

České vysoké učení technické v Praze

Fakulta stavební

Katedra hydrotechniky



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2018

Nela TOMANOVÁ

České vysoké učení technické v Praze

Fakulta stavební

Katedra hydrotechniky



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**Technické a vodohospodářské posouzení
MVN Javornice a návrh nápravných opatření**

**Technical and Hydraulic Assessment of the Small
Dam Javornice and Design of Remedial Measures**

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Miroslav Brouček, PhD.

Květen 2018

Nela TOMANOVÁ



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Tomanová

Jméno: Nela

Osobní číslo: 439016

Zadávací katedra: K142 - Katedra hydrotechniky

Studijní program: Stavební inženýrství - B3651

Studijní obor: Vodní hospodářství a vodní stavby

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Technické a vodohospodářské posouzení MVN Javornice a návrh nápravných opatření

Název bakalářské práce anglicky: Technical and Hydraulic Assessment of the Small Dam Javornice and Design of Remedial Measures

Pokyny pro vypracování:

V rámci bakalářské práce zpracujte: podrobný popis technického stavu hráze a objektů MVN Javornice, analýzu hydrologických a hydrotechnických podkladů, ověření kapacity výpustných zařízení, posouzení bezpečnosti vodního díla během povodní i v normálním provozu a navrhnete opatření pro zvýšení bezpečnosti a splnění požadavků vyplývajících z platné legislativy.

Seznam doporučené literatury:

Přehrady, Broža, V., Kratochvíl, J., Peter, P., Votruba, L., 04-728-87, SNTL 1987

ČSN 75 2340 Navrhování přehrad - Hlavní parametry a vybavení

ČSN 75 2410 Malé vodní nádrže

ČSN 75 2935 Posuzování bezpečnosti vodních děl při povodních

Vyhláška MZe č. 590/2002 Sb. o technických požadavcích pro vodní díla

Rybníky a účelové nádrže – skriptum, Vrána, Beran ČVUT 2002

Rybníky a účelové nádrže, Šálek, Mika, Tresová, SNTL Praha 1989

Jméno vedoucího bakalářské práce: Miroslav Brouček

Datum zadání bakalářské práce: 21.2.2018

Termín odevzdání bakalářské práce: 27.5.2018

Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

21.2.2018

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracovala samostatně a že jsem uvedla veškeré použité informační zdroje v souladu s metodickým pokynem ČVUT 1/2009 „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

.....

Místo zpracování, datum

.....

jméno a příjmení

Poděkování

Ráda bych poděkovala panu Jiřímu Jindrovi za ochotu při poskytnutí podkladů a za řadu informací při pochůzce v terénu na MVN Javornice a doc. Dr. Ing. Pavlu Fošumpaurovi za poskytnutí tvaru povodňové vlny. Dále chci poděkovat příteli, rodině a kamarádům za neutichající podporu a trpělivost během dokončování práce. A v neposlední řadě chci poděkovat vedoucímu práce, Ing. Miroslavu Broučkovi, PhD., za rady během konzultací.

ABSTRAKT

Předmětem této práce je technické a vodohospodářské posouzení malé vodní nádrže Javornice na Rychnovsku. Součástí práce je obecné pojednání o nádržích a charakteristika a druhy jednotlivých objektů na malých vodních nádržích, jakožto obecné zainteresování čtenáře do problematiky. Dále se práce zabývá konkrétněji problematikou malé vodní nádrže Javornice, tedy posouzením technického stav hráze, spodní výpusti, bezpečnostního přelivu i nádrže, vodohospodářskou problematikou, tedy posouzením díla a kapacity objektů, a konečně práce řeší konkrétní problémy vodního díla, tedy průsak skrze hráz a nekapacitní přeliv, a návrh možných opatření.

KLÍČOVÁ SLOVA

Malá vodní nádrž, technické posouzení, vodohospodářské posouzení, průsak, boční přeliv

ABSTRACT

The main concept of this thesis is a technical and hydraulic assesment of the small dam Javornice in Rychnovsko. Part of the thesis contains basic information about dams, basic characteristics and types of objects on small dam as basic information for readers. The thesis also deals with problems of small dam Javornice specifically, like a technical quality and assesment of dam, bottom outlet, security overflow and basin, hydraulic problems and its assesment and capacity of overwlof, and finally the thesis sumarises problems of small dam Javornice, like a infiltrate threw dam non-capacity overwlof and design of solutions to mentioned problems.

KEY WORDS

Small dam, technical assessment, hydraulic assesment, dam seepage, side overflow

Obsah

1.	PŘEDSTAVENÍ CÍLŮ PRÁCE	3
2.	ÚVOD.....	4
3.	TEORETICKÝ ÚVOD DO PROBLEMATIKY	5
3.1.	Základní funkce a účely nádrže.....	5
3.2.	Dělení nádrží	6
3.3.	Druhy objemů v nádrži	7
3.4.	Hráz a objekty – popis a dělení.....	8
3.4.1.	Hráz	8
3.4.2.	Výpustná zařízení	10
3.4.3.	Bezpečnostní přelivy	13
4.	PRAKTICKÁ ČÁST - MVN JAVORNICE	15
4.1.	POSOUZENÍ TECHNICKÉHO STAVU	18
4.1.1.	Hráz	18
4.1.2.	Spodní výpust	20
4.1.3.	Bezpečnostní přeliv	24
4.1.4.	Nádrž a Javornický potok.....	26
4.1.5.	Odběrné potrubí.....	28
4.2.	VODOHOSPODÁŘSKÉ POSOUZENÍ.....	30
4.2.1.	Podklady	30
4.2.2.	Stanovení minimální odtoku	31
4.2.3.	Charakteristika nádrže.....	31
4.2.4.	Posouzení VD za povodní	34
4.2.5.	Konzumční křivky objektů	35
4.2.6.	Stanovení hydrogramu povodňové vlny	38
4.3.	NÁVRH ŘEŠENÍ PROBLÉMŮ	42
4.3.1.	Průsak hrází	42

4.3.2.	Nový bezpečnostní přeliv	46
4.3.2.1.	Výpočet délky přelivné hrany	46
4.3.2.2.	Návrh bočního přelivu.....	48
4.3.3.	Posouzení díla za povodní	51
5.	ZÁVĚR.....	53
6.	SEZNAM ZDROJŮ A POUŽITÉ LITERATURY.....	55
7.	SEZNAM ZKRATEK.....	56
8.	SEZNAM OBRÁZKŮ	57
9.	SEZNAM GRAFŮ.....	59
10.	SEZNAM TABULEK	59
11.	SEZNAM PŘÍLOH	I

1. PŘEDSTAVENÍ CÍLŮ PRÁCE

Cílem této práce je zhodnotit aktuální stav MVN Javornice a navrhnout opatření pro zvýšení bezpečnosti tohoto díla. Technický stav vodního díla bude ověřen přímo z terénu, posouzení díla za povodní, tj. srovnání kontrolní maximální hladiny s mezní bezpečnou hladinou pak výpočtem. V případě, že vodní dílo nevyhoví při posuzování, budou navržena nápravná opatření, bude se jednat zřejmě o nový kapacitní přeliv a řešení průsaků, popř. další.

Pro práci je nutné si detailně prostudovat podklady, zhotovit potřebnou fotodokumentaci v terénu a zjistit a ověřit rozměry díla a objektů. Následně z dostupných dat a změřených hodnot z terénu vypracovat výkresovou dokumentaci aktuálního stavu. Během pochůzky je třeba ověřit stav spodní výpusti, bezpečnostního přelivu a hráze.

Při nevyhovění posouzení za povodní je cílem této práce navrhnout vhodná opatření, tj. provést hydrotechnický návrh nového bezpečnostního přelivu, jeho zjednodušenou výkresovou dokumentaci a následně vypracovat transformaci povodňové vlny vodním dílem při novém přelivu.

Dalším cílem práce je navrhnout opatření pro řešení průsaků a dalších problémů zjištěných během vypracování práce.

2. ÚVOD

Bakalářská práce se zabývá technickým a vodohospodářským posouzením malé vodní nádrže Javornice a návrhem nápravných opatření. Vodní nádrž Javornice se nachází v okrese Rychnov nad Kněžnou a spadá pod správu Povodí Labe, s.p. Svým rozsahem se jedná o malou vodní nádrž se zásobním objemem 22 616 m³. Jedná se o nádrž s hrází půdorysně přímou, koruna hráze je průjezdná (příjezd k místní pastvině).

Celá práce je členěna do několika tematických částí. První část je obecné seznámení s danou problematikou pro pochopení látky i nezainteresovaným čtenářem. Vystihuje, co je to nádrž, jaké má objemy, jaké jsou jejich druhy a jaké objekty jsou součástí vodních nádrží. Vodohospodářské řešení je obecně popsáno v kapitole 4.2 a 4.3, jakožto samostatný úvod k počítané problematice pohromadě s výpočty přímo týkajícími se vodního díla Javornice.

Druhá část práce se věnuje technickému stavu díla, respektive popisu jednotlivých objektů a částí vodního díla, jakožto i nastínění jejich problémů, kterým se podrobně věnuje čtvrtá část. V kapitole je uveden popis, stav a posouzení. Aktuální rozměry naměřené při pochůzce v terénu jsou přehledně zpracovány ve výkresové dokumentaci (v příloze).

Třetí část práce se zabývá vodohospodářským posouzením, jedná se o výpočtovou část. Kapitola pojednává zejména o posouzení díla za povodní a k němu potřebných výpočtů, kde práce blíže přiblíží problematiku jednotlivých užitých výpočetních postupů obecně.

Čtvrtá část práce je věnována problémům zjištěným na samotném vodním díle (ať už přímo z terénu nebo po výsledcích z vodohospodářského posouzení) a návrhu nápravných opatření, jakožto řešení daných problémů. Tato část je rozdělena po kapitolách věnovaných vždy samostatně danému problému.

Poslední částí je přílohová, zejména pak grafická část obsahující výkresovou dokumentaci stávajícího stavu hráze, bezpečnostního přelivu a výpustného zařízení, a navržených opatření.

3. TEORETICKÝ ÚVOD DO PROBLEMATIKY

V této kapitole se práce zabývá tématem vodních nádrží obecně a jejím cílem je přiblížit čtenáři toto téma a učinit mu tak větší rozhled, a následně pomůže ke komplexnějšímu pohledu na problémy a navržená řešení na vodním díle Javornice.

Vodní nádrž

Pojem vodní nádrž je definován jako zemní prostor sloužící k hospodaření s vodou, a to díky transformování časového průběhu přítoku a odtoku. Nejčastěji nádrž slouží k akumulaci vody a jejímu pozdějšímu využití, dále k zachycení zvýšených průtoků nebo k vytvoření vhodného prostředí pro vodní živočichy i rostlinstvo. (1)

Malá vodní nádrž

Aby nádrž byla definována jako malá vodní nádrž, musí splnit dva předpoklady: hloubka nádrže v nejhlubším místě (mimo koryto napájecího toku a lokální prolákliny) musí být menší než 9 metrů, a objem po hladinu zásobního prostoru (hladina normálního nadržení) není větší než 2 miliony m³. (2) (3) Vodní dílo Javornice je charakterizováno jako malá vodní nádrž, proto se tato práce dále zabývá malými vodními nádržemi.

3.1. Základní funkce a účely nádrže

Funkce a účely nádrží jsou uvedeny na obrázku 1.

Nádrž podle funkce:	Účel nádrže:
Zásobní	Zásobování obyvatelstva pitnou vodou Zásobování průmyslu užitkovou vodou Zásobování zemědělství vodou Zásobování závlah vodou Nalepčování minimálních průtoků v toku Nalepšování průtoků pro plavbu Vytvoření zásoby vody pro využití vodní energie
Ochranná	Ochrana před povodněmi
Vytváření vodního prostředí	Rekreace na nádrži Chov ryb a vodní drůbeže na nádrži Pěstování rostlin na hladině nádrže
Upravující vlastnosti vody	Usazovací nádrže Chladicí nádrže Předeřivací nádrže
Zachycující splaveniny a odpady	Záchytné nádrže Kalové nádrže, odkaliště

Obr. 1: Dělení funkcí a účelů nádrží, zdroj: (1)

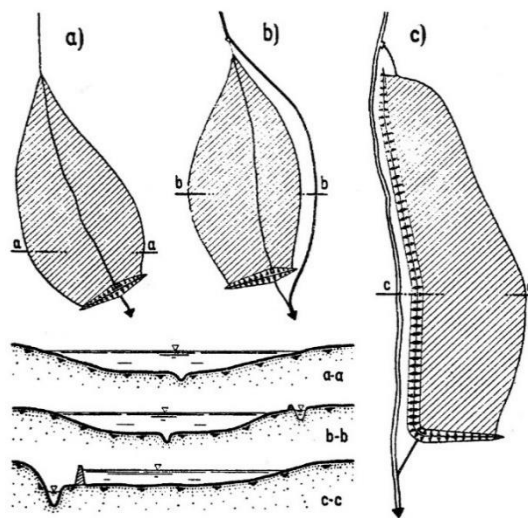
3.2. Dělení nádrží

Nádrže lze dělit dle několika hledisek, a to podle vzniku, umístění vzhledem k terénu, vzhledem k poloze vůči toku, délky cyklu a dle funkce a účelu, které zastávají (kapitola 3.1).

Podle vzniku

- Přírodní – tj. jezera, nutné vybudovat odtokové zařízení (1)
- Umělé – vybudované člověkem

Vzhledem k vodnímu toku – na obrázku 2 je a) průtočná, b) postranní a c) boční.



Obr. 2 - Dělení nádrží vzhledem k toku, zdroj:

http://hgf10.vsb.cz/546/Ekologicke%20aspekty/cviceni/cviceni_lenticky/images/image001.jpg

- Průtočná
- Postranní – na vedlejším toku (např. morfologicky lepší území), nutná dotace vodou z hlavního toku
- Boční – využívána např. za vyšších průtoků pro rozlití vody (1)

Podle délky cyklu

Cyklus je doba, za kterou se nádrž zcela nebo jen částečně vyprázdní a následně naplní.

- Sezónní – kratší než jeden rok
- Víceleté – nádrž se během suchých období vyprázdní, ale vodné období ji nenaplní

Délka cyklu může být i denní nebo týdenní – např. u nádrží pro vodárenské účely – vodojemy, nebo u přečerpávacích nádrží pro vykrytí špičky.

Podle umístění vzhledem k povrchu

- Hloubené – je zapotřebí jáma, která se zaplní vodou
- Hrázové – naopak od hloubených navršit vůči povrchu hráze, která zadrží vodu
- Polozapuštěné – při nedostatečné hloubce navršit hráze

Podle zdroje vody

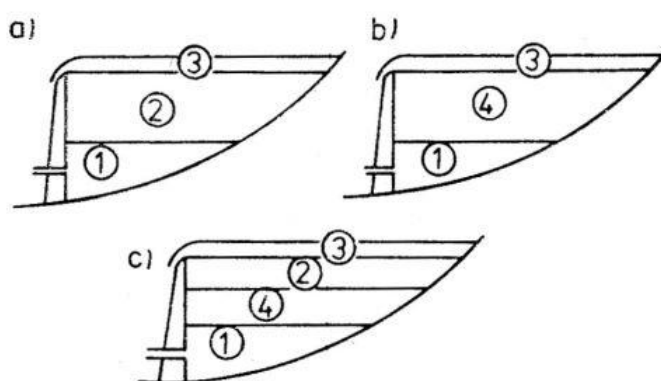
- Povrchové – vodním tokem, nebo srážková voda (vznikají tzv. nebeské rybníky) (4)
- Podpovrchové – prameny, studny nebo jímací zářezy

Podle přívodu vody

- Průtočné – dochází k časovému zdržení vody
- Neprůtočné – boční a obtokové

3.3. Druhy objemů v nádrži

Celkový objem v nádrži rozdělujeme do několika dílčích částí, a to na prostor stálého nadržení, zásobní a retenční prostor. Má-li nádrž pouze ochrannou (respektive zásobní) funkci, pak se její objem dělí na prostor stálého nadržení a retenční (respektive zásobní) prostor. (1) Jedná-li se o přehradní nádrže, tj. nádrže velkých objemů, zpravidla mívají i mrtvý prostor. Jedná se o prostor, který nelze nikterak vypustit žádným výpustným zařízením. Tento prostor se nachází ode dna po úroveň dolní hrany výpustného zařízení.



Obr. 3 - Dělení objemů v nádrži, zdroj: <http://hgf10.vsb.cz/546/VHZ3/pictures/image009.jpg>

Na obrázku 3 je nádrž s ochrannou funkcí (a), se zásobní funkcí (b) a smíšená nádrž (c). Kde 1 je prostor stálého nadržení, 2 ovladatelný ochranný prostor, 3 neovladatelný ochranný prostor a 4 zásobní prostor.

Prostor stálého nadržení

V každé nádrži (nejedná-li se o nádrž suchou, jež není předmětem této práce) je prostor stálého nadržení sloužící k zajištění dostatečně vodného prostředí pro vodní živočichy i rostliny a pro zajištění minimální hladiny pro případnou vodní elektrárnu. Jedná se o prostor umístěný nejnižší v nádrži. Součástí prostoru stálého nadržení je mrtvý prostor, který nelze vyprázdnit gravitačním způsobem, jde se o prostor mezi dnem nádrže a spodní hranou základové výpustě, u malých vodních nádrží není obvykle tento prostor navrhován. S objemem vody v prostoru stálého nadržení se nehospodaří, jedná se zpravidla o vodu horší jakosti s vyšším počtem nečistot. (1)

Zásobní prostor

Jedná se zpravidla o největší objem vody v nádrži. Nachází se nad prostorem stálého nadržení. V tomto prostoru je prováděno hospodaření s vodou, respektive odběry vody pro vodárenské a jiné účely. (1) Zásobní prostor musí pojmout vypočtený objem z vodohospodářského řešení.

Retenční prostor

Nad objemem zásobním se nachází objem retenční nazýván také ochranný. Tento prostor začíná na kótě hladiny zásobního prostoru. Lze ho rozdělit na ovladatelný a neovladatelný. Ovladatelný prostor plynule navazuje na zásobní prostor až do kóty hrany bezpečnostního přelivu. Neovladatelným prostorem nazýváme objem v nádrži začínající na kótě hrany bezpečnostního přelivu a končící kótou maximální hladiny.

3.4. Hráz a objekty – popis a dělení

3.4.1. Hráz

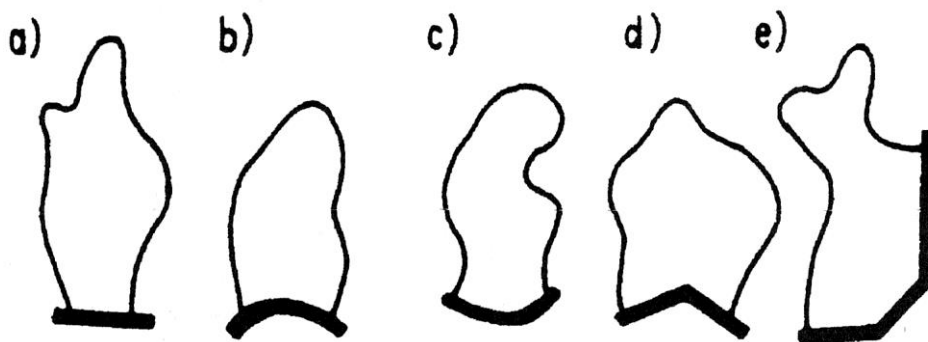
Jedná se o nejdůležitější část vodního díla, největší, nejdražší a zároveň s největší možností nebezpečí při její destrukci, proto je důležité zajistit její stabilitu a funkčnost v požadované míře. Pro ulehčení terminologie označujeme svah, který je omýván vodou z nádrže, jako návodní líc, a svah na odvrácené straně, vždy suchý, se jako vzdušný líc. Šířka hráze v jejím vrcholu se označuje jako šířka koruny. Dále hráz může obsahovat patní drén a zemní těsnění (střední, návodní). (5)

Dělení hrází

Podle půdorysného tvaru hráze (2)

- Přímé
- Zakřivené
- Lomené

Na obrázku 4 je členění hrází podle půdorysného tvaru, a to na a) přímá čelní, b) čelní vypouklá, c) čelní vydutá, d) čelní lomená a e) nepravidelná.



Obr. 4 - Dělení hrází dle tvaru, zdroj:

http://hgf10.vsb.cz/546/Ekologicke%20aspekty/cviceni/cviceni_lenticky/images/image005.jpg

Materiál hrází

Hráze mohou být betonové, zděné nebo zemní. U malých vodních nádrží se budují hráze zemní sypané. Mohou být homogenní – tedy z jednoho materiálu, nebo heterogenní – z více materiálů a to tak, že je užitá těsnicí část (střední zemní těsnění, těsnění u návodního líce). Další těsnění je možné provést i z umělých materiálů – PVC folie.

Příčný profil hráze

Příčný profil u zemních sypaných hrází je již několik stovek let prakticky beze změny. Je třeba zajistit dostatečné sklony líců hráze dle použitého materiálu (respektive dle druhu zeminy u zemních sypaných hrází).

3.4.2. Výpustná zařízení

Výpustné zařízení u malé vodní nádrže slouží, jak už název napovídá, k úplnému vypuštění objemu nádrže (například při odbahnění) a pro udržování požadované hladiny zásobního prostoru. Každá vodní nádrž musí mít minimálně jedno výpustné zařízení (nádrže s objemem větším než 1 mil. m³ by měly mít tato zařízení dvě). (2)

Každé výpustné zařízení se skládá ze dvou prvků, a to z uzavíracího prvku a prvku pro odvedení vody. Podle toho, jak je voda zařízením odváděna, lze dále výpusti dělit na otevřené a trubní (uzavřené).

Otevřené výpusti

Otevřené (stavidlové) výpusti jsou budovány na nejnižším místě nádrže, ve dně, jako železobetonové nebo kamenné žlaby s úrovní dna žlabu na úrovni dna nádrže. Stěny těchto žlabů jsou po celé výšce hráze. Je-li po koruně hráze vedena komunikace, je třeba žlab v místě koruny hráze přemostit lávkou. Žlab je opatřen hradícím prvkem, nejčastěji stavidlem, jehož horní úroveň je na hladině zásobního prostoru. Dnes se otevřené výpusti nenavrhují kvůli narušení celistvosti a estetiky hráze a možnému zdroji průsaků. (2)

Trubní výpusti

Vodu je možné z nádrže odvádět potrubím, které nenaruší celistvost ani korunu hráze. Trubní výpusti jsou opatřeny uzávěrem, který je zpravidla umístěn na návodní straně hráze. Před ním je česlová stěna chránící výpust před ucpáním nežádoucím materiálem. Je-li to nutné, umístí se na vzdušnou stranu hráze zařízení pro tlumení energie – vývar. Podle typu uzavíracího mechanismu lze dělit trubní výpusti na:

- Lopatové nebo šikmé stavidlové uzávěry na návodní straně

Jedná se o nejstarší typ výpustného uzávěru. Tvoří ho dřevěná deska oválného tvaru, kterou dotlačuje tlak vyvolaný objemem vody v nádrži. Lopata se vytahuje pomocí dřevěného táhla, ocelové šroubové tyče nebo pomocí lana z koruny hráze. (2)

- Stavidlové uzávěry

Tyto uzávěry pracují na obdobném principu jako uzávěry lopatové, jen ve svislých drážkách.

- Čepové

Jedná se již o historický způsob uzávěru, který byl tvořen pomocí čepu, což byla dřevěná zátka, která byla zaražena do otvoru v odpadním dřevěném potrubí. Otevírání uzávěru probíhalo z koruny hráze, kdy se čep otevřel pomocí oka umístěného v jeho horní části. Nevýhodou tohoto typu uzávěru byla nemožnost vypustit jen část zásobního prostoru, jelikož uzávěr bylo možné zavřít až po jejím úplném vyprázdnění.

- Šoupátkové

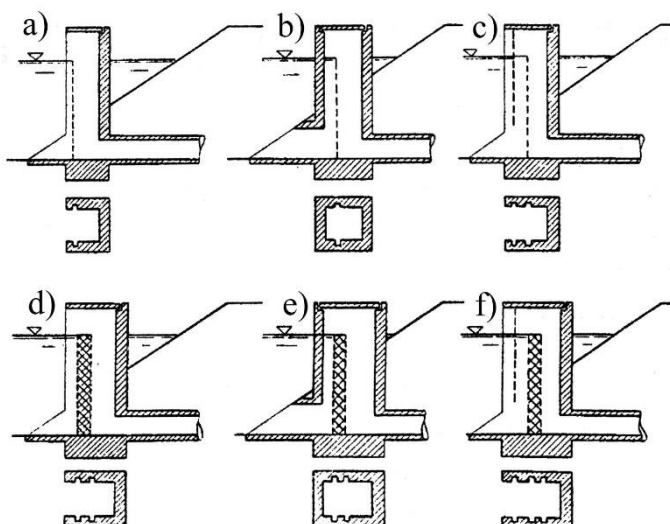
Pro nádrže, kde je třeba citlivě regulovat odtok, je vhodné použít přírubová šoupátka, která se umísťují buď na návodní stranu (nevýhodou je vybudování vysoké šachty pro umístění ovládací tyče) nebo na vzdušné straně (nevýhodou v tomto případě je, že potrubí je po celou dobu naplněno tlakově, naopak výhodou je možnost lepšího přístupu k uzávěru pro manipulaci).

- Požeráky

Jedná se o nejpoužívanější typ trubních výpustí, zvaný též kbel nebo mnich. (2) Konstrukci požeráku tvoří železobetonová (případně dřevěná nebo ocelová) šachta, jež je opatřena uzávěrem – dlužovou stěnou. Dluže jsou dřevěná prkna o výšce 0,15 m – 0,2 m zasouvána do (ocelových) drážek po stranách požerákové šachty. Postupným vyhražováním dluží (z koruny požeráku) se docílí snížení hladiny, popřípadě vypuštění nádrže. Před nežádoucí manipulací s dlužemi je požeráková šachta ve svém vrcholu opatřena uzamykatelným ocelovým nebo dřevěným poklopem nebo česlemi. Přístup k šachtě z koruny hráze je zajištěn pomocí ocelové, betonové nebo dřevěné lávky.

Požeráky lze dělit na otevřené, polouzavřené, uzavřené a kombinované. U otevřeného požeráku tlak vody přenáší přímo dlužová stěna, není před ní betonová konstrukce, proto se navrhují do maximální hrazené výšky 3,0 m (ojediněle až do 4 m). U uzavřených požeráků tlak vody působí na konstrukci šachty. Požeráky lze dále rozlišovat podle počtu dlužových stěn na jednodlužové (umožňují vypouštění vody výhradně od hladiny) nebo dvoudlužové (vypouštění jak od hladiny, tak ode dna). (2)

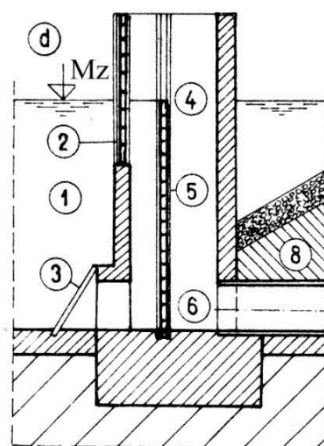
Obrázek 5 zobrazuje jednotlivé typy požeráků, a) otevřený jednoduchý, b) zavřený dvojitý, c) otevřený dvojitý, d) otevřený jednoduchý zdvojený, e) zavřený dvojitý zdvojený, f) otevřený dvojitý zdvojený.



Obr. 5 - Druhy požeráků, zdroj:

http://hgf10.vsb.cz/546/Ekologicke%20aspekty/cviceni/cviceni_lenticky/images/image083.jpg

Schéma požeráku, který je u MVN Javornice, je vidět na obrázku 6. Číslo 1 označuje nádrž, 2 dlužovou stěnu, 3 česle, 4 požerák, 5 dlužovou stěnu, 6 odpad, 8 představuje hráz. Polouzavřený požerák tvoří ve spodní části uzavřený rám a je tak staticky výhodnější, stabilnější, čelní stěna v rozsahu kolísání hladiny je tvořena dlužemi. Voda nateče potrubím do šachty požeráku, vystoupá do úrovně hladiny vody v nádrži, a vzhledem k výškovému rozdílu úrovně hladiny v nádrži a dluží přepadá šachtou dolů do odpadního potrubí. (2)



Obr. 6 - Polouzavřený požerák, zdroj:

http://hgf10.vsb.cz/546/Ekologicke%20aspekty/cviceni/cviceni_lenticky/images/image085.jpg

3.4.3. Bezpečnostní přelivy

Hlavní funkcí bezpečnostního přelivu je ochrana vodního díla před účinky povodňových průtoků. Chrání dílo před jeho přelitím a poškozením. U malých vodních nádrží se bezpečnostní přelivy navrhují zpravidla nehrazené proto, aby nevyžadovaly obsluhu při průchodu povodňové vlny. Nedoporučuje se používat přelivy a odpady od nich takové, u nichž může dojít k ucpání během proudění vody skrz přeliv, tj. šachtové a trubní přelivy. Tlakový průtok odpadním potrubím, které prochází hrází, je nepřipustný. V případě nutnosti umístění česlí před bezpečnostní přeliv musí jejich horní hrana být níže než maximální hladina v nádrži a musejí být umístěny mimo dosah snížení hladiny před přelivem. Ani při úplném ucpání česlic a průtoku rovnému kulminačnímu nesmí dojít k ohrožení bezpečnosti díla. (2) Bezpečnostní přeliv se u malých vodních nádrží navrhuje na převedení návrhového kulminačního průtoku rovnému Q_{100} . (6)

Druhy bezpečnostních přelivů

Při volbě bezpečnostního přelivu lze vybrat z několika druhů řešení.

- Přímé

Neboli čelní přelivy. Jejich přelivná hrana je umístěná v tělese hráze. Jedná se buď o otevřenou (betonovou či kamennou) jezovou konstrukci nebo o uzavřený trubní propustek či žlabový přeliv. Otevřené se skládají z konstrukce přelivné hrany, zařízení pro odvedení vody skrz hráz (koryto nebo skluz), zařízení pro tlumení energie přepadající vody (vývar), a napojení odpadu od přelivu do koryta pod spodní výpustí. Uzavřený, trubní přeliv, je realizován pomocí betonové trouby vedené skrz hráz. Nevýhodou otevřených bezpečnostních přelivů je nutnost přemostění tělesa přelivu a možnost vzniku průsaků vlivem sedání. U uzavřených (trubních) je pak velkou nevýhodou možnost ucpání trouby a není jednoznačně dané chování propustku při větším průtoku, než na který je navržený. (2)

- Boční

Jedná se o přeliv umístěný u zavázání hráze. Převládající rozměr přelivu je směrem do nádrže a zabírá tak více místa v nádrži než předchozí typ přelivu. Skládá se ze spadiště s přelivnou hranou, přes kterou přepadá voda z nádrže za zvýšených průtoků, odpadního koryta. Přeliv je jezové těleso nejčastěji z betonu se zaoblenou přelivnou hranou. Spadiště

má půdorysně tvar obdélníku případně lichoběžníku rozšiřujícího se směrem po toku vody blíže k hrázi (s přibývajícím množstvím vody po délce přelivné hrany). Hloubka spadiště závisí na návrhovém průtoku. Nevýhodou bočních přelivů je nutnost přemostit skluz a dlouhá přelivná hrana, která může působit neesteticky. (2)

- Kašnové

Podmínkou pro kašnový přeliv jsou dobré základové poměry. Navrhuje se tehdy, když je zapotřebí přílišná délka přelivné hrany. Charakter kašnového přelivu je obdobný jako u bočního s tím rozdílem, že přelivná hrana je tvořena kružnicí, křivkou či kombinací a díky ní se zkrátí délka zásahu přelivu do nádrže. Kašnový přeliv se skládá z tělesa přelivu, spadiště a odpadu vedoucího do koryta pod hrázi. Výhodou tohoto přelivu je optické zkrácení zásahu přelivem do nádrže, nevýhodou je však průchod širokého odpadního koryta hrázi v místě její největší výšky, je-li umístěn ve středu hráze. (2)

- Šachtové

Tento druh přelivu se u malých vodních nádrží zpravidla nebuduje. Jedná se o svislé válcové těleso se zaoblenou horní hranou – tj. přelivnou hranou. Koruna přelivu může být doplněna usměrňovacími žebry, které zajistí rotaci vody vtékající do přelivu, čímž se zvýší jeho kapacita. Válcová část přechází do odpadní pravouhlým kolenem. Je nutné zajistit dostatečný průměr odpadního potrubí, aby nedocházelo k tlakovému proudění. (2)

- Kombinované

Nazývají se též sdružené objekty. Slučují několik funkcí v jeden objekt, a to výpustné zařízení a bezpečnostní přeliv. Kombinovaný přeliv může být také opatřen odběrným zařízením (v případě zásobní funkce nádrže). (2) Výpustným zařízením může být požerák, následuje spadiště, skluz a vývar. Lze navrhnout jako výpustné zařízení i šachtový přeliv. (7)

- Speciální

Neboli nouzové, které se uvádějí do provozu až při nedostatečné kapacitě bezpečnostního přelivu hlavního, či se vybudují operativně v případě blížící se povodně v závazání hráze. Hrana nouzového bezpečnostního přelivu je ve vyšší úrovni než přelivná hrana u hlavního bezpečnostního přelivu. Je tvořen lokálním snížením úrovně koruny hráze. (2)

4. PRAKTICKÁ ČÁST - MVN JAVORNICE

Vodní nádrž Javornice se nachází na Javornickém potoce, říčním kilometru 10.696, v okrese Rychnov nad Kněžnou, v Královéhradeckém kraji. Vlastníkem vodního díla „Vodní nádrž Javornice“ je Česká republika. (8) Správcem tohoto vodního díla je Povodí Labe, státní podnik a provozovatelem a uživatelem je Povodí Labe, Provozně-technický úsek Vysoké Mýto, Provozní středisko Žamberk. Vodní dílo Javornice je ve smyslu Vyhlášky č. 471/2001 Sb., o technickobezpečnostním dohledu nad vodními díly zařazeno do IV. kategorie, tedy nejméně přísné kategorie, co se týče rozsahu škod v případě porušení vodního díla. Na obrázku 7 je vidět pohled na nádrž z hráze.

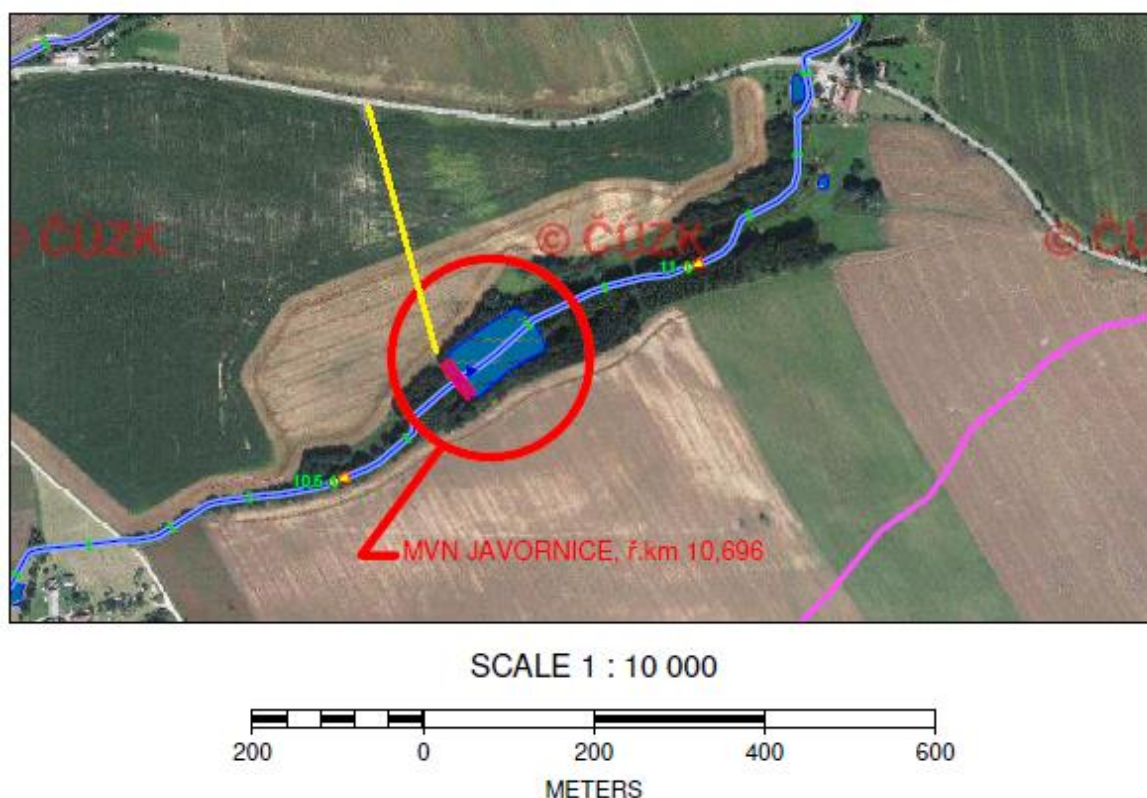


Obr. 7 - Pohled na nádrž z hráze, zdroj: vlastní archiv

Vodní nádrž Javornice byla do roku 2011 ve správě Zemědělské vodohospodářské správy. V roce 2011 dostalo vodní dílo do správy Povodí Labe, státní podnik. Už v dřívějších dobách bylo toto vodní dílo po technické stránce v nevyhovujícím stavu, a proto byla provedena nápravná opatření, tj. vybudování vývaru, čelních zídek u bezpečnostního přelivu a drenáž. Při převzetí díla do správy povodím hráz vykazovala ve své střední části (ve směru délkovém) zvýšené deformace, koruna byla nevyrovnaná. Hráz opravena dosypáním a zhutněním zeminy a geodeticky vyrovnána na jednotnou výšku.

Údaje o území

Vodní nádrž Javornice se nachází v katastrálním území Javornice, východně od obce, v okrese Rychnov nad Kněžnou. Přístup k hrázi je od silnice II/319 (Rychnov nad Kněžnou – Bartošovice) za obcí Javornice polní cestou až k hrázi, skrze kterou vede cesta využívaná jako přístup k pastvině. Na obrázku 8 je přístup naznačen žlutou čarou, MVN Javornice je zakroužkována červenou čarou. Drobná zelená čísla udávají kilometráž Javornického potoka. Fialovou čarou je naznačena hranice povodí toku, tj. rozvodnice.



Obr. 8 - Lokalizace MVN Javornice, zdroj: <http://igis.pla.cz/gisypo/Main.aspx>

Hráz malé vodní nádrže Javornice se nachází na říčním kilometru 10,696 Javornického potoka. Dříve byl tok, na němž je dílo vybudované, pravostranným přítokem Javornického potoka (možno vidět ve vodohospodářské mapě, příloha G1). V dnešní době se jedná o hlavní tok, původní hlavní tok již není v mapě zaznamenán, zřejmě se postupem času omezila jeho vydatnost, až vyschnul. Javornický potok se dále vlévá do řeky Kněžné (v Rychnově nad Kněžnou), která se dále vlévá do řeky Bělé a do Divoké Orlice. Vodní dílo se nachází v nadmořské výšce kolem 435 m n. m., plocha povodí nad nádrží je 1,51 km², délka údolnice od hráze činí 1,5 km.

Údaje o vodním díle

Javornice je víceúčelová průtočná nádrž na Javornickém potoce. Svou existencí nádrž zlepšuje přirozené místní ekologické podmínky krajiny.

Funkce a účely nádrže jsou patrné níže. Nádrž slouží:

- jako odběrné místo pro hasící vodu v případě požáru blízko se nacházejících obcí,
- pro odběr technologické vody pro závlahové zařízení,
- okrajově jako retenční akumulační místo pro zachycení zvýšených průtoků.

Technické parametry VD Javornice

Typ hráze:	homogenní sypaná
Kóta koruny hráze:	437,25 m n. m.
Délka koruny hráze:	85 m
Maximální výška hráze:	5,3 m (od paty návodního líce)
Šířka koruny hráze:	3,75 m
Sklon návodního svahu:	1:5 – pod hladinou zásobního prostoru, nad ním 1:2
Sklon vzdušního svahu:	1:2,2
Spodní výpust:	betonový dvoudlužový požerák se spodní výpustí DN600
Bezpečnostní přeliv:	nehrazený boční přeliv (u pravého závazání hráze), betonová trouba DN600
Kóta dna spodní výpusti:	431,37 m n. m.
Kóta dna bezpečnostního přelivu:	436,12 m n. m.
Kóta zásobního prostoru:	436,02 m n. m.

V literatuře možno je možné shledat kótu zásobního prostoru jako hladinu normálního nadržení. Tento termín se užívá zejména v rybníkářství.

4.1. POSOUZENÍ TECHNICKÉHO STAVU

V době převzetí vodního díla do správy Povodím Labe bylo vodní dílo v zanedbaném stavu. Hráz byla zarostlá vzrostlými stromy a s nevyrovnanou korunou, koryto zerodované a zarostlé. Celkově vodní dílo i nyní působí zanedbaně, bezpečnostní přeliv i vývar za spodní výpustí se jeví jako nefunkční, hráž vykazuje průsaky. Bližší popis v následujících podkapitolách.

4.1.1. Hráz

Popis

Hráz vodního díla je sypaná, zemní, s kótou koruny 437,25 m n. m. Jedná se o hráž, přes kterou vede příjezd k místní pastvině a dalším zemědělsky využívaným pozemkům za levým břehem toku. U vodního díla Javornice se jedná o půdorysně přímou hráž s lomeným návodním svahem při hladině zásobního prostoru. Vzdušný svah je ohumusován a oset, aktuálně vyčištěn od křovin a stromů. Návodní svah je od koruny hráze k hladině zásobního prostoru, tj. na kótě 436,02 m n. m., ohumusován a oset travinami. Obrázek 9 zachycuje pohled na korunu hráze, v levé části obrázku je nádrž. Na obrázku 10 je vidět vzdušný svah v zimním období.

Obr. 9 - Koruna hráze, zdroj: vlastní archiv



Obr. 10 - Vzdušný svah hráze, zdroj: vlastní archiv

Rozměry

Délka hráze činí 85 m a šířka v koruně 3,75 m, v patě 37,7 m. Sklon návodního svahu je 1:5 ode dna nádrže k hladině zásobního prostoru, výše pak až ke koruně hráze je sklon 1:2. Sklon vzdušního svahu je 1:2,2.

Stav

Podle vedoucího provozního střediska, pana Jiřího Jindry, byl do roku 2011 vzdušní svah zarostlý stromy a keři, které byly následně vykáceny. Aktuálně je hráz bez vyšší a vysoké vegetace (tj. křovin a stromů), koruna je vyrovnaná.

Během pochůzky v zimním období byl zjištěn průsak hrází pozorovatelný díky holému místu beze sněhu (při jinak zasněžené hrázi) a erozním rýhám pod hrázi, které byly tou dobou zamrzlé a tvořily tak souvislé kaluže směřující od hráze směrem do koryta Javornického potoka. Průsaku a jeho řešení se blíže věnuje kapitola 4.3.1.

Drenáž

Drenážní potrubí je vedené po celé délce hráze od levo- i pravobřežního zavázání v patě svahu a svedeno do vývaru. Jedná se o perforované plastové žluté potrubí DN100.

Obr. 11 - Zaústění pravobřežní drenáže do vývaru, zdroj: vlastní archiv



Obr. 12 - Zaústění levobřežní drenáže do vývaru, zdroj: vlastní archiv

Levobřežní drenáž, obrázek 12, je zaústěna do stěny vývaru ve vzdálenosti 0,2 m od horní hrany a 0,2 m od výtokového čela spodní výpusti, pravobřežní drenáž (obrázek 11) zaústuje do stěny vývaru též 0,2 m od horní hrany, ale 0,3 m od výtokového čela. V pravobřežní stěně vývaru 0,1 m od výtokového čela a 0,7 m od horní hrany stěny je zakončeno ještě jedno potrubí DN50. Zřejmě se bude jednat o dodatečnou další drenáž.

Drenážní potrubí bylo shledáno za nefungující, jelikož jeho vnitřek byl na dotek suchý, žádná voda z něho netekla, nekapala a ani potrubí nebylo orosené nebo vlhké. V drážkách

perforované trubky byla hlína úplně vyprahlá. Drenáž může být zarostlá kořeny vegetace, které tak mají lepší přístup k vláze, a žádnou vodu již nepustí dále do vývaru. Je třeba ověřit její stav a funkčnost, respektive ji vyčistit případně znovu provést. Průsak v hrázi může být způsoben právě její nefunkčností, jelikož voda zjevně v tělese hráze je, ale drenáží již nevytéká. Drenáž je zakreslená v námětu na opravu objektů, v příloze č. 2.

4.1.2. Spodní výpust

Popis

Výpustný objekt u vodní nádrže Javornice je tvořen betonovým dvoudlužovým požerákem. Odpadní potrubí DN600 (podle dokumentace by mělo být obetonováno) a celkové délce 37,7 m zakončuje za hrázi betonové výtokové čelo, které plynule navazuje na vývar. Vývar je opevněn kamenným zdivem a zakončen betonovým pasem s lichoběžníkovou přelivnou hranou. Za pasem je stabilizační kamenný zához. Na obrázku 13 je vidět přístupová ocelová lávka k šachtě požeráku při zamrzlé hladině v nádrži (Ize vidět průhyb lávky), na obrázku 14 pak vývar od spodní výpusti pro tlumení energie.

Obr. 13 - Lávka k požeráku, zdroj: vlastní archiv



Obr. 14 - Vývar spodní výpusti, zdroj: vlastní archiv

Rozměry

Skutečné rozměry změřeny při pochůzce jsou zaneseny do výkresu hráze, příloha G3. Rozměry, které nemohly být za pochůzky ověřeny (např. tloušťka obetonávky spodní výpusti), jsou převzaty z výkresu hráze z manipulačního řádu.

Stav

Šachta požeráku je přístupná po lávce a dlužové stěny nejsou ochráněny proti nežádoucí manipulaci. Šachtu překrývají česle, kde jedna část nad dlužovými stěnami jde volně otevřít, druhá nad prostorem, kde přepadá voda, je přišroubovaná a nelze ji zvednout. Na obrázku 15 je pohled na šachtu požeráku z ocelové přístupové lávky, která vykazovala průhyby (možno vidět na obrázku 13). Šachta požeráku se vizuálně jevila jako správně funkční, voda byla mezi dlužovými stěnami nastoupaná do úrovně hladiny vody v nádrži a volně přepadala přes druhou (bližší k hrázi) dlužovou stěnu dolů do šachty. Dluž u první dlužové stěny volně plavala v drážce, nedosedala na následující dluž, bylo snadné ji nadzvednout. Skrze druhou dlužovou stěnu protékala voda, dluže již zřejmě nejsou pravidelné, nedosedají na sebe v celé své délce, a proto voda protéká skrze stěnu.

Obr. 15 - Šachta požeráku, zdroj: vlastní archiv



Obr. 16 – Odpadní potrubí spodní výpusti, zdroj: vlastní archiv

Odpadní potrubí spodní výpusti se dle pořízených fotografií jeví v pořádku a v plné funkci, viz obrázek 16. Na fotografii pořízené ze vzdušného líce hráze je skrze výpust vidět světlo, není tudíž zdestruovaná.

Vývar je v provozně dožitém stavu. Jeho dno je silou vody odneseno k závěrnému pasu, jak lze vidět na obrázku 17. Voda podtéká pod ním, stává se tak nyní překážkou v toku vody. Současně při podtékání dochází k degradaci podloží a ke snižování jeho stability, objevují se trhliny. Za vyšších průtoků se zřejmě vývar naplní (soudě dle holých stěn vývaru bez mechu), průsaky pod pasem již nejsou tak velké jako množství přitékající vody a ta proudí přes přelivnou hranu prahu. Vzhledem k nestabilitě jeho základového podloží

a trhlinám skrze celou jeho výšku může za vyšších průtoků dojít k jeho odplavení. Na obrázku 17 je vidět vývar, úroveň hladiny vody v něm za vyšších průtoků a dále jeho unesené dno před závěrný pas, který je v pravém dolním rohu fotografie. Na následujícím obrázku 18 tvoří odnesený zbytek záhozu tůň, v levé dolní části fotografie (obě jsou focené z jednoho místa) je vidět závěrný pas vývaru.

Obr. 17 - Vývar spodní výpusti, zdroj: vlastní archiv



Obr. 18 - Tůň za vývarem, zdroj: vlastní archiv

Návrh řešení

Je vhodné česle opatřit bezpečnostním prvkem proti neoprávněné manipulaci s výpustným zařízením. Jako vhodný se nabízí například zámek mříže. Nevýhodou tohoto opatření je nutnost klíčů k případné manipulaci s dlužemi. Je na místě dluže zkontrolovat a v případě jejich špatného stavu je vyměnit za nové. Toto opatření se ale může provést až pouze při vypuštění nádrže, jelikož při sundání dluže se nádrž vypustí do úrovně hrany dluže následující (pod ní). Statický posudek pro ocelovou lávku ukáže její aktuální bezpečnost a následně případně návrh její opravy či výměna za lávku novou.

Je potřeba provést detailnější posouzení odpadního potrubí spodní výpusti, např. pomocí kamerových zkoušek, a určit tak jeho 100% funkčnost. Problém by mohla způsobit jeho netěsnost, rozestoupení jednotlivých trub či destrukce neviditelná při pohledu naskrz. Je třeba ověřit, zda je plnohodnotně funkční a je-li možné tuto spodní výpust zachovat.

Vývar bude utěsněn, zejména pak budou znovu vyspárovány kameny v jeho stěnách a znovu opevněno dno (ideálně kámen do betonu), a je zapotřebí sanovat (případně navrhnout nový) závěrný pas, který v současnosti není těsný a vykazuje několik trhlin.

Stanovení průtoku spodní výpustí

Množství vody proteklé skrze odpadní potrubí bylo stanoveno in situ metodou, kdy byl měřen čas a množství vody nateklé za časový interval do nádoby. Měření bylo opakováno sedmkrát pro zvýšení míry přesnosti. K měření byla použita nádoba s odměrkou (s přesností na celé litry) o objemu 10 litrů a stopky pro měření času, který byl zaznamenán s přesností na půl vteřiny. V tabulce 1 je uveden záznam z měření, tj. pořadí měření, objem nateklé vody, čas a výsledný průtok.

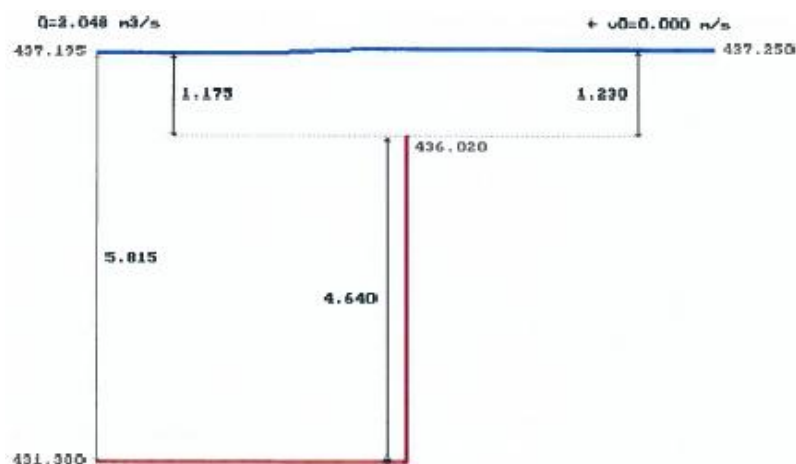
pořadí	objem [l]	čas [s]	průtok [l/s]
1	9	5	1.8
2	10	5	2
3	10	5	2
4	10	5	2
5	5	2	2.5
6	5	2.5	2
7	9	4.5	2

Tab. 1 - Stanovení průtoku spodní výpustí, zdroj: vlastní tvorba

Z celkových sedmi měření byla vyřazena měření s největší a nejmenší odchylkou, tj. záznam v pořadí první a pátý. Výsledný průtok pak vyšel na 2 l/s.

Kapacita spodní výpusti

Maximální kapacita spodní výpusti je při uvažování šachtového přelivu stanovena výpočtem na 2,048 m³/s. (9) Na obrázku 19 jsou naznačeny hladiny v požeráku při výpočtu.



Obr. 19 - Kapacita spodní výpusti, zdroj: (9)

4.1.3. Bezpečnostní přeliv

Popis

Bezpečnostní přeliv je situován do pravého zavázání hráze (lze vidět na obrázku 20). Jedná se o betonové trouby DN600 umístěné za sebou do délky 22 m skrze hráz. Potrubí je umístěné na návodním líci hráze do vtokového kamenného čela. Před vtokem do potrubí je šikmo osazena česlová stěna, která dosedá na dřevěné prkno (kvůli naplavování zeminy z břehu a ucpávání potrubí). Česle před vtokem do bezpečnostního přelivu, které byly umístěny z důvodu zabránění ucpání trouby splávním, jsou považovány za nevyhovující, nesamoobslužné, jelikož může dojít k ucpání česlí ještě před vtokem vody do přelivu, proto byl v provozním řádu stanoven požadavek na shrabování česlí a dodržování průtočnosti skrze ně. (8) Na vzdušném líci je potrubí zakončeno obdobným kamenným čelem (obrázek 21) jako na návodním líci. Na čelo navazuje vývar zakončený betonovým prahem.

Obr. 20 - Bezpečnostní přeliv, zdroj: vlastní archiv



Obr. 21 - Výtokové čelo, zdroj: vlastní archiv

Rozměry

Rozměry naměřené při pochůzce jsou zaznamenány do výkresu bezpečnostního přelivu, příloha G4.

Stav

Dle dostupné dokumentace z manipulačního řádu by se mělo jednat o půdorysně přímý přeliv (9), v takovém případě by mělo být možné vidět světlo skrz troubu při pohledu ze vzdušného líce na návodní a naopak. Při osobní pochůzce byla snaha pořídit fotografii skrz přeliv, od vzdušného líce k návodnímu, což se nepodařilo. Byla vidět pouze tma, ale to

by při běžné průchodnosti profilu, délce 22 m a sklonu 3 %, nemělo nastat a mělo by být možné vidět skrz alespoň šero. Obrázek 22 zachycuje pohled do bezpečnostního přelivu po směru toku vody, tedy z prostoru nádrže. Druhá fotografie, obrázek 23, zobrazuje pohled proti směru toku vody, tedy z návodního líce hráze.

Obr. 22 - Přeliv po toku vody, zdroj: vlastní archiv



Obr. 23 - Přeliv proti toku vody, zdroj: vlastní archiv

Přeliv je v místě koruny hráze zdestruovaný, trouby jsou popraskané a zřícené ve svém vrcholu (obrázek 23). To se mohlo stát vlivem nadměrného zatížení a sedání (při pojezdu těžké techniky). Bezpečnostní přeliv je v nevyhovujícím stavu již od pohledu.

Během pochůzky byl proveden pokus průchodnosti přelivu, bylo do něho s velkou silou (pro dodání energie vody) vlito třicet litrů vody a sledováno, za jak dlouho se ve výtokové čele objeví první kapka. Pokus se nezdařil, voda dolů nedotekla buď z důvodu překážky v cestě, nebo z důvodu vsáknutí vody mezi betonové trouby (které budou zřejmě rozestoupené) do tělesa hráze.

Posouzením bezpečnostního přelivu z hlediska vodohospodářského se zabývá kapitola 4.2.5. Bezpečnostní přeliv je shledán za nedostatečný a v kapitole 4.3.2. je samostatně řešen návrh opatření.

4.1.4. Nádrž a Javornický potok

Popis

Nádrž lemují vzrostlé stromy, kolem nádrže, téměř u hladiny zásobního prostoru, je rybářská pěšinka s lavičkami. Za nádrží, respektive při vtoku do nádrže, je zázemí pro rybáře. Nádrž (obrázek 25) plynule navazuje na prostor mokřadů a rákosů, ve kterých mohou hnízdit ptáci a jiní živočichové. Hojně se zde vyskytují žáby (obrázek 24).

Obr. 24 - Místní živočichové, zdroj: vlastní archiv



Obr. 25 - Pohled na nádrž z hráze, zdroj: vlastní archiv

Přívodní koryto přirozeně meandruje mezi kořeny vzrostlých stromů. Koryto pod nádrží podléhá erozi (obrázek 27), jsou v něm zbytky starého již nefunkčního opevnění. Na říčním kilometru 10,620 Javornického potoka se nacházejí v korytě staré stabilizační pasy (obrázek 26) a mezi nimi je v korytě vidět odběrné potrubí, které bylo dříve zřejmě zakryté opevněnou částí koryta, která začínala a končila stabilizačními pasy.

Obr. 26 - Stabilizační pasy v korytě, zdroj: vlastní archiv



Obr. 27 - Zerodované koryto pod hrází, zdroj: vlastní archiv

Stav

Celkově se nádrž a koryto toku svým vzhledem jeví jako mírně zanedbané, nátok do nádrže nebyl zcela jasný, výše po toku koryto meandrovalo mezi vzrostlými (a místy i popadanými) stromy, které tvořily přírodní překážky. Koryto níže pod hrází je ve velmi špatném stavu. Je zarostlé, plné nánosů splávi tvořící hráze, břehy jsou zerodované, místy pokryté rozpadlými betonovými tvárnicemi a v korytě jsou nefunkční objekty.

Odpadní koryto od bezpečnostního přelivu je značně narušené vzrostlými stromy, které v korytě překážejí. Koryto není stabilní, zahlubuje se a dochází k erozi břehů. Není na první pohled vidět, kudy koryto vede. Obrázek 28 zachycuje koryto od bezpečnostního přelivu s kořeny a větvemi při pohledu z koryta směrem proti toku k bezpečnostnímu přelivu (v horní části fotografie). Druhý obrázek (29) je pořízen z téhož místa, jen směrem po toku ke korytu Javornického potoka. Profil odpadního koryta je trojúhelníkový, s hloubkou přibližně 1,0 m a šířkou v břehových hranách cca 2,0 m. Odpadní koryto od bezpečnostního přelivu bude nově navrženo s novým bezpečnostním přelivem.

Obr. 28 - Odpadní koryto od přelivu, pohled proti toku, zdroj: vlastní archiv



Obr. 29 - Odpadní koryto od přelivu, pohled po toku, zdroj: vlastní archiv

Návrh řešení

Je třeba ověřit, zda není nádrž zanesená, tj. zjistit mocnost sedimentu a rozhodnout, bude-li zapotřebí nádrž odbahnit a zvětšit tak zásobní prostor, jehož velikost vrstva

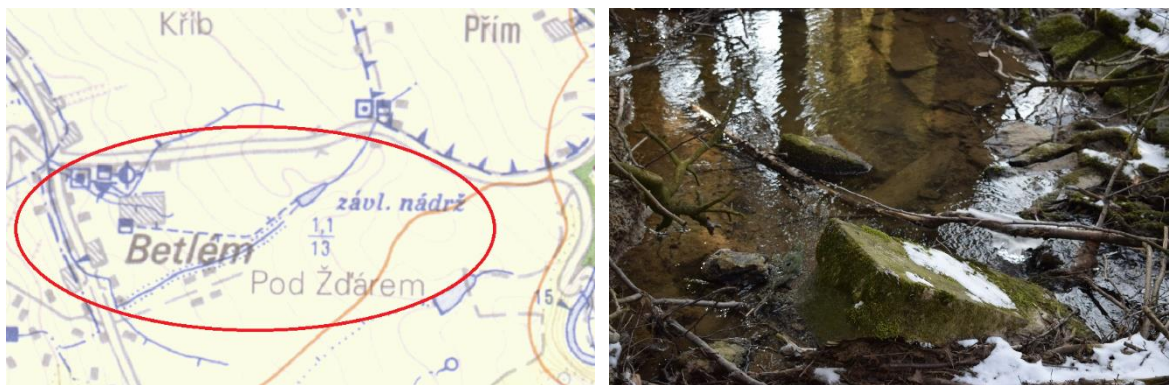
sedimentů postupně zmenšuje. Koryto níže po toku je třeba stabilizovat a vykácet vzrostlé stromy. Stabilizace může proběhnout pomocí kamenného záhozu. Je třeba obnovit opevnění koryta v místě křížení závlahového potrubí, či navrhnout jiné chránění potrubí v toku. Staré opevnění je potřeba odstranit a navrhnout úpravu koryta, případně ho znovu opevnit.

4.1.5. Odběrné potrubí

Popis

Na vodním díle Javornice se nachází odběrné potrubí pro závlahovou vodu. Potrubí by mělo vézt z nádrže do průmyslového (zemědělského) objektu nedaleko MVN Javornice. Ve vodohospodářské mapě, obrázek 30, (též v příloze G1) je uveden záznam o tomto potrubí, modrou čárkovanou čarou. Na obrázku 31 je vidět potrubí v korytě toku za starým pasem. Stabilizační pasy nyní brání v proudění vody, voda je obtéká a stávají se tak překážkou. Vlivem růstu stromů v jejich bezprostřední blízkosti došlo k jejich destrukci. Dno opevnění nad závlahovým potrubím je ve značné míře porušené, vlivem vody došlo k jeho odnosu níže po toku. Potrubí se tak stalo obnaženým a náchylným na destrukci. Koryto se v těchto místech hodně zanáší splávim.

Obr. 30 - Nádrž ve vodohospodářské mapě, zdroj: <https://heis.vuv.cz/data/spusteni/pgstart.asp>



Obr. 31 - Potrubí v toku, zdroj: vlastní archiv

Pod hrází se nachází betonový poklop (obrázek 32) o rozměrech 1,4 m na 1,4 m a tloušťce 0,08 m nad šachtou, která je plná vody. Vnitřní výškové rozměry šachty jsou ode dna (zeminy, tzn. možno od nánosů) 0,65 m k hladině vody a 0,9 m po horní hranu šachty. Tloušťka stěn je 0,15 m. V šachtě je uzávěr (obrázek 33) odběrného potrubí, který je přístupný i bez posunutí poklopu díky díře v něm. Potrubí je DN150 (9), v šachtě ale

potrubí vidět nebylo (zřejmě je v zemi, popř. schované pod nánosy zeminy v šachtě). Při pochůzce níže po toku pod hrází byla v korytě objevena trubka, jež svým úhlem v toku a směrem vedení odpovídá možnému zaústění do šachty pod hrází v levé inundaci. Ze šachty potrubí zřejmě pokračuje dále do hráze. Jeho zaústění se nepodařilo zjistit.

Obr. 32 - Poklop nad uzávěrem potrubí, zdroj: vlastní archiv



Obr. 33 - Uzávěr potrubí, zdroj: vlastní archiv

Stav

Funkčnost potrubí se nepodařilo v době vypracovávání práce ověřit. Je třeba provést kamerový průzkum potrubím a zjistit tak jeho funkčnost a vůbec jeho polohu zaměřením, jelikož k němu nejsou žádné záznamy a výkresová dokumentace. Potrubí může být poničené, případně může úplně chybět. Po provedeném kamerovém průzkumu je třeba rozhodnout, zda potrubí uvést do funkčního stavu a obnovit závlahovou funkci nádrže, případně potrubí utěsnit, respektive ho vyjmout, a změnit funkci nádrže například na rybochovnou případně retenční a jinou.

4.2. VODOHOSPODÁŘSKÉ POSOUZENÍ

Následující kapitola zhodnocuje bezpečnost vodního díla za povodní. Jedná se o posouzení vodohospodářského řešení nádrže, což je označení pro soubor výpočtů a grafických řešení vedoucích ke stanovení akumulčního (retenčního) prostoru dle požadovaných funkcí, stanovení kapacity bezpečnostního přelivu a výpusti a ke zjištění vlivu nádrže na průběh průtoku vodním dílem. (2)

4.2.1. Podklady

Vodohospodářské řešení je částečně převzato z manipulačního řádu (jedná se o kapacitu spodní výpusti, konzumční křivku výpusti a přelivu, přerov tělesa, hodnoty pro vykreslení charakteristických čar a graf souhrnných konzumčních křivek pro stanovení kontrolní maximální hladiny) a částečně dopočítáno přímo v této práci (přepad přes dluže).

Hydrologická data

Uvedená hydrologická data jsou vztažena k profilu pod nádrží. N-leté a M-denní průtoky (IV. třídy – data odvozená z pozorovaných hodnot mimo pozorovaný tok (10)) poskytl Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ), pobočka Hradec Králové.

Vodní tok	Javornický potok	
Číslo hydrologického pořadí	1-02-01-0740-0-00	
Profil	hráz MVN Javornice (Javornický rybník)	
Souřadnice v S JTSK	x = - 603174 m	y = - 1052211 m
Plocha povodí A ^{a)}	1,21	km ²

Dlouhodobá průměrná roční výška srážek na povodí P _o	833	mm	
Dlouhodobý průměrný průtok Q _o	13	l·s ⁻¹	třída IV.

M-denní průtoky Q _{Md} ^{b)}													l·s ⁻¹	
30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	355	364	třída	
30	21	15,5	12,1	9,8	8,0	6,6	5,4	4,3	3,4	2,5	1,5*	0,6*	IV.	

*možnost výskytu výrazně nižších průtoků popř. i vysychání toku v srážkově deficitním období

N-leté průtoky Q _N							m ³ ·s ⁻¹	
1	2	5	10	20	50	100	třída	
0,64	1,06	1,91	2,80	3,95	5,92	7,80	IV.	

Obr. 34 - Hydrologická data, zdroj: ČHMÚ

Na obrázku 34 jsou hydrologická data ze dne 16. 3. 2018, kde plocha povodí A v [km²] je určená z digitální vrstvy rozvodnic v měřítku 1:10 000 a podkladových map ZABAGED®. M-denní průtoky jsou odvozeny z pozorovaných průtoků ve vodoměrných stanicích za referenční období 1981 - 2010.

4.2.2. Stanovení minimální odtoku

Minimální odtok pod nádrží pro případ jejího plnění je stanoven podle následujících podmínek (11):

Je-li $Q_{355} < 0,05 \text{ m}^3/\text{s}$, pak je odtok Q_{330}

Je-li $0,05 < Q_{355} < 0,5 \text{ m}^3/\text{s}$, pak je odtok $(Q_{330} + Q_{355}) \times 0,5$

Je-li $0,51 < Q_{355} < 5,0 \text{ m}^3/\text{s}$, pak je odtok Q_{355}

Je-li $Q_{355} > 5,0 \text{ m}^3/\text{s}$, pak je odtok $(Q_{355} + Q_{364}) \times 0,5$

Vzhledem k poskytnutým datům, obrázek 4.2.1, kde Q_{355} je roven 1,5 l/s, což je 0,0015 m³/s, je splněna první podmínka $Q_{355} < 0,05 \text{ m}^3/\text{s}$.

Minimální zůstatkový odtok pod nádrží se rovná Q_{330} , což je 2,5 l/s (0,0025 m³/s).

4.2.3. Charakteristika nádrže

Charakteristikou se rozumí graf zatopených ploch a objemů. Čára zatopených ploch udává vzájemný vztah mezi hloubkou v nádrži (respektive nadmořskou výškou) od nejnižšího místa (zpravidla u paty hráze mimo rybníční stoku) a danou plochou v hladině při určité kótě. Jedná se o funkci závislosti plochy na výšce $S = f(h)$, kde S je plocha v hladině [m²] a h je hloubka v nádrži uvedená v [m n. m.]. Čára zatopených objemů obdobně ukazuje vztah mezi hloubkou (respektive nadmořskou výškou) a objemy v nádrži na dané úrovni, respektive kótě. Funkční předpis je $V = f(h)$, kde V je objem v nádrži do dané kóty [m³] a h je hloubka v nádrži uvedená v [m n. m.]. Čáry se nazývají batygrafické křivky, respektive charakteristické čáry. (2)

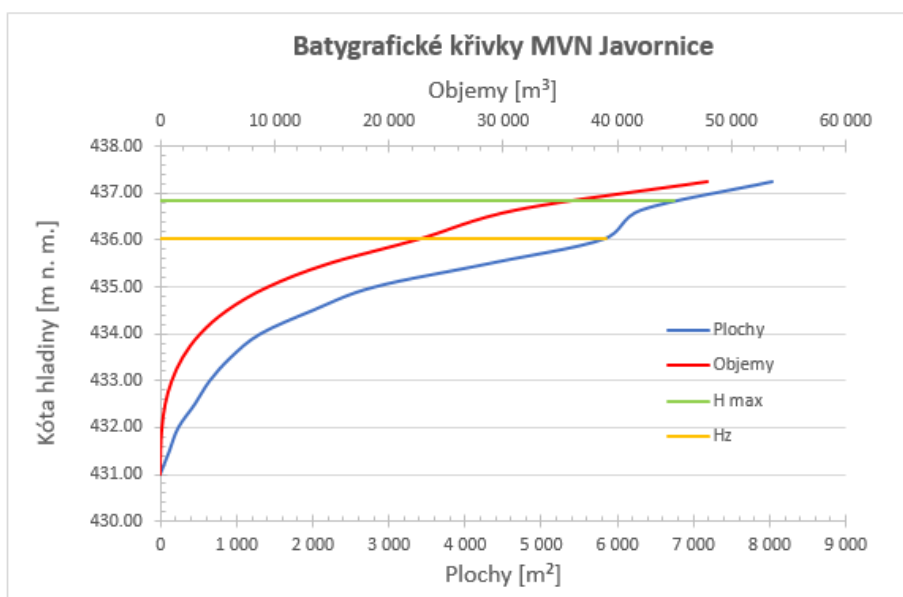
Tabelární podoba charakteristiky nádrže je uvedena v tabulce 2, hodnoty ploch (S) a objemů (V) jsou převzaty z manipulačního řádu (9).

Zásobní objem v nádrži byl stanoven na 22 616 m³.

hladina H [m n. m.]	plocha S [m ²]	přírůstek objemu V [m ³]	Vcelk [m ³]
431.00	0	0	0
431.50	121	30	30
432.00	238	120	150
432.50	455	293	443
433.00	651	569	1012
433.50	928	964	1976
434.00	1315	1525	3501
434.50	2001	2354	5855
435.00	2809	3556	9411
435.50	4312	5337	14748
436.02	5814	7868	22616
436.65	6326	8657	31273
437.25	8032	16598	47871

Tab. 2 - Tabelární podoba charakteristiky nádrže, zdroj: vlastní tvorba, data z (9)

V grafu 1 jsou zobrazeny batygrafické křivky nádrže graficky. Kóta hráze je 437,25 m n. m., kóta maximální hladiny (stanovena v kapitole 4.2.4) je 436,83 m n. m., a kóta hladiny zásobního prostoru je 436,02 m n. m.



Graf 1 - Batygrafické křivky MVN Javornice, zdroj: vlastní tvorba

Konzumční křivky objektů nádrže

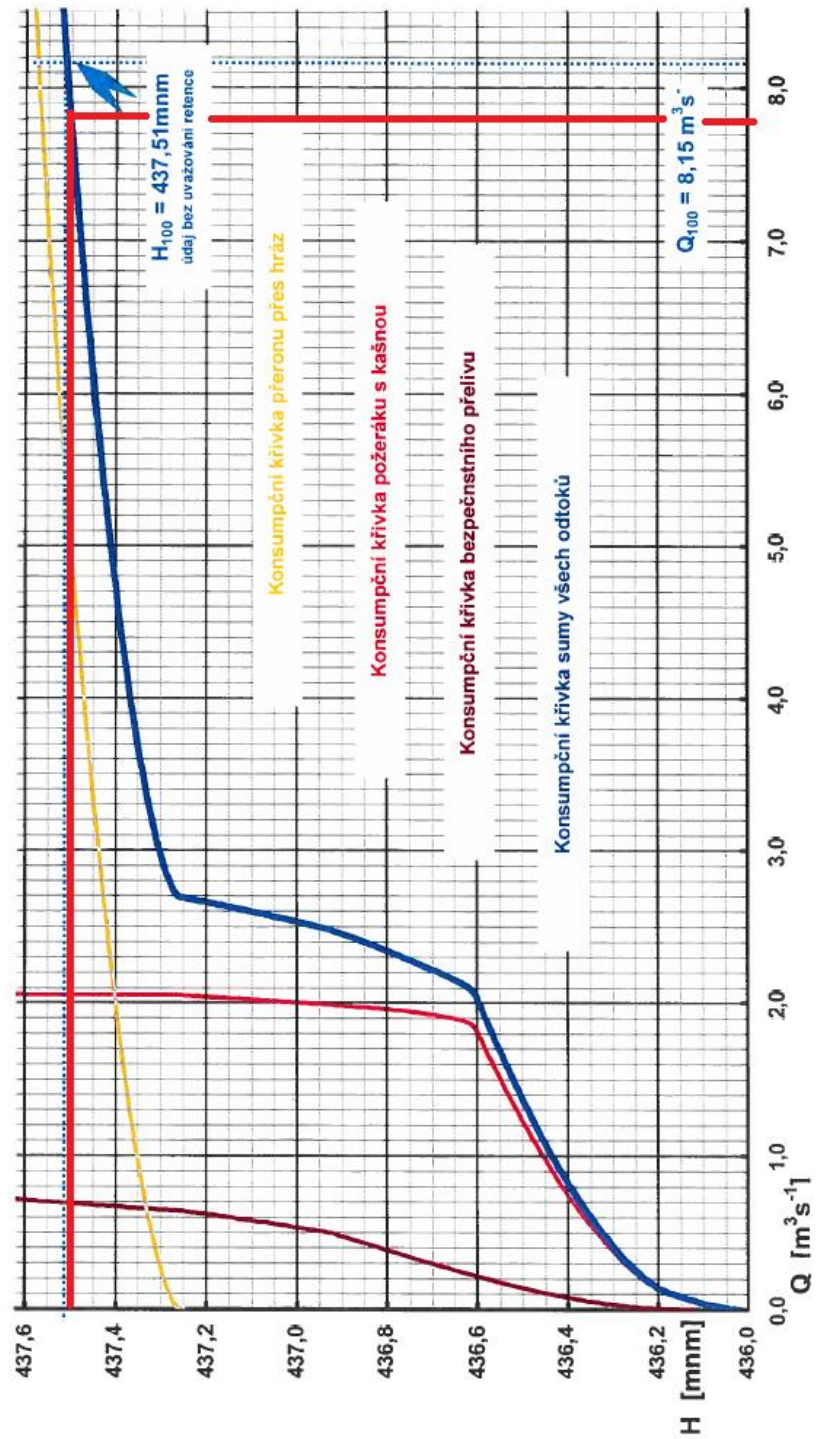
Obrázek 35 je převzatý z manipulačního řádu a zobrazuje v jednom grafu konzumční křivky přerovaného tělesa žlutě, červeně křivku požeráku, hnědě křivku bezpečnostního přelivu a modrou barvou je pak konzumční křivka všech objektů dohromady. Z obrázku je

patrné, že při průchodu stoleté povodně 7,8 m³/s dojde k přerodu tělesa hráze, což je nežádoucí, jelikož by mohlo dojít k její destrukci. Zejména u bezpečnostního přelivu je žádoucí, aby křivka byla spíše protáhlá do stran, tedy po ose x, jelikož tím pádem s narůstajícím průtokem se nezvedá hladina tak rychle.

Konsumpční křivky objektů nádrže - požerák, bezpečnostní přeliv, přerovaná hráz

akce: Manipulační řád VN Javornice

Vstupní údaje jsou výsledky výpočtu Hydrocheckem II pro současný stav objektů



Obr. 35 - Konzumní křivky objektů, zdroj: (9)

4.2.4. Posouzení VD za povodní

Kontrolní maximální hladina

KMH při povodni se stanoví na základě souhrnné konzumční křivky všech objektů, jimiž při povodni bude protékat voda, tj. konzumční křivka bezpečnostní přelivu, spodní výpusti a přeronu přes těleso hráze. KMH je úroveň hladiny při požadovaném průtoku, tj. při Q_{100} pro vodní díla IV. kategorie. Z obrázku 35 je patrná kontrolní maximální hladina (KMH) modrou tečkovanou čarou na kótě 437,51 m n. m. pro $Q_{100} = 8,15 \text{ m}^3/\text{s}$, dle hydrologických dat z 26. 5. 2008 (9). Pro současné údaje (z roku 2018), kdy $Q_{100} = 7,80 \text{ m}^3/\text{s}$, bude KMH nižší, a to na kótě 437,50 m n. m.

Kontrolní maximální hladina je na kótě 437,50 m n.m.

Mezní bezpečná hladina

Mezní bezpečná hladina (MBH) se stanoví dle TNV 75 2935 Posuzování bezpečnosti vodních děl při povodních. Výška výběhu vlny, obrázek 36, pro vegetační pokryv návodního svahu o sklonu 1:2, je 0,42 m pro efektivní délku rozběhu vlny 100 m (u MVN Javornice je vzdálenost hráze od začátku nádrže právě 100 m). MBH je stanovena jako koruna hráze snižená o výšku výběhu vlny, tj. $437,25 - 0,42 = 436,83 \text{ m n. m.}$

Mezní bezpečná hladina je stanovena na kótu 436,83 m n. m.

Druh opevnění svahu hráze	Efektivní délka rozběhu vlny v metrech	Výška výběhu vlny v m pro návrhovou rychlost 72 km.h^{-1}	
		Sklon návodního svahu hráze	
		1 : 3	1 : 2
Drsný povrch (kamenná rovnanina, pohoz, vegetační pokryv)	100	0,33	0,42
	200	0,43	0,54
	300	0,50	0,64
Hladký povrch (asfaltobeton, beton, dlažba)	100	0,42	0,53
	200	0,54	0,67
	300	0,62	0,80

Obr. 36 - Výška výběhu vlny, zdroj: TNV 75 2935

Srovnání MBH a KMH

Dle TNV 75 2935 musí být $MBH < KMH$ pro bezpečná vodní díla. KMH 437,50 m n. m. je větší než MBH, 436,83 m n. m. **Vodní dílo Javornice není bezpečné.** Je potřeba navrhnout opatření pro zvýšení jeho bezpečnosti, kterým se věnuje kapitola 4.3.

4.2.5. Konzumční křivky objektů

Grafy a tabelární podoba konzumčních křivek objektů jsou převzaty z (9) a uvedeny v přílohách. Konzumční křivka průřezu přes těleso je v příloze č. 3.

Bezpečnostní přeliv

Bezpečnostní přeliv byl počítán nejprve s volnou hladinou, viz příloha č. 4. Z grafu je patrné, že průtok převedený troubou DN600 o sklonu 0,0286 je roven hodnotě 0,975 m³/s, což odpovídá maximálně jednoletému průtoku. Bude proto docházet k zatápnění vtoku bezpečnostního přelivu a je nutné ověřit kapacitu při tlakovém proudění, viz příloha č. 5. Je nežádoucí, aby docházelo k zatápnění vtoku do bezpečnostního přelivu. Při hladině vody v nádrži po úroveň MBH (436,83 m n. m., v grafu h = 0,71 m) převede přeliv 0,4 m³/s, což dle hydrologických dat (viz obrázek 34) je menší než průtok s opakováním jedenkrát za rok. Bezpečnostní přeliv musí být navržen dle TBD u IV. kategorie vodních děl na převedení průtoku s opakováním jednou za sto let. (12)

Přeliv převede nanejvýš jednoletý průtok při volné hladině, je považován za nevyhovující.

Spodní výpust

V manipulačním řádu je uvažováno s výpočty spodní výpusti jako přepadu přes dluže, proudění s volnou hladinou (příloha č. 6), při tlakovém proudění (příloha č. 7) a dále je uvažováno s prouděním v požeráku jako šachtovým přelivem. Kapacita je uvedena v kapitole 4.1.2. Pro další výpočty, zejména transformaci povodňové vlny přes nový bezpečnostní přeliv, není uvažováno s prouděním šachtovým přelivem, jelikož může snadno dojít k ucpání česlic nad šachtou požeráku a k výraznému snížení tohoto uvažovaného průtoku.

Přepad přes dluže

Postup výpočtu přepadu přes dluže je v práci uveden, jelikož s ním je dále uvažováno v transformaci povodňové vlny v kapitole 4.3.3. Vstupními hodnotami do výpočtu jsou uvažovány dluže o délce 1,2 m, přepadový součinitel m je pro zjednodušení uvažován konstantně m = 0,45. Pro přepad přes dluže je uvažována Weisbachova rovnice: [1]

$$Q = m * b_0 * \sqrt{2g} * h_0^{\frac{3}{2}}$$

Kde

Q ... průtok převedený přepadem přes dluže [m³/s]

m ... přepadový součinitel [-]

b₀ ... efektivní délka dluží [m]

g ... tíhové zrychlení [m²/s]

h₀ ... přepadová výška včetně rychlostní výšky [m] stanovena z následujícího vzorce: [2]

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

Kde

v ... přítoková rychlost [m/s]

h ... výška přepadového paprsku [m]

Hodnota efektivní délky dluží b₀ [m] se stanoví ze vzorce: [3]

$$b_0 = b - 2K_V * h$$

Kde

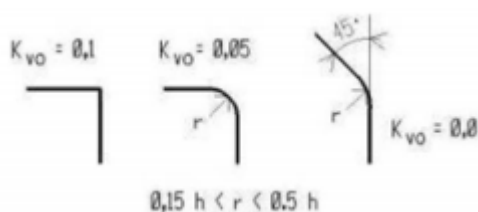
b ... světlá délka dluží, tj. od hran stěn požeráky, tedy světlá šířka požeráku [m]

K_v ... součinitel vtoku závislý na délce dluží (tj. šířce přepadu) a dle zaoblení [4]

$$K_V = \frac{b * K_{V0}}{b + h}$$

Kde

K_{v0} ... má následující hodnoty (obrázek 37), pro výpočet byl součinitel zvolen K_{v0} = 0,1.



Obr. 37 - Hodnoty součinitele K_{v0} , zdroj: (7)

Grafická podoba konzumní křivky v grafu 2, kde Q je průtok a h je úroveň hladiny nad přelivnou hranou:



Graf 2 - Přepad přes dluže, zdroj: vlastní tvorba

Tabelární podoba konzumní křivky přepadu přes dluže (tabulka 3), h_0 je přepadová výška od hrany dluží, Q_1 je průtok bez vlivu rychlostní výšky, Q s rychlostní výškou.

h_0 [m]	H [m n. m.]	Kv [-]	b_0 [m]	Q_1 [m³/s]	v [m/s]	h [m]	Q [m³/s]
0.00	436.02	0.100	1.200	0.000	0.000	0.00	0.000
0.01	436.03	0.099	1.198	0.002	0.199	0.01	0.003
0.02	436.04	0.098	1.196	0.007	0.282	0.02	0.009
0.03	436.05	0.098	1.194	0.012	0.345	0.04	0.016
0.04	436.06	0.097	1.192	0.019	0.399	0.05	0.025
0.05	436.07	0.096	1.190	0.027	0.446	0.06	0.035
0.06	436.08	0.095	1.189	0.035	0.488	0.07	0.046
0.07	436.09	0.094	1.187	0.044	0.527	0.08	0.058
0.08	436.10	0.094	1.185	0.053	0.564	0.10	0.070
0.09	436.11	0.093	1.183	0.064	0.598	0.11	0.084
0.10	436.12	0.092	1.182	0.074	0.630	0.12	0.098
0.11	436.13	0.092	1.180	0.086	0.661	0.13	0.113
0.12	436.14	0.091	1.178	0.098	0.690	0.14	0.129
0.13	436.15	0.090	1.177	0.110	0.719	0.16	0.145
0.14	436.16	0.090	1.175	0.123	0.746	0.17	0.162
0.15	436.17	0.089	1.173	0.136	0.772	0.18	0.179
0.16	436.18	0.088	1.172	0.149	0.797	0.19	0.197
0.17	436.19	0.088	1.170	0.163	0.822	0.20	0.216
0.18	436.20	0.087	1.169	0.178	0.846	0.22	0.235

Tab. 3 - Tabelární podoba konzumní křivky přepadu, zdroj: vlastní tvorba

4.2.6. Stanovení hydrogramu povodňové vlny

Stanovení tvaru

Tvar hydrogramu povodňové vlny byl stanoven pomocí metody SCS CN (Soil Conservation Service USA), kterou vyvinula Americká „Služba na ochranu půd“ (volně přeložený název) při pozorování a následné analýze dat na malých povodích v USA, vztahy jsou tedy empirické (odvozené na základě pozorování). (13) Pro srážkoodtokovou událost je předpoklad vzájemné rovnosti poměru skutečné maximální velikosti ztrát ku maximální potenciální velikosti ztrát na povodí a poměru výšky odtoku ku výšce srážky snížené o tzv. počáteční ztrátu Platí vztah: [5]

$$\frac{F}{S} = \frac{R}{P - I_a}$$

Kde

F ... skutečná velikost ztrát, tj. retence, od doby počátku odtoku z povodí [mm]

S ... maximální potenciální ztráta, tj. retence, od doby počátku odtoku z povodí [mm]

R ... kumulativní odtoková výška od počátku srážkové události pro daný čas [mm]

P ... kumulativní výška srážky od počátku srážkové události pro daný čas [mm]

I_a ... počáteční ztráta, tj. retence, v povodí v době, kdy ještě nedochází k tvorbě odtoku z povodí (např. infiltrace, tj. vsak vody do půdy, nebo intercepce, tj. zadržaná voda na rostlinách, která nikdy nedopadne na zem) [mm]

Skutečná retence F, která na povodí nastane, je celková výška srážky P snížená o počáteční retenci I_a a o výšku odtoku R vyjádřená vztahem: [6]

$$F = P - I_a - R$$

Počáteční retenci na povodí se doporučuje uvažovat jako 20 % maximální potenciální retence (dle experimentálních měření), tj.: [7]

$$I_a = 0,2 * S$$

Dosazením vyjádřených vztahů do základní rovnice se získá vztah: [8]

$$\frac{P - 0,2 * S - R}{S} = \frac{R}{P - 0,2 * S}$$

A vyjádřením z něho se získá vztah pro kumulativní odtokovou výšku R jako: [9]

$$R = \frac{(P - 0,2 * S)^2}{P + 0,8 * S}$$

Kde maximální potenciální ztrátu S lze zjistit pomocí čísla CN křivky vztahem: [10]

$$S = \frac{25400 - 254CN}{CN}$$

Kde

CN ... nabývá hodnot v intervalu <30;100>, kde krajní hodnota 30 je pro povodí s velkými ztrátami a na opačné straně krajní hodnota 100 je pro povodí beze ztrát.

Hodnota CN závisí na hydrologické skupině půd – rozlišují se půdy kategorie A až D podle infiltrace a retence, na vegetačním pokryvu – způsobu obdělávání pozemků a na předchozích vláhových podmínkách, danými úhrnem srážek v předchozích dnech.

Skupinu půd lze zvolit dle BPEJ (bonitovaná půdně ekologická jednotka), což je pětímístný kód udávající na první pozici příslušnost ke klimatickému regionu, na druhé a třetí pozici je typ půdy, čtvrtá pozice stanovuje stupeň sklonitosti a příslušnou orientaci ke světovým stranám ve vzájemné kombinaci a poslední, pátá, pozice vyjadřuje hloubku a skeletovitost půdního profilu ve vzájemné kombinaci. (14)

Pro povodí Javornického potoka nad MVN Javornice byla druhá a třetí pozice číselného kódu stanovena jako nejvíce převažující hodnota, a to 25. Hodnota udává půdní subtyp, substrát a hydrologickou půdní skupinu, která je pro hodnotu 25 udávána jako B (C). Pro toto povodí byla zvolena C skupina (vlivem v pořadí dalších nejvíce zastoupených skupin půd, a to D).

Hodnota CN křivky se stanoví dle využití pozemků na povodí (pro povodí Javornického potoka jsou to širokořádkové plodiny s řádky vedenými po vrstevnici i bez ohledu na ně a se špatnými hydrologickými podmínkami). Hodnota CN je stanovena na 83, kumulativní výška srážky pak na 99 mm.

Dosažením do vzorců pro CN vyjde hodnota maximální potenciální retence S rovna 52,0 mm, následně kumulativní odtoková výška R rovna 55,8 mm a počáteční ztráta je rovna 10,4 mm. Skutečná velikost ztrát je rovna 32,8 mm.

Objem odtoku lze stanovit jako: [11]

$$O = 1000 * A - R$$

Kde

O ... objem odtoku [m^3]

A ... plocha povodí = 1,21 [km^2]

R ... přímý odtok = 55,8 [mm]

Objem odtoku se tedy rovná 67 518 m^3 vody.

Doba doběhu T_{LAG} je čas, který je nutný pro odtok částice z hydraulicky nejvzdálenějšího bodu povodí ke zjišťovanému profilu a zjistí se vztahem: [12]

$$T_{LAG} = \frac{(3,281 * L_u)^{0,8} * (0,0394 * S + 1)^{0,7}}{1900 * \sqrt{I_p}}$$

Kde

L_u ... délka údolnice = 1,5 [km]

I_p ... průměrný sklon povodí = 5 [%]

Výsledná doba doběhu po dosažení vyjde 0,46 h.

Doba koncentrace T_C se spočítá ze vztahu (13): [13]

$$T_C = 1,67 * T_{LAG}$$

Výsledná doba koncentrace po dosažení je rovna 0,77 h.

Doba koncentrace je třetina základny trojúhelníkového tvaru povodňové vlny, kde právě v jedné třetině základny, tj. v T_C , nastane maximální (kulminační) průtok Q_{100} . Doba trvání průběhu povodňové vlny je pak: [14]

$$T = 3 * T_C$$

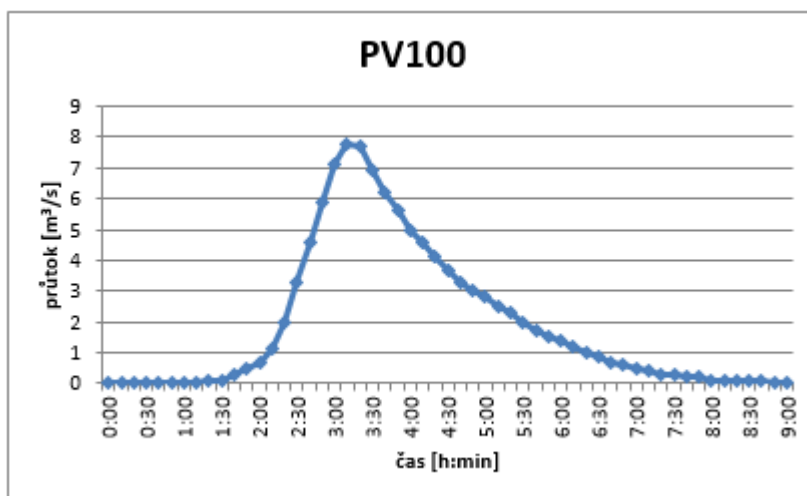
Výsledná doba trvání průběhu povodňové vlny je 2,31 h.

Na grafu 3 je zobrazen zjednodušený tvar povodňové stoleté vlny.



Graf 3 - Zjednodušený průběh povodňové vlny, zdroj: vlastní tvorba

Tvar povodňové vlny v grafu 4 je převzat od doc. Dr. Ing. Pavla Fošumpaura.



Graf 4 - Tvar povodňové vlny, zdroj: doc. Dr. Ing. Pavel Fošumpaur

Transformace povodňové vlny je provedena pro nově navržený bezpečnostní přeliv v kapitole 4.3.3. s tvarem povodňové vlny z grafu 4.

4.3. NÁVRH ŘEŠENÍ PROBLÉMŮ

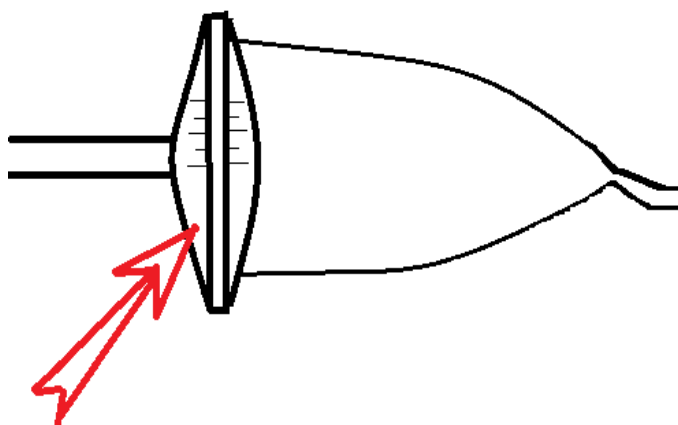
Při pochůzce kolem vodního díla MVN Javornice a po provedení technického a vodohospodářského posouzení jednotlivých objektů a částí v kapitole 4.1. byly shledány problémy, kterým se přímo věnují dílčí části. Problém průsaku hrází a nevyhovující přeliv jsou rozebrány podrobně v této kapitole.

4.3.1. Průsak hrází

Každá hráz vykazuje minimální, přijatelné, průsaky do tělesa hráze vlivem použitého materiálu a jeho pórovitosti, jinak tomu není ani u hrází zemních sypaných. Jedná-li se o průsak hrází, jež je kontrolovatelný například pomocí drenážního potrubí, a jsou-li stále stejné, v dovolené míře dle projektových předpokladů a není-li přikloněna depresní průsaková křivka k povrchu vzdušného líce nebo nad něj, považujeme průsaky za neškodné.

Dojde-li ale k lokálním průsakům a jsou-li odlišného charakteru či množství prosáklé vody, může se jednat o problém. A to takový, že kvůli prosakující vodě, která s sebou odnáší postupně nejjemnější částice, dochází k erozi hráze, a proto může dojít ke vzniku průsakového kanálu, který je nebezpečný pro hráz kvůli její nestabilitě, kdy drobné kaverny jsou postupem času a prouděním vody zvětšovány (jsou odnášeny i částice větších průměrů), dochází tak k úbytku materiálu v hrázi, což může vést k destrukci hráze, ztrátě její stability, vlivem samovolného sednutí nebo zatížení. Snížení průsaků hrází lze docílit vybudováním vhodné těsnící části, případně dodatečného těsnění.

Popis



Obr. 38 - Lokalizace průsaku, zdroj: vlastní tvorba

Na vodním díle Javornice byl zjištěn průsak u levého zavázání hráze, schematicky naznačeno červenou šipkou na obrázku 38. Při pochůzce v zimních měsících byl průsak vidět díky obnažené části hráze až na zeminu, kdežto zbytek hráze byl zasněžený lehkým popraškem. Při pochůzce v teplých jarních měsících byla hráz zarostlá kopřivami. Místo průsaku bylo možné jednoznačně definovat díky změně vegetace z kopřiv na nízký porost – blatouch bahenní.

Na obrázku 39 je průsak lokalizován červenou hvězdičkou. Jedná se o fotografii hráze z levého zavázání, kde na pravé straně fotografie je nádrž (jsou vidět schody k obslužné lávce požeráku) a na levé straně je vzdušný svah hráze.



Obr. 39 - Lokalizace průsaku v hrázi, zdroj: vlastní archiv

Množství prosakující vody

Množství prosakující vody bylo rámcově odhadnuto in situ při pochůzce v teplých dnech, kdy hráz již nebyla zamrzlá. Bylo vybráno místo s největším (dobře měřitelným) průsakem, tj. místo, kde se nejvíce bořily boty do bláta a kde se po zapíchnutí předmětu (klacku) do tělesa hráze začal vpich samovolně plnit vodou. Varianta pro měření průsaku nádobou byla zamítnuta pro nemožnost měření, vzhledem k tomu, že voda nevyvěrá na povrch, ale pouze podmáčí zeminu ve svém okolí. Byly proto zvoleny dvě válcové sondy o průměru 0,04 m a výšce 0,15 m, tj. o objemu $0,0001884 \text{ m}^3$, což je $0,1884 \text{ dm}^3$. Byl měřen časový interval, za který se sondy naplní, a následně množství (objem) prosáklé vody. Toto měření bylo prováděno dvakrát. Množství prosáklé vody se rovná objemu sondy,

tj. 0,1884 l. Čas, za který se naplnila první sonda, je 1 minuta a 30 vteřin, tj. 90 vteřin, a druhá sonda se naplnila za 1 minutu a 40 vteřin, tj. 100 vteřin. Jedná se o 0,002093 l/s a v druhém případě o 0,001884 l/s, což je v průměru 0,002 l/s. Při tomto jednoduchém pokusu byl zjištěn průsak cca 170 l/den. Nelze ale určit jednoznačně toto množství, protože voda prosakuje na více místech a není jednoznačně dáno, že zaplnění sondy bylo dotováno z vody právě prosáklé, nikoli jen dorovnávání hladin v podloží. Jednoznačně lze ale říci, že hráz je nasáklá vodou při vzdušním líčí, což je nepřipustné.

Průsak postupně vytváří pod hrází mělké koryto, které je obnažené (bez vegetace) a výškově je od okolního terénu cca o 0,1 m níže. Na obrázku 40 je vidět průsakové koryto při pohledu na hráz a obrázku 41 je vidět průsakem vytvořená a zamrzlá kaluž.

Obr. 40 - Průsakové koryto pod hrází, zdroj: vlastní archiv



Obr. 41 - Průsaková kaluž v zimě, zdroj: vlastní archiv

Možné důvody průsaku

- Nehomogenita hráze

Průsak může být způsoben rozdílnými materiály, respektive zeminami s rozdílnými vlastnostmi, případně vlivem nedostatečného zhutnění materiálu hráze.

- Nefunkční drenáž

Postupem času mohlo dojít k jejímu ucpání kořeny rostlin, to by vysvětlovalo i to, že z drenáže nevytékala žádná voda (která ale v okolí hráze byla a prosakovala ven).

- Kácení stromů

Dále pak mohl vznik průsaku pramenit z dob, kdy byla celá hráz zarostlá keři a stromy a muselo dojít (teprve v nedávné době) k vykácení a vyčištění prostor hráze a pod hrází. V důsledku toho mohlo dojít k vyschnutí jejich kořenů, tedy ke zvětšení erozních kaveren a vzniku nových průsakových cest.

Možnosti řešení průsaků hrází

Prosakující hráz lze sanovat několika postupy, a to:

- Obnovení funkce drenáže

Jakožto první variantu řešení průsaku je zapotřebí ověřit její přítomnost, polohu, stav a průchodnost. Prvním možným řešením průsaku hrází je vybudování, respektive rekonstrukce, drenážního systému v patě hráze. Toto řešení se jeví jako základní a první krok, jelikož drenáž je nutná k odvodnění hráze i za přítomnosti opatření pro řešení průsaku níže uvedených.

- Pilotové stěny

Dalším možným řešením průsaku (bude-li pokračovat po zprůchodnění drenáží) jsou pilotové stěny. Tato technologie se u zemních sypaných hrází nepoužívá samostatně pro řešení průsaku, většinou piloty tvoří i statickou funkci v případě nestability hráze. Piloty se v případě řešení průsaků musí přesahovat, pro omezení vzniku dalších průsaků. Používá se spíše mikropilotáž, kde průměr pilot je menší než 300 mm. Při vrtání pilot jsou jednotlivé piloty vyplňovány bentonitovou suspenzí. (15)

- Injektáž

Tato technologie spočívá ve tvoření pilířů tryskáním směsi pod tlakem 35-55 MPa. Opět se musí jednotlivé pilíře přesahovat pro získání dostatečné těsnící funkce. (15)

- Ostatní

Mezi další opatření patří zaberanění štětových stěn do hráze (pouze u málo kamenitých hrází), případně provést návodní těsnění v celé délce, (asfalto-beton, beton, plast). Nutnost přilnutí (napojení) na hráz a odvodnění pod ním. (15)

4.3.2. Nový bezpečnostní přeliv

Dle hydrotechnických výpočtů je shledán bezpečnostní přeliv za nekapacitní, a dle technického posouzení svým stavem za nevyhovující. Je proto potřeba navrhnout nový bezpečnostní přeliv.

Jak uvádí úvodní kapitola 3.4.3., je několik možností řešení bezpečnostních přelivů. Jako nejpodobnější řešení tomu nyní přítomnému se jeví zkapacitnění trubního přelivu, tj. zvolit trouby o větším DN a obetonovat je, aby nedošlo opět k jejich destrukci, což vlivem zatížení nelze vyloučit, proto tato varianta není doporučena. Další alternativou řešení bezpečnostního přelivu je výstavba bočního přelivu v místě pravobřežního zavázání. Tato varianta byla shledána jako nejvhodnější, vzhledem ke spolehlivosti a relativní jednoduchosti stavby a zemních prací vůči výstavbě sdruženého objektu.

4.3.2.1. Výpočet délky přelivné hrany

Návrh délky přelivné hrany bezpečnostního přelivu se počítá vyjádřením ze vzorce: [15]

$$Q = \frac{2}{3} \mu_p * b_0 * \sqrt{2g} * h^{\frac{3}{2}} \quad [m^3/s]$$

Kde

μ_p ... přepadový součinitel

b_0 ... délka přelivné hrany s vlivem kontrakcí (efektivní délka)

g ... tíhové zrychlení 9,81 [m²/s]

h ... výška přepadového paprsku

Rychlostní výška byla pro výpočet přepadu zanedbána, rychlost byla uvažována jako nulová.

Délku přelivné hrany s vlivem kontrakcí lze vyjádřit ze vzorce upravením jako: [16]

$$b_0 = \frac{Q}{\frac{2}{3} \mu_p * \sqrt{2g} * h^{3/2}} = 9,91 [m]$$

Přepadový součinitel μ se počítá v závislosti na přepadové výšce a tvaru přelivné konstrukce z následujícího vzorce: [16]

$$\mu_p = 1,02 - \frac{1,015}{\frac{h}{r} + 2,08} + \left(0,04 * \left(\frac{h}{r} + 0,19 \right)^2 + 0,0223 \right) * \frac{r}{s} = 0,89 [-]$$

Kde

h ... přepadová výška

r ... poloměr zaoblení přelivné hrany = 0,2 [m]

s ... hloubka vody před přelivem = 0,5 [m]

Výsledná konstrukční délka přelivné hrany se spočítá ze vzorce: [17]

$$b = b_0 + 0,1 * \xi * n * h_0 = 10 \text{ [m]}$$

Kde

b ... konstrukční délka přelivné hrany BP

ξ ... součinitel tvaru zdí – pro pravoúhlý tvar = 1

n ... počet míst zúžení – dvě stěny v krajích = 2

h_0 ... přepadová výška – rychlostní výška je v tomto případě zanedbaná, jelikož rychlost se uvažuje nulová = h

Vstupní hodnoty pro výpočet délky přelivné hrany jsou $Q_{100} = 7,8 \text{ m}^3/\text{s}$. Pro zvolenou délku přelivné hrany $b = 10 \text{ m}$ vyšla přepadová výška rovna 0,45 m. Přeliv je navržen betonový s délkou přelivné hrany 10 m, poloměrem zaoblení 0,2 m a hloubkou vody před spadištěm 0,5 m.

Na grafu 5 je zobrazena konzumční křivka nově navrženého bezpečnostního přelivu s délkou přelivné hrany 10 m.



Graf 5 - Konzumční křivka nového přelivu, zdroj: vlastní tvorba

4.3.2.2. Návrh bočního přelivu

Pro délku přelivné hrany 10 m stanovenou v předchozí kapitole je navržen boční bezpečnostní přeliv. Přeliv se skládá z vlastního tělesa přelivu, spadiště, odpadu od přelivu a zařízení pro tlumení energie, tj. vývaru. (16)

Odpadní koryto

Odpadní koryto od přelivu bylo navrženo za pomoci Manningovy a Chézyho rovnice za předpokladu ustálení proudění na délku koryta 20 m, při sklonu dna 20 % a šířky koryta ve dně $b = 1,5$ m. Chézyho rovnice má následující podobu: [18]

$$v = C * \sqrt{R * i}$$

Kde

v ... rychlost proudění [m/s]

C ... Chézyho rychlostní součinitel (vypočtený dle Manningovy rovnice)

R ... hydraulický poloměr = 0,3 [m]

i ... sklon dna = 0,2 [-]

Rychlostní součinitel se spočítá ze vztahu: [19]

$$C = \frac{1}{n} * R^{1/6}$$

Kde

n ... Manningův drsnostní součinitel, pro betonové dno a stěny z kamene = 0,017

Pro Q_{100} byla vyjádřena hloubka rovnoměrného proudění z následujícího vzorce: [20]

$$Q = v * S$$

Kde

S ... je průtočná plocha, tedy $S = h * b$, kde $b = 1,5$ m.

Hloubka v odpadním korytě byla vypočtena na hodnotu 0,46 m (za průtoku 7,86 m³/s).

Odpadní koryto je navrženo se šířkou ve dně 1,5 m a hloubkou opevnění 0,6 m.

Spadiště

Spadiště bezpečnostního přelivu je navrženo betonové, s délkou přelivné hrany 10 m, šířkou spadiště rovnou šířce odpadního koryta, tj. 1,5 m a délkou 8,5 m. Sklon spadiště je zvolen na 2 %, tj. se jedná o minimální možný sklon. (17) Hloubka spadiště je navržena na 0,8 m v místě protnutí hráze vzdušním svahem, respektive u konce přelivné hrany. Hloubka spadiště je ověřena za pomoci Komorova grafu (17) odečtením největší možné hloubky, a to tak, že G je poměr sklonu spadiště vynásobeného jeho délkou ku hloubce spadiště v jeho konci, tj. $G = 0,02 * 8,5 / 0,8 = 0,21$. Pro hodnotu $\alpha = 0^\circ$ je poměr výšek roven 1,58. Z čehož vyplývá krajní hladina vody h_n v začátku spadiště rovna maximálně 1,26 m, tj. spadiště včetně $\frac{1}{2}$ výšky přepadového paprsku musí být větší než tato hodnota.

Hloubka spadiště při svém začátku je navržena na hodnotu 1,2 m, šířka spadiště je 1,5 m, délka 8,5 m.

Vývar

Vzhledem k bystřinnému charakteru proudění v odpadním korytě od přelivu je navrženo opatření pro tlumení kinetické energie.

Koryto pod vývarem bude široké 2 m a bude opevněno kamenem do betonu, tj. drsnostní součinitel $n = 0,025$, dle výše uvedených vzorců bude hodnota hladiny dolní vody rovna 1,1 m, pro sklon dna 2 %. Předpokládaná hloubka vývaru $d = 0,6$ m.

Návrhový průtok q_n se stanoví ze vzorce: [21]

$$q_n = \frac{Q}{B} = 5,2 \text{ [m}^3/\text{s]}$$

Kde

Q ... stoletý průtok = 7,8 [m³/s]

B ... šířka ve dně = 1,5 [m]

Potom zúžený paprsek y_c se spočítá z rovnice: [22]

$$y_c = \frac{q_n}{\varphi * \sqrt{2 * g * (E - y_c)}} = 0,81 \text{ [m]}$$

Kde

φ ... rychlostní součinitel = 1 [-]

E ... energetická výška, tj. hloubka vývaru d a výška paprsku = 1,21 [m]

V prvním kroku se y_c ve jmenovateli položí rovno 0 a vypočte se hodnota y_c (= 0,80 m), v druhém kroku se vypočtená hodnota dosadí do jmenovatele a vypočítá se opravená hodnota zúženého paprsku, která vyšla 0,81 m. Následně se vypočítá druhá vzájemná hloubka vodního skoku y_2 ze vzorce: [23]

$$y_2 = \frac{y_c}{2} * \left(\sqrt{1 + \frac{8 * q_n^2}{g * y_c^3}} - 1 \right) = 1,58 [m]$$

Míra vzduť se spočítá ze vztahu: [24]

$$\sigma = \frac{y_d + d}{y_2} = 1,08 [-]$$

Kde

d ... je hloubka vývaru = 0,6 [m]

Délka vývaru L_v se stanoví dle Smetany jako: [25]

$$L_v = 6 * (y_2 - y_1) = 4,62 [m]$$

Hloubka vývaru bude 0,6 m a délka 4,7 m.

Bezpečnostní přeliv bude z betonu, délka přelivné hrany bude 10 m, délka spadiště 8,5 m, šířka 1,5. Sklon spadiště bude 2 % a bude z betonu. Spadiště bude přemostěno lávkou. Odpadní koryto má stejnou šířku ve dně jako spadiště, tj. 1,5 m, sklon 20 % (vlivem sklonu terénu). Dno bude z betonu, stěny do výšky 0,6 m budou z lomového kamene do betonu. Délka koryta bude 20 m a bude zakončeno vývarem o délce 4,7 m a hloubce 0,6 m. Za vývarem se připojí koryto od spodní výpusti. Koryto dále bude pokračovat v šířce 2 m a bude za vývarem opevněno. Prostor před spadištěm, respektive břehy, bude upraven tak, aby voda mohla na přeliv natékat a nestrhávala s sebou části hráze, respektive břeh v kratší části spadiště. Výkresový dokumentace přelivu je v příloze G5 a G6.

4.3.3. Posouzení díla za povodní

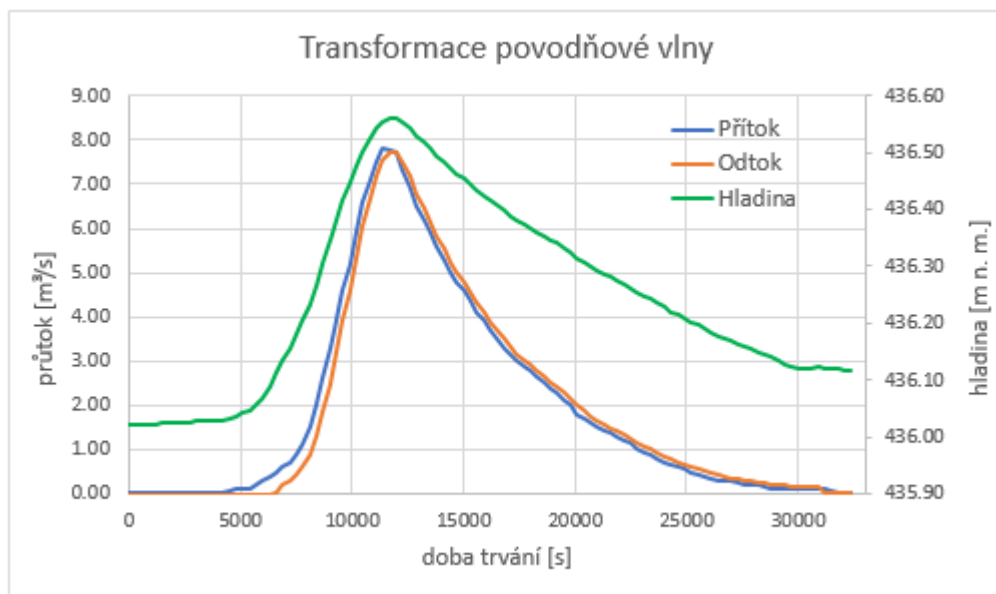
Transformace povodňové vlny

Pro navržený nový boční bezpečnostní přeliv byla provedena transformace povodňové stoleté vlny. Výpočet byl proveden pomocí metody Runge Kutta 4. řádu. Vzorce užití metody představuje obrázek 42:

$$\begin{aligned}k_1 &= f(t_n, y_n) \\k_2 &= f\left(t_n + \frac{h}{2}, y_n + \frac{h}{2}k_1\right) \\k_3 &= f\left(t_n + \frac{h}{2}, y_n + \frac{h}{2}k_2\right) \\k_4 &= f(t_n + h, y_n + hk_3) \\y_{n+1} &= y_n + \frac{h}{6}(k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4)\end{aligned}$$

Obr. 42 - Metoda Runge Kutta, zdroj:
https://cs.wikipedia.org/wiki/Numerické_řešení_obyčejných_diferenciálních_rovnic

Na následujícím grafu 6 je uvedena grafická podoba transformace povodňové vlny, tabelární je pak v příloze č. 8. Z grafu vyplývá (a z početní části vychází), že vodní dílo nemá svým retenčním objemem velký vliv na průchod stoleté povodňové vlny.



Graf 6 - Transformace povodňové vlny, zdroj: vlastní tvorba

Kontrolní maximální hladina

Z grafu transformace povodňové vlny je patrná kontrolní maximální hladina (KMH) na kótě 436,45 m n. m. pro $Q_{100} = 7,80 \text{ m}^3/\text{s}$. KMH je úroveň hladiny při požadovaném průtoku, tj. při Q_{100} .

MBH = 436,83 m n. m. > KMH = 436,45 m n. m.

Vodní dílo Javornice je dle velikosti kontrolní maximální hladiny vs. mezní bezpečné hladiny označeno za bezpečné.

Alternativa návrhu - sdružený objekt

Další variantou návrhu bezpečnostního přelivu je sdružený objekt. Ten bude výhodný v případě, prokážou-li kamerové zkoušky spodní výpusti nevyhovující stav. Bude-li to možné a projeví-li se šachta současné spodní výpusti jako plně funkční, může být bezpečnostní přeliv navázán na tuto šachtu. Přelivná hrana bude oblouková nebo přímá, ve své přední části (směrem do nádrže) bude výpust (požerák). Spadiště bude řádně opevněno a voda skrz hráz bude pokračovat potrubím, respektive šachtou. Šachta by byla provedena pomocí prefabrikátu popřípadě vyskládaná z kamenů klenba a obetonována kvůli těsnosti. Tato šachta by dále navazovala na vývar, který je v současné době nevyhovující a je třeba ho opravit.

5. ZÁVĚR

Práce byla členěna na několik částí. Úvodní kapitola předeslala čtenáři problematiku vodních nádrží. Cílem teoretické kapitoly bylo, aby i laik byl schopen se v tématu orientovat a věděl, jaké jsou možnosti řešení nádrží, hrází a objektů. V práci byl zpracován úvod do tématu vodních nádrží, jakožto jejich dělení, funkce a prostory v nádrži.

V následující kapitole byl proveden podrobný technický popis vodního díla a jeho objektů, včetně přilehlého vodního toku, a to principem popisu daného objektu (části díla) včetně uvedených přeměřených rozměrů z reálného stavu, a popisu aktuálního stavu a jeho posouzení na základě vizuální kontroly. Zvlášť byla uvedena kapitola pro hráz, která vykazuje průsaky při levobřežním zavázání. Průsaky se zabývá samostatná kapitola, která navrhuje možné varianty řešení tohoto problému, prvotním krokem bude zjištění funkčnosti drenáže v celé délce a její obnova. Další kapitola se věnovala nádrži (u které bylo navrhuto zjištění mocnosti sedimentu a z toho vyplývající následná nutnost odbahnění) a přilehlé části Javornického potoka (který byl shledán se značně zerodovanými břehy a zbytky starého opevnění, proto je doporučeno provést nové opevnění či stabilizaci břehů). Další kapitola se zabývala odběrným potrubím, u kterého je potřeba ověřit jeho funkčnost a vůbec přítomnost v zemi a rozhodnout, zda ho zachovat (případně opravit), tedy i provést opevnění při křížení s Javornickým potokem. Bezpečnostní přeliv v samostatné kapitole byl shledán za nevyhovující z hlediska technického stavu, vykazoval značné deformace a destrukci ve své horní části, jakožto i neprůchodnost respektive necelistvost. Spodní výpust se vizuálně jevila jako správně fungující, voda v šachtě přepadala přes dluže do odpadního potrubí a vytékala do vývaru. Při případném vypuštění nádrže je vhodné překontrolovat stav dluží i pod úrovní hladiny a případně je vyměnit za nové. Terénní pochůzka shledala vývar pod spodní výpustí jako nefunkční. Je třeba provést vyspárování jeho stěn a sanaci dna a závěrného čela, respektive jeho nový návrh vzhledem k již vzniklým trhlinám a netěsnosti v jeho základové části. V případě příznivého výsledku kamerových zkoušek, či jiného posouzení spodní výpusti, je možné ji zachovat, při nepříznivém výsledku práce nastiňuje i možnost řešení bezpečnostního přelivu a spodní výpusti dohromady sdruženým objektem. Aktuální stav objektů byl zobrazen v grafických přílohách.

Dále byly analyzovány hydrotechnické výpočty. Vodní dílo bylo označeno z nevyhovující z hlediska převádění povodňových průtoků. Toto označení stanovilo nevyhovující porovnání mezní bezpečné hladiny s kontrolní maximální hladinou za předpokladu plné funkčnosti nynějších objektů. Bezpečnostní přeliv byl i dle výpočtů shledán za nekapacitní, jelikož převede maximálně jednoletý průtok. Řešením tohoto problému je návrh nového bezpečnostního přelivu s vyhovujícími parametry, tedy pro převedení Q_{100} . Nejvhodnější variantou byl shledán boční přeliv. Samostatná kapitola řeší délku přelivné hrany i rozměry spadiště, odpadního koryta i vývaru. Přeliv byl zakreslen v grafických přílohách. Při uvažování nového bezpečnostního přelivu byla převedena povodňová vlna skrze vodní dílo, stanovena kontrolní maximální hladina a ověřena s mezní bezpečnou hladinou, tj. provedeno posouzení díla za povodní.

Dalším možným rozvíjejícím řešením tohoto tématu je podrobný početní návrh sdruženého objektu (možná alternativa bočního přelivu), případně zpracování finanční a časové náročnosti provedení jednotlivých variant řešení. Mohla by být zpracována i analýza objemů v nádrži a chování díla za povodní při změně výškové úrovně přelivné hrany bezpečnostního přelivu.

6. SEZNAM ZDROJŮ A POUŽITÉ LITERATURY

1. **Patera, Adolf, Nacházel, Karel a Fošumpaur, Pavel.** *Nádrže a vodohospodářské soustavy* 10. Praha : Vydavatelství ČVUT, 2002. ISBN 80-01-02620-5.
2. **Vrána, Karel a Beran, Jan.** *Rybníky a účelové nádrže.* Praha : Vydavatelství ČVUT, 2013. ISBN 978-80-01-04002-7.
3. **ČSN 75 2410.** *Malé vodní nádrže.* Praha : Český normalizační institut, 2011.
4. **Rybníky.** http://hgf10.vsb.cz/546/Ekologicke%20aspekty/leniticky_system/rybnik.htm. 2016. [online].
5. **Vodohospodářské zařízení III.** <http://hgf10.vsb.cz/546/VHZ3/prehrady.html>. 2013. [online].
6. **Věstník 4/99 - Metodický pokyn odboru ochrany vod .**
[https://www.mzp.cz/web/edice.nsf/CE478F411DA6BB96C1256FC8003A55FC/\\$file/v401.htm](https://www.mzp.cz/web/edice.nsf/CE478F411DA6BB96C1256FC8003A55FC/$file/v401.htm). 2000. [online].
7. **Šálek, Jan, Mika, Zdeněk a Tresová, Anna.** *Rybníky a účelové nádrže.* Praha : SNTL, 1989. ISBN 80-03-00092-0.
8. **Provozní řád MVN Javornice.** 2016.
9. **Manipulační řád MVN Javornice.** 2008.
10. **Hydrologická ročenka České republiky 2004.** <http://voda.chmi.cz/hr04/kap4.html>. 2004. [online].
11. **Ing. Jaroslav Kinkor, Věstník 5/98.**
[https://www.mzp.cz/web/edice.nsf/BB978B5BAEDF46C0C1256FC8003F1EB8/\\$file/metod.html](https://www.mzp.cz/web/edice.nsf/BB978B5BAEDF46C0C1256FC8003F1EB8/$file/metod.html). 2018. [online].
12. **Vyhláška 471/2001 Sb.** <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-471>. [online].
13. **Metodika odvozování N-letých průtoků .**
http://voda.chmi.cz/opv/doc/metodika_qn.pdf. 2016. [online].
14. **eKatalog BPEJ.** <https://bpej.vumop.cz>. 2018. [online].

15. **Říha, Jaromír.** *Ochranné hráze na vodních tocích.* Praha : Grada Publishing, a.s., 2010. ISBN 978-80-247-3570-2.

16. **Vrána, Karel.** *Rybníky a účelové nádrže příklady.* Praha : Vydavatelství ČVUT, 1998. ISBN 80-01-01793-1.

17. **Broža, Vojtěch, a další.** *Přehrady.* Praha : SNTL, 1987.

7. SEZNAM ZKRATEK

BP – bezpečnostní přeliv

BPEJ – bonitovaná půdně ekologická jednotka

ČSN – česká státní norma

DN – diameter nominal, vnitřní průměr potrubí

KMH – kontrolní maximální hladina

MBH – mezní bezpečná hladina

MVN – malá vodní nádrž

TBD – technickobezpečnostní dohled

VD – vodní dílo

8. SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Dělení funkcí a účelů nádrží, zdroj: (1)	5
Obr. 2 - Dělení nádrží vzhledem k toku, zdroj: http://hgf10.vsb.cz/546/Ekologicke%20aspekty/cviceni/cviceni_lenticky/images/image001.jpg	6
Obr. 3 - Dělení objemů v nádrži, zdroj: http://hgf10.vsb.cz/546/VHZ3/pictures/image009.jpg	7
Obr. 4 - Dělení hrází dle tvaru, zdroj: http://hgf10.vsb.cz/546/Ekologicke%20aspekty/cviceni/cviceni_lenticky/images/image005.jpg	9
Obr. 5 - Druhy požeráků, zdroj: http://hgf10.vsb.cz/546/Ekologicke%20aspekty/cviceni/cviceni_lenticky/images/image083.jpg	12
Obr. 6 - Polouzavřený požerák, zdroj: http://hgf10.vsb.cz/546/Ekologicke%20aspekty/cviceni/cviceni_lenticky/images/image085.jpg	12
Obr. 7 - Pohled na nádrž z hráze, zdroj: vlastní archiv	15
Obr. 8 - Lokalizace MVN Javornice, zdroj: http://igis.pla.cz/gisypo/Main.aspx	16
Obr. 9 - Koruna hráze, zdroj: vlastní archiv	18
Obr. 10 - Vzdušní svah hráze, zdroj: vlastní archiv	18
Obr. 11 - Zaústění pravobřežní drenáže do vývaru, zdroj: vlastní archiv	19
Obr. 12 - Zaústění levobřežní drenáže do vývaru, zdroj: vlastní archiv	19
Obr. 13 - Lávka k požeráku, zdroj: vlastní archiv	20
Obr. 14 - Vývar spodní výpusti, zdroj: vlastní archiv	20
Obr. 15 - Šachta požeráku, zdroj: vlastní archiv	21
Obr. 16 – Odpadní potrubí spodní výpusti, zdroj: vlastní archiv	21
Obr. 17 - Vývar spodní výpusti, zdroj: vlastní archiv	22
Obr. 18 - Tůň za vývarem, zdroj: vlastní archiv	22
Obr. 19 - Kapacita spodní výpusti, zdroj: (9)	23
Obr. 20 - Bezpečnostní přeliv, zdroj: vlastní archiv	24
Obr. 21 - Výtokové čelo, zdroj: vlastní archiv	24

Obr. 22 - Přeliv po toku vody, zdroj: vlastní archiv	25
Obr. 23 - Přeliv proti toku vody, zdroj: vlastní archiv	25
Obr. 24 - Místní živočichové, zdroj: vlastní archiv	26
Obr. 25 - Pohled na nádrž z hráze, zdroj: vlastní archiv	26
Obr. 26 - Stabilizační pasy v korytě, zdroj: vlastní archiv	26
Obr. 27 - Zerodované koryto pod hrází, zdroj: vlastní archiv	26
Obr. 28 - Odpadní koryto od přelivu, pohled proti toku, zdroj: vlastní archiv	27
Obr. 29 - Odpadní koryto od přelivu, pohled po toku, zdroj: vlastní archiv	27
Obr. 30 - Nádrž ve vodohospodářské mapě, zdroj: https://heis.vuv.cz/data/spusteni/pgstart.asp	28
Obr. 31 - Potrubí v toku, zdroj: vlastní archiv	28
Obr. 32 - Poklop nad uzávěrem potrubí, zdroj: vlastní archiv	29
Obr. 33 - Uzávěr potrubí, zdroj: vlastní archiv	29
Obr. 34 - Hydrologická data, zdroj: ČHMÚ	30
Obr. 35 - Konzumční křivky objektů, zdroj: (9)	33
Obr. 36 - Výška výběhu vlny, zdroj: TNV 75 2935	34
Obr. 37 - Hodnoty součinitele Kv_0 , zdroj: (7)	36
Obr. 38 - Lokalizace průsaku, zdroj: vlastní tvorba	42
Obr. 39 - Lokalizace průsaku v hrázi, zdroj: vlastní archiv	43
Obr. 40 - Průsakové koryto pod hrází, zdroj: vlastní archiv	44
Obr. 41 - Průsaková kaluž v zimě, zdroj: vlastní archiv	44
Obr. 42 - Metoda Runge Kutta, zdroj: https://cs.wikipedia.org/wiki/Numerické_řešení_obyčejných_diferenciálních_rovnic	51

9. SEZNAM GRAFŮ

Graf 1 - Bathygrafické křivky MVN Javornice, zdroj: vlastní tvorba	32
Graf 2 - Přepad přes dluže, zdroj: vlastní tvorba	37
Graf 3 - Zjednodušený průběh povodňové vlny, zdroj: vlastní tvorba	41
Graf 4 - Tvar povodňové vlny, zdroj: doc. Dr. Ing. Pavel Fošumpaur	41
Graf 5 - Konzumční křivka nového přelivu, zdroj: vlastní tvorba	47
Graf 6 - Transformace povodňové vlny, zdroj: vlastní tvorba	51

10. SEZNAM TABULEK

Tab. 1 - Stanovení průtoku spodní výpustí, zdroj: vlastní tvorba	23
Tab. 2 - Tabelární podoba charakteristiky nádrže, zdroj: vlastní tvorba, data z (9).....	32
Tab. 3 - Tabelární podoba konzumční křivky přepadu, zdroj: vlastní tvorba	37

11. SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1 – Podrobná situace (9)

Příloha č. 2 – Drenáž (9)

Příloha č. 3 – Přeron přes těleso (9)

Příloha č. 4 – Bezpečnostní přeliv s volnou hladinou (9)

Příloha č. 5 – Bezpečnostní přeliv za tlakového proudění (9)

Příloha č. 6 – Spodní výpust s volnou hladinou (9)

Příloha č. 7 – Spodní výpust za tlakového proudění (9)

Příloha č. 8 – Tabelární podoba transformace povodňové vlny (1/2)

Příloha č. 8 – Tabelární podoba transformace povodňové vlny (2/2 pokračování)

GRAFICKÁ ČÁST

Příloha G1 – Situace – vodohospodářská mapa

Příloha G2 – Situační výkres širších vztahů

Příloha G3 – Hráz MVN Javornice

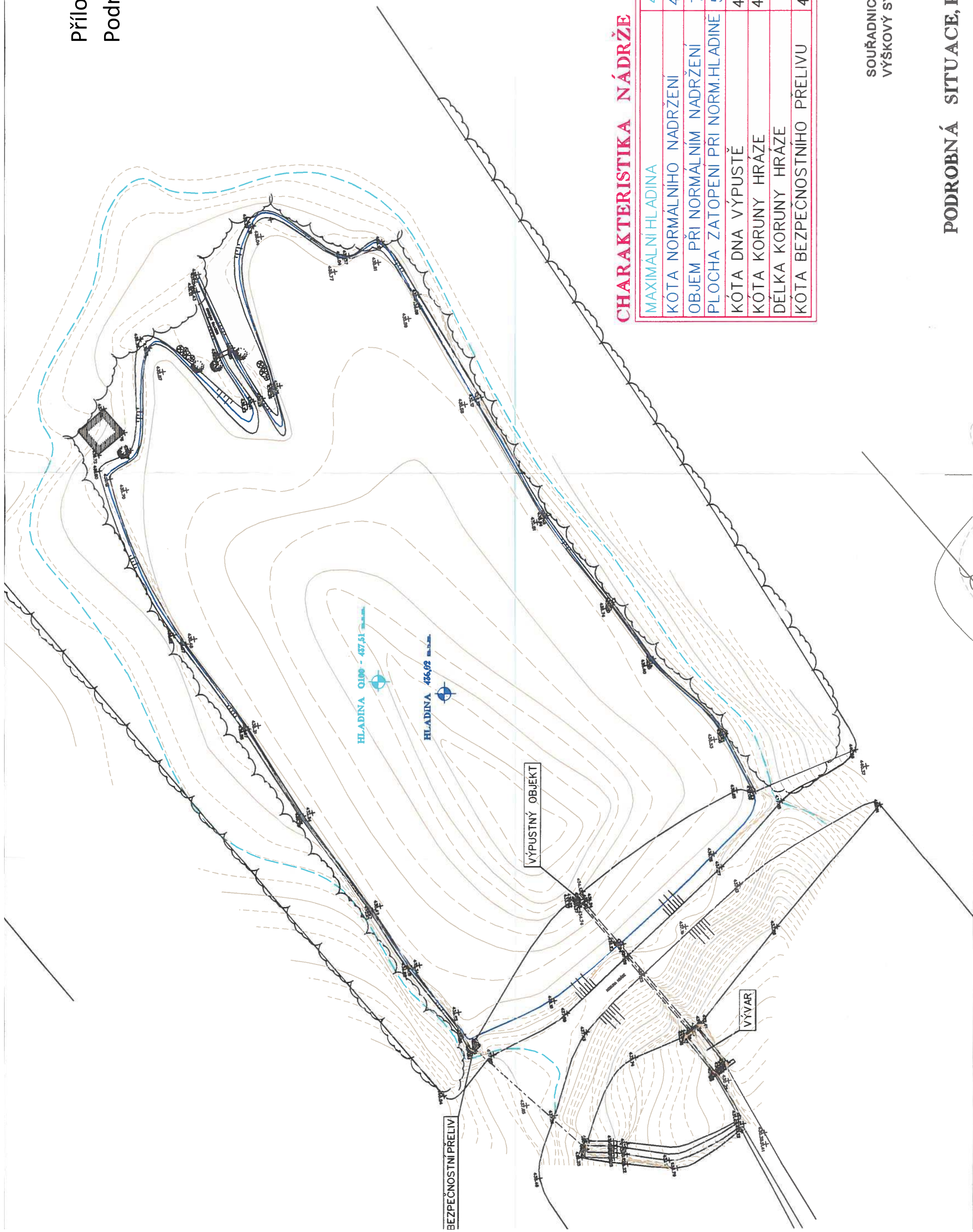
Příloha G4 – Bezpečnostní přeliv – stávající

Příloha G5 – Bezpečnostní přeliv – nový návrh

Příloha G6 – Řez A-A', řez B-B' - nový přeliv

Příloha č. 1

Podrobná situace



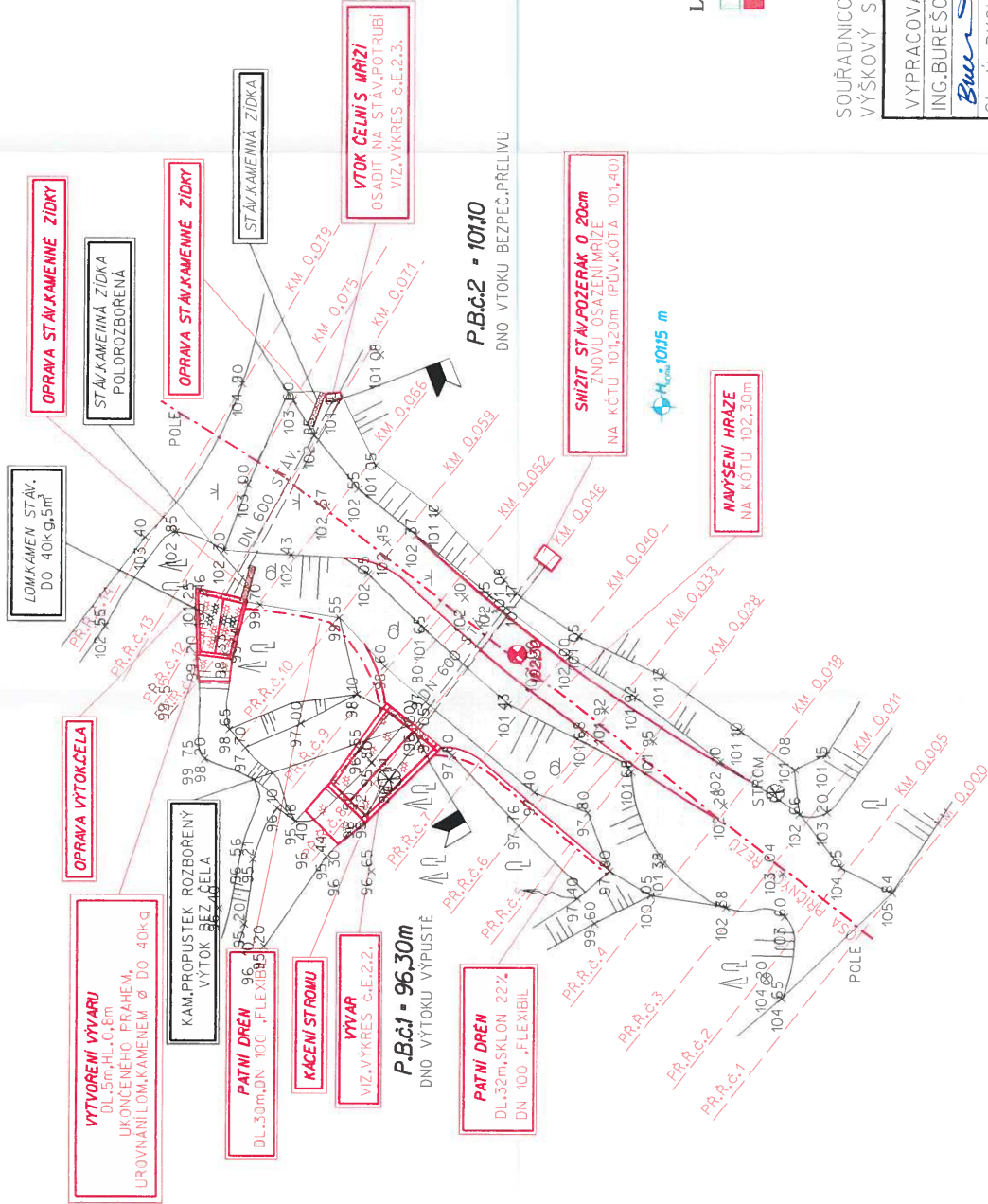
CHARAKTERISTIKA NÁDRŽE

MAXIMÁLNÍ HLADINA	437,51 m.n.m.
KÓTA NORMÁLNÍHO NADRŽENÍ	436,02 m.n.m.
OBJEM PŘI NORMÁLNÍM NADRŽENÍ	7961 m ³
PLOCHA ZATOPENÍ PŘI NORM.HLADINĚ	5893 m ²
KÓTA DŇA VÝPUSTĚ	431,38 mn.m.
KÓTA KORUNY HRAZE	437,25 m.n.m.
DĚLKA KORUNY HRAZE	115 m
KÓTA BEZPEČNOSTNÍHO PŘELIVU	436,12 mn.m.

SOUŘADNICOVÝ SYSTÉM JTSK
VÝŠKOVÝ SYSTÉM BPV

M 1:500
PODROBNÁ SITUACE, PŘÍLOHA č.2.

Příloha č. 2 Drenáž



LEGENDA:
[Green Box] OZELENENÍ HRAZE
[Red Box] KAMENNÝ ZÁHOZ

Schváleno za podmínek referenčního referátu č.777/2000 dle přílohy č.3
GU v Rychnově nad Jávornici
ze dne 24.3.2000 č.j.čp. Mr24/009
Vedoucí referátu: *J. Alšoch*



SOUŘADNICOVÝ SYSTÉM MÍSTNÍ
VÝŠKOVÝ SYSTÉM MÍSTNÍ - PŘEVZAT Z MANIPULAČNÍHO ŘÁDU

VYPRACOVAL <i>Burda</i>	ZODP.PROJ. ING. JAKOUBEK	ODPOV.ZAST. ING. TMĚJ	KONTROLA ING. TMĚJ	AGROPROJEKCE LITOMYŠL s.p.a. Na Lánech 81, 570 01 Litomyšl provozně vysoké úř. 7/0 Rokyčanova, 14/IV Tel. 0466/23691-4
AKCE: OPRAVA OBJEKTŮ NÁDRŽE JAVORNICE				STUPĚŇ PROJEKT PRO ŠGRS
OBSAH: OPRAVA OBJEKTŮ NÁDRŽE JAVORNICE				DATUM 06.1999
				FORMÁT 2. A4
				ZAK.ČÍSLO 608 03 00
				MĚŘÍTKO ČÍS.PŘÍLOHY 1:500 C.2.

Konsumpční křivka přeronovaného tělesa hráze

Vypocet konsump. křivky objektu

Datum : 17.7.2008

Cas : 10:04

Soubor : C:\HYDROCH\2\VYPOCTY\JAVOR.HC2

Horni profil : -----

s1[m] : ----

s2[m] : ----

OBJEKT : Hraz

Fi : 0.970

EpsC : 0.950

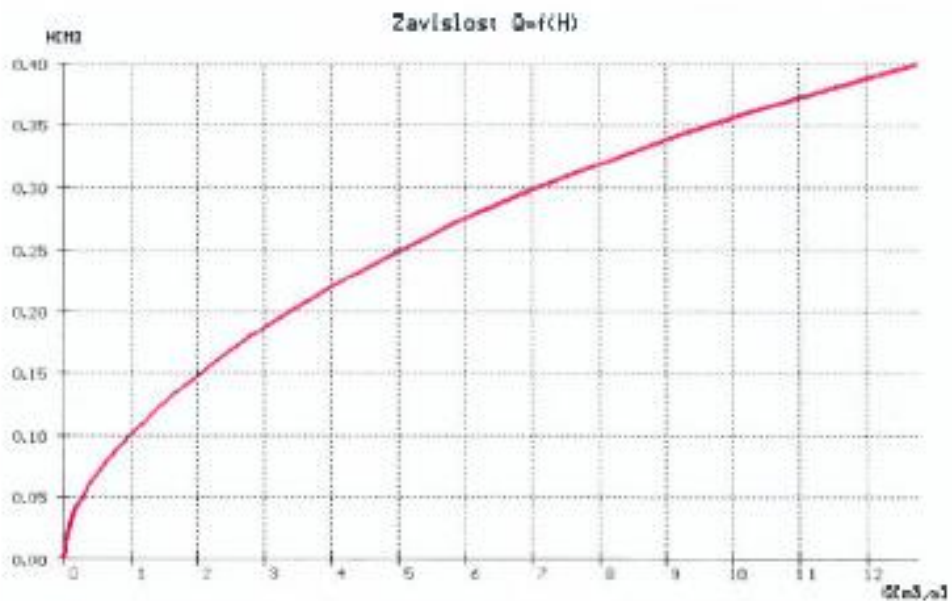
Dolní k.křivka : -----

Fic : 0.967

Eps1 : 0.619

Eps2 : 0.712

h[m]	h[mm]	Q[m3/s]	v0[m/s]	M	h1[m]	h2[m]
0.000	437.250	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.020	437.270	0.036	0.000	0.369	0.015	0.016
0.040	437.290	0.178	0.000	0.369	0.028	0.031
0.060	437.310	0.390	0.000	0.369	0.041	0.046
0.080	437.330	0.662	0.000	0.369	0.054	0.061
0.100	437.350	0.987	0.000	0.369	0.067	0.075
0.120	437.370	1.364	0.000	0.369	0.081	0.090
0.140	437.390	1.792	0.000	0.369	0.094	0.105
0.160	437.410	2.271	0.000	0.369	0.108	0.120
0.180	437.430	2.800	0.000	0.369	0.121	0.135
0.200	437.450	3.379	0.000	0.369	0.135	0.151
0.220	437.470	4.008	0.000	0.369	0.149	0.166
0.240	437.490	4.689	0.000	0.369	0.163	0.181
0.260	437.510	5.421	0.000	0.369	0.177	0.197
0.280	437.530	6.210	0.000	0.369	0.191	0.212
0.300	437.550	7.073	0.000	0.369	0.205	0.228
0.320	437.570	8.021	0.000	0.369	0.220	0.244
0.340	437.590	9.061	0.000	0.369	0.235	0.261
0.360	437.610	10.199	0.000	0.369	0.250	0.277
0.380	437.630	11.427	0.000	0.369	0.265	0.293
0.400	437.650	12.732	0.000	0.369	0.279	0.309



Konsumpční křivka bezpečnostního přelivu s volnou hladinou

Vypocet ustaleneho rovnomerneho proudeni

Datum : 17.7.2008

Cas : 9:45:27

Zpracovani souboru : C:\HYDROCH\2\VYPOCTY\JAVOR.HC2
profilu : DN600

Podelny sklon koryta : 0.028600

Metoda vypoctu C podle : Manning(0.0139)/Mostkov(10.0)

Vypocet prum. drsnosti : $n_i^{(3/2)}$

Nahradni drsnost vody : 0.0100

Alfa metoda : $f(h,n)$

h [m]	[m n.m.]	Q [m3/s]	v [m/s]
0.000	436.120	0.000	0.000
0.025	436.145	0.003	0.764
0.050	436.170	0.013	1.214
0.075	436.195	0.032	1.572
0.100	436.220	0.058	1.882
0.125	436.245	0.091	2.156
0.150	436.270	0.131	2.395
0.175	436.295	0.178	2.617
0.200	436.320	0.231	2.813
0.225	436.345	0.288	2.993
0.250	436.370	0.350	3.153
0.275	436.395	0.415	3.298
0.300	436.420	0.482	3.426
0.325	436.445	0.551	3.540
0.350	436.470	0.620	3.639
0.375	436.495	0.689	3.723
0.400	436.520	0.756	3.794
0.425	436.545	0.820	3.846
0.450	436.570	0.880	3.886
0.475	436.595	0.933	3.903
0.500	436.620	0.979	3.905
0.525	436.645	1.015	3.884
0.550	436.670	1.036	3.830
0.575	436.695	1.035	3.726
0.600	436.720	0.975	3.461

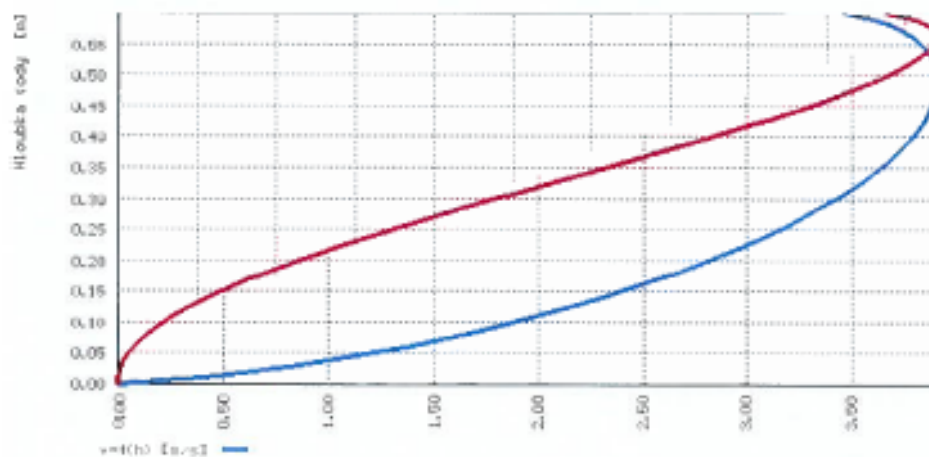
Profil : DN600

Sklon : 0,028600

Sourad. Y [km] : 0,000

X [km] : 0,000

h1/a [deg] : 0,000



Konsumpční křivka bezpečnostního přelivu při tlakovém proudění

Vypocet konsump. křivky objektu

Datum : 17.7.2008

Čas : 9:51

Soubor : C:\HYDROCH\2\VYPOCTY\JAVOR.HC2

Horní profil : ----- s1[m] : ---- s2[m] : 0.000
 OBJEKT : vytbezp Sc[m2] : 0.2813
 Dolní k.křivka : KKvolna delta[f] : 90.000

h[m]	h[mm]	Q[m3/s]	v0[m/s]	vv[m/s]	Sp[%]	hd[m]	hz[m]	ha[m]	Mi
0.000	436.120	0.000	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	-0.600	0.39
0.050	436.170	0.002	0.000	0.229	3.91	0.020	0.020	-0.580	0.40
0.100	436.220	0.010	0.000	0.326	10.87	0.042	0.042	-0.558	0.41
0.150	436.270	0.022	0.000	0.410	19.48	0.062	0.062	-0.538	0.42
0.200	436.320	0.040	0.000	0.485	29.13	0.083	0.083	-0.517	0.43
0.250	436.370	0.062	0.000	0.557	39.41	0.103	0.103	-0.497	0.44
0.300	436.420	0.088	0.000	0.627	50.00	0.123	0.123	-0.477	0.45
0.350	436.470	0.119	0.000	0.697	60.59	0.142	0.142	-0.458	0.45
0.400	436.520	0.153	0.000	0.768	70.87	0.162	0.162	-0.438	0.46
0.450	436.570	0.191	0.000	0.841	80.52	0.181	0.181	-0.419	0.47
0.500	436.620	0.230	0.000	0.918	89.13	0.200	0.200	-0.400	0.48
0.550	436.670	0.271	0.000	1.002	96.09	0.217	0.217	-0.383	0.49
0.600	436.720	0.310	0.000	1.103	100.00	0.234	0.234	-0.366	0.50
0.650	436.770	0.356	0.000	1.266	100.00	0.252	0.252	-0.348	0.53
0.700	436.820	0.401	0.000	1.425	100.00	0.270	0.270	-0.330	0.55
0.750	436.870	0.445	0.000	1.583	100.00	0.286	0.286	-0.314	0.58
0.800	436.920	0.490	0.000	1.742	100.00	0.303	0.303	-0.297	0.60
0.850	436.970	0.516	0.000	1.833	100.00	0.312	0.312	-0.288	0.60
0.900	437.020	0.540	0.000	1.920	100.00	0.321	0.321	-0.279	0.60
0.950	437.070	0.564	0.000	2.002	100.00	0.330	0.330	-0.270	0.60
1.000	437.120	0.586	0.000	2.081	100.00	0.338	0.338	-0.262	0.60
1.050	437.170	0.607	0.000	2.158	100.00	0.345	0.345	-0.255	0.60
1.100	437.220	0.628	0.000	2.231	100.00	0.353	0.353	-0.247	0.60
1.130	437.250	0.640	0.000	2.274	100.00	0.357	0.357	-0.243	0.60



Konsumpční křivka základové výpusti s volnou hladinou

Vypocet ustaleneho rovnomerneho proudeni

Datum : 17.7.2008

Cas : 8:47:11

Zpracovani souboru : C:\HYDROCH\2\VYPOCTY\JAVOR.HC2
profilu : DN600

Podelny sklon koryta : 0.003000

Metoda vypoctu C podle : Manning(0.0139)/Mostkov(10.0)

Vypocet prum. drsnosti : $n_i^{(3/2)}$

Nahradni drsnost vody : 0.0100

Alfa metoda : $f(h,n)$

h [m]	[m n.m.]	Q [m3/s]	v [m/s]
0.000	431.380	0.000	0.000
0.025	431.405	0.001	0.248
0.050	431.430	0.004	0.393
0.075	431.455	0.010	0.509
0.100	431.480	0.019	0.609
0.125	431.505	0.030	0.698
0.150	431.530	0.043	0.776
0.175	431.555	0.058	0.848
0.200	431.580	0.075	0.911
0.225	431.605	0.093	0.969
0.250	431.630	0.113	1.021
0.275	431.655	0.134	1.068
0.300	431.680	0.156	1.110
0.325	431.705	0.178	1.146
0.350	431.730	0.201	1.179
0.375	431.755	0.223	1.206
0.400	431.780	0.245	1.229
0.425	431.805	0.266	1.246
0.450	431.830	0.285	1.259
0.475	431.855	0.302	1.264
0.500	431.880	0.317	1.265
0.525	431.905	0.329	1.258
0.550	431.930	0.336	1.241
0.575	431.955	0.335	1.207
0.600	431.980	0.316	1.121

Profil : DN600

Sklon : 0.003000

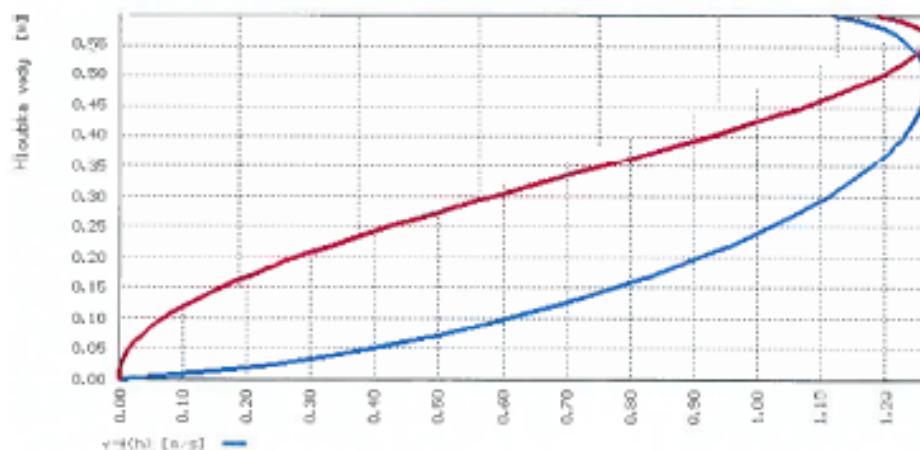
Sourad. Y [km] : 0.000

X [km] : 0.000

Alfa [deg] : 0.000

Q=h³(h) [m³/s]

v=h²(h) [m/s]



Konsumpční křivka základové výpusti s tlakovým prouděním

Výpočet konsump. křivky objektu

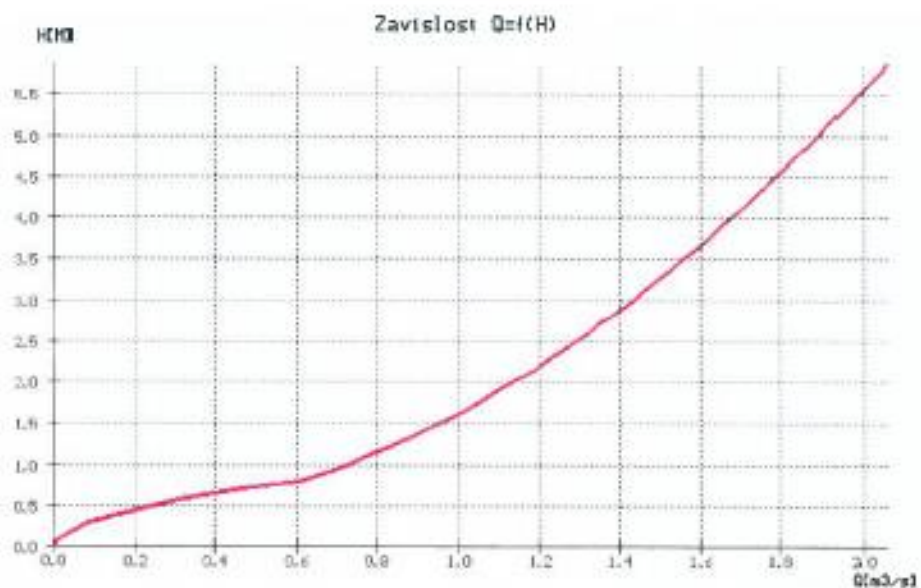
Datum : 17.7.2008

Čas : 8:51

Soubor : C:\HYDROCH\2\VYPOCTY\JAVOR.HC2

Horní profil : ----- s1[m] : ---- s2[m] : ----
 OBJEKT : Vytok Sc[m2] : 0,2813
 Dolní k.křivka : ----- delta[°] : 90,000

h[m]	h[mm]	Q[m3/s]	v0[m/s]	vv[m/s]	Sp[%]	NI
0.000	431.380	0.000	0.000	0.000	0.00	0.39
0.200	431.580	0.042	0.000	0.512	29.13	0.43
0.400	431.780	0.161	0.000	0.809	70.87	0.46
0.600	431.980	0.327	0.000	1.163	100.00	0.50
0.800	432.180	0.610	0.000	2.166	100.00	0.70
1.000	432.380	0.726	0.000	2.579	100.00	0.70
1.200	432.580	0.825	0.000	2.931	100.00	0.70
1.400	432.780	0.913	0.000	3.244	100.00	0.70
1.600	432.980	0.993	0.000	3.529	100.00	0.70
1.800	433.180	1.067	0.000	3.793	100.00	0.70
2.000	433.380	1.136	0.000	4.039	100.00	0.70
2.200	433.580	1.201	0.000	4.270	100.00	0.70
2.400	433.780	1.263	0.000	4.490	100.00	0.70
2.600	433.980	1.322	0.000	4.700	100.00	0.70
2.800	434.180	1.378	0.000	4.900	100.00	0.70
3.000	434.380	1.433	0.000	5.093	100.00	0.70
3.200	434.580	1.485	0.000	5.278	100.00	0.70
3.400	434.780	1.535	0.000	5.458	100.00	0.70
3.600	434.980	1.584	0.000	5.631	100.00	0.70
3.800	435.180	1.631	0.000	5.799	100.00	0.70
4.000	435.380	1.677	0.000	5.963	100.00	0.70
4.200	435.580	1.722	0.000	6.122	100.00	0.70
4.400	435.780	1.766	0.000	6.277	100.00	0.70
4.600	435.980	1.808	0.000	6.429	100.00	0.70
4.800	436.180	1.850	0.000	6.576	100.00	0.70
5.000	436.380	1.891	0.000	6.721	100.00	0.70
5.200	436.580	1.930	0.000	6.863	100.00	0.70
5.400	436.780	1.969	0.000	7.001	100.00	0.70
5.600	436.980	2.008	0.000	7.137	100.00	0.70
5.800	437.180	2.045	0.000	7.271	100.00	0.70
5.870	427.250	2.058	0.000	7.317	100.00	0.70



Příloha č. 8 – Tabulární podoba transformace povodňové vlny (1/2)

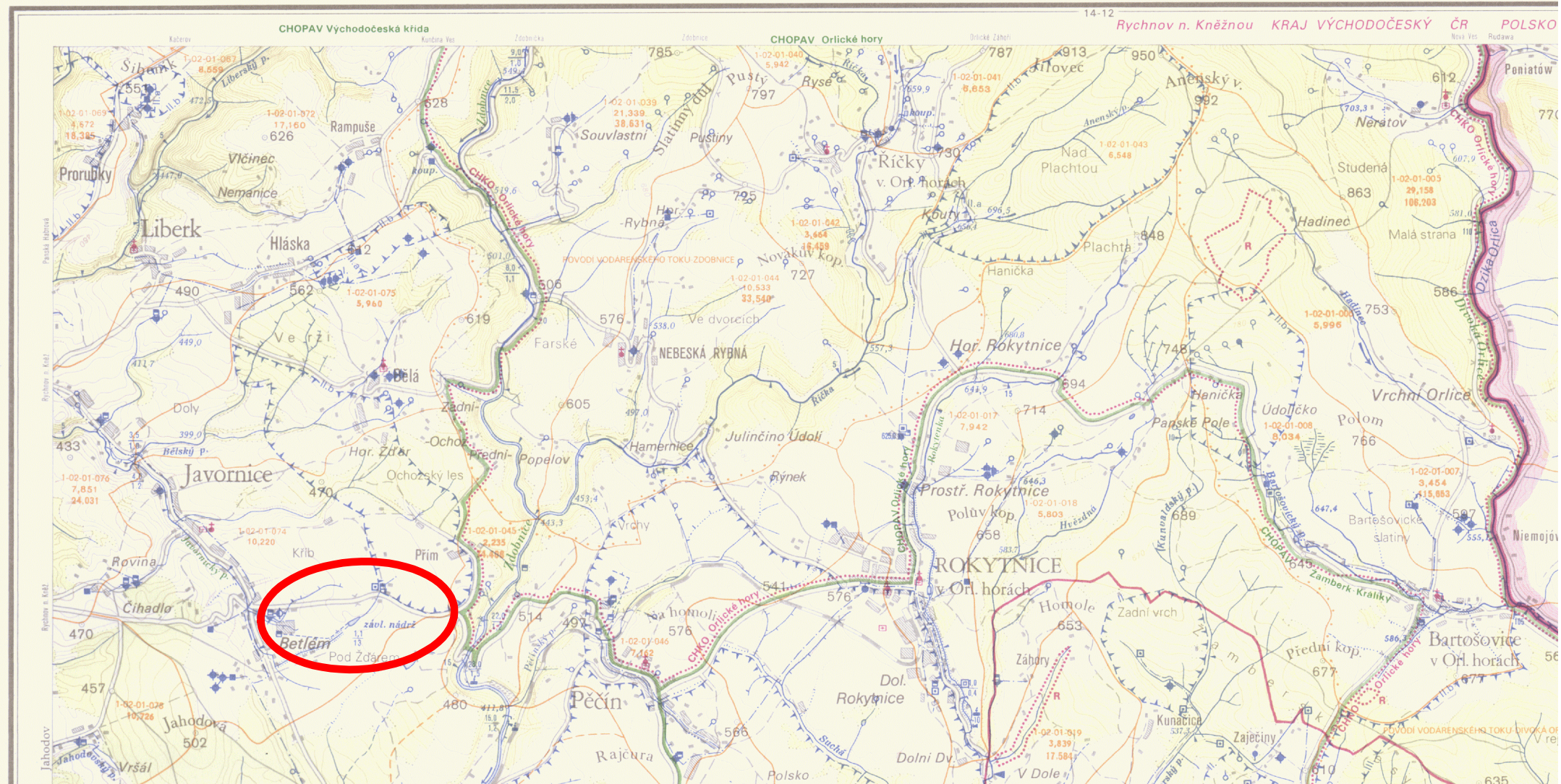
čas t [s]	přítok Qp [m³/s]	hladina h0 [m n. m.]	plocha [m²]	odt. Q0 [m³/s]	K1	h1 = h0+K1*0.5	odt. Q1 [m³/s]	K2	h2 = h+K2*0.5	odt. Q2 [m³/s]	K3	h3 = h+K3	odt. Q4 [m³/s]	K4
0	0.01	436.02	5362.79	0.00	0.00	436.02	0.00	0.00	436.02	0.00	0.00	436.02	0.00	0.00
300	0.01	436.02	5364.51	0.00	0.00	436.02	0.00	0.00	436.02	0.00	0.00	436.02	0.00	0.00
600	0.01	436.02	5366.24	0.00	0.00	436.02	0.00	0.00	436.02	0.00	0.00	436.02	0.00	0.00
900	0.01	436.02	5367.96	0.00	0.00	436.02	0.00	0.00	436.02	0.00	0.00	436.02	0.00	0.00
1200	0.01	436.02	5369.69	0.00	0.00	436.02	0.00	0.00	436.02	0.00	0.00	436.02	0.00	0.00
1500	0.01	436.02	5371.41	0.00	0.00	436.02	0.00	0.00	436.02	0.00	0.00	436.02	0.00	0.00
1800	0.01	436.02	5373.14	0.00	0.00	436.02	0.00	0.00	436.02	0.00	0.00	436.02	0.00	0.00
2100	0.01	436.03	5374.86	0.00	0.00	436.03	0.00	0.00	436.03	0.00	0.00	436.03	0.00	0.00
2400	0.01	436.03	5376.58	0.00	0.00	436.03	0.00	0.00	436.03	0.00	0.00	436.03	0.00	0.00
2700	0.01	436.03	5378.30	0.00	0.00	436.03	0.00	0.00	436.03	0.00	0.00	436.03	0.00	0.00
3000	0.01	436.03	5380.02	0.00	0.00	436.03	0.00	0.00	436.03	0.00	0.00	436.03	0.00	0.00
3300	0.01	436.03	5381.74	0.00	0.00	436.03	0.00	0.00	436.03	0.00	0.00	436.03	0.00	0.00
3600	0.01	436.03	5383.46	0.00	0.00	436.03	0.00	0.00	436.03	0.00	0.00	436.03	0.00	0.00
3900	0.01	436.03	5385.17	0.00	0.00	436.03	0.00	0.00	436.03	0.00	0.00	436.03	0.00	0.00
4200	0.01	436.03	5386.89	0.00	0.00	436.03	0.00	0.00	436.03	0.00	0.00	436.03	0.00	0.00
4500	0.05	436.03	5391.05	0.00	0.00	436.03	0.00	0.00	436.03	0.00	0.00	436.04	0.00	0.01
4800	0.10	436.04	5400.94	0.00	0.01	436.04	0.00	0.01	436.04	0.00	0.01	436.04	0.00	0.01
5100	0.10	436.04	5414.11	0.00	0.01	436.04	0.00	0.01	436.04	0.00	0.01	436.05	0.00	0.01
5400	0.10	436.05	5427.23	0.00	0.01	436.05	0.00	0.01	436.05	0.00	0.01	436.06	0.00	0.01
5700	0.20	436.06	5446.84	0.00	0.01	436.06	0.00	0.01	436.06	0.00	0.01	436.07	0.00	0.02
6000	0.30	436.07	5479.38	0.00	0.02	436.08	0.00	0.02	436.08	0.00	0.02	436.09	0.00	0.02
6300	0.40	436.09	5524.54	0.00	0.02	436.10	0.00	0.02	436.10	0.00	0.02	436.11	0.01	0.03
6600	0.50	436.11	5581.85	0.01	0.03	436.13	0.18	0.02	436.12	0.18	0.02	436.13	0.20	0.02
6900	0.60	436.13	5631.88	0.20	0.02	436.14	0.24	0.02	436.14	0.24	0.02	436.16	0.29	0.02
7200	0.70	436.16	5682.88	0.29	0.02	436.17	0.35	0.02	436.17	0.36	0.02	436.18	0.43	0.02
7500	0.90	436.18	5737.98	0.43	0.02	436.19	0.52	0.03	436.19	0.52	0.02	436.20	0.63	0.02
7800	1.10	436.20	5796.32	0.63	0.02	436.22	0.74	0.03	436.22	0.76	0.03	436.23	0.89	0.03
8100	1.50	436.23	5862.71	0.90	0.03	436.25	1.07	0.03	436.25	1.09	0.03	436.27	1.29	0.04
8400	2.00	436.27	5942.00	1.30	0.04	436.28	1.53	0.04	436.29	1.55	0.04	436.30	1.82	0.04
8700	2.60	436.30	6030.06	1.83	0.04	436.32	2.13	0.04	436.32	2.15	0.04	436.34	2.48	0.04
9000	3.30	436.34	6122.77	2.48	0.04	436.36	2.85	0.04	436.36	2.82	0.04	436.38	3.20	0.03
9300	3.90	436.38	6208.64	3.18	0.03	436.40	3.54	0.03	436.40	3.54	0.03	436.42	3.91	0.03
9600	4.60	436.42	6286.84	3.90	0.03	436.43	4.28	0.03	436.43	4.24	0.03	436.45	4.63	0.03
9900	5.20	436.45	6355.95	4.60	0.03	436.46	4.95	0.03	436.46	4.95	0.03	436.47	5.30	0.03
10200	5.90	436.47	6419.63	5.30	0.03	436.49	5.67	0.03	436.49	5.66	0.03	436.50	6.04	0.03
10500	6.60	436.50	6480.55	6.03	0.03	436.52	6.40	0.02	436.51	6.32	0.02	436.53	6.72	0.02
10800	7.10	436.52	6530.50	6.66	0.02	436.53	6.96	0.02	436.53	6.89	0.02	436.54	7.21	0.01
11100	7.50	436.54	6568.13	7.16	0.02	436.55	7.40	0.01	436.55	7.34	0.01	436.56	7.60	0.01
11400	7.80	436.55	6596.05	7.55	0.01	436.56	7.73	0.00	436.56	7.58	0.01	436.56	7.82	0.00
11700	7.75	436.56	6606.97	7.70	0.00	436.56	7.74	0.00	436.56	7.70	0.00	436.56	7.75	0.00
12000	7.70	436.56	6607.52	7.71	0.00	436.56	7.70	-0.01	436.56	7.57	0.00	436.56	7.62	-0.01
12300	7.30	436.55	6593.04	7.51	-0.01	436.55	7.36	-0.01	436.55	7.33	-0.01	436.54	7.20	-0.01
12600	6.90	436.54	6568.37	7.17	-0.01	436.54	6.99	-0.01	436.54	6.97	-0.01	436.53	6.80	-0.01
12900	6.50	436.53	6540.17	6.79	-0.01	436.52	6.60	-0.01	436.52	6.62	-0.01	436.52	6.43	-0.01
13200	6.20	436.52	6513.83	6.45	-0.01	436.51	6.29	-0.01	436.51	6.29	-0.01	436.51	6.13	-0.01
13500	5.90	436.51	6489.37	6.14	-0.01	436.50	5.99	-0.01	436.50	5.99	-0.01	436.50	5.84	-0.01
13800	5.60	436.50	6464.99	5.84	-0.01	436.49	5.69	-0.01	436.49	5.69	-0.01	436.48	5.54	-0.01
14100	5.30	436.48	6440.16	5.54	-0.01	436.48	5.40	-0.01	436.48	5.39	-0.01	436.47	5.25	-0.01
14400	5.00	436.47	6414.66	5.25	-0.01	436.47	5.10	-0.01	436.47	5.13	-0.01	436.46	4.98	-0.01
14700	4.80	436.46	6392.21	5.00	-0.01	436.46	4.88	-0.01	436.46	4.89	-0.01	436.45	4.78	-0.01
15000	4.60	436.45	6372.62	4.78	-0.01	436.45	4.68	-0.01	436.45	4.67	-0.01	436.44	4.57	-0.01
15300	4.35	436.44	6351.72	4.56	-0.01	436.44	4.44	-0.01	436.44	4.44	-0.01	436.43	4.32	-0.01
15600	4.10	436.43	6328.82	4.32	-0.01	436.43	4.20	-0.01	436.43	4.21	-0.01	436.42	4.09	-0.01
15900	3.90	436.42	6306.75	4.10	-0.01	436.42	3.99	-0.01	436.42	4.00	-0.01	436.42	3.89	-0.01
16200	3.70	436.41	6285.85	3.89	-0.01	436.41	3.79	-0.01	436.41	3.79	-0.01	436.41	3.69	-0.01

Příloha č. 8 – Tabulární podoba transformace povodňové vlny (2/2 pokračování)

15300	4.35	436.44	6351.72	4.56	-0.01	436.44	4.44	-0.01	436.44	4.44	-0.01	436.43	4.32	-0.01
15600	4.10	436.43	6328.82	4.32	-0.01	436.43	4.20	-0.01	436.43	4.21	-0.01	436.42	4.09	-0.01
15900	3.90	436.42	6306.75	4.10	-0.01	436.42	3.99	-0.01	436.42	4.00	-0.01	436.42	3.89	-0.01
16200	3.70	436.42	6285.83	3.89	-0.01	436.41	3.79	-0.01	436.41	3.79	-0.01	436.41	3.69	-0.01
16800	3.30	436.40	6243.75	3.50	-0.01	436.39	3.40	-0.01	436.39	3.41	-0.01	436.39	3.31	-0.01
17100	3.15	436.39	6224.04	3.32	-0.01	436.38	3.24	-0.01	436.38	3.24	-0.01	436.38	3.16	-0.01
17400	3.00	436.38	6206.00	3.16	-0.01	436.38	3.08	-0.01	436.38	3.10	-0.01	436.37	3.02	-0.01
17700	2.90	436.37	6190.43	3.03	-0.01	436.37	2.97	-0.01	436.37	2.97	-0.01	436.37	2.91	-0.01
18000	2.80	436.37	6177.09	2.92	-0.01	436.36	2.86	-0.01	436.36	2.85	-0.01	436.36	2.80	-0.01
18300	2.65	436.36	6162.36	2.79	-0.01	436.36	2.73	-0.01	436.36	2.72	-0.01	436.35	2.66	-0.01
18600	2.50	436.35	6145.36	2.66	-0.01	436.35	2.59	-0.01	436.35	2.60	-0.01	436.35	2.53	-0.01
18900	2.40	436.35	6129.32	2.53	-0.01	436.34	2.48	-0.01	436.34	2.48	-0.01	436.34	2.42	-0.01
19200	2.30	436.34	6115.01	2.42	-0.01	436.34	2.37	-0.01	436.34	2.35	-0.01	436.33	2.30	-0.01
19500	2.10	436.33	6096.87	2.29	-0.01	436.33	2.21	-0.01	436.33	2.22	-0.01	436.32	2.15	-0.01
19800	2.00	436.32	6077.94	2.15	-0.01	436.32	2.09	-0.01	436.32	2.08	-0.01	436.32	2.01	-0.01
20100	1.80	436.32	6057.13	2.01	-0.01	436.31	1.93	-0.01	436.31	1.94	-0.01	436.31	1.86	-0.01
20400	1.70	436.31	6036.21	1.87	-0.01	436.30	1.80	-0.01	436.30	1.81	-0.01	436.30	1.75	-0.01
20700	1.60	436.30	6018.29	1.75	-0.01	436.30	1.69	-0.01	436.30	1.70	-0.01	436.29	1.64	-0.01
21000	1.50	436.29	6001.49	1.64	-0.01	436.29	1.59	-0.01	436.29	1.60	-0.01	436.29	1.55	-0.01
21300	1.45	436.29	5987.30	1.56	-0.01	436.28	1.52	0.00	436.28	1.52	0.00	436.28	1.49	0.00
21600	1.40	436.28	5976.04	1.49	0.00	436.28	1.46	-0.01	436.28	1.45	-0.01	436.28	1.42	-0.01
21900	1.30	436.28	5963.76	1.42	-0.01	436.27	1.38	-0.01	436.27	1.38	-0.01	436.27	1.34	-0.01
22200	1.20	436.27	5948.94	1.33	-0.01	436.27	1.29	-0.01	436.27	1.30	-0.01	436.26	1.26	-0.01
22500	1.15	436.26	5934.96	1.26	-0.01	436.26	1.22	-0.01	436.26	1.21	-0.01	436.26	1.17	-0.01
22800	1.00	436.26	5918.31	1.17	-0.01	436.25	1.12	-0.01	436.25	1.13	-0.01	436.25	1.08	-0.01
23100	0.95	436.25	5900.89	1.08	-0.01	436.24	1.04	-0.01	436.25	1.05	-0.01	436.24	1.01	-0.01
23400	0.90	436.24	5886.72	1.01	-0.01	436.24	0.98	-0.01	436.24	0.97	-0.01	436.24	0.94	-0.01
23700	0.80	436.24	5871.67	0.94	-0.01	436.23	0.90	-0.01	436.23	0.90	-0.01	436.23	0.86	-0.01
24000	0.70	436.23	5853.79	0.86	-0.01	436.22	0.82	-0.01	436.22	0.82	-0.01	436.22	0.78	-0.01
24300	0.65	436.22	5836.42	0.78	-0.01	436.22	0.75	-0.01	436.22	0.75	-0.01	436.21	0.72	-0.01
24600	0.60	436.21	5821.17	0.72	-0.01	436.21	0.69	-0.01	436.21	0.69	-0.01	436.21	0.67	-0.01
24900	0.55	436.21	5806.94	0.67	-0.01	436.21	0.64	-0.01	436.21	0.64	-0.01	436.20	0.61	-0.01
25200	0.50	436.20	5793.11	0.61	-0.01	436.20	0.59	-0.01	436.20	0.59	-0.01	436.20	0.56	-0.01
25500	0.45	436.20	5779.30	0.56	-0.01	436.19	0.54	-0.01	436.19	0.54	-0.01	436.19	0.52	-0.01
25800	0.40	436.19	5765.25	0.52	-0.01	436.19	0.49	-0.01	436.19	0.49	-0.01	436.18	0.47	-0.01
26100	0.35	436.18	5750.78	0.47	-0.01	436.18	0.45	-0.01	436.18	0.45	-0.01	436.18	0.43	-0.01
26400	0.30	436.18	5735.74	0.43	-0.01	436.17	0.40	-0.01	436.18	0.41	-0.01	436.17	0.39	0.00
26700	0.30	436.17	5722.75	0.39	0.00	436.17	0.37	0.00	436.17	0.38	0.00	436.17	0.36	0.00
27000	0.30	436.17	5713.44	0.36	0.00	436.17	0.35	0.00	436.17	0.35	0.00	436.16	0.34	0.00
27300	0.25	436.16	5703.87	0.34	0.00	436.16	0.33	-0.01	436.16	0.32	-0.01	436.16	0.31	-0.01
27600	0.20	436.16	5691.44	0.31	-0.01	436.16	0.30	-0.01	436.16	0.30	-0.01	436.15	0.28	0.00
27900	0.20	436.15	5679.44	0.28	0.00	436.15	0.27	0.00	436.15	0.27	0.00	436.15	0.27	0.00
28200	0.20	436.15	5670.17	0.27	0.00	436.15	0.26	0.00	436.15	0.26	0.00	436.15	0.25	-0.01
28500	0.15	436.15	5659.99	0.25	-0.01	436.14	0.24	-0.01	436.14	0.23	-0.01	436.14	0.22	-0.01
28800	0.10	436.14	5646.17	0.22	-0.01	436.14	0.21	-0.01	436.14	0.21	-0.01	436.13	0.20	-0.01
29100	0.10	436.13	5631.94	0.20	-0.01	436.13	0.20	-0.01	436.13	0.20	-0.01	436.13	0.19	0.00
29400	0.10	436.13	5619.74	0.19	0.00	436.13	0.19	0.00	436.13	0.19	0.00	436.12	0.18	0.00
29700	0.10	436.12	5608.92	0.18	0.00	436.12	0.18	0.00	436.12	0.18	0.00	436.12	0.01	0.01
30000	0.10	436.12	5602.50	0.18	0.00	436.12	0.01	0.01	436.12	0.18	0.00	436.12	0.01	0.01
30300	0.10	436.12	5603.35	0.18	0.00	436.12	0.01	0.01	436.12	0.18	0.00	436.12	0.01	0.01
30600	0.10	436.12	5604.15	0.18	0.00	436.12	0.01	0.01	436.12	0.18	0.00	436.12	0.01	0.01
30900	0.10	436.12	5604.93	0.18	0.00	436.12	0.18	0.00	436.12	0.18	0.00	436.12	0.01	0.01
31200	0.10	436.12	5598.66	0.01	0.01	436.12	0.18	-0.01	436.12	0.01	0.00	436.12	0.18	-0.01
31500	0.05	436.12	5596.39	0.01	0.00	436.12	0.01	0.00	436.12	0.01	0.00	436.12	0.01	0.00
31800	0.01	436.12	5599.57	0.01	0.00	436.12	0.18	-0.01	436.12	0.01	0.00	436.12	0.18	-0.01
32100	0.01	436.12	5589.58	0.01	0.00	436.12	0.01	0.00	436.12	0.01	0.00	436.12	0.01	0.00
32400	0.01	436.12	5590.50	0.01	-0.04	436.10	0.00	-0.02	436.11	0.00	-0.01	436.10	0.00	0.02


ZÁKLADNÍ VODOHOSPODÁŘSKÁ MAPA ČR
ZÁKLADNÍ MAPA ČR

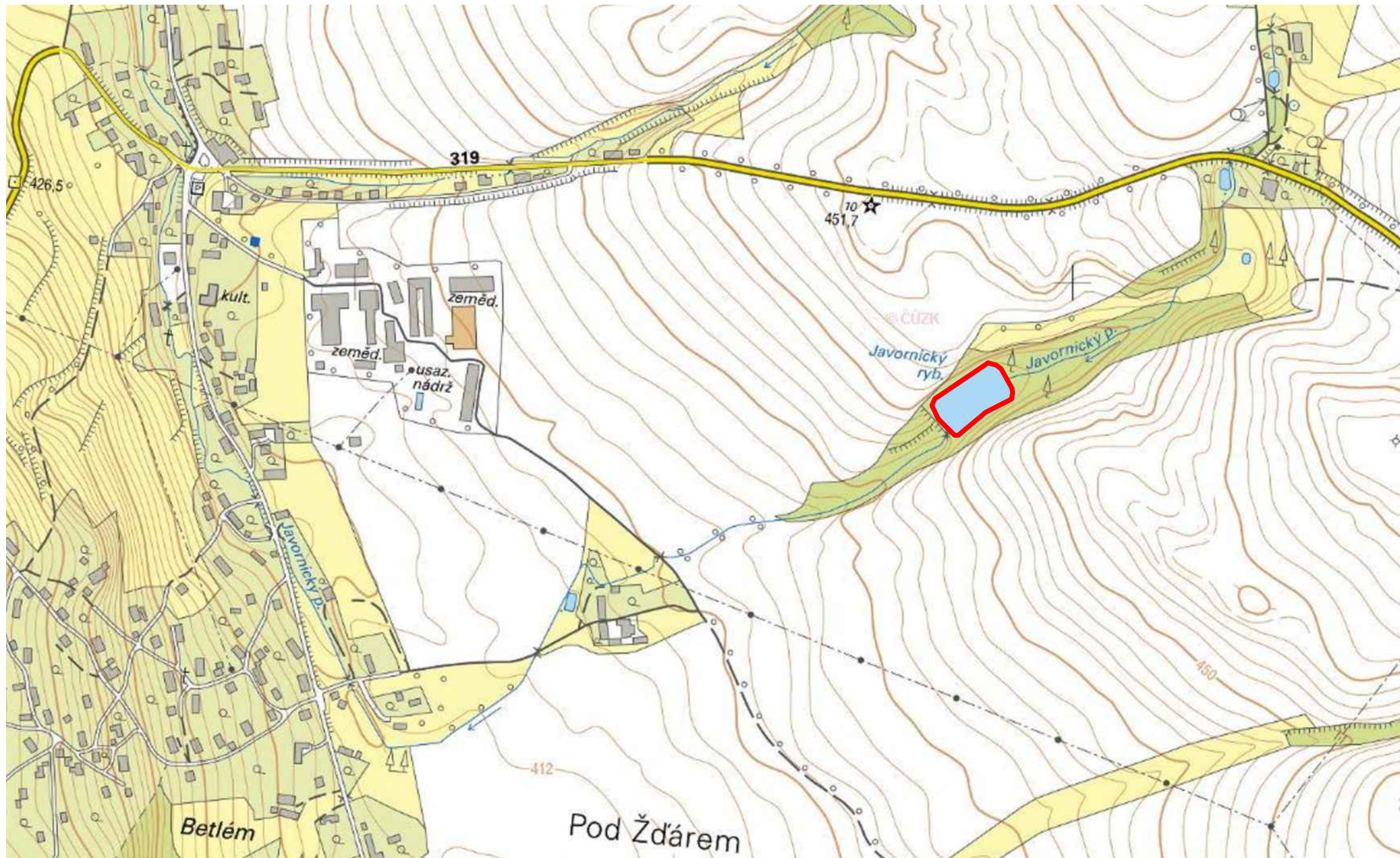
ČESKÝ ÚŘAD ZEMĚMĚŘICKÝ A KATASTRÁLNÍ
14-14 Žamberk



LEGENDA

— LOKALIZACE MALÉ VODNÍ NÁDRŽE JAVORNICE


Předmět: BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	Vedoucí cvičení: Ing. M. BROUČEK, PhD.	Školní rok: 2017/2018	Fakulta stavební ČVUT 
Zpracoval: NELA TOMANOVÁ	Název výkresu: SITUACE - VODOHOSPODÁŘSKÁ MAPA		
			Číslo výkresu: G1



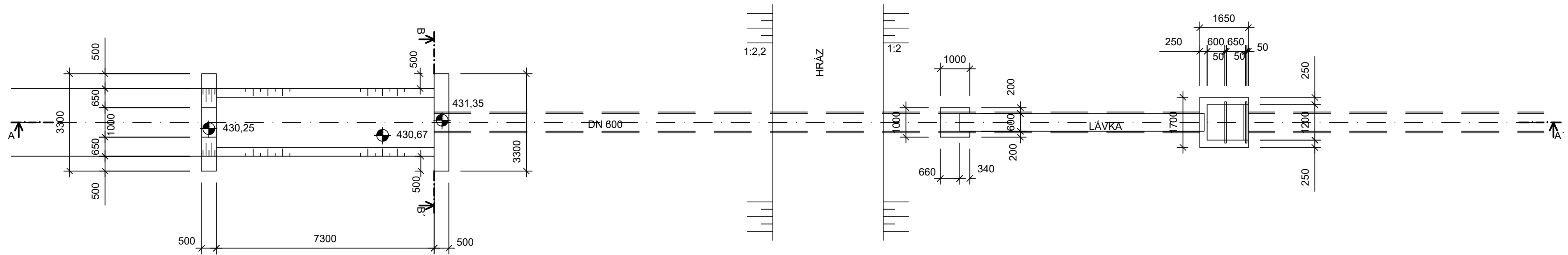
LEGENDA

 MALÁ VODNÍ NÁDRŽ JAVORNICE

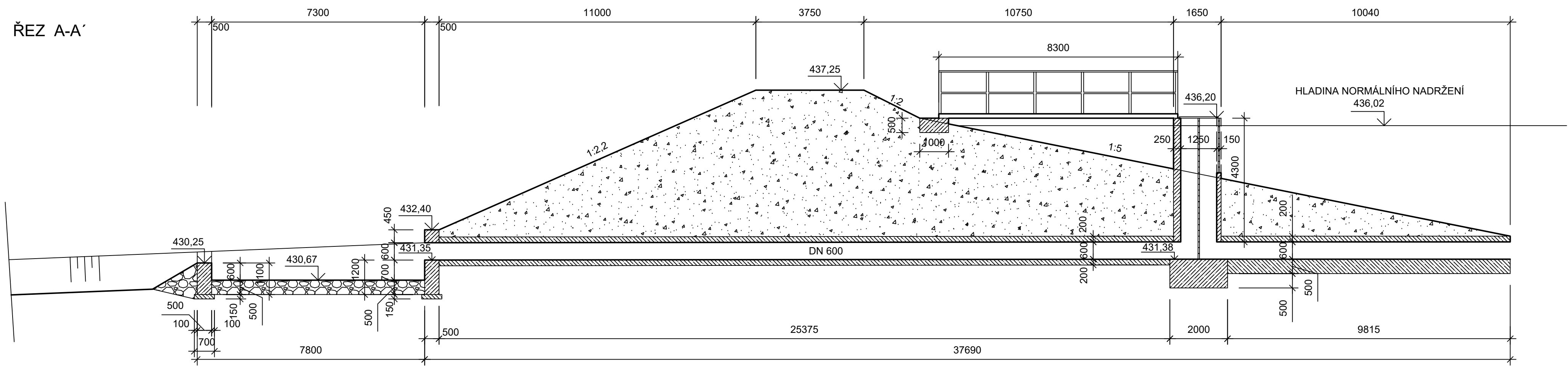


Předmět: BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	Vedoucí cvičení: Ing. M. BROUČEK, Ph.D.	Školní rok: 2017/2018	Fakulta stavební ČVUT
Zpracoval: NELA TOMANOVÁ			
Název výkresu: SITUAČNÍ VÝKRES ŠIRŠÍCH VZTAHŮ			Měřítko: 1:50000
			Číslo výkresu: G2

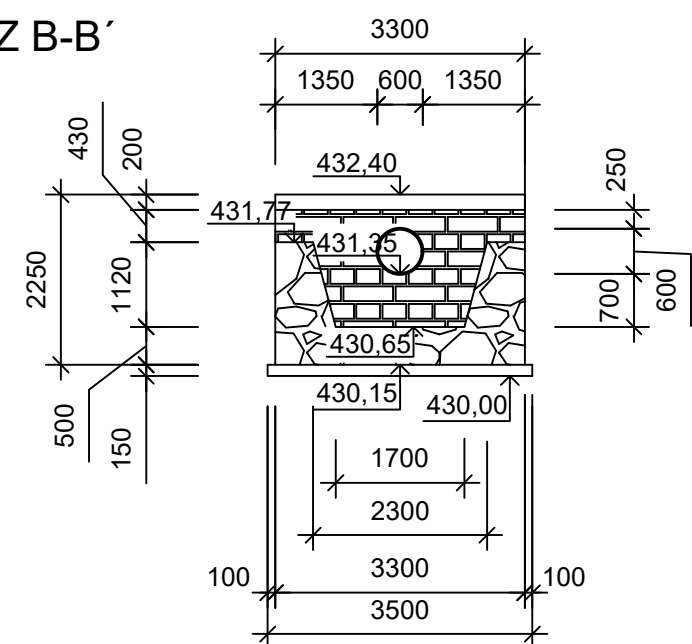
PŮDORYS




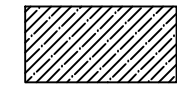


ŘEZ A-A'



ŘEZ B-B'



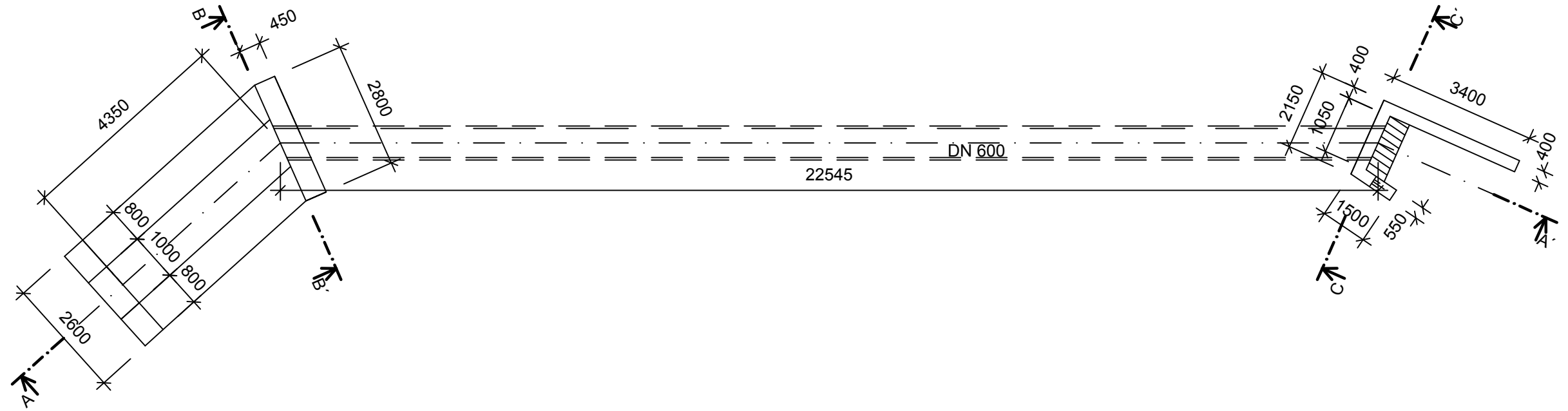
LEGENDA MATERIÁLU

-  ZEMINA HRÁZE
-  BETONOVÁ KONSTRUKCE
-  KÁMEN DO BETONU V ŘEZU
-  KÁMEN DO BETONU V POHLEDU

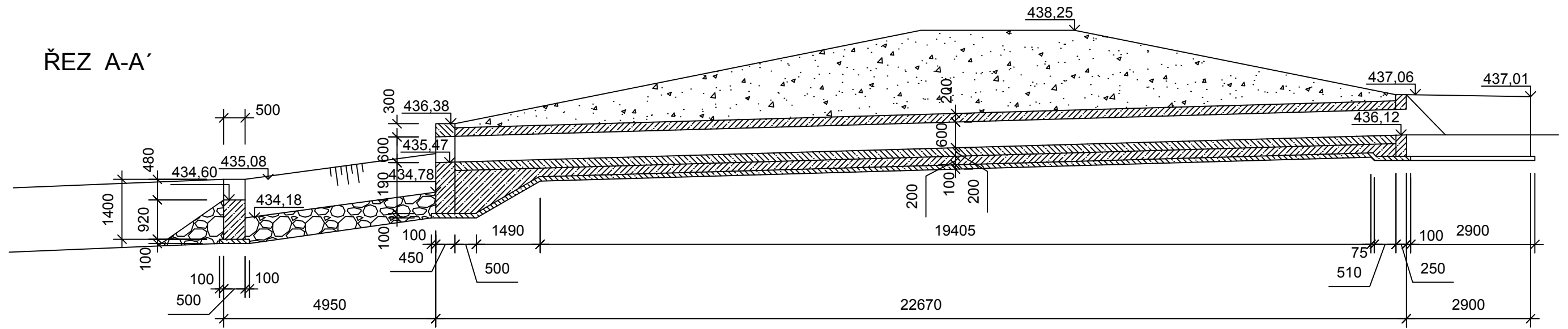
POZN.: JEDNÁ SE O AKTUÁLNÍ STAV, ROZMĚRY UVNITŘ KONSTRUKCÍ NEOVĚŘENY - VYCHÁZEJÍ Z MANIPULAČNÍHO ŘÁDU

Předmět: BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	Vedoucí cvičení: Ing. M. BROUČEK, Ph.D.	Školní rok: 2017/2018	Fakulta stavební ČVUT
Zpracoval: NELA TOMANOVÁ			Meřítko: 1:100 Číslo výkresu: G3
Název výkresu: HRÁZ MVN JAVORNICE			

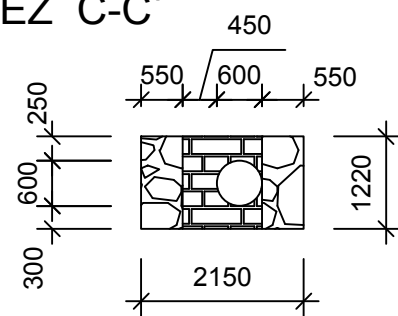
PŮDORYS



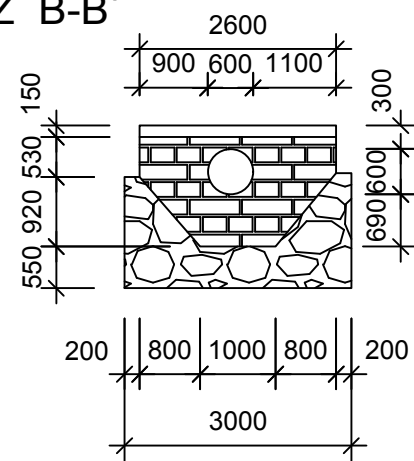
ŘEZ A-A'



ŘEZ C-C'



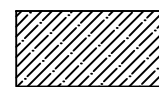
ŘEZ B-B'



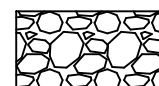
LEGENDA MATERIÁLU



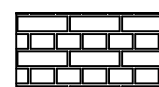
ZEMINA HRÁZE



BETONOVÁ KONSTRUKCE



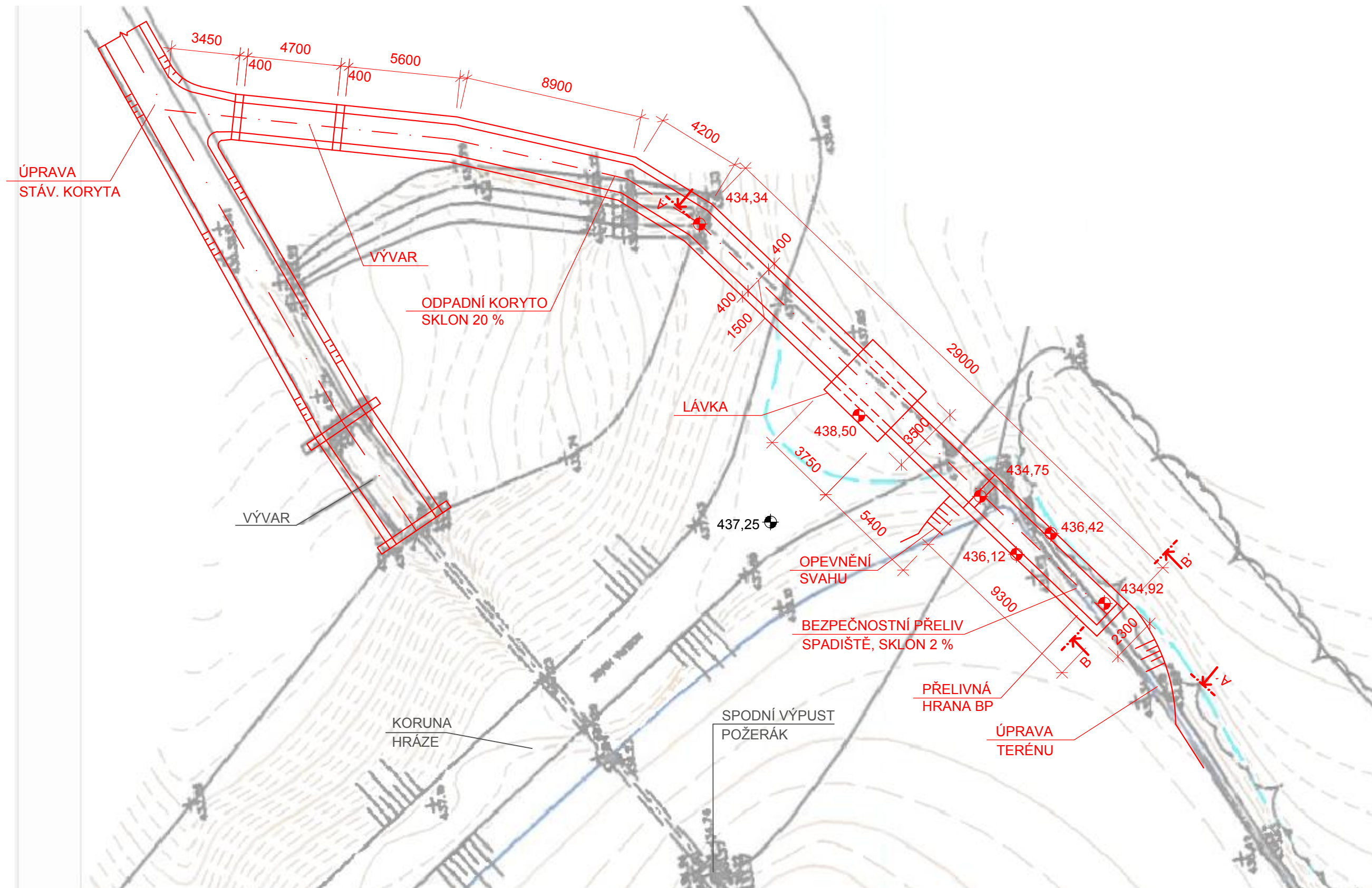
KÁMEN V ŘEZU



KÁMEN V POHLEDU

POZN.: JEDNÁ SE O AKTUÁLNÍ STAV, ROZMĚRY UVNITŘ KONSTRUKCÍ NEOVĚŘENY - VYCHÁZĚJÍ Z MANIPULAČNÍHO ŘÁDU

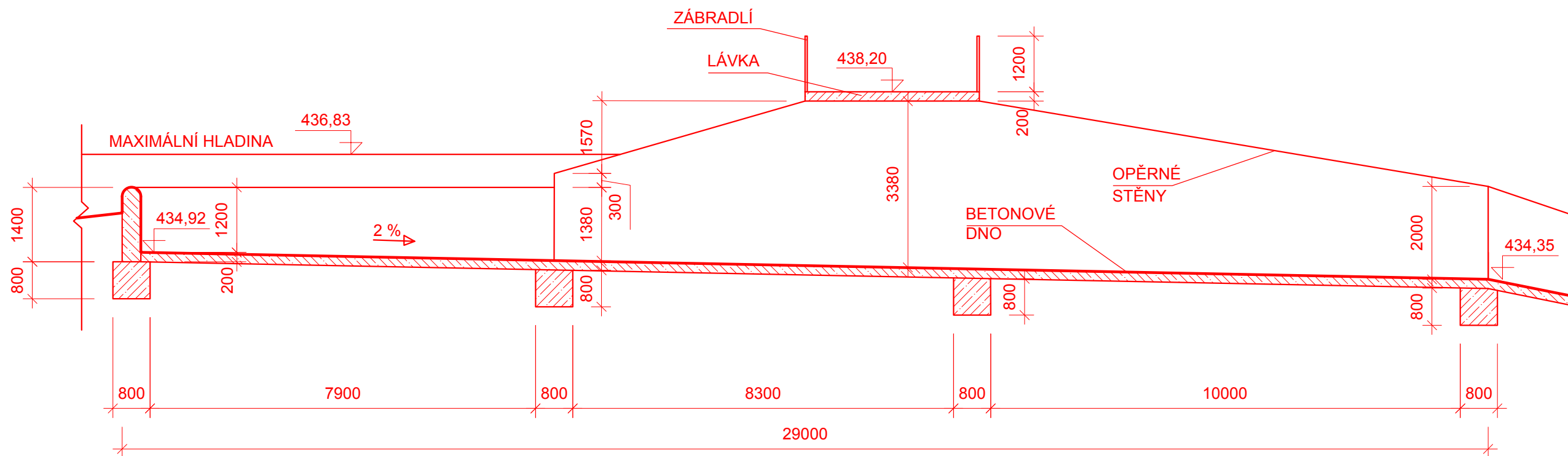
Předmět: BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	Vedoucí cvičení: Ing. M. BROUČEK, PhD.	Školní rok: 2017/2018	Fakulta stavební ČVUT
Zpracoval: NELA TOMANOVÁ			Meřítko: 1:100
Název výkresu: BEZPEČNOSTNÍ PŘELIV - STÁVAJÍCÍ			Číslo výkresu: G4



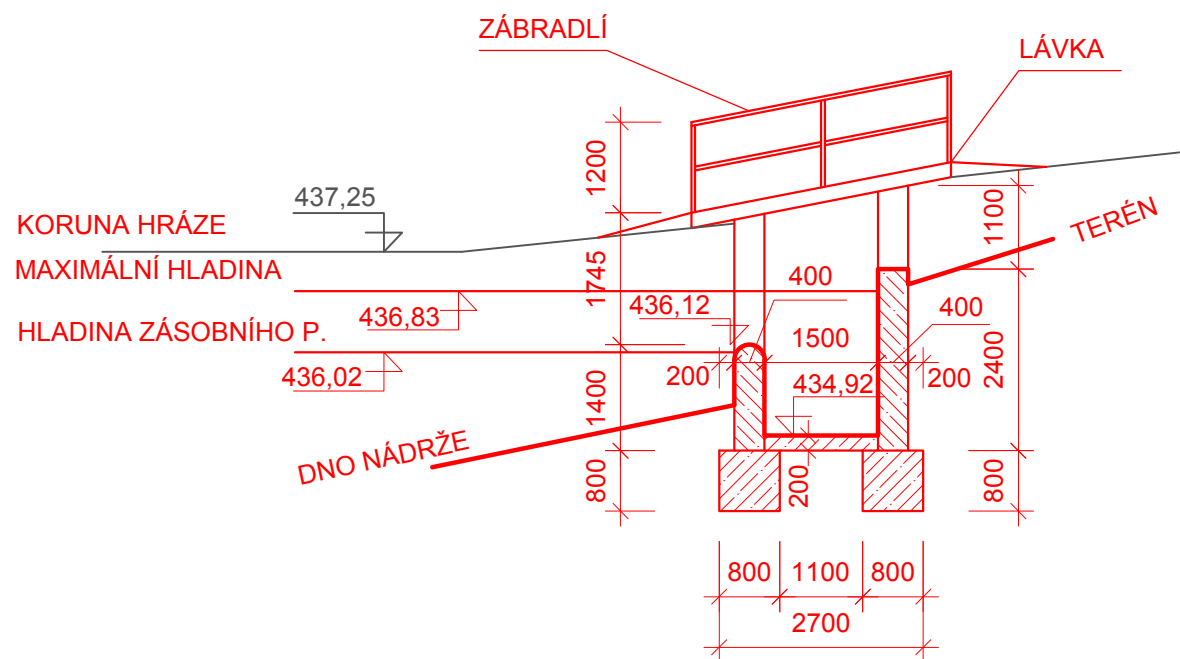
POZN.: JEDNÁ SE O NÁVRHOVÝ STAV VYCHÁZEJÍCÍ Z AKTUÁLNĚ DOSTUPNÝCH PODKLADŮ, TZN. PODKLADEM JE VÝKRES SITUACE Z MANIPULAČNÍHO ŘÁDU

Předmět: BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	Vedoucí práce: Ing. M. BROUČEK, PhD.	Školní rok: 2017/2018	Fakulta stavební CVUT
Zpracoval: NELA TOMANOVÁ			
Název výkresu: BEZPEČNOSTNÍ PŘELIV NOVÝ NÁVRH			Číslo výkresu: G5

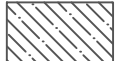
ŘEZ A-A'




ŘEZ B-B'



LEGENDA MATERIÁLU

 BETON (V TOMTO STUPNI NÁVRHU NESPECIFIKOVÁN)

POZN.: JEDNÁ SE O NÁVRHOVÝ STAV VYCHÁZEJÍCÍ Z AKTUÁLNĚ DOSTUPNÝCH PODKLADŮ, TZN. PODKLADEM JE VÝKRES SITUACE Z MANIPULAČNÍHO ŘÁDU

Předmět: BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	Vedoucí práce: Ing. M. BROUČEK, PhD.	Školní rok: 2017/2018	Fakulta stavební ČVUT 
Zpracoval: NELA TOMANOVÁ	Měřítka: 1:100		
Název výkresu: ŘEZ A-A', ŘEZ B-B' NOVÝ PŘELIV			Číslo výkresu: G6