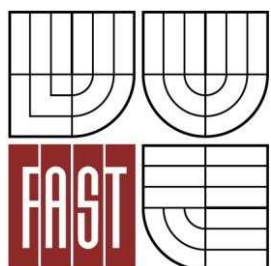




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV VODNÍCH STAVEB

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF WATER STRUCTURES

NÁVRH POHYBLIVÉ JEZOVÉ KONSTRUKCE

DESIGN OF THE GATED WEIR

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

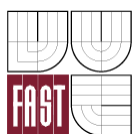
MICHAL TRNĚNÝ

VEDOUČÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. TOMÁŠ JULÍNEK, Ph.D.

BRNO 2015



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3647R015 Vodní hospodářství a vodní stavby
Pracoviště	Ústav vodních staveb

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Michal Trněný
Název	Návrh pohyblivé jezové konstrukce
Vedoucí bakalářské práce	Ing. Tomáš Julínek, Ph.D.
Datum zadání bakalářské práce	30. 11. 2014
Datum odevzdání bakalářské práce	29. 5. 2015

V Brně dne 30. 11. 2014

.....
prof. Ing. Jan Šulc, CSc.
Vedoucí ústavu

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

Podklady a literatura

- Úprava tokov, Raplík, M., Výbora, P., Mareš, K., Alfa, Praha, 1989.
Jezy, Gabriel a kol., SNTL, Praha, 1989.
Navrhování jezů, Výbora P., Podsedník, O. VUT Brno, 1989.
Vodní stavby I, Maleňák, J., Podsedník, O. Šlezinger, M., VUT Brno, 2002.
Vegetační doprovod vodních toků a nádrží, Šlezinger, M., VUT Brno, 1996.
Hydraulika a hydrologie, Jandora, J., Stara, V., Starý, M., VUT Brno, 2002.

Zásady pro vypracování

Účelem práce je navrhnout pohyblivou jezovou konstrukci na řece Svratce v lokalitě Kamenný Mlýn. V zájmovém úseku bude zhodnocen a popsán stávající stav a navrženy parametry nové jezové konstrukce tak, aby byly zajištěny stávající funkce konstrukce (odběr na MVE) a byl dodržen stupeň ochrany okolního území před povodněmi na úroveň návrhové povodně. Návrh bude zahrnovat jak zhodnocení stávající situace (pevné konstrukce, toku, atd.), tak i návrh vhodného typu pohyblivé hradící konstrukce včetně úprav přilehlé části koryta. Ideově bude provedeno hodnocení a návrh opatření z hlediska migrační prostupnosti (rybí přechod). Součástí by měl být i návrh souvisejících objektů, uspořádání břehových partií a doprovodných porostů.

Řešení bude obsahovat textovou část včetně hydraulických výpočtů provedených za použití vhodných softwarových prostředků a část výkresovou, která bude zahrnovat jednoduchou výkresovou dokumentaci navržené konstrukce. Obsahem diplomové práce bude:

1. Technická zpráva včetně hydraulických výpočtů
2. Situace navrhovaných opatření v měř. 1:1000
3. Podélný profil v měř. 1:1000/100
4. Výkresové přílohy navržené konstrukce (půdorys, řezy)
5. Fotodokumentace

Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).
- 3.

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

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá návrhem rekonstrukce pevné jezové konstrukce Kamenný mlýn na řece Svratce na pohyblivou Jezovou konstrukci. První část obsahuje teoretický úvod a zpracovává údaje o zájmovém území a výběr vhodného konstrukčního řešení pro rekonstrukci pevného jezu, kdy bylo popsáno několik typů pohyblivých uzávěrů. Dále byl popsán stávající stav objektů a koryta toku Svratky v zájmovém území. V další části se bakalářská práce zabývá návrhem a následným posouzením navržené pohyblivé jezové konstrukce. Nejprve byla navržena a posouzena pevná spodní stavba a výška hradící konstrukce. Dále pak návrh a posouzení podjezí a celkové stability navržené konstrukce.

KLÍČOVÁ SLOVA

Jez, Manipulace, Říční koryto, Rybí přechod, Pohyblivá hradící konstrukce, Posouzení

ABSTRACT

The Bachelor Thesis deals with the design of reconstruction of the uncontrolled weir "Kamenný mlýn" on the river Svratka to a new gate weir structure. The first part focuses on theoretical intro and the processing of data on the area of interest and the selection of appropriate design solution for the reconstruction of the weir, where there are described several types of movable gate. At the end of this part the current condition of the buildings and the channel of the Svratka river in the area of interest is evaluated. In the second part, the Thesis deals with the design of the gate weir structure and its subsequent assessment. At first, the solid substructure and the height of the gate is designed and assessed. Subsequently, the stilling basin is designed and in conclusion, the overall stability of the designed structure is assessed.

KEYWORDS

Weir, Manipulation, Riverbed, Fish pass, Gate weir structure, Assessment

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Michal trněný, Návrh pohyblivé jezové konstrukce. Brno, 2015 86s., 54s. příloh. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodních staveb. Vedoucí práce Ing. Tomáš Julínek Ph.D.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci Návrh pohyblivé jezové konstrukce vypracoval samostatně pod vedením Ing. Tomáše Julínka, Ph.D. a uvedl jsem v seznamu všechny použité zdroje.

V Brně dne

.....

Podpis autora

Michal Trněný

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY VŠKP

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

V Brně dne

.....

Podpis autora

Michal Trněný

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl poděkovat povodí Moravy za poskytnutí podkladů potřebných ke zhotovení této práce.

OBSAH

1	ÚVOD	11
1.1	Cíl bakalářské práce	11
2	TEORETICKÝ ÚVOD	12
2.1	JEZOVÁ KONSTRUKCE.....	12
2.2	DĚLENÍ JEZŮ	12
2.2.1	Dle konstrukce	12
2.2.2	Dle tvaru přelivné hrany	13
2.3	HYDRAULIKA PŘELIVU	14
2.4	PEVNÝ JEZ	16
2.4.1	Dřevené pevné jezy.....	16
2.4.2	Zděné, kamenné a betonové jezy	17
2.5	POHYBLIVÉ JEZY	18
2.5.1	Hradidlové jezy.....	18
2.5.2	Hradlové jezy.....	19
2.5.3	Stavidlové jezy.....	20
2.5.4	Klapkové jezy	20
2.5.5	Segmentové jezy	23
2.5.6	Vakové jezy (pneumatické)	25
2.5.7	Rybí přechod.....	26
3	VSTUPNÍ ÚDAJE K VÝPOČTŮM	30
3.1	Identifikační údaje	30
3.2	Popis zájmové lokality	30
3.3	Popis stávajícího stavu.....	32
3.3.1	Popis koryta nad a pod jezem	32
3.3.2	Popis a historie vodního díla.....	32
3.3.3	Historický význam vodního díla.....	33
3.4	HYDROLOGICKÉ POMĚRY	33
3.5	Popis rozsahu záplavového území.....	34
3.6	Geomorfologie	36
3.7	Geologické poměry.....	36
3.8	Popis smíšeného jezu.....	37
3.8.1	Pevná část jezu.....	37
3.8.2	Pohyblivá část jezu	37
3.8.3	Strojovna ovládání hradící tabule	37
3.8.4	Ovládací mechanismus hradící konstrukce	38
3.8.5	Rozměry konstrukcí jezu	38
3.9	Další využití	40

3.10	Návrh konstrukce	40
3.10.1	Volba hradící konstrukce	40
3.10.2	Volba rybího přechodu	41
4	HYDROTECHNICKÉ VÝPOČTY	42
4.1	Hydrologická data.....	42
4.2	Hladina stálého vzduší.....	42
4.3	Návrh spodní stavby	42
4.4	Návrh pevného prahu	43
4.5	Výpočet potřebné šířky přelivu pro Q_N.....	44
4.6	Návrh hradící konstrukce a ověření kapacity	45
4.7	Měrná křivka přelivu	46
4.8	Měrné křivka při manipulaci s uzávěry	48
4.9	Návrh podjezí	52
4.9.1	Návrh hloubky vývaru	52
4.9.2	Tloušťka vývarové desky.....	53
4.9.3	Délka vývaru.....	54
4.9.4	Délka opevnění za vývarem.....	55
4.9.5	Tloušťka opevnění za vývarem.....	55
4.10	Rybí přechod.....	56
5	POSOUZENÍ STABILITY JEZOVÉ KONSTRUKCE	58
5.1	Výpočet působících sil.....	58
5.1.1	Úrovně hladin	59
5.1.2	Mezní stavy.....	59
5.1.3	Význam objektu.....	59
5.1.4	Zatížení za normálního stavu	59
5.1.5	Zatížení za povodňového stavu.....	62
5.2	Posouzení stability.....	63
5.2.1	Bezpečnost proti posunutí základové spáry	63
5.2.2	Bezpečnost proti překlopení kolem vzdušné hrany	65
5.2.3	Bezpečnost proti nadzvednutí	67
5.2.4	Bezpečnost proti prolomení vývarové desky	68
5.2.5	Délka obtékaného obrysu.....	68
5.3	Zhodnocení mezních stavů rovnováhy	69
6	TECHNICKÉ ŘEŠENÍ.....	70
6.1	Odběrný objekt	70
6.2	Jezové těleso.....	70
6.3	Pohyblivá hradící konstrukce	70

6.4	Střední-dělicí pilíř a zavazovací křídlo	71
6.5	Vývarová deska	72
6.6	Provizorní hrazení, lávka	72
6.7	Opevnění podjezí.....	72
6.8	Rybí přechod	72
6.8.1	Návrh konstrukce.....	72
6.8.2	Dostatečný lákavý proud	73
6.9	Manipulace	74
6.9.1	Hospodaření s vodou a dodržování hladiny	74
6.9.2	Minimální průtok v toku pod jezem.....	74
6.9.3	Manipulace za velkých vod	74
6.9.4	Manipulace v období sucha	75
6.10	Začlenění do krajiny	75
7	ZÁVĚR	76
8	POUŽITÁ LITERATURA.....	77
9	SEZNAM TABULEK	79
10	SEZNAM OBRÁZKŮ	80
11	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	82
12	SEZNAM PŘÍLOH.....	85

1 ÚVOD

Tématem bakalářské práce bylo vypracování varianty pohyblivé konstrukce místo stávajícího pevného jezu Kamenný mlýn na řece Svratce v říčním kilometru 50,210. Tato varianta byla zadána z důvodu plánu na přestavbu jezů na Svratce z pevných na pohyblivé konstrukce.[8]

Zájmové území se týká přilehlého okolí Jezu Kamenný mlýn. Stoletý průtok $Q_{100} = 281 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ byl zvolen jako návrhový, protože se objekt nachází na rozhraní městských částí Brno – Žabovřesky a Brno – Kohoutovice. Hodnota průtoku Q_{100} byla převzata z manipulačního řádu jezu Kamenný mlýn [1]. [9].

Pro přestavbu na pohyblivou konstrukci byl zvolen klapkový uzávěr. Parametry objektu byly navrženy tak, aby byl zajištěn dostatečný odběr vody na stávající ÚV Pisárky. [8] Generel odvod. Brna

Součástí projektu je i návrh rybího přechodu, který umožní migraci živočichů na řece.

1.1 CÍL BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Cílem Bakalářské práce je navrhnout pohyblivou jezovou konstrukci na řece Svratce v lokalitě Kamenný Mlýn. V této lokalitě bude popsán stávající stav a navrženy parametry nové jezové konstrukce tak, aby byly zajištěny stávající funkce konstrukce (odběr na ÚV Pisárky, případně na budoucí alternativní způsob využití (MVE)).

Návrh bude zahrnovat popis stavu stávající konstrukce, návrh úpravy konstrukce včetně vhodných pohyblivých hradících prvků a přilehlých objektů. Ideově bude proveden i návrh opatření z hlediska migrační prostupnosti (rybí přechod).

Výstupem budou hydrotechnické výpočty a výkresové přílohy.

2 TEORETICKÝ ÚVOD

2.1 JEZOVÁ KONSTRUKCE

Jez je vzdouvací zařízení vybudované v korytě toku, které v něm trvale, nebo dočasně vzdouvá vodu k různým vodohospodářským účelům[2]:

Jezy plní tyto funkce:

- Zajištění potřebné hloubky k odběru vody pro vodárenské, průmyslové, zemědělské, protipožární účely,
- Jsou nezbytnou součástí splavení vodních toků, zajišťují potřebnou plavební hloubku,
- Umožňují gravitační odběr vody, vytváří spád využitelný pro energetické účely,
- Regulují výšku hladiny podzemní vody v přílehlém říčním údolí v souladu s potřebou vody zemědělských plodin a lesních kultur,
- Plní funkci spádového stupně, vyrovnávají spádové poměry, umožňují vypouštění vod do podjezí,
- Mají význam estetický, vytváří vodní plochu využitelnou k rekreačním účelům.

2.2 DĚLENÍ JEZŮ

2.2.1 Dle konstrukce

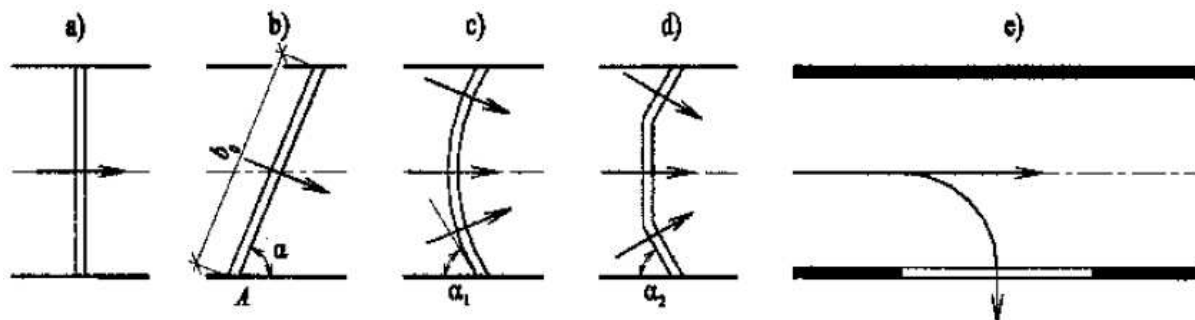
Dle konstrukce se jezy dělí na[2]:

- **Pevné** - tvoří je stabilní hradící jezová konstrukce ze dřeva, kamene, betonu apod. Výška vzdutí hladiny nad jezem závisí na průtoku v řece
- **Pohyblivé** – skládají se z pevné spodní části jezu a pohyblivých hradících jezových uzávěrů různého konstrukčního uspořádání. Horní část spodní stavby jezu bývá buď na úrovni dna, nebo mírně vyvýšená nad dnem. Pohyblivá část jezu umožňuje regulaci výšky hladiny nad jezem. Při průchodu velkých vod se hradící konstrukce buď vysune, nebo sklopí, tím umožní průchod velkých vod
- **Kombinované** – skládají se z více částí, kdy jedna část tvoří pevný jez a zbylé části jsou pohyblivé.

2.2.2 Dle tvaru přelivné hrany

Tvar přelivné hrany závisí na konstrukci jezu. Dělí se na přímě, lomené a zakřivené viz obr. [3]:

- Jezy přímé: - a, kolmý, b, šikmý, e, boční
- Jezy zakřivené: - c, obloukový
- Jezy lomené: - d, lomený



Obrázek 2.1: Tvary přelivných hran

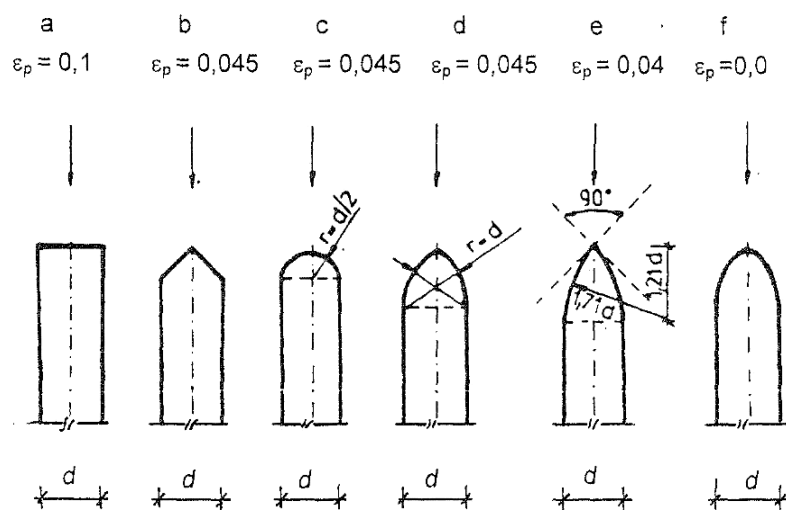
2.3 HYDRAULIKA PŘELIVU

Pro zjištění přepadového množství přes jezové těleso je možné použít následujících rovnic [3]:

$$Q = \sigma_z * m * b_0 * \sqrt{2g} * h_0^{3/2} \quad (2.3.1)$$

$$b_0 = b - (n\varepsilon_p + 2\varepsilon_k) * h_0 \quad (2.3.2)$$

σ_z	Součinitel zatopení (pro dokonalý přepad $\sigma_z = 1$, pro nedokonalý $\sigma_z < 1$) [-]
b_0	Účinná šířka přepadu [m]
b	Šířka přelivu [m]
n	Počet kontrakcí [-]
h_0	Energetická přepadová výška [m]
m	Součinitel přepadu [-]
g	Gravitační zrychlení [$m \cdot s^{-1}$]
ε_p	Tvarový součinitel boční kontrakce návodního pilíře (viz obr. 2)
ε_k	Tvarový součinitel kontrakce bočních křídel břehového pilíře



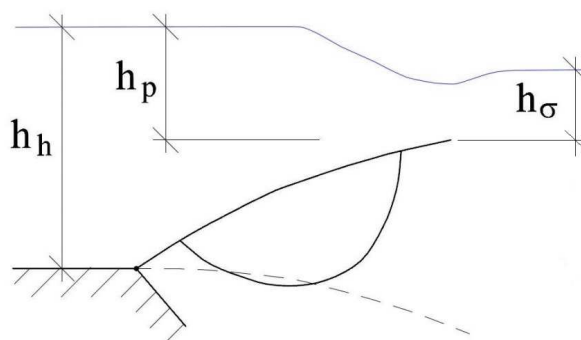
Obrázek 2.2: Přední i zadní zhlaví návodního pilíře [5]

Pro návrh přepadového součinitele během manipulace hradící konstrukce m_σ bylo využito následující tabulky [19]:

Tabulka 1: Orientační hodnoty součinitele přepadu m_σ [19]

Hodnoty přepad. součinitele m_σ				
h_p/h_h	Poměr h_σ/h_h			
	0,0	0,1	0,5	0,7
0,10	0,479	0,479	0,487	0,487
0,20	0,456	0,456	0,461	0,465
0,30	0,435	0,435	0,438	0,441
0,40	0,416	0,416	0,418	0,421
0,50	0,399	0,399	0,398	0,396
0,60	0,384	0,384	0,373	0,368
0,70	0,372	0,372	0,355	0,348
0,80	0,368	0,368	0,351	0,343
0,90	0,378	0,378	0,370	0,363
1,00	0,443	0,443	0,413	0,409

Výchzí hodnoty pro tuto tabulku jsou patrné z následujícího obrázku



Obrázek 2.3: Schéma návrhu přepadového součinitele [19]

Dle výše uvedených vztahů budou nejprve navrženy a posouzeny rozměry spodní stavby jezu. Dále bude navržena vhodná hradící konstrukce včetně jejích rozměrů. Na konec bude u spodní stavby i hradící konstrukce bude vyhotovena měrná křivka jak samotné spodní stavby, tak i manipulace hradící konstrukce.

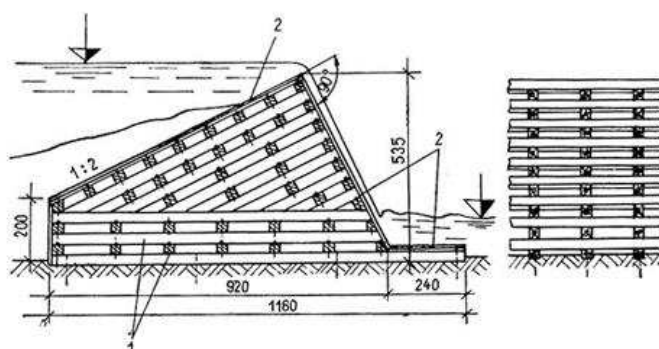
2.4 PEVNÝ JEZ

Na koruně přelivu pevného jezu se neumísťují hradící uzávěry. Výška vzdutí nad jezem tj. výška hladiny nad hranou přelivu, závisí na množství přepadající vody přes pevnou jezovou konstrukci. Pevné jezy se dělí podle použitého materiálu, konstrukce, půdorysného uspořádání apod.

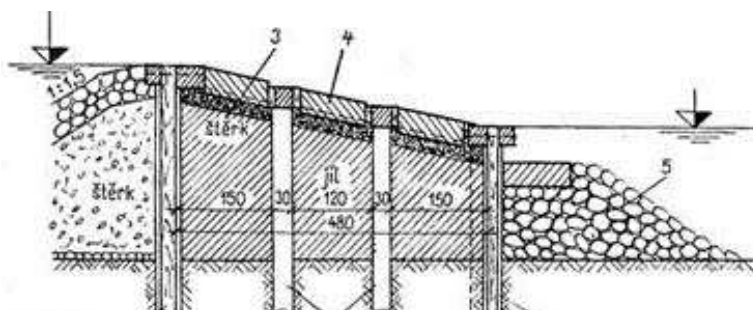
2.4.1 Dřevené pevné jezy

Patří k nejstarším jezovým konstrukcím; vzhledem k malé životnosti staví se dnes dřevěné jezy málo, převážně jako provizorní stavby, častěji na bystřinách. Srubové konstrukce jezu – obr. 3 se doposud používají v lesnatých a horských oblastech v korytech s balvanitým podložím. Srubová konstrukce se naplní kamenem, čímž se docílí požadovaný statický účinek. Jez je pro vodu propustný.

V místech, kde je možné použít dřevěné štětové stěny, vytvoří se pevný jez zaražením dřevěných pilot a štětovic, spojených kleštinami. Přelivnou hranu tvoří vodorovný trámec. Uspořádání dřevěného jezu s kamennou výplní a těsnící zeminou je znázorněno na obr. 4. Jezovou konstrukci tvoří štětové stěny, prostor mezi nimi je vyplněn těsnící zeminou. Přelivná část jezu je zpevněna kamennými deskami v dřevěném trémovém roštu upevněném na pilotách; pod jezem (za vývarem či vývařištěm) následuje kamenný zához zabraňující podemletí[2].



Obrázek 2.4: Srubový jez[2]

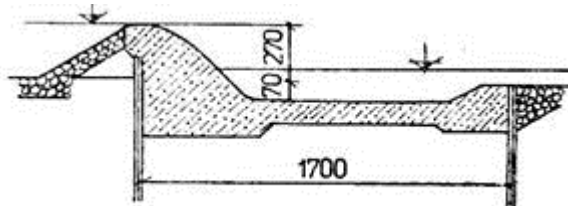


Obrázek 2.5: Dřevěný jez s kamennou výplní[2]

2.4.2 Zděné, kamenné a betonové jezy

Patřily k nejrozšířenějším pevným jezovým konstrukcím. Jezové těleso těchto jezů tvoří jádro z lomového kamene, betonu, železobetonu; přelivná hrana se zpevňuje kamennou dlažbou z opracovaného kamene; kamenem se vyzdívají obvodové plochy jezové konstrukce. Příklad zděné jezové konstrukce je uveden v obrázku 5. Tvar přelivného tělesa jezu je výhodné navrhovat s proudnicovou bezpodtlakovou přelivnou plochou.

Pevné jezové konstrukce neumožňují při různých průtocích plynulou regulaci výšky hladiny nad jezem a v současnosti se navrhují poměrně málo.

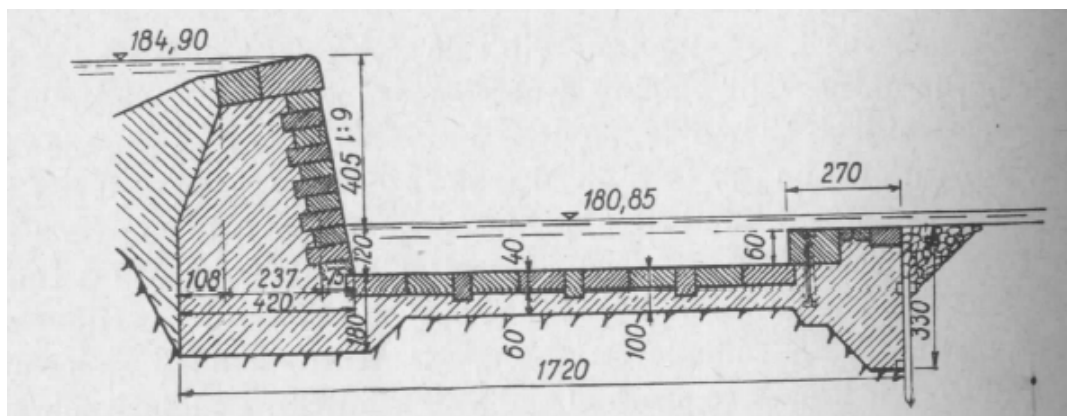


Obrázek 2.6: Betonový jez s proudnicovou přelivnou plochou[2]

Helmovský typ pevného zděného jezu

Jedná se o vývoj vyšších pevných zděných a betonových jezů s plným jezovým tělesem. Ten byl podmíněn rozvojem aplikované hydrodynamiky a hydrotechnického výzkumnictví, který se projevoval hlavně od začátku 20. století. Lichoběžníkové těleso bylo doplněno prohloubeným a opevněným vývarem.

„Helmovský jez však po delší době vykazoval vážné nedostatky. Jelikož řez jezem vytvářel spád i přes 4m, musely být vzdušní líc, koruna, dno vývaru i jeho práh opevněny žulovými kvádry a deskami, protože konstrukční beton v té době byl „hubený“, ručně vyráběný, ukládaný a zpracovávaný, s malou odolností a pevností. Další problém představují ledové kry, které dopadají téměř kolmo z výšky i 4 metrů na dno vývaru a docházelo z uvolňování velkých, ale tenkých žulových desek a vyplavování malty. Následným vztlakem byly desky vyvráceny a přepadajícím paprskem vody byl beton vývaru vyrodován a bylo napadeno její podloží, což vedlo části jezu. Tento typický příklad prolomení podloží se udal na Helmovském jezu na řece Vltavě v roce 1939“ [4].



Obrázek 2.7: Zděný jez Helmovský na řece Vltavě v Praze[5]

2.5 POHYBLIVÉ JEZY

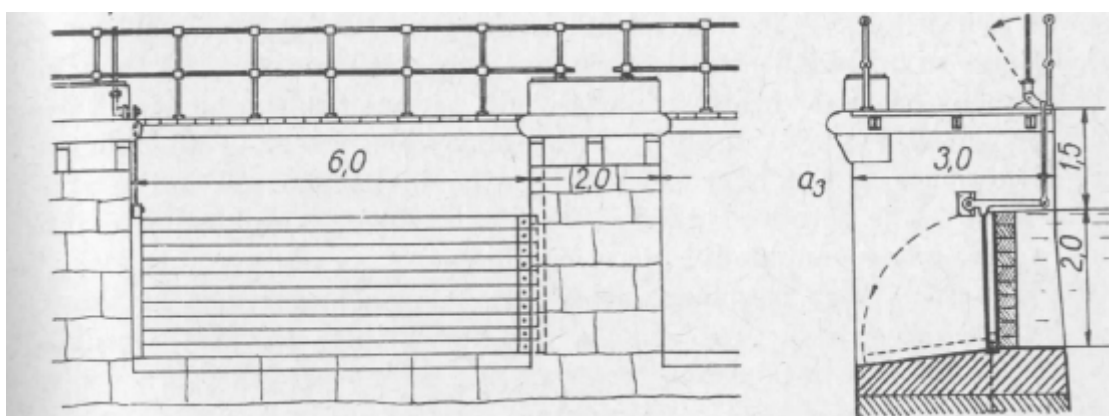
Pohyblivé jezové konstrukce umožňují plynulou regulaci výšky hladiny v jezové zdrži. Pohyblivé jezy se podle konstrukcí dělí na jezy[2]:

- Hradidlové
- Hradlové
- Pokloповé
- Stavidlové
- Klapkové
- Segmentové
- Válcové
- Hydrostatické
- Vakové
- Kombinované
- Speciální

2.5.1 Hradidlové jezy

Hradidlový uzávěr má svislou, po výšce členěnou hradící stěnu, která se skládá z řady vodorovných, na sebe uložených hradidel, opírajících se svými konci o stěny svislých drážek (zářezů) nebo výstupků upravených v bocích pilířů, do nichž se přenáší tlak horní vody. Hradidla se při manipulaci do drážek zasouvají nebo se z nich vysouvají svislým směrem popř. se zaklápějí n výstupky pilířů. Hradidla byla tvořena dřevěnými trámy trámcí obdélníkového průřezu. Aby je bylo možno ručně osazovat a vyjímat, hradily se jimi průtočné profily menších rozměrů.

Hradidlové uzávěry nesplňují požadavky kladené na regulační jezové uzávěry, ale našla své uplatnění při provizorních hrazeních jezových polí [4].



Obrázek 2.8: Hradidlový jez[5]

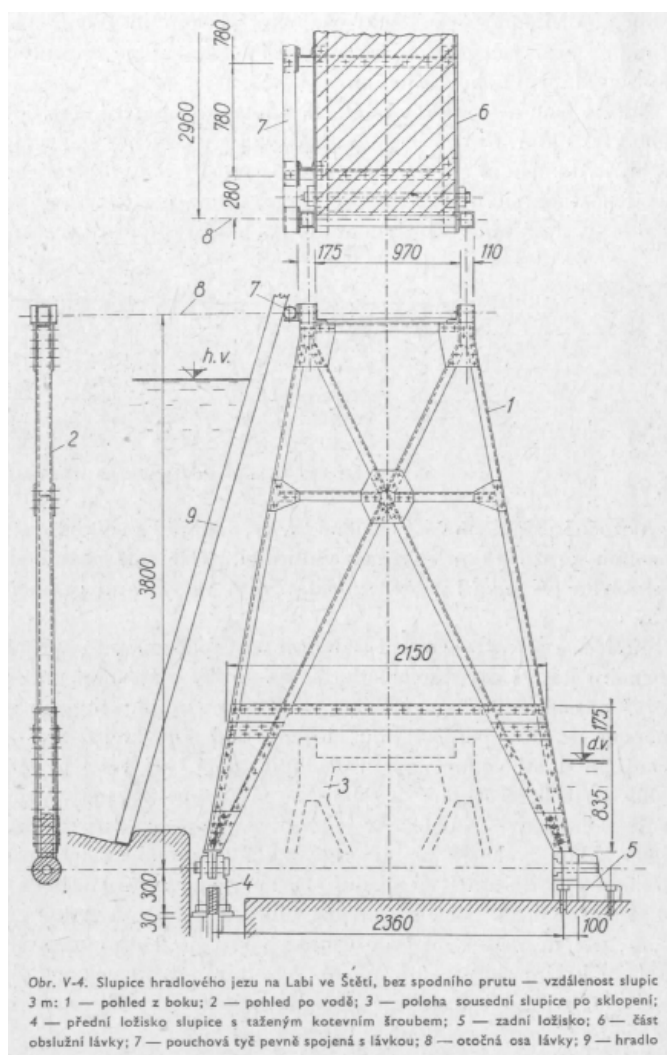
2.5.2 Hradlové jezy

Hradlové jezy se velmi často užívaly od 30. let 19. století až do 10. let 20. století. Sestávají ze tří základních prvků:

- Z hradel vytvářejících po šířce členěnou hradící stěnu
- Z pouchových tyčí
- A ze slupic

Hradla jsou dřevěné trámce, popř. kovové nosníky různých profilů, které se ukládají vedle sebe do polohy mírně skloněné po vodě (asi 8-12° od svislice) a opírají se dolním koncem o žlábek vytvořený v jezovém prahu a horním koncem o vodorovný nosník, tzv. Pouchovou tyč umístěnou nad hladinou vzduté vody. Pouchová tyč je zpravidla tvořena jakou krátká ocelová tyč nebo trubka s kováním na koncích, v nichž je připojena k dvěma sousedním podpěrám, tzv. slupicím. Slupice jsou kloubově uloženy v poměrně malých vzdálenostech vedle sebe na spodní stavbě jezu mezi jezovými pilíři. Podle úpravy pouchové tyče a podle způsobu jejího připojení k slupicím rozeznáváme různé druhy hradlových jezů.

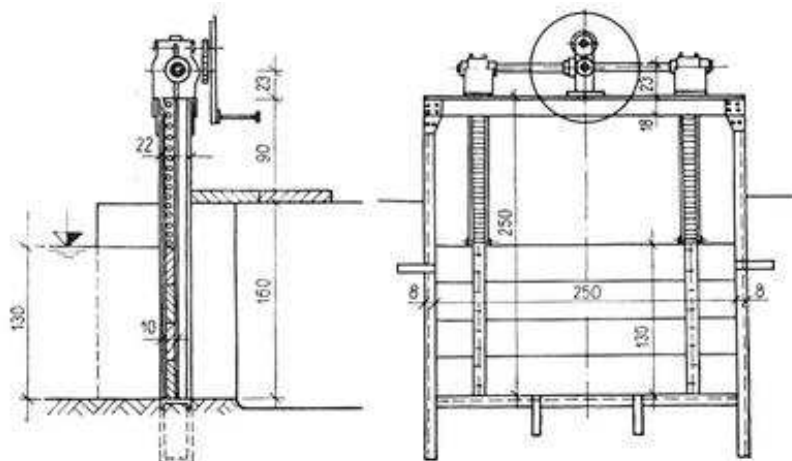
Vzdutá voda se udržuje na stálé úrovni jemnou regulací průtoky jezem postupným vyklápěním jednotlivých hradel. Takto vzniklými mezerami může protékat voda [4].



Obrázek 2.9: Hradlový jez na Labi ve Štětí[5]

2.5.3 Stavidlové jezy

Nazývají se podle hradící konstrukce, kterou tvoří stavidla. Nejjednodušším jezem může být i stavidlová stěna s opěrnými betonovými pilíři, hladina nad jezem se reguluje pod i nad stavidlem. Při větších vzdálenostech se použijí ocelové tabule vyztužené plnostěnnými nebo příhradovými nosníky. Tabule se v drážce pohybuje po válečcích, případně podvozcích, které ovládají se mechanicky. Uspořádání tabulového jezu je dobře patrné z obr. 6. Stavidlo může být vytahováno nad jezovou stavbu, ale i zasouváno. Jemnější regulaci hladiny umožní klapka na horní části stavidla. Pro větší výšky vzdutí se někdy používá i více stavidlových tabulí nad sebou, vzájemně se překrývajících[2].



Obrázek 2.10: Stavidlový jez[2]

2.5.4 Klapkové jezy

Jedná se o celistvé pokloповé uzávěry jezových polí s poklopy otočně uloženými na spodní stavbě jezu. Je to nejužívanější druh pokloпů. Vzduťatá hladina se udržuje na stálé úrovni přepadem vody přes sklápěné klapky. Zároveň lze s vodou propouštět i plovoucí předměty přinášené tokem, ledovou tříšť i kry a to bez značnějších ztrát vody. Přepadový paprsek přitom zatěžuje podjezí méně, než výtokový paprsek u jiných soustav jezových uzávěřů.

Naproti tomu nejsou vhodné pro pohyblivé jezy budované na tocích se značným chodem splavenin. V případě použití musí být jeho spodní stavba nízká a plynule napojena na dno jezové zdrže. Splaveniny mohou i tak zanést jeho vývar a popř. znemožnit vztyčení a opětovné sklopení klapky.

Jsou-li ložiska klapky trvale umístěna pod hladinou spodní vody, vyvstávají v provozu různé těžkosti, jako je zvýšení jejich koroze, těžká údržba apod.

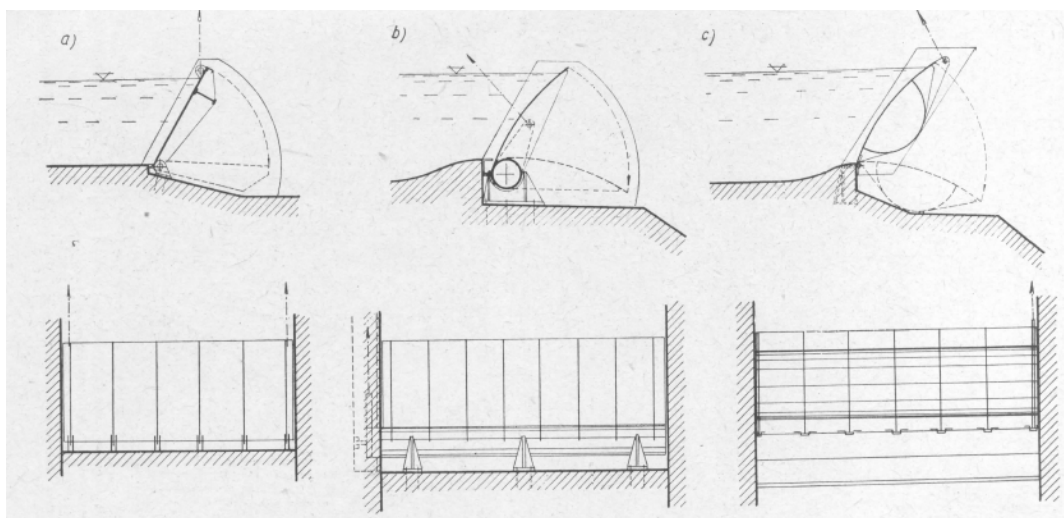
Velkou výhodou klapky je však to, že se jejich zatížení od vodního tlaku apod. i vlastní tíhy přenáší z větší části ložisky přímo do spodní stavby jezu a to rovnoměrně po celé její délce, a z ní dále do podloží, které je tudíž rovnoměrně namáháno. Zbytek sil působících na úplně nebo částečně vztyčené klapky přenáší pohybovací mechanismy, které umožňují při manipulaci jejich otáčivý pohyb. Sklopené klapky dosednou na nárazníky zakotvené mimo osu otáčení do spodní stavby, které potom přenáší celé jejich zatížení.

Klapky se podle příčného řezu dělí na viz obr.2.11:

- a) Deskové

b) Troubové

c) Duté



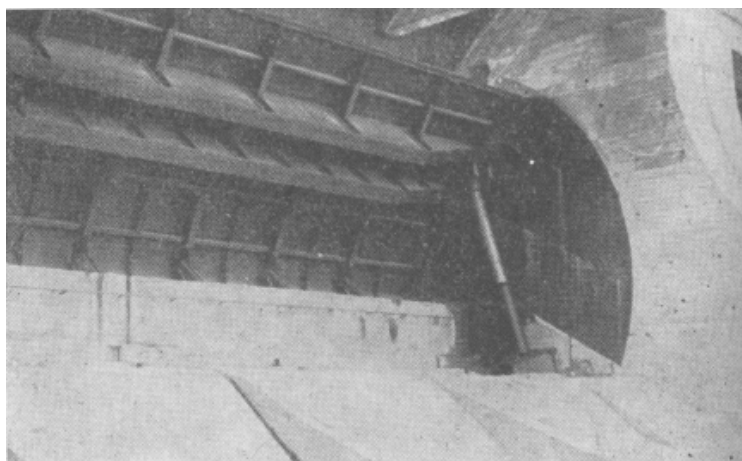
Obrázek 2.11: Klapkové uzávěry[5]

Deskové klapky

Deskové klapky hradí zpravidla celou šířku jezového pole.

Původní deskové klapky původně sestávaly z ocelové nosné konstrukce a z hradicích stěn nejčastěji rovinné, která u menších hradicích stěn byla zhotovena z dřevěných trámů nebo fošen, u větších z ocelového plechu. Nověji se hradicích stěna v příčném směru vhodně zaobluje z důvodů jak hydraulických, tak i konstrukčních. I při zaoblené a vyztužené hradicích stěně není však konstrukce deskové klapky po délce dostatečně tuhá v kroucení. Klapku je proto třeba v její horní části po obou stranách buď zavěsit nebo podepřít, a to pohybovacími prvky (Galovy řetězy, cévové tyče, táhla, vřetenové tyče, vzpěry apod.), spojenými s pohybovacím zařízením, které synchronně otáčí oba konce klapky.

Není-li však celistvá desková klapka široká, lze ji při vhodné úpravě vodorovného nosníku popř. podepřít jen v jednom místě, a to zpravidla v jejím středu. V jednom místě je však možno klapku podepřít pouze v případě, že je konstrukce schopná přenášet po celé délce kroučící momenty, jak ji navrhl u nás J. Krukovský [4].

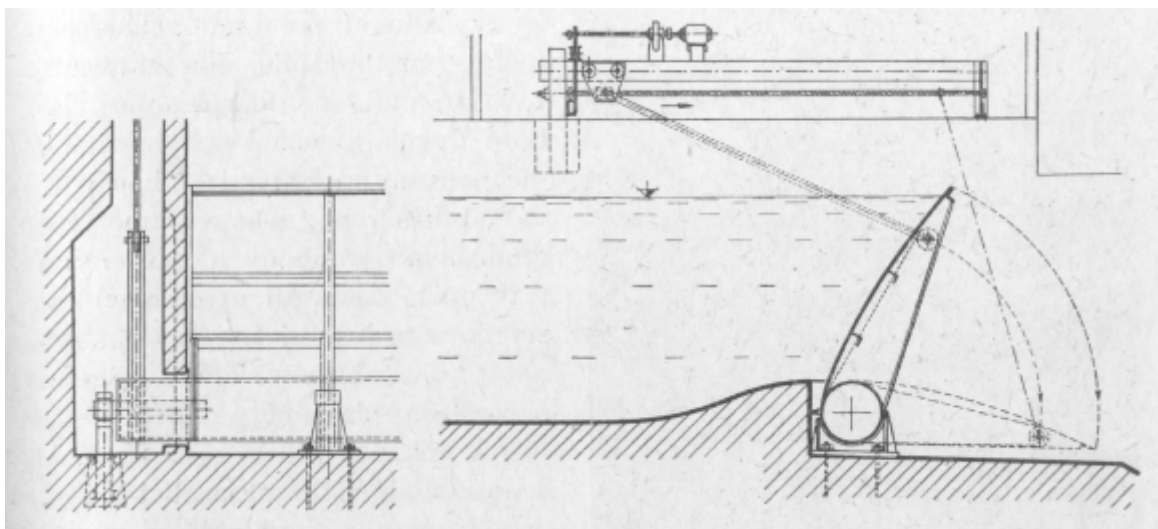


Obrázek 2.12: Desková klapka oboustranně podepřená[5]

Troubové klapky

Výše popsané deskové klapky nevyužívají podstatných výhod soustavy, protože kromě průběžného otočného uložení na spodní stavbě musí být při horním okraji ještě opatřeny vodorovným nosníkem, podepřeným nebo zavěšeným zpravidla na obou koncích a přenášejícím ohybové momenty, vyvozované vodním tlakem na horní části klapky. Zhodnocením těchto poznatků vznikla troubová klapka tak, že místo vysoko umístěného vodorovného nosníku byla na jejím dolním okraji, přímo v ose otáčení, upravena trouba tuhá na kroucení i na ohyb a otočně uložená obvykle na řadě ložiskových stoliček s vložkami zpravidla bronzovými pro zmírnění tření. K této troubě je připojen hydraulicky vhodně zaoblen hradící plech, vyztužený podélníky a podepíraný příčníky, které jsou do trouby nasazeny jako konzoly.

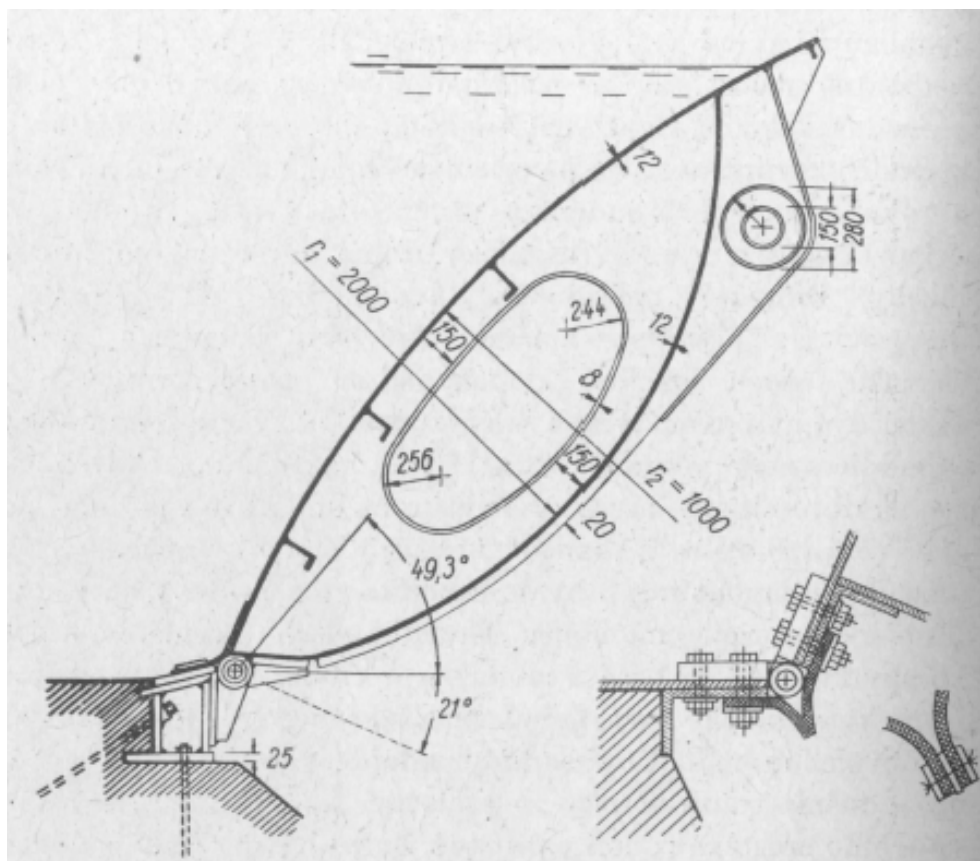
U troubových klapek se naráží na těžkosti s otočným uložením trouby na spodní stavbě a s provedením spolehlivého těsnění dotlačovaného vodním tlakem podél osy otáčení. Proto se některé kratší troubové klapky ukládají jen ve dvou ložiscích umístěných na koncích trub, které však jsou přitom daleko více namáhány na ohyb a mají proto i větší průměr než při průběžném uložení [4].



Obrázek 2.13: Troubová klapka s jednostranným pohonem vřetenovým pohybovým mechanismem[5]

Duté klapky

Snaha po zjednodušení nosné soustavy i vodorovného těsnění klapek vedla k přemístění trouby z osy otáčení do horní části klapky. Tím vznikla konstrukce schopná přenášet jak ohybová, tak i kroutící momenty a umožnila jednak nahradit méně vyhovující přítlačné vodorovné těsnění v ose otáčení pruhem pryže, pevně spojeným jak se spodní stavbou tak i s dolním okrajem hradícího plechu klapky, jednak zjednodušit průběžné otočné uložení na spodní stavbě. Tak vznikla klapka s troubou mimo osu otáčení, která je na spodní stavbě otočně připojena řadou kulisových nebo závěsových ložisek a má rovněž jednostranný pohon jako klapka troubová. Hodí se však na hrazení též jen menších výšek, zvláště jsou-li světlé výšky jezových polí větší.

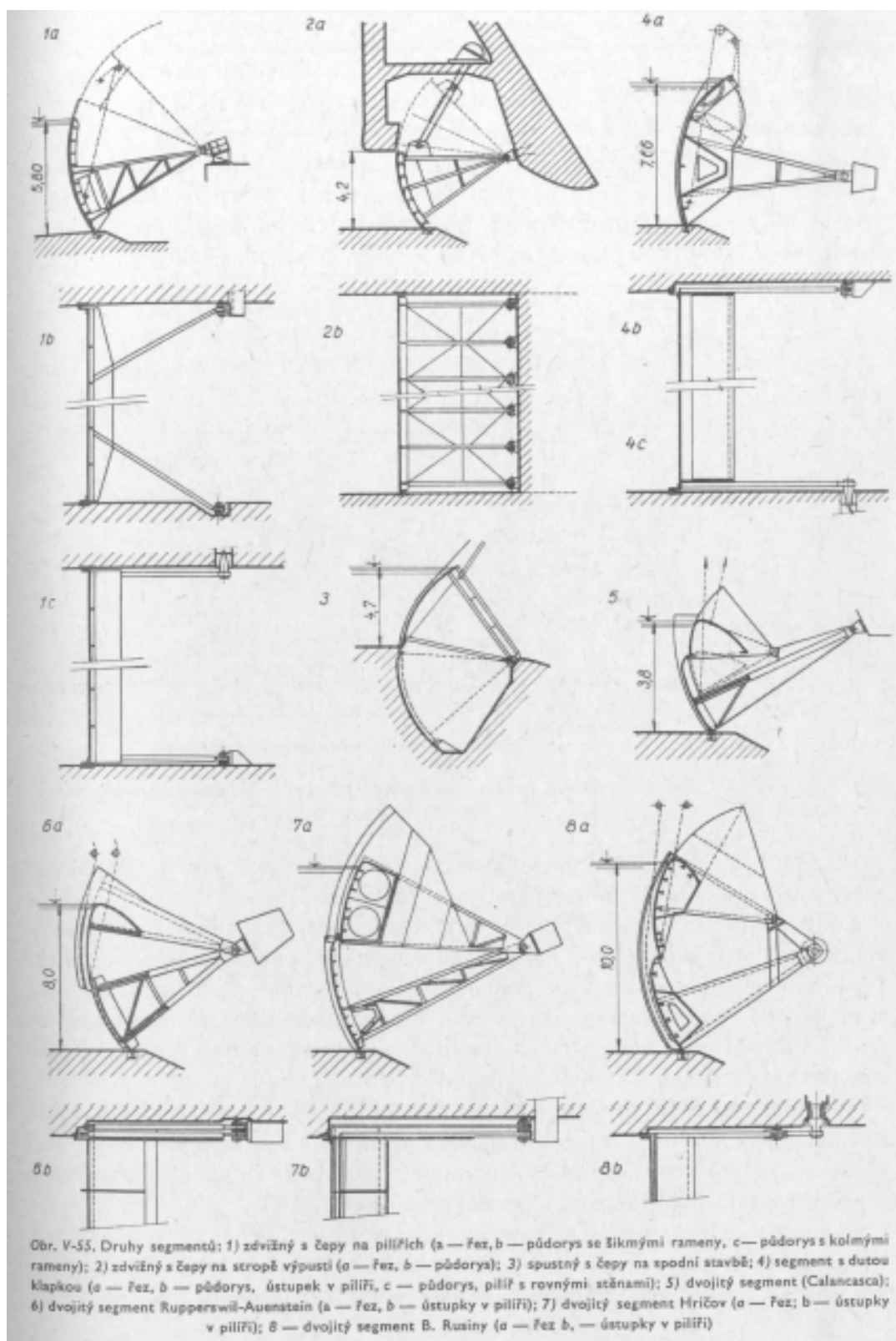


Obrázek 2.14: Dutá svařovaná klapka[5]

2.5.5 Segmentové jezy

Segmentové jezy mají jezová pole hrazena uzávěry se segmentovými hradíci tělesy (segmenty). Charakteristickým znakem segmentu je jeho otáčivý pohyb okolo vodorovné osy čepů umístěných na koncích ramen segmentu, mimo hradící stěnu, která je nejčastěji válcová; osa otáčení leží přímo v ose zakřivení vyztužené válcové hradící stěny (obr. 14). Vodní tlak se z hradící stěny podepřené hlavní nosnou soustavou přenáší do ramen segmentu, která jsou na koncích opatřena čepy na otočné připojení buď k jezovým pilířům (obr. 14-1) nebo ke stropu výpusti (obr. 14-2), popř. přímo na spodní stavbu jezu (obr. 14-3). Poslední řešení je běžné u hydrostatických segmentů.

Segmenty jsou buď celistvé (jednoduché), nebo po výšce dělené. **Jednoduché** segmenty jsou buď **zdvížné** (obr. 14-1,2), takže při vyhrazování pouštějí vodu i se splaveninami výtokem. Nebo **spustné** (obr. 14-3), u nichž se voda i plovoucí předměty a ledy propouští přepadem. Segmenty po výšce dělené se řeší **buď s nasazenou klapkou** (obr. 14-4), nebo jako **dvoudílné** (dvojité), složené ze dvou částí, které se spouštějí před sebe nebo za sebe (obr. 14-5 až 8). U nich se hladina reguluje jak přepadem přes sklápěnou klapku nebo přes spuštěnou horní část segmentu, tak i výtokem pad zvedaným segmentem (jeho dolní částí), popř. kombinací obou způsobů [4].



Obrázek 2.15: Druhy segmentů[5]

2.5.6 Vakové jezy (pneumatické)

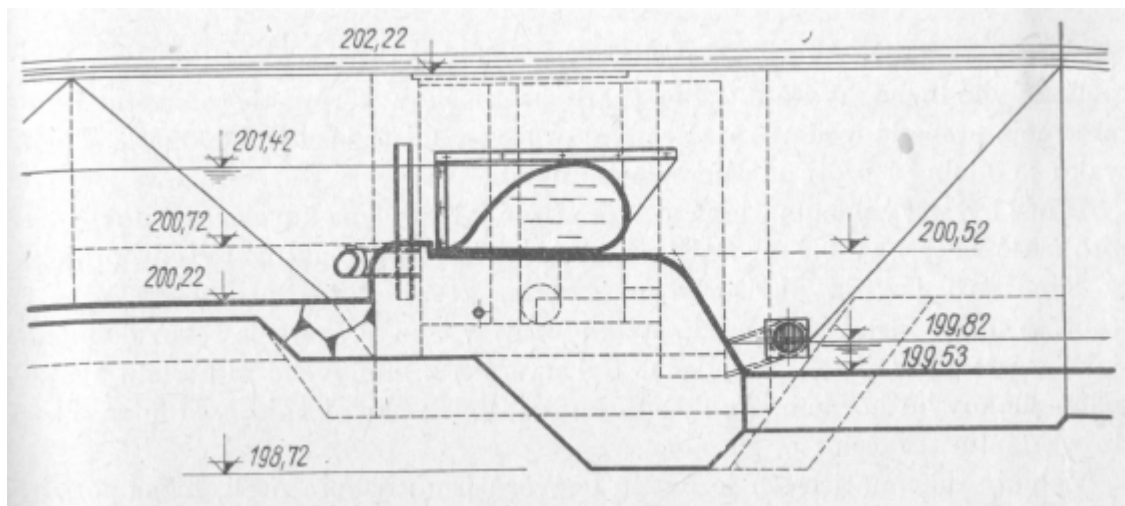
Pneumatické konstrukce z plastických hmot se osvědčily ve stavebnictví, kde se jich používá pro nejrůznější účely. Jsou to tenkostěnné duté konstrukce z vhodných plastických hmot, plněné médiem s určitým přetlakem, který je větší než jejich vnější zatížení. Jsou namáhány tahem, takže materiál je výhodně využit, Tvar pneumatického obalu ovlivňuje napínací médium, jímž může být plyn, kapalina, popř. pěnová nebo sypká hmota.

První použití vaku naplněného vodou bylo poprvé použito v roce 1957 v Los Angeles. Vak vyl ve tvaru hadice. Tento vak přikotvili úhelníky z nerezové oceli k betonové spodní stavbě a k bokům pilířů.

Jezové pole se zahradí načerpáním vody do vaku a vyhradí se jejím vypuštěním. Vaky mohou zahrazovat pole i 40 metrů široké a může být vysoký i 3 metry. Původně býval používán jednovrstvý plášť, ale u toho docházelo k poškozování. Později se přešlo na používání třívrstvého pláště, který je mnohem odolnější. Jako materiálu je užíváno elastomerů, pryže a textilu. Plnění může být prováděno mechanicky pomocí čerpadel, ale i automaticky pomocí vodního trkače.

Výhody pneumatických uzávěrů jsou: úspora oceli, nízké pořizovací i udržovací náklady, jednoduchá a rychlá výroba, doprava i montáž, snadná obsluha i údržba při provozu, který lze lehko automatizovat s přesností $\pm 2\text{cm}$ i za povodňových stavů. Jednoduché opravy drobných poškození. Možnost úpravy nábrežních pilířů až do sklonu 1:3 – osa pilířů nemusí být kolmá na podélnou osu jezu. Bezproblémový zimní provoz z důvodu teploty vaku říční vodou. Dlouhá životnost (asi 20 let). Odolnost proti obrusu. Velká odolnost proti vzniku vibrací i při přepadu vody zvýšená v případě potřeby navulkanizovanými rozražeči

Nevýhodou je nutnost získání zkušeností z provozu v zimě, možnost protržení plovoucími předměty a vandalismem. [4], [12].



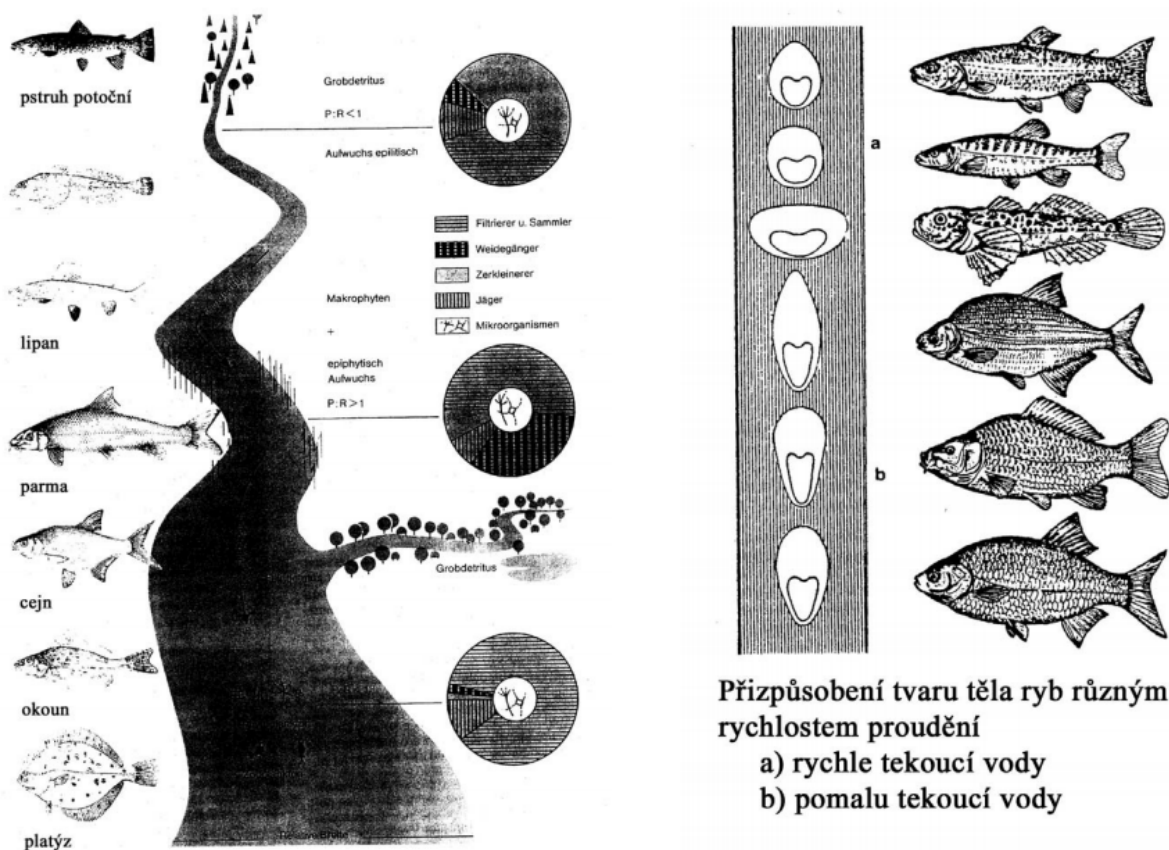
Obrázek 2.16: Pneumatický jezový uzávěr použitý na Jevišovce u Žerotic[5]

2.5.7 Rybí přechod

Rybí přechod je umělá stavba na vodním toku, která má za úkol zajistit rybám jejich přirozený pohyb při migraci. Přechody se staví jako součást jiných vodních děl na toku (jezy, malé vodní elektrárny, plavební komory), které by samy a sobě tok přehradily bez možnosti průchodu ryb. Hlavním důvodem výstavby přechodů je zachování života v řekách a jeho co možná největší diverzita.

Jako základní požadavek pro návrh přechodu je nutno znát skladbu rybí obsádky v konkrétní řece. Musíme také znát zákonitosti jejich migrací a nároky na průchodnost toku. Už v návrhu se přizpůsobuje hydrologickým podmínkám, které jednotlivé ryby potřebují (výška hladiny, rychlost proudění, sklon).

Aby ryba, která plave proti směru proudu toku a mohla zdolat překážku, kterou tvoří rozdíl hladin dolní a horní vody, je nutno nasměrovat ji k přechodu. K tomu se používá tzv. vábící proud vytékající z přechodu. Aby ho ryba postřehla a plula v něm co nejdříve, je potřeba, aby tento vodní proud od přechodu pronikal co nejdál do dolní vody. Hladina vody v přechodu musí celoročně být na určité minimální výšce, kterou ryby potřebují. Výstup z přechodu do horní vody nesmí být nijak blokován (např. česlemi, mřížemi), aby ryby nebyly dezorientovány a mohly pokračovat ve své cestě [5].

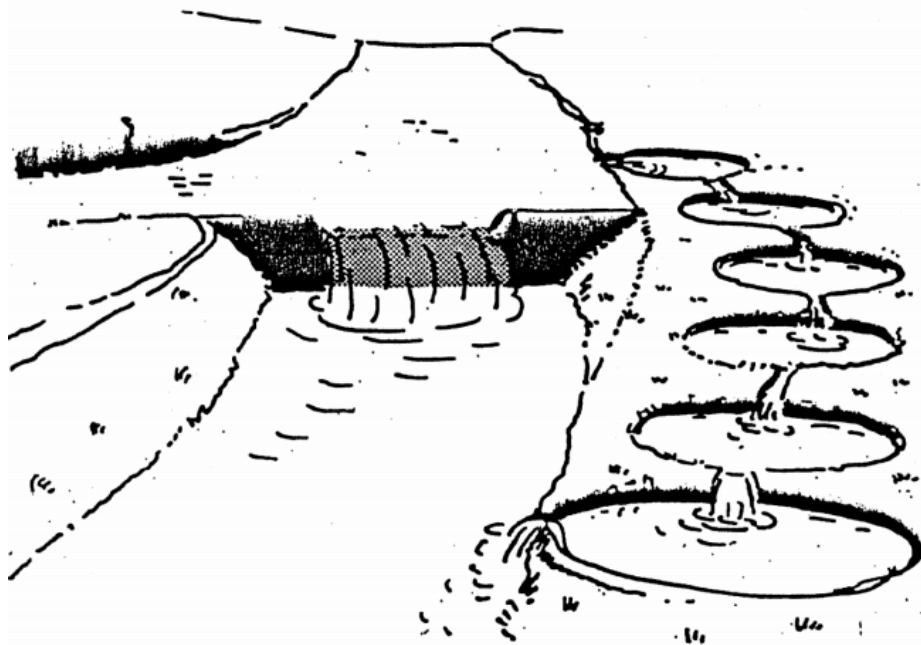


Obrázek 2.17: Rybí osádka [13]

Tůňový rybí přechod

Je přírodní RP tvořen soustavou jezírek a tůní, které umožňují pozvolný a klidný přechod mezi hladinami horní a dolní vody. Buduje se tak, kde je dostatek prostoru na osazení.

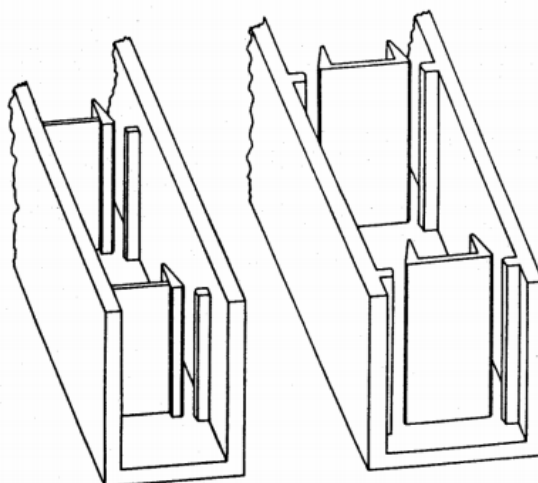
Drobnou nevýhodou je, že se ryby mohou v tůních usadit a přestat migrovat.



Obrázek 2.18: Tůňový rybí přechod [13]

Štěrbínový rybí přechod

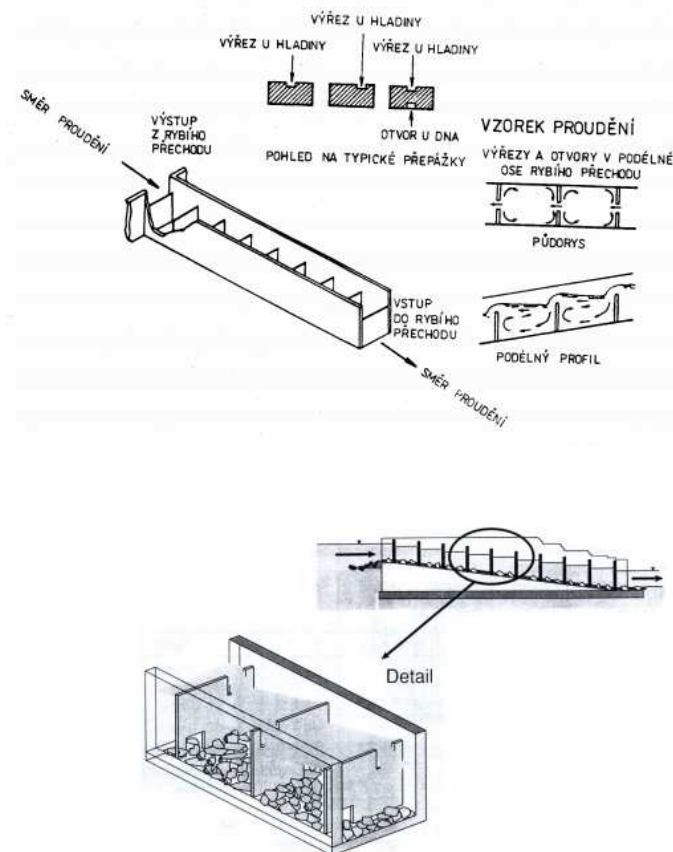
Patří mezi průmyslové rybí přechody zhotovené z betonu. Principem RP je soustava komor, které jsou spojeny svislou štěrbinou. Hodí se pro větší toky.



Obrázek 2.19: Štěrbínový rybí přechod [13]

Komůrkový rybí přechod

Další z průmyslových RP z betonu. Tentokrát místo svislé štěrbině je průtok vody zajištěn skrze otvory v úrovni hladiny. Tato konstrukce je určena pro toky s menším průtočným množstvím.



Obrázek 2.20: Komůrkový rybí přechod [13]

Kartáčový rybí přechod

Další z průmyslových RP, kde je zábrana tvořena pomocí lamelových kartáčů o výšce 0,6m. Tyto kartáče se mají chovat na principu vysoké vodní traviny. Kartáče mohou být osazeny do různých sestav.

Výhodou je fakt, že tento typ RP může sloužit ke splavování díky pružnosti kartáčů a následným přidáváním a ubíráním mohou být regulovány průtočná rychlost a průtočné množství.



Obrázek 2.21: Kartáčový rybí přechod [14]

Pro návrh RP jsem zvolil kartáčový rybí přechod. Důvodem je fakt, že těsně nad jezem se nachází loděnice, tudíž vznikne možnost splavování jezu. Dále byla při výběru klíčová možnost regulace proudění v RP.

3 VSTUPNÍ ÚDAJE K VÝPOČTŮM

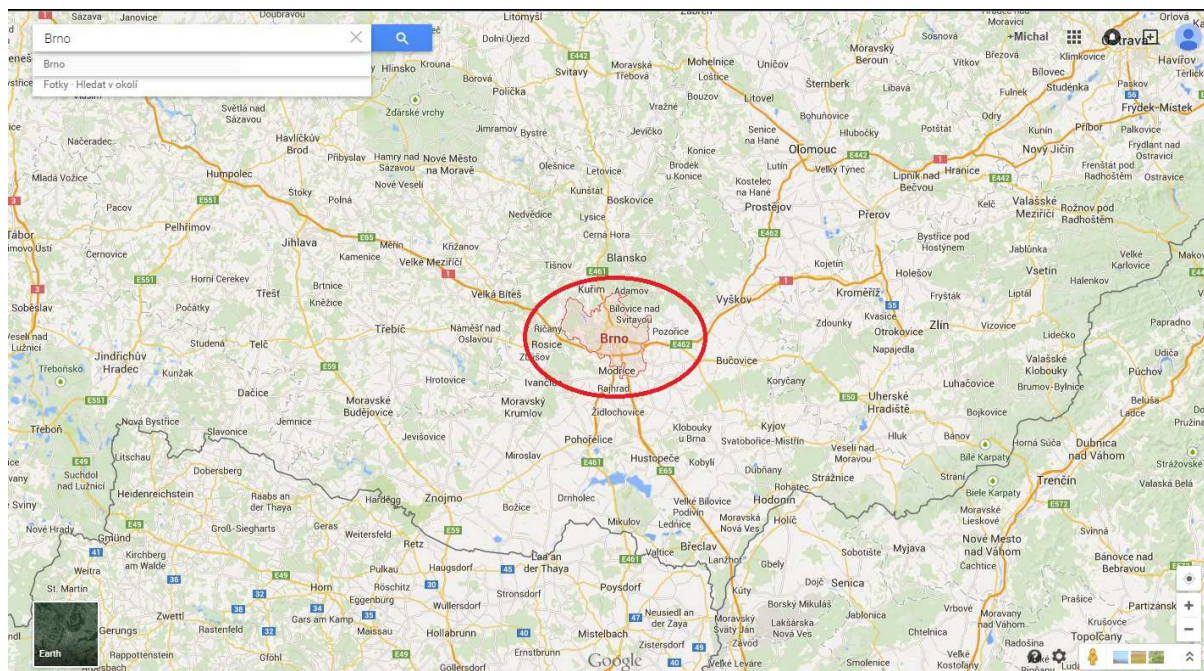
3.1 IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Údaje zájmového území:

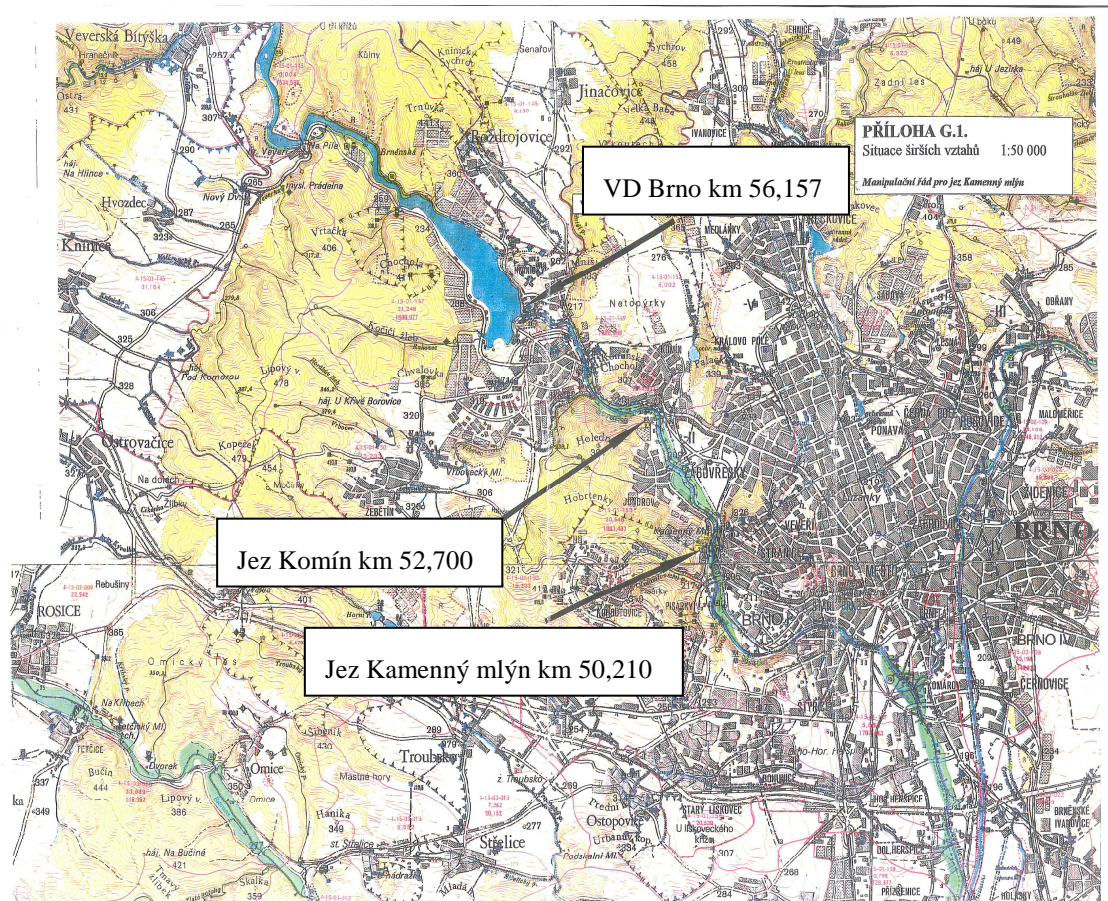
- Název toku: řeka Svratka
- Říční kilometr: 50,210
- Katastrální území: Brno – Pisárky
- Kraj: Jihomoravský
- Správce: povodí Moravy s. p.; Dřevařská 11, Brno, 601 75
- Číslo vodohospodářské mapy: 24-32 Brno

3.2 POPIS ZÁJMOVÉ LOKALITY

Zájmové území se nachází na území jihomoravského kraje v katastru města Brna a to v Městské části Brno – Pisárky. Přesněji v blízkosti úpravný vody Pisárky na řece Svratce, na říčním kilometru 50,210. Brno se nachází na jihovýchodě České republiky na soutoku řek Svratky a Svitavy. Poloha objektu je upřesněna na obrázku 22,23,24,25. Město se pohybuje v nadmořské výšce 190-425m n.m. a rozkládá se na území s katastrální výměrou 230,22 km² [5].



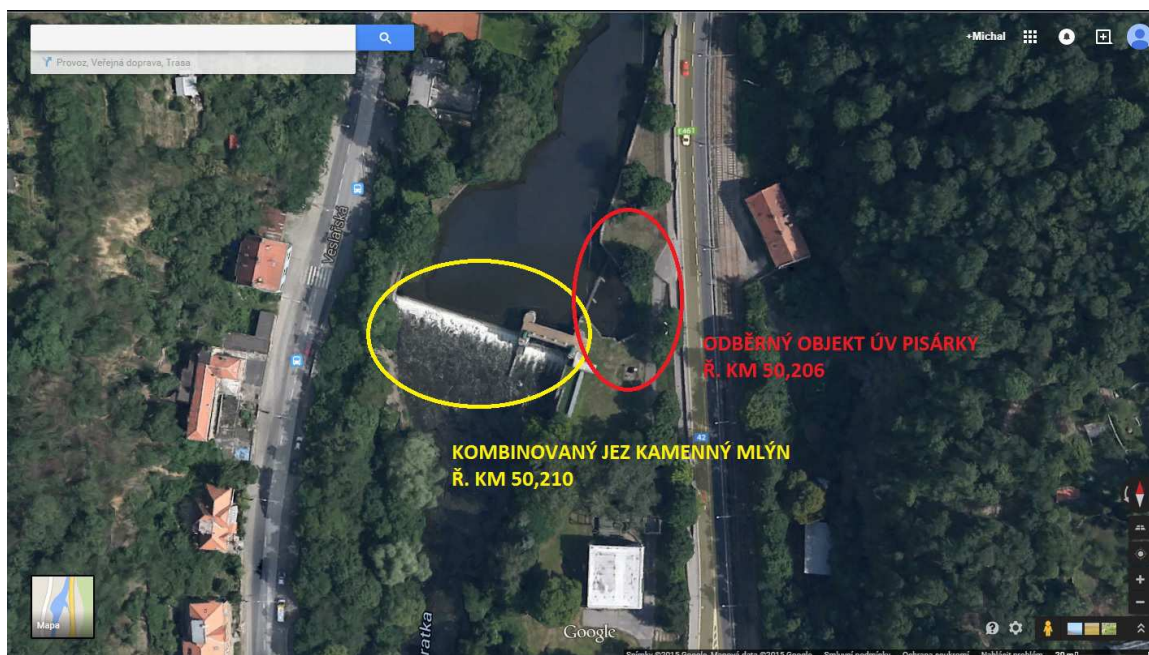
Obrázek 3.1: Brno [6]



Obrázek 3.2: Poloha jezu kamenný mlýn[1]



Obrázek 3.3: Situace jezu Kamenný mlýn [6]



Obrázek 3.4: Situace jezu kamenný mlýn [6]

3.3 POPIS STÁVAJÍCÍHO STAVU

3.3.1 Popis koryta nad a pod jezem

Zájmové území začíná v km 49,610 silničním mostem v Pisárkách a končí v km 52,700 jezem Komín.

Řeka Svatka je v sledované m úseku převážně upravený tok, i když v některých úsecích již koryto dostalo přirozený vzhled. Mezi vzdouvacími objekty, spádovými stupni a pevnými prahy je koryto převážně stabilizované [7], [8].

Pro výpočet stávajícího i navrhovaného stavu koryta byly použity průtoky $Q_{100}=280 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ a $Q_{100, \text{ neovliv.}}=395 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (průtok neovlivněn nádržemi v povodí). Bylo rozhodnuto, že se protipovodňová opatření na řece Svatce budou navrhovat na $Q_{100, \text{ neovliv.}}$. Důvodem je možnost opakování povodňových scénářů v ČR z let 1997, 2002 a 2006 [8].

Nadjezí mezi jezy Komín a Kamenný mlýn a přilehlé podjezí je upraveno a stabilizováno.

3.3.2 Popis a historie vodního díla

Úkolem jezu je stabilizace koryta toku Svatky a zajištění povolených odběrů povrchové vody na úpravnu vody Pisárky, která je v současné době mimo provoz, ale udržována jako záloha pro potřebu a v případě havárie. Zmíněná úpravna vody je nyní z důvodu poklesu potřeby vody mimo provoz, ale je stále udržována jako záložní objekt. Proto je nutné daný odběr zahrnout do výpočtů a návrhu. Maximální výkon ÚV je dán kapacitou rychlofiltru $0,67 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ s dlouhodobě dosažitelnou kapacitou $0,6 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

Výstavba a rekonstrukce jezu Kamenný mlýn

Jez Kamenný mlýn na řece Svratce byl vybudován v letech 1925 – 1926. V letech 1939 – 1941 byl vývar pod propustí v celé délce a šířce rozrušen katastrofálními velkými vodami. Střední pilíř byl podemlet a zdevastován byl i vývar pod pevnou částí jezu.

V roce 1982 – 1983 byla provedena oprava jezu. Byla osazena nová stavidlová tabule, provizorní hrazení a provedly se opravy vývaru pod pevnou i pohyblivou částí jezu.

V roce 1996 byla provedena generální oprava elektroinstalace jezu vč. rekonstrukce stavební části rozvodny [1].

3.3.3 Historický význam vodního díla

Při návrhu a volbě jezové konstrukce je důležitým aspektem také historický význam původního jezu, a zda patří mezi technické památky.

Pokud by jez Kamenný mlýn mezi technické památky patřil, byl by návrh především hradící konstrukce ovlivněn řadou omezení (vzhledem, velikostí,...).

Po průzkumu několika informačních stránek jsem zjistil, že jez Kamenný mlýn nepatří mezi technické památky, a tudíž není návrh vázán žádnými omezeními. [16], [17], [18].

3.4 HYDROLOGICKÉ POMĚRY

Řeka Svratka je největší přítok řeky Dyje a hlavní tok procházející městem Brnem. Spadá do kompetence povodí Moravy s.p., oblast povodí Dyje. Tok je dlouhý 173,9 km a plocha povodí činí 7112,79 km². Na vysočině mezi Cikhájí a Jimramovem tvoří řeka nebo její břehy části historické zemské hranice Čech a Moravy, i když na řadě míst se zde zemská hranice od říčního koryta drobně odchyluje [5], [9].

Svratka pramení na úbočí Křivého javoru ve Žďárských vrších, druhý významný pramen vzniká u hájovny Blatky (někdy značen jako Břimovka). Teče pak zhruba jihojihovýchodním směrem, skrze Hornosvrateckou vrchovinu, kde je na ní vybudována soustava přehrad Vír I a Vír II. Nad Tišnovem přijímá Loučku a u Veverské Bítýšky přetíná Boskovickou brázdou. Následuje Brněnská přehrada a kotlina města Brna. Zde Svratka mění směr na jižní a u Přízřenic přijímá svůj největší levý přítok Svitavu. Pokračuje napřímeným korytem rovinou Dyjsko-svrateckého úvalu a v Židlochovicích se do ní vlévá Litava. Těsně před deltovým vyústěním do střední nádrže vodního díla Nové Mlýny na Dyji se Svratka stéká s Jihlavou, která je technicky vzato jejím největším přítokem, ale často se bere za rovnocenný přítok Dyje [6].

Na řece Svratce se nachází hlásné profily[10]:

- Dalečín – říční kilometr 125,70
- VD Vír – říční kilometr 109,60
- Veverská Bítýška – říční kilometr 66,70
- Brno – Poříčí – říční kilometr 46,80
- Židlochovice – říční kilometr 28,40

Hlásné profily udávají naměřené N – leté průtoky hodnoty[10]:

Tabulka 2: Hodnoty N-letých průtoků VD Vír[10]

N-leté průtoky	Q ₁	Q ₅	Q ₁₀	Q ₅₀	Q ₁₀₀
m ³ ·s ⁻¹	31,5	50,5	60,6	83,7	94,8

Tabulka 3: Hodnoty N-letých průtoků Kamenný mlýn z roku 2007[1]

N-leté průtoky	Q ₁	Q ₅	Q ₁₀	Q ₅₀	Q ₁₀₀
m ³ ·s ⁻¹	59,5	123	155,5	240	281

Tabulka 4: Hodnoty N-Letých průtoků Brno – Poříčí[10]

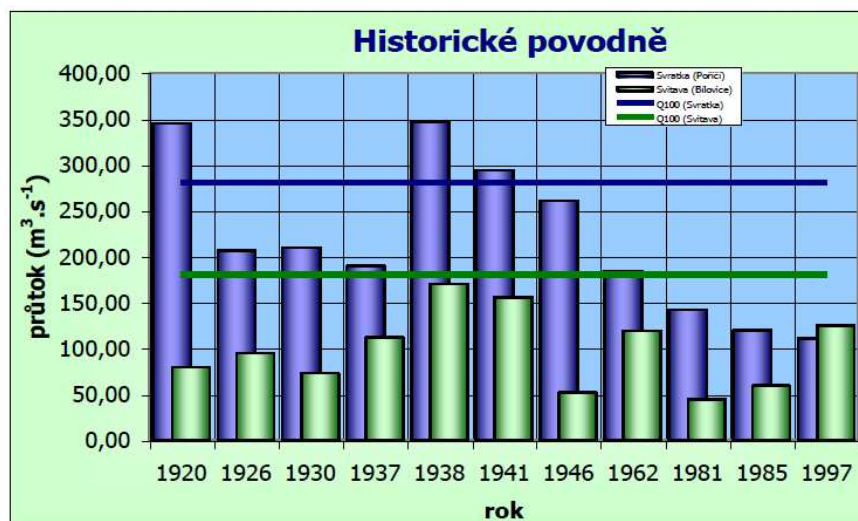
N-leté průtoky	Q ₁	Q ₅	Q ₁₀	Q ₅₀	Q ₁₀₀
m ³ ·s ⁻¹	51,1	110	142	235	283

Tabulka 5: Hodnoty N-letých průtoků Židlochovice[10]

N-leté průtoky	Q ₁	Q ₅	Q ₁₀	Q ₅₀	Q ₁₀₀
m ³ ·s ⁻¹	117	208	250	353	400

Hodnoty návrhových průtoků byly převzaty z manipulačního řádu jezu Kamenný mlýn Q₁₀₀ = 281 m³·s⁻¹. Hodnoty viz tabulka 2.

Z tabulek 2 a 3 je patrné, že v průběhu let mezi roky 2007 a 2014 došlo k mírnému poklesu N-letých průtoků. Z obrázku 27 je zřejmé, že se tato hodnota příliš neliší od hodnoty současné. Proto je možné ji použít.



Obrázek 3.5: Graf historických průtoků Q100 [7]

3.5 POPIS ROZSAHU ZÁPLAVOVÉHO ÚZEMÍ

Pro zjištění rozsahu zaplavovaných ploch v zájmové lokalitě byly využity podklady Generelu odvodnění města Brna a protipovodňová opatření jihomoravského kraje z roku 2007 [7], [8].

Koryto Svatky v okolí jezu je dostatečně kapacitní, aby převedlo návrhový průtok. Pravobřežní komunikace je dostatečně vysoko nad stoletým průtokem a rovněž levobřežní území s nádržemi pro úpravnu vody v Pisárkách je zvýšeno nad hladinu Q_{100} . [8]

- Pravý břeh má kapacitu cca $Q = 200 - 450 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (Q_{20} - Q_{1000})
- Levý břeh má kapacitu cca $Q = 250 - 400 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (Q_{100} - Q_{500})

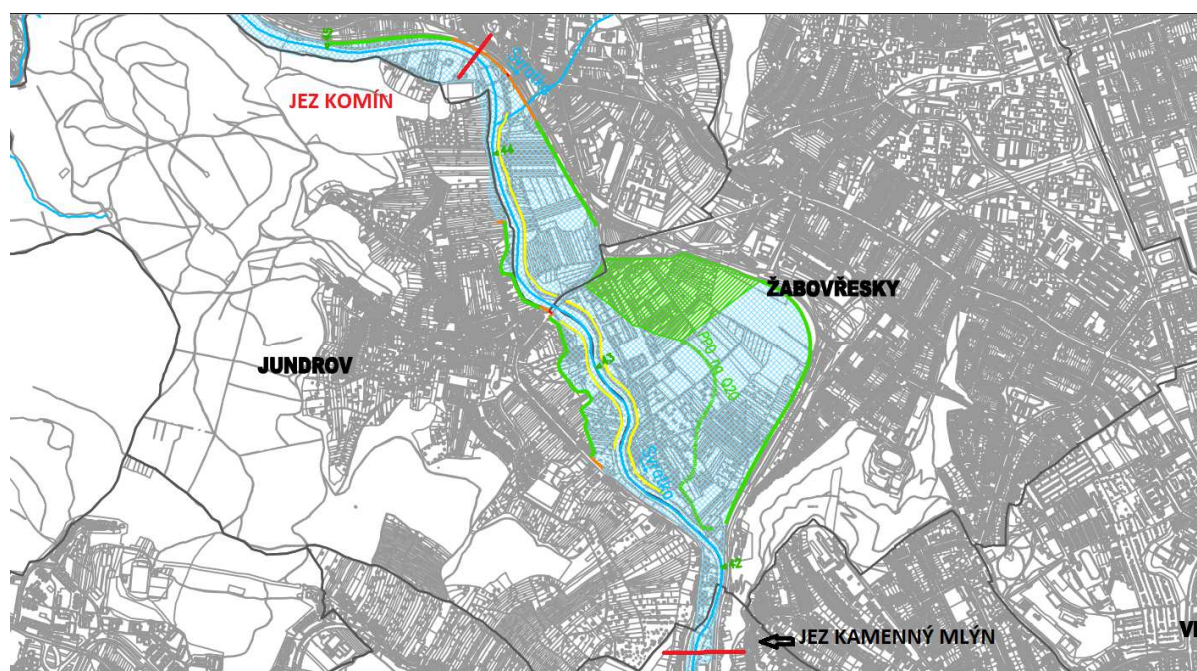
V úseku cca 200m nad pisáreckým silničním mostem bude do budoucna nutno více opevnit a stabilizovat stávající strmý pravobřežní svah Svatky pomocí kamenného záhozu při patě svahu a těžké kamenné dlažby nad běžnou hladinou.

Problémem je však mírně vzdálené území od silničního mostu Jundrov po jez Kamenný mlýn. Zde je do budoucna plánováno protipovodňové opatření.

Zde je koryto řeky široké cca 25-35m. Na obou březích je však břehová hrana snížena a při povodních se tyto pozemky zaplavují. Záplavová čára v inundačním území na levém břehu pravděpodobně zasahuje při stoleté vodě až ke náspu vzdalující se okružní Žabovřeské ulice, tedy až k Žabovřeskům. Do tohoto údolí voda vybřežuje pod zmíněným železobetonovým mostem v Jundrově na Veslařské ulici.

Dochází zde k zaplavení zahrádek a skleníků a polních pozemků s chatami.

- Pravý břeh má kapacitu cca $100 - 270 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (Q_2 - Q_{100})
- Levý břeh má kapacitu cca $Q = 115 - 200$ až $450 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (Q_5 - Q_{20} - Q_{1000})
- Průměrný terén na obou březích je v úrovni hladiny $Q = 150 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, tj. cca Q_{10} .



Obrázek 3.6: Mapa záplavových území [7]

3.6 GEOMORFOLOGIE

Brno je ze tří stran obehnáno kopci Brněnské vrchoviny a od jihozápadu pak začínají nížiny Dyjsko-svrateckého úvalu. Nadmořská výška města se pohybuje v rozmezí 190 – 425 m n.m.. V katastrálním území Brna se nacházejí vyvýšeniny jako Petrov, Kamenný vrch, Kraví hora Medlánské kopce, Mniší hora, Palackého vrch, Stránská skála, Žlutý kopec a Strom. Nejvyšším vrcholem je Kopeček, jehož vrchol leží ve výšce 479,41 m n.m.) [5], [9].

3.7 GEOLOGICKÉ POMĚRY

Zájmová oblast se nachází v místě s výskytem biotického granodioritu až tonalitu. Typem horniny v této oblasti je hlubinný magmatit (ružová oblast). Dále se zde vyskytují spraše a sprašové hlíny. (žlutá oblast).

Další informace o geologickém podloží:

- Okres: Brno – město
- Obec: Brno
- Katastr: Pisárky (610208)
- Název horniny: hlína, písek, štěrk
- Soustava: Český masiv – pokryvné útvary a postvariské magmatity
- Oblast: kvartér

**spraš a sprašová hlína [ID: 16]**

Eratém: kenozoikum, Útvar: kvartér, Oddělení: pleistocén, Suboddělení: pleistocén svrchní, Horniny: spraš, sprašová hlína, Typ hornin: sediment neuzpevněný, Mineralogické složení: křemen + příměsi + CaCO₃, Barva: okrová, Poznámka: místy klastická příměs, Soustava: Český masiv - pokryvné útvary a postvariské magmatity, Oblast: kvartér

biotický granodiorit až tonalit [ID: 1101]

Eratém: proterozoikum, Útvar: neoproterozoikum, Horniny: granodiorit, tonalit leukokrání, Typ hornin: magmatit hlubinný, Mineralogické složení: biotit, Poznámka: typ Jundrov, Soustava: Český masiv - krystalinikum a prevariské paleozoikum, Oblast: moravskoslezská oblast, Region: brunovistulikum, Jednotka: brněnský masiv

smíšený sediment [ID: 7]

Eratém: kenozoikum, Útvar: kvartér, Oddělení: holocén, Horniny: sediment smíšený, Typ hornin: sediment neuzpevněný, Zrůst: jemnozrná převážně, Poznámka: včetně výplavových kuželu, Soustava: Český masiv - pokryvné útvary a postvariské magmatity, Oblast: kvartér

písek, štěrk [ID: 28]

Eratém: kenozoikum, Útvar: kvartér, Oddělení: pleistocén, Suboddělení: pleistocén spodní, Poznámka: mladší štěrkopískový pokryv, Horniny: písek, štěrk, Typ hornin: sediment neuzpevněný, Mineralogické složení: pestré, Zrůst: písek, štěrk, Barva: šedohnědá až rezavá, Soustava: Český masiv - pokryvné útvary a postvariské magmatity, Oblast: kvartér
[\[Zobrazit tuto jednotku samostatně\]](#)

Obrázek 3.7: Geologické poměry Brno - Pisárky [11]

V blízkosti spodní stavby jezu byl proveden geologický vrt, ze kterého je patrné, že se v hloubce 2 m pod základovou spárou nachází skalní podloží. Mezi tímto skalním podložím a spodní stavbou se nachází směs kvartérního štěrkopísku viz. Příloha P.12

3.8 POPIS SMÍŠENÉHO JEZU.

Řešený smíšený jez se nachází na řece Svatce v km 50,210 a je ve vlastnictví povodí Moravy s. p.[1].

Jezové těleso je tvořeno pevnou betonovou částí s pohyblivou hradicí konstrukcí – stavidlem při levém břehu.

Pohyblivá část jezu je ohraničena dvěma pilíři, které jsou propojeny manipulační lávkou. Celá konstrukce je z monolitického betonu. Vstup na konstrukci po dvouramenném schodišti přes plošinu na levém pilíři. Pod touto plošinou se nachází strojovna, odkud se ovládá jezová tabule. Přístup k jezu je branou v oplocení vodárenského objektu z ulice Žabovřeské [1].

3.8.1 Pevná část jezu

Pevná část jezu je z monolitického betonu s obkladem zdí přelivů a nábřežních zdí z lomového kamene. Pevná část jezu je Helmovského typu a je oddělena od pohyblivé části pilířem šířky 2m [1].

3.8.2 Pohyblivá část jezu

Pohyblivá část jezu je tvořena ocelovou hradicí tabulí typu Stoney. Je svařena z krycího plechu a soustavy nosníků. Je opatřena čtyřmi pojezdnyými koly průměru 315mm. Šířka hrazeného pole je 12,00 m a výška 2,50 m. Celkové rozměry tabule jsou 12,70 x 3,45 m.

Na tabuli je navařena těsnicí lišta z nerez oceli, na kterou dosedá těsnicí pryž. Tabule je opatřena bočními štíty, které usměřují tok vody a zabraňují průtoku vody přes drážku pro vedení tabule.

Tabule je zavěšena na nerezovém táhlu a dále na Gallových řetězech, které jsou uchyceny čepem z nerez oceli v bocích tabule [1].

3.8.3 Strojovna ovládání hradicí tabule

Strojovna ovládání hradicí tabule se nachází pod plošinou a horním prahem vstupního schodiště.

Zde je umístěno:

- elektrický rozvaděč RM 1, na jehož dvířkách je umístěn hlavní vypínač ovládání tabule (SP 2) pro ovládání k ohřevu bočních štítů a prahu,
- elektrické temperování vnitřní teploty,
- ovládání venkovního osvětlení jezu,
- oživení venkovní elektrické zásuvky[1].

3.8.4 Ovládací mechanismus hradící konstrukce

Stavidlová tabule je ovládána oboustranným zvedacím mechanismem o zdvihací síle 2 x 100 kN. Zdvihací rychlost je 0,26 m/min, velikost elektrického servomotoru je MO 50/63-40 ot/min, elektromotor APB 100 L – 6.

Zdvihací mechanismus sestává ze svařovaného rámu, šnekové převodovky, páru čelních kol a hlavního hřídele. Pohon mechanismů je od elektrického servomotoru přes spojku na vstupní hřídel šnekové převodovky, pár čelních kol na hlavní hřídel, který je zakončen pastorkem. Elektrický servomotor je ovládán brzdovým motorem.

Krajní polohy tabule jsou zajištěny koncovými vypínači, které jsou umístěny na ukazateli otevření, a spínačem S 63 V – 06 v hlavním proudovém okruhu. Náhon spínače je proveden válečkovými řetězy od hřídele převodovky.

Stavidlová tabule je zavěšena na Gallových řetězech. Volný konec řetězu se ukládá ve skluzavce [1].

Ovládání je vyvedeno do venkovního prostoru, aby bylo při manipulaci na tabuli vidět. Ve strojním zařízení je umístěna plastová skříň, do které je přiveden ovládací kabel ukončený v krabici. Z této krabice je vyvedena dostatečně dlouhá elektrická šňůra, která je ukončená ovládacím trojtlačítkem. Plastová skříň je opatřena zámkem a v době mimo provoz se do ní elektrická šňůra ukládá.

Vlastní ovládání je umožněno až po zapnutí vypínače SP 2, který je umístěn na dveřích rozvaděče RM 1. Kulisa pohonu je opatřena třemi koncovými vypínači nastavenými na horní, střední a spodní polohu tabule.

Ovládání je provedeno tak, že z libovolné polohy tabule je nutné opětovné zapnutí příslušným tlačítkem. Vypínacím tlačítkem je možné zastavení tabule v libovolné poloze [1].

V případě potřeby je možné manipulovat se stavidly ručně. Otáčením klikou, která je umístěna na boku mechanismu, se vypojí pohon elektromotorem a zapojí se ovládání ručního pohonu na jezu (ne ve strojovně). V případě zapojení elektrického proudu se ruční pohon samočinně vypojí. Odstavení od sítě je možno provést na ovládací skříni ve strojovně hlavním vypínačem [1].

Tvar a výškové kóty jsou patrné z přílohy P.13.

3.8.5 Rozměry konstrukcí jezu

Rozměry konstrukcí jsou následující:

- Pevná část jezu:
 - Výška 5,29 m
 - Délka přelivné hrany 36 m
 - Šířka koruny 3 m
 - Koruna jezu je zešíkmená
 - Výška přelivné hrany 205,69 m n.m.
 - Výška návodní hrany koruny 205,09 m n.m.
 - Výškový rozdíl ve dně koryta 0,5 m

- Výška dna na návodní straně 201,60 m n.m.
 - Výška dna na vzdušné straně 201,10 m n.m.
 - Délka vývaru 9,6 m
 - Těleso hráze je opatřeno štětovou stěnou
- Pohyblivá část jezu:
 - Výška pevné stavby pod tabulí 3,97 m
 - Šířka pevné stavby pod tabulí 9,5 m
 - Výška dosedacího prahu tabule 203,19 m n.m.
 - Délka vývaru 12,3 m
 - Konec vývaru stupňovitý, výšky stupňů 0,5 m
 - Výška tabule 2,5 m
 - Výška přelivné hrany 205,69 m n.m.
- Maximální neškodná hladina 206,50 m n.m.
- Kapacita pevné části jezu s provizorním hrazením 70 m³·s⁻¹
 - Výška hladiny 206,70 m n.m.
- Kapacita pevné části s tabulí plně zahrazenou 282 m³·s⁻¹
 - Výška hladiny 207,90 m n.m.
- Kapacita pevné části a tabulí spuštěnou o 100 cm 281 m³·s⁻¹
 - Výška hladiny 207,60 m n.m.
- Kapacita s plně vyhrazenou tabulí (max. provozní hladina) 270 m³·s⁻¹
 - Výška hladiny 206,50 m n.m.
 - Kóta hladiny při Q₁₀₀ cca 207,17 m n.m.



Obrázek 3.8: Současný stav smíšeného jezu Kamenný mlýn (viz P.14)

3.9 DALŠÍ VYUŽITÍ

V zájmové lokalitě byla vzdutá hladina vody využívána pro odběr surové vody na ÚV Pisárky, ale z důvodu snížení množství potřeby vody obyvatelstva Brna je již dlouhou dobu mimo provoz a udržována pouze jako záloha v případě havárie nebo poruchy. Nicméně je i na konstrukci patrné, že nebyla v provozu delší dobu viz obr.3.9.

Proto je s přihlédnutím k výšce hladiny stálého vzduť a tím vzniklého spádu spolu s poměrně vysokými průtoky nasnadě využití energetického potenciálu vody a vybudování malé vodní elektrárny (dále MVE).

Nátokový objekt na ÚV by mohl být opraven a využit pro MVE s tím, že by musel být posouzen z hydraulického hlediska.



Obrázek 3.9: poškozený nátokový objekt na ÚV Pisárky (viz. P.14)

3.10 NÁVRH KONSTRUKCE

3.10.1 Volba hradící konstrukce

Pro zájmovou lokalitu se dle mého názoru nejlépe hodí Klapkový a vakový uzávěr. Při volbě mezi těmito konstrukcemi bylo přihlédnuto k výčtu jejich výhod a nevýhod. Níže je uvedeno porovnání těchto uzávěrů

Klapkový uzávěr

Výhody:

- Přepadový paprsek méně zatěžuje vývar a podjezí
- Je možné propouštět i plovoucí předměty unášené tokem

- Jsou odolnější proti poškození při převodu hrubých splavenin (kamení, šterk) během proplachování nadjezí
- Přenos vodního plaku i vodní tíhy do pevné spodní stavby rovnoměrně po celé délce
- Je to poměrně lehká konstrukce

Nevýhody:

- Vhodné pro menší hradící výšky
- Možné zanesení a znemožnění ovládní konstrukce
- Náchylnost na rozkmitání
- Zavzdušnění prostoru pod klapkou

Vakový uzávěr

Výhody:

- Nižší pořizovací a provozní náklady
- Úspory oceli
- Jednoduchá údržba a obsluha
- Možnost plné automatizace provozu

Nevýhody:

- Kratší doba životnosti vaku
- Možnost protržení vaku unášenými předměty a vandaly
- Náchylný zimní režim (ledochod), nutnost získání zkušeností z provozu v zimě

Jako uzávěr pro návrh pohyblivého jezu byla zvolena klapka. Volba byla provedena z důvodu výše uvedených výhod a s přihlédnutím k tomu, že se objekt nachází blízko rušné komunikace a je poměrně lehce přístupný vandalům. Ovládní bylo zvoleno pomocí hydraulických pístů.

3.10.2 Volba rybího přechodu

Pro návrh rybího přechodu byl zvolen rybí přechod kartáčový.

Tato konstrukce je vhodná pro cejnové pásmo, které se nachází v rybářském revíru této lokality [15]. Dále je možné využití pro splavení malých plavidel typu kánoí a kajaků a v neposlední řadě je nasnadě jednoduchá oprava a výměna kartáčů. Dále je v případě nevyhovujících průtokových podmínek možno regulovat průtok přidáváním nebo ubíráním kartáčů.

4 HYDROTECHNICKÉ VÝPOČTY

4.1 HYDROLOGICKÁ DATA

Ve výpočtu byly použity návrhové průtoky popsané v kapitole 3.4. Další průtokové poměry byly opět převzaty z manipulačního řádu jezu Kamenný mlýn a jsou uvedeny v tabulkách 6 a 7 [1]:

Tabulka 6: Hodnoty N-letých průtoků Kamenný mlýn z roku 2007[1]

m-denní průtoky	Q ₃₀	Q ₉₀	Q ₁₈₀	Q ₂₇₀	Q ₃₅₅	Q ₃₆₄
m ³ ·s ⁻¹	18,1	8,55	4,46	2,85	1,26	0,82

Tabulka 7: Hodnoty N-letých průtoků Kamenný mlýn z roku 2007[1]

N-leté průtoky	Q ₁	Q ₂	Q ₅	Q ₁₀	Q ₂₀	Q ₅₀	Q ₁₀₀
m ³ ·s ⁻¹	59,5	84,5	123	155,5	190	240	281

V nadjezí se nachází nátok na ÚV Pisárky popsaný v kapitole 3.3.2. V tuto chvíli není v provozu, tudíž není znám přesné odběrné množství a proto, že se jedná o malý odběr vzhledem k průtoku nebude s tímto odběrem uvažováno.

Protože se daná lokalita nachází v zastavěné oblasti, byl zvolen návrhový průtok $Q_N = Q_{100} = 281 \text{ m}^3/\text{s}$.

4.2 HLADINA STÁLÉHU VZDUTÍ

Úroveň hladiny stálého vzduť byla převzata z projektu původního jezu Kamenný mlýn, která byla nastavena kvůli odběru na ÚV Pisárky.

Převzatá úroveň hladiny stálého vzduť $H_{sv} = 205,96 \text{ m n.m.}$

Povolená odchylka hladiny stálého vzduť je $\pm 10 \text{ cm}$. V nouzových případech lze hladinu snížit až na úroveň přeřadové hrany spodní stavby s výškovou kótou 202,90 m n.m.

4.3 NÁVRH SPODNÍ STAVBY

Pro návrh spodní stavby jezu byl zvolen Jamborův práh kvůli jeho dobrým hydraulickým vlastnostem. Dále netvoří překážku při průchodu splavenin a umožňuje jednoduché provedení spodní stavby.

Jednotlivé konstrukční rozměry a výpočtové parametry jsou uvedeny na obr.4.1.

Návrhové parametry:

- $p = 1,3$ m Návrhová výška prahu nad horním dnem
- $h = 4,8$ m Přepadová výška nad korunou při Q_N

Ověření návrhu výšky prahu:

$$p/h = 0,15-0,25$$

$$p/h = 0,248$$

Návrh výšky 1,3m Jamborova prahu vyhovuje

Stanovení hodnoty součinitele přepadu:

Dle J. Skaličky [19]:

$$m = 0,36273 + 0,05616 \frac{h}{p} - 0,009213 \left(\frac{h}{p}\right)^2 \quad (4.4.1)$$

Lze použít v rozmezí

$$0,5 < h/p < 2,8$$

$$0,5 < 3,77 < 2,8 \Rightarrow \text{Nevyhovuje}$$

Dle Laca [19]:

$$m = \frac{2}{3} \left(\frac{0,61}{\left(\frac{p}{h}\right)^{0,09}} \right)$$

Lze použít v rozmezí

$$0,08 < h/p < 0,6$$

$$0,08 < 0,248 < 0,6 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$m = 0,448$$

Stanovení dle Skaličky nevyhovuje. Pro návrh byla použita hodnota součinitele přepadu dle Laca. Nejvyšší hodnota součinitele přepadu je stanovena 0,448.

4.5 VÝPOČET POTŘEBNÉ ŠÍŘKY PŘELIVU PRO Q_N

Pomocí výpočtu byla zjištěna potřebná minimální šířka přelivu pro Q_N .

Návrhové parametry:

- $p = 1,3$ m Návrhová výška prahu nad horním dnem
- $h = 4,8$ m Přepadová výška nad korunou prahu při Q_N
- $Q_N = 281$ m³/s Návrhový průtok
- $m = 0,448$ Součinitel přepadu

$$b = \frac{Q_N}{m \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot h^{3/2}} \quad (4.4.2)$$

$$b = 12,03$$
 m

Potřebná minimální šířka přelivu

Při návrh je nutné vzít v potaz fakt, že se snažíme co nejvíce zachovat rozměry původního pevného jezu. Proto byla ve výpočtu použita šířka přelivné hrany 25 m viz. kapitola 4.6.

4.6 NÁVRH HRADÍCÍ KONSTRUKCE A OVĚŘENÍ KAPACITY

Pro návrh se vycházelo z výšky stavby nad horním dnem a úrovně hladiny stálého vzduť. Celková šířka konstrukce B_C byla odůvodněna v návrhu šířky přelivu v předchozí kapitole. Šířka byla zvolena tak, aby kapacitní průtok přes přeliv byl větší než návrhový průtok.

• $H_{SV} = 205,69$ m n.m.	Kóta hladiny stálého vzduť
• $202,90$ m n.m.	Kóta koruny pevného prahu
• $M = 0,448$	Součinitel přepadu
• $\alpha = 1,05$	Coriolisovo číslo
• $h = 3,5$ m	Hloubka vody nad korunou prahu při Q_N
• $h_z = 3,1$ m	Výška dolní vody nad korunou přelivu
• $h_k = 2,8$ m	Výška hradící konstrukce (klapky)
• 2 jezová pole	
• $\xi_u = 12,5$ m	Šířka jednoho pole hradící konstrukce
• $d = 2,00$ m	Šířka dělicího pilíře
• $B_C = 27,0$ m	Celková šířka konstrukce
• $n = 2$	Počet kontrakcí
• $\varepsilon_p = 0,045$	Součinitel pilířů [16]
• $\varepsilon_k = 0,06$	Součinitel zavazovacích křídel [16]

$$v_0 = \frac{Q_N}{B_C * h_h} = 0,02 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \quad (4.6.1)$$

$$k = \frac{\alpha * v_0^2}{2g} = 0,00001 \text{ m} \quad (4.6.2)$$

$$h_0 = h + k = 3,50 \text{ m} \quad (4.6.3)$$

$$b_0 = (2 * \xi_u) - ((n * \varepsilon_k + 2 * \varepsilon_p) * h_0) = 24,26 \text{ m} \quad (4.6.4)$$

$$\frac{h_z}{h_0} = 0,860 \Rightarrow \sigma = 0,92$$

$$Q_{kap} = \sigma * m * b_0 * \sqrt{2g} * h_0^{\frac{3}{2}} = 290,104 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \quad (4.6.5)$$

$$\begin{aligned} Q_{kap} &> Q_N \\ 290,104 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} &> 281 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \Rightarrow \text{Vyhovuje} \end{aligned}$$

Návrh počtu a šířka přelivných polí vyhovuje. Kapacitní průtok byl navržen vyšší než návrhový. Měrná křivka přelivu bude vypočteno pro 2 pole o šířce 12,5m. Avšak pro zachování původních rozměrů jezu, bude u návrhu měrných křivek s manipulací uvažováno se 3 poli. Třetí pole bude sloužit výhradně k proplachovací a při průtocích blízkým návrhovému jako regulační.

4.7 MĚRNÁ KŘIVKA PŘELIVU

Výpočet měrné křivky přelivu byl proveden pro návrhový průtok, kdy se postupně zvyšovala výška přepadového paprsku až po výšku odpovídající Q_N . V níže uvedené tabulce jsou vyňaty pouze základní proměnná a výsledek, Celý postup návrhu je uveden v příloze 2. Měrné křivky byly znázorněny v grafu viz obr. 4.2.

Použité vzorce:

$$Q = m * 2\check{s}_u * \sqrt{2g} * h^{3/2}$$

$$Q_2 = \sigma * m * b_0 * \sqrt{2g} * h_0^{3/2}$$

$$b_0 = (2 * \check{s}_u) - ((n * \varepsilon_k + 2 * \varepsilon_p) * h_0)$$

$$A = (2\check{s}_u + d) * (h + p)$$

$$h_0 = h + k$$

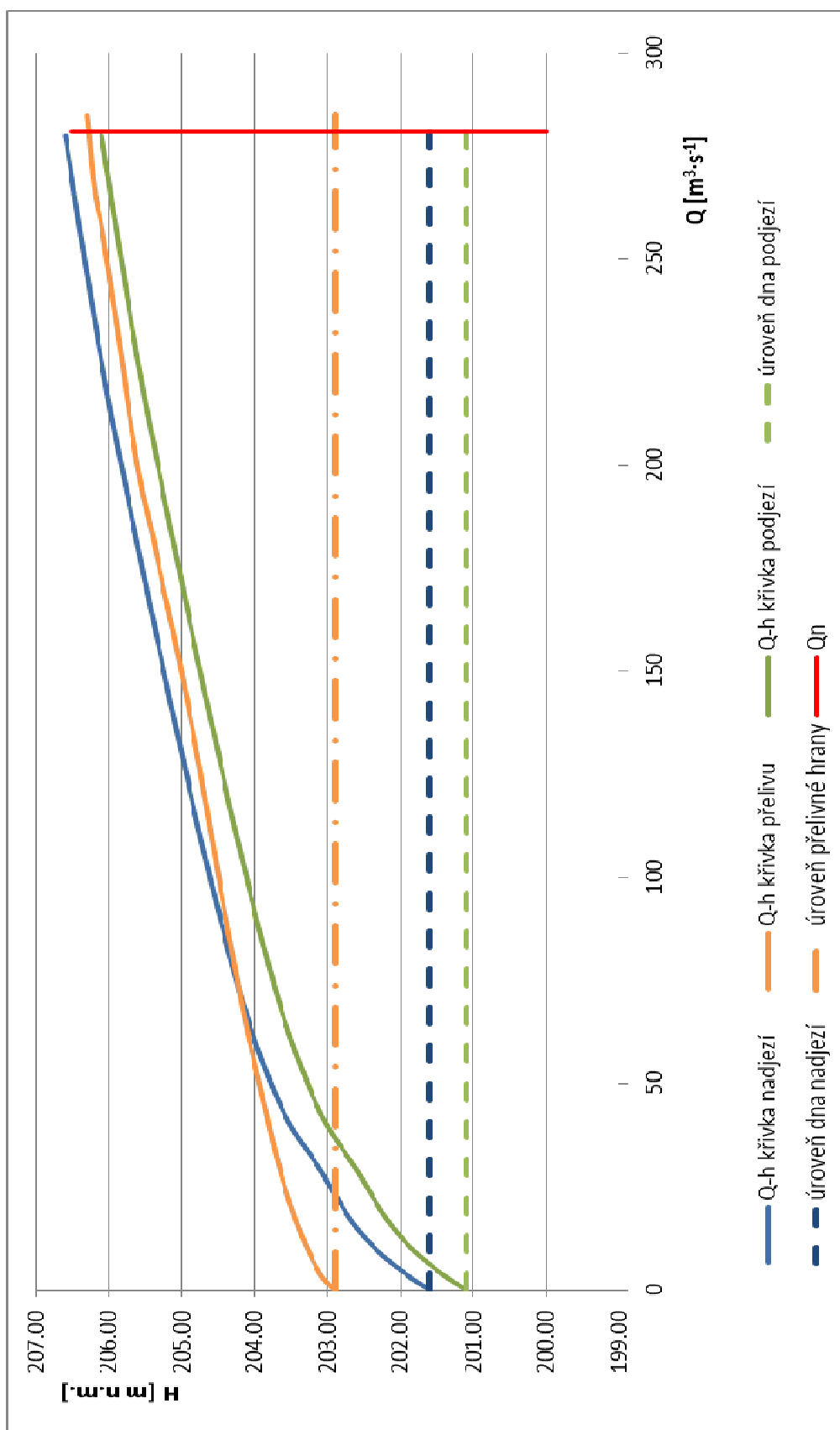
$$h_z = h_d - S$$

$$k = \frac{\alpha * v_o^2}{2g}$$

$$m = \frac{2}{3} \left(\frac{0,61}{\left(\frac{p}{h}\right)^{0,09}} \right)$$

Tabulka 8: Výpočet měrné křivky přepadu

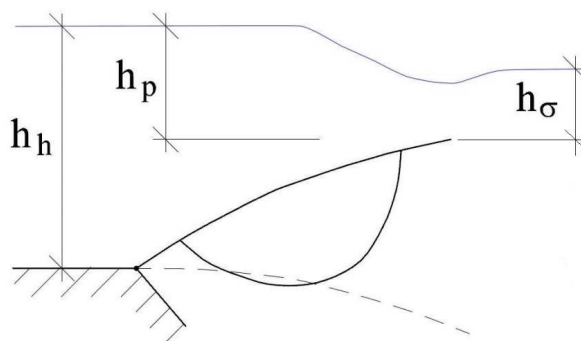
h	Q ₁	Q ₂	Q ₂ -Q ₁
[m]	[m ³ ·s ⁻¹]	[m ³ ·s ⁻¹]	[m ³ ·s ⁻¹]
0	0.000	0	0.000
0.2	3.676	3.684	0.008
0.4	10.718	10.721	0.002
0.6	20.266	20.283	0.017
0.8	32.094	32.158	0.064
1	47.530	47.530	0.000
1.2	62.497	62.543	0.046
1.4	80.966	80.982	0.016
1.6	100.274	100.304	0.030
1.8	121.036	121.086	0.050
2	141.279	141.298	0.018
2.2	162.138	161.954	-0.184
2.4	172.344	172.433	0.089
2.6	182.649	198.521	0.738
2.8	201.977	213.520	0.495
3	258.338	258.531	0.193
3.2	252.703	253.664	0.961
3.4	266.966	266.879	-0.087
3.5	285.017	284.274	-0.742



Obrázek 4.2: graf měrné křivky přelivu

4.8 MĚRNÉ KŘIVKA PŘI MANIPULACI S UZÁVĚRY

Před zahájením manipulace bylo uvažováno s nastoupáním hladiny stálého vzduťi o 0,2m (205,90 m n.m.) k hladině uvažované při zahrazení klapkového uzávěru (205,70 m n.m.). Zásadním krokem bylo určení součinitele přepadu m dle Čiháka, který závisí na poloze sklopené klapky a na geometrickém tvaru hradící plochy. Vzhledem k poloze sklopení klapky a výšce přepadového paprsku se mění typ přepadu od ostrohranného po přepad přes širokou korunu, kde je klapka úplně vyhrazena. Při určení přepadového součinitele bylo využito hodnot z tabulky 9, kde se vychází z jednotlivých poměrů výšek vztažených k hladině Q_N (viz obr.4.3). Navržené hodnoty při výškách sklopení jsou uvedeny v tabulce 10, 11, 12. Byly zvoleny 3 návrhové manipulační stavy. Z těchto stavů jsou níže uvedeny pouze výsledky při změně výšky. Podrobný výpočet je opět uveden v příloze 2.



Obrázek 4.3: Schéma pro určení součinitele přepadu [19]

Tabulka 9: Orientační hodnoty součinitele přepadu m [19]

Hodnoty přepad. součinitele m_σ				
h_p/h_h	Poměr h_σ/h_h			
	0,0	0,1	0,5	0,7
0,10	0,479	0,479	0,487	0,487
0,20	0,456	0,456	0,461	0,465
0,30	0,435	0,435	0,438	0,441
0,40	0,416	0,416	0,418	0,421
0,50	0,399	0,399	0,398	0,396
0,60	0,384	0,384	0,373	0,368
0,70	0,372	0,372	0,355	0,348
0,80	0,368	0,368	0,351	0,343
0,90	0,378	0,378	0,370	0,363
1,00	0,443	0,443	0,413	0,409

Tabulka 10: Výpočet manipulace - synchronní pohyb 3 uzávěrů

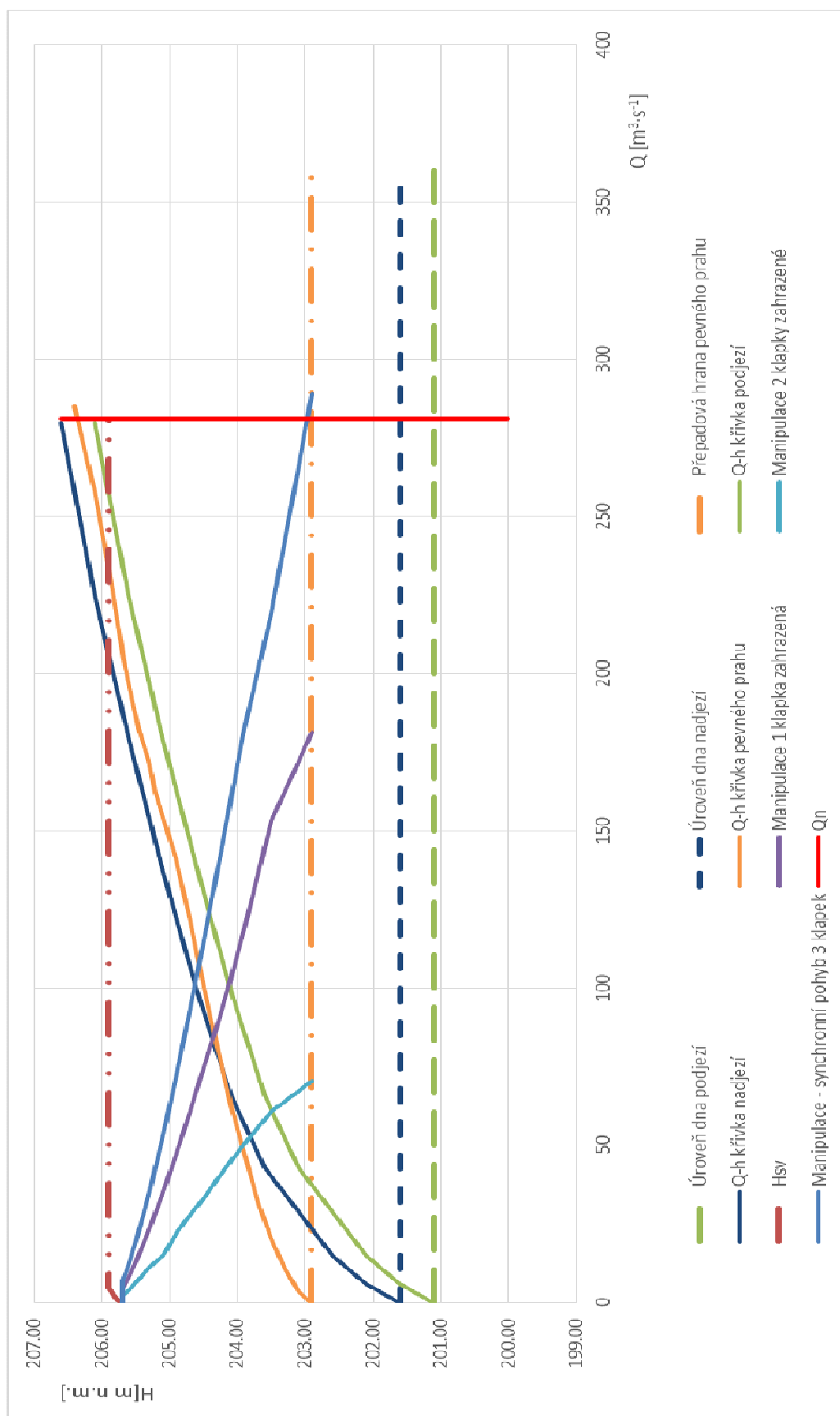
Synchronní pohyb 3 uzávěrů							
poloha	hp	Q ₁	h _o /h _h	h _p /h _h	m _σ	Q ₂	Q ₂ -Q ₁
	[m]	[m ³ ·s ⁻¹]					
0	0	0.000	-0.44	0.00	0	0.000	0.000
0	0.1	2.507	-0.40	0.02	0.479	2.507	0.000
0	0.2	7.116	-0.33	0.05	0.479	7.070	-0.047
1	0.3	12.952	-0.23	0.07	0.479	12.952	0.000
2	0.4	19.894	-0.12	0.09	0.479	19.892	-0.001
3	0.6	35.713	-0.02	0.14	0.47	35.713	0.000
4	0.8	53.407	0.09	0.19	0.458	53.406	0.000
5	1	72.998	0.19	0.24	0.449	72.996	-0.002
6	1.2	93.868	0.26	0.28	0.44	93.865	-0.004
7	1.4	115.433	0.33	0.33	0.43	115.425	-0.008
8	1.6	137.590	0.40	0.38	0.42	137.574	-0.016
9	1.8	160.101	0.47	0.43	0.41	160.069	-0.032
10	2	182.745	0.51	0.48	0.4	182.686	-0.059
11	2.4	219.611	0.63	0.58	0.368	219.361	-0.251
12	2.99	289.031	0.72	0.74	0.35	288.939	-0.092

Tabulka 11: Výpočet manipulace - 1 klapka zahrazená

Manipulace - 1 klapka zahrazená							
poloha	hp	Q ₁	h _o /h _h	h _p /h _h	m _σ	Q ₂	Q ₂ -Q ₁
	[m]	[m ³ ·s ⁻¹]					
0	0	0.000	-0.44	0.00	0	0.000	0.000
0	0.1	1.677	-0.40	0.02	0.479	1.669	-0.008
0	0.2	4.744	-0.35	0.05	0.479	4.699	-0.045
1	0.3	8.596	-0.30	0.07	0.479	8.595	0.000
2	0.4	13.183	-0.23	0.09	0.479	13.181	-0.001
3	0.6	23.800	-0.06	0.11	0.474	23.792	-0.008
4	0.8	35.338	-0.05	0.19	0.46	35.314	-0.024
5	1	47.834	0.07	0.24	0.448	47.776	-0.058
6	1.2	61.203	0.12	0.28	0.439	61.199	-0.004
7	1.4	74.955	0.19	0.33	0.429	74.954	-0.001
8	1.6	88.278	0.23	0.38	0.416	88.278	0.000
9	1.8	103.311	0.28	0.43	0.41	103.311	0.000
10	2	118.971	0.33	0.48	0.405	118.971	0.000
11	2.4	153.270	0.40	0.58	0.4	153.270	0.000
12	2.99	181.470	0.58	0.73	0.351	181.469	0.000
	3.7	262.258	0.55	0.82	0.37	262.256	-0.002

Tabulka 12: Výpočet manipulace - 2 klapky zahrazené

Manipulace - 2 klapky zahrazené							
poloha	hp	Q ₁	h _o /h _n	h _p /h _n	m _σ	Q ₂	Q ₂ -Q ₁
	[m]	[m ³ ·s ⁻¹]			[-]	[m ³ ·s ⁻¹]	[m ³ ·s ⁻¹]
0	0	0.000	-0.44	0.00	0	0.000	0.000
0	0.1	0.830	-0.42	0.02	0.479	0.830	0.000
0	0.2	2.325	-0.37	0.05	0.479	2.324	-0.001
1	0.3	4.230	-0.33	0.07	0.479	4.225	-0.006
2	0.4	6.452	-0.31	0.09	0.479	6.437	-0.015
3	0.6	11.362	-0.27	0.14	0.47	11.362	0.000
4	0.8	15.149	-0.23	0.19	0.416	15.149	-0.001
5	1	22.419	-0.19	0.23	0.45	22.417	-0.002
6	1.2	28.113	-0.15	0.28	0.439	28.112	-0.002
7	1.4	33.360	-0.12	0.33	0.423	33.355	-0.005
8	1.6	39.344	-0.09	0.37	0.418	39.335	-0.009
9	1.8	44.896	-0.07	0.42	0.41	44.934	0.038
10	2	50.599	-0.05	0.47	0.404	50.580	-0.019
11	2.4	60.891	-0.01	0.56	0.39	60.909	0.018
12	2.99	70.439	0.09	0.70	0.353	70.437	-0.002
	3.7	92.392	0.09	0.78	0.368	92.320	-0.073



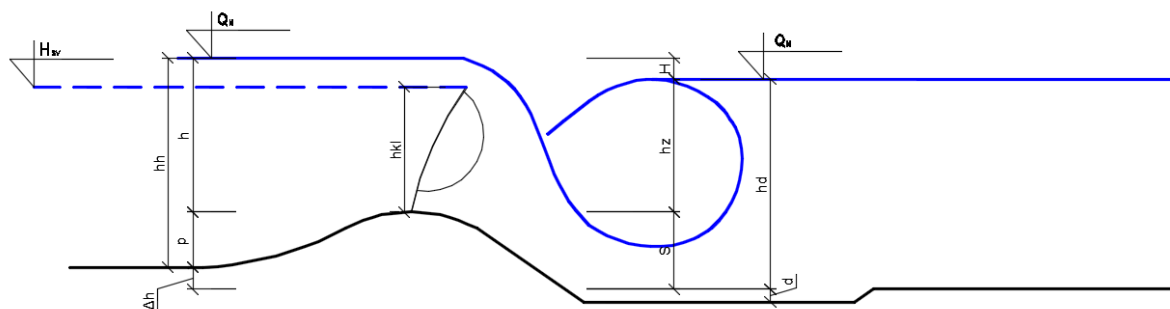
Obrázek 4.4: Graf měrné křivky při manipulaci s uzávěry

4.9 NÁVRH PODJEZÍ

Pro návrh a posouzení podjezí byla použita hydrologická data uvedená v kapitole 4.1. Návrh byl proveden pomocí vzorců uvedených níže.

4.9.1 Návrh hloubky vývaru

Cílem návrhu je, aby vznikl přilehlý (vzdutý) vodní skok v podjezí. Postup návrhu je uveden níže v tab. 13 a 14.



Obrázek 4.5: Výpočtové schéma hloubky vývaru

Použité vzorce

$$q = \frac{Q}{Bc} \quad (4.9.1)$$

$$h_2 = \frac{h_1}{2} * \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{8 * \beta * q^2}{h_1^3 * g}} \right) \quad (4.9.2)$$

$$\beta = 1$$

$$h_c = h_1 = \frac{q}{\varphi * \sqrt{2g * (E_0 - h_c)}} \quad (4.9.3)$$

$$\Phi = 0,95$$

$$E_0 = d + S + h_0 \quad (4.9.4)$$

$$h_0 = h + k \quad (4.9.5)$$

$$k = \frac{\alpha * v_o^2}{2g} \quad (4.9.6)$$

Tabulka 13: Návrh hloubky vývaru - bez zahloubení

$Q_m - Q_N$	Q	h_k	h	v_0	k	h_0	S	E_0	h_1'''	h_2	hd	σ	vodní skok
	$[m^3 \cdot s^{-1}]$	[m]	[m]	$[m \cdot s^{-1}]$	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[-]	
Q_{270}	2.85	0.08	0.11	0.04	0.000	0.110	4.68	4.790	0.008	0.373	0.1	0.268	oddálený
Q_{180}	4.46	0.11	0.15	0.06	0.000	0.150	4.64	4.790	0.013	0.466	0.35	0.751	oddálený
Q_{90}	8.85	0.18	0.23	0.12	0.001	0.231	4.56	4.791	0.026	0.652	0.5	0.767	oddálený
Q_{30}	18.1	0.29	0.37	0.22	0.003	0.373	4.42	4.793	0.053	0.923	1	1.083	vzdutý
Q_1	59.5	0.64	0.86	0.60	0.019	0.879	3.93	4.809	0.175	1.626	2.3	1.414	vzdutý
Q_5	123	1.03	1.47	1.00	0.054	1.524	3.32	4.844	0.368	2.263	3.2	1.414	vzdutý
Q_{10}	155.5	1.21	1.76	1.16	0.073	1.833	3.03	4.863	0.470	2.506	3.6	1.437	vzdutý
Q_{20}	190	1.38	2.08	1.31	0.091	2.171	2.71	4.881	0.580	2.727	4	1.467	vzdutý
Q_{50}	240	1.61	2.58	1.46	0.114	2.694	2.21	4.904	0.745	2.995	4.6	1.536	vzdutý
Q_{100}	281	1.79	2.92	1.59	0.135	3.055	1.87	4.925	0.885	3.181	4.9	1.540	vzdutý

Tabulka 14: Návrh hloubky vývaru - konstrukční vývar $d=0,3m$

$Q_m - Q_N$	Q	h_k	h	v_0	k	h_0	S+ h_{kl}	E_0	h_1'''	h_2	hd	σ	vodní skok
	$[m^3 \cdot s^{-1}]$	[m]	[m]	$[m \cdot s^{-1}]$	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[-]	
Q_{270}	2.85	0.08	0.11	0.04	0.000	0.410	4.68	5.090	0.008	0.379	0.1	1.054	vzdutý
Q_{180}	4.46	0.11	0.15	0.06	0.000	0.450	4.64	5.090	0.013	0.473	0.35	1.373	vzdutý
Q_{90}	8.85	0.18	0.23	0.12	0.001	0.531	4.56	5.091	0.025	0.663	0.5	1.207	vzdutý
Q_{30}	18.1	0.29	0.37	0.22	0.003	0.673	4.42	5.093	0.051	0.939	1	1.384	vzdutý
Q_1	59.5	0.64	0.86	0.60	0.019	1.179	3.93	5.109	0.170	1.657	2.3	1.570	vzdutý
Q_5	123	1.03	1.47	1.00	0.054	1.824	3.32	5.144	0.356	2.310	3.2	1.515	vzdutý
Q_{10}	155.5	1.21	1.76	1.16	0.073	2.133	3.03	5.163	0.454	2.561	3.6	1.523	vzdutý
Q_{20}	190	1.38	2.08	1.31	0.091	2.471	2.71	5.181	0.560	2.790	4	1.541	vzdutý
Q_{50}	240	1.61	2.58	1.46	0.114	2.994	2.21	5.204	0.718	3.071	4.6	1.596	vzdutý
Q_{100}	281	1.79	2.92	1.59	0.135	3.355	1.87	5.225	0.851	3.267	4.9	1.592	vzdutý

Vyla navržena konstrukční hloubka vývaru $d = 0,3m$. Míra vzduť (zatopení) s ohledem na stanovené hodnoty součinitele zatopení σ uvedené v tab. 14 se pohybuje v bezpečném intervalu a navrhovaná konstrukce se jeví jako bezpečná.

4.9.2 Tloušťka vývarové desky

Návrh tloušťky vývarové desky byl proveden za pomoci empirických vztahů [19]:

a, dle Dombrovského

$$t_d = 0,15 v_1 h_1^{0,5} [m] \quad (4.9.1)$$

$$v_1 = \frac{q}{h_1} [m] \quad (4.9.2)$$

b, dle Trajanoviče

$$t_d = 0,4 \left(\frac{q}{s}\right)^{0,5} H^{0,25} [m] \quad (4.9.3)$$

h - -rozdíl hladin při Q_N [m]

Výpočet byl proveden po celou škálu průtokových stavů viz. Tab.15

Tabulka 15: Návrh tloušťky vývarové desky

$Q_m - Q_N$	Dombrovskij			Tarajmovič		Průměr
	Q [m ³ ·s ⁻¹]	v ₁ [m·s ⁻¹]	t _{dd} [m]	H [m]	tdt [m]	td [m]
Q ₂₇₀	2.85	2.60	0.07	2.31	0.14	0.101
Q ₁₈₀	4.46	9.44	0.16	2.1	0.17	0.162
Q ₉₀	8.85	9.50	0.22	2.03	0.23	0.228
Q ₃₀	18.1	9.61	0.32	1.67	0.32	0.319
Q ₁	59.5	9.97	0.60	0.86	0.49	0.541
Q ₅	123	10.39	0.88	0.57	0.63	0.753
Q ₁₀	155.5	10.59	0.99	0.46	0.67	0.832
Q ₂₀	190	10.80	1.11	0.38	0.71	0.908
Q ₅₀	240	11.14	1.27	0.28	0.74	1.001
Q ₁₀₀	281	11.36	1.38	0.32	0.82	1.104

Byla navržena tloušťka desky $t_a = 1,1\text{m}$ s přihlédnutím na empirické hodnoty stanovené podle Dombrovského a Tarajmoviče.

4.9.3 Délka vývaru

Délka vývaru byla navržena dle Nováka na návrhový průtok Q_{100} . Návrh vychází z délky vodního skoku a jeho vzájemných hloubek h_1 a h_2 . Podle těchto hloubek se stanovil součinitel K (viz tab. 16).

Tabulka 16: Hodnoty součinitele K [19]

h_2/h_1	3 - 4	4 - 6	6 - 20	> 20
K	5,5	5	4,5	4

Výpočet dle Nováka:

$$L_v = k * (h_2 - h_1) [m] \quad (4.9.4)$$

Tabulka 17: návrh délky vývaru

$h_2 =$	3.360	m
$h_1 =$	0.816	m
$h_2/h_1 =$	4.118	
k	5	
$L_v =$	12.72	m

Byla navržena délka vývaru $L_v = 13\text{m}$.

4.9.4 Délka opevnění za vývarem

Návrh délky opevnění za vývarem byl proveden pro návrhový průtok podle dvou okrajových podmínek ($L_0 = 10-13 \cdot h_d$) podle Čertousova [19]:

$$L_0 = (10 \text{ až } 13) \cdot h_d \text{ [m]} \quad (4.9.6)$$

Tabulka 18: Návrh délky opevnění za vývarem

$h_d =$	4.9	m
$10 \cdot h_d =$	49	m
$13 \cdot h_d =$	63.7	m
$L_0 =$	55	m

4.9.5 Tloušťka opevnění za vývarem

Návrh byl proveden výpočtem výmolu v podjezí těsně pod přelivem dle Jaegera A_0 a za vývarovým prahem podle Nováky A [19].

a, Jaeger

b, Novák

$$A_0 = 6H^{0,25} q^{0,5} \left(\frac{h_d}{d_{90}} \right)^{\frac{1}{2}} - h_d \text{ [m]} \quad (4.9.5)$$

$$A = k \cdot A_0 \text{ [m]} \quad (4.9.7)$$

Tyto vztahy jsou empiricky odvozené. Velikost 90% propadu zrna byla stanovena odhadem s přihlédnutím k charakteru toku řeky Svratky jako $d_{90} = 60\text{mm}$. Součinitel $k = 0,5$ a byl zvolen z intervalu $k = \langle 0,45; 0,65 \rangle$ [19].

Tabulka 19: Výpočet hloubek výmolu v podjezí

Velikost záhozového kamene pro opevnění pod jezem:

Návrh velikosti kamene pod jezem d_z byl proveden podle vztahu Pavlovského, který platí v rozmezí $L_v/h_2 = 10-15$

$$\frac{v_2}{(g d_z)^{0,5}} = 0,1 \left[\left(\frac{L_v}{h_2} + 11,5 \right)^2 - 25 \left(\frac{E_0}{h_k} - 3 \right)^2 \right]^{0,5} - 0,22 \quad (4.9.8)$$

$$h_k = 0,467 \cdot q^{2/3}$$

Tabulka 20: Návrh velikosti záhozového kamene

$Q_m - Q_N$	Q	q	h_k	d_{90}	L/h_2	dz
	$[m^3 \cdot s^{-1}]$	$[m^3 \cdot s^{-1}]$	[m]	[mm]	[-]	[m]
Q_{270}	2.85	0.076	0.08	60	69.71	-6.041
Q_{180}	4.46	0.119	0.11	60	27.54	0.001
Q_{90}	8.85	0.236	0.18	60	19.59	0.050
Q_{30}	18.1	0.483	0.29	60	13.72	0.150
Q_1	59.5	1.587	0.64	60	7.57	0.205
Q_5	123	3.280	1.03	60	5.24	0.253
Q_{10}	155.5	4.147	1.21	60	4.64	0.301
Q_{20}	190	5.067	1.38	60	4.17	0.376
Q_{50}	240	6.400	1.61	60	3.68	0.466
Q_{100}	281	7.493	1.79	60	3.38	0.603

Z výpočtu a zohlednění hloubek výmolu (A_0 , A) za vývarem, které byly určeny pomocí empirických vzorců je patrné, že tyto vzorce nejsou příliš vhodné. Proto byla navržena tloušťka opevnění za vývarem 1,1m, opevnění dna bude rozděleno do dvou vrstev v závislosti na délce opevnění za vývarem $L_0 = 55m$ po vodě od prahu vývaru. Mocnost bude rozdělena na vrstvy 1,1m s délkou 18m a s mocností 0,65m s délkou 37m.

Byla navržena velikost záhozového kamene $d_z = 0,4-0,6m$.

4.10 RYBÍ PŘECHOD

Návrh rybího přechodu by měl vycházet z návrhových podmínek daných normou, kde jsou uvedeny podmínky pro cejnové pásmo [23]:

- Návrhová rychlost na výstupu RP $>1m/s$
- Návrhová rychlost na vstupu RP $<0,4m/s$
- Minimální průtok v RP $>0,4m^3/s$
- Pro hlavního zástupce cejnovitých ryb Cejna Velkého dále platí:
 - Výška skoku 0,25 m
 - Průtočná skoková rychlost 0,6 – 0,9 m/s
 - Sklon traťe RP $\leq 1:20$

Při posouzení průtočného množství a střední průtočné rychlosti bylo využito Chezyho rovnici a rovnici kontinuity. Jedná se pouze o hrubý návrh, tudíž tento vztah mohl být použit.

Kartáče vyplňují podstatnou část průtočné plochy RP, tudíž byl zvolen Součinitel drsnosti dle Manninga $n = 0,12$.

Návrhové rozměry vycházejí z faktu, že se snažíme co nejvíce zachovat původní rozměry jezové konstrukce a z faktu, že těsně nad jezem má loděnici veslařské středisko univerzity v Brně. Tudíž je možné RP využít ke splavování jezu.

Návrh rozměrů:

- Průtočná výška $h = 0,5\text{m}$
- Šířka RP $b = 3\text{ m}$
- Podélný sklon traťe $i = 0,05$
- Průtočný součinitel (Manning) $n = 0,12$

$$R = \frac{S}{O} \quad (4.10.1)$$

$$C = \frac{1}{n} * R^{1/6} \quad (4.10.2)$$

Chezyho rovnice:

$$v = C * \sqrt{R * i} \quad (4.10.3)$$

Rovnice kontinuity:

$$Q = S * v \quad (4.10.4)$$

Výsledné hodnoty:

Tabulka 21: Návrh rybího přechodu - výsledky

Průtočná plocha	S	1.5	m ²
Omočený obvod	O	4.0	m
Hydraulický poloměr	R	0.375	m
Součinitel průtoku	c	7.077	-
Průtočná rychlost	v	0.890	m·s ⁻¹
Průtočné množství	Q	1.454	m ³ ·s ⁻¹

Maximální průtočná rychlost vyšla v rozmezí vhodném pro Cejna Velkého. Minimální výtoková rychlost bude zajištěna na vstupu do RP díky propadu hladiny o 0,8m. Průtočné množství je nad minimálním průtokem v RP pro zadanou kategorii toku. Jedná se pouze o hrubý návrh, v případě nesprávného návrhu lze dodatečně regulovat průtok pomocí ubírání kartáčů.

5 POSOUZENÍ STABILITY JEZOVÉ KONSTRUKCE

Pro posouzení navrhované konstrukce byl zjištěn geologický vrt několik metrů. Tento vrt má ID 707908 viz příloha P.12. Z něj je patrné, že přibližně 2 metry pod základovou spárou navrhovaného jezu se nachází skalní podloží v podobě křemenného dioritu.

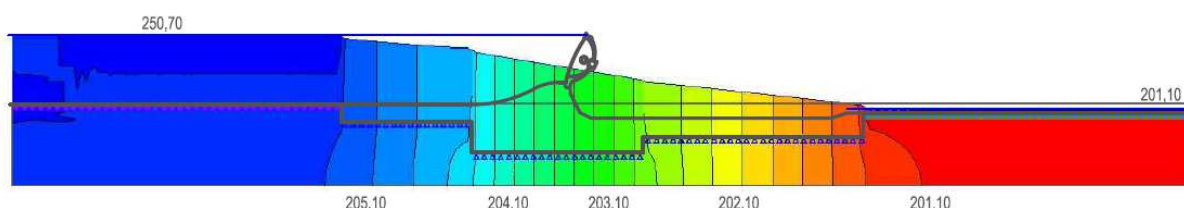
5.1 VÝPOČET PŮSOBÍCÍCH SIL

Posouzení stability navržené jezové konstrukce bylo provedeno na dva stavy. Jednalo se o následující stavy:

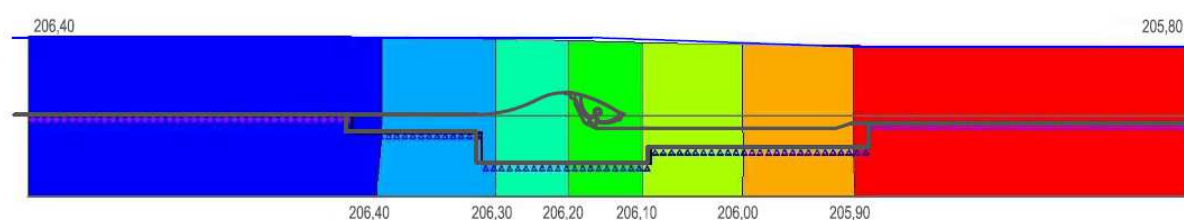
- Normální stav – úroveň hladin viz tabulka 22, sloupec Normální stav
- Povodňový stav – úroveň hladin viz tabulka 22, sloupec Povodňový stav

Návrhové stavy a výsledné zatěžovací obrazce jsou patrné z přílohy P.10 a P.11. Těžiště působících sil působících síly jednotlivých zatěžovacích obrazců byly pro příslušné plochy určeny z programu AutoCAD.

Pro ověření filtrační stability v programu GMS (Groundwater Modeling System) byly provedeny dva modely pro určení izolinie piezometrických výšek filtračního proudění v podjezí navrhovaného jezu, které jsou znázorněny níže na obr. 5.1 a 5.2 a přílohy P.8 a P.9. Z těchto izolinií byl vypočten hydraulický obtokový gradient, který se pohyboval okolo hodnoty $2 \cdot 10^{-4} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Dále tyto izolinie sloužily jako podklad pro zatěžovací obrazce viz. příloha P.10 a P.11.



Obrázek 5.1: Izolinie piezometrických výšek filtračního proudění v podjezí za normálních průtoků



Obrázek 5.2: Izolinie piezometrických výšek filtračního proudění za povodňových průtoků

Prvním vstupním parametrem pro oba modely bylo zvolení hydraulické vodivosti pro příslušnou zeminu nacházející se v podjezí. Určení vycházelo z vrtu 707908 určujícího geologický profil. Lze předpokládat, že do se hloubky cca 2,0 m nachází kvartérní štěrky a štěrkopíský. Pro tento materiál byla zvolena hydraulická vodivost $1 \cdot 10^{-3} \sim 5 \cdot 10^{-4} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Výsledný obtokový gradient se tedy nachází v přípustných mezích. Pro případ nevyhovujících obtokových rychlostí bude ponechána v podloží štětová stěna, která zlepší obtokové parametry [26].

5.1.1 Úrovně hladin

Tabulka 22: Úrovně hladin

ÚROVEŇ HLADIN	NORMÁLNÍ STAV	POVODŇOVÝ STAV
V NADJEZÍ	205,70 m n.m.	206,40 m n.m.
V PODJEZÍ	201,10 m n.m.	205,80 m n.m.
SPÁD HLADIN	4,6 m	0,6 m

5.1.2 Mezní stavy

Posouzení stability bylo provedeno pomocí metody mezních stavů.[25]

Pro výpočet byl vymezen mezní stav **EQU**, čili ztráta mezní rovnováhy konstrukce nebo její části, uvažované jako tuhé těleso tam, kde je významné i menší kolísání hodnoty nebo prostorového uspořádání stálých zatížení stejného původu a pevnosti konstrukčních materiálů nebo základové půdy nejsou obvykle rozhodující. [25]

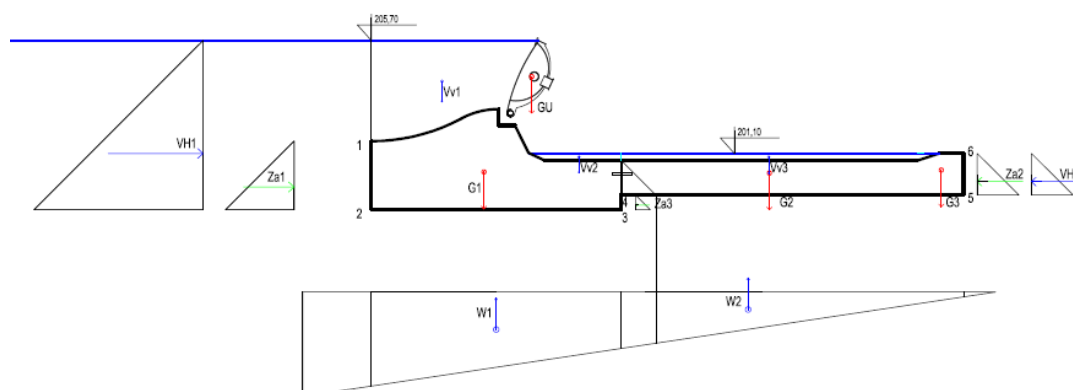
5.1.3 Význam objektu

Jezový objekt byl zařazen do kategorie CC2. Do této kategorie patří Středně velké následky s ohledem na ztráty lidských životů nebo značné následky ekonomické, sociální nebo pro životní prostředí. Pro tuto kategorii byl určen součinitel významu $\gamma_1 = 1,1$ [25], [27].

5.1.4 Zatížení za normálního stavu

Při posouzení byly uvažovány tyto síly:

- A. Vlastní tíha konstrukce
- B. Vlastní tíha klapkového uzávěru
- C. Zatížení vodou
- D. Zatížení zeminou
- E. Vztlakové síly



Obrázek 5.3: Schéma působících sil za normálního stavu (viz. P.10)

A. Vlastní tíha konstrukce

Byly vypočteny složky působících sil od vlastní tíhy konstrukce podle následujícího vzorce [26]:

$$G_i = A_i * \gamma_B \text{ [kN}\cdot\text{m}^{-1}] \quad (5.1.1)$$

$$\gamma_B = 25 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-3} \quad \text{Objemová tíha betonu}$$

$$A_i \text{ [m}^2] \quad \text{Plocha konstrukce}$$

Výpočet výsledného působíště vycházející z momentové podmínky:

$$\text{Síla} \quad \text{Rameno k bodu "3"}$$

$$G_1 = A_1 * \gamma_B = 29,41 * 25 = 721,38 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-1} \quad l_{G1} = 5,57 \text{ m}$$

$$G_2 = A_2 * \gamma_B = 12,10 * 25 = 296,75 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-1} \quad l_{G2} = 6,80 \text{ m}$$

$$G_3 = A_3 * \gamma_B = 2,34 * 25 = 57,27 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-1} \quad l_{G3} = 13,09 \text{ m}$$

B. Vlastní tíha klapkového uzávěru

Byly vypočteny složky působících sil od vlastní tíhy uzávěru podle následujícího vzorce [26]:

$$G_u = A_u * \gamma_u \text{ [kN}\cdot\text{m}^{-1}] \quad (5.1.2)$$

$$\gamma_u = 9 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-3} \quad \text{Objemová tíha uzávěru}$$

$$h_u = 2,8 \text{ m} \quad \text{Výška klapkového uzávěru}$$

$$\text{Síla} \quad \text{Rameno k bodu "3"}$$

$$G_u = A_u * \gamma_u = 2,8 * 9 = 25,2 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-1} \quad l_{Gu} = 3,62 \text{ m}$$

C. Zatížení vodou

Byly vypočteny složky horizontálních a vertikálních sil od zatížení vodou podle následujícího vzorce [26]:

$$V_i = A_i * g * \rho \text{ [kN}\cdot\text{m}^{-1}] \quad (5.1.3)$$

$$\rho = 1000 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3} \quad \text{Objemová tíha betonu}$$

$$g = 9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2} \quad \text{Gravitační zrychlení}$$

$$\text{Síla} \quad \text{Rameno k bodu "3"}$$

$$V_{1V} = A_1 * g * \rho = 20,70 * 9,81 * 1000 = 203,07 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-1} \quad l_{V1V} = 7,28 \text{ m}$$

$$V_{2V} = A_2 * g * \rho = 3,76 * 9,81 * 1000 = 36,89 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-1} \quad l_{V2V} = 1,70 \text{ m}$$

$$V_{3V} = A_3 * g * \rho = 1,02 * 9,81 * 1000 = 9,96 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-1} \quad l_{V3V} = 6,05 \text{ m}$$

$$V_{1H} = A_3 * g * \rho = 23,80 * 9,81 * 1000 = 233,48 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-1} \quad l_{V1H} = 2,30 \text{ m}$$

$$V_{2H} = A_3 * g * \rho = 0,84 * 9,81 * 1000 = 8,24 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-1} \quad l_{V2H} = 1,43 \text{ m}$$

D. Zatížení zeminou

Byly vypočteny složky působících sil od zatížení zeminou podle následujícího vzorce [26]:

$$Z_{ai} = 0,5 * \gamma_z * h_{zi}^2 * \operatorname{tg}^2((\pi/4) - (\phi/2)) \text{ [kN}\cdot\text{m}^{-1}] \quad (5.1.4)$$

$$\gamma_z = 14,6 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-3} \quad \text{Objemová tíha zeminou pod vodou}$$

$$\phi = 33^\circ \quad \text{Úhel vnitřního tření zeminou}$$

$$h_z \text{ [m]} \quad \text{Hloubka zatížení pod úrovní dna}$$

Síla Rameno k bodu "3"

$$Z_{a1} = 0,5 * 14,6 * 2,8^2 * \operatorname{tg}^2((\pi/4) - (32/2)) = 4,23 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-1} \quad l_{za1} = 1,86 \text{ m}$$

$$Z_{a2} = 0,5 * 14,6 * 1,7^2 * \operatorname{tg}^2((\pi/4) - (32/2)) = 1,56 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-1} \quad l_{za2} = 1,13 \text{ m}$$

$$Z_{a3} = 0,5 * 14,6 * 0,6^2 * \operatorname{tg}^2((\pi/4) - (32/2)) = 0,19 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-1} \quad l_{za2} = 0,2 \text{ m}$$

E. Vztlakové síly

Zatěžovací obrazce vztlakových sil působících na jezové těleso byly stanoveny pomocí momentové podmínky. Výpočet vztlakových sil byl proveden podle následujícího vzorce [26]:

$$W_i = A_{wi} * g * \rho \text{ [kN}\cdot\text{m}^{-1}] \quad (5.1.5)$$

$$\rho = 1000 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3} \quad \text{Objemová tíha betonu}$$

$$g = 9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2} \quad \text{Gravitační zrychlení}$$

Síla Rameno k bodu "3"

$$W_1 = A_{w1} * g * \rho = 33,64 * 9,81 * 1000 = 330,01 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-1} \quad l_{v1v} = 5,07 \text{ m}$$

$$W_2 = A_{w2} * g * \rho = 15,27 * 9,81 * 1000 = 149,80 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-1} \quad l_{v1v} = 5,79 \text{ m}$$

F. Výslednice působících sil

Složky vertikálních a horizontálních působících sil jsou uvedeny níže v tabulce 23:

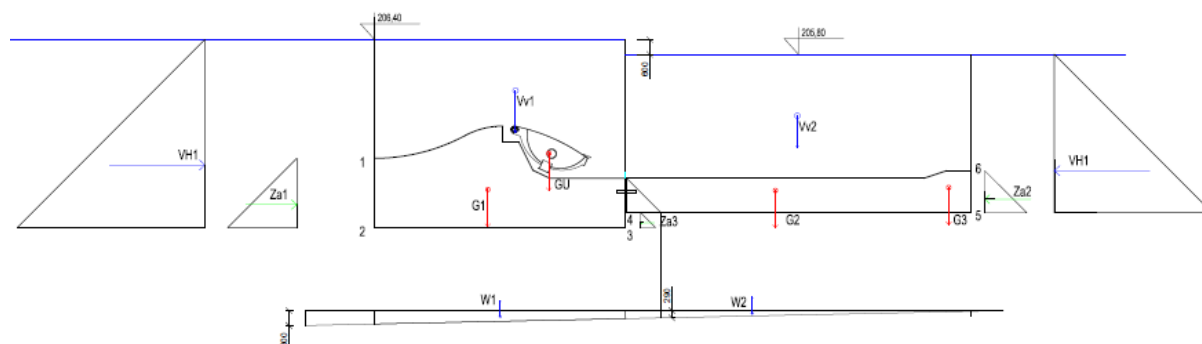
Tabulka 23: Výslednice působících sil pro normální stav

TYP ZATÍŽENÍ	VERTIKÁLNÍ SLOŽKA			TYP ZATÍŽENÍ	HORIZONTÁLNÍ SLOŽKA		
	SÍLA kN/m	RAMENO m	MOMENT kNm		SÍLA kN/m	RAMENO m	MOMENT kNm
KONSTRUKCE	721.38	5.57	4018.09	VODA	233.48	2.30	537.00
	296.75	6.80	2017.90		8.24	1.43	11.78
	57.27	13.09	749.66		4.23	1.86	7.87
UZÁVĚR	25.20	3.62	91.22	ZEMINA	1.56	1.13	1.76
VODA	203.07	7.28	1478.35		0.19	0.20	0.04
	36.89	1.70	62.71				
	9.96	6.05	60.26				
VZTLAKOVÉ SÍLY	330.01	5.07	1673.15				
	149.80	5.79	867.34				

5.1.5 Zatížení za povodňového stavu

Při posouzení byly uvažovány tyto síly:

- A. Vlastní tíha konstrukce
- B. Vlastní tíha klapkového uzávěru
- C. Zatížení vodou
- D. Zatížení zeminou
- E. Vztlakové síly



Obrázek 5.4: Výslednice působících sil za povodňového stavu (viz. P.11)

Pro určení hodnot byly použity stejné vztahy jako v kapitole 5.1.4.

A. Vlastní tíha konstrukce

Hodnoty zůstávají stejné jako v kapitole 5.1.4.

B. Vlastní tíha klapkového uzávěru

Hodnoty zůstávají stejné jako v kapitole 5.1.4. Změní se rameno k bodu "3" na hodnotu $l_{Gu} = 3,10$ m, protože je uzávěr sklopený

C. Zatížení vodou

Byly vypočteny složky horizontálních a vertikálních sil od zatížení vodou.

Síla	Rameno k bodu "3"
$V_{1V} = A_1 * g * \rho = 47,42 * 9,81 * 1000 = 465,19 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-1}$	$l_{V1V} = 4,46 \text{ m}$
$V_{2V} = A_2 * g * \rho = 69,55 * 9,81 * 1000 = 682,29 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-1}$	$l_{V2V} = 6,96 \text{ m}$
$V_{1H} = A_3 * g * \rho = 28,88 * 9,81 * 1000 = 283,31 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-1}$	$l_{V1H} = 2,53 \text{ m}$
$V_{2H} = A_3 * g * \rho = 20,48 * 9,81 * 1000 = 200,91 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-1}$	$l_{V2H} = 1,70 \text{ m}$

D. Zatížení zeminou

Hodnoty zůstávají stejné jako v kapitole 5.1.4.

E. Vztlakové síly

Zatěžovací obrazce vztlakových sil působících na jezové těleso byly stanoveny v programu GMS.

Síla

Rameno k bodu "3"

$$W_1 = A_{w1} \cdot g \cdot \rho = 4,40 \cdot 9,81 \cdot 1000 = 43,16 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-1}$$

$$l_{v1V} = 5,07 \text{ m}$$

$$W_2 = A_{w2} \cdot g \cdot \rho = 2,84 \cdot 9,81 \cdot 1000 = 27,86 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-1}$$

$$l_{v1V} = 5,79 \text{ m}$$

F. Výslednice působících sil

Složky vertikálních a horizontálních působících sil jsou uvedeny níže v tabulce 24:

Tabulka 24: Výslednice působících sil pro povodňový stav

VERTIKÁLNÍ SLOŽKA				HORIZONTÁLNÍ SLOŽKA			
TYP ZATÍŽENÍ	SÍLA	RAMENO	MOMENT	TYP ZATÍŽENÍ	SÍLA	RAMENO	MOMENT
	kN/m	m	kNm		kN/m	m	kNm
KONSTRUKCE	721.38	5.57	4018.09	VODA	283.31	2.53	716.77
	296.75	6.80	2017.90		200.91	1.70	341.55
	57.27	13.09	749.66	ZEMINA	4.23	1.86	7.87
UZÁVĚR	25.20	3.10	78.12		1.56	1.13	1.76
VODA	465.19	4.46	2074.75		0.19	0.20	0.04
	682.29	6.96	4748.74				
VZTLAKOVÉ SÍLY	43.16	5.07	218.82				
	27.86	5.79	161.31				

5.2 POSOUZENÍ STABILITY

Posouzení stability bylo provedeno na různé způsoby ztráty stability. Výpočet byl proveden podle metody mezních stavů.

Posouzení bylo vždy provedeno pro normální a povodňový stav.

Jako návrhové opatření v případě nevyhovující stability konstrukce byly zvoleny 2 štetové stěny, které se osadí na začátku spodní stavby po proudu toku a za vývarový práh. Tyto stěny budou zapuštěny až na skalní podloží.

5.2.1 Bezpečnost proti posunutí základové spáry

- *Bez spolupůsobení vývarové desky*

Při vyšetřování konstrukce vodního díla proti posunutí po základové spáře se postupuje dle rovnice [27]:

$$\gamma_1 \cdot \sum_{i=1}^n E_{d,dst,i} \leq \sum_{j=1}^m E_{d,spb,j} \quad (5.2.1)$$

$\sum_{i=1}^n E_{d,dst,i}$ Suma návrhových hodnot účinků destabilizujícího zatížení

$\sum_{j=1}^m E_{d,stab,j}$ Suma návrhových hodnot účinků stabilizujícího zatížení

$\gamma_1 = 1,1$ Součinitel významu

Podmínku spolehlivosti (5.2.1) lze dále rozepsat následovně:

$$\gamma_1 * A \leq f * B + C \quad (5.2.2)$$

A Stálé horizontální destabilizující síly

B Stálé vertikální stabilizující síly

C Stálé horizontální stabilizující síly

$f = 0,6 [-]$ Součinitel třecích sil po základové spáře

a. Normální stav

Vstupní hodnoty:

$$A = V_{H1} + Z_{a1} = 237,71 \text{ kN}$$

$$B = \sum G_i + G_u + \sum V_{vi} - \sum W_i = 371,78 \text{ kN}$$

$$C = V_{H2} + Z_{a2} + Z_{a3} = 9,99 \text{ kN}$$

$$261,48 \text{ kN} \leq 233,06 \text{ kN} \quad \text{NEVYHOVUJE}$$

b. Povodňový stav

Vstupní hodnoty:

$$A = V_{H1} + Z_{a1} = 287,54 \text{ kN}$$

$$B = \sum G_i + G_u + \sum V_{vi} - \sum W_i = 701,17 \text{ kN}$$

$$C = V_{H2} + Z_{a2} + Z_{a3} = 202,66 \text{ kN}$$

$$316,29 \text{ kN} \leq 623,36 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}$$

- *Se spolupůsebením vývarové desky*

a. Normální stav

Vstupní hodnoty:

$$A = V_{H1} + Z_{a1} = 237,71 \text{ kN}$$

$$B = \sum G_i + G_u + \sum V_{vi} - \sum W_i = 522,43 \text{ kN}$$

$$C = V_{H2} + Z_{a2} + Z_{a3} = 9,99 \text{ kN}$$

$$261,48 \text{ kN} \leq 323,45 \text{ kN} \quad \text{VYHOVUJE}$$

b. Povodňový stavVstupní hodnoty:

$$A = V_{H1} + Z_{a1} = 287,54 \text{ kN}$$

$$B = \sum G_i + G_u + \sum V_{vi} - \sum W_i = 1306,24 \text{ kN}$$

$$C = V_{H2} + Z_{a2} + Z_{a3} = 202,66 \text{ kN}$$

$$316,29 \text{ kN} \leq 986,40 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

Posuzované jezové těleso není stabilní pouze za normálního stavu bez spolupůsobení vývarové desky.

Návrhové opatření bylo zmíněno v úvodu kapitoly 5.2. Zapřením štětových stěn o skalní podloží se dosáhne přenosu zatížení do podloží a zároveň bude na základové spáře působit větší odpor.

5.2.2 Bezpečnost proti překlopení kolem vzdušné hrany

Při vyšetřování konstrukce vodního díla proti překlopení kolem vzdušné hrany se postupuje dle rovnice [27]:

$$\gamma_1 \cdot \sum_{i=1}^n E_{d,dst,i} \leq \sum_{j=1}^m E_{d,stab,j} \quad (5.2.1)$$

$$\sum_{i=1}^n E_{d,dst,i} \quad \text{Suma návrhových hodnot účinků destabilizujícího zatížení}$$

$$\sum_{j=1}^m E_{d,stab,j} \quad \text{Suma návrhových hodnot účinků stabilizujícího zatížení}$$

$$\gamma_1 = 1,1 \quad \text{Součinitel významu}$$

Podmínku spolehlivosti (5.2.1) lze dále rozepsat následovně:

$$\gamma_1 * (M_A + M_D) \leq \gamma_{G,stab} * (M_B + M_C) \quad (5.2.3)$$

M_A Stále horizontální destabilizující momenty

M_B Stále vertikální stabilizující momenty

M_C Stále horizontální stabilizující momenty

M_D Stále vertikální destabilizující momenty

$\gamma_{G,stab} = 0,9$ Dílčí součinitel stabilizujícího zatížení

l [m] rameno dílčí síly

- *Bez spolupůsobení vývarové desky*

a. Normální stav

Vstupní hodnoty:

$$M_A = V_{H1} \cdot l_{VH1} + Z_{a1} \cdot l_{Za1} = 544,87 \text{ kNm}$$

$$M_B = \sum G_i \cdot l_{Gi} + G_u \cdot l_u + \sum V_{Vi} \cdot l_{VVi} - \sum W_i \cdot l_{Wi} = 5587,66 \text{ kNm}$$

$$M_C = V_{H2} \cdot l_{VH2} + Z_{a2} \cdot l_{Za2} + Z_{a3} \cdot l_{Za3} = 13,58 \text{ kNm}$$

$$M_D = \sum W_i \cdot l_{Wi} = 1673,15 \text{ kNm}$$

$$2439,83 \text{ kNm} \leq 5519,28 \text{ kNm}$$

VYHOVUJE

b. Povodňový stav

Vstupní hodnoty:

$$M_A = V_{H1} \cdot l_{VH1} + Z_{a1} \cdot l_{Za1} = 724,64 \text{ kNm}$$

$$M_B = \sum G_i \cdot l_{Gi} + G_u \cdot l_u + \sum V_{Vi} \cdot l_{VVi} - \sum W_i \cdot l_{Wi} = 6170,95 \text{ kNm}$$

$$M_C = V_{H2} \cdot l_{VH2} + Z_{a2} \cdot l_{Za2} + Z_{a3} \cdot l_{Za3} = 343,35 \text{ kNm}$$

$$M_D = \sum W_i \cdot l_{Wi} = 218,82 \text{ kNm}$$

$$1037,81 \text{ kNm} \leq 6206,04 \text{ kNm}$$

VYHOVUJE

- *Se spolupůsobením vývarové desky*

a. Normální stav

Vstupní hodnoty:

$$M_A = V_{H1} \cdot l_{VH1} + Z_{a1} \cdot l_{Za1} = 544,87 \text{ kNm}$$

$$M_B = \sum G_i \cdot l_{Gi} + G_u \cdot l_u + \sum V_{Vi} \cdot l_{VVi} - \sum W_i \cdot l_{Wi} = 5587,66 \text{ kNm}$$

$$M_C = V_{H2} \cdot l_{VH2} + Z_{a2} \cdot l_{Za2} + Z_{a3} \cdot l_{Za3} = 13,58 \text{ kNm}$$

$$M_D = \sum W_i \cdot l_{Wi} = 1673,15 \text{ kNm}$$

$$2439,83 \text{ kNm} \leq 5519,28 \text{ kNm}$$

VYHOVUJE

b. Povodňový stav

Vstupní hodnoty:

$$M_A = V_{H1} \cdot l_{VH1} + Z_{a1} \cdot l_{Za1} = 724,64 \text{ kNm}$$

$$M_B = \sum G_i \cdot l_{Gi} + G_u \cdot l_u + \sum V_{Vi} \cdot l_{VVi} - \sum W_i \cdot l_{Wi} = 8313,44 \text{ kNm}$$

$$M_C = V_{H2} \cdot l_{VH2} + Z_{a2} \cdot l_{Za2} + Z_{a3} \cdot l_{Za3} = 343,35 \text{ kNm}$$

$$M_D = \sum W_i \cdot l_{Wi} = 161,31 \text{ kNm}$$

$$974,55 \text{ kNm} \leq 8134,27 \text{ kNm}$$

VYHOVUJE

Přelivné těleso je stabilní při obou návrhových stavech.

Přesto je nutné provést návrhová opatření zmíněná v úvodu kapitoly 5.2.

5.2.3 Bezpečnost proti nadzvednutí

Při vyšetřování konstrukce vodního díla proti nadzvednutí se postupuje dle rovnice [27]:

$$\gamma_1 \cdot \sum_{i=1}^n E_{d,dst,i} \leq \sum_{j=1}^m E_{d,stab,j} \quad (5.2.1)$$

$\sum_{i=1}^n E_{d,dst,i}$ Suma návrhových hodnot účinků destabilizujícího zatížení

$\sum_{j=1}^m E_{d,stab,j}$ Suma návrhových hodnot účinků stabilizujícího zatížení

$\gamma_1 = 1,1$ Součinitel významu

Podmínku spolehlivosti (5.2.1) lze dále rozepsat následovně:

$$\gamma_1 * (D) \leq \gamma_{G,stab} * (B) \quad (5.2.4)$$

B Stálé vertikální stabilizující síly

M_D Stálé vertikální destabilizující síly

$\gamma_{G,stab} = 0,9$ Dílčí součinitel stabilizujícího zatížení

• *Bez spolupůsobení vývarové desky*

a. Normální stav

Vstupní hodnoty:

$$B = \sum G_i + G_u + \sum V_{Vi} = 949,65 \text{ kN}$$

$$D = \sum W_i = 330,01 \text{ kN}$$

$$363,01 \text{ kN} \leq 854,69 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

b. Povodňový stav

Vstupní hodnoty:

$$B = \sum G_i + G_u + \sum V_{Vi} = 1211,77 \text{ kN}$$

$$D = \sum W_i = 43,16 \text{ kN}$$

$$47,48 \text{ kN} \leq 1090,59 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

- *Se spolupůsobením vývarové desky*

a. Normální stav

Vstupní hodnoty:

$$B = \sum G_i + G_u + \sum V_{v_i} = 1350,52 \text{ kN}$$

$$D = \sum W_i = 479,81 \text{ kN}$$

$$527,79 \text{ kN} \leq 1215,47 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

b. Povodňový stav

Vstupní hodnoty:

$$B = \sum G_i + G_u + \sum V_{v_i} = 1211,77 \text{ kN}$$

$$D = \sum W_i = 43,16 \text{ kN}$$

$$78,12 \text{ kN} \leq 2023,27 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

Konstrukce jezu vyhoví proti vyplavání ve všech případech.

5.2.4 Bezpečnost proti prolomení vývarové desky

Byl stanoven stupeň bezpečnosti proti prolomení vztlakovou silou z přetlaku při normálním i povodňovém stavu podle následujícího vztahu [26]:

$$t_d \geq 0,846 \cdot X \text{ [m]} \quad (5.2.5)$$

X [m] Pořadnice vztlaku z přetlaku

$t_d = 1,1 \text{ m}$ Tloušťka vývarové desky

a. Normální stav

$$X = 2,08 \text{ m}$$

$$t_d \geq 1,76 \text{ m}$$

NEVYHOVUJE

b. Povodňový stav

$$X = 0,29 \text{ m}$$

$$t_d \geq 0,25 \text{ m}$$

VYHOVUJE

Navržená tloušťka desky není za normálního průtokového stavu bezpečná proti prolomení z přetlaku. Opatření bylo zmíněno v úvodu kapitoly 5.2. Při zaražení štětových stěn až na skalní podloží se skoro zcela zamezí odtékání konstrukce a tudíž se vyřeší problém s přetlakem.

5.2.5 Délka obtékaného obrysu

Byl stanoven stupeň bezpečnosti dle Bligha [26]:

$$L_n = C_B \cdot H \leq L_s \text{ [m]}$$

H [m]	Spád hladin
L_n [m]	Nutná délka obtékaného obrysu
L_s [m]	Skutečná délka obtékaného obrysu
C_B	Empiricky stanovený součinitel pro různé zeminy

Hodnota součinitele $C_B = 4$ byla stanovena z literatury [26] Pro příslušné podloží v podjezíz úvodu kapitoly 5.1 je patrné, že konstrukce vyhoví i na hydraulický gradient a obtokové rychlosti.

a. Normální stav

$H = 4,25$ m

$L_n = 17,00$ m $\leq L_s = 17,126$ **VYHOVUJE**

a. Povodňový stav

$H = 0,6$ m

$L_n = 2,4$ m $\leq L_s = 17,126$ **VYHOVUJE**

Při obou návrhových stavech je délka obtékaného obrysu dostatečná.

5.3 ZHODNOCENÍ MEZNÍCH STAVŮ ROVNOVÁHY

Navržená konstrukce je dostatečně bezpečná proti:

- Posunutí po základové spáře se spolupůsobením vývarové desky
- Překlopení kolem vzdušné strany při obou návrhových stavech
- Nadzvednutí při obou návrhových stavech
- Prolomení vývarové desky za povodňového stavu
- Sufozi (délka obtékaného obrysu) při obou návrhových stavech

Nedostatečně bezpečná je proti

- Posunutí po základové spáře bez spolupůsobení vývarové desky
- Prolomení vývarové desky za normálního průtočného stavu

Při výpočtu bezpečnosti nebylo uvažováno s účinkem štětových stěn. Jejich vliv nebyl ověřen výpočtem, ale je očekávané výrazné přispění ke zvýšení stability jak proti posunutí, tak proti pootočení konstrukce. Dále by zmírnily vliv vztakových sil, tudíž by přispěly k bezpečnosti vývarové desky proti prolomení.

6 TECHNICKÉ ŘEŠENÍ

6.1 ODBĚRNÝ OBJEKT

Odběrný objekt bude ponechán v původním stavu, případně na přání UV Pisárky zrekonstruován.

Tento odběrný objekt vyžaduje hladinu stálého vzduť vysokou 4,09 m a s výškovou kótou 205,69 m n.m.

Odběrný objekt je široký 21,65 m a okolní železobetonové pilíře jsou vysoké 6,84 m s výškovou kótou 208,44 m n.m. [1]

6.2 JEZOVÉ TĚLESO

Tvar spodní stavby byl navržen jako Jamborův práh se sklonem vzdušního svahu 1:2. Pro navržené rozměry byl stanoven přepadový součinitel $m = 0,448$ dle Skaličky. Původní tvar vzdušního líce byl sice plynulý se sklonem 1:2, ale po přidání různých částí objektu vlivem zvolené hradící konstrukce (kapsa pro osazení hradící konstrukce, dosedacího prahu) byl tvar pozměněn. Tento tvar byl přizpůsoben tak, aby při plném sklopení hradící konstrukce co nejvíce kopíroval tvar původního vzdušního líce.

Výšková kóta koruny prahu je 202,90 m n.m., z toho vyplývá, že je převýšena nad úroveň nadjezí o $h = 1,3$ m. Díky své výšce se nachází 2,79 m pod HSV v nadjezí a 1,45 m nad hladinou v podjezí při průtoku Q_{180} .

Základová spára je díky zvýšené síle konstrukce a síle vrstvy podkladního betonu (0,2 m) ve výškové úrovni 198,80 m n.m.

Celá konstrukce je rozdělena na 3 pole o délce 12,5 m. Délka přelivné hrany prahu je tudíž 37,5 m a spolu s dělícími pilíři činí celková šířka konstrukce 41,5 m. Celková šířka jezového tělesa je 10,16 m.

Dilatační spáry se nachází na hranici jezového tělesa s betonovou patkou v nadjezí (vzdálenost od hrany koruny prahu je 5,2 m), dále na hraně tělesa a vývarové desky (vzdálenost 4,96 m) a nakonec na hranici vývarového prahu a opevnění podjezí (tato spára se týká zavazovacích křídel a vzdálenost od hrany koruny prahu je 18,96 m). Dilatační spára má šířku 0,05 m a je opatřena pryžovým těsněním. Pryžové těsnění je široké 0,8 m.

Vývar je navržen 13 m a je zakončený vývarovým prahem širokým 1 m. Přejed vývaru a vývarového prahu je svahovaný se sklonem 1:3. Mocnost vývarové desky je spočtena na 1,1 m.

Betonová patka v nadjezí je opatřena dosedacím prahem pro provizorní hrazení a uzavíratelnou jímkou pro odčerpání vody z nadjezí. Její tloušťka je 1 m a šířka činí 7,2 m.

Použitý beton na konstrukci C30/37 HV8 [19], [20], [21].

6.3 POHYBLIVÁ HRADÍCÍ KONSTRUKCE

Jako pohyblivá hradící konstrukce byl zvolen klapkový uzávěr. Jeho výška činí 2,80 m. Její šířka je shodná s šířkou 1 jezového pole 12,5 m. Tyto hradící uzávěry jsou 3.

Klapka dutá, a je vybavena rozrážeči o výšce 0,2 m, se vzájemnou vzdáleností 2 m. Dále je vybavena dosedacími patkami.

Konstrukce je ukotvena v tělese jezu za přelivnou hranou. Pro dosedací patky bylo provedeno zahloubení do tělesa jezové konstrukce; jako dosedací prvek byl zvolen dřevěný prámek o rozměrech 0,5*0,15 m. Vždy po určité době bude potřeba nahrazení tohoto prvku za nový. Nedílnou součástí klapkového uzávěru je jeho ovládání. To je tvořeno hydraulickými přímočarými motory. Z výpočtu a poměru délky ku výšce klapkového uzávěru bylo rozhodnuto, že konstrukce bude dostatečně tuhá, aby mohla být jednostranně ovládaná. Ovládací mechanismy budou umístěny na levé straně klapky, hydraulický mechanismus bude umístěn v dělicích pilířích a v levém nábrežním pilíři. Díky takto umístěnému mechanismu nemusí být zřizována průchozí štola v tělese jezu. Dalším prvkem potřebným pro provoz klapky je pancéřování. To je osazeno do dělicího a zavazovacího pilíře. Tloušťka pancíře je 0,2m. Nachází se spodní hranou ve výškové úrovni 201,50 m n.m. Její tvar kopíruje pohyb klapky při manipulaci s přesahem 0,2 m.

Nezbytnou součástí klapkové konstrukce je zavzdušňovací potrubí. To zabraňuje vzniku podtlaku pod přepadovým paprskem a případnému přísátí přepadového paprsku ke konstrukci klapky a následně jejímu poškození. Toto potrubí tvoří profily PE DN200 a jsou vyústěny v koruně dělicího pilíře. Výšková úroveň vyústění pod hradicí konstrukcí je 201,69 m n.m. [19], [20], [21].

6.4 STŘEDNÍ-DĚLÍČÍ PILÍŘ A ZAVAZOVACÍ KŘÍDLO

Vzhledem k délce přelivné hrany (29 m) bylo rozhodnuto, že budou zbudovány dva středové pilíře. Třetí dělicí pilíř vznikl na základě návrhu přilehlého rybího přechodu. S tímto pilířem bylo počítáno jako s pilířem břehovým. Tento rozdíl je ovšem na bezpečné straně odchylek.

Koruna dělicího pilíře se nachází ve výšce 208,44 m n.m. Jeho délka činí 22,16 m a jeho šířka je 2 m. Tato šířka byla zvolena, jelikož se v dělicím pilíři nachází ovládací mechanismus klapky. Dělicí pilíř se po délce výškově lomí, aby byl souběžný se dnem koryta. Tento lom začíná směrem po proudu v 13,88 m a má sklon 1:2. Výškový rozdíl těchto korun pilíře činí 2,64 m. Obě hrany pilířů byly zvoleny jako půlkruhové. Od tohoto návrhu byl odvozen i součinitel kontrakcí do výpočtu. V řezu má pilíř obdélníkový tvar.

Břehový pilíř má délku 55,35 m; na prvním lomu po proudu je zaoblení určeno odběrným objektem a na koncové straně byl zvolen obloukový lom pro zmírnění hydraulických ztrát a vzniku vírových jevů. Po celé délce je osazen oplocením mimo místa, kde se bude provádět nějaká manipulace (přenosný jeřáb, ovládací mechanismus, lávka, atd.). Je vysoký 7,34 m a v místě dilatační spáry je snížen o 0,85 m. Jeho tvar v řezu je složený obdélník. V koruně je široký 2m. Na základové spáře je široký 5m. Výška spodní části pilíře je 3m. Základová spára se nachází ve výšce 199,80 m n.m. Přechod šířek pilíře potom ve výšce 202,80 m n.m. Tento tvar byl zvolen kvůli okolní, méně soudržné půdě. [8] Koruna pilíře je ve výšce 208,44 m n.m. Dilatační spára se nachází na přechodu zavazovacího křídla na spodní části jezu a nábrežního pilíře, kde dochází ke skoku ve výšce rozdílu horního a dolního dna (0,5m) ze 201,60 na 201,10 m n.m.. Další dilatační spáry jsou na styku s tělesem jezu, vývarovou deskou a vývarovým prahem.

Kapsy pro přenosný jeřáb jsou zbudovány v 2,98 a 22,57m délky ve směru proudění.

Zavazovací křídlo je dlouhé 18,6 m včetně obloukového lomu. Jeho tvar v řezu tvoří složený lichoběžník. Je vysoké 7,79m. Šířka křídla je shodná se šířkou návodního pilíře (2m v koruně, 5m v základové spáře). Výšková úroveň v základové spáře je 199,80 m n.m. Spodní část křídla se nachází ve výšce 202,80m n.m. a je vysoká 3m.

V přímé části nábrežního pilíře je navrženo drenážní potrubí v rozestupech po 4 metrech ve výšce 1,5m nad úrovní dna o DN200.

Použitý materiál na konstrukci pilířů a zavazovacích křídel volím beton C30/37 HV8 [19], [20], [21].

6.5 VÝVAROVÁ DESKA

Vývarová deska je široká 13m. Dále je silná 1m a je dlouhá 41,5m. U levého břehu se postupně zužuje vlivem rybního přechodu. Na vývar navazuje vývarový práh široký 1m. Ten je silný 1,3m. Přechod mezi vývarem a prahem je svaňovaný se sklonem 1:3. Dilatační spára se nachází 14m od hrany vývarového prahu proti proudu.

Základová spára se nachází ve výškové úrovni 199,80 m n.m. Výška vývarového prohloubení je konstrukčních 0,3m. Vývarový práh je ve výškové úrovni dna podjezí 201,10m n.m.

Použitý beton na konstrukci C30/37 HV8 [19], [20], [21].

6.6 PROVIZORNÍ HRAZENÍ, LÁVKA

Provizorní hrazení bylo zvoleno hradidlové. Hradidla jsou kulová, dutá. Jsou zapuštěná do pilířů pomocí drážek, které tvoří válcovaný profil U300.

Tyto drážky jsou umístěny ve vzdálenosti 8,6m od osy koruny přepadového prahu proti proudu a 8,96m po proudu. Dosedací práh tvoří rovněž obrácený válcovaný profil U300.

Hradidla mohou být osazena pouze v případě, že jsou drážky a dosazovací práh očištěny.

Hradidla jsou osazována do drážek pomocí přenosných jeřábů. Pro tyto hradidla bude zbudován sklad v blízkosti objektu jezu.

Obslužná lávka se nachází ve vzdálenosti 6,67m od osy koruny přepadového prahu proti proudu. Leží 0,1m nad korunou dělicích pilířů. Z břehových pilířů je na ni přístup umožněn ocelovým schodištěm. Lávka je široká 1,5m a 0,2m silná. Je opatřena zábradlím. Výšková kóta horní a spodní hrany je 208,54 a 208,74m n.m. Do středových a nábrežních pilířů je zavázána pomocí ocelové konstrukce.

Z této lávky je možný přístup na středové pilíře pomocí uzamykatelných branek. Ze středových pilířů je potom umožněn přístup do nadjezí a k čerpacím jímkám pomocí ocelových stupadel a ke kapsám pro přenosný jeřáb [19], [20].

6.7 OPEVNĚNÍ PODJEZÍ

Jako opevnění dna jsem zvolil kamenný koberec s frakcí kameniva 0,4-0,6m. Tento koberec je dlouhý dle výpočtu 55m. Prvních 18m je vrstva silná 1,3m a zbylých 37m je vrstva silná 0,65m. Výšková kóta základové spáry silnější vrstvy je 199,80 m n.m.

Svahy podjezí ponecháno v původním stavu.

6.8 RYBÍ PŘECHOD

6.8.1 Návrh konstrukce

Jako konstrukce pro rybí přechod byl zvolen kartáčový systém s výškou kartáčů 0,6m.

Podélný sklon trati RP byl zvolen 1:20 vlivem přítomnosti Cejna velkého v rybářském revíru. S přihlédnutím na rozdíl hladin horní a dolní vody a na minimální sklon je trať RP dlouhá 80m, z tohoto důvodu konstrukce RP kopíruje tvar pravého břehu toku. Vstup do rybího přechodu je pro zajištění lákavého proudu vyvýšen o 0,2 m nad úroveň dna podjezí do výškové úrovně 201,20 m n.m. Dno toku pod vstupem do RP je opevněno kamennou dlažbou do cementové malty. Z důvodu zmírnění zatížení na dlažbu pod RP bude vstup do RP osazen balvanitým skluzem o stejném sklonu jako trať RP. Výstup z PR je umístěn 0,5m pod úrovní HSV ve výškové úrovni 205,19 m n.m.

6.8.2 Dostatečný lákavý proud

Vzhledem k faktu že RP délkou daleko přesahuje délku jezové konstrukce, musí být dostatečně stabilní. Proto byly zvoleny pilíře PR o šířce 2 m. Pravý pilíř se v úrovni jezového tělesa opírá a je zakotven do opěrné zdi vozovky ulice Veslařské. Koruna pilířů je v horní část totožná s výškou dělicích pilířů s výškovou kótou 208,44 m n.m. Dále je ve stejném místě proveden lom koruny pilíře a je pozvolně svahován ve sklonu 1:3,5 až do podjezí, kde je zakončen opět vodorovnou korunou pro umožnění osazení drážek provizorního hrazení ve výšce 202,70 m n.m.

Mezi opěrnou zdí a pilířem RP bude zachováno schodiště pro přístup do podjezí z ulice Veslařské.

Nezbytný lákavý proud je hlavním parametrem určujícím, zda ryby RP najdou či ne. Jeho podíl vzhledem k průtoku v toku záleží na vodnosti daného toku. V případě, že je rybí přechod umístěn poblíž výtoku z případné MVE nebo v místě hlavního průtoku v řece, měl by se průtok rybím přechodem pohybovat v tomto rozmezí:

- Větší vodní toky s $Q_{330d} > 10 \text{ m}^3/\text{s}$ by měl být průtok rybím přechodem navržen na úroveň 1-5% celkového průtoku v řece během reprodukčních migrací - záleží tedy i na složení společenstva.
- Menší vodní toky s $Q_{330d} < 10 \text{ m}^3/\text{s}$ by měl být průtok rybím přechodem navržen na 5 – 10% celkového průměrného toku v řece.
- U malých vodních toků pak v úrovni Q_{355} .

Následující tabulka uvádí orientační podíl průtoku přes RP (ať celým RP nebo v kombinaci s případným lákavým proudem) a hodnoty Q_{355} .

Tabulka 25: orientační hodnoty minimálních průtoků zajišťující migrační průchodnost v RP [23]

Q_{355}	Minimální podíl pro RP %	Minimální průtok RP
Do 200 l/s		Do 100 l/s celý průtok
200 – 500 l/s	50%	100 l/s
0,5 – 1 m^3/s	40%	Minimálně 250 l/s
1 – 5 m^3/s		Minimálně 400 l/s
5 – 25 m^3/s	20%	Minimálně 1 m^3/s
$\geq 25 \text{ m}^3/\text{s}$	20%	Minimálně 5 m^3/s

Z výše uvedené tabulky a z hydrologických údajů je patrné, že jez Kamenný mlýn patří do kategorie $Q_{355} = 1-5 \text{ m}^3/\text{s}$, z toho vyplývá, že rybí přechod vyžaduje minimální průtok $0,4 \text{ m}^3/\text{s}$. [22]

Při minimálních průtocích ve Svatce bude prakticky veškerá voda převáděna přes rybí přechod, takže ryby nebudou mít problém ho najít.

6.9 MANIPULACE

Celková manipulace je plynulá a při návrhu výpočtech bylo uvažováno s 12 polohami uzávěru. Do této manipulace se musí započítávat i rybí přechod a sanitární průtok pod jezem.

Při plném zdvižení klapek můžeme při udržení HSV (kdy voda přepadá přes klapku ve výšce 0,2m) převést přes jez samotný průtok rovnající se $Q_{180-90} = 7,08 \text{ m}^3/\text{s}$ [1]. Musíme uvažovat i s rybím přechodem. Ten bude muset být zahrazen po výšku 0.1m pod hladinu stálého vzduť pomocí provizorního hrazení. Přesto i při minimálních průtocích nebude problém zajistit odběr na případnou MVE a zároveň i sanitární průtok pod jezem. Kdyby, ovšem nastaly průtoky nižší, bude muset případná MVE snížit odběr vody pro zajištění sanitárního průtoku.

Hranice, kdy již není možno ovládat HSV, to jest, když je klapka plně sklopena nastává při průtoku $Q = 288,94 \text{ m}^3/\text{s}$ při sklopení všech klapek. Tento průtok je roven průtoku Q_{100} [1]. Tato mez je rovna stavu, kdy je možný odběr surové vody [20], [21].

6.9.1 Hospodaření s vodou a dodržování hladiny

Vzduť hladin je stanoveno kótou hladiny stálého vzduť 205,70 m n.m. s povolenou tolerancí $\pm 10 \text{ cm}$. Minimální provozní hladina je tedy stanovena na kótě 205,57 m n.m. a maximální provozní hladina je stanovena na kótě 206,20 m n.m. [1]

6.9.2 Minimální průtok v toku pod jezem

„Účelem vodního díla není nadlepšení minimálních průtoků v toku pod jezem, z objemu jezové zdrže se minimální průtoky nenadlepšují. Veškerá přitékající voda je po realizaci odběrů vypouštěna pod jez.“

Minimální průtok v toku pod nádrží VD Brno v profilu Svatka-Komín je stanoven dle „Zásad pro jednoleté a víceleté hospodaření s vodou v jednotlivých povodích“, které vydalo MVLH pod č.j. 66244/3552/ORVH/1976 a č.j. 54018/1102/ORVH-81, hodnotou $MQ = 1,37 \text{ m}^3/\text{s}$. Tento průtok je platný i pro profil jezu Kamenný mlýn.

Minimální průtok v toku pod jezem je za běžného provozu ve stanovené výšce zajišťován přepadem přes zahrazený jez a to přepadovým paprskem o výšce 6 cm.“ [1]

6.9.3 Manipulace za velkých vod

Hladina v jezové zdrži je udržována na kótě stálého vzduť 205,70 m n.m. s povolenou tolerancí. Tohoto stavu se dosahuje postupným synchronním vyhrázováním 2 hradících tabulí, kdy třetí tabule bude ponechána v záloze nebo bude případně sloužit k manipulaci v případě zahrazení a opravě některé ze 2 hlavních uzávěrů. Počet vyhrázovaných tabulí je určen srážkovou předpovědí a průtoků naměřených ve výše umístěných měrných profilech. [1]

6.9.4 Manipulace v období sucha

„Účelem vodního díla není nadlepšení minimálních průtoků v toku pod jezem, z objemu jezové zdrže se minimální průtoky nenadlepšují.

Rovnoměrný nadlepšený průtok z přehrady VD Brno umožňující provoz HC Komín je 2,40 m³/s.

Zabezpečení tohoto odběru dle trvání je 100 % (viz MŘ pro VD Brno)“.[1]

6.10 ZAČLENĚNÍ DO KRAJINY

Konstrukce jezu bude plnit původní účel konstrukce pevného jezu. Úroveň hladiny vody a využití vody ve zdrži zůstanou zachovány viz. kapitola 6.9. Byl navržen kartáčový rybí přechod z důvodu snadnějšího překonávání navrhované migrační překážky (jezu). Odběrný objekt bude v budoucnu navržen tak, aby splňoval potřeby odběru pro případnou MVE a příležitostné odběry pro vedlejší využití ÚV Pisárky. V současnosti část objektu úpravny slouží jako rybí sádky. Na pravém břehu zůstane zachován přirozený chodník pro přístup do podjezí. K tomuto chodníku bude zachován též přístup pomocí schodiště v nábrežní opěrné zdi. Do této opěrné zdi bude zakotvena konstrukce rybího přechodu, tudíž musí být posouzena její stabilita a případně opravena. Díky možnosti manipulace je toto dílo možno využívat jako objekt pro vyrovnání odtoků vypouštěných z VD Brno.

7 ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce byla studie rekonstrukce stávajícího pevného jezu Kamenný mlýn na řece Svatce na říčním kilometru 50,210. Důvodem byl plán generelu odvodnění města Brna z roku 2007 [7] na přestavbu stávajících pevných jezů na řece Svatce na jezy pohyblivé. Byly popsány jednotlivé možnosti pohyblivých uzávěrů, ze kterých byly zvoleny nejvíce vhodné typy. Těmito typy jsou klapkový a vakový uzávěr. Po zvážení všech pro a proti v kapitole 3.10 byla jako pohyblivý uzávěr zvolena klapka. Součástí studie byl i návrh vhodného rybího přechodu, který zajistí snadnější migrační schopnost veškeré obsádky při překovávání migrační překážky (pohyblivého jezu). Dále bylo provedeno napojení konstrukce jezu na přilehlé okolí.

V rámci studie bylo vypracováno posouzení stávajícího stavu koryta a přilehlých objektů v zájmovém území. To začíná na jezu Komín na říčním kilometru 52,700 a končí silničním mostem v Pisárkách na říčním kilometru 49,010. Současný stav koryta toku je podrobně popsán v kapitole 3.5 a je nutné na některá místa na toku osadit protipovodňové prvky.

Pro návrh a posouzení konstrukce byly získány údaje z geologického vrtu ID 7079058, který se nachází jen několik metrů od zamýšlené konstrukce.

Díky snížení maximální hladiny v nadjezí při návrhovém průtoku výrazně snížena šance na Rozlítí Svatky so přilehlého okolí jezu.

Jelikož se jedná o zastavěnou oblast, byl jako návrhový průtok zvolen $Q_N = Q_{100} = 281 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Navržené parametry byly zvoleny tak, aby byl zajištěn příležitostný odběr na ÚV Pisárky a výhledově pro MVE a stupeň ochrany okolního území před povodněmi. V současné době je část úpravny přestavěna na rybochovné sádky, tudíž není zapotřebí uvažovat s plným odběrem úpravny. Jez byl navržen jako třípolový o šířce jednoho pole 12,5m. Pro návrh byl zvolen Jamborův práh a to z důvodu dobrých hydraulických vlastností a snadného převodu splavenin přes jez. Jamborův práh je vysoký 1,3m a sklon vzdušného líce byl navržen 1:2. Nadmořská výška přelivné hrany je 202,90 m n.m. Klapkový uzávěr je vysoký 2,8 m. Ovládání bylo zvoleno pomocí jednostranně umístěných hydraulických přímočarých motorů. Za jezovou konstrukcí byl navržen vývar o konstrukční hloubce $d = 0,3\text{m}$ a délce $L_v = 13\text{m}$. Opevnění za vývarem je dlouhé $L_o = 55\text{m}$ a je rozděleno do dvou vrstev o největší tloušťce 1,4 m. Hladina stálého vzduť byla zachována na původní kótě 205,70 m n.m. Pro rybí přechod byla zvolena kartáčová konstrukce o výšce kartáčů 0,6m. Tento rybí přechod je vhodný pro přechod cejnového i parmového pásma, které se v daném revíru nachází.

Posouzení stability jezové konstrukce bylo provedeno pro dva stavy. Byly zvoleny stavy viz kapitola 5:

- Plně zahrazená jezová zdrž a nízké průtoky
- Vyhrazená zdrž a vysoké průtoky

Navržená konstrukce vykazuje dostatečnou bezpečnost proti valné většině zatěžovacích stavů. Při výpočtu nebylo uvažováno s působením štetových stěn, které výrazně přispějí ke stabilitě jezu.

Závěrem lze konstatovat, že cíle práce byly splněny v rozsahu stanoveného zadání bakalářské práce, které je uvedeno v úvodní části.

8 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] *Manipulační řád pro jez Kamenný mlýn*. 2.2.2010. Brno, 2010, 25 s.
- [2] VESELÝ, Jaroslav. *Vodohospodářské stavby: modul 01*. Brno: Cerm, 2011. ISBN 978-80-7204-759-8.
- [3] JANDORA, Jan a Jan Šulc. *Hydraulika: modul 01*. 1. vyd. Brno: Cerm, 2007, 178s. ISBN 978-80-7204-512-9.
- [4] ČÁBELKA, J.; KUNŠTÁTSKÝ, J. *Jezy*. Praha: SNTL, 1966. 555s.
- [5] <http://cz.wikipedia.org>
- [6] <https://maps.google.cz>
- [7] Generel odvodnění města Brna z roku 2007: *Zpracovatel – Povodí Moravy s.p., útvar hydroinformatiky, Brno, Dřevařská 11*
- [8] *Studie protipovodňových opatření na území Jihomoravského kraje: Kapitola 4: Shrnutí a stanovení priorit*. 1. vyd. 2007, 104 s. Dostupné z: http://www.kr-jihomoravsky.cz/archiv/ozp/protipovodnova_opatreni_jmk_2007/4_cast/Kapitola_4.pdf
- [9] Povodí Moravy s. p.: www.pmo.cz
- [10] Český hydrometeorologický ústav: www.chmi.cz
- [11] Česká geologická služba: dostupné z <http://www.geology.cz/extranet/mapy/mapy-online>
- [12] *Hradící vakové jezy. Hradící vakové jezy* [online]. [cit. 2015-04-19]. Dostupné z: <http://www.rubena.eu/index.php?stranka=4&scid=264&jazyk=cesky>
- [13] http://storm.fsv.cvut.cz/on_line/tok1/Rybochody.pdf
- [14] *Metodika pro využití kartáčové technologie pro zajištění a zlepšení migrační prostupnosti vodních toků*. první. Praha: Ministerstvo životního prostředí, Vršovická 1441/65, Praha, 2013, 26 s. ISBN 978-80-7212-590-6. Dostupné z: http://www.opzp.cz/soubor-ke-stazeni/48/14523-metodika_vyuziti_kartacove_technologie_28_2_2013.pdf
- [15] Moravský rybářský svaz: <http://www.mrk.cz/rybarske-reviry.php?id=1436>
- [16] Ústav územního rozvoje: <http://www.uur.cz/images/uzemnirozvoj/cestovnuruch/technickepamatky/texty/02-kraj-jihomoravsky.pdf>
- [17] Turistika.cz: <http://www.turistika.cz/brno-a-okoli/technicka-pamatka>
- [18] <http://www.jizni-morava.info/kultura-poznani/technicke-pamatky>
- [19] VÝBORA, Pavel. *Jezy: určeno pro posl. Fak. Stavební*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1985, 146 s.
- [20] ČSN 75 0120, Vodní hospodářství, Názvosloví hydrotechniky, Jezy Praha HYDROPROJEKT, 1.7.2009
- [21] Podklady z předmětu BR06 – Hydrotechnické stavby I
- [22] *Studie proveditelnosti zprůchodnění migračních překážek na vodních tocích v povodí Vltavy: 2. Katalog opatření*. první. Praha: Vodohospodářský rozvoj a výstavba, a. s.

- Divize 02, Praha 5, 2011, 52 s. Dostupné z: <http://www.pvl.cz/planovani-v-oblasti-vod/ostatni-koncepcni-dokumenty/studie-proveditelnosti-revitalizacnich-opatreni>
- [23] *TNV 75 2321 - Ministerstvo zemědělství: Zprůchodňování migračních bariér rybími přechody.* 1997, 27 s. Dostupné z: http://eagri.cz/public/web/file/104412/TNV_75_2321.pdf
- [24] Podklady poskytnuté povodím Moravy
- [25] ČSN EN 1990 (730002), Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí
- [26] VÝBORA, Pavel a Otto POSEDNÍK. Navrhování jezů. Vyd. 1. Brno: Vysoké učení technické, 1989, 139 s. ISBN 80-214-1070-1.
- [27] ČSN 73 1208, Navrhování betonových konstrukcí vodohospodářských objektů

9 SEZNAM TABULEK

Tabulka 1:Orientační hodnoty součinitele přepadu m [19].....	15
Tabulka 2:Hodnoty N -letých průtoků VD Vír[10]	34
Tabulka 3:Hodnoty N -letých průtoků Kamenný mlýn z roku 2007[1].....	34
Tabulka 4: Hodnoty N -Letých průtoků Brno – Poříčí[10].....	34
Tabulka 5: Hodnoty N -letých průtoků Židlochovice[10]	34
Tabulka 6:Hodnoty N -letých průtoků Kamenný mlýn z roku 2007[1].....	42
Tabulka 7:Hodnoty N -letých průtoků Kamenný mlýn z roku 2007[1].....	42
Tabulka 8: Výpočet měrné křivky přepadu.....	46
Tabulka 9: Orientační hodnoty součinitele přepadu m [19].....	48
Tabulka 10: Výpočet manipulace - synchronní pohyb 3 uzávěrů	49
Tabulka 11: Výpočet manipulace - 1 klapka zahrazená.....	49
Tabulka 12: Výpočet manipulace - 2 klaky zahrazené	50
Tabulka 13: Návrh hloubky vývaru - bez zahloubení.....	53
Tabulka 14: Návrh hloubky vývaru - konstrukční vývar $d=0,3m$	53
Tabulka 15: Návrh tloušťky vývarové desky	54
Tabulka 16: Hodnoty součinitele K [19].....	54
Tabulka 17: návrh délky vývaru.....	54
Tabulka 18:Návrh délky opevnění za vývarem.....	55
Tabulka 19: Výpočet hloubek výmolu v podjezí	55
Tabulka 20: Návrh velikosti záhozového kamene	56
Tabulka 21: Návrh rybího přechodu - výsledky.....	57
Tabulka 22: Úrovně hladin.....	59
Tabulka 23: Výslednice působících sil pro normální stav	61
Tabulka 24:Výslednice působících sil pro povodňový stav	63
Tabulka 25: orientační hodnoty minimálních průtoků zajišťující migrační průchodnost v RP [23]	73

10 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 2.1: Tvary přelivných hran	13
Obrázek 2.2: Přední i zadní zhlaví návodního pilíře[5]	14
Obrázek 2.3: Schéma návrhu přepadového součinitele[19].....	15
Obrázek 2.4: Srubový jez[2]	16
Obrázek 2.5: Dřevěný jez s kamennou výplní[2].....	16
Obrázek 2.6: Betonový jez s proudnicovou přelivnou plochou[2]	17
Obrázek 2.7: Zděný jez Helmovský na řece Vltavě v Praze[5]	17
Obrázek 2.8: Hradidlový jez[5].....	18
Obrázek 2.9: Hradlový jez na Labi ve Štětí[5].....	19
Obrázek 2.10: Stavidlový jez[2].....	20
Obrázek 2.11: Klapkové uzávěry[5]	21
Obrázek 2.12: Desková klapka oboustranně podepřená[5].....	21
Obrázek 2.13: Troubová klapka s jednostranným pohonem vřetenovým pohybovým mechanismem[5]	22
Obrázek 2.14: Dutá svařovaná klapka[5]	23
Obrázek 2.15: Druhy segmentů[5]	24
Obrázek 2.16: Pneumatický jezový uzávěr použitý na Jevišovce u Žerotic[5]	25
Obrázek 2.17: Rybí osádka [13].....	26
Obrázek 2.18: Tůňový rybí přechod[13].....	27
Obrázek 2.19: Štěrbínový rybí přechod[13].....	27
Obrázek 2.20: Komůrkový rybí přechod[13].....	28
Obrázek 2.21: Kartáčový rybí přechod[14].....	29
Obrázek 3.1: Brno[6].....	30
Obrázek 3.2: Poloha jezu kamenný mlýn[1]	31
Obrázek 3.3: Situace jezu Kamenný mlýn[6]	31
Obrázek 3.4: Situace jezu kamenný mlýn[6]	32
Obrázek 3.5: Graf historických průtoků Q100 [7]	34
Obrázek 3.6: Mapa záplavových území[7]	35
Obrázek 3.7: Geologické poměry Brno - Pisárky[11].....	36
Obrázek 3.8: Současný stav smíšeného jezu Kamenný mlýn (viz P.14)	39
Obrázek 3.9: poškozený nátokový objekt na ÚV Pisárky (viz. P.14).....	40
Obrázek 4.1: Schéma spodní stavby jezu.....	43
Obrázek 4.2: graf měrné křivky přelivu	47

Obrázek 4.3: Schéma pro určení součinitele přepadu[19]	48
Obrázek 4.4: Graf měrné křivky při manipulaci s uzávěry	51
Obrázek 4.5: Výpočtové schéma hloubky vývaru	52
Obrázek 5.1: Izolinie piezometrických výšek filtračního proudění v podjezí za normálních průtoků	58
Obrázek 5.2: Izolinie piezometrických výšek filtračního proudění za povodňových průtoků	58
Obrázek 5.3: Schéma působících sil za normálního stavu (viz. P.10)	59
Obrázek 5.4: Výslednice působících sil za povodňového stavu (viz. P.11).....	62

11 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

Q_a	$[m^3 \cdot s^{-1}]$	Průměrný dlouhodobý průtok
Q_1	$[m^3 \cdot s^{-1}]$	Jednoletý průtok
Q_2	$[m^3 \cdot s^{-1}]$	Dvouletý průtok
Q_5	$[m^3 \cdot s^{-1}]$	Pětiletý průtok
Q_{10}	$[m^3 \cdot s^{-1}]$	Desetiletý průtok
Q_{20}	$[m^3 \cdot s^{-1}]$	Dvacetiletý průtok
Q_{50}	$[m^3 \cdot s^{-1}]$	Padesátiletý průtok
Q_{100}	$[m^3 \cdot s^{-1}]$	Stoletý průtok
Q_{30}	$[m^3 \cdot s^{-1}]$	Třicetidenní průtok
Q_{90}	$[m^3 \cdot s^{-1}]$	Devadesátidenní průtok
Q_{180}	$[m^3 \cdot s^{-1}]$	Stoosmdesátidenní průtok
Q_{270}	$[m^3 \cdot s^{-1}]$	Dvěstěsedmdesátidenní průtok
Q_N	$[m^3 \cdot s^{-1}]$	Návrhový průtok
Q_k	$[m^3 \cdot s^{-1}]$	Kapacitní průtok
σ_z	[-]	Součinitel zatopení
b_o	[m]	Účinná šířka přelivu
b	[m]	Šířka přelivu
n	[-]	Počet kontrakcí
h_0	[m]	Energetická přepadová výška
m	[-]	Součinitel přepadu
g	$[m \cdot s^{-2}]$	Gravitační zrychlení
ε_p	[-]	Tvarový součinitel pilířů
ε_k	[-]	Tvarový součinitel zavazovacích křídel
H_{SV}	[m n.m.]	Hladina stálého vzduší
h_h	[m]	Hloubka horní vody při Q_N
h_d	[m]	Hloubka dolní vody při Q_N
Δh	[m]	Výškový rozdíl horního a dolního dna
h_{kl}	[m]	Výška hradící konstrukce (klapky)
p	[m]	Výška spodní stavby nad horním dnem
h	[m]	Přepadová výška při Q_N
H	[m]	Spád hladin při Q_N
h_z	[m]	Výška dolní hladiny nad přelivnou hranou
s	[m]	Výška spodní stavby nad dolním dnem

α	[m]	Coriolisovo číslo
d	[m]	Šířka dělicího pilíře
B	[m]	Celková šířka dělicího pilíře
k	[m]	Rychlostní výška
L_v	[m]	Délka vývaru
L_o	[m]	Délka opevnění za vývarovým prahem
d_{90}	[mm]	Velikost 90% zrna
d_z	[mm]	Velikost záhozového kamene
A_0	[m]	Hloubka výmolu v podjezí
G_i	[kN·m ⁻¹]	Síla od vlastní tíhy konstrukce
A_i	[m ²]	Plocha konstrukce
γ_B	[kN·m ⁻³]	Objemová tíha betonu
G_u	[kN·m ⁻¹]	Síla od vlastní tíhy klapkového uzávěru
γ_u	[kN·m ⁻³]	Objemová tíha klapkového uzávěru
h_u	[m]	Výška klapkového uzávěru
V_i	[kN·m ⁻¹]	Síla od zatížení vodou
ρ	[kg·m ⁻³]	Objemová hmotnost vody
G_{zi}, Z_{ai}	[kN·m ⁻¹]	Síla od zatížení zeminou
γ_z	[kN·m ⁻³]	Objemová tíha zeminy pod vodou
ϕ	[°]	Úhel vnitřního tření zeminy
W_i	[kN·m ⁻¹]	Vztlaková síla
A_{wi}	[m ²]	Plocha vztlakového obrazce
SB_p	[-]	Stupeň bezpečnosti proti posunutí po základové spáře bez spolupůsobení vývarové desky
f	[-]	Součinitel spolupůsobení přetížení
SB_{pd}	[-]	Stupeň bezpečnosti proti posunutí po základové spáře se spolupůsobením vývarové desky
SB_s	[-]	Stupeň bezpečnosti proti překlopení kolem vzdušné hrany
X	[m]	Pořadnice vztlaku z přetlaku
L_n	[m]	Nutná délka obtékaného obrysu
L_s	[m]	Skutečná délka obtékaného obrysu

C_B	[-]	Empiricky stanovený součinitel pro různé zeminy
RP	[-]	Rybí přechod
MVE	[-]	Malá vodní elektrárna
VD	[-]	Vodní dílo
MŘ	[-]	Manipulační řád

12 SEZNAM PŘÍLOH

- P.1 Mapa širších vztahů
- P.2 Přehledná situace 1:1000
- P.3 Přehledný podélný profil toku s pohyblivým jezem 1:5000/200
- P.4 Půdorys pohyblivého jezu 1:200
- P.5 Řez pohyblivým jezem A-A' 1:100
- P.6 Řez pohyblivým jezem B-B' 1:100
- P.7 Kompletní tabulky výpočtu přepadových křivek spodní stavby a manipulace uzávěrem
- P.8 Izolinie piezometrických výšek filtračního proudění v podjezí při H_{sv}
- P.9 Izolinie piezometrických výšek filtračního proudění v podjezí při Q_N
- P.10 Schéma působících sil pro H_{sv}
- P.11 Schéma působících sil pro Q_N
- P.12 Výpis geologického vrtu v místě jezu Kamenný mlýn
- P.13 Původní výkresová dokumentace jezu Kamenný mlýn
- P.14 Fotodokumentace

V Brně Dne 21.5.2014

.....
Podpis autora
Michal Trněný