M., Vodné stavby, vydavateľstvo TUKE, ISBN 978-80-553-1021-3, 93 strán
- [4] Čomaj, M., Smernica pre navrhovanie poldrov, Bratislava, 5/2004
- [5] Bednárová, E., Lukáč, M., Nádrže a priehrady - navrhovanie a prevádzka, Vydavateľstvo STU, Bratislava, 2001, s. 330
- [6] Bednárová, E., Lukáč, M., Priehrady, Navrhovanie a výpočty sypaných priehrad, Vydavateľstvo STU, Bratislava, 1989, s. 220
- [7] Říha J. a kol., Návrh a realizácia suchých nádrží, vydavateľstvo MŽP ČR, Praha 2014, ISBN 978-80-7212-600-2
- [8] Šoltisová, A., Zhodnotenie povodňovej situácie v mesiacoch jún – júl 2009, Hlas povodia, ročník 1-2/2009
- [9] Predbežné hodnotenie povodňového rizika v čiastkovom povodí Bodrogu, MŽP SR, december 2011
- [10] Plán manažmentu povodňového rizika v čiastkovom povodí Bodrogu, MŽP SR, december 2014

Prílohy

Vizualizácia regulačného objektu - vtoková časť

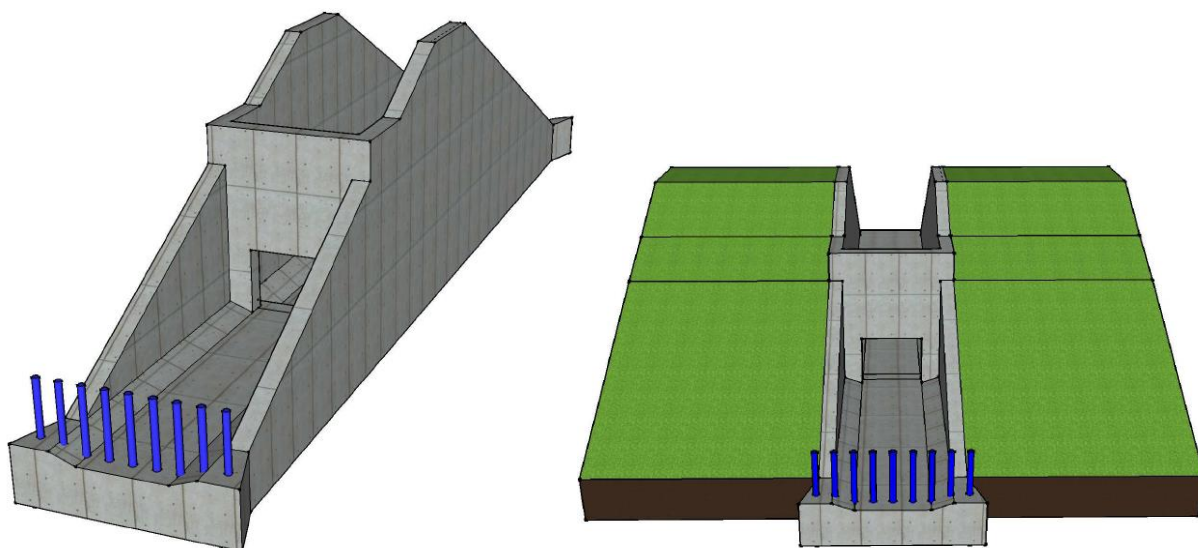
Vizualizácia regulačného objektu - výtoková časť

Regulačný objekt - pôdorys

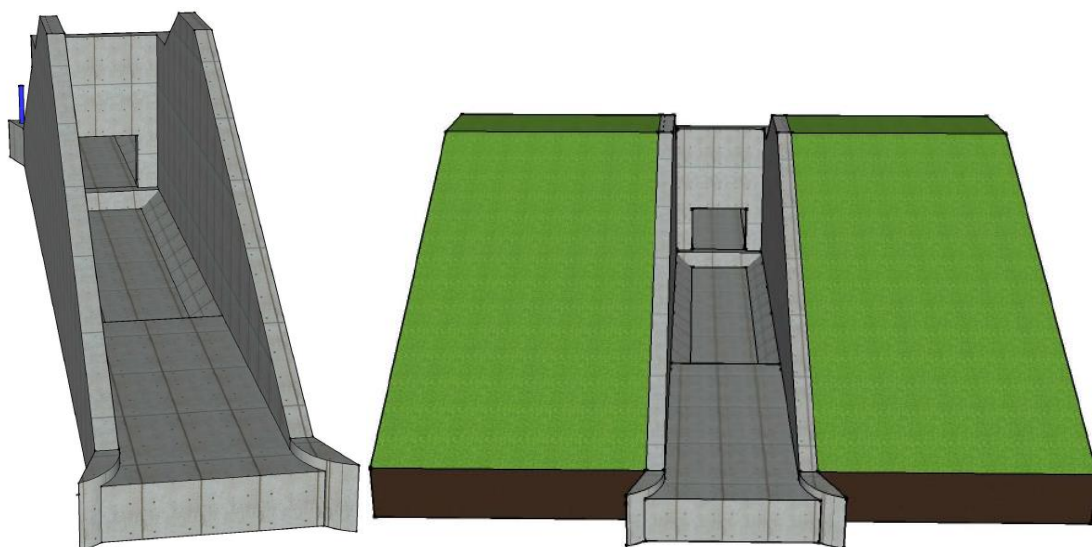
Regulačný objekt - rez

Zemný sypaná hrádza - rez

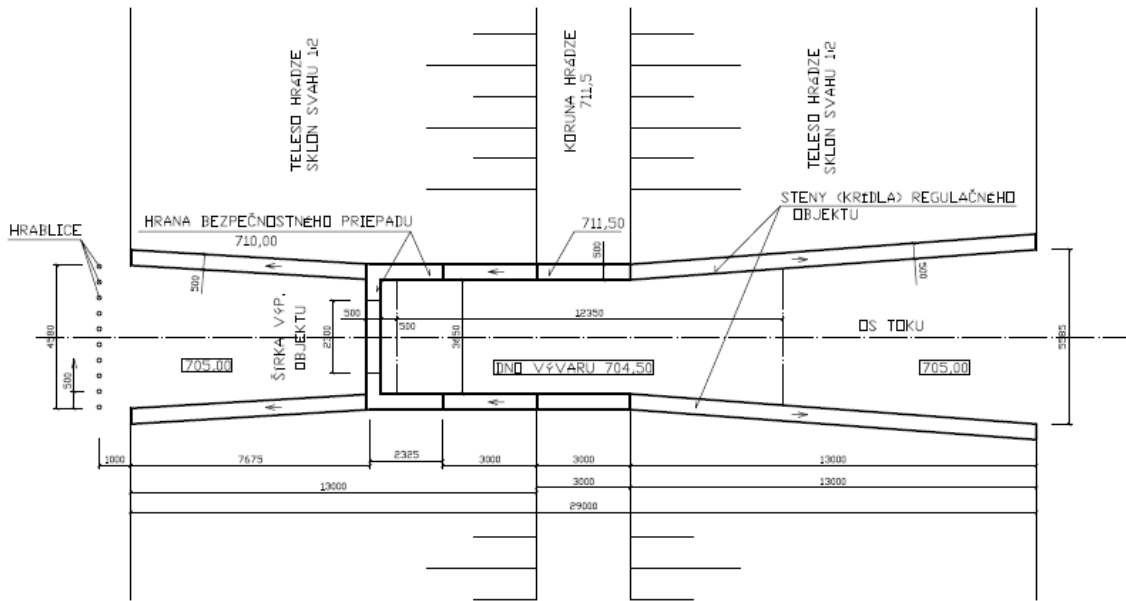
Vizualizácia regulačného objektu s hrádzou - vtoková časť



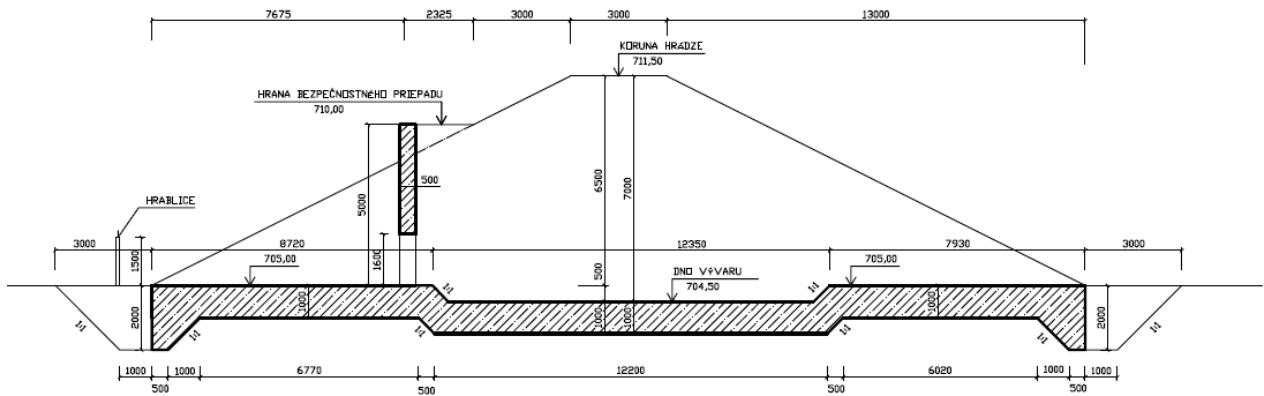
Vizualizácia regulačného objektu s hrádzou - výtoková časť



Regulačný objekt - pôdorys



Regulačný objekt - rez



Zemná sypaná hrádza - rez

