



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV VODNÍCH STAVEB

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF WATER STRUCTURES

POSOUZENÍ MALÉ VODNÍ NÁDRŽE TOČENKA

ASSESSMENT OF THE TOČENKA SMALL RESERVOIR

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

BC. EDUARD ĎURĎA

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. TOMÁŠ JULÍNEK, Ph.D.

BRNO 2016



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program

N3607 Stavební inženýrství

Typ studijního programu

Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia

Studijní obor

3607T027 Vodní hospodářství a vodní stavby

Pracoviště

Ústav vodních staveb

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Diplomant

Bc. Eduard Ďurďa

Název

Posouzení malé vodní nádrže Točenka

Vedoucí diplomové práce

Ing. Tomáš Julínek, Ph.D.

**Datum zadání
diplomové práce**

31. 3. 2015

**Datum odevzdání
diplomové práce**

15. 1. 2016

V Brně dne 31. 3. 2015

prof. Ing. Jan Šulc, CSc.
Vedoucí ústavu



prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

Podklady a literatura

BOOR, B. – KUNŠTÁTSKÝ, J. – PATOČKA, C. 1968. Hydraulika pro vodohospodářské stavby, SNTL Praha.
ŘÍHA, J. a kol. Malé vodní a suché nádrže. ČKAIT – PROFESIS 2010, Informační centrum ČKAIT. Publikace č. 19 – Technická pomůcka.
ČSN 75 2935 Posuzování bezpečnosti vodního díla při povodních.
ČSN 75 2310 Sypané hráze.
ČSN 75 2410 Malé vodní nádrže.
ČSN 75 2405 Vodohospodářská řešení vodních nádrží.
TNV 75 2415 Suché nádrže.

Zásady pro vypracování (zadání, cíle práce, požadované výstupy)

Práce bude zaměřena na posouzení stavu a funkčního využití malé vodní nádrže na toku Točenka ve správě Povodí Moravy s.p. Vlastní řešení bude sestávat z rešeršní a praktické části. Rešeršní část shrne obecné přístupy k vodnímu hospodářství nádrží, hydraulice objektů a srážko-odtokovým procesům. Část vlastního posouzení bude zaměřena na hodnocení odtokových poměrů v příslušném povodí (posouzení míry zanášení nádrže), retenčních účinků nádrže, posouzení výpustného objektu a návrh jeho úpravy. Hodnocení bude zahrnovat i variantu úplného odstranění nádrže. Práce se bude skládat z textové, výpočtové a výkresové části.

Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

.....
Ing. Tomáš Julínek, Ph.D.
Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKTY A KLÍČOVÁ SLOVA

Abstrakt

Hlavní prioritou diplomové práce je zhodnocení stávajícího stavu a následné variantní řešení budoucí funkce a z ní vyplývajícího provozu malé vodní nádrže Točenka v Babicích u Kelče. Díky smyvům z polních tratí v horní části povodí došlo k totálnímu zanesení nádrže až po bezpečnostní přeliv. Úkolem je zhodnotit aktuální stav nádrže a určit opatření k budoucímu využití.

Klíčová slova

Malá vodní nádrž, batygrafické křivky, transformace povodňové vlny.

Abstract

The main priority of the thesis is to evaluate the current state, different scenarios of proposed measures and the resulting operation of the small water reservoir Točenka in Babice u Kelče. Due to soil erosion in the upper part of the basin a complete clogging of the reservoir happened. Task is to assess the current state of the reservoir and evaluate proposed measures for future operation.

Keywords

Small water reservoir, bathymetric curves, flood wave transformation.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Bc. Eduard Ďurďa *Posouzení malé vodní nádrže Točenka*. Brno, 2016. 81 s., 68 s. příl.
Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodních staveb.
Vedoucí práce Ing. Tomáš Julínek, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 14.1.2016

.....
podpis autora

Bc. Eduard Ďurďa

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY VŠKP

Prohlášení:

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 14.1.2016

.....
podpis autora
Bc. Eduard Ďurďa

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval panu Ing. Tomáši Julínkovi, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady, ochotu a obětavý přístup mi nápomocný ke zpracování této práce. Dále bych chtěl poděkovat pánu Ing. Jiřímu Zedníčkovi ze státního podniku Povodí Moravy za poskytnutí potřebné dokumentace

Obsah

ÚVOD	11
1 CÍLE	12
2 TEORETICKÁ ČÁST	13
2.1 Definice MVN	13
2.1.1 Definice malé vodní nádrže	13
2.1.2 Členění sypaných hrází dle typu	13
2.1.3 Zatřídění sypaných hrází z hlediska jejich významů a bezpečnosti	14
2.1.4 Objekty	14
2.2 Transformační účinky	16
2.2.1 Batygrafické křivky	16
2.2.2 Srážkoodtokový proces v povodí	18
2.2.3 Transformace	18
2.3 Hydraulika	19
2.3.1 Objekty	19
2.3.2 Tok	26
2.3.3 Stabilita koryta	30
2.4 Zanášení nádrží	31
2.4.1 Splaveninové poměry	31
2.4.2 Odbahňování, opatření proti zanášení	32
3 ŘEŠENÍ	34
3.1 Popis zájmové lokality	34
3.2 Vstupní data	38
3.3 Hodnocení Kapacity koryta	41
3.4 Hodnocení bezpečnosti nádrže	49
3.5 Hodnocení retenčních účinků	55
3.6 Hodnocení transformačních účinků	62
4 ZÁVĚR	69
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	72
SEZNAM TABULEK	73
SEZNAM OBRÁZKŮ	74

SEZNAM GRAFŮ.....	75
--------------------------	-----------

ÚVOD

Hlavní prioritou diplomové práce je zhodnocení stávajícího stavu a následné variantní řešení budoucí funkce a z ní vyplývajícího provozu malé vodní nádrže Točenka v Babicích u Kelče, která je situována na okraji obce v katastrálním území obce Babice u Kelče, nacházející se 13 km západně od Valašského Meziříčí a 3 km jihozápadně od Kelče.

V důsledku smyvů z polních tratí v horní části povodí došlo k totálnímu zanesení nádrže až po přelivnou hranu bezpečnostního přelivu. Nádrž je v současné době vytěžena. Úkolem je zhodnotit aktuální stav nádrže a určit opatření k budoucímu využití.

Při místním šetření výše zmiňované oblasti byly pořízeny fotografie stávajícího stavu a provedeno podrobnější doměření manipulačního objektu hráze a koryta pod nádrží.

Vlastní práce a samotné řešení je rozděleno do několika částí. První část je zaměřena na popis teoretického aparátu použitého při řešení. Další část zahrnuje informace o vodním díle, včetně širšího území, ve kterém se nachází. Následně je provedeno řešení kapacity výpustných objektů, transformace povodňové vlny a zhodnocení aktuálního stavu hráze z pohledu bezpečnosti. V závěru je provedeno celkové zhodnocení možných variant opatření a navržena doporučení pro užívání díla.

1 CÍLE

Cílem diplomové práce je zhodnocení stávajícího stavu a návrh a posouzení možných variantních řešení s ohledem na budoucí funkční využití malé vodní nádrže Točenka v Babicích u Kelče a z toho vyplývajících požadavků na její provoz.

Práce obsahuje jednak rešeršní část týkající se současného stavu poznání řešené problematiky a popis použitého teoretického aparátu a dále část vlastního řešení dané problematiky. Cílem této práce je posouzení stavu malé vodní nádrže a stanovit doporučení ve smyslu jejího budoucího využití. Základní scénáře řešení představují možnost zachování nádrže s trvalým nadržním, zachování nádrže jako průtočné (suché) s retenční funkcí nebo popřípadě odstranění hráze. Součástí řešení je i posouzení koryta pod nádrží v obci Babice jednak z hlediska jeho kapacity a jednak s ohledem na zanášení koryta transportovanými sedimenty. Řešení zahrnuje návrhovou část definující hodnocené scénáře, výpočtovou část a závěrečná doporučení.

2 TEORETICKÁ ČÁST

2.1 DEFINICE MVN

2.1.1 Definice malé vodní nádrže

Pojem malé vodní nádrže (MVN) jsou charakterizované dle normy ČSN 75 2410. Malé vodní nádrže jsou definovány jako vodní nádrže, jen tehdy, splní-li tyto požadavky:

- 1) Objem nádrže po hladinu ovladatelného prostoru (hladinu normální) není větší než 2 mil. m³
- 2) Největší hloubka nádrže nepřesahuje 9 m (rozumí se největší hloubka dna od maximální hladiny, přičemž se neberou v úvahu místní prolákliny dna, hloubka koryta napájecího toku apod.).

Norma platí pro návrh nových MVN a rekonstrukci starých MVN, ne pro údržbu.

Pro nádrže s celkovým objemem < 5 tis. m³ se doporučuje normu použít přiměřeně podle místních podmínek.

Hladina ovladatelného prostoru

Hladina na úrovni nejnižší části přelivné hrany nehrazeného přelivu nebo horní hrany uzávěru hrazeného přelivu. Pod touto úrovní lze v nádrži akumulovat vodu a vypouštět ji podle potřeby.

Největší hloubka nádrže

Svislá vzdálenost nejnižší položeného místa dna nádrže od maximální hladiny; přitom se neuvažují lokální větší hloubky v místě původního koryta, hlavní rybniční stoky apod.

Maximální hladina

Hladina vody, která se vytvoří při maximálním průtoku nádrží Q_{max}

Po splnění výše zmíněných požadavků je vodní plocha zařazena dle normy do kategorie Malá vodní nádrž. [1]

2.1.2 Členění sypaných hrází dle typu

Hráze se dělí :

- 1) Podle materiálu stabilizačních částí hráze
 - a) zemní
 - b) kamenité
 - c) smíšené
- 2) Podle druhu těsnění hráze
 - a) bez těsnícího prvku, tj. homogenní (zhutněný násyp zajišťuje stabilizační i těsnící f-ci)
 - b) s návodním těsněním (plášťovým nebo opatřeným ochrannou vrstvou)
 - c) s vnitřním (středním) těsněním svislým (těsnícím jádrem) nebo šikmým

3) Podle materiálu těsnění hráze

- a) se zemním těsněním
- b) s těsněním z umělých zemin (tj. smíchaných se stabilizačním materiálem vhodným pojivem)
- c) s těsněním z prostého, vyztuženého nebo předpjatého cementového betonu
- d) s asfaltovým těsněním
- e) s těsněním pomocí fólie na bázi plastových nebo na bázi bitumenových materiálů

[2]

2.1.3 Zatřídění sypaných hrází z hlediska jejich významů a bezpečnosti

Navrhovaná hráz se bodově ohodnotí podle Tab. (2.1.3.1) a podle součtu bodů se zařadí do příslušné třídy podle Tab. (2.1.3.2). Pro stanovení některých dále uvedených návrhových parametrů nebo parametrů použitých materiálů se hráze zařazují do tříd podle těchto kritérií:

Tab. (2.1.3.1) - Globální parametry nádrže

a) Důležitost vodního díla, jehož součástí hráz je;	
Klíčová vodní díla s celostátním významem	3
Vodní díla s oblastním významem	2
Vodní díla lokálního významu	1
b) Výška hráze a její objem;	
Výška hráze nad 20 m nebo objem hráze nad 170 000 m ³	3
Výška hráze 10 až 20 m nebo objem hráze 30 000 až 170 000 m ³	2
Výška hráze do 10 m nebo objem hráze do 30 000 m ³	1
c) Geologické podmínky v přehradním profilu (z hlediska zakládání a utěsnění podloží);	
Mimoriádně obtížné geologické podmínky	3
Obtížné geologické podmínky	2
Dobré geologické podmínky	1

Tab. (2.1.3.2) - Tabulka tříd dle bodového hodnocení

Třída	Součet bodů
I	7 až 9
II	5 až 6
III	3 až 4

2.1.4 Objekty

Při návrhu funkčních zařízení objektů, tj. přelivů, výpustí a odběrů, se použije řešení a konstrukcí, které v daných podmínkách (morfologických, geologických, klimatických apod.)

a při daném způsobu a možnostech výstavby zaručí bezpečnost vodního díla, spolehlivý provoz, snadnou obsluhu a údržbu. [1]

Funkční objekty se dělí na:

- a) přelivy používané k neškodnému převádění velkých vod;
- b) výpustná zařízení;
- c) odběrná zařízení umožňující regulovatelný a neregulovatelný odběr vody z nádrže;
- d) sdružené funkční objekty plnící funkci výpustných, odběrných a bezpečnostních zařízení;
- e) speciální objekty;

Přelivy

Protékané nádrže musí být vybaveny přelivy k bezpečnému odvádění vody z nádrže za povodní. Přeliv má být nehrazený bez pohyblivých částí (nástavků apod.), aby pro spolehlivou funkci nepotřeboval obsluhu. Hrazeného přelivu smí být použito ve zdůvodněných případech u nádrží se stálou obsluhou. Typ a provedení uzávěrů musí umožnit pohotovou manipulaci i za zhoršených provozních podmínek. [1]

Podkladem pro dimenzování bezpečnostního přelivu je stanovení nejvyšší hladiny v nádrži při návrhovém průtoku. Návrhový průtok je Q_{100} . Ve zdůvodněných případech (zejména u historických nádrží) je možno volit návrhový průtok menší, tj. Q_{50} nejméně Q_{20} v souladu se směrnicí. [1]

Výpustná zařízení

Každá nádrž musí být vybavena vypouštěcím zařízením. Kapacita výpustí musí umožnit vypouštění průtoků do toku v souladu s požadavky kladenými na funkci nádrže a to při všech, v úvahu přicházejících úrovních hladin. Při ohrožení vodního díla musí výpusti umožnit vyprázdnění nádrže nebo snížení hladiny na stanovenou úroveň v požadovaném čase. [1]

Odběrná zařízení

Odběrná zařízení se navrhují podle druhu a provozně-technických podmínek odběru (např. k odběru vody pro závlahu, průmysl). Odběry vody se navrhují gravitační nebo čerpáním; s konstantním nebo proměnným množstvím vody; regulovatelné a neregulovatelné; z hladiny nebo z nejvýhodnější hloubky v nádrži apod. [1]

Sdružené funkční objekty

Sdružené funkční objekty se navrhují tam, kde je vhodné sloučit funkci přelivu, výpustního a odběrného zařízení. Při návrhu sdružených objektů je třeba dbát, aby objekt nenarušoval ráz krajiny a byl v souladu s prostředím, ve kterém se nádrž nachází. [1]

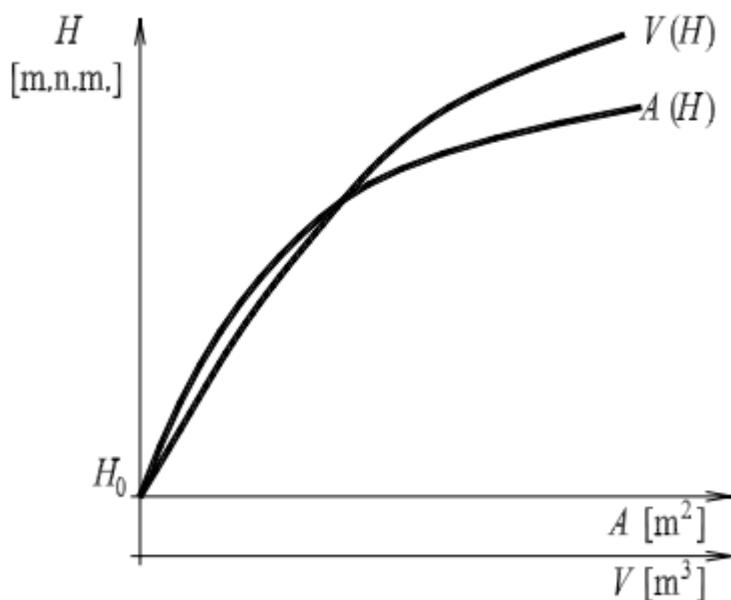
Speciální objekty

Malé vodní nádrže plní řadu značně odlišných funkcí, které vyžadují i speciální objekty navrhované individuálně podle místních podmínek a požadavků např. zásobní, ochranné, rybochovné, hospodářské, asanační, rekreační atd. [1]

2.2 TRANSFORMAČNÍ ÚČINKY

2.2.1 Batygrafické křivky

Důležitým podkladem pro návrh, či posouzení nádrže jsou batygrafické křivky, které znázorňují závislost hloubky nádrže na zatopené ploše a zjištěnému objemu. Batygrafické křivky popisují tvar nádrže nebo zátopové oblasti. V našem případě jsou tato data nezbytné k určení transformace povodňové vlny.



Obr. (2.1) - Batygrafické křivky

Čára zatopených ploch

Znázorňuje závislost zatopené plochy na hloubce vody v nádrži. Podkladem k určení této plochy slouží podrobné geodetické zaměření.

Čára zatopených objemů

Odvíjí se od čáry zatopených ploch, ze které se počítají dílčí zatopené objemy ze vztahu:

$$V_{i+1} = V_i + \Delta V_{i+1} [\text{m}^3]$$

(2.2.1.1)

V_{i+1} ... velikost zatopeného objemu $[\text{m}^3]$, odpovídá hloubce h_{i+1}

ΔV_{i+1} ... dílčí objem $[\text{m}^3]$ mezi hladinami h_i a h_{i+1} dle vztahu:

$$\Delta V_{i+1} = 0,5 \cdot (F_i + F_{i+1}) \cdot (h_{i+1} - h_i) \text{ [m}^3\text{]}$$

(2.2.1.2)

F_i velikost zatopeného objemu [m³], odpovídá hloubce h_{i+1}

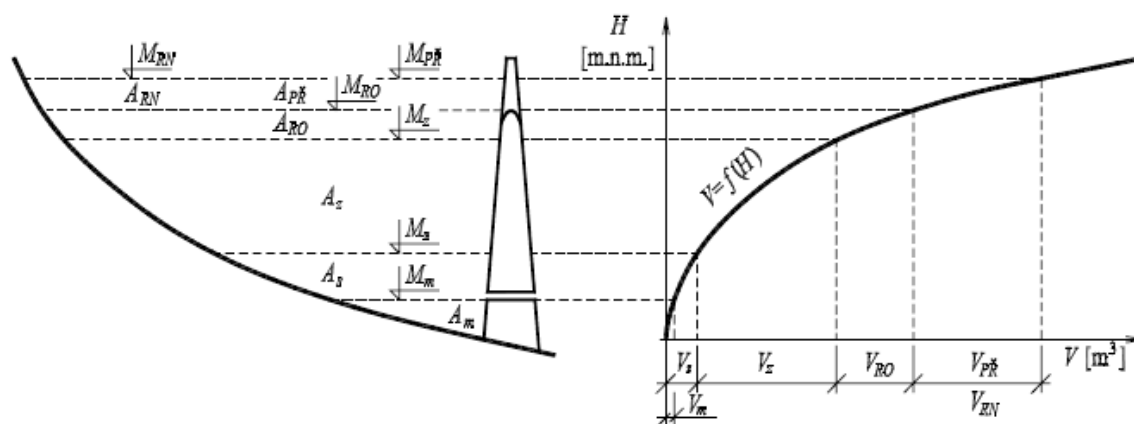
h_i dílčí objem [m³] mezi hladinami h_i a h_{i+1}

Pro plnění zásobní funkce nádrže a dalších účelů jsou v nádržích vymezeny tzv. *funkční prostory*. Typické uspořádání funkčních prostorů v údolní nádrži je znázorněno na Obr. (2.2).

V nejnižší části nádrže se nachází *prostor stálého nadržení* A_s , má objem V_s a hladinu M_s . Tento prostor se běžně nevyužívá a voda v něm, i když má nejnižší kvalitu, slouží jako tzv. "železná rezerva". Jeho součástí je *mrtvý prostor* A_m (ostatní označení je analogické). Ten leží pod úrovní spodních výpustí a nelze jej vyprázdnit gravitačně.

Nad prostorem stálého nadržení leží velmi důležitý *zásobní prostor* A_z . Ten slouží k zásobení převážně obyvatelstva, průmyslu a zemědělství vodou. Využívá se rovněž hydroenergeticky.

Nad ním leží *prostory ochranné*. To jest *retenční prostor ovladatelný* ARO (pro manipulaci s odtokem vyžaduje přítomnost obsluhy). A *retenční prostor neovladatelný* A_{RN} , který leží nad korunou pevného bezpečnostního přelivu. Odtok z něj probíhá automaticky. Ne všechny prostory musí v takovéto nádrži existovat. Zejména retenční prostor ovladatelný může absentovat. [3]



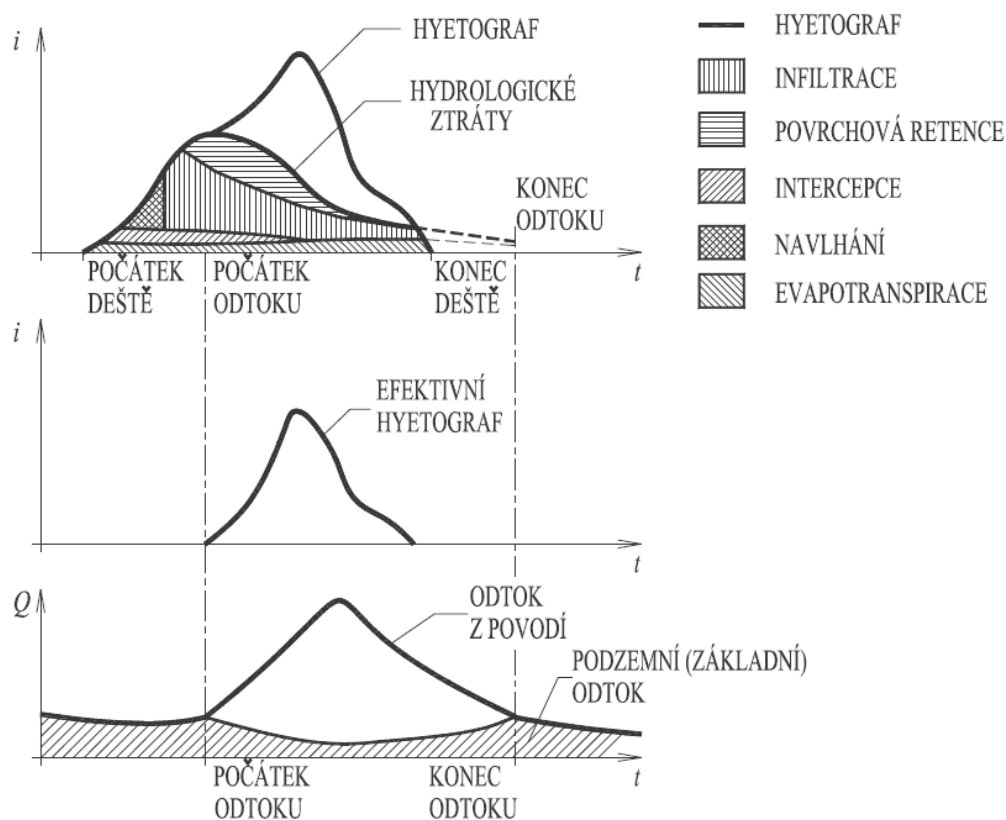
Obr. (2.2) - Funkční prostor v nádrži [3]

Odtok vody z nádrže je převážně řízen, což vyžaduje přítomnost lidské obsluhy. Pouze u malých vodních nádrží - zejména rybníků, které plní převážně jiné účely než výše uvedené, není trvalá přítomnost obsluhy vyžadována. Takovéto nádrže jsou chráněny proti přelítí pouze *bezpečnostním přelivem*. [3]

U řešené nádrže se tyto všechny oblasti prostoru nenachází. Nádrž měla primární účel k biologické diverzitě oblasti a její sekundární dopad je zachycování splavenin, tím pádem můžeme určit, že objem nádrže po hranu bezpečnostního přelivu byl určen jako *zásobní prostor* a část nad bezpečnostním přelivem jako *prostor retenční neovladatelný*. [3]

2.2.2 Srážkoodtokový proces v povodí

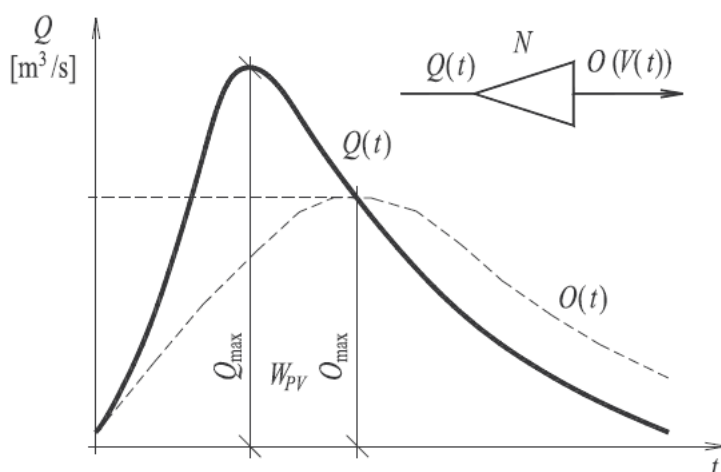
Srážkoodtokovým procesem rozumíme postupnou transformaci srážky dopadající na povodí a na odtok vody uzávěrovým profilem povodí. Je zřejmé, že se jedná o velmi složitý proces, který je ovlivněn řadou činitelů. Především je to skupina klimatických činitelů. Sem patří vlastní časový a prostorový průběh spadlé příčinné srážky, vlhkost ovzduší, výpar, teplota ovzduší, rychlost a směr větru, atmosférický tlak apod. Druhou skupinu tvoří geografické činitele povodí. To jest: plocha, velikost, střední nadmořská výška, tvar, reliéf, říční síť, hydrogeologické poměry, vegetační pokryv apod. První skupinu tvoří vedle příčinné srážky zejména meteorologické veličiny ovlivňující především celkový výpar vody z povodí. Druhá skupina popisuje prostředí, ve kterém se vlastní proces odehrává. Určuje dynamické (přenosové) vlastnosti povodí, které jsou rozhodující pro způsob, jakým se bude časový průběh srážky daného prostorového rozložení transformovat na časový průběh odtoku vody uzávěrovým profilem. [3]



Obr. (2.3) - Schéma srážkoodtokového procesu v povodí [3]

2.2.3 Transformace

Odtok vody z nádrže je převážně řízen, což vyžaduje přítomnost lidské obsluhy. Pouze u malých vodních nádrží - zejména rybníků, které plní převážně jiné účely než..., není trvalá přítomnost obsluhy vyžadována. Takovéto nádrže jsou chráněny proti přelití pouze bezpečnostním přelivem. Transformační účinek povodňového průtoku retenčním prostorem neovladatelným je patrný z Obr. (2.4). [3]



Obr. (2.4) - Transformace povodně retenčním prostorem neovladatelným [3]

Dochází při něm ke snížení kulminačního odtoku z nádrže O_{max} . Tato kulminace vždy leží na sestupné větvi hydrogramu přítoku $Q(t)$ (je dosaženo maximálního plnění nádrže) rovněž dochází k celkovému zploštění povodně. Po dosažení kulminace je odtok z nádrže vyšší než přítok a retenční prostor neovladatelný se postupně prázdní [3]

Zploštění povodňové vlny způsobí i rozliti do inundací toku, které zadržují vodu obdobně jako velká ochranná nádrž. K vodním nádržím patří i rybníky. Jejich množství bylo v našich zemích ve feudálním období značné. Později se hodně rybníků z různých důvodů zrušilo. Přesto však (např. na Lužnici) výrazně ovlivňují a vyrovnávají průtoky. Význam rybníků tkví kromě chovu ryb ve zvlhčování okolního ovzduší, zvyšování množství podzemní vody a rovněž tvoří určitou zásobu vody pro místní potřeby uživatelů. [3]

2.3 HYDRAULIKA

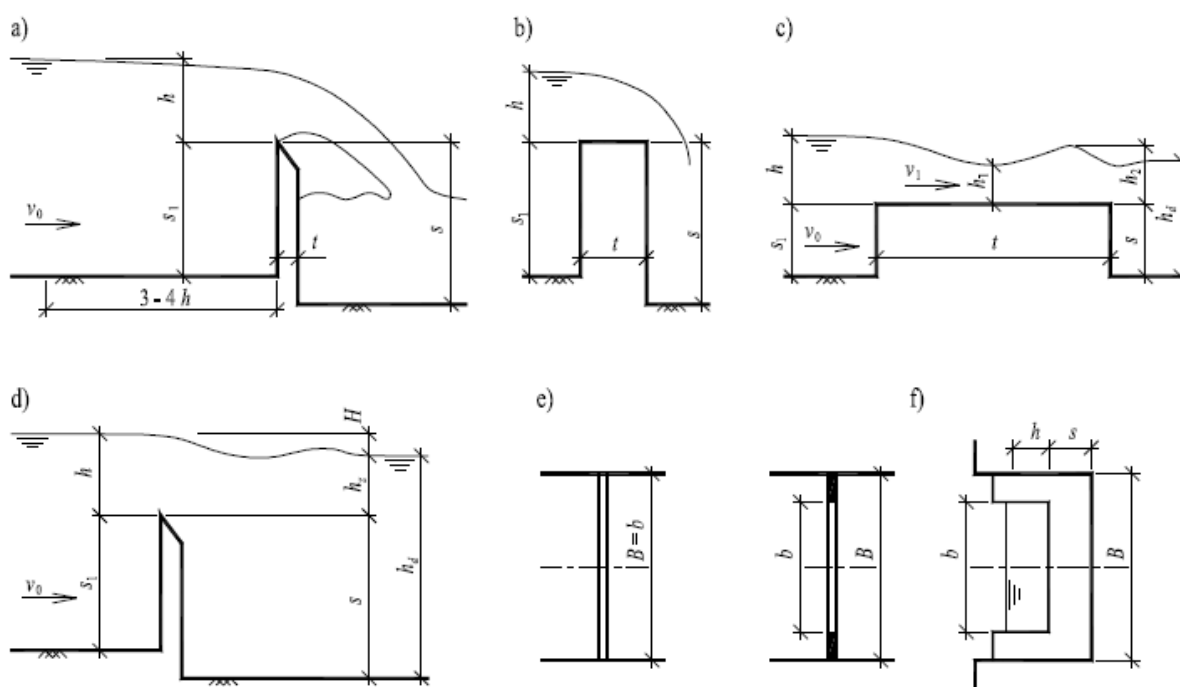
2.3.1 Objekty

Přepad

Přepad můžeme definovat jako výtok kapaliny otvorem nahoře otevřeným nebo otvorem, v němž hladina nedosahuje k jeho hornímu obrysu. Vznikne zpravidla vložení stěny napříč proudem s volnou hladinou. Tato stěna vzdouvá vodu a voda přes ni přepadá. Konstrukci, přes kterou voda přepadá, nazýváme přeliv; nejvyšší část přelivu je přelivná hrana (nebo koruna přelivu). Přepadající proud vody se nazývá přepadový paprsek. [4]

Tvar a tloušťka přelivné stěny má podstatný vliv na proudění přes přeliv. Proto podle ní dělíme přelivy na tyto základní typy:

- ostrohranné přelivy;
- jezové nebo přehradní přelivy (obdélníkového a lichoběžníkového příčného průřezu, proudnicové přelivy);
- přelivy se širokou korunou;
- zvláštní typy přelivů (šachtový přeliv, boční přeliv);



Obr. (2.5) - Typy přelivů a přepadů: a) ostrohranný přeliv, dokonalý přepad; b) přeliv typu jezové těleso s obdélníkovým příčným profilem; c) přeliv typu široká koruna, dokonalý přepad; d) ostrohranný přeliv, nedokonalý přepad; e) přeliv bez bočního zúžení; f) přeliv s bočním zúžením.

Podle ovlivnění přepadového množství přes přeliv hladinou dolní vody (hladinou za přelivem) můžeme rozeznat:

- a) přepad dokonalý - přepadové množství není ovlivněno hladinou dolní vody;
- b) přepad nedokonalý (zatopený) - je-li hladina dolní vody nad úroveň přelivné hrany, je nutné ověřit, zdali je přepadové množství ovlivněno hladinou dolní vody;

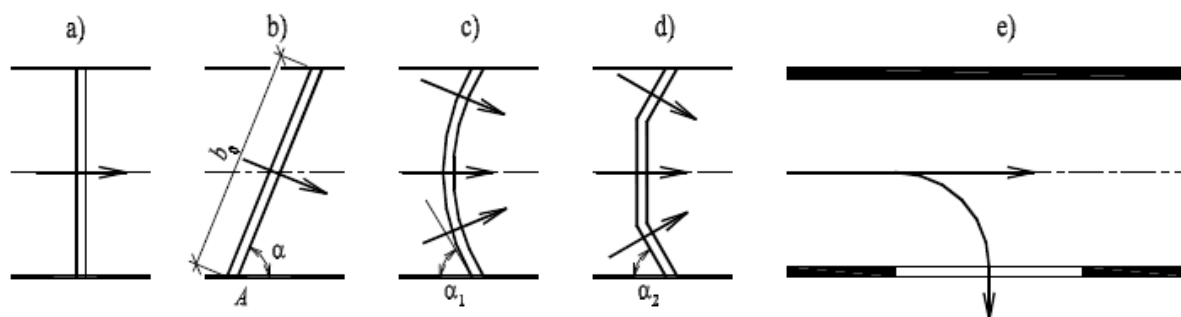
Přepad vody přes přeliv může být:

- a) bez bočního zúžení, jestliže se šířka přelivu b rovná šířce B obdélníkového žlabu;
- b) s bočním zúžením, je-li přepad pouze v části přelivné stěny, nebo jestliže se k přelivné stěně žlab zužuje, tedy $b < B$.

Podle umístění přelivné hrany k nabíhajícímu proudu lze rozeznat:

- a) přelivy čelní - přelivná hrana je k nabíhajícímu proudu umístěna kolmo;
- b) přelivy šikmé, lomené, křivočaré;
- c) boční (postranní) přelivy - přelivná hrana je rovnoběžná s osou proudu nebo je od ní odkloněná, ale nepřehrazuje vodní tok.

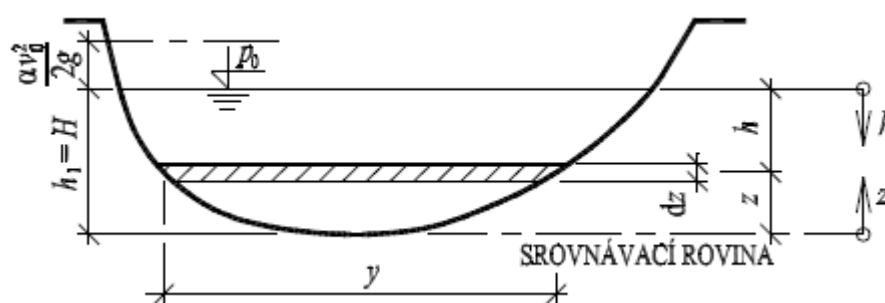
Dále lze rozlišit přelivy pevné a pohyblivé. U pohyblivých přelivů lze měnit výšku přelivné hrany (např. klapky), případně i jeho tvar (vakový jez). [3]



Obr. (2.6) - Typy přelivů: a) čelní přeliv; b) přeliv šikmý; c) přeliv obloukový; d) přeliv lomený; e) boční přeliv

Přepad přes ostrou hranu (Bazinův přeliv) – výpočet pro Požerák

Při výpočtu přepadu přes ostrou hranu se používá postupu jako při volném výtoku otvorem ve svislé stěně. Celkový průtok obdržíme z rovnice pro výtok otvorem ve stěně, kterou integrujeme v mezích od nejnižšího bodu přelivné hrany po hladinu Obr.(2.7).



Obr. (2.7) - Přepad přes přeliv obecného průřezu

Pro vodorovnou přelivnou hranu a obdélníkový profil $y = b = \text{konst.}$, můžeme snadno provést integraci. Převýšení hladiny nad nejnižším bodem přelivné hrany budeme dále značit h a nazývat přepadovou výškou (výškou přepadového paprsku). Přepadové množství Q je pak dáno Weisbachovou rovnicí:

$$Q = \frac{2}{3} \mu b \sqrt{2g} \left[\left(h + \frac{\alpha v_0^2}{2g} \right)^{3/2} - \left(\frac{\alpha v_0^2}{2g} \right)^{3/2} \right] \quad (2.3.1.1)$$

$$Q = \frac{2}{3} \mu b \sqrt{2g} \left[h_0^{3/2} - k^{3/2} \right] \quad (2.3.1.2)$$

μ ... součinitel přepadu daného přelivu

h ... přepadová výška

$k^{3/2}$... přítoková rychlostní výška

$h_0 = h + k$... energetická přepadová výška

α ... Coriolisovo číslo

v_0 ... přítoková rychlost

g ... gravitační zrychlení

Bazin odvodil pro stanovení přepadového množství přes přeliv rovnici, která se používá i pro výpočet dalších typů přelivů. Pro její odvození můžeme vyjít z (2.3.1.2), kde zanedbáme člen $-k^{3/2}$, který je malý vůči předchozímu členu $h_0^{3/2}$, vytkneme $h^{3/2}$ a označíme $3/2\mu = m_0$:

$$Q = m_0 b \sqrt{2g} h^{3/2} \left(1 + \frac{\alpha v_0^2}{2g h} \right)^{3/2} \quad (2.3.1.3)$$

a označíme:

$$m = \left(0,405 + \frac{0,003}{h} \right) \left[1 + 0,55 \left(\frac{h}{h + s_1} \right)^2 \right] \quad (2.3.1.4)$$

pak platí:

$$Q = mb \sqrt{2gh^{3/2}} \quad (2.3.1.5)$$

kde: m ... Bazinův součinitel přepadu

b ...šířka přelivné hrany = 0,3 m

g ... gravitační zrychlení = 9,81 m/s⁻²

h ...přepadová výška

s_1 ... Snížení hladiny nad přelivnou hranou

m ... je Bazinův součinitel přepadu, který zahrnuje ztráty a kontrakci na přepadu a vliv přítokové rychlosti (v prvním přiblížení můžeme uvažovat $m = 0,42$).

[3]

Přepad přes obelníkovou hranu – výpočet pro Bezpečnostní přeliv

$$Q = mb_0 \sqrt{2gh^{3/2}} \quad (2.3.1.6)$$

$$b_0 = b + n * K_{po} * h \quad (2.3.1.7)$$

kde: b_0 ... redukována šířka přelivné hrany

n ... počet kontrakcí = 2

K_{po} ... součinitel tvaru = 0,055

m ... Bazinův součinitel přepadu = 0,45

Výtok otvorem

Můžeme rozlišit výtok z nádoby:

- **ustálený**, kdy vytékající množství kapaliny neustále doplňujeme (výtok Q je roven přítoku Q_p), hladina zůstává ve stejné poloze, tlaky a rychlosti jsou nezávislé na čase;
- **neustálený**, při kterém se hydraulické charakteristiky mění s časem. Přítok Q_p není roven výtoku Q a hladina v nádrži stoupá nebo klesá. Jinými slovy dochází k plnění nebo prázdnění nádrže.

Máme ještě kvaziustálený – u velkých nádrží, kde $\Delta Q_{in} / \Delta Q_{out}$ má jen minimální vliv na Δh .

Z hydraulického hlediska rozlišujeme výtok:

- **volný (nezatopený)** - kapalina vytéká do vzduchu a výtokové charakteristiky nejsou ovlivňovány kapalinou za otvorem;
- **zatopený** - kapalina vytéká pod hladinu kapaliny za otvorem;
- **částečně zatopený** - kapalina vytéká současně pod hladinu a do vzduchu tak, že část výtokového otvoru je pod hladinou - výtokové charakteristiky částečně ovlivňuje kapalina za otvorem. [3]

Volný výtok hydraulicky malým otvorem ve svislé stěně - Odtok z požeráku

Pokud je největší svislá vzdálenost obrysu otvoru od těžiště otvoru e_{max} :

$$e_{max} \leq 0,25 h_T \quad (2.3.1.8)$$

kde h_T je hloubka těžiště výtokového otvoru pod hladinou, pak se jedná o výtok hydraulicky malým otvorem a můžeme zanedbat změny rychlosti ve výtokovém otvoru. Vzorec pro výtokové množství se zjednoduší (s chybou pod 1 %):[3]

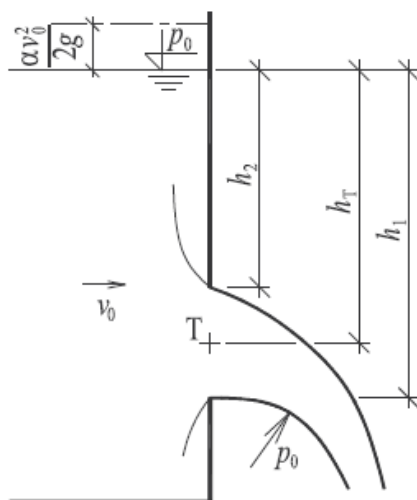
$$Q = \mu A \sqrt{2gh_T} \quad (2.3.1.9)$$

kde: μ ... součinitel přepadu daného přelivu = 0,75

A ... plocha otvoru

h_T ... hloubka těžiště kruhového otvoru po hladinu

za předpokladu, že na hladinu a na výtokový paprsek působí stejný tlak.



Obr. (2.8) - Schéma výtoku otvorem

Tab. (2.3.1.1)– Součinitel výtoku otvorem

	tvar otvoru	μ
1.	malé otvory s dokonalým zúžením ($\varphi = 0,97$, $\varepsilon = 0,64$)	0,62
2.	malé otvory s nedokonalým všestranným zúžením (plocha otvoru je menší než 1/10 plochy stěny v níž je otvor umístěn):	
	- malé kruhové otvory těsně u stěn - malé čtvercové otvory se zúžením ze 3 stran	0,63 0,64
3.	malé obdélníkové otvory s poměrem stran 1:2 s částečným zúžením:	
	- zúžení z jedné, a to delší strany - zúžení z jedné, a to kratší strany	0,64 0,65
4.	otvory středních rozměrů s všestranným zúžením	0,65
5.	velké otvory s všestranným zúžením	0,70
6.	otvory u dna (výtok pod stavidlem) s podstatným bočním zúžením	0,70
7.	otvory u dna s průměrným bočním zúžením	0,75
8.	otvory u dna s plynulým usměrněním proudu	0,80

Tlakové propustky (kruhové) – spodní výpust'

Tlakového proudění v propustku může nastat, je-li průtok propustkem Q větší než kapacita propustku Q_D při i_0 . Přičemž kapacitní průtok Q_D se počítá z Chézyho a Manningovy rovnice. [3]

Z počátku se jedná o proudění o volné hladině a při úplném zahlcení počítáme tlakové proudění.

$$Q = A\sqrt{2g} \sqrt{\frac{h - D + i_0 L}{\alpha + \xi_v + \lambda \frac{L}{D}}} \quad (2.3.1.10)$$

$$\lambda = \frac{0,3164}{\text{Re}^{0,25}} \quad (2.3.1.11)$$

$$\text{Re} = \frac{v D}{\nu} \quad (2.3.1.12)$$

kde: D ... průměr potrubí = 1800 mm

i_0 ...podélný sklon propustku = 0,012

L ...délka propustku = 10 m

ξ_v ... je součinitel ztrát na výtoku = 0,45

λ ...součinitel tření (odporový součinitel)

Re ... Reynoldsovo kritérium

ν ... kinematická viskozita vody = 1,307

Uzavřené profily s volnou hladinou

Ve štolách, v propustcích a ve stokách protéká voda někdy s volnou hladinou a hloubkou h , která je menší než výška průřezu D . Toto proudění se výrazně liší od tlakového proudění. Nejčastěji jde o průřezy kruhové, vejčité, parabolické, podkovovité nebo tlamovité.

V zásadě jde opět o proudění s volnou hladinou, u kterého počítáme průřezovou rychlost při rovnoměrném proudění z Chézyho rovnice. Nepravidelnosti nastávají jen při průtocích, jejichž hloubka h se blíží světlé výšce D . Např. U obdélníkového profilu propustku nebo stoly v okamžiku, kdy stoupající voda zaplní celý profil, vzroste náhle omočený obvod o celou světlou šířku profilu, tím se zmenší hydraulický poloměr R , klesne rychlost i průtok. U kruhového profilu jsou tyto změny plynulé, ale i zde při stoupajícím h roste rychleji omočený obvod než průtočná plocha, takže rychlost i průtok klesají. Maximální průřezová rychlost $v_{\max}$ i maximální průtok $Q_{\max}$ nastává při hloubce $h < D$, přičemž hloubka při maximální průřezové rychlosti $v_{\max}$ je menší než hloubka při maximálním průtoku $Q_{\max}$.

Výpočet hloubky vody (pro daný průtok Q a podélný sklon dna koryta $i_0 = i$) při ustáleném rovnoměrném proudění v potrubí kruhového průřezu s volnou hladinou se stanoví z měrné křivky, je-li dáno:

- průměr potrubí D , resp. Poloměr r ;

- drsnostní součinitel stěn potrubí n ;
- průtok Q ;
- sklon i ;

Pro výpočet průtoku při poloze hladiny h lze použít tabulku Tab. (2.3.1.2) [5]

Tab. (2.3.1.2) [5]

popis	označení	výpočet	jednotka
středový úhel - pro $h < r$ - pro $h > r$	φ	$\varphi = 2 \arccos \frac{r-h}{r}$ $\varphi = 2\pi - 2 \arccos \frac{h-r}{r}$	rad
průtočný průřez	A	$A = \frac{r^2}{2} (\varphi - \sin \varphi)$	m^2
omočený obvod	O	$O = \varphi r$	m
hydraulický poloměr	R	$R = \frac{A}{O}$	m
rychlostní součinitel (dle Manninga)	C	$C = \frac{1}{n} R^{1/6}$	$\text{m}^{0.5}/\text{s}$
průřezová rychlost	v	$v = C \sqrt{Ri}$	m/s
průtok	Q	$Q = v A$	m^3/s
ztráta třením v korytě	h_t	$h_t = i L$	m

2.3.2 Tok

Otevřená koryta

Koryto je vodní útvar, který odvádí vodu z povodí. Vodní toky jsou povrchové vody, tekoucí vlastním spádem v korytě. Říčním korytem proudí voda z vyšších geografických míst do nižších. Vlivem erozní síly vody dochází k neustálému zahlubování do podloží. Říční koryto bývá obvykle mělké s mírným spádem a nízkou průtočnou rychlostí. V horních úsecích toku má voda značnou erozní sílu způsobenou vyšší průtočnou rychlostí a větším spádem. Díky těmto parametrům rozlišujeme proudění říční a bystrinné. [6]

V říčním korytě by po celý rok měla proudit voda, nazýváme to stálý tok. Ale koryto může také tvořit dočasnou funkci, kdy se naplní například jen v období dešťů, zde hovoříme o občasném toku. Takové to situace se objevují na Saharě, v USA nebo Austrálii. Koryta uměle upravujeme ke zvýšení průtočného množství, k eliminaci rizika povodní, k ochraně před vymíláním koryta a odnosem půdy, k umožnění splavnosti, k využití vodní energie, k zajištění potřeb obecného využívání toku a dalších důvodů. [6]

Vodní toky dělíme na přirozené a umělé. Pod pojmem umělý vodní tok jsou myšleny například průtočné vodní kanály, meliorační vodoteče, akvadukty, náhony nebo také vodní tunely. Většina přirozených vodních toků je regulovaných, tzn. koryto, již bylo v minulosti uměle přebudováno případně revitalizováno. [6]

Důvodů k revitalizaci je celá řada. Může to být například nevhodná úprava v minulosti, kde byla snaha napravit tok z důvodů rychlého odvedení povodňových vod. Dalším důvodem bývá nevyhovující kvalita vody v toku, kde vypuštění nedostatečně přečištěných odpadních

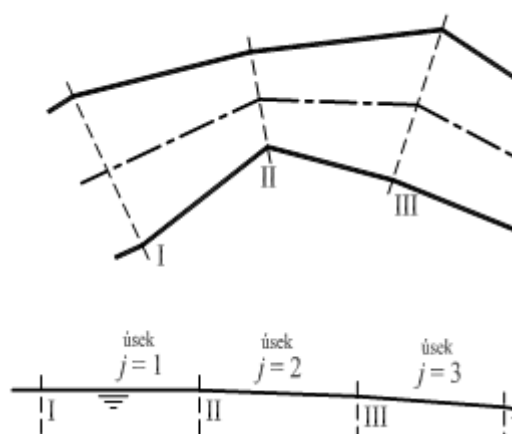
vod z čistírny je dlouhodobě nevyhovující. Problémem může být také trvalé snížení denních průtoků z důvodů odběru vody pro průmyslové, zemědělské a jiné účely. Revitalizaci provádíme také pro ochranu významných okolních pozemků. Na toku se nám objevují i různé objekty, o které je také nutno pečovat. [6]

Úpravy toků samozřejmě přinášejí i negativní účinky jakožto zhoršení ekologického stavu toku, zrychlení průchodu povodňových vln, zásah do morfologické rovnováhy toku, ovlivnění chodu splavenin a zhoršení estetické funkce toku. [6]

Řešení nerovnoměrného pohybu metodou po úsecích

Obecné koryto proměnlivého příčného profilu se rozdělí na úseky o délkách ΔL_j . V jednotlivých úsecích předpokládáme, že průtočné profily a tedy i rychlosti se mění spojitě z hodnot A_i , v_i v horním profilu na hodnoty A_{i+1} , v_{i+1} v dolním profilu. Necht' průměrný podélný sklon koryta daného úseku je i_{0j} a celková ztráta energie tohoto úseku h_{zj} . Pak pro srovnávací rovinu proloženou dnem dolního profilu (ve směru proudění) plyne z Bernoulliho rovnice pro všechna proudová vlákna profilů 1 a 2. [7]

Výpočtové profily (ve kterých počítáme průběh hladiny tj. hloubky vody) se vkládají do směrových a výškových lomů koryta jak je patrné z Obr. (2.9)



Obr. (2.9) – Rozdělení koryta na úseky s rovnoměrným rozšířením či zúžením a se změnami podélného sklonu dna koryta. [7]

Výsledná rovnice pro rozdíl hladin Δh_j na úseku j , který je ohraničen profily i a $i+1$ je:

$$\Delta h_j = \frac{\alpha(v_{i+1}^2 - v_i^2)}{2g} + i_{pj} \Delta L_j + \xi \left| \frac{\alpha(v_{i+1}^2 - v_i^2)}{2g} \right|, \quad (2.3.2.1)$$

kde: α ...Coriolisovo číslo [-]

ξ ...součinitel místní ztráty [-]

ΔL ...délka úseku [m]

v ...průměrná rychlost [m/s]

Výpočet průřezové rychlosti

Výpočet průřezové rychlosti v pro rovnoměrné ustálené proudění se stanoví z Chézyho rovnice:

$$v = C \sqrt{R i} \quad ; \quad R = \frac{S}{O}, \quad (2.3.2.2), (2.3.2.3)$$

kde: C ...rychlostní součinitel [$\text{m}^{1/2}/\text{s}$]

R ...hydraulický poloměr [m]

i ... sklon čáry energie [-]

S ...průtočná plocha [m^2]

O ...omočený obvod, který je v průtočném průřezu délkou styku kapaliny s pevnými stěnami (vedením proudu bez délky volné hladiny) [m]

Je třeba si uvědomit, že tření působí hlavně na stěnách koryta, kdežto tření vody o vzduch v hladině je nepatrné. Proto se na rozdíl od tlakového proudění do omočeného obvodu O nepočítá volná hladina. Proti tlakovým potrubím, u nichž je průtočná plocha dána a pro všechny průtoky neproměnná, je v otevřených korytech poloha hladiny a tím i průtočná plocha závislá na přítoku.

Rychlostní součinitel C není konstantní. Závisí hlavně na tvaru průtočného průřezu, drsnosti stěn a výjimečně i na sklonu. Výzkum předložil velký počet vzorců pro určení C , které jsou většinou empirické a získané z vyhodnocení měření v přírodě a na modelech. Pro stručnost uvádím výpočet C pouze podle Manninga, který se v našich podmínkách nejčastěji používá. [7]

Rychlostní Manningův vztah:

$$C = \frac{1}{n} R^{1/6} \quad (2.3.2.4)$$

kde: n ...drsnostní součinitel [-]

Tab. (2.3.2.1) – Hodnoty Manningova drsnostního součinitele n pro otevřená koryta

Popis koryta	n
výjimečně hladké stěny, smaltované povrchy	0,009
čistě ohoblovaná prkna, dobrá omítka z čistého cementu	0,010
dobrá cementová omítka, hoblovaná prkna, litinové a ocelové trouby dobře spojované	0,011
nehoblované prkna, vodovodní trouby v běžných podmínkách - bez inkrustací, čisté stokové trouby	0,012
kvádrové zdivo, dobře provedené cihelné zdivo, stokové trouby v běžných podmínkách, trochu zanesené trouby vodovodní, hladký beton	0,013
znečištěné trouby vodovodní i stokové, obetonování kanálů běžného provedení	0,014
obyčejné cihelné zdivo, obložení z přitesaného kamene	0,015
dobré lomové zdivo, staré cihelné zdivo, poměrně hrubé obetonování, výjimečně hladká skála	0,017
obyčejné lomové zdivo, kamenná dlažba, kanály poměrně hladce vyrubané ve skále, kanály v ulehhlém štěrku nebo v ulehle zemině ve velmi dobrém stavu	0,020
kanály v hutné zemině nebo v ulehhlém štěrku, velké zemní kanály velmi dobře udržované	0,023
dobré zdivo na sucho, velké zemní kanály při průměrné údržbě, malé zemní kanály při dobré údržbě, řeky v nejlepším stavu (volné přímé koryto bez překážek proudu, bez nánosů a výmolů)	0,025
velké zemní kanály s podprůměrnou údržbou, malé zemní kanály průměrně udržované	0,028
zemní kanály v poměrně špatném stavu (místy zarostlé koryto, nánosy na dně), řeky v dobrých podmínkách	0,030
kanály ve špatném stavu (s nepravidelným průřezem, místy zarostlé nebo zanesené kameny), řeky v poměrně dobrých podmínkách, ale proud je ovlivněn částečně kamením nebo rostlinami	0,035
kanály ve výjimečně špatném stavu (výmoly i nánosy, koryto zarostlé kořeny, zanesené hrubými kameny), řeky s horšími podmínkami průtoku (v korytě je větší množství kamenů a rostlin nebo meandruje a má malý počet mělčin a výmolů)	0,040
horské bystřiny	0,080

Softwarové řešení

Jedná se o softwarový výpočetní systém vytvořený společností USACE (U.S. Army Corps of Engineers). Od roku 1964 tato společnost vyvíjí hydraulický program HEC (Hydraulic Engineering Center). K určení komplexního modelování povrchových vod slouží softwarová část RAS (River Analysis Systém). [9]

Software umožňuje vypočítat ustálené i neustálené nerovnoměrné proudění v 1D modelu, který provádí výpočty metodou po úsecích. Byl využit pro výpočet základní hydrauliky z hlediska kapacity, rychlostních a průtokových poměrů při nižších průtocích.

2.3.3 Stabilita koryta

Upravovaný tok je potřebné navrhnout tak, aby při proudění vody v korytě nedocházelo na svazích a ve dně k nadměrným deformacím, tím pádem aby koryto zůstalo stabilní. Stabilitu koryta nejvíce ovlivňuje průtok, podélný sklon, tvar koryta, rychlost proudící vody, unášecí síla vody a množství unášených splavenin a plavenin. Zpravidla pomocí výpočtu posuzujeme odolnost jednotlivých částí koryta, u významných případů provádíme i modelový výzkum. [8]

Často používaná metoda pro posuzování odolnosti koryta je metoda průřezové rychlostí. Při posuzování odolnosti koryta je ověření podmínky mezi nezanášecí rychlostí, průřezovou rychlostí a vymílací rychlostí. [8]

Vzorce pro výpočet metody průřezových rychlostí.:

$$v_n < v < v_v$$

kde: v_nnezanášecí rychlost [m/s]

vprůřezová rychlost [m/s]

v_vvymílací rychlost [m/s]

Nezanášecí rychlost vypočteme ze vztahu:

$$v_n = 0,7 * v_v$$

(2.3.3.1)

Nejvíce používané vztahy pro výpočet vymílací rychlosti v_v .

Průměrná velikost zrna $d_s = 1,5 - 10$ mm

Gončarova rovnice

$$v_v = \log 8,8 / d_e h \sqrt{\frac{2g(\rho_s - \rho_v)d_e}{1,75\rho_v}}$$

(2.3.3.2)

Tyto dvě Gončarovy rovnice jsou určeny pro průřez lichoběžníkovým korytem se šířkou ve dně větší pětinasobku výšky $b \geq 5h$. Jestliže bude poměr $b/h = 5/3$, tak výsledek je třeba násobit součinitelem 0,95 a při poměru $b/h < 3$ součinitelem 0,93. [8]

Mavisova rovnice

$$v_v = 15,2 d_e^{4/9} \left(\frac{\rho_s}{\rho} - 1 \right)^{0,5}$$

(2.3.3.3)

Šamova rovnice

$$v_v = 3,7 d_e^{1/3} h^{1/6} \quad (2.3.3.4)$$

kde: $\rho' = (\rho_s - \rho_v) / \rho_v$

ρ_směrná tíha splavenin (možno brát cca 26,5 kN/m³)

ρ_vměrná tíha vody (10,0 kN/m³)

V práci byly tyto rychlostní vzorce dle výše zmiňovaných autorů použity k zhodnocení zanášení koryta. Vypočtené rychlostní hodnoty dle těchto vzorců byly porovnány s průtočnými rychlostmi v korytě při různých n-letých průtocích.

2.4 ZANÁŠENÍ NÁDRŽÍ

2.4.1 Splaveninové poměry

Splaveniny jsou to částice látek organického i minerálního původu, které pocházejí z povodí toku nebo vlastního koryta. Jsou přemísťovány unášecím proudem vody v korytě, nebo sunuty po dně toku a dále usazovány v nižších tratích. Hovoříme o tuhých částicích různého tvaru a různé velikosti. Množství splavenin závisí na geologických, pedologických, morfologických a jiných podmínkách v povodí a ve vlastním korytě, ale i na hydraulických vlastnostech toku. Splaveniny nám významně ovlivňují režim proudění vody v toku při všech vodohospodářských zásazích, z důvodů ochranné, plavební, energetické nebo meliorační nám pochopitelně způsobují mnoho nežádoucích jevů. [9]

Vznik splavenin nastává v důsledku erozních účinků stékající vody po terénu, dále při proudění vody v bystrinném, ale i v jisté míře říčním režimu. Toto proudění působí erozivně na povrch terénu nebo na dno a břehy koryt vodních toků. Pokud je odolnost jednotlivých hornin překročena vlivem síly proudící vody v korytě, tak se jejich jednotlivé částice začnou pohybovat ve směru proudění. [6]

Vzhledem k druhu pohybu ve vodě rozlišujeme termíny splaveniny a plaveniny. Splaveniny jsou agregáty sunuté po dně toku, kdežto plaveniny jsou částice vznášené ve vodním proudu. Určit hranici mezi plaveninami a splaveninami je dosti obtížné. Za určitých podmínek proudění se částice daných rozměrů budou pohybovat jako splaveniny, ale za změněných podmínek proudění se tytéž částice budou vznášet ve vodním proudu jako plaveniny. Z toho vyplývá, že hydraulické poměry do jisté míry určují pochyb částic. Dalším kritériem určujícím pohyb částic ve vodním toku jsou souhrnné půdní podmínky terénu v korytě toku. Jelikož se hydraulické podmínky v čase a i po délce mění, tak nelze při konstantních vlastnostech unášených agregátů stanovit daná hranice mezi plaveninami a splaveninami, která by byla vymezena velikostí, měnou tíhou a tvarem jednotlivých zrn. Všeobecně lze tvrdit, že velmi jemné částice malých průměrů, se budou vznášet v proudící kapalině. Kdežto agregáty většího průměru a samozřejmě větší hmotnosti se pohybují pouze po dně toku. [6]

2.4.2 Odbahňování, opatření proti zanášení

Pravidelné odstraňování sedimentu je podmínkou k udržení dobré funkce nádrže, pro kterou byla nádrž navržena. Provádí se na základě hydro-pedologického průzkumu dna nádrže. Podle složení sedimentu, hloubky usazenin a charakteru nádrže se navrhuje způsob těžby.

Zanášení nádrží rybníčního typu je kontinuální proces, který postupně omezuje vodohospodářské, estetické a ekologické funkce nádrže. Hlavními zdroji zanášení jsou:

- přítok nerozpuštěných látek z povodí nádrže
- eroze koryta nad nádrží a abraze břehů vlastní nádrže
- přítok rozpuštěných látek, především nutrientů z povodí nádrže, které jsou příčinou rozvoje biomasy, která postupně zanáší nejnižší položená místa

U průtočných nádrží se vytváří v místě vtoku sedimentační kužel tvořený písčnými a hlubšími částicemi. Na něj navazuje pásmo usazování jemnějších částic podle doby zdržení a dále je zpravidla usazen nejjemnější organominerální kal.

Rozsah laboratorního průzkum sedimentů (zrnitostní složení, obsah organické hmoty, obsah těžkých kovů a další) se upřesní podle způsobu těžby a navrhovaného využití sedimentů. Sedimenty jsou odpadem; má-li být sediment použit jako druhotná surovina, je nutno provést zkoušky zdravotní nezávadnosti.

Průzkumné práce sondáží se provádějí obvykle v profilech vzdálených 20-50m. Průzkum může probíhat při plném stavu i na vypuštěné nádrži. Do příčných profilů se zakreslí mocnost sedimentů a popř. i jejich složení.

Sediment z nádrže se těží těmito způsoby:

- a) suchou cestou na vysušené nádrži s použitím strojů pro zemní práce
- b) mokrou cestou pomocí sacích bagrů
- c) kombinací obou výše uvedených způsobů
- d) těžbou korečkovými rypadly z plovoucích pontonů

Technologie těžby se navrhne podle místních podmínek. Doporučuje se selektivní těžba podle zrnitostního složení usazenin s cílem dalšího využití vytěženého materiálu jako druhotné suroviny, a to:

- a) materiálu z erozní zóny a sedimentačního kužele se využívá k úpravě povrchů terénu, terénních depresí, cest, apod.
- b) materiálu s převahou jemných částic (do 0,063 mm) lze využít k zúrodnění půd, výrobě substrátů, kompostů nebo k přímé aplikaci na pozemky

Těžba sedimentu nesmí být hlubší, než byla niveleta původního dna. Doporučuje se provést těžbu tak, aby zůstala zachována vrstva sedimentu 10 cm až 15 cm silná.

Po opětovném napuštění nádrže působí tato vrstva jako pufrační systém a snižuje náhlé výkyvy v kvalitě vody v nádrži. Je také základním zdrojem živin pro nově napuštěnou nádrž a napomáhá jejímu příznivému biologickému oživení.

Součástí odbahňování nádrže je i litorální pásmo. Doporučuje se litorálnímu pásmu vyčlenit asi 15 % vodní plochy nádrže — podle konzultace s orgány ochrany přírody.

Bahno z malých vodních nádrží se využívá:

- a) k výrobě kompostů v souladu s ČSN 46 5735
- b) pro přímou rekultivaci písčitých půd
- c) pro rekultivaci hald, výsypek a těžbou narušených ploch

Bahno použité ke hnojení a k rekultivacím půdy nesmí zvýšit kritický obsah rizikových prvků v půdách nad přípustnou hranici.

Nadměrnému zanášení nádrže z povodí lze částečně zabránit souborem následujících opatření:

- a) realizací protierozních opatření v povodí nádrže souběžně s odbahněním
- b) založením přerostových pásů tvořených vyšší vodní vegetací u vtoku do nádrže
- c) vybudováním sedimentační nádrže s řádově několikaminutovou dobou zdržení k odsazení nejhrubších částic. Nádrž se pravidelně čistí, zpravidla však vždy po každém návrhovém průtoku, aby nedošlo ke zkrácení doby zdržení a tím snížení její účinnosti
- d) snížením břehové abraze
- e) odstraněním příčin eutrofizace a zarůstání nádrže biomasou

[1]

3 ŘEŠENÍ

Významným problémem na zmiňovaném vodním díle je v zanášení nádrže sedimenty z povodí. Usazený materiál pochází z přilehlých polí, který je vlivem erozního smyvu transportován do toku. Úkolem je navrhnout variantní řešení sdruženého objektu, varianty porovnat, vymezit úpravu funkčního zařízení nádrže, zhodnotit klady a zápory těchto variant pro budoucí využití malé vodní nádrže. Dále bude provedeno hodnocení koryta pod hrází z hlediska kapacity a konstrukce hráze z pohledu bezpečnosti.

Řešení v následujícím textu je členěno do kapitol v souladu s postupem hodnocení.

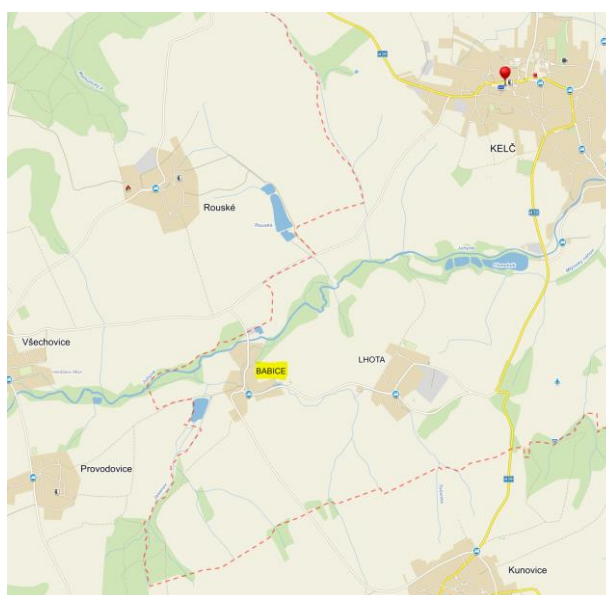
Hodnocení zahrnuje:

- Hodnocení kapacity a stability koryta
- Hodnocení retenčních účinků
- Hodnocení bezpečnosti hráze

3.1 POPIS ZÁJMOVÉ LOKALITY

Babice jsou přidruženou obcí města Kelče, který je součástí Zlínského kraje, okresu Vsetín. Nachází se 4 km jihozápadně do Kelče, 16 km západně od Valašského Meziříčí, 15 km jižně od Hranic na Moravě, 13 km od Bystřice pod Hostýnem a 29 km jihovýchodně od Nového Jičína. Je nejzápadnější obcí okresu Vsetín. Obcí protéká tok Točenka, který je přítokem řeky Juhyně, jenž obec obtéká ze severu. První zmínka o vesnici je z roku 1270, její průměrná výška nadmořská výška je 325 m n. m. a rozloha činí 236 ha. V severní části katastrálního území sousedí s Olomouckým krajem, konkrétně s okresem Přerov.

Kelč patří mezi nejméně lesnaté obce ORP Valašské Meziříčí. Lesnatost tvoří 13,2 % z celkové výměry. Z hlediska kategorie lesa převládají lesy hospodářské. Zeleně je zde málo a většinou představují liniové prvky vodotečí a komunikací. Nejčastějšími druhy stromů jsou dub zimní a letní, habr obecný, javor mléč, borovice lesní, lípa srdčitá, vrba bílá, líska obecná, jasan ztepilý, bříza bradavičnatá, topol černý, akát, smrk ztepilý, borovice lesní, modřín opadavý. [10]

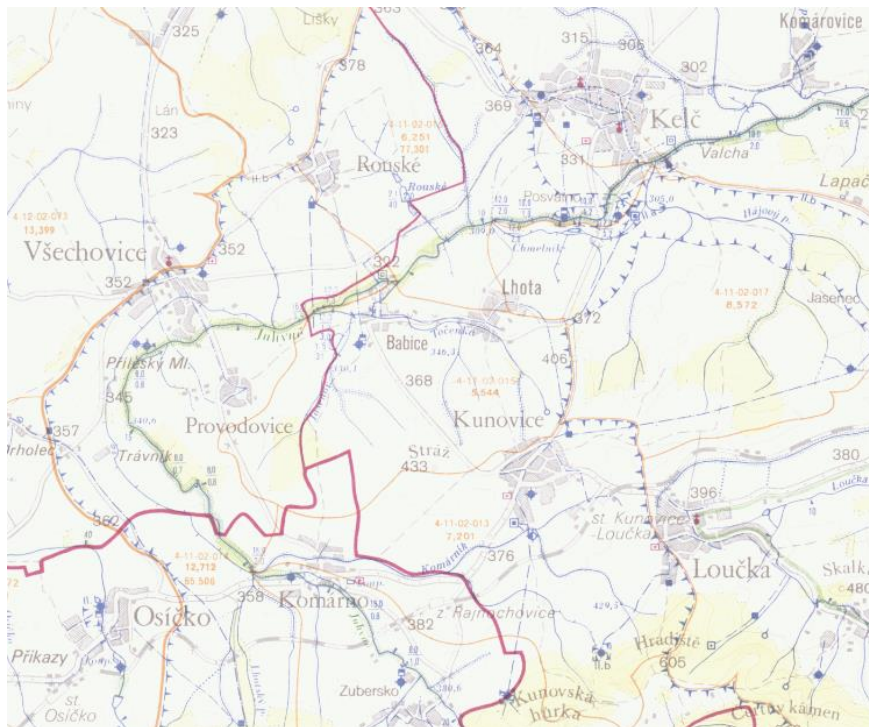


Obr. (3.1) – Mapa zájmového území

Údaje o povodí

Povodí se nachází na nevýrazné pahorkatině mezi Oderskými vrchy a Hostýnskými vrchy nedaleko od města Kelč. Nejvyšším bodem povodí je vrchol Stráž 433,00 m n.m. Nejnižším bodem povodí je ústí do toku Juhyně v nadmořské výšce cca 315,00m n.m. Juhyně je levostranný přítok Bečvy v Choryni, (cca "říční" km 54,5). Prameniště toku je na severním svahu pod obcí Kunovice. Tok směrem východ – západ protéká Lhotou u Kelče až do Babic, kde mění směr toku na sever a tam se vlévá do Juhyně.

Délka údolnice mezi ústím a pramenem je 3,05 km.



Obr. (3.2) –Mapa povodí

Klimatické poměry

Kelečsko patří do mírně teplé podnební oblasti. Místní klimatické podmínky jsou ovlivňovány nadmořskou výškou a směrem větrů. Průměrná roční teplota se pohybuje mezi 8 - 9 °C. V kotlinách se projevují silné inverze. [10]

Hydrografické poměry

Největším vodním tokem je říčka Juhyně (délka 33,93 km), která je přítokem řeky Bečvy. Dalšími vodními toky v katastrálním území jsou Komárovický potok, Hájový potok, Točenka a Jasenov. Největším problémem těchto vodních toků, hlavně Komárovického potoka, ať už při intenzivním přívalu deště nebo dlouhodobých srážkách, je časté vylévání z koryta. V letech 1980, 1990, 1995, 1997, 2002 byly zastavěné plochy, v obci Komárovice a v Kelči Na Dolině, zaplaveny. Po povodních v roce 2003 byla v Komárovicích vybudována suchá vodní nádrž.

Jižně od Kelče u toku Juhyně se nachází rybník Chmelník a Valcha, na potoce Jasenov na pravostranném přítoku Juhyně v obci Babice byla vybudována Babická nádrž. Vývěry podzemní vod jsou upraveny do studánek. [10]

Katastrální území Kelečska se z hlediska kvality životního prostředí řadí mezi lokality bez specifických problémů. Ovzduší je znečišťováno automobilovou dopravou a splodinami z podniku DEZA a.s. ve Valašském Meziříčí. Ve městě řádně funguje pytlový systém odpadového hospodářství. Kvalita vody v místních rybnících je ohrožena sinicemi.

Hydrologické podklady jsou podrobně popsány v kapitole 3.2 - Vstupní data. Jedná se o povodí s hydrologickým pořadím 4-11-02-0150, pro uzávěrový profil nádrže je příslušná plocha povodí 2,36 km². Pro povodí Junyně v místě vodočtu Kelč je specifický odtok z povodí 9,72 l/s/km². Pro tok Jasenov byly odvozeny průtočné hodnoty Tab. (3.2.2), které vychází z Q_n (Točenka), specifického odtoku a poměru ploch povodí.

Hydrogram

Hydrogram nebyl součástí podkladů ČHMU a ani studiem starších podkladů se nepodařilo hydrogram dohledat. Z tohoto důvodu byl hydrogram navržen ve zjednodušené podobě dle odborné literatury. K návrhu hydrogramu byly použity Q_n a doby koncentrace T_p pro závěrný profil v místě tělesa hráze. Doba koncentrace byla stanovena na základě velikosti povodí, dešťovém úhrnu a délce toku. Z parametrů T_p , $Q_{kulm.} = Q_n$ byl odvozen hydrogram povodně. Sestupná větev se určí tak, že vzestupnou větev T_p násobíme koeficientem 1,67. [11]

Navržený hydrogram nám určil délku potenciální povodňové vlny a její nárůst / pokles průtočného množství.

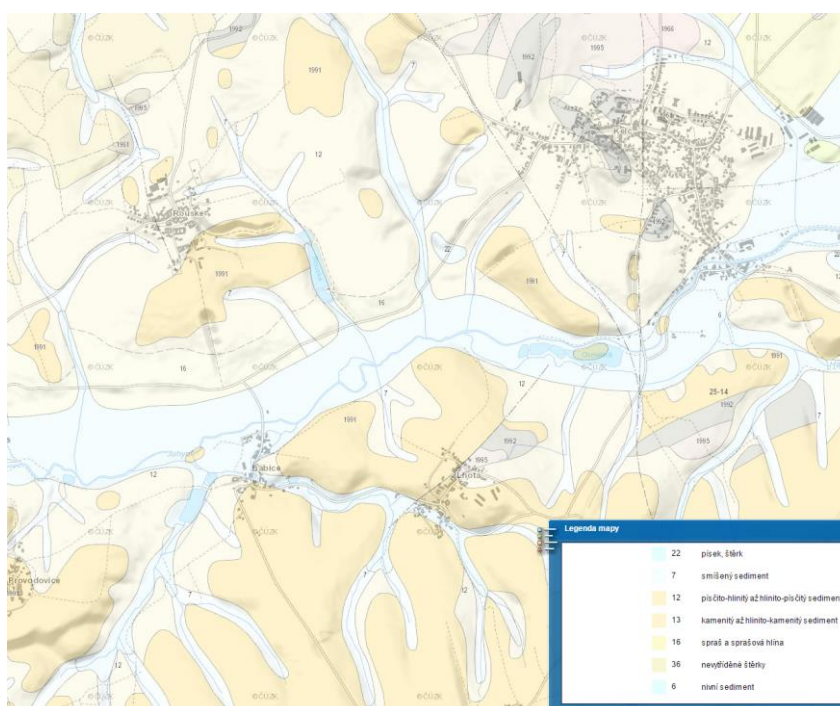
Geologické poměry

Kelč se rozprostírá na rozhraní Hané a Valašska. Severovýchodní část oblasti Kelečska tvoří Podbeskydská pahorkatina, která s Moravskoslezskými Beskydami zaujímá největší část Západních Karpat. Dané území se skládá z Příborské a Kelčské pahorkatiny. Hornografický celek Kelčská pahorkatina a také nejvyšší hora Hostýnských vrchů Kelečský Javorník (865 m n. m.) dostaly název podle obce. Z horopisného hlediska je Kelčská pahorkatina situována v poloze mezi hornatinou Hostýnských vrchů a tektonickou sníženinou Moravské brány. Krajina na Kelečsku má charakter členité pahorkatiny s reliéfem širokých plochých hřbetů, oddělených neckovitými údolími, místy s širokými údolními nivami, místy hlouběji zařezanými. Z geologického hlediska se jedná převážně o flyšové pásmo Západních Karpat, kde převládají pískovce, jílovce, méně slepence, prachovce, slínovce, slíny a jíly, dále také šterkovité, šterkopískové, písčité až hlinité náplavy. V katastrálním území města Kelč se nachází také výskyt sesuvných území (25,3 ha). Nejnižše položeným místem (300 m n. m.), je oblast řeky Juhyně mezi Kelčí a Komárovicemi. Nejvyšší bod katastru Strážné (399 m n. m.) se nachází severozápadně od města. [10]

Povodí Točenky se nachází na severních svazích údolí Juhyně asi 3 km na jihozápad od města Kelč. Podloží povodí geologicky patří k vnějšímu flyši, západní úsek flyšového pásma Karpat, sestává z krosněnských vrstev; střídání lávek vápnitých pískovců a jílovců, jen ojediněle hruběji zrnité a drobně slepencové nebo brekciové, s úlomky zelenavě šedých jílovců; jsou modrošedé vápnité, silně světle slídnaté, místy s hojnou zuhelnatělou rostlinnou

drtí na vrstevních plochách. Velmi vzácně jsou glaukonitické. Pískovce vystupují v laminách silných 1 mm i v polohách až několik metrů, zpravidla však několik centimetrů až několik decimetrů mocných. Jílovce krosněnských vrstev tvoří polohy 5 mm až několik metrů, zpravidla jsou v řádech centimetrů až několik málo decimetrů silné. Jsou šedé až tmavošedé, místy bohatě jemně laminované. Stáří krosněnských vrstev je paleogén, eocén až oligocén, jsou to nejmladší vrstvy slezské jednotky. Krosněnské vrstvy zvětrávají v jílovité hlíny s malou propustností.

Z pohledu pedologických vrstev a pokryvu povrchu v dané oblasti se vyskytuje zemědělská půda, která je zastoupena především ornou půdou. Podíl zemědělské půdy je 75,8 % k celkové výměře města. Na území se vyskytují tyto půdní typy hnědozemě, nivní půdy a hnědé půdy.



Obr. (3.3) – Geologická mapa

3.2 VSTUPNÍ DATA

Mezi vstupními daty pro diplomovou práci byla dokumentace o díle z roku 1999 a podrobné geodetické zaměření stavu nádrže po odstranění nánosů sedimentů a zaměření koruny hráze. Dále bylo provedeno místní šetření včetně doměření sdruženého objektu a profilu toku pod hrází. Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ) poskytl hydrologické údaje povrchových vod Tab. (3.2.1).

Tab. (3.2.1) - Hydrologické údaje povrchových vod

Vodní tok:						Točenka							
Číslo hydrologického pořadí:						4-11-02-0150							
Profil:				hráz VN Točenka, k.ú. Babice u Kelče									
Souřadnice v S JTSK:				x = -509692.0 m				y = -1140239.0 m					
Plocha povodí:				2.36 km ²									
Dlouhodobá průměrná roční výška srážek na povodí:												742 mm	
Dlouhodobý průměrný průtok Q _a :						15 l/s				Třída IV			
M - denní průtoky Q _{Md}													l/s
30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	355	364	
32	22	18	15	13	12	10	9.2	7.7	6.4	4.6	2.3	0.9	
N - leté průtoky Q _N													l/s
1	2	5	10	20	50	100							
0.6	1.18	2.09	2.92	3.88	5.34	6.61							

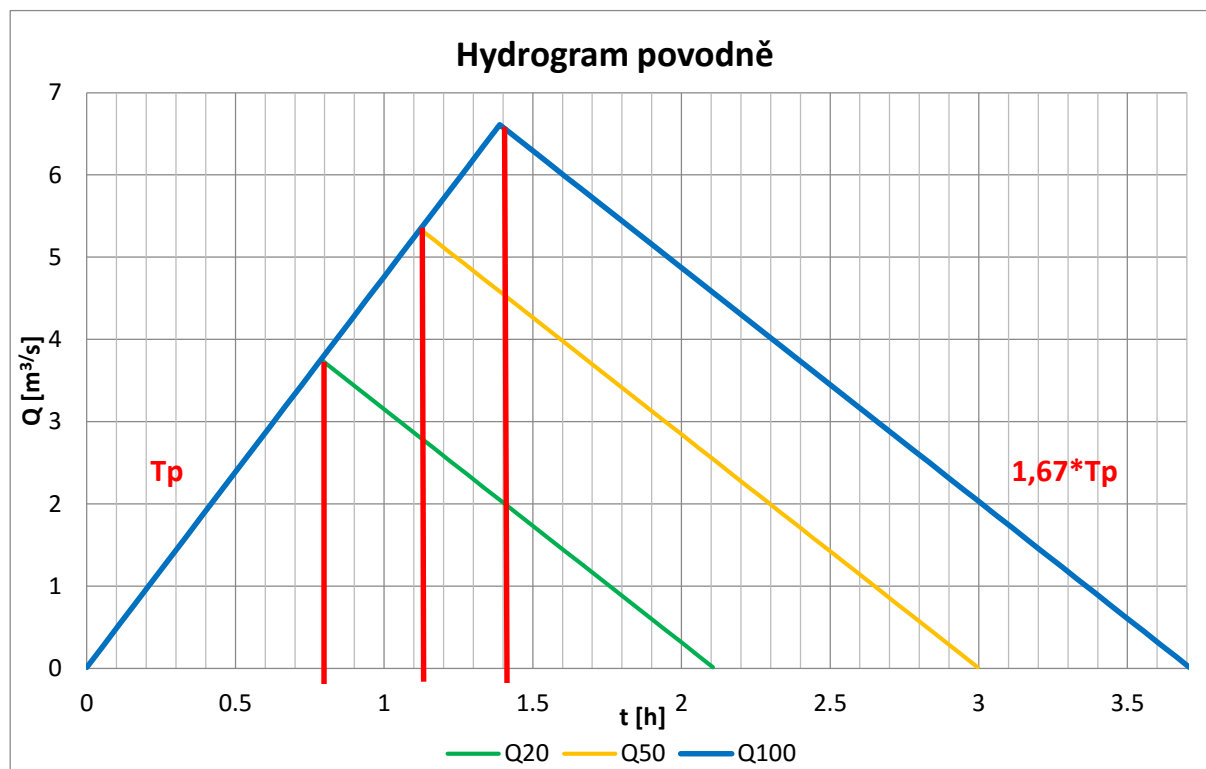
V obci se nachází soutok toku Točenky s tokem Jasenov. Pro tok Jasenov nebyly k dispozici žádné podklady. Průtokové parametry pro tok Jasenov byly odvozeny z hlediska velikosti plochy povodí Tab. (3.2.2)

Tab. (3.2.2) - Odvozená hydrologická data pro tok Jasenov

N - leté průtoky Q_N						l/s	
1	2	5	10	20	50	100	
0.189	0.354	0.627	0.876	1.164	1.602	1.983	

Hydrogram

Z hydrogramu je patrné, že doba povodňová vlna bude mít trvání 13 350 s a kulminační průtok je hodnota $Q_{100} = 6,61 \text{ m}^3/\text{s}$



Graf (3.2.1) – Hydrogram povodně

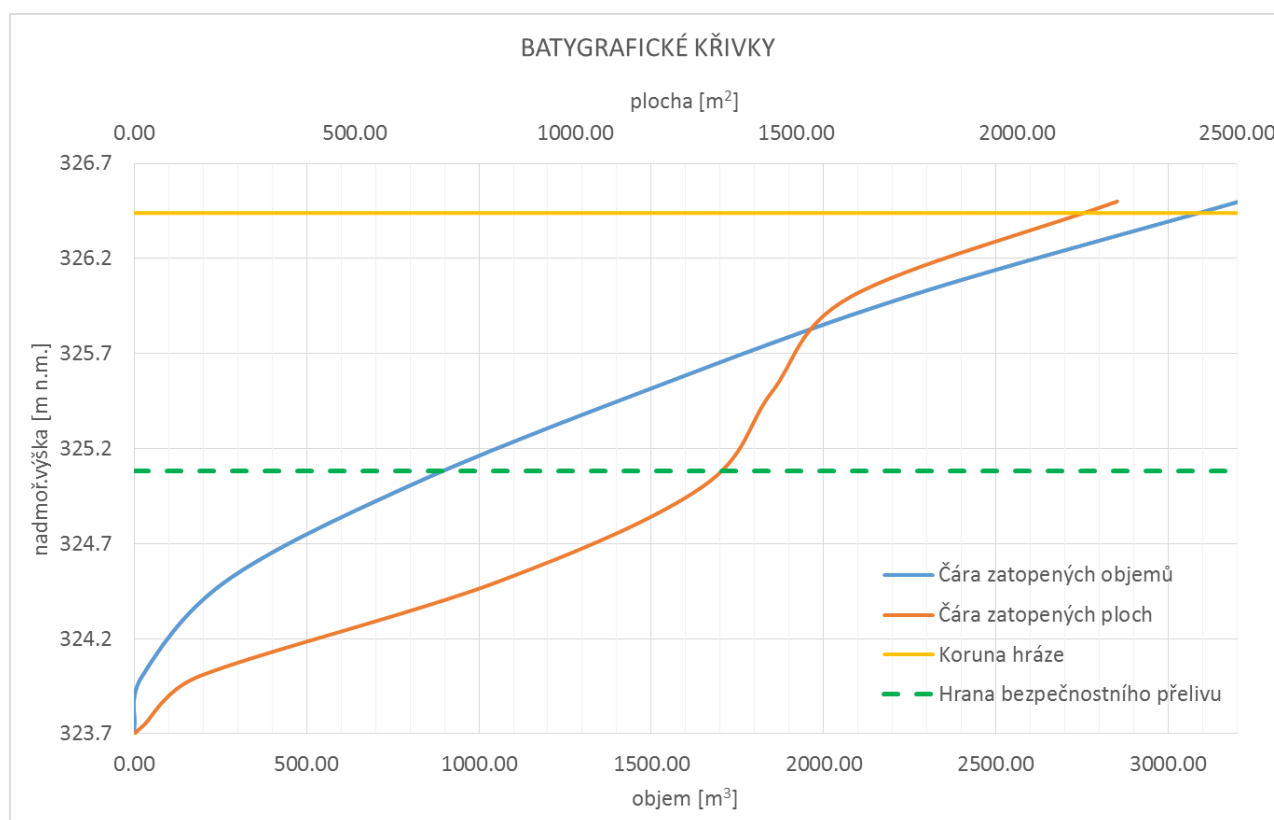
Batygrafické křivky

Batygrafické křivky znázorňují závislost hloubky nádrže na zatopené ploše a díky tomu můžeme zjistit celkový objem nádrže (viz. kap. 2.2.1)

Nejnižší místo v nádrži se nachází na kótě 323,70 m n.m. a nejvyšší (koruna hráze) je na kótě 326,50 m n.m. Rozdíl těchto dvou výšek byl rozdělen na řadu výškových úrovní po kroku 0,5 m v nádrži. Ke každé úrovni byla stanovena příslušná plocha. Z této plochy byl pro daný výškový interval určen objem. Hodnoty pro vykreslení batygrafických křivek jsou uvedeny v Tab. (3.2.3), grafické znázornění pak v grafu (3.2.2) a v příloze D1.

Tab. (3.2.3) – Tabulka znázorňující hodnoty batygrafických křivek

	hladina	h [m]	F [m ²]	V [m ³]	SUMA V [m ³]
	323.7	0	0.00	0.00	0.00
	323.75	0.05	23.49	0.59	0.59
	324	0.3	144.25	20.97	21.55
	324.5	0.8	824.84	242.27	263.83
Bezpečnostní přeliv	325	1.3	1288.32	528.29	792.12
	325.5	1.8	1445.84	683.54	1475.66
	326	2.3	1624.80	767.66	2243.32
Koruna hráze	326.5	2.8	2227.97	963.19	3206.51



Graf. (3.2.2) – Batygrafické křivky nádrže

3.3 HODNOCENÍ KAPACITY KORYTA

Koryto Točenky má dva různé charakteristické příčné profily, před přítokem do nádrže má tok charakter neupraveného přírodního koryta Obr. (3.4). Dále pod hrází je tok upraven do lichoběžníkového koryta s bermami Obr. (3.5) a při vtoku do intravilánu je příčný profil měněn na obdélníkový tvar Obr. (3.6). V obci je tedy tok veden korytem, kterým má pravidelný obdélníkový tvar, který je tvořen betonovými prefabrikovanými profily typu Beneš. Koryto je na několika místech přemostěno betonovými deskami, které slouží jako příjezdová komunikace do obytných domů občanů obce. Tok má průměrný podélný sklon 6,6‰ a je dimenzován na průtok Q_{20} což činí 3,88 m³/s.



Obr. (3.4) - Koryto nad hrází



Obr. (3.5) - Pohled na koryto pod hrází

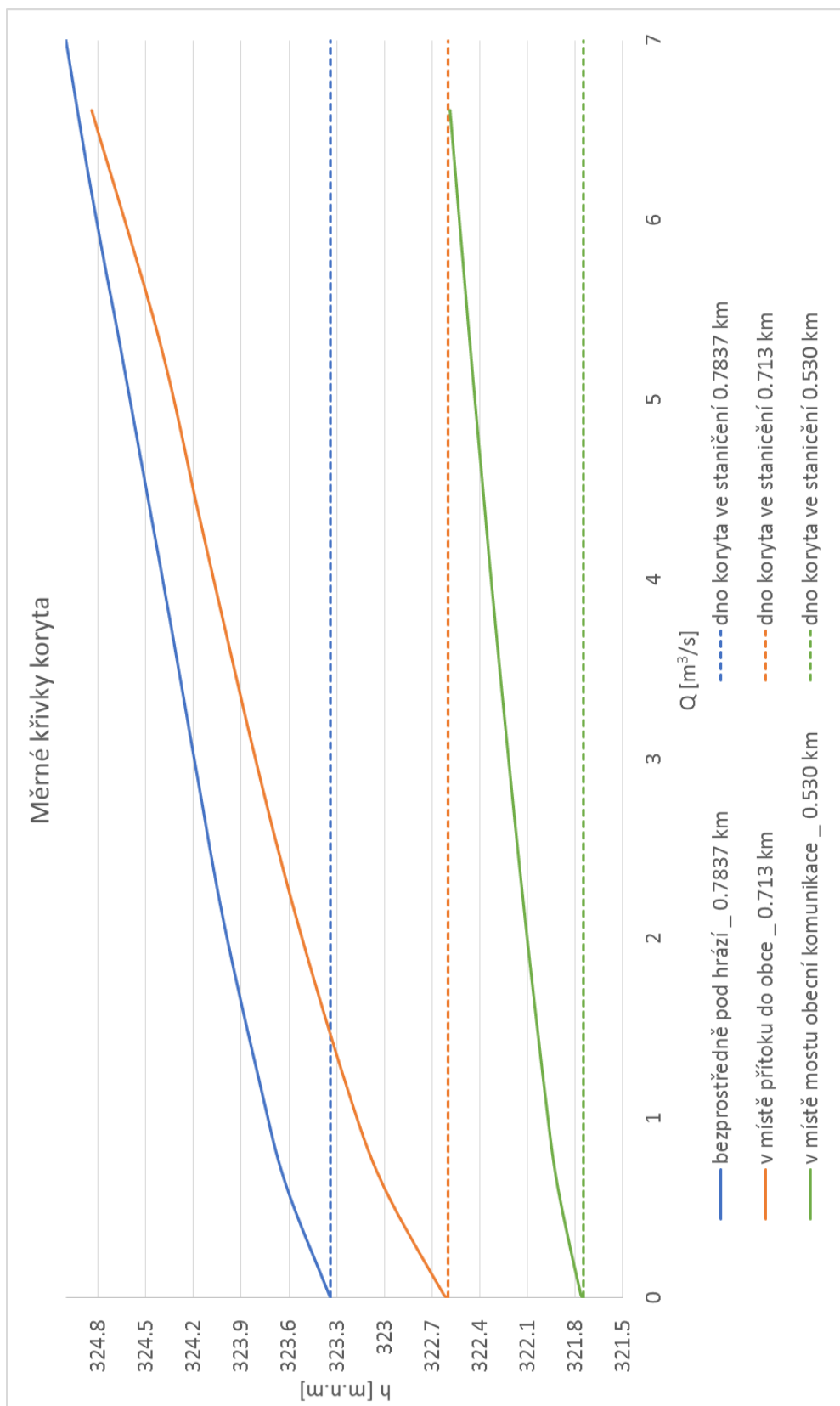


Obr. (3.6) - Lichoběžníkový tvar koryta v obci

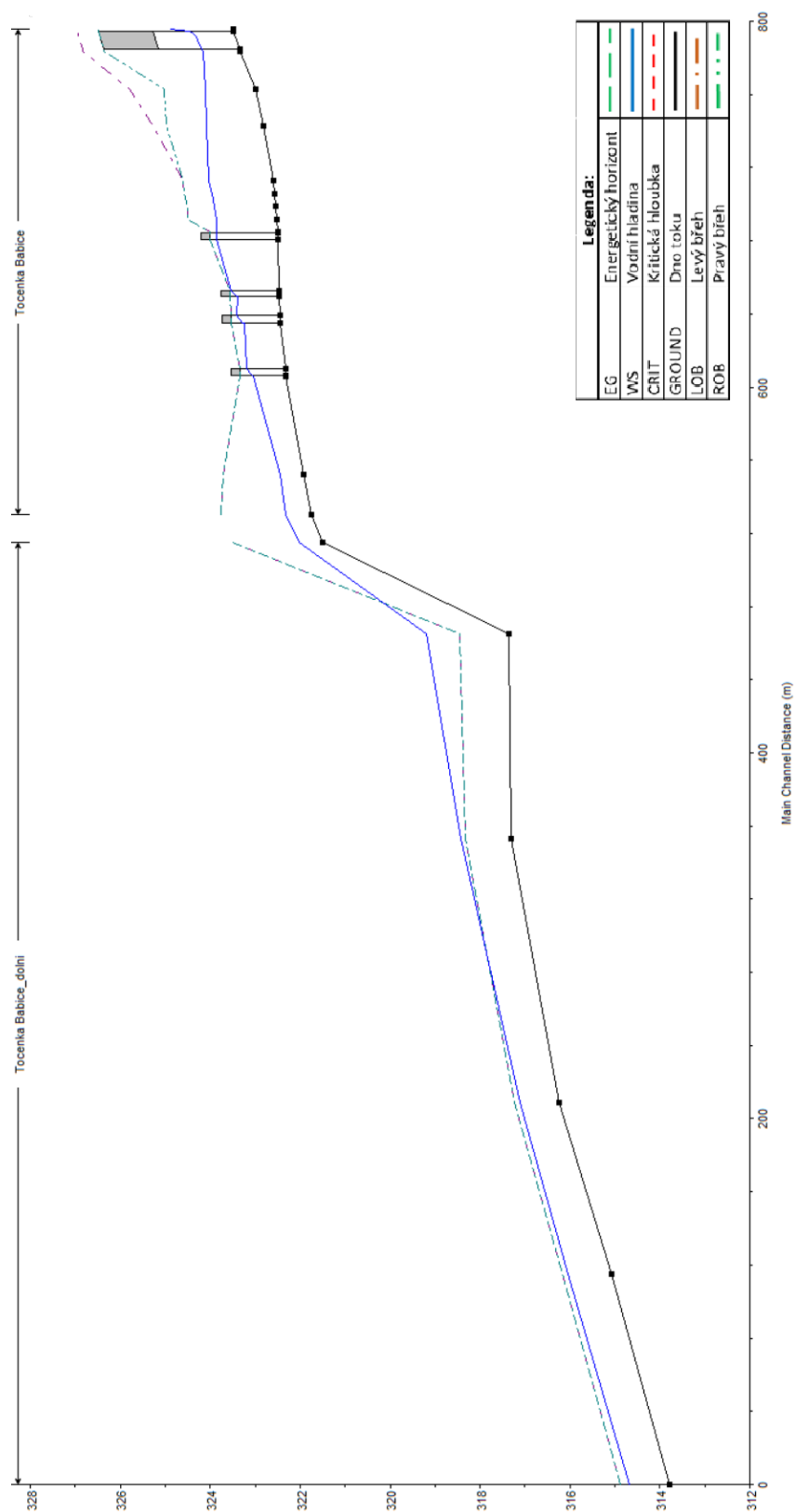
Výpočet

Výpočet koryta byl proveden v programu Hec-Ras. Prvopočátečně byla zadána geometrie příčných profilů toku. Počet příčných profilů je celkově 24. Na ose toku se nachází 5 mostních konstrukcí a jeden přítok toku Jasenov. Drsnosti byly zvoleny dle Tab. (2.3.2.1), pro prefabrikované dílce typu Beneš je uvažována drsnost $n = 0,02$ a pro upravené lichoběžníkové koryto je hodnota $n = 0,03$. Do programu byla vložena řada n -letých průtoků dle Tab. (3.2.1) a Tab. (3.2.2) Dále byl zadán průměrný podélný sklon toku 6,6‰.

Výpočet koryta je použit pro určení zanášecích procesů a především k ověření kapacity. Program vypočetl výšky hladin a proudovou rychlost v daných příčných profilech pro různé n -leté průtokové množství.

Měrná křivka koryta

Graf. (3.3.1) – Měrné křivky

Přehled kapacity koryta při Q20

Obr. (3.7) - Schéma podélného řezu korytem od soutoku Točenky a Juhyně po spodní výpust nádrže.
Příklad výstupů z programu HEC-RAS

Na Obr. (3.7) je znázorněn výsledek modelového řešení dna, mostní konstrukce, levý a pravý břeh toku. Toto schématické znázornění je doplněno o úrovně hladin při daných průtocích. Díky tomu lze vidět, že koryto je kapacitní s rezervami pro průtok, na který bylo v minulosti navrženo $Q_{20} = 3,88 \text{ m}^3/\text{s}$. V porovnání s břehovou hranou, koryto převede průtok $4,4 \text{ m}^3/\text{s}$, který se nachází mezi Q_{20} a Q_{50} . Toto jsou vstupy pro navazující hodnocení.

Ověření možností transformačního účinku nádrže pro vybrané n -leté průtoky bylo provedeno s ohledem na možnosti ovládání průtoků a hladinových poměrů ve vztahu k vypočteným kapacitám koryta pod nádrží.

Objekty na toku

Z pohledu kapacity koryta mohou hrát důležitou roli objekty na toku. Točenka je v obci Babice přemostěna na 5ti místech. Z toho jedno přemostění tvoří obecní komunikace. Tento most se nachází ve staničení 0,530 km. Počátek staničení je zvolen v místě soutoku řeky Juhyně s tokem Točenka. Průtokové parametry u tohoto mostu jsou zcela kapacitní. Zbylá přemostění v podobě příjezdových komunikací k obytným domům, jsou téměř totožné. Jedná se o přemostění v místech koryta, kde je průtočná šířka $b = 1,6$ až $2,0 \text{ m}$ a průtočná výška $h = 1,10 \text{ m}$. Délka mostovek se pohybuje kolem $4,0 \text{ m}$. Příjezdové mosty se nachází ve staničení 0,606 km, 0,635 km, 0,650 km a 0,681 km. Tyto mosty jsou limitním parametrem pro kapacitu toku Točenky.



Obr.(3.8) - Pohled na příjezdové mosty v místech 0,635 km a 0,650 km

Tab (3.3.1) - Přehled hladinových rezerv u mostních konstrukcích při různých průtocích

Most ve staničení	Spodní hrana mostovky	Q10		Q20		Q = 4,4 m ³ /s		Q50	
		hladina	REZERVA	hladina	REZERVA	hladina	REZERVA	hladina	REZERVA
[km]	[m n.m.]	[m n.m.]	[m]	[m n.m.]	[m]	[m n.m.]	[m]	[m n.m.]	[m]
0.681	324.00	323.64	0.36	323.86	0.14	323.98	0.02	324.16	-0.16
0.650	323.56	323.35	0.21	323.53	0.03	323.56	0.00	323.61	-0.05
0.635	323.54	323.24	0.30	323.40	0.14	323.48	0.06	323.58	-0.04
0.606	323.34	323.04	0.30	323.18	0.16	323.25	0.09	323.36	-0.02

Dále ve staničení 0,515 km se nachází místo soutoku Točenky a toku Jasenov. Pro tok Jasenov nebyly k dispozici žádné podklady. Průtokové parametry byly zvoleny z hlediska velikosti plochy povodí. Při porovnání velikosti povodí toku Točenky a toku Jasenov byl odborně určen procentuální rozdíl 30% poměru ploch a specifického odtoku viz kapitola 4.1 – *Hydrologické podklady*.

**Obr. (3.9) - Pohled na soutok toku Točenky s tokem Jasenov**

Výkres podélného profilu koryta Točenky je uveden v příloze E2. Podélný profil má počátek v místě soutoku toku Točenky s tokem Juhyně a je ukončen v místě spodní výpusti sruženého objektu nádrže Točenky.

Tab (3.3.2) - Přehled hladinových rezerv ve vybraných profilech při různých průtocích

Profil ve staničení	Břehová hrana		Q10		Q20		Q = 4,4 m ³ /s		Q50	
	Levá	Pravá	hladina	REZERVA	hladina	REZERVA	hladina	REZERVA	hladina	REZERVA
[km]	[m n.m.]		[m n.m.]	[m]	[m n.m.]	[m]	[m n.m.]	[m]	[m n.m.]	[m]
0.000	314.88	314.88	314.56	0.32	314.68	0.20	314.74	0.14	314.84	0.04
0.209	317.24	317.24	316.95	0.29	317.10	0.14	317.18	0.06	317.31	-0.07
0.515	323.51	323.51	321.93	1.58	322.02	1.49	322.06	1.45	322.14	1.37
0.552	323.72	323.72	322.35	1.37	322.44	1.28	322.48	1.24	322.56	1.16
0.610	323.34	323.34	323.04	0.30	323.18	0.16	323.25	0.09	323.40	-0.06
0.639	323.54	323.54	323.24	0.30	323.40	0.14	323.48	0.06	323.65	-0.11
0.653	323.56	323.56	323.36	0.20	323.53	0.03	323.56	0.00	323.84	-0.28
0.680	324.00	324.00	323.62	0.38	323.85	0.15	323.97	0.03	324.17	-0.17
0.706	324.57	324.57	323.72	0.85	323.95	0.62	324.08	0.49	324.31	0.26
0.743	325.28	324.97	323.81	1.47	324.07	1.21	324.22	1.06	324.49	0.79
0.784	326.83	326.37	324.03	2.80	324.15	2.68	324.22	2.61	324.47	2.36

Zanášení koryta

Z hlediska usazování sedimentů v nádrži je pravděpodobné, že se při využití variantního řešení mohou sedimenty dostávat do koryta pod hrází. Z tohoto důvodu je provedeno stručnější zhodnocení zanášení koryta dle různých autorů.

Tab (3.3.3) poukazuje na průtokové rychlosti v korytě Točenky. Podle těchto rychlostí můžeme usuzovat, zda se koryto bude zanášet či nikoliv. Tok byl rozdělen na 24 příčných profilu. Pro tyto profily byla vypočtena střední profilová rychlost a rychlosti vymílací a nevymílací dle různých autorů. Všechna tato data byla přepočtena pro různé průtokové Q_n -letosti. Odtok vody z nádrže zajišťuje výtok otvorem o světlosti DN700.

Z tab (3.3.1) je patrné, že v korytě při průměrném dlouhodobém průtoku Q_a by mohlo docházet k zanášení, avšak od průtoku Q_1 a výše se tato vlastnost ztrácí. Při nízkých průtocích je zanášecí potenciál nejvyšší, ale v korytě chybí sediment, který by se mohl stabilizovat. Avšak nastala by tato situace lze usoudit, že při jarním tání sněhové pokrývky, nebo při podzimních častějších deštích, se zvýší přítokové množství vody do nádrže. Tím pádem dojde k propláchnutí toku, při kterém budou sedimenty odplaveny.

Tab (3.3.3) – Tabulka znázorňující usazování sedimentů v korytě při různých průtocích

ZANÁŠENÍ KORYTA															
hustota splavenin		ρ_s	2650 [kg/m ³]	MAVIS $v_{ad} = 15,2 d_s^{4/9} \left(\frac{\rho_s - 1}{\rho} \right)^{0,5}$ GONČAROV $v_s = \left(\log \frac{8,8 h}{d_{90}} \right) \left(\frac{2 g (\rho_s - \rho)}{1,75 \rho} d_s \right)^{0,5}$ ŠAMOV $v_s = 3,7 d_s^{1/3} h^{1,6}$ LEGENDA: ZANÁŠÍ SE NEUSAZUJE SE VYMILÁ SE											
hustota vody		ρ	1000 [kg/m ³]												
efektivní zmo		d	0.002 [m]												
dynam. viskoz. vody 20°C		μ	0.001 [Pa*s]												
AKTUÁLNÍ STAV															
Qa = 0.015 m ³ /s				Q1 = 0.63 m ³ /s				Q5 = 2.09 m ³ /s							
upravené lichoběž. koryto n = 0.03 ; betonové koryto n = 0.02				upravené lichoběž. koryto n = 0.03 ; betonové koryto n = 0.02				upravené lichoběž. koryto n = 0.03 ; betonové koryto n = 0.02							
v_s	1.2332	H	v	MAVIS	GONČAROV		ŠAMOV		H	v	MAVIS	GONČAROV		ŠAMOV	
v_n	0.8633	[m]	[m/s]	v_s	[m/s]	v_n	[m/s]	v_n	[m/s]	STAV	v_s	[m/s]	v_n	[m/s]	STAV
PF-24	0.08	0.09			0.49	0.34		0.31	0.21			0.53	0.45		
PF-23	0.03	0.52			0.41	0.29		0.26	0.18			0.29	1.52		
PF-22	0.05	0.28			0.45	0.32		0.28	0.20			0.36	1.13		
PF-21	0.03	0.52			0.41	0.29		0.26	0.18			0.29	1.52		
PF-20	0.03	0.24			0.41	0.29		0.26	0.18			0.41	0.61		
PF-19	0.03	0.26			0.41	0.29		0.26	0.18			0.41	0.90		
PF-18	0.04	0.26			0.43	0.30		0.27	0.19			0.41	1.00		
PF-17	0.03	0.35			0.41	0.29		0.26	0.18			0.41	0.98		
PF-16	0.05	0.19			0.45	0.32		0.28	0.20			0.44	0.90		
PF-15	0.04	0.21			0.43	0.30		0.27	0.19			0.43	0.92		
PF-14	0.05	0.24			0.45	0.32		0.28	0.20			0.35	1.29		
PF-13	0.04	0.28			0.43	0.30		0.27	0.19			0.31	1.47		
PF-12	0.04	0.22			0.43	0.30		0.27	0.19			0.31	1.18		
PF-11	0.02	0.44			0.37	0.26		0.24	0.17			0.24	1.53		
PF-10	0.04	0.20			0.43	0.30		0.27	0.19			0.29	1.10		
PF-9	0.03	0.30			0.41	0.29		0.26	0.18			0.25	1.27		
PF-8	0.02	0.27			0.37	0.26		0.24	0.17			0.16	1.23		
PF-7	0.02	0.22			0.37	0.26		0.24	0.17			0.16	0.87		
PF-6	0.01	0.27			0.32	0.22		0.22	0.15			0.15	1.22		
PF-5	0.14	0.05			0.54	0.38		0.34	0.24			0.88	0.32		
PF-4	0.05	0.29			0.45	0.32		0.28	0.20			0.41	1.23		
PF-3	0.02	0.41			0.37	0.26		0.24	0.17			0.26	1.59		
PF-2	0.05	0.31			0.45	0.32		0.28	0.20			0.4	1.26		
PF-1	0.03	0.51			0.41	0.29		0.26	0.18			0.34	1.59		

3.4 HODNOCENÍ BEZPEČNOSTI NÁDRŽE

Původní mělká vodní nádrž měla charakter boční nádrže s obtokem toku Točenky kolem nádrže. Za normálního užívání bylo možné nádrž napustit potrubím a jen doplňovat ztráty vody z nádrže. Při rekonstrukci v roce 1999 byla obtoková stoka zrušena. Nádrž byla vybavena bezpečnostním přelivem a spodní výpustí. Navržený stav plnil funkci jako průtočná nádrž, sekundárním dopadem je lapání splavenin.

Stávající stav je takový, že nádrž byla až po bezpečnostní přeliv plně zanesena sedimenty Obr. (3.10) Následné těžení a čištění nádrže Obr. (3.11) nám odhalilo skutečný objem nádrže Obr.(3.12)



Obr. (3.10) - Nádrž před těžbou sedimentů (pohled z koruny hráze)



Obr. (3.11) - Nádrž při těžbě sedimentů (pohled z levého břehu nádrže)



Obr.(3.12) - Nádrž po vyčištění (pohled z koruny hráze)

Těleso hráze

O tělese hráze nejsou dochovány žádné stavební dokumenty, inženýrsko-geologický průzkum bude proveden v roce 2016. Předpokládá se, že těleso hráze je tvořeno z homogenního materiálu neznámého původu. Dle zaměření tělesa hráze je nejnižší místo paty hráze na vtoku

do požeráku a to na kótě 323,70 m n. m. Nejnižší bod koruny hráze se nachází na kótě 326,50 m n.m., tedy celková výška hráze činí 2,80 m. Na vzdušném líci se nacházely porosty tvořené tujími, které již byly odstraněny.

Svahování hráze

Stávající svahování je v nestandardním stavu, Pravděpodobně docházelo k navyšování zeminy na vzdušní straně pravého i levého břehu hráze při předešlém čištění nádrže. Návodní svah rovněž nemá normativní sklon, důvodem pravděpodobně bude rovněž těžba sedimentů. Pro úpravu svahu doporučuji zvolit sklon 1:1,5. Z hlediska svahových úprav nebude koruna hráze výrazně ovlivněna. Hodnocení stability svahu nebylo provedeno, z důvodů nedostatečných informací o díle. Lze však konstatovat, že při místním šetření nebyly zjištěny skutečnosti, které by naznačovaly porušení stability hráze. Při výškách hráze nad 6,0 m však ČSN 75 2410 doporučuje posoudit stabilitu svahů výpočtem. Obdobně TNV 75 2415 doporučuje posoudit stabilitu hráze i za mimořádných zatěžovacích stavů, které vyplývají ze specifického provozu suchých nádrží (dlouhodobě bez vody, náhlý nástup a následně pokles hladiny při povodňových situacích). Posouzení stability hráze bude taktéž provedeno v roce 2016.

Koruna hráze

Šířka koruny hráze se pohybuje v rozmezí 5-5,5 m. Vjezdové části koruny jsou rozšířeny, pravděpodobně vlivem těžby sedimentů z nádrže. Svrchní vrstva koruny hráze je tvořena drceným kamenivem. Na hranách mezi korunou a svahy jsou umístěny obrubníky, které jsou vlivem těžby porušeny. Nejvyšší bod koruny hráze je na kótě 326,92 m n.m. a nejnižší se nachází na kótě 326,50 m n.m. Při doporučené navrhované úpravě svahů bude nová šířka koruny 4,4 m.



Obr. (3.13) - Tělesa hráze (pohled na hráz a odpadní štolu z koryta pod hrází)

Sdružený objekt

Nádrž je vybavena regulačním objektem, který tvoří požerák vybavený dlužovou stěnou. Dluže je možno v rámci manipulace hladiny přidávat nebo odebírat. Pojistný prvek, který má zajistit, že hráz nebude přelita je bezpečnostní přeliv. Přes obdélníkovou přelivnou hranu bezpečnostního přelivu přepadá voda do spádiště, kde je rovněž vyústěn odtok z požeráku. Dále voda odtéká odpadní štolou tvořenou betonovým vejčitým profilem, na který navazuje koryto pod hrází.



Obr. (3.14) - Sdružený objekt hráze (pohled z nádrže)

Požerák

Požerák představuje manipulační prvek ve sdruženém objektu. Přepadovou výšku lze regulovat dlužemi od nezahrazeného profilu na kótě 323,70 m n.m. až po kótu bezpečnostního přelivu, která činí 325,08 m n.m. Přepadová šířka přes dluže je 0,3 m. Odtok z požeráku je řešen otvorem ve stěně o světlosti 300 mm. Otvor je umístěn u dna na pravé stěně požeráku. Kapacita tohoto otvoru představuje kapacitu požeráku. Nestandartně je v místě odtoku vody z požeráku umístěn žebřík (viz obr. (3.15)). Tato konstrukce může zachytávat plaví a ovlivní odtok vody z požeráku.

Základní charakteristiky požeráku jsou následující:

- | | |
|--|-------------------------|
| • maximální kóta přelivné hrany (dlužová stěna): | 325,08 m n. m. |
| • kóta dna požeráku (nezahrazený stav): | 323,70 m n. m. |
| • přepadová šířka: | 0,3 m |
| • odtok z požeráku (škrcení o profilu DN300): | 0,000225 m ² |



Obr. (3.15) - Požerák - šipka znázorňující směr proudění (pohled z nádrže)

Bezpečnostní přeliv

Přeliv je betonový s obdélníkovou přepadovou hranou, na které je umístěno zábradlí. Tvar bezpečnostního přelivu je do písmene L, kašnovitého charakteru. Přelivná hrana bezpečnostního přelivu je na kótě 325,08 m n.m., jeho celková délka činí 7 m a šířka přelivné plochy je 0,6 m. Konstrukce je dostatečně dimenzovaná na převedení povodňové vlny, avšak zábradlí na přepadu nese svá rizika. Kovová konstrukce by se mohla při nárazu plaví uvolnit, následně by propadla do odpadní štol, kde by na sobě zachytávala plaveniny v podobě větví ze stromu a jiného plaví. To by zapříčinilo ucpání odpadní štol. Voda by nemohla bezpečně odtékat, hladina by se vlivem dále přitékající vody zvyšovala, až by došlo k přelití koruny hráze a následně i k možné poruše hráze. Řešení by přinesl česloví kryt, který by zajistil, že se do prostoru spádiště nedostane nežádoucí plaví.



Obr. (3.16) - Bezpečnostní přeliv - znázornění česlí (pohled z nádrže)

Odpadní potrubí

Potrubí je betonové v dobrém technickém stavu. Stěny jsou hladké a nejeví žádné známky většího narušení. Délka potrubí je 10 m při sklonu 12 ‰. Profil potrubí je vejčitého tvaru, který byl počítán jako Pražský vejčitý profil a i jako Vídeňský vejčitý profil. Při porovnání těchto výsledků byly značné odchylky a z tohoto důvodu bylo potrubí při výpočtu nahrazeno kruhovým profilem. Velikost profilu byla zvolena jako vepsaná kružnice do vejčitého profilu, přičemž díky tomu máme kapacitní rezervy, jak při horním tak i spodním okraji výpusti. Tím pádem můžeme říct, že zvolený tvar i rozměr je položen na stranu bezpečnou. Ve výpusti se nachází jemnozrné sedimenty, které budou vyplaveny při průtoku jednoleté vody $Q_1 = 0,63 \text{ m}^3/\text{s}$.



Obr. (3.17) - Odpadní štola (pohled ze vzdušného líce)



Obr. (3.18) - Odpadní štola- při výpočtu kapacity byl stávající profil nahrazen kruhovým (pohled ze vzdušného líce)

3.5 HODNOCENÍ RETENČNÍCH ÚČINKŮ

Hodnocení nádrže bylo provedeno ve třech základních variantách. Tyto varianty byly doplněny o další dílčí varianty ve vztahu ke konstrukčnímu řešení sdruženého objektu. První varianta popisuje stávající stav. U zbylých dvou variant se jedná o otvor umístěný ve spodní části sdruženého objektu. Otvory jsou umístěny ve spodní části nádrže při dně, z důvodu zamezení jejího zanášení sedimenty. Sdružený objekt bude doplněn o ovladatelný hradící prvek, který bude sloužit jako uzávěr navrhovaného otvoru.

Výkresová dokumentace stávajícího stavu a navrhovaných variant konstrukčních úprav je v příloze E3 - E5.

Hodnocení bylo provedeno pro následující varianty:

Varianta 1 - Stávající stav

Sdružený objekt se ponechá beze změn, s možností osazení dluží popř. česlí do drážek požeráku. Rekonstrukce bude zahrnovat maximálně úpravy povrchu a bezpečnostních prvků (zábradlí). Ve variantě 1 byly řešeny následující dílčí varianty:

1A) Úplně vyhrazený požerák

1B) Částečně zahrazený - požerák zahrazen dlužemi po kótu 324,40 m n.m.

1C) Zahrazený požerák - požerák zahrazen dlužemi po kótu 325,08 m n.m.

Varianta 2 - Otvor v dlužové stěně

Sdružený objekt se ponechá beze změn, do drážek požeráku se osadí česle a dluže. První dluže od dna bude nahrazena ocelovou hradící k-cí se škrťicím uzavíratelným otvorem o průměru DN200. Ve variantě 2 byly řešeny následující dílčí varianty:

2A) Částečně zahrazený požerák - požerák zahrazen dlužemi po kótu 324,40 m n.m.

2B) Zahrazený požerák - požerák zahrazen dlužemi po kótu 325,08 m n.m.

Varianta 3 - Otvor v bezpečnostním přelivu

Sdružený objekt bude upraven. Požerák bude odstraněn a jeho místo bude využito k rozšíření bezpečnostního přelivu. Do čelní stěny bezpečnostního přelivu bude vytvořen otvor o velikosti DN700, který bude vybaven škrťicí clonou s otvorem DN300 (příloha E5). V této variantě se bude hovořit o otvoru ve cloně, přičemž pro konstrukční složitost můžeme uvažovat zjednodušenou verzi a to, že škrťicí clona bude plného profilu. Pro simulaci otvoru DN300 nebude clona spuštěna až na dno, nýbrž 0,1 m od dna.

3A) Otvor bez škrcení -

3B) Otvor se škrcením - při dosažení hladiny na kótu 324,20 m n.m bude škrcení odstraněno

3C) Otvor se škrcením - při dosažení hladiny na kótu 324,60 m n.m bude škrcení odstraněno

3D) Otvor se škrcením - při dosažení hladiny na kótu 325,08 m n.m bude škrcení odstraněno

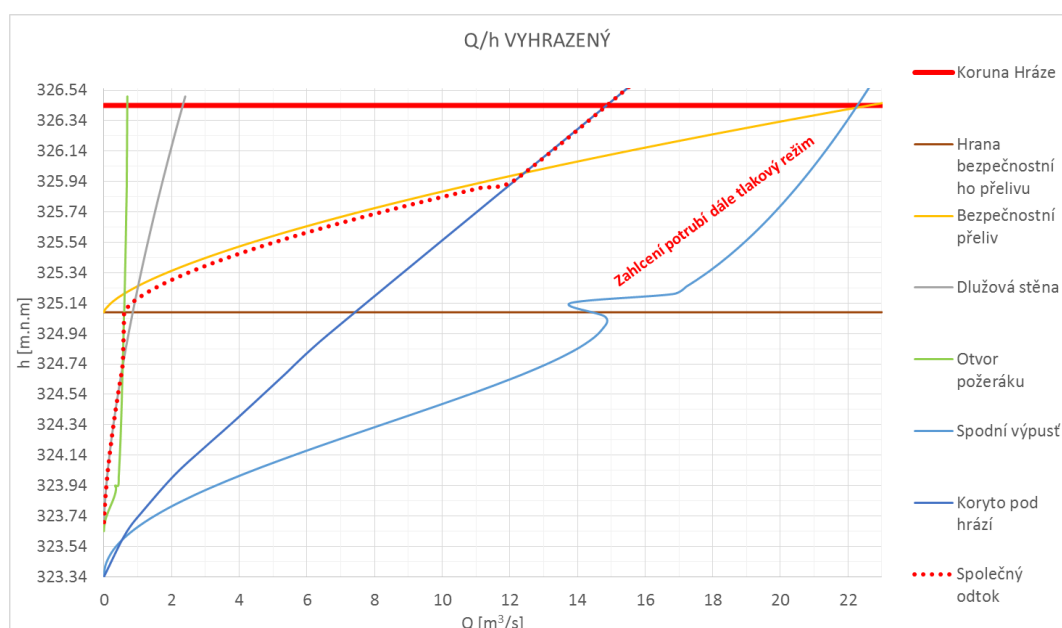
3E) Otvor se zaneseným škrcením

V následujícím textu jsou nejprve popsány kapacity daných částí sdruženého objektu ve výše zmiňovaných variantách, dále je provedena transformace pro tyto varianty.

Varianta 1 - Stávající stav

Varianta 1A -ve variantě 1A byly uvažovány následující parametry:

Požerák	- kóta přelivné hrany:	323,70 m n. m.
	- přepadová šířka:	0,3 m
Bezpečnostní přeliv	- kóta přelivné hrany:	325,08 m n. m.
	- přepadová šířka:	7,0 m



Graf. (3.5.1) – Měrná křivka sdruženého objektu ve variantě 1.A

Při této verzi je nádrž prázdná. Z počátku kapacitu odtékající vody udává místo v požeráku určené pro vkládání dluží. Dále při růstu hladiny nastává zahlcení odtoku z požeráku, které představuje profil DN300. Tento otvor při tlakovém proudění zajišťuje veškerý odtok vody z nádrže. Jakmile dosáhne hladina vody v nádrži kóty 325,08 m n.m., tak se k odtoku připojí kapacita bezpečnostního přelivu. Voda protékající otvorem a přepadající přes přeliv proudí odpadním potrubím do koryta pod hrází. Měrná křivka pro zmiňovanou variantu je v příloze D2.

Varianta 1B -ve variantě 1B byly uvažovány následující parametry:

Požerák	- kóta přelivné hrany:	324,40 m n. m.
	- přepadová šířka:	0,3 m
Bezpečnostní přeliv	- kóta přelivné hrany:	325,08 m n. m.
	- přepadová šířka:	7,0 m

Při této variantě je v nádrži hladina na kótě 324,40 m n.m., to znamená, že hloubka vody v nádrži v místě sruženého objektu činí 0,7m. Z počátku kapacitu odtékající vody udává přepad přes dluže v požeráku. Jakmile dosáhne hladina vody v nádrži kóty 325,08 m n.m., tak se k odtoku připojí kapacita bezpečnostního přelivu. Následný odtok je totožný s variantou 1A). Měrná křivka pro zmiňovanou variantu je v příloze D3.

Varianta 1C -ve variantě 1C byly uvažovány následující parametry:

Požerák	- kóta přelivné hrany:	325,00 m n. m.
	- přepadová šířka:	0,3 m
Bezpečnostní přeliv	- kóta přelivné hrany:	325,08 m n. m.
	- přepadová šířka:	7,0 m

V této variantě je v nádrži hladina stabilně udržována na kótě 325,00 m n.m., to znamená, že hloubka vody v nádrži v místě sruženého objektu činí 1,3m. Z počátku odtok vody zajišťuje přepad přes dluže v požeráku, to ovšem jen do chvíle než se hladina v nádrži zvýší o 8 cm. To už bude hladina vody v nádrži kótě 325,08 m n.m. V tomto bodě se k odtoku připojí kapacita bezpečnostního přelivu. Následný odtok je totožný s variantou 1A). Měrná křivka pro zmiňovanou variantu je v příloze D4.

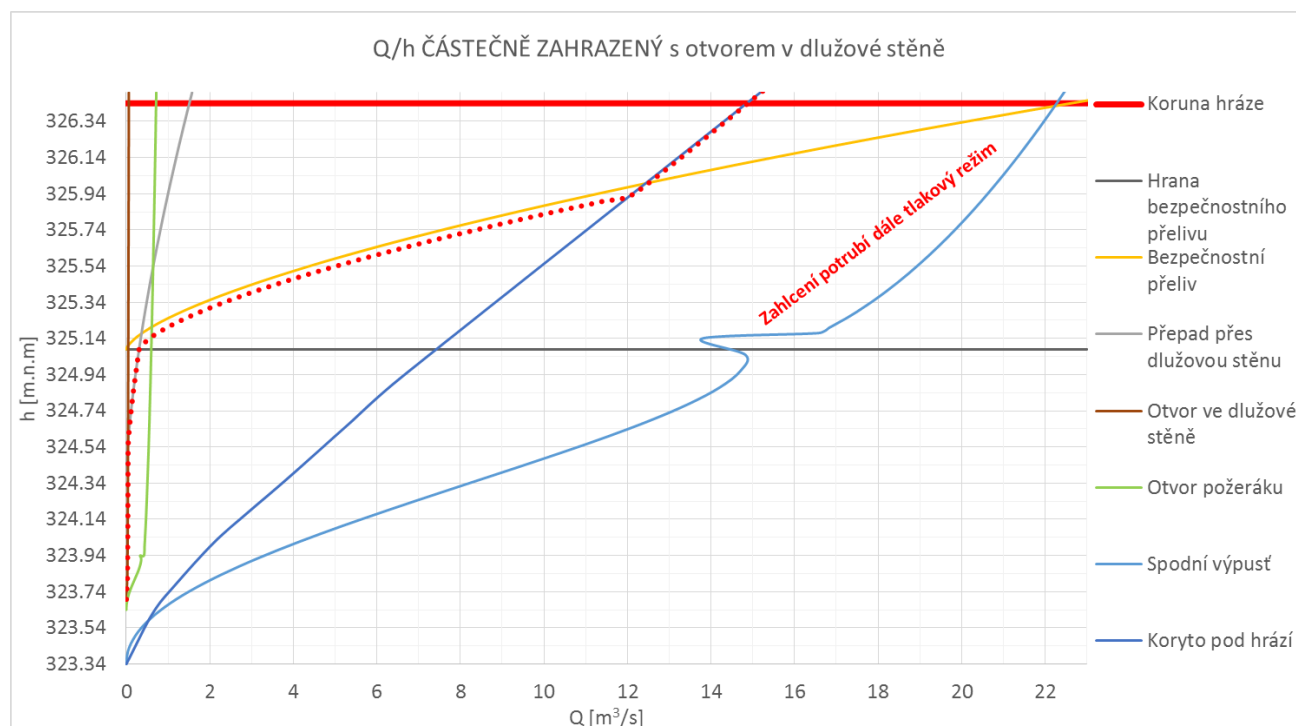
V příloze D5 je znázorněn graf měrných křivek pro stávající stav. Tento graf zahrnuje společné odtoky vody z nádrže při daných variantách. Díky tomuto grafu je přehledněji vidět, jak se kapacita odtokového množství mění vlivem přidávání a odebrání dluží. Odtok vody z nádrže je u zahrazených stavů požeráku zpočátku limitován kapacitou přepadu přes dlužovou stěnu. Od průtoku $0,35 \text{ m}^3/\text{s}$ dojde k zahlcení výpusti z požeráku DN300 a následný odtok z nádrže je limitován tímto otvorem ve svislé stěně. U nezahrazeného stavu je odtokové množství závislé pouze na výtoku otvorem v požeráku. Odtokové množství z požeráku dosahuje kapacity $0,6 \text{ m}^3/\text{s}$. Při dosažení hladiny kóty 325,08 m n.m. nastane přepad přes bezpečnostní přeliv. Voda přepadá přes přeliv a odtéká odpadním potrubím do koryta pod hrází. Kapacita bezpečnostního přelivu a odpadního potrubí je dostatečná.

Varianta 2 - Otvor v dlužové stěně

Varianta 2 zachovává sružený objekt ve stávajícím stavu. Zároveň se předpokládá možnost zahrazení požeráku dlužovou stěnou. Ve variantě 2 je k zajištění průtočnosti nádrže uvažován otvor v první dluži od dna (popřípadě dluže nahrazena ocelovou konstrukcí výšky 300 mm). Velikost otvoru byla zvolena vzhledem k průtoku $Q_a = 15 \text{ l/s}$, tedy otvor bude kruhový o profilu DN200. Tento navržený otvor bezpečně převede dlouhodobý průměrný průtok. Při zvýšení přítoku do nádrže dojde k zahlcení otvoru, a postupnému plnění nádrže až po úroveň zahrazení dlužemi na zvolené úrovni (viz níže), poté začne voda přepadat přes dluže a následně odtékat otvorem v požeráku DN300 do spadiště, dále odpadním potrubím do koryta pod hrází. Varianta 2 byla spočtena pro dvě úrovně zahrazení varianta 2A a 2B. Varianta 2A uvažuje úroveň zahrazení na kótě 324,40 m n.m., která je cca do poloviny bezpečnostního přelivu. Druhý výpočet představuje zahrazení po kótu 325,00 m n.m., což je téměř po hranu bezpečnostního přelivu, které připadá kóta 325,08 m n.m.

Varianta 2A) -ve variantě 2A byly uvažovány následující parametry:

Požerák	- kóta přelivné hrany:	324,40 m n. m.
	- přepadová šířka:	0,3 m
Otvor v dlužové stěně	- kóta dna otvoru:	323,70 m n.m.
	- průměr otvoru:	300 mm
Bezpečnostní přeliv	- kóta přelivné hrany:	325,08 m n. m.
	- přepadová šířka:	7,0 m



Graf. (3.5.2) – Měrná křivka sruženého objektu ve variantě 2.A

Při této variantě je nádrž prázdná, protože otvor při dně v dlužové stěně o profilu DN200 má kapacitu dlouhodobého průměrného průtoku. Při zvyšujícím se přítoku vody do nádrže začne hladina v nádrži stoupat a v otvoru DN200 nastane tlakové proudění. Při dosažení hladiny kóty 324,40 m n.m. tedy hloubky vody 0,7 m v nádrži v místě sruženého objektu, nastane přepad přes dlužovou stěnu. Odtok z požeráku zajišťuje stávající otvor DN300. Jakmile dosáhne hladina vody v nádrži kóty 325,08 m n.m., tak se k odtoku připojí kapacita bezpečnostního přelivu. Voda protékající otvorem DN300 z požeráku a přepadající přes přeliv proudí odpadním potrubím do koryta pod hrází. Měrná křivka pro zmiňovanou variantu je v příloze D6. V příloze D7 se nachází detail grafu.

Varianta 2B) -ve variantě 2B byly uvažovány následující parametry:

Požerák	- kóta přelivné hrany:	325,00 m n. m.
	- přepadová šířka:	0,3 m

Otvor v dlužové stěně - kóta dna otvoru:	323,70 m n.m.
- průměr otvoru:	300 mm
Bezpečnostní přeliv - kóta přelivné hrany:	325,08 m n. m.
- přepadová šířka:	7,0 m

Ve variantě 2B se uvažuje, že je nádrž prázdná, protože otvor při dně v dlužové stěně o profilu DN200 má kapacitu dlouhodobého průměrného průtoku. Při zvyšujícím se přítoku vody do nádrže začne hladina v nádrži stoupat a dojde postupně k zahlcení výpustného otvoru v dlužové stěně a následně po překročení kóty 325,00 m n.m. nastane přepad přes dlužovou stěnu. Odtok z požeráku zajišťuje stávající otvor DN300. Jakmile dosáhne hladina vody v nádrži kóty 325,08 m n.m., tak se k odtoku připojí kapacita bezpečnostního přelivu. Následný odtok je totožný s verzí 2.A. Měrná křivka pro zmiňovanou variantu je v příloze D8. V příloze D9 se nachází detail grafu.

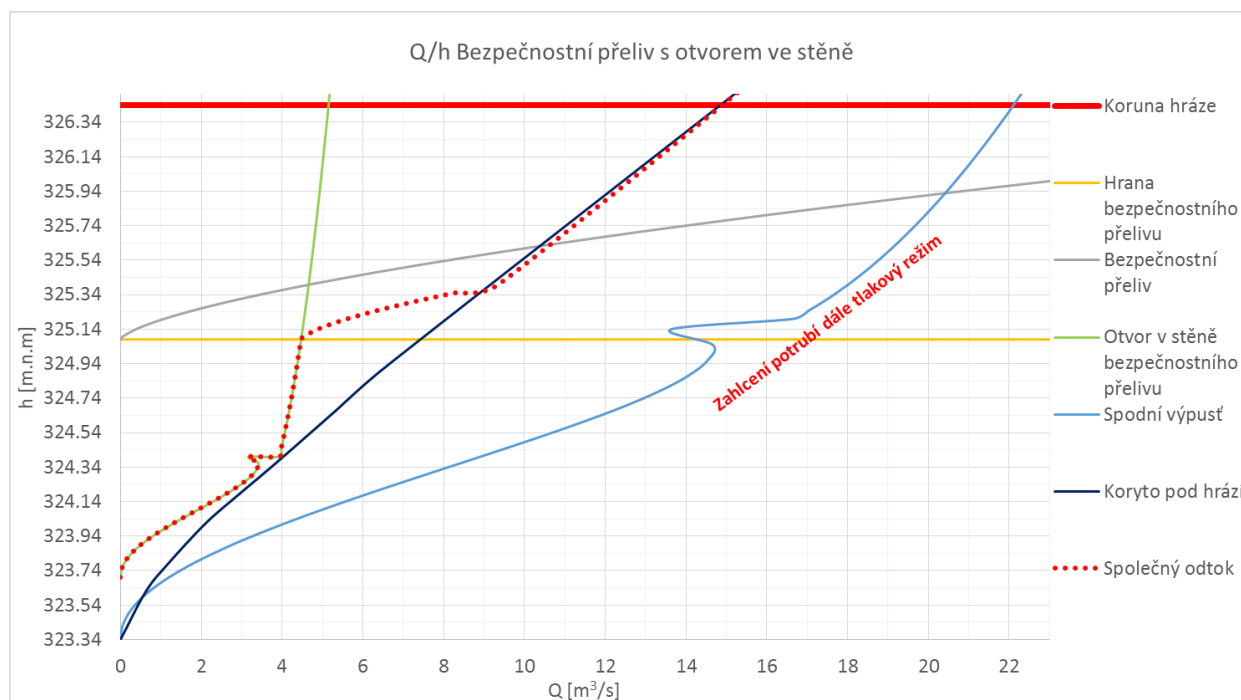
V příloze D10 se nachází souhrnný graf měrných křivek pro variantu s otvorem v dlužové stěně. Tento graf zahrnuje společné odtoky vody z nádrže při daných variantách. Z grafu je přehledně vidět, jak se kapacita odtokového množství mění vlivem ovládání dluží. Průměrný dlouhodobý odtok vody z nádrže zajišťuje otvor v dlužové stěně o profilu DN200. Při zvýšení přítoku do nádrže nastane zahlcení otvoru, stoupaní hladiny po úroveň zahrazení. Při přepadu vody přes dlužovou stěnu do požeráku, se bude zvyšovat průtokové množství v otvoru DN300, který propojuje požerák se spádištěm. Kapacitu odtoku v tomto okamžiku určuje zmiňovaný propojovací otvor světlosti DN300. Při dosažení hladiny kóty 325,08 m n.m. nastane přepad přes bezpečnostní přeliv. V této situaci je odtok vody z nádrže totožný, jak při stávajícím stavu.

Varianta 3 - Otvor v bezpečnostním přelivu

V této variantě se uvažují stavební úpravy. Ze stávajícího objektu bude zcela odstraněna konstrukce požeráku. Otvor, který převáděl vodu z požeráku do spádiště bude zabetonován. Stěna rozdělující požerák a bezpečnostní přeliv bude částečně zachována, pouze se sníží její výška, z 3,30 m na 2,40 m. Tato snížená stěna, která je součástí bezpečnostního přelivu, bude tedy mít stejnou výškovou kótu (325,08 m n.m.), jako stávající přelivná hraná. Tím pádem dojde k rozšíření přelivné délky přelivu. Do čelní stěny bezpečnostního přelivu bude při dně otvor, který bude umístěn uprostřed stěny, tedy jeho vodorovná osa bude korespondovat s osou spodní výpusti. Uvažovaný otvor bude kruhového profilu o průměru DN700. Tento otvor bude opatřen kovovým škrtícím kusem v podobě kruhové clony, která bude mít ve spodní části kruhový otvor o velikosti DN300. Clona bude umístěna v kolejnicích z kovových U profilu a bude možno jej kdykoliv dle potřeby vysunout. Pro ovládání této výpusti bude vybudována lávka. Lávka bude umístěna nad bezpečnostním přelivem v místě vypouštěcího otvoru. Na straně koruny bude lávka podepřena betonovým základem silným 0,5m a v místě bezpečnostního přelivu bude lávka podepřena dvěma ocelovými sloupy vetknutými do přelivné hrany. Lávka bude opatřena zábradlím a uzamykatelným vstupem. Kolejnice pro clonu budou vytaženy nad lávku. Lávka bude vybavena zařízením pro vysunutí clony. Zmiňovaný otvor ve cloně DN300 zajišťuje průtok nádrže o kapacitě dlouhodobého průměrného průtoku $Q_a = 15 \text{ l/s}$. Při příchodu větších vod bude možno se škrcením manipulovat a tím zajistit potřebný odtok z nádrže. Velikost otvoru v přelivné stěně DN700 byla zvolena vzhledem ke kapacitě koryta pod nádrží. DN700 bezpečně převede průtok Q_{20} .

Varianta 3A) -ve variantě 3A byly uvažovány následující parametry:

Bezpečnostní přeliv	- kóta přelivné hrany:	325,08 m n. m.
	- přepadová šířka:	13,0 m
Otvor v bezpečnostním přelivu	- kóta dna otvoru:	323,70 m n. m.
	- průměr otvoru:	700 mm



Graf. (3.5.3) – Měrná křivka sruženého objektu ve variantě 3.A

V tomto případě je nádrž prázdná, protože otvor při dně v bezpečnostním přelivu o profilu DN700 zajišťuje odtok vody z nádrže. Při zvyšujícím se přítoku vody do nádrže začne hladina v nádrži stoupat. Při dosažení hloubky 0,7m nastane zahlcení otvoru DN700 a dále se jedná o tlakové proudění. Jakmile dosáhne hladina vody v nádrži kóty 325,08 m n.m., tak se k odtoku připojí kapacita zvětšeného bezpečnostního přelivu. Voda protékající otvorem DN700 a přepadající přes přeliv proudí odpadním potrubím do koryta pod hrází. Měrná křivka pro zmiňovanou variantu je v příloze D11.

Varianta 3B) -ve variantě 3B byly uvažovány následující parametry:

Bezpečnostní přeliv	- kóta přelivné hrany:	325,08 m n. m.
	- přepadová šířka:	13,0 m
Otvor v bezpečnostním přelivu	- kóta dna otvoru:	323,70 m n. m.
	- průměr otvoru:	700 mm
Škrcení otvoru v bezpečnostního přelivu	- kóta dna otvoru:	323,70 m n. m.
	- průměr otvoru:	300 mm

Při této variantě je nádrž prázdná, i přes to že otvor při dně v bezpečnostním přelivu o profilu DN700 je škrcen clonou, protože ve cloně je otvor o velikosti DN300, který zajišťuje odtok vody z nádrže o kapacitě dlouhodobého průměrného průtoku Q_a . Při zvyšujícím se přítoku vody do nádrže začne hladina v nádrži stoupat. Při dosažení hladiny 324,20 m n.m., čili při hloubce vody 0,5 m bude škrtící clona vyhrazena, tím pádem odtok z nádrže zajistí otvor o profilu DN 700. Jakmile dosáhne hladina vody v nádrži kóty 325,08 m n.m., tak se k odtoku připojí kapacita zvětšeného bezpečnostního přelivu. Následný odtok je totožný s variantou 3A. Měrná křivka pro zmiňovanou variantu je v příloze D12.

Varianta 3C -ve variantě 3C byly uvažovány následující parametry:

Bezpečnostní přeliv	- kóta přelivné hrany:	325,08 m n. m.
	- přepadová šířka:	13,0 m
Otvor v bezpečnostním přelivu	- kóta dna otvoru:	323,70 m n. m.
	- průměr otvoru:	700 mm
Škrcení otvoru v bezpečnostního přelivu	- kóta dna otvoru:	323,70 m n. m.
	- průměr otvoru:	300 mm

Popis k této variantě je totožný s popisem k variantě 3B. Jediný rozdíl, který nastává je, odlišná úroveň hladiny, při které nastane odejmutí škrcení. Ve variantě 3B bude škrcení odejmuto při dosažení hladiny v nádrži kóty 324,20 m n.m., kdežto v této variantě 3C bude škrcení odejmuto při kótě 324,60 m n.m. Měrná křivka pro zmiňovanou variantu je v příloze D13.

Varianta 3D -ve variantě 3D byly uvažovány následující parametry:

Bezpečnostní přeliv	- kóta přelivné hrany:	325,08 m n. m.
	- přepadová šířka:	13,0 m
Otvor v bezpečnostním přelivu	- kóta dna otvoru:	323,70 m n. m.
	- průměr otvoru:	700 mm
Škrcení otvoru v bezpečnostního přelivu	- kóta dna otvoru:	323,70 m n. m.
	- průměr otvoru:	300 mm

V této variantě je nádrž prázdná. Průměrný dlouhodobý průtok Q_a zajišťuje škrtící otvor ve cloně. Při zvyšujícím se přítoku vody do nádrže začne hladina v nádrži stoupat. Při dosažení hladiny 325,08 m n.m., čili při hloubce vody 1,38 m se k odtoku připojí kapacita zvětšeného bezpečnostního přelivu. Při této situaci je uvažováno, že zodpovědná osoba za obsluhu nádrže z neznámých důvodů škrcení nevyhranila. Následný odtok je totožný s variantou 3A. Měrná křivka pro zmiňovanou variantu je v příloze D14.

Varianta 3E -ve variantě 3E byly uvažovány následující parametry:

Bezpečnostní přeliv - kóta přelivné hrany:	325,08 m n. m.
- přepadová šířka:	13,0 m

V této variantě je nádrž prázdná. Odtok vody z nádrže není splněn, z důvodu zanesení (ucpání) škrťacího otvoru ve cloně. Při přítoku vody do nádrže začne hladina v nádrži stoupat. Při dosažení hladiny 325,08 m n.m., čili při hloubce vody 1,38 m začne voda přepadat přes bezpečnostní přeliv. Při této situaci je uvažováno, že zodpovědná osoba za obsluhu nádrže nezajistila pravidelnou údržbu a došlo k ucpání výtoku. Následný odtok je totožný s variantou 3A. Měrná křivka pro zmiňovanou variantu je v příloze D15.

V příloze D16 se nachází souhrnný graf měrných křivek pro variantu s otvorem v bezpečnostním přelivu. Tento graf zahrnuje společné odtoky vody z nádrže při daných variantách. Graf přehledněji znázorňuje, jak se kapacita odtokového množství mění vlivem ovládání clony. U této varianty je průměrný dlouhodobý průtok Q_a zajištěn otvorem DN300 ve škrťacím objektu. Následně při zvyšujícím se přítoku do nádrže můžeme jak hladinu v nádrži, tak i odtok z nádrže regulovat v rámci manipulace škrťacím poklopem. Byla zpracována řada variant ovládání. Otvor DN700 je zcela průtočný nezahrazený, nebo zahrazený škrťací clonou po kótu 324,20 m n.m. nebo 324,60 m n.m. anebo 325,08 m n.m. Také byla uvažována možnost zahrazeného otvoru clonou, přičemž otvor DN300 zajišťující průtok Q_a bude plně zanesen. Tím pádem veškerý odtok vody z nádrže nastane při hladině na kótě 325,08 m n.m. Tzn., že neovladatelný odtok zajistí bezpečnostní přeliv s ohledem kapacity odpadního potrubí ovlivněné dolní vodou od koryta pod nádrží.

3.6 HODNOCENÍ TRANSFORMAČNÍCH ÚČINKŮ

Hodnocení transformačních účinků bylo provedeno pro výše zmíněné varianty a podvarianty. První varianta popisuje stávající stav. U zbylých dvou variant se jedná o otvor umístěný ve spodní části sdruženého objektu. Otvory jsou umístěny ve spodní části nádrže při dně z důvodu zamezení jejího zanášení sedimenty.

U všech variant byly transformace provedeny pro průtok $Q_{100} = 6,61 \text{ m}^3/\text{s}$. Pro varianty 2) a 3) byly k zpřesnění provedeny transformace i pro průtoky $Q_{20} = 3,88 \text{ m}^3/\text{s}$ a $Q_{50} = 5,34 \text{ m}^3/\text{s}$

Hodnocení transformačních účinků navazuje na výše zmíněná variantní řešení. Pro přehlednost je zde uveden zjednodušený seznam variant.

Varianta 1 - Stávající stav

1A) Úplně vyhrazený požerák

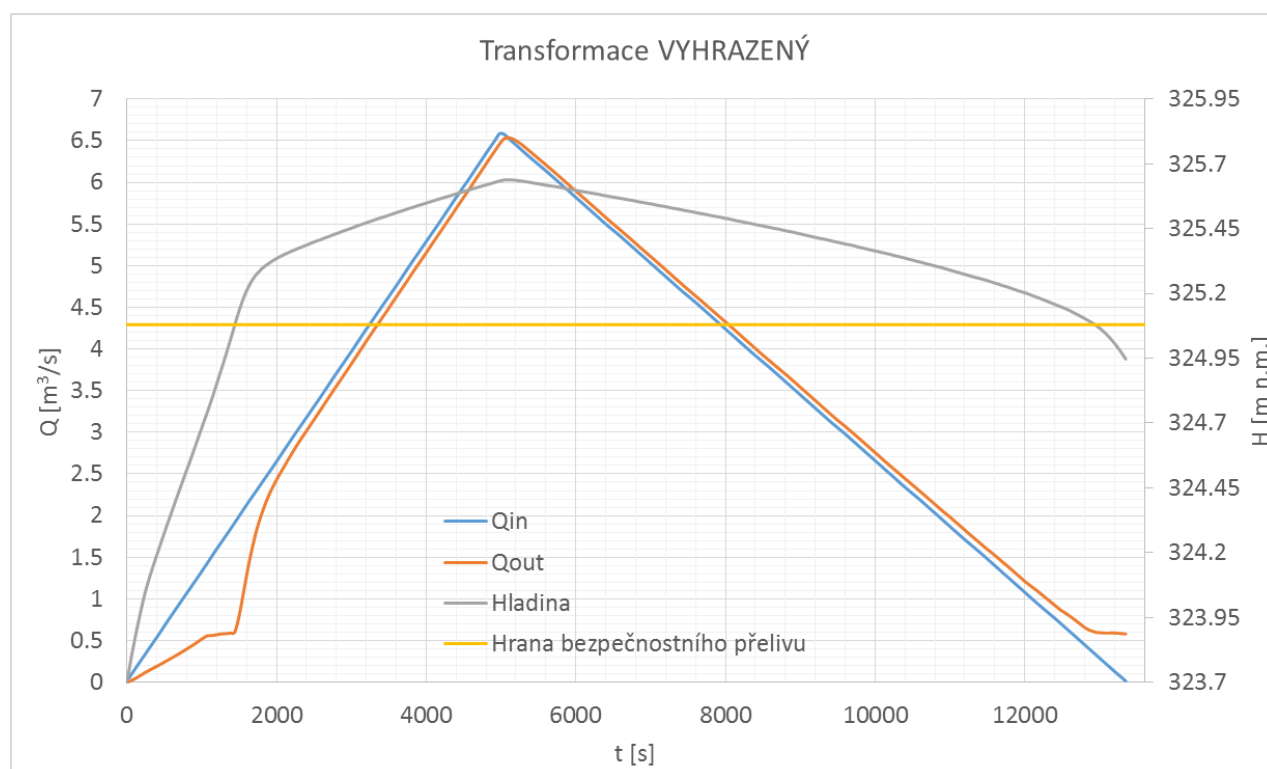
1B) Částečně zahrazený - požerák zahrazen dlužemi po kótu 324,40 m n.m.

1C) Zahrazený požerák - požerák zahrazen dlužemi po kótu 325,08 m n.m.

Varianta 2 - Otvor v dlužové stěně

2A) Částečně zahrazený požerák - požerák zahrazen dlužemi po kótu 324,40 m n.m.

2B) Zahrazený požerák - požerák zahrazen dlužemi po kótu 325,08 m n.m.

Varianta 3 - Otvor v bezpečnostním přelivu**3A) Otvor bez škrcení -****3B) Otvor se škrcením** - při dosažení hladiny na kótu 324,20 m n.m bude škrcení odstraněno**3C) Otvor se škrcením** - při dosažení hladiny na kótu 324,60 m n.m bude škrcení odstraněno**3D) Otvor se škrcením** - při dosažení hladiny na kótu 325,08 m n.m bude škrcení odstraněno**3E) Otvor se zaneseným škrcením****Varianta 1 - Stávající stav****Varianta 1A****Graf. (3.6.1) – Transformace povodňové vlny Q_{100} ve variantě 1.A**

V této variantě je nádrž prázdná. Graf. (3.6.1) znázorňuje, jak se z počátku bude retenční prostor nádrže napouštět. To je zapříčiněno tím, že odtok přes požerák je menší, než-li přítok vody do nádrže. Při dosažení hladiny kóty 325,08 m n.m. začne voda přepadat přes bezpečnostní přeliv, tím se hodnota odtoku vyrovná hodnotě přítoku do nádrže. Transformační křivka pro zmiňovanou variantu je v příloze D17.

Hladina dosáhne maximální kóty 325,64 m n.m.

Kóta koruny hráze je 365,50 m n.m.

Kulminační průtok činí 6,61 m³/s

Maximální odtok činí 6,54 m³/s

Varianta 1B

Při této variantě je nádrž naplněná po kótu 324,40 m n.m. Při porovnání přílohy D17 s přílohou D18 je patrné, že v této variantě je retenční schopnost nádrže menší, protože se v nádrži už určité množství vody nachází. Důvodem je zahrazený požerák po kótu 324,40 m n.m. Transformační křivka pro zmiňovanou variantu je v příloze D18.

Hladina dosáhne maximální kóty 325,64 m n.m.

Kóta koruny hráze je 365,50 m n.m.

Kulminační průtok činí 6,61 m³/s

Varianta 1C

Při této variantě je nádrž naplněná po kótu 325,00 m n.m. Retenční účinek v této variantě je nulový. Veškeré množství přitéklé vody okamžitě převede bezpečnostní přeliv. Transformační křivka pro zmiňovanou variantu je v příloze D19.

Hladina dosáhne maximální kóty 325,68 m n.m.

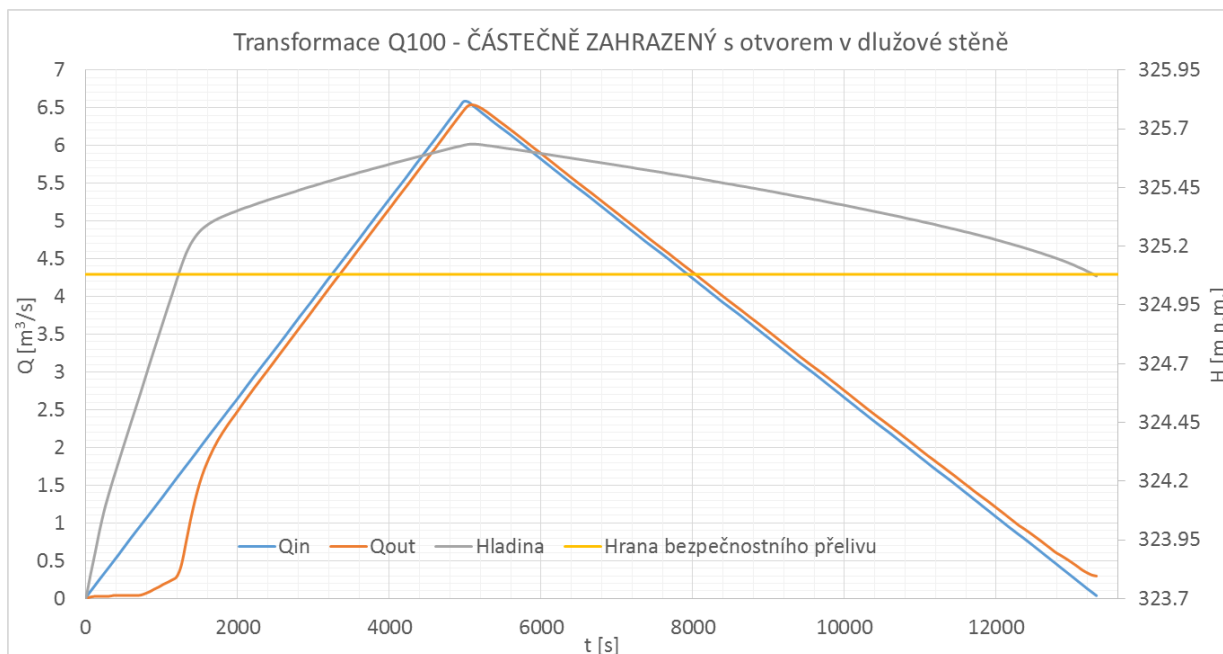
Kóta koruny hráze je 365,50 m n.m.

Kulminační průtok činí 6,61 m³/s

V příloze D20 je znázorněn graf transformačních křivek pro stávající stav. Tento graf zahrnuje společné transformace při daných variantách.

Varianta 2 - Otvor v dlužové stěně

Varianta 2A



Graf. (3.6.2) – Transformace povodňové vlny Q_{100} ve variantě 2.A

Hladina dosáhne maximální kóty 325,63 m n.m.

Kóta koruny hráze je 365,50 m n.m.

Kulminační průtok činí 6,61 m³/s

Maximální odtok činí 6,54 m³/s

Transformační křivka pro zmiňovanou variantu je v příloze D21. Přílohy D22 a D23 znázorňují variantu 2A při průtocích Q_{50} a Q_{20} .

Varianta 2B

Hladina dosáhne maximální kóty 325,63 m n.m.

Kóta koruny hráze je 365,50 m n.m.

Kulminační průtok činí 6,61 m³/s

Maximální odtok činí 6,54 m³/s

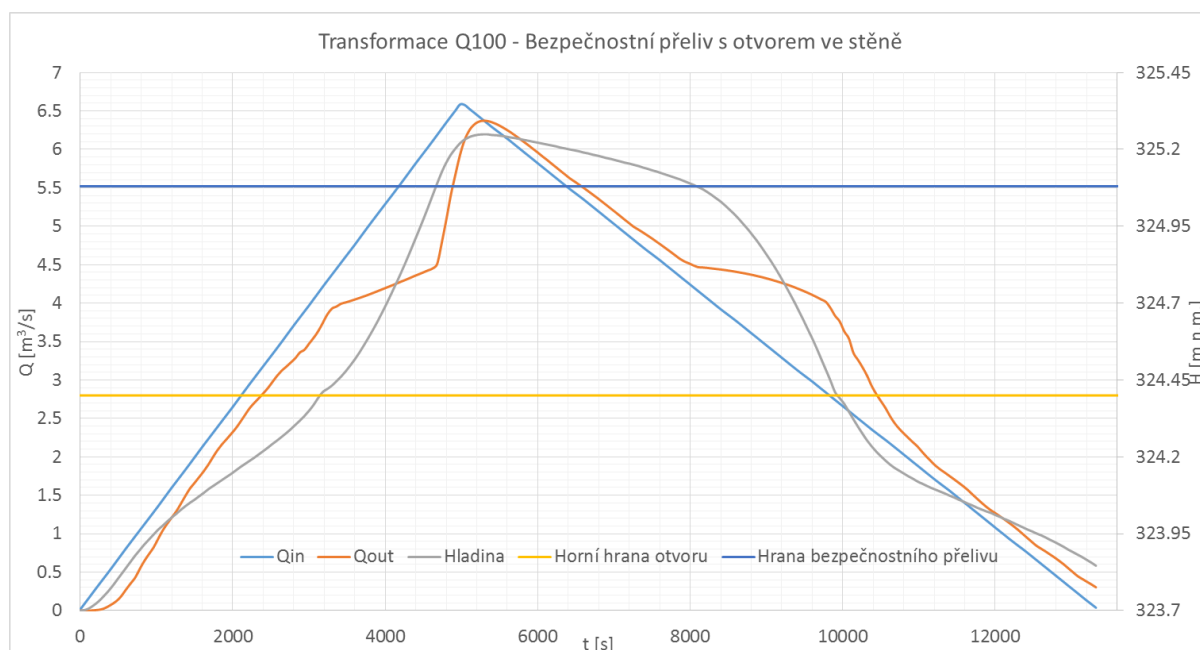
Transformační křivka pro zmiňovanou variantu je v příloze D24. Dále se v příloze D25 a D26 nachází transformační křivky pro zmiňovanou variantu v průtocích Q_{20} a Q_{50} .

Při variantách s otvorem ve dlužové stěně 2.A i 2.B je díky tomuto otvoru nárůst hladiny částečně pomalejší než, ve verzi 1) avšak výraznější rozdíly nejsou zřejmé.

V příloze D27 se nachází souhrnný graf transformačních křivek pro variantu s otvorem v dlužové stěně. Díky tomuto grafu je zde přehledněji vidět, jak se transformace mění vlivem manipulace. Dále se v příloze D28 a D29 nachází souhrnné transformační křivky pro průtoky Q_{20} a Q_{50} .

Varianta 3 - Otvor v bezpečnostním přelivu

Varianta 3A



Graf. (3.6.3)– Transformace povodňové vlny Q_{100} ve variantě 3.A

Při této variantě je z grafu (3.6.3) na první pohled viditelné, že k jisté transformaci dojde. Hladina v nádrži pozvolná stoupá. Důvodem je odtokový otvor DN700, který je při maximální tlakové výšce 1,38 m (hrana bezpečnostního přelivu) kapacitní pro průtok $4,4 \text{ m}^3/\text{s}$. Tento průtok je v rozmezí Q_{20} a Q_{50} což je maximální kapacita koryta pod VD.

Hladina dosáhne maximální kóty 325,25 m n.m.

Kóta koruny hráze je 365,50 m n.m.

Kulminační průtok činí $6,61 \text{ m}^3/\text{s}$

Maximální odtok činí $6,54 \text{ m}^3/\text{s}$

Transformační křivka pro zmiňovanou variantu je v příloze D30. Dále se v příloze D31 a D32 nachází transformační křivky pro průtoky Q_{20} a Q_{50} .

Varianta 3B

Příloha E5 znázorňuje odtokový otvor DN700, který je škrcen clonou s otvorem DN300. Odtok profilem DN300 zajišťuje odtok o kapacitě průměrného dlouhodobého průtoku $Q_a =$

15 l/s. Příloha D33 vypovídá o tom, že při škrtícím odtoku nastane relativně rychlý nárůst hladiny. V této podvariantě je uvažováno, že při nárůstu hladiny na kótu 324,20 m n.m. bude škrcení vyhrazeno a odtok z nádrže zajistí otvor DN700. Ve chvíli odstranění škrcení ustane tak prudký nárůst hladiny, ale nastane skokový nárůst průtokového množství v korytě pod hrází. (viz. tab.3.6.1)

Hladina dosáhne maximální kóty 325,26 m n.m.

Kulminační průtok činí 6,61 m³/s

Maximální odtok činí 6,54 m³/s

Transformační křivka pro zmiňovanou variantu je v příloze D33 Dále se v příloze D34 a D35 nachází transformační křivky pro průtoky Q_{20} a Q_{50} .

Varianta 3C

Příloha D36 je téměř totožná s přílohou D33, rozdíl způsobuje kóta hladiny, po kterou bude škrcení ponecháno

Hladina dosáhne maximální kóty 325,26 m n.m.

Kóta koruny hráze je 365,50 m n.m.

Kulminační průtok činí 6,61 m³/s

Maximální odtok činí 6,55 m³/s

Transformační křivka pro zmiňovanou variantu je v příloze D36 Dále se v příloze D37 a D38 nachází transformační křivky pro průtoky Q_{20} a Q_{50} .

Varianta 3D

Tato varianta je podobná variantě 2B. Rozdílným faktorem je to, že v této verzi je konstrukce požeráku odstraněna a tento prostor využit pro rozšíření bezpečnostního přelivu. Tím pádem hladina nedosáhne takové výškové úrovně jak při variantě 2B

Hladina dosáhne maximální kóty 325,48 m n.m.

Kóta koruny hráze je 365,50 m n.m.

Kulminační průtok činí 6,61 m³/s

Maximální odtok činí 6,57 m³/s

Transformační křivka pro zmiňovanou variantu je v příloze D39 Dále se v příloze D40 a D41 nachází transformační křivky pro průtoky Q_{20} a Q_{50} .

Varianta 3E

Na první pohled je příloha D42 totožná s přílohou D39 Nepatrný rozdíl, který se zde nachází je zanesený škrtící otvor DN300, který nepropouští žádné odtokové množství. Odtok z nádrže nastane až při přelévání bezpečnostního přelivu.

Hladina dosáhne maximální kóty 325,48 m n.m.

Kóta koruny hráze je 365,50 m n.m.

Kulminační průtok činí 6,61 m³/s

Maximální odtok činí 6,57 m³/s

Transformační křivka pro zmiňovanou variantu je v příloze D42 Dále se v příloze D43 a D44 nachází transformační křivky pro průtoky Q_{20} a Q_{50} .

V příloze D45 se nachází souhrnný graf transformačních křivek pro variantu s otvorem v bezpečnostním přelivu. Díky tomuto grafu je zde přehledněji vidět, jak se transformace mění vlivem manipulace. Dále se v příloze D46 a D47 se nachází pro tyto varianty transformační křivky pro průtoky Q_{20} a Q_{50}

Tab (3.6.1) – Souhrnná tabulka transformací

Kóta kuruny hráze		326.50	[m n.m.]
Kóta přelivné hrany bezpeč. Přelivu		325.08	[m n.m.]
Kapacita koryta pod VD - Q_{20}		3.88	[m ³ /s]
Hraniční kapacita koryta pod VD - $Q = 4.4$		4.4	[m ³ /s]

		H_{MAX}	$Q_{out\ MAX}$	Dojde k přelítí Koruny hráze ?	Dojde k odtoku vody z nádrže Bezpečnostním přelivem ?	Dojde při odtoku k přesáhnutí bezpečné kapacity koryta pod VD ?	Dojde při odtoku k přesáhnutí hraniční kapacity koryta pod VD ?
		[m n.m.]	[m ³ /s]				
Varianta 1	1A - Q_{100}	325.639	6.537	NE	ANO	ANO	ANO
	1B - Q_{100}	325.635	6.54	NE	ANO	ANO	ANO
	1C - Q_{100}	325.679	6.539	NE	ANO	ANO	ANO
Varianta 2	2A - Q_{100}	325.635	6.54	NE	ANO	ANO	ANO
	2A - Q_{50}	325.555	5.266	NE	ANO	ANO	ANO
	2A - Q_{20}	325.455	3.797	NE	ANO	NE	NE
	2B - Q_{100}	325.639	6.537	NE	ANO	ANO	ANO
	2B - Q_{50}	325.572	5.288	NE	ANO	ANO	ANO
	2B - Q_{20}	325.48	3.798	NE	ANO	NE	NE
Varianta 3	3A - Q_{100}	325.249	6.374	NE	ANO	ANO	ANO
	3A - Q_{50}	324.976	3.983	NE	NE	ANO	NE
	3A - Q_{20}	324.405	3.522	NE	NE	NE	NE
	3B - Q_{100}	325.259	6.549	NE	ANO	ANO	ANO
	3B - Q_{50}	325.145	4.944	NE	ANO	ANO	ANO
	3B - Q_{20}	324.409	3.873	NE	NE	NE	NE
	3C - Q_{100}	325.259	6.549	NE	ANO	ANO	ANO
	3C - Q_{50}	325.153	5.029	NE	ANO	ANO	ANO
	3C - Q_{20}	324.646	3.87	NE	NE	NE	NE
	3D - Q_{100}	325.458	6.565	NE	ANO	ANO	ANO
	3D - Q_{50}	325.404	5.291	NE	ANO	ANO	ANO
	3D - Q_{20}	325.334	3.824	NE	ANO	NE	NE
	3E - Q_{100}	325.479	6.565	NE	ANO	ANO	ANO
	3E - Q_{50}	325.426	5.292	NE	ANO	ANO	ANO
	3E - Q_{20}	325.359	3.828	NE	ANO	NE	NE

Tabulka (3.6.1) znázorňuje jednotlivé varianty a jejich podvarianty při transformačních účincích. Z tabulky je zřejmé že k přelítí koruny hráze by nemělo dojít. Dále je patrné, že jsme schopni pomocí této nádrže převést průtok Q_{50} pouze ve variantě 3A, i když je tok pod nádrží dimenzován na Q_{20} .

4 ZÁVĚR

V závěrečném hodnocení bude pozornost zaměřena na základní oblasti hodnocení a to otázky související s povodím nad nádrží, problematiku hodnocení koryta toku Točenky pod nádrží v obci Babice, možnosti úprav ve vztahu využití nádrže a jejím transformačním účinkům a hodnocení samotné nádrže z pohledu její bezpečnosti.

Tok nad nádrží protéká převážně přes zemědělsky obhospodařovanou půdu. Vlivem srážkoodtokových procesů v povodí jsou z polí transportovány sedimenty do toku. Proudící voda dále unáší tyto jemné sedimenty až do nádrže. K zamezení přísunu těchto sedimentů do toku by bylo přínosné se zaměřit na protierozní opatření v povodí jako je přerušení cest koncentrovaného odtoku (vybudování zatravněných pásů, průlehů a remízků v zemědělských plochách, které bezprostředně sousedí s tokem), doplnění vegetačních zón podél toku nebo upravit směr orby zemědělských strojů po vrstevnicích. Při orbě proti vrstevnicím vznikají malá korytka, kterými srážková voda proudí do toku a unáší s sebou jemné částice půdy. Řešení této problematiky nebylo hlavním úkolem a práce a bylo by nutné jí věnovat podrobnější studii.

Tok Točenka je veden, jak v přírodně tvořícím tak i v upraveném korytě. Nad nádrží je tok neupravený. V katastru obce Babice je tok upraven do dvou charakteristických průtočných profilů a to do tvaru lichoběžníku se svahy opevněným kamennou rovnatinou a do tvaru obdélníku z prefabrikovaných betonových dílců typu Beneš. Z hlediska opevnění je tok stabilizován a dostatečně chráněn proti vymílacím účinkům vody při vyšších průtocích. To znamená, že tok je dostatečně stabilizován i při průtocích, které zajistí „pročištění“ koryta od sedimentů z toku. Tok byl posuzován z hlediska stanovení jeho kapacity a jednak z hlediska zanášení koryta sedimenty přinášenými z povodí nad při realizaci průtočné nádrže. Lze konstatovat následující:

- z pohledu zanášení koryta je patrné, že hranice zanášení a odplavování sedimentu (rozhraní kdy dojde k vymílání) se pohybuje mezi průtoky Q_a a Q_1 . Lze tedy usoudit, že při jarním tání sněhové pokrývky nebo při podzimních častějších deštích, dojde při zvýšených průtocích v toku k pročištění koryta.
- Z pohledu kapacity byla ověřena návrhová kapacita na průtok $Q_{20} = 3,88 \text{ m}^3/\text{s}$, která byla dána projektem z roku 1999. Koryto v obci nepřevéde vyšší průtoky $Q_{50} = 5,34 \text{ m}^3/\text{s}$ a $Q_{100} = 6,61 \text{ m}^3/\text{s}$. Při těchto vyšších průtocích může dojít k vybřežení. Koryto bylo nově propočítáno a výsledky ukázaly, že pro uvažované parametry (viz kap. 3.3) je koryto kapacitní na Q_{20} s určitou rezervou a tomu odpovídá kapacitní průtok v korytě $i = 4,4 \text{ m}^3/\text{s}$. Při tomto průtoku hladina vody v korytě dosahuje cca na hranu břehových linií, tzn. při průtoku $Q = 4,4 \text{ m}^3/\text{s}$ není v korytě žádná bezpečnostní rezerva. Hodnota tohoto průtoku byla uvažovaná ve variantním řešení transformačních účinků nádrže jako referenční nebo neškodný odtok. To znamená, že byla ověřována skutečnost, zda při příchodu vyšších průtoků bude průtok nádrží transformovat alespoň na hodnotu $Q = 4,4 \text{ m}^3/\text{s}$. S touto hodnotou se sice nepohybujeme na straně bezpečné, ale je to maximum co koryto bez významnější škod převede.

Hlavním cílem práce bylo posoudit možnosti funkčního využití malé vodní nádrže a posoudit transformační účinky. Celkový objem nádrže je cca 3100 m^3 v případě uvažování $0,5 \text{ m}$ rezervy mezi hladinou a korunou hráze je objem 2250 m^3 . Při průtoku Q_{100} je celkový objem přitéklé vody cca $44\,000 \text{ m}^3$, u Q_{50} je to cca $29\,000 \text{ m}^3$ a při Q_{20} je celkový objem přitéklé vody $14\,290 \text{ m}^3$. Porovnání objemů povodňových průtoků a disponibilního objemu ukazuje,

že nádrž vzhledem k svému objemu neumožní výraznější transformaci a snížení kulminačních průtoků. Z provedeného hodnocení transformačních účinků vyplývá:

- Varianta 1

Sdružený objekt zůstává zachován nepozměněn ve stávajícím stavu. To znamená, že odtok vody z nádrže je převáděn požerákem a při zvýšeném přítoku se k odtoku zapojí bezpečnostní přeliv, který je dostatečně kapacitní na převedení průtoků větších jak Q_{100} . Pro variantu 1 bylo provedeno ověření kapacity a transformace povodňové vlny ve třech variantách, a to pro plné vyhrazení požeráku, pro částečné zahrazení požeráku dlužemi na kótu 324,40 m n.m. a pro úplné zahrazení na kótu 325,08 m n.m.. Odtoky vody z nádrže jsou v těchto variantách téměř totožné a primárně je určuje kapacita bezpečnostního přelivu. Dosažení maximálních výšek hladiny v nádrži je také podobné. U těchto třech podvariant zahrazení požeráku bylo provedeno posouzení pouze pro Q_{100} , kdy bylo dosaženo minimální transformace kulminačního průtoku o cca 0,04 m³/s. Maximální dosažená hladina při Q_{100} je cca 325,65 m n.m. pro všechny varianty. Nejnižší kóta koruny hráze je 326,50 m n.m. a tedy zůstává rezerva 0,85 m.

- Varianta 2

Sdružený objekt zůstává zachován s tím, že je v místě dlužové stěny doplněn výtokový otvor v úrovni dna o průměru DN200 (viz kap. 3.5). Jediný rozdíl oproti původnímu stavu představuje upravená dluže v požeráku (ocelová deska s uzávěrem). Úprava „dluže“ představuje otvor o velikosti DN200. Konstrukce bude umístěna v požeráku jako první od dna. Otvor zajistí odtok průměrného dlouhodobého průtoku vody z nádrže. Voda bude průběžně odtékat otvorem a trvale vyprázdněná. Při přítoku vyšších průtoků se začne nádrž plnit. Jakmile dosáhne hladina vody úrovně zahrazení požeráku (dle varianty na kótě 324,40 m n.m. resp. 325,08 m n.m.), tak odtok bude zajišťován mimo výtoku otvorem i přepadem přes dlužovou stěnu a následně i přes bezpečnostní přeliv. Při srovnání transformačních účinků nepřináší tato varianta výraznější rozdíly vzhledem k variantě 1. Relativně malý škrtící otvor způsobí snížení průtoků pouze v první části nástupní větve hydrogramu všech povodňových vln a transformace kulminačních průtoků je již minimální (přílohy D21 – D29)

- Varianta 3

V této variantě se předpokládá úprava sdruženého objektu, kdy stávající požerák bude kompletně odstraněn a volný prostor bude využit k rozšíření bezpečnostního přelivu. Čelní stěna bezpečnostního přelivu bude doplněna otvorem při dně nádrže o velikosti DN700. Zároveň se uvažuje s možností škrcení odpovídající cca otvoru DN300 a to buďto formou pootevření uzávěru o cca 10cm nebo doplněním uzávěru škrtící clonou s otvorem DN300. Varianta 3 je rozšířena o další podvarianty zohledňující ovládání clony při průtocích Q_{100} , Q_{50} a Q_{20} . Tato varianta přináší rozdílné výsledky oproti předešlým variantám. Pomocí ovládání škrtící clony lze korigovat hladinu vody v nádrži. Při trvalém ponechání škrcení na cca DN300 je transformace povodňové vlny obdobná, jak ve variantách 1 a 2. Rozdíl nastává při plném vyhrazení uzávěru, tzn. odtok je trvale zajištěn otvorem DN700. V této podvariantě je nádrž schopna transformovat povodňovou vlnu při průtoku Q_{50} přibližně na úroveň neškodného odtoku vody z nádrže o hodnotě $Q = 4,4$ m³/s. Maximální úroveň hladiny v nádrži při průtoku Q_{50} je na kótě 325,00 m n.m. tzn. že nedojde k přetékání přelivné hrany bezpečnostního přelivu, která je na kótě 325,08 m n.m. Při průtoku Q_{100} je hladina na

kótě cca 325,30 m n.m., tzn. že rezerva, která představuje rozdíl této úrovně hladiny a úrovně nejnižšího místa koruny hráze je 1,3 m.

Z posuzovaných variant se s ohledem na možnosti transformace jeví jako nejvýhodnější varianta 3A, kdy je trvale otvor DN700 vyhrazen. Další varianty neumožní tak efektivní transformaci.

Diskutovaná byla rovněž varianta kompletního odstranění hráze. Z hlediska zhoršení ochrany obce nezpůsobí tato varianta významnější změnu. Mírný příspěvek je při průtocích Q_{20} až Q_{50} ve srovnání s variantou 3A (viz. výše). Vzhledem k finanční náročnosti lze považovat odstranění hráze za málo přínosné.

Jako nejvhodnější se tedy jeví varianta 3A – bezpečnostní přeliv – otvor DN700 - uzavěr umožní v případě potřeby nadržení v MVN nebo vodu pro propláchnutí koryta v obci.
Stručný popis technického řešení – úpravy

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] ČSN 75 2410 - Malé vodní nádrže
- [2] ČSN 75 2310 - Sypané hráze
- [3] Hydraulika s hydrologie J.Jandora modul1
- [4] Hydraulika pro vodohospodářské stavby B.Boor,J,Kunštatský,C.Patočka
- [5] JANDORA Jan, ŠULC Jan. Hydraulika. Brno 2006
- [6] RAPLÍK, Milan. Úprava tokov. 1. vyd. Bratislava: Alfa, 1989, 638 s. ISBN 80-050-0128-2.
- [7] JANDORA Jan, UHMANNOVÁ Hana. Proudění v systémech říčních koryt. Brno 2006
- [8] ŠLEZINGR, Miloslav. Hydrotechnické stavby I. Brno 2005
- [9] PATOČKA, Cyril. Úpravy toků. 1. vyd. Praha: Nakladatelství technické literatury, 1989, 397 s. ISBN 80-030-0203-6
- [10] KONVIČKA, M. Et al. Územní plán sídelního útvaru Kelč. [s. L.] : [s. N.], 1995.131 s.
- [11] Ven Te Chow, David R. Maidment, Larry W. Mays - *Applied hydrology*

SEZNAM TABULEK

Tab. (2.1.3.1) - Globální parametry nádrže	14
Tab. (2.1.3.2) - Tabulka tříd dle bodového hodnocení.....	14
Tab. (2.3.1.1)– Součinitel výtoku otvorem	24
Tab. (2.3.1.2) [5]	26
Tab. (2.3.2.1) – Hodnoty Manningova drsnostního součinitele n pro otevřená koryta	29
Tab. (3.2.1) - Hydrologické údaje povrchových vod	38
Tab. (3.2.2) - Odvozená hydrologická data pro tok Jasenov.....	38
Tab. (3.2.3) – Tabulka znázorňující hodnoty batygrafických křivek.....	40
Tab (3.3.1) - Přehled hladinových rezerv u mostních konstrukcí při různých průtocích.....	46
Tab (3.3.2) - Přehled hladinových rezerv ve vybraných profilech při různých průtocích	47
Tab (3.3.3) – Tabulka znázorňující usazování sedimentů v korytě při různých průtocích	48
Tab (3.6.1) – Souhrnná tabulka transformací.....	68

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. (2.1) - Batygrafické křivky.....	16
Obr. (2.2) - Funkční prostor v nádrži [3].....	17
Obr. (2.3) - Schéma srážkoodtokového procesu v povodí [3]	18
Obr. (2.4) - Transformace povodně retenčním prostorem neovladatelným [3]	19
Obr. (2.5) - Typy přelivů a přepadů: a) ostrohranný přeliv, dokonalý přepad; b) přeliv typu jezové těleso s obdélníkovým příčným profilem; c) přeliv typu široká koruna, dokonalý přepad; d) ostrohranný přeliv, nedokonalý přepad; e) přeliv bez bočního zúžení; f) přeliv s bočním zúžením.	20
Obr. (2.6) - Typy přelivů: a) čelní přeliv; b) přeliv šikmý; c) přeliv obloukový; d) přeliv lomený; e) boční přeliv	21
Obr. (2.7) - Přepad přes přeliv obecného průřezu	21
Obr. (2.8) - Schéma výtoku otvorem.....	24
Obr. (2.9) – Rozdělení koryta na úseky s rovnoměrným rozšířením či zúžením a se změnami podélného sklonu dna koryta. [7]	27
Obr. (3.1) – Mapa zájmového území.....	34
Obr. (3.2) – Mapa povodí.....	35
Obr. (3.3) – Geologická mapa.....	37
Obr. (3.4) - Koryto nad hrází.....	41
Obr. (3.5) - Pohled na koryto pod hrází	42
Obr. (3.6) - Lichoběžníkový tvar koryta v obci	42
Obr. (3.7) - Schéma podélného řezu korytem od soutoku Točenky a Juhyně po spodní výpust nádrže. Příklad výstupů z programu HEC-RAS.....	44
Obr.(3.8) - Pohled na příjezdové mosty v místech 0,635 km a 0,650 km.....	45
Obr. (3.9) - Pohled na soutok toku Točenky s tokem Jasenov.....	46
Obr. (3.10) - Nádrž před těžbou sedimentů (pohled z koruny hráze)	49
Obr. (3.11) - Nádrž při těžbě sedimentů (pohled z levého břehu nádrže).....	49
Obr.(3.12) - Nádrž po vyčištění (pohled z koruny hráze)	49
Obr. (3.13) - Tělesa hráze (pohled na hráz a odpadní štolu z koryta pod hrází).....	50
Obr. (3.14) - Sdružený objekt hráze (pohled z nádrže).....	51
Obr. (3.15) - Požerák - šipka znázorňující směr proudění (pohled z nádrže)	52
Obr. (3.16) - Bezpečnostní přeliv - znázornění česlí (pohled z nádrže).....	53
Obr. (3.17) - Odpadní štola (pohled ze vzdušného líce)	54
Obr. (3.18) - Odpadní štola- při výpočtu kapacity byl stávající profil nahrazen kruhovým	54
(pohled ze vzdušného líce).....	54

SEZNAM GRAFŮ

Graf. (3.2.2) – Batygrafické křivky nádrže	40
Graf. (3.3.1) – Měrné křivky	43
Graf. (3.5.1) – Měrná křivka sdruženého objektu ve variantě 1.A	56
Graf. (3.5.2) – Měrná křivka sdruženého objektu ve variantě 2.A	58
Graf. (3.5.3) – Měrná křivka sdruženého objektu ve variantě 3.A	60
Graf. (3.6.1) – Transformace povodňové vlny Q_{100} ve variantě 1.A	63
Graf. (3.6.2) – Transformace povodňové vlny Q_{100} ve variantě 2.A	65
Graf. (3.6.3) – Transformace povodňové vlny Q_{100} ve variantě 3.A	66

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

d_{60} ...hodnota, kde celková hmotnost všech zrn je 60% z celkové hmotnosti [mm]

d_{10} ...hodnota, kde celková hmotnost všech zrn je 10% z celkové hmotnosti [mm]

τ ...je tečné napětí [Pa]

d ...průměr zrna splavenin [mm]

c_1, c_2 ...opravný součinitel objemu částic a polohy částice do horizontální roviny [-]

g ...gravitační zrychlení [m/s^2]

ρ_s, ρ ...měrná hmotnost splavenin a vody [kg/m^3]

α ...úhel odklonu dané plochy od vodorovné [o]

u ...dnová podélná rychlost [m/s]

C_L ...součinitel zdvihové síly [-]

α ...Coriolisovo číslo [-]

ζ ...součinitel místní ztráty [-]

ΔL ...délka úseku [m]

v ...průměrná rychlost [m/s]

C ...rychlostní součinitel [$\text{m}^{1/2}/\text{s}$]

R ...hydraulický poloměr [m]

i ...sklon čáry energie [-]

S ...průměrná plocha [m^2]

O ...omočený obvod [m]

n ...drsnostní součinitel [-]

d_s ...55% hodnota zrna z křivky [mm]

K ...modul průtoku [m^3/s]

d_e ...velikost efektivního zrna [mm]

C_T ...tvarový součinitel [-]

M ...modul homogeneity

h ...hloubka vody [m]

R_d ...hydraulický poloměr dna [m]

d ...velikost zrna dna [mm]

τ_{od} ...průměrné tečné napětí dna [Pa]

τ_{os} ...průměrné tečné napětí svahu [Pa]

b ...šířka dna [m]

m ...poměr svahu 1: m [-]

n_d, n_s ...stupeň drsnosti na dně a na svahu [-]

b_s ...délka svahu ode dna po hladinu [m]

v_d ...průřezová rychlost příslušná průtočné ploše nade dnem S_d [m/s]

v_s ...průřezová rychlost příslušná průtočné ploše nade svahy S_s [m/s]

v_n ...nezanášecí rychlost [m/s]

v ...průřezová rychlost [m/s]

v_v ...vymílací rychlost [m/s]

d_{90} ...zrno materiálu dna příslušné kvantilu 90% křivky zrnitosti [mm]

d_{95} ...zrno materiálu dna příslušné kvantilu 95% křivky zrnitosti [mm]

μ ...dynamická viskozita vody [Pa*s]

ε ...úhel svahu [o]

v'_{max} ...maximální relativní podélná rychlost na svislici [m/s]

PŘÍLOHY

SEZNAM PŘÍLOH

A) MAPY

A.1 – Globální mapa zájmového území

A.2 – Mapa zájmového území

A.3 – Mapa povodí

B) TABULKY

B.1 – Zanášení koryta

B.2 – Kapacita odtoků pro variantu 1A

B.3 – Kapacita odtoků pro variantu 1B

B.4 – Kapacita odtoků pro variantu 1C

B.5 – Kapacita odtoků pro variantu 2A

B.6 – Kapacita odtoků pro variantu 2B

B.7 – Kapacita odtoků pro variantu 3A

B.8 – Kapacita odtoků pro variantu 3B

B.9 – Kapacita odtoků pro variantu 3C

B.10 – Kapacita odtoků pro variantu 3D

B.11 – Kapacita odtoků pro variantu 3E

C) GRAFICKÉ VÝSTUPY Z HEC-RAS

C.1 - Schéma podélného profilu toku Točenky pro Q_{20}

C.2 - Schéma toku Točenky pro Q_{20} - DETAIL

D) GRAFY

Batyhrafie:

D.1 – Batygrafické křivky

Kapacita:

D.2 - Varianta 1A

D.3 - Varianta 1B

D.4 - Varianta 1C

D.5 - Varianta 1 - SOUHRN
D.6 - Varianta 2A
D.7 - Varianta 2A - DETAIL
D.8 - Varianta 2B
D.9 - Varianta 2B - DETAIL
D.10 - Varianta 2 - SOUHRN
D.11 - Varianta 3A
D.12 - Varianta 3B
D.13 - Varianta 3C
D.14 - Varianta 3D
D.15 - Varianta 3E
D.16 - Varianta 3 - SOUHRN

Transformace:

D.17 - Varianta 1A
D.18 - Varianta 1B
D.19 - Varianta 1C
D.20 - Varianta 1 - SOUHRN
D.21 - Varianta 2A pro Q_{100}
D.22 - Varianta 2A pro Q_{50}
D.23 - Varianta 2A pro Q_{20}
D.24 - Varianta 2B pro Q_{100}
D.25 - Varianta 2B pro Q_{50}
D.26 - Varianta 2B pro Q_{20}
D.27 - Varianta 2 - SOUHRN pro Q_{100}
D.28 - Varianta 2 - SOUHRN pro Q_{50}
D.29 - Varianta 2 - SOUHRN pro Q_{20}
D.30 - Varianta 3A pro Q_{100}
D.31 - Varianta 3A pro Q_{50}
D.32 - Varianta 3A pro Q_{20}
D.33 - Varianta 3B pro Q_{100}
D.34 - Varianta 3B pro Q_{50}
D.35 - Varianta 3B pro Q_{20}
D.36 - Varianta 3C pro Q_{100}

- D.37 - Varianta 3C pro Q_{50}
- D.38 - Varianta 3C pro Q_{20}
- D.39 - Varianta 3D pro Q_{100}
- D.40 - Varianta 3D pro Q_{50}
- D.41 - Varianta 3D pro Q_{20}
- D.42 - Varianta 3E pro Q_{100}
- D.43 - Varianta 3E pro Q_{50}
- D.44 - Varianta 3E pro Q_{20}
- D.45 - Varianta 3 - SOUHRN pro Q_{100}
- D.46 - Varianta 3 - SOUHRN pro Q_{50}
- D.47 - Varianta 3 - SOUHRN pro Q_{20}

E) VÝKRESY

- E.1 – Situace
- E.2 – Podélný profil
- E.3 – Varianta 1
- E.4 – Varianta 2
- E.5 – Varianta 3
- E.6 – Situace hráze
- E.7 – Řezy hrází