

České vysoké učení technické v Praze

Fakulta stavební

Katedra hydrotechniky



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Analýza využitelnosti výpusti na VD Štěchovice

**Usability Analysis of the Outlet Structure
of the Stechovice Dam**

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Miroslav Brouček, Ph.D.

květen 2023

Alžběta Sovová

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Sovová Jméno: Alžběta Osobní číslo: 494018
 Zadávající katedra: k142 - Katedra hydrotechniky
 Studijní program: Stavební inženýrství - B3651
 Studijní obor: Vodní hospodářství a vodní stavby

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Analýza využitelnosti výpusti na VD Štěchovice

Název bakalářské práce anglicky: Usability Analysis of the Outlet Structure of the Stechovice Dam

Pokyny pro vypracování:

Proveďte revizi podkladů vztahujících se k objektu hrazené výpusti umístěné ve středním poli VD Štěchovice.

Popište instalované uzávěry a vypočtete konsumpční křivku výpusti.

Na základě porovnání s platným manipulačním řádem a v něm popsaných funkcí a kapacit ostatních výpustných zařízení VD Štěchovice proveďte analýzu využitelnosti dolní hrazené výpusti při různých provozních stavech. Mezi uvažované varianty zahrňte možnosti uvedení výpusti do souladu s požadavky platných norem, změnu její dispozice (dimenze, počty a typy uzávěrů) či úplného zrušení (zaslepení, uvedení do neškodného stavu) včetně vlivu na stabilitu díla.

Seznam doporučené literatury:

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

Skriptum Hydrotechnické stavby 10, Broža, V., Satrapa, L.; 2000

další odborná literatura z oblasti hydrotechniky se vztahem k tématu bakalářské práce;

relevantní technické normy, zejména ČSN 75 2935 Posuzování bezpečnosti vodních děl při povodních; TNV 75

2910 Manipulační řády vodních děl na vodních tocích; ČSN 73 1208 Navrhování betonových konstrukcí

vodohospodářských objektů; EC 7 a legislativní přepisy, vyhláška 590/2002 Sb. a 255/2010 Sb. (úprava 471/2001 Sb.)

Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Miroslav Brouček, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce: 24.2.2023

Termín odevzdání bakalářské práce: 22.5.2023

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

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

24.2.2023

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

Čestné prohlášení

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

V Praze dne:

.....

Alžběta Sovová

Poděkování

Děkuji Ing. Miroslavu Broučkovi, Ph.D. za odborné vedení a pomoc při psaní mé bakalářské práce. Za poskytnuté rady a ochotu při tvorbě hydraulických výpočtů vděčím a děkuji Ing. Tomáši Pickovi, Ph.D.

Dále děkuji Ing. Tomáši Beritovi ze státního podniku Povodí Vltavy za poskytnuté podklady pro tuto práci a vstřícnost a také děkuji Ing. Janu Chroumalovi ze společnosti VODNÍ DÍLA-TBD a.s. za možnost prodiskutovat aktuální problémy v průběhu tvorby práce.

Abstrakt

V rámci této bakalářské práce je řešena problematika spodní výpusti (tunelu) ve III. poli vodního díla Štěchovice, která byla realizována za účelem převádění vody za stavby, a není pro účely výpustných objektů řádně vybavena. Je zde obecně popsána platná legislativa pro vodní díla, přičemž hlavní důraz byl kladen především na část, jež se věnuje spodním výpustem. Na základě provedeného rozboru podkladů je popsán stávající stav a základní charakteristiky předmětného vodního díla. Dále jsou rozpracovány jednotlivé koncepční varianty, umožňující uvést tuto přehradu za daných podmínek do stavu splňující požadavky platných předpisů. Nedílnou součástí jsou hydrotechnické a statické výpočty, které slouží jako podklad pro zhodnocení a proveditelnost daného návrhu.

Klíčová slova

Přehrada, spodní výpust, výpustný objekt, uzávěr, manipulace, legislativa

Abstract

This bachelor thesis deals with the issue of the outlet (tunnel) in section III of the Stechovice dam, which was implemented for the purpose of transferring water during construction and is not properly equipped for the purpose of outlet objects. The legislation in force for hydraulic structures is described in general terms, with the main emphasis on the section dealing with bottom outlets. On the analysis of the existing data, the current state and the basic characteristics of the dam in question are described. The individual conceptual options for bringing the water structure up to a condition that meets the requirements of the applicable regulations are also discussed. The hydrotechnical and statical calculations are an integral part of the study and serve as a basis for the evaluation and feasibility of the design.

Key words

Dam, bottom outlet, outlet structure, valve, operation, legislation

OBSAH

Obsah.....	1
1. Úvod.....	3
Definice použitých zkratk 4	4
2. Cíle práce.....	5
3. Základní informace o vodním díle Štěchovice.....	6
3.1. Historie projektu.....	6
3.2. Obecné charakteristiky.....	7
4. Požadavky legislativy a norem ve vztahu ke spodním výpustem.....	9
4.1. Revizní uzávěr.....	12
4.2. Návodní provozní uzávěr.....	13
4.3. Vzdušní provozní uzávěr.....	14
5. Stávající stav a jeho parametry.....	14
6. Uvažované varianty řešení.....	20
6.1. Stávající stav.....	20
6.2. Uvedení do souladu s platnými předpisy.....	21
6.2.1. Řešení s třemi novými uzávěry.....	22
6.2.2. Řešení s použitím hradidel.....	23
6.3. Zaslepení tunelu.....	23
7. hydrotechnické výpočty.....	24
7.1. Stávající stav.....	24
7.2. Výpočet dvou spodních výpustí.....	35
7.2.1. Tři nové uzávěry.....	36
7.2.2. S využitím hradidel.....	37
7.2.3. Zazdění tunelu.....	37
8. Stavebně-technické řešení.....	41

8.1. Varianta dvou výpustí.....	41
8.1.1. Řešení s třemi novými uzávěry	41
8.1.2. Řešení s dvěma uzávěry	43
8.2. Varianta zazdění tunelu	44
9. Závěr.....	45
10. Zdroje a literatura	47
Seznam obrázků.....	49
Seznam tabulek.....	49
Seznam grafů	49
Seznam příloh.....	50
Výkresová část.....	50

1. ÚVOD

Tato práce se věnuje výpustnému tunelu Štěchovického vodního díla, který se nachází v jeho III. poli. Tento objekt je specifický v tom, že se nejedná o klasickou spodní výpust.

Je to otvor o průměru 7 m a vede skrze celé těleso ve výšce zhruba 1 m nade dnem nádrže. Na návodní straně je zahrazen stavidlovým uzávěrem, který je usazen pomocí drážek v betonových křídlech. Ty jsou vytaženy směrem do nádrže a nachází se v nich i drážky pro provizorní hradidlové hrazení.

Historicky sloužil tento tunel k převodu vody za stavby a voroplavbě a byl zanechán za účelem spodní výpusti. Stavba tohoto díla byla dokončena v r. 1943 [1] a tehdejší legislativa zřejmě dovoľovala řešit spodní výpusti takovýmto způsobem. Z dnešního pohledu je však toto řešení nevyhovující pro účely spodních výpustí.

Hlavním důvodem jsou požadavky legislativy na vodní díla a jejich výpustné objekty, které se v čase mění a často zpřísňují. Tyto předpisy jsou v rámci práce rozebrány a na jejich základě je navrženo několik možných řešení, jak může být dílo uvedeno s nimi v soulad.

Motivem této práce je především tato nesrovnalost mezi požadavky na výpustné objekty a stávajícím stavem této přehrady, protože fakticky na běžný provoz díla tento objekt vliv nemá a riziko náhlého porušení uzávěru při provádění pravidelných kontrol je minimální.

Jedinou nevýhodou je, že momentálně není možné tuto nádrž vypustit a nelze snížit hladinu pod hranu přelivu, protože minimální provozní hladina pro průběžnou elektrárnu, která je součástí tohoto díla, je 0,35 m nad ní a jiné výpustné objekty se na díle nenacházejí. To skýtá potenciální riziko v případě poruchy tělesa na návodní straně nebo potřeby prohlídky, či sanace.

Definice použitých zkratk

VD- vodní dílo

SV- spodní výpust

TBD- technickobezpečnostní dohled

KK- konsumpční křivka

MŘ- manipulační řád

KMŘ- komplexní manipulační řád

BpV- Balt po Vyrovnání

2. CÍLE PRÁCE

Cílem této publikace je na základě dostupných materiálů a zdrojů zhodnotit stávající stav VD Štěchovice se zaměřením na její výpustný tunel, jež se nachází ve středovém poli. Budou popsány základní charakteristiky, funkce vodního díla a jeho výpustných zařízení, které jsou dané manipulačním řádem.

Dále bude uvedena a okomentována platná legislativa, týkající se výpustných objektů, a bude porovnána se stávajícím stavem. Na to budou navazovat 3 možná řešení; zachování stávajícího stavu, uvedení do souladu s příslušnou legislativou a zaslepení tunelu, čímž by dílo uvedeno do neškodného stavu.

První řešení bude obsahovat ověření stávajícího stavu včetně výpočtu konsumpční křivky tunelové výpusti a jejího porovnání s platnou konsumpční křivkou dle manipulačního řádu, případně s historickými křivkami. Dále bude okomentováno, za jakých podmínek by bylo možné tento stav akceptovat.

Cílem druhé varianty bude navrhnout dvě spodní výpusti do prostoru stávajícího výpustného tunelu tak, aby byly splněny požadavky platných předpisů. Tato varianta bude podložena hydrotechnickými výpočty a koncepční výkresovou dokumentací.

Poslední varianta trvalého zazdění tunelu bude řádně okomentována na základě dílčích výpočtů a bude pro ni také vyhotovena koncepční výkresová dokumentace.

3. ZÁKLADNÍ INFORMACE O VODNÍM DÍLE ŠTĚCHOVICE



Obr.3. 1: Pohled na dílo ze zdi plavební komory

[vlastní archiv]

Štěchovická přehrada se nachází na 84, 318 ř. km řeky Vltavy v těsné blízkosti stejnojmenné obce.

Toto vodní dílo je předposlední vzdouvací stavbou tzv. Vltavské kaskády, což je soubor na sebe navazujících vodních děl, které mají za cíl kromě jiného i zmírňovat výkyvy průtoků během roku na řece Vltavě.

3.1. Historie projektu

Myšlenka úpravy celé střední Vltavy je známá již od středověku, kdy byla hlavním cílem regulace toku a umožnění splavnění předně pro dopravu surovin. Po katastrofální povodni v r. 1890 byl v r. 1894 vytvořen první projekt, který navrhoval na toku od Českých Budějovic až po Mělník 35 stupňů o výšce 2- 4 m s plavebními komorami. [2]

Poté následovala desetiletí rozporů o množství, velikosti a podoby jednotlivých vltavských stupňů. Během těchto let se udála 1. světová válka a po vzniku republiky, kdy postupně docházelo k celkové hospodářské obnově a modernizaci, vzešel roku 1919 v platnost zákon „o státní podpoře při zahájení soustavné elektrisace“ [3]. To vneslo další proměnnou do plánování těchto staveb. Najednou bylo jedním z hlavních požadavků vedle splavnění i využití vodní energie, což vyžadovalo rozměrnější díla s větším spádem o celkovém nižším počtu, a to nebylo v souladu s tehdejšími požadavky na plavbu. [2]

Celý tento vývoj postupně vedl k plánu výstavby celé Vltavské kaskády, jak ji známe dnes. Prvotní návrhy podoby štěchovického vodního díla vznikly kolem roku 1931 [4], ovšem finální podoba pochází až z roku 1937. Hlavním důvodem prodlevy byly nejspíše neshody ohledně jejího účelu a konkrétních rozměrů. [1]

Nakonec byla zvolena varianta betonové tížné přehrady, viz obr. 1. 1, jež je obložena žulovými kameny, které chrání jádrový beton proti abrazi.

3.2. Obecné charakteristiky

Délka hráze činí 124 m a její výška ode dna nádrže ke koruně je 23,40 m. Hloubka základů je přibližně 9 m a šířka v patě dosahuje až 20,44 m. Těleso hráze je tvořeno 5 přelivnými poli, jejichž hrana je v nadmořské výšce 214,45 m n. m. Každé z nich je široké 20 m. Pole jsou od sebe oddělena pilíři, v nichž jsou na vnitřní straně po výšce umístěny vodící drážky pro uzávěry přelivů. V tomto případě se jedná o 5,20 m vysoká, pohyblivá stavidla. Tyto hradící prvky jsou z obou stran zavěšeny na Gallových řetězech ovládaných ze strojovny v kryté obslužné lávce, která je umístěna nad hrází na pilířích. Ovládání pohyblivých mechanismů je prováděno dálkově z velína, jenž se nachází v lávce nad plavební komorou a v případě potřeby umožňuje vstup do strojovny. [5]

V prostředním (III.) poli tělesa hráze se nachází objekt výpusti (tunel) podkovovitého tvaru o průměru 7 m, který vede skrze celé těleso. Kóta dna tunelu je 198,8 m n. m. Původním účelem tohoto výpustního objektu byl převod vody a umožnění voroplavby v průběhu stavby. Po jejím dokončení byl zahrazen na návodní straně ocelovým stavidlem o rozměrech 7,00 x 7,45 m, a ponechán jako jediná spodní výpust, která má v případě potřeby sloužit k vyprázdnění nádrže. [6] Po obou stranách tohoto tunelu jsou po celé výšce hráze vytaženy směrem do prostoru nádrže betonová křídla, která v sobě mají drážky umožňující pohyb stavidla. Tím je možno manipulovat pomocí portálového jeřábu, který je umístěn na obslužné lávce. Stejným jeřábem se dá instalovat i provizorní hrazení stavidla,

kteře se skládá z 8 mobilních hradidel. Tyto hradidla se v pořadí 1-8 zasunou do drážek, jež jsou umístěny před stavidlem směrem do nádrže také v křídlech viz výkres 1.2.

Součástí tělesa hráze je také revizní chodba, která je přístupná z krajních pilířů a uprostřed je přerušena výše zmíněným tunelem. Do této chodby je sveden systém drenáže, který umožňuje odvodnění tělesa a měření daných průsaků [2]. Tato chodba je ve spádu 5,5‰ směrem od tunelu ke vchodům dle přílohy J.2.3 MŘ, odkud je prosakující voda čerpána a odváděna do dolní vody [5].

U pravého břehu se nachází plavební komora o šířce 12 m a délce 118,4 m. Překonávaný rozdíl hladin je až 20 m. Výška dolních a středních vzpěrných vrat je 24 m a horní vzpěrná vrata měří 8 m. Nadmořská výška horního záporníku plavební komory je 212,80 m n. m. a dolního 196,30 m n. m. Dno nátoků do obtoků se nachází dle přílohy J.2.3 MŘ na kótě 206,80 m n. m. Pro zajištění plavební hloubky je nutné zvednout hladinu stálého nadržení z 214,80 m n. m. na 215,80 m n. m. Úroveň dělicí zdi plavební komory je ve výšce 220,80 m n. m., což je i korunou hráze [5].

Na levém břehu stojí budovy elektrárny. Nátok do průběžné vodní elektrárny je v ose hráze a její minimální provozní hladina je 214,80 m n. m. Nachází se zde i přečerpávací vodní elektrárna, která je napojena na dolní vodu, tudíž nijak neovlivňuje chod Štěchovické přehrady. Jejím jediným požadavkem je zajištění minimální provozní hladiny dolní vody na kótě 200,10 m n. m. [5].

Vzhledem k době výstavby díla je nutno zmínit, že původní dokumentace nebyla vyhotovena ve výškovém systému Balt po vyrovnání, který se užívá dnes, ale zřejmě byl použit výškový systém Normal Null. [5] Tento systém byl používán v době německé okupace a během 2. světové války. Na původních výkresech sice není uvedeno, o jaký výškový systém se jedná, ale jsou označeny datem 12. 7. 1938. Je tedy možné, že už v této době se na našem území tento výškový systém užíval.

Z tohoto důvodu jsou některé konšumpční křivky výpustného tunelu v podkladech vyneseny od kóty 199 m n. m., což byla úroveň dna tunelu v původních výkresech.

Aby bylo možné vzájemně porovnat libovolné KK, byly tyto křivky výškově posunuty podle počátku na kótu 198,80 m n. m., aby odpovídaly dnešnímu výškovému systému.

4. POŽADAVKY LEGISLATIVY A NOREM VE VZTAHU KE SPODNÍM VÝPUSTEM

Kritéria, která musí splňovat výpustné objekty přehrad, jsou uvedeny ve vyhlášce č. 590/2002 Sb. o technických požadavcích pro vodní díla. [7]

Důležité body tohoto výnosu jsou následující:

„(7) Každá přehrada musí mít nejméně dvě samostatně použitelné, funkčně na sobě nezávislé spodní výpusti s třemi uzávěry, přičemž za jednu ze spodních výpustí lze předpokládat i jiné odběrné zařízení (například vodárenské odběrné zařízení) s kapacitou vyhovující účelu vodního díla. U nově prováděných přehrad nelze za jednu ze spodních výpustí pokládat jiné odběrné zařízení, například vodárenské odběrné zařízení s kapacitou vyhovující účelu vodního díla.

Hráz může být vybavena jednou spodní výpustí pouze ve výjimečném případě, a to u vodního díla s ovladatelným objemem nejvýše 1 mil. m³ vody, hloubkou vody při maximální hladině vody nejvýše 9 m nad úrovní dna vtoku do spodní výpusti a nehrazeném přelivu, popřípadě pokud byl pro převádění návrhové povodně předpokládán pouze přepad přes uzavřené uzávěry a není požadováno udržování trvalého průtoku vody v korytě vodního toku.“

„(8) Kapacita spodních výpustí musí umožnit při všech v úvahu přicházejících hladinách vody ve vodní nádrži snížení hladiny vody na požadovanou úroveň v požadovaném čase a dodržení předepsaného postupu prvního plnění vodní nádrže s přiměřenou zabezpečeností. Vypouštění požadovaných průtoků vody musí být možné i pouze jedinou spodní výpustí.“ [7]

Doporučené parametry a vlastnosti, které by měla splňovat výpustná zařízení, jsou uvedeny v podkapitole 6.2 normy č. 75 2340 [8]. Tato norma se ve zmíněné části většinou svého sdělení shoduje s výše zmíněnou vyhláškou. Ze své podstaty však není závazná a v případě řádného odůvodnění lze postupovat i v rozporu s touto normou.

Odstavec 6.2.1 hovoří ve stejném smyslu jako vyhláška o vzájemné nezávislosti spodních výpustí a jejich vybavení uzávěry, a také se ztotožňuje s podmínkami, za jakých je možno použít pouze jednu výpust. Dále se v odstavci 6.2.2 zmiňuje o tom, že:

„Kapacita spodních výpustí musí být taková, aby tyto výpusti umožňovaly:

- a) *spolu s ostatními výpustnými zařízeními a přelivy bezpečné převedení povodňových průtoků;*
- b) *řízení průtoků v souladu s manipulačním řádem a s ohledem na předpověď počasí;*
- c) *vypouštění požadovaných průtoků při všech v úvahu přicházejících hladinách vyplývajících z vodohospodářského řešení nádrže;*
- d) *snížení hladiny na požadovanou úroveň v požadovaném čase (pro případ ohrožení vodního díla apod.);*
- e) *udržení požadovaného postupu prvního plnění nádrže s přiměřenou bezpečností.*

Kapacita jednotlivých výpustí má být volena tak, aby požadavek odrážky c) byl splněn i za předpokladu, že polovina z celkového počtu spodních výpustí není schopna provozu.“ [8]

V další části 6.2.3. se norma zmiňuje o možnosti využití jiného výpustného či odběrného zařízení, pokud splňuje všechny náležitosti spodní výpusti a je možné je takto kdykoliv využít. To však pouze v případě, že se nejedná o novou stavbu VD.

Dále je v odstavci 6.2.4 uvedeno, že „*pro vypouštění stálých průtoků má být navrženo samostatné výpustné zařízení, které může být spojeno se zařízením na využití energetického potenciálu vypouštěné vody popř. vybaveno zařízením pro zvýšení nasycení vypouštěné vody kyslíkem.*“ a také, že „*výpustné zařízení může být řešeno jako samostatná výpust nebo jako odbočka z jiného výpustného nebo odběrného zařízení.*“ [8]

Poslední odstavec, zmiňující se o spodních výpustech, je odst. 6.2.7, který říká: „*Je-li se spodní výpustí uvažováno pro převádění povodňových průtoků, musí být zajištěna její manipulovatelnost za všech stavů hladiny vody v nádrži (i podhrázi) a při všech provozních stavech (výpadek elektrické energie apod.)*“ [8]

Z výše uvedené normy a vyhlášky vyplývá, že pokud se nejedná o malou vodní nádrž, jejíž výška hráze je maximálně 9 m nad úrovní dna vtoku do spodní výpusti a její objem je do 1 mil. m³, musí mít vodní dílo minimálně 2 spodní výpusti osazené 3 uzávěry. Tyto výpustné objekty na sobě nesmí být nijak závislé, a každý z nich musí být schopen převést požadovaný průtok. Stejně tak by měly být dostatečně kapacitní, aby umožnily dostat se manipulací v požadovaném čase na požadovanou úroveň hladiny vody v nádrži.

U stávajících přehrad je možné považovat za spodní výpust odběrný objekt, který je schopen plnit její funkci za všech podmínek, a zároveň splňuje výše zmíněné požadavky na SV.

Další konkrétní požadavky na spodní výpusti jsou uvedeny v 7. kapitole výše uvedené normy. Jedná se především o podkapitoly, které specifikují náležitosti spodních výpustí.

Je zde uvedeno v části 7.1, že konstrukce zařízení a funkčních objektů musí zajišťovat v daných podmínkách bezpečnost, snadnou údržbu a spolehlivý provoz. Pro ten je důležité, aby návodní uzávěry a případně vytahovací česle bylo možné ovládat do úrovně maximální bezpečné hladiny. [8]

Dále v části 7.9.1 je uvedeno, že: *“Výpust musí být (...) opatřena: revizním uzávěrem a dvěma provozními uzávěry: návodním provozním uzávěrem a vzdušním provozním uzávěrem.* [8]

Toto jen upřesňuje požadavky vyhlášky na účel a umístění jednotlivých uzávěrů.

Dle terminologie hydrotechniky, která je popsána v ČSN 75 0120, slouží provozní uzávěr k ovládní průtoku za běžných podmínek a musí proto umožňovat manipulaci za průtoku a plného tlaku. Může být dle potřeby regulační nebo neregulační. Oproti tomu revizní uzávěr průtok neovlivňuje, protože se používá při revizích a opravách výpustí a obvykle se do průtoku neuzavírá. [9]

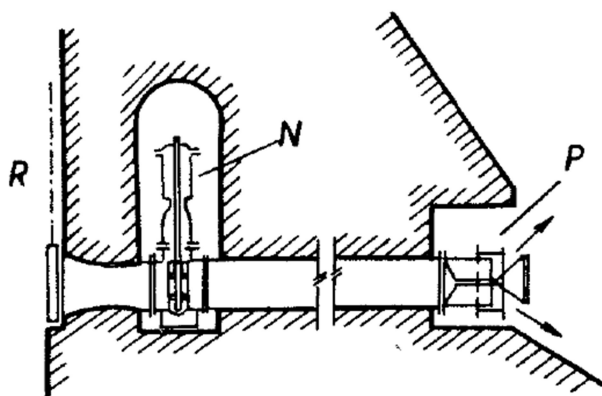
Další požadavky v podkapitole 7.9.3 ČSN 75 2340 se týkají vtoků do výpustí. [8]

Jejich výškové umístění musí minimalizovat mrtvý prostor a tvar vtoku by měl být zvolen hydraulicky nejvhodnější. Pokud není zřejmé, jak bude vypadat proudění v oblasti vtoku a bude zde riziko vzniku kavitace a rázů, je vhodné v takovém případě provést hydraulický výzkum. Pro kapacitní výpusti při malých hloubkách je doporučeno zkoumat hydraulické jevy na hladině z důvodu vzniku vírů a stahování splávi ke vtoku. [8]

Pokud je v místě vtoku střední rychlost vyšší než 6 m/s u běžně používaných výpustí, je nutno provést tuto část z oceli, litiny, či betonu s kovovým pancířem v místě nátoku. Všechny tyto části je nutno navrhovat na jmenovitý tlak výpusti. Stejně tak musí i okolní konstrukce odolávat tlakům vody, a případnému chvění či obrusu. Je nutné při těchto nárocích brát v úvahu pracovní postupy, montáž a dopravu prvků a materiálů. [8]

V případě, že budou zvoleny ocelové nebo litinové vtoky, je vhodné opatřit je přírubou pro montáž uzavíracího víka, pokud to jejich rozměry dovolují. Jeho montáž musí být pro potápěče co nejsnazší. Dále musí být revizní uzávěr vybaven uzavíratelným otvorem k vypouštění a napouštění meziprostoru, pokud se nejedná o uzávěr, se kterým se nedá manipulovat za jakékoliv hladiny. [8]

Další podkapitola 7.9.5 se týká uzávěrů výpustí.



Obr. 11.57. Uzávěr spodní výpusti
R – revizní, *N* – návodní provozní,
P – povodní provozní

Obr. 4. 1: Typy uzávěru a jejich umístění

[10]

Volba typu uzávěru se odvíjí od požadavků na regulaci průtoků, jeho provozních podmínek, přípustného stupně netěsnosti v závislosti na očekávaných podmínkách jeho okolí, hydraulických parametrů, což souvisí s koncepcí vtokového a výtokového objektu. [8]

U uzávěrů nesmí vlivem výpadku elektrické energie dojít k samovolné změně nastavené polohy. Pokud se jedná o regulační uzávěr, nesmí k tomu dojít v žádné poloze, ale v případě neregulačních uzávěrů nesmí dojít ke změně pouze v koncových polohách. [8]

4.1. Revizní uzávěr

Funkcí revizního uzávěru je „bezpečné uzavření spodní výpusti při revizích a opravách ostatních částí výpusti.“ [8]. Je vhodné zvolit takový uzávěr, aby byl použitelný při všech hladinách v nádrži, avšak pokud provoz VD umožňuje snížit hladinu bez hospodářských ztrát a větších obtíží, lze navrhnout uzávěr použitelný pouze při snížené hladině v nádrži. Podmínky této manipulace pro instalaci revizního uzávěru je ale nutné uvést v manipulačním i provozním řádu. Tento uzávěr může být instalován i do vedení pro vytahovací česle, jsou-li použity, viz podkapitoly 7.9.5.3 a 7.9.5.4 v ČSN 75 2340. [8]

Pokud budou jako revizní uzávěr navrženy hradidla, je dle podkapitoly 7.9.5.5 výše uvedené normy možné pro více stejných vtoků použít jednu společnou sadu. Jejich skládka musí být uspořádána tak, aby umožňovala řádnou kontrolu a údržbu těchto prvků. Je potřeba, aby každé hradidlo bylo očíslováno dle sledu spouštění při hrazení vtoku. [8]

Pro manipulaci s revizním uzávěrem je nutné mít vyrovnané hladiny před a za ním, a proto je třeba, aby bylo umožněno prázdňení a plnění prostoru za tímto uzávěrem. [8]

4.2.Návodní provozní uzávěr

Dle podkapitoly 7.9.5.7 je dáno, že: „*Návodní provozní uzávěr musí umožňovat pohotovému uzavření výpusti za průtoku při všech stavech hladiny v nádrži*“ [8]

A dle části 7.9.5.8 musí: „*Celkové uspořádání výpustí i konstrukce návodního provozního uzávěru a revizního uzávěru musí umožňovat bezpečné provádění revizí a oprav výpustního zařízení i pod ochranou jediného uzávěru.*“ [8]

Plnění prostoru za návodním uzávěrem se děje postupným otevíráním uzávěru, jeho otevřením do plnicí polohy, čerpáním nebo obtokem. Potřebu zavzdušnění tohoto prostoru je třeba posoudit individuálně, a to hydraulickým modelem, porovnáním s podobným řešením atd., s ohledem na celkovou dispozici a hydraulické parametry. Pokud je potřeba zavzdušnění, navrhuje se dané potrubí na rychlost zhruba 50 m/s. Jeho zaústění musí být situováno tak, aby nedošlo k ohrožení žádných osob a především obsluhy VD. [8]

Dle další podkapitoly 7.9.5.11 v případě použití stavidlového uzávěru je nutné umožnit provádění revizí a oprav stavidla v otevřené poloze. Je možné kvůli tomu případně částečně snížit hladinu, avšak tato manipulace musí být uvedena v manipulačním i provozním řádu. [8]

Další zařízení jako např. obtoky uzávěrů, proplachování potrubí a potrubí pro měření tlaků, musí být v případě poruchy daného uzávěru možno nouzově uzavřít při jakékoliv hladině v nádrži. [8]

4.3. Vzdušný provozní uzávěr

Typ vzdušního provozního uzávěru se odvíjí od celkového řešení výtokového objektu. Je vhodné, aby návrh výtoku byl ověřen modelovým výzkumem a to zejména pokud je uzávěr umístěn na konci potrubí. Spolu s tím je potřeba zvážit podmínky zimního provozu. [8]

Pokud je povodní provozní uzávěr instalován do potrubí (klapkový, brýlový, šoupátkový atp.), je nutné, aby za ním byl kus přímého potrubí o délce minimálně třem jeho průměrům. V případě, že je tento uzávěr trvale částečně nebo úplně pod hladinou dolní vody, je potřeba opatřit výtokový objekt revizním uzávěrem i na této straně nebo umožnit snadné zájmkování. [8]

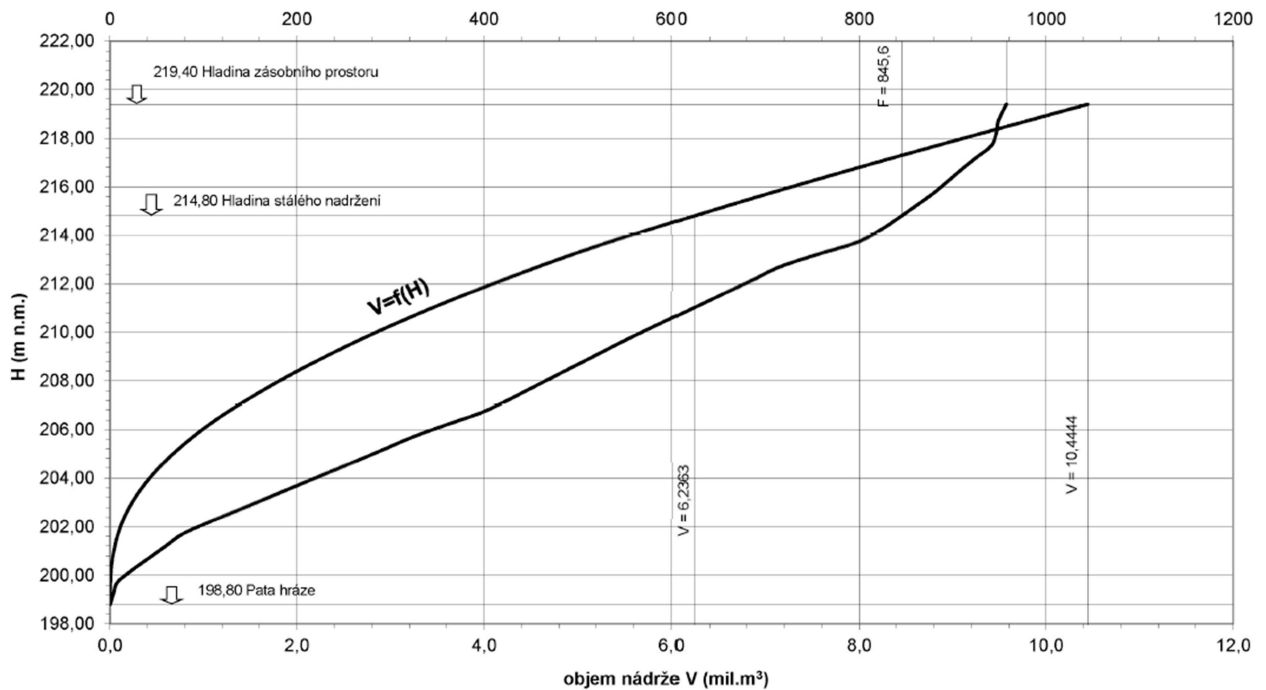
5. STÁVAJÍCÍ STAV A JEHO PARAMETRY

Základní rozměry stavby jsou uvedeny v kapitole 3.

Dle platného manipulačního řádu toto dílo slouží k „*akumulaci a vzdouvání povrchové vody*“ [5] a k zajištění minimálního průtoku v profilu Vrané, což je $40 \text{ m}^3/\text{s}$, ve spolupráci s výše položenými vodními díly. Dále by dílo mělo být schopno „*dočasného částečného snížení povodňových průtoků za účelem ochrany území pod vodním dílem před účinky povodní*“, a také využít odtok pro výrobu elektrické energie. Dalšími požadavky jsou vhodné podmínky pro povolená nakládání s vodami, pro plavbu, rekreaci, vodní sporty a extenzivní rybolov. [5]

Délka vzdutí je 7,3 km a maximální zatopená plocha je 95,7 ha. Celkový objem nádrže je 10,444 mil. m^3 a pohybuje se mezi výškami 198,80 - 219,40 m n. m, což je úroveň maximální hladiny. Toto rozmezí se dělí na zásobní prostor a na prostor stálého nadržení. Objem v prostoru stálého nadržení je během mimoplavebního období v intervalu 198,80 - 214,80 m n. m. a činí 6,236 mil. m^3 . V plavebním období je mezi 198,80 - 215,80 m n. m. a nabývá objemu 7,100 mil. m^3 . Zásobní objem se tím pádem také liší podle období, ale jeho hladina je v plavebním i mimoplavebním období na kótě 219,40 m n. m. V plavební sezóně tedy začíná na kótě 215,80 m n. m. a končí na 219,40 m n. m. a disponuje objemem 3,344 mil. m^3 . Ve zbylé části roku je zásobní prostor v rozmezí kót 214,80- 219,40 m n. m. a poskytuje objem 4,208 mil. m^3 . [5]

Čáry zatopených objemů a ploch jsou zobrazeny v grafu na obrázku 5.1.



Obr. 5.1: VD štěchovice- charakteristika nádrže dle MŘ přílohy J.1.1 [5]

Hydrologická data očištěných průtoků pro štěchovický profil jsou uvedeny v tabulkách 5.1 a 5.2.

M	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	355	364
Q_{Md}	169	119	98,1	83,2	69,3	61,2	54,4	49,1	42,8	37,9	32,2	25,4	19,3

Tab. 5. 1.: M- denní průtoky (Q_{Md}) $m^3 s^{-1}$ [5]

N	1	2	5	10	20	50	100
Q_N	490	696	1010	1270	1550	1950	2290

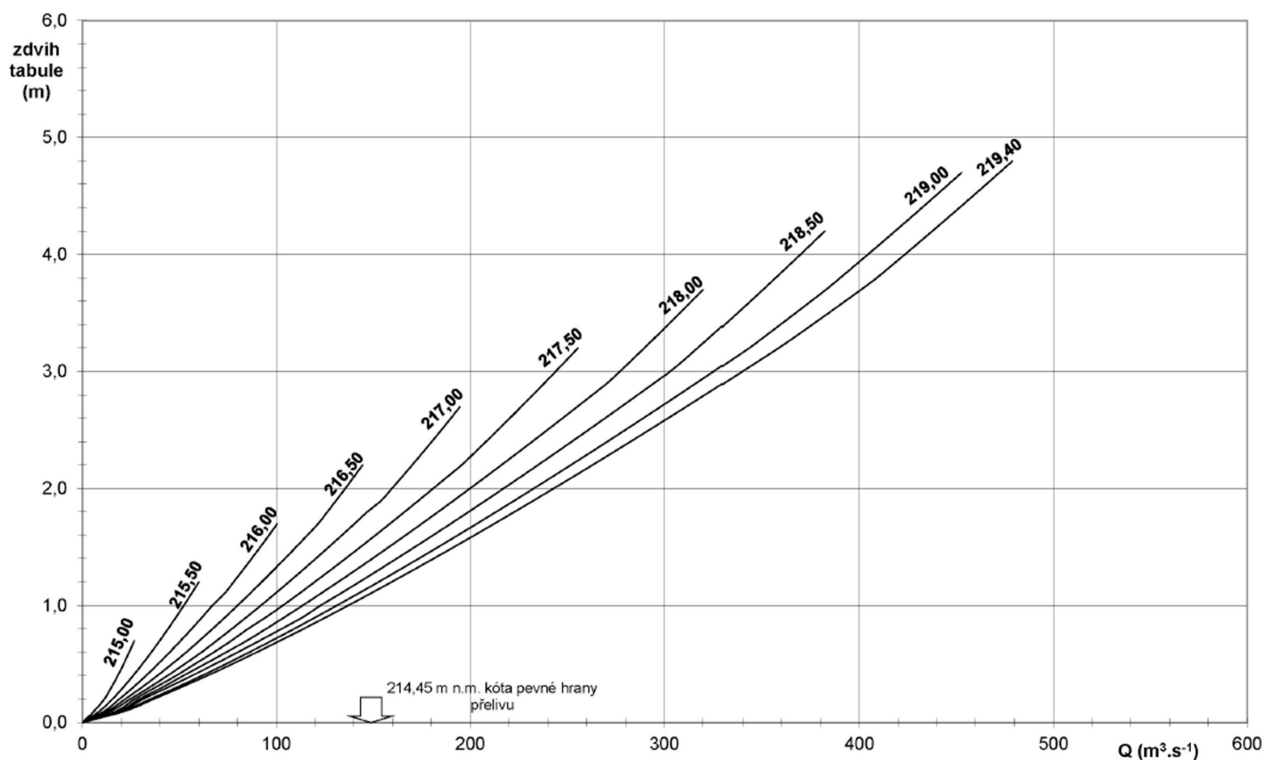
Tab. 5. 2.: N- leté průtoky (Q_N) $m^3 s^{-1}$ [5]

Neškodný průtok pro tento profil a níže položená území byl určen na 800 m^3/s [5], což je mezi dvouletým a pětiletým průtokem dle tab. 5.2.

Průměrný dlouhodobý roční průtok je zde 83,5 m^3/s [5]. To odpovídá zhruba 120- dennímu průtoku.

Pro převádění běžných průtoků se používá průběžná (pološpičková) vodní elektrárna na levém břehu. Tento odtok je řízen vodohospodářským dispečinkem povodí Vltavy ve spolupráci s dispečinkem Vodních elektráren ve Štěchovicích. [5]. Jsou zde osazeny dvě Kaplanovy turbíny, každá o hltnosti $80 \text{ m}^3/\text{s}$. Díky tomu je možné převést přes elektrárnu až $160 \text{ m}^3/\text{s}$. Její minimální provozní hladina je $214,80 \text{ m n. m}$, což se shoduje s úrovní hladiny stálého nadržení v mimoplavebním období.

Za normálního stavu, v případě, že není požadavek na výrobu elektrické energie nebo není možné uvést soustrojí do provozu, se dá voda převést přes přelivy. Je to možné díky tomu, že hrana přelivu je pod úrovní hladiny stálého nadržení na kótě $214,45 \text{ m n. m}$. O častou manipulaci se však nejedná. Kapacita přelivů se určuje pomocí konsumpční křivky výtoku pod jednou tabulí dle grafu na obrázku 5.2., kde na jednotlivých křivkách jsou uvedeny nadmořské výšky hladin v nádrži.

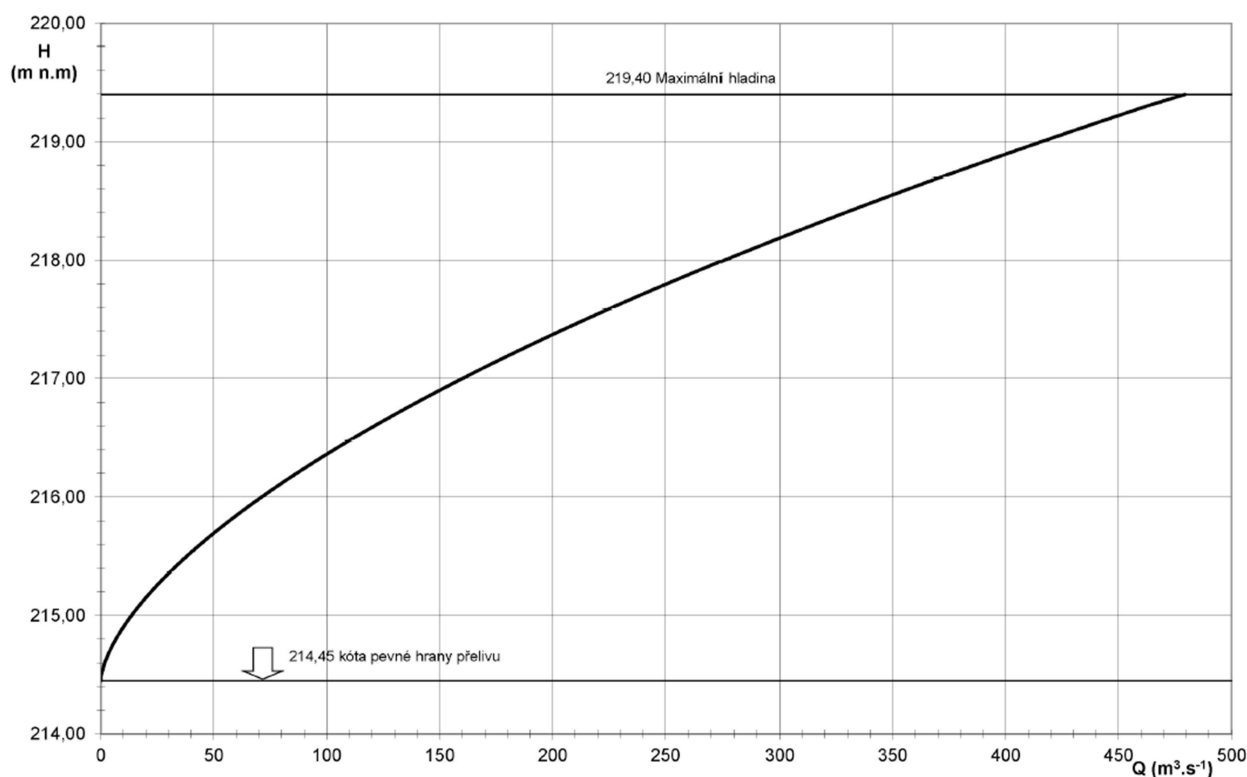


Obr. 5. 2.: Konsumpční křivka výtoku pod tabulí dle MŘ přílohy J.1.3

[5]

Pokud by se jednalo o větší (např. povodňové) průtoky a uzávěry přelivů by se vyhradily nad úroveň hladiny, nastává volný přepad. Pro určení velikosti takového průtoku přes přelivy se využívá konsumpční křivka volného přepadu přes 1 pole, jež je vyobrazena na následujícím grafu na obr. 5.3.

Z toho vyplývá, že maximální průtok, který je těleso schopno převést za použití všech přelivů je $2400 \text{ m}^3/\text{s}$. Tato hodnota lehce přesahuje hodnotu 100- letého průtok dle tab. 5.2.

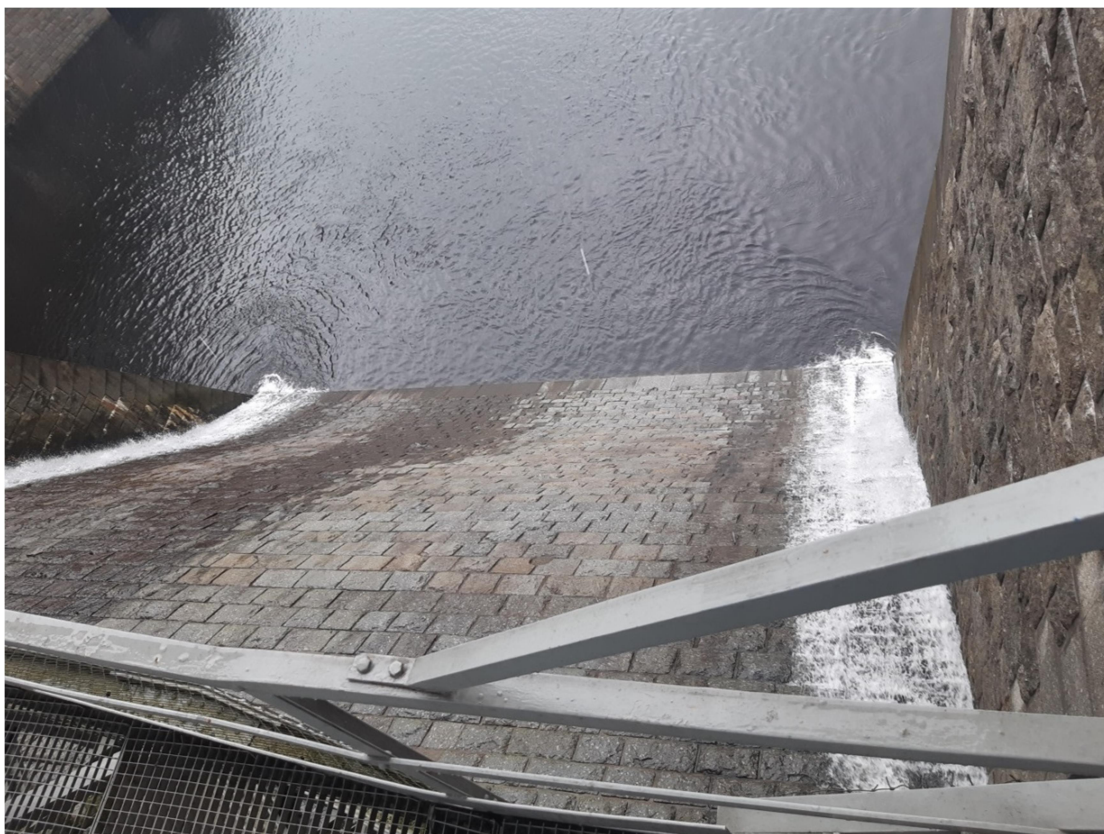


Obr. 5. 3: Konzumpční křivka volného přepadu dle MŘ přílohy J.1.2

[5]

Po většinu času se veškerý průtok převádí přes nízkotlakou vodní elektrárnu a k manipulaci se stavidly dochází zřídka a velmi nepravidelně. Tyto manipulace se řídí centrálně v rámci celé Vltavské kaskády z vodohospodářského dispečinku státního podniku Povodí Vltavy.

Nevýhodou používání stavidel na přelivech je jejich netěsnost. Po každém dosednutí uzavěr v rozích prosakuje (Obr. 5.4), protože je odtlačován silou proudící vody a je zde přechod mezi vodorovným a svislým těsněním. Z tohoto důvodu musí obsluha po každém uzavření stavidlo dotěsnit. K tomuto účelu se zde používá struska z tepelných elektráren (Obr. 5.5). Dostatečný objem strusky se zabalí do kusu látky (Obr. 5.5) a ten se spustí po návodní straně stavidla. Následně se tkanina vytáhne a tlakem proudící vody dojde k naplavení drtě do rohu, čímž se mezera mezi stavidlem a přelivem utěsní.



Obr. 5. 4: Průsak skrze stavidlo na přelivu

[vlastní archiv]

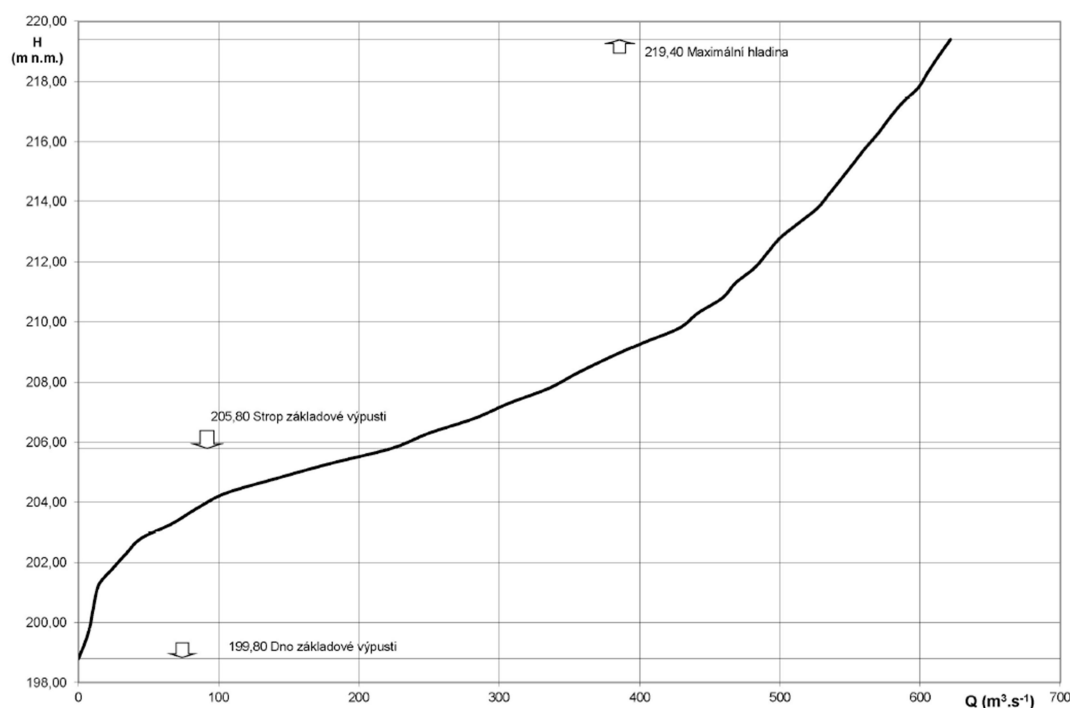


Obr. 5. 5: Struska na utěšňování přelivů obalovými tkaninami

[vlastní archiv]

Níže umístěné jsou nátoky do obtoků plavební komory, která se nachází u pravého břehu. Jejich dno je na kótě 206,00 m n. m., a dno plavební komory je 196,15 m n. m. [5]. Z toho je zřejmé, že i v případě maximálního využití obtoků by bylo umožněno prázdňení jen do nadmořské výšky nátoků, a tím by enormně vzrostl mrtvý prostor.

Posledním funkčním objektem je výpustný tunel. V manipulačním řádu jsou uvedeny charakteristiky této výpusti a v jeho příloze je i její konsumpční křivka. V žádné části platného dokumentu však není uvedeno, jaký je její účel a za jakých okolností lze tento objekt využít. Dle původních dokumentů, např. *Projekt zdymadla nad Štěchovicemi* [4], bylo možno použít tento tunel pro vypuštění nádrže, avšak v žádné části dnešního MŘ a zejména v části o prázdňení nádrže (kap. C.6 MŘ [5]) není tento tunel zmíněn, přestože je označován jako „výpustný“ [5]. Při maximální hladině a plného otevření je možné dle konsumpční křivky, uvedené v MŘ viz obrázek 5.6, dosáhnout průtoku až 620 m³/s. Tato konsumpční křivka byla porovnána v kap. 7.1 s teoretickou KK získanou hydrotechnickým výpočtem a bylo zjištěno, že tato platná křivka neodpovídá skutečnosti.



Obr. 5. 6.: Konsumpční křivka tunelové výpusti dle MŘ přílohy J.1.4

[5]

Žádná další konstrukce, která by splňovala požadavky na spodní výpusti, se na vodním díle nevyskytuje.

Dle platného manipulačního řádu jsou stupně povodňové aktivity vyhlášovány podle odtoků ze Slap a Vraného a pro jejich převod slouží jen přelivná pole.

6. UVAŽOVANÉ VARIANTY ŘEŠENÍ

6.1. Stávající stav

Monitorování stavu uzávěru spodní výpusti probíhá po celou dobu životnosti stavby, nicméně většinou jen ze vzdušní strany, kde je zajištěna dostupnost člunem. Během prohlídek byl především měřen rozsah koroze a tloušťky plechu [11].

Z návodní strany kontroly také byly prováděny, ale pouze ve spolupráci s potápěči nebo byla použita zobrazovací technika.

Dle zdrojů z archivu povodí Vltavy byla provedena prohlídka z návodní strany uzávěru za použití provizorního hrazení na tomto objektu poprvé v r. 1954 [12], a poté v r. 2018 pod dohledem TBD [13]. Z poslední prohlídky návodního líce stavidla jsou závěry takové, že objekt není nikde narušen a dochází pouze k lokální korozi.

Je zde ale uvedeno doporučení o zavedení pravidelných kontrol a sledování stavu z obou stran uzávěru střídavě po 5 letech, takže interval prohlídky jedné strany by v takovém případě měl být 10 let. Toto opatření však neřeší problematiku vypuštění nádrže a stávající nesoulad s dnešní legislativou, která se týká spodních výpustí.

Tento tunel má pouze jeden neregulační návodní uzávěr a možnost provizorního hrazení, které bylo provedeno vždy v případě celkového odhalení stavidla.

Pro splnění předpisů zde chybí povodní regulační uzávěr a druhá nezávislá výpust. V tomto konkrétním případě nelze využít ani jiný objekt, který by splňoval požadavky kladené na spodní výpusti.

Nenachází se zde žádný jiný odběrný objekt, který by plnil její funkci a nátok na elektrárnu je pro vypouštění prostoru stálého nadržení příliš vysoko.

Stejný problém se týká i obtoků plavební komory. Ty jsou sice níže, na úrovni 206,80 m n. m., ale stále by zde zůstával mrtvý prostor o objemu 1,2 mil. m³. Z tohoto důvodu tato varianta nebyla dále uvažována.

Momentálně dílo splňuje požadované funkce a problematika výpustního tunelu nijak nenarušuje jeho chod. Pokud by bylo požadováno zachovat stávající stav tak, jak je, bylo by nutné požádat o výjimku a řádně zdůvodnit, že toto řešení nepředstavuje riziko. Spolu s tím musí být naplánovány konkrétní scénáře, jak postupovat v případě revizí, oprav a případného vypouštění nádrže. Bylo by pro to třeba zajistit funkčnost stavidlového uzávěru spodní výpusti i pro manipulaci v běžném provozu, jak doporučuje platný provozní řád:

„... V běžném provozu se manipulace s tímto uzávěrem nepoužívá, v případě potřeby jakékoliv činnosti tohoto funkčního celku je nutné vypracovat podrobný technologický předpis.“ [2].

V takovémto případě je nutné brát ohled i na stabilitu jiných částí stavby, jako je např. vývar. Vyplývá to z provedeného doměřování na modelu v r. 1942 [14], kde je uvedeno, že při převádění vody pouze tunelem při dosažení průtoku $250 \text{ m}^3/\text{s}$ dojde k vymílání nepevněného koryta za vývarem. Bylo by nutné tuto skutečnost ověřit buď fyzikálním, nebo matematickým modelem.

Stávající stav je zobrazen na výkresových přílohách 1.1, 1.2 a 1.3.

6.2. Uvedení do souladu s platnými předpisy

Toto řešení nabízí v maximální míře splnění požadavků současné legislativy. Za požadovaný průtok byl brán minimální zůstatkový průtok, který musí být zajištěn v profilu Vrané, což je $40 \text{ m}^3/\text{s}$. Tuto podmínku splní výpust o průměru DN2000 z ocelového potrubí o celkové délce 10 m s třemi uzávěry.

Konstrukce potrubí je navržena ve sklonu 1%. Hlavními stavebními úpravami a zásahy do stávající konstrukce jsou v tomto návrhu úpravy líců tělesa hráze v místě tunelové vpusti. Vtoky je nutno řádně obetonovat a utěsnit, aby nedocházelo k průsakům. Dále je třeba zrealizovat dělicí příčku s drážkami pro hrací prvky a česle před vtokem na návodní straně, aby každý vtok mohl být hrazen samostatným kusem. Pro tyto prvky bude využita stávající konstrukce pro instalaci provizorního hrazení a stavidla.

Dělicí příčka musí být provedena v dostatečné výšce, aby mohlo dojít k bezpečné manipulaci s objekty v drážkách. Vybetonování profilu bude provedeno i na vzdušné straně v tunelu a bude ponechán pouze prostor v místě vyústění spodních výpustí. Okolí bude vhodně upraveno pro otevření a dosednutí uzávěrů.

Jako povodní provozní regulační uzávěr byl zvolen dvouramenný segment, a to z důvodu minimálních ztrát při plném otevření a menší náročnosti na zábor prostoru v porovnání s rozstřikovacím nebo kulovým uzávěrem. Segmenty budou umístěny do tunelu, aby toto pole hráze stále mohlo plnit funkci přelivu a nebyla tak snížena jeho kapacita. Mezi segmenty bude vybudována obdobná betonová příčka jako na návodní straně, jež bude sloužit k ukotvení příslušného ramene uzávěru.

Od ústí výpustí je navržen jednotný betonový skluz až k počátku vývaru.

K přístupu do prostoru tunelu z důvodu bezpečnostních prohlídek by bylo vhodné použít již existující revizní chodbu v tělese hráze. Probouráním by došlo k jejímu propojení, což by umožnilo snazší pohyb osob během prohlídek, ke kterým se tato chodba využívá.

Druhou možností je zpřístupnit tyto prostory ze směru segmentových uzávěrů. V takovém případě by bylo nutné umístit vodotěsné dveře do oblasti dělicí příčky segmentů a výškově je situovat nad úroveň výtokových otvorů. Toto řešení je konstrukčně značně komplikované, a také by v takovém případě byl složitý i přístup osob provádějící údržbu a revizní či kontrolní návštěvy, protože doprava by byla možná pouze pomocí člunu po vodě z důvodu částečného zatopení výtoku z tunelu dolní vodou.

Vhodnější je tento směr přístupu využívat jen pro případné stavební rekonstrukce a opravy spodních výpustí, které by nebylo možno provádět skrze revizní chodbu.

Z návodní strany budou instalovány vytahovací česle, které využijí stávajících drážek pro provizorní hrazení. Každá výpust bude mít svou sadu česlí.

Pro návodní uzávěry byly rozpracovány dva podnávrhy. První pro 2 nové návodní uzávěry instalované na potrubí, a to klapku jako návodní provozní uzávěr a stavidlo, jako návodní revizní uzávěr.

V druhém případě bude využita možnost zaměnit vytahovací česle za mobilní hradidlové hrazení (viz kap. 4.1. Revizní uzávěr) a stavidlo na vtoku bude sloužit jako návodní provozní uzávěr.

6.2.1. Řešení s třemi novými uzávěry

Tato varianta zachovává segment jako vzdušní provozní regulační uzávěr. Dalším uzávěrem je klapka, která plní funkci návodního provozního neregulačního uzávěru a je navržena v místě přechodu z hydraulicky tvarovaného vtoku na rovné potrubí. V závislosti na konkrétním prvku a jeho pohonu je nutné vhodně upravit jeho okolní prostory.

Jako návodní revizní uzávěr je navrženo stavidlo, které využije drážky pro stávající stavidlový uzávěr. Do nynějších drážek pro provizorní hrazení budou instalovány vytahovací česle. Pro manipulaci se stavidlovým uzávěrem či česlemi bude využit existující portálový jeřáb.

6.2.2. Řešení s použitím hradidel

V tomto návrhu je uvažováno s využitím stávajících drážek provizorního hrazení a drážek v nové dělicí příčce na návodní straně pro vytahovací česle a také pro nové hradidlové hrazení. Tento soubor hradidel bude plnit funkci návodního revizního uzávěru, tudíž stavidlový uzávěr, který bude v místě dnešního stavidla, bude návodním provozním uzávěrem. Výměnu a instalaci česlí a hradidel bude zajišťovat stávající portálový jeřáb. Manipulace se stavidlem však musí být umožněna operativněji a dle podmínek normy musí být manipulace možná za plného průtoku a libovolné hladiny. Z toho důvodu je třeba v okolí stavidlového uzávěru umístit jeho strojovnu, kde nesmí dojít k žádným průsakům a musí být umožněna její revize.

Jako vzdušní provozní uzávěr je zachován segment.

6.3. Zaslepení tunelu

Při realizaci této varianty budou na návodní a vzdušní straně tohoto objektu provedeny betonové záslepky. Vzhledem k tomu, že v současné době je tunel z části zatopen dolní vodou, je nutné tuto váhu něčím nahradit, aby nebyla snížena stávající stabilita díla. K tomuto přetížení je zde navržen štěrk, jehož vlastnosti nebudou ovlivněny případnou prosakující vodou. Spolu s tím je nutno nechat malý otvor u stropu ve stěně na vzdušní straně tunelu pro případná pozorování a cirkulaci vzduchu. Také by sloužil jako bezpečnostní prvek v případě poruchy návodního zaslepení. Bylo by nutné monitorovat vývoj vody v prostoru tunelu z důvodu bezpečnosti.

Motivem tohoto řešení je jeho vcelku snadná proveditelnost oproti předchozímu návrhu. Dílo by tím bylo uvedeno do neškodného stavu, avšak stále nesplňuje požadavky norem pro přehrady a to nejen v souvislosti spodních výpustí, ale obecně.

Norma pro terminologii hydrotechniky uvádí, že pokud se v zátopě nachází zásobní prostor a v něm dochází k proměně hladiny v čase, jedná se jednoznačně o nádrž, tudíž hradícím tělesem je přehrada [9].

Pokud by byla tendence nazvat tuto stavbu po zmíněné úpravě jezem, tak by muselo dojít ke změně způsobu manipulace a musela by být navržena jedna hladina stálého vzduť, která bude za běžných podmínek udržována [9].

7. HYDROTECHNICKÉ VÝPOČTY

7.1. Stávající stav

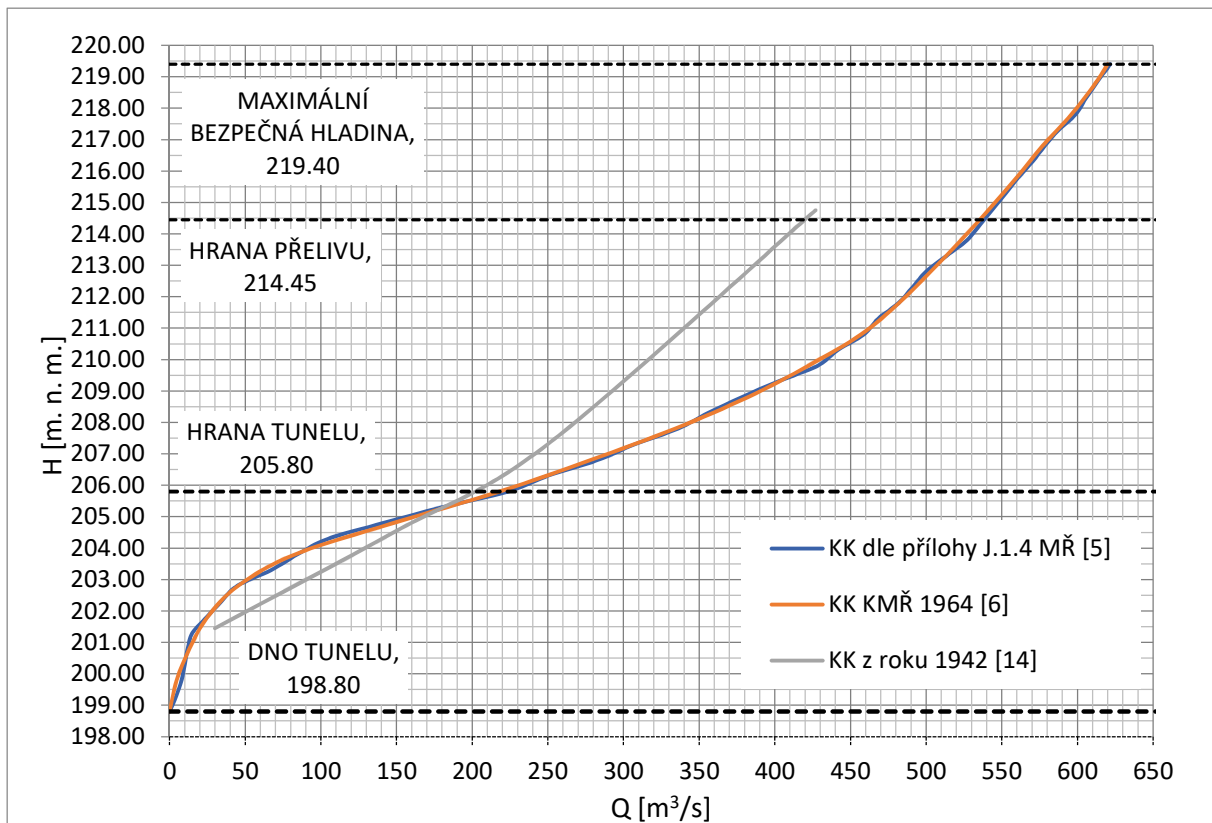
Pro prvotní představu o stávajícím stavu bylo nejprve provedeno porovnání historických konsumpčních křivek, které byly součástí podkladů, jež byly poskytnuty státním podnikem Povodím Vltavy. V průběhu let existence díla není evidována žádná změna tohoto objektu, tudíž se předpokládá, že konsumpční křivky budou vycházet shodně.

Nejstarší konsumpční křivka je z dokumentu „*Opatření pro průchod velkých vod na staveništi přehrady ve Štěchovicích při dokončování stavby hráze*“ [14]. Tento dokument byl vyhotoven tehdeším Ústavem hydrologickým a hydrotechnickým v Praze-Podbabě a jeho hlavním tématem je možnost převádění vody během dostavby skrze tunelovou výpust. Měření bylo provedeno na modelu, který byl zhotoven dle projektové dokumentace v měřítku 1:50 a sloužil k ověření předpokládané funkčnosti objektů.

Tabelární hodnoty zde nebyly uvedeny, avšak v původním grafu zmíněného dokumentu [14] byly pro určité hodnoty průtoků vyznačeny nadmořské výšky hladiny v nádrži, které začínaly na úrovni 199 m n. m. Z těchto hodnot byla vytvořena křivka, která byla srovnána s původní, aby odpovídala i v mezilehlých hodnotách a následně byly její kóty pro přehlednost přeneseny do stávajícího souřadného systému (BpV), aby mohlo dojít ke vzájemnému porovnání křivek.

Další použitou konsumpční křivkou je ta z Komplexního manipulačního řádu pro řízení Vltavské kaskády z roku 1964 [6]. Tato křivka je zde také uvedena bez tabelárních hodnot, a proto bylo nutné je ručně odečíst z grafu. I v tomto případě začínala křivka na kótě 199 m n. m., a proto bylo opět nutné provést její výškový posun.

Poslední zobrazená křivka je převzata z pomůcek pro stávající manipulační řád. Je srovnatelná s tou pro rok 1964 s tím rozdílem, že zde už byla součástí tabulka s hodnotami, avšak výsledná spojnice není úplně plynulá. Srovnání těchto křivek je zobrazeno v grafu 7.1.1.



Graf 7.1.1: Porovnání existujících konsumpčních křivek

Z tohoto grafu je zřejmá odlišnost mezi hodnotami získanými měřeními na modelu v r. 1942 a dnes platnou konsumpční křivkou.

Na základě těchto nesrovnalostí byl proveden hydraulický výpočet, jenž bral jako vstupní hodnoty různé hladiny v nádrži a geometrii průřezu tunelu.

Vzhledem k hydraulickým zákonitostem a rozměrům díla bylo nutno výpočet rozdělit na dvě části. Nejprve byl proveden výpočet pro hladiny nad úrovní horní hrany tunelu. Tento stav byl počítán jako dokonalý výtok pod stavidlem, kde nedochází k ovlivnění výtoku dolní vodou. Na základě analýzy kót hladin dolní vody byl její vliv na zkoumané průtoky vyloučen. Pro výtok pod stavidlem platí:

$$Q = \varphi \cdot S_c \cdot \sqrt{(H_h - y_c) \cdot 2g} \quad [7.1.1.]$$

Kde:

φ ... rychlostní součinitel [-]

S_c ... průtočná plocha v tunelu [m²]

g ... tíhové zrychlení [m/s²]

H_h ... výška hladiny v nádrži ke srovnávací rovině 198,80 m n. m. [m]

y_c ... zúžená hloubka v tunelu [m]

Kde:

$$y_c = a \cdot \varepsilon \quad [7.1.2]$$

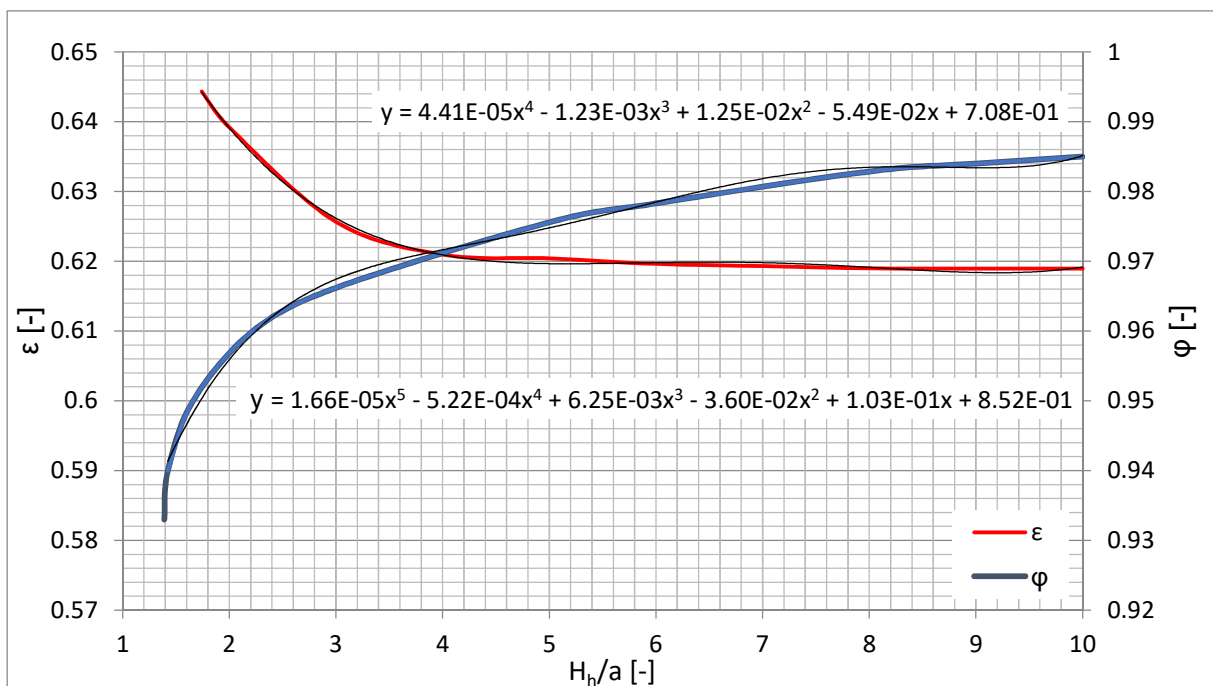
Kde:

a ... výška otvoru [m]

ε ... součinitel výškového zúžení [-] [15]

Hodnoty součinitelů ε a φ byly pro výpočet převzaty z grafu na „Obr. 5.1.6 Součinitelé pro výtok pod svislým ostrohranným stavidlem“ z publikace *Hydraulika 10* [15].

Pro účely výpočtů byl z těchto hodnot vytvořen graf v programu Excel a byl proložen funkcemi, aby bylo možno pro libovolnou hodnotu h/a s co největší přesností získat potřebné součinitele.



Graf 7.1.2: Součinitelé pro výtok pod ostrohranným stavidlem [15]

Podle těchto předpisů funkcí byly vypočteny z poměru hladiny v nádrži a výšky otvoru hodnoty součinitelů a dle rovnice 6.4.1 budou určeny průtoky pro nadmořské výšky hladiny v nádrži v intervalu od 205,40 do 219,40 m n. m. Velikost průtočné plochy se odvíjí od velikosti y_c a geometrie tunelu, která byla převzata z přílohy J.2.3 MŘ [5].

Pro výpočet konšumpční křivky pod hranou tunelu bude použit opačný postup. Pro dané průtoky bude doočtena příslušná výška hladiny v nádrži. V tomto případě lze k tomuto stavu přistupovat jako k výpočtu proudění v propustku. To vychází z řešení Bernoulliho rovnice pro vzdutou hladinu před tunelem („propustkem“) a hloubkou za vtokem. [16] :

$$E_h = H_h = y_\sigma + \frac{Q^2}{2g * \varphi^2 * S_\sigma^2} \quad [7.1.3]$$

Kde:

H_h ... výška hladiny v nádrži ke srovnávací rovině 198,80 m n. m. [m]

y_σ ... hloubka vody za vtokem do tunelu [m]

Q ... průtok [m^3/s]

φ ... rychlostní součinitel [-]

S_σ ... průtočná plocha za vtokem do tunelu [m^2]

g ... tíhové zrychlení [m/s^2]

Prvním krokem byl výpočet kritické hloubky. Ta byla doočtena ze vztahu Froudova čísla (rov. 7.1.4), kdy pro kritickou hloubku je rovno 1.:

$$Fr = \frac{Q^2}{S_k^2 \cdot g \cdot y_k} = 1 \quad [7.1.4]$$

Kde:

Q ... průtok [m^3/s]

y_k ... kritická hloubka vody v tunelu [m]

S_k ... průtočná plocha pro y_k v tunelu [m^2]

g ... tíhové zrychlení [m/s^2]

Hodnoty kritické hloubky byly doočteny pomocí funkce Hledání řešení v programu Excel.

Pak byl určen součinitel výškového zúžení κ pro propustek dle tabulky 10.2.1. ze skript Hydraulika 20 [16]. V tomto případě se jedná o kolmý nátok, uvažuje se tedy $\kappa = 0,9$.

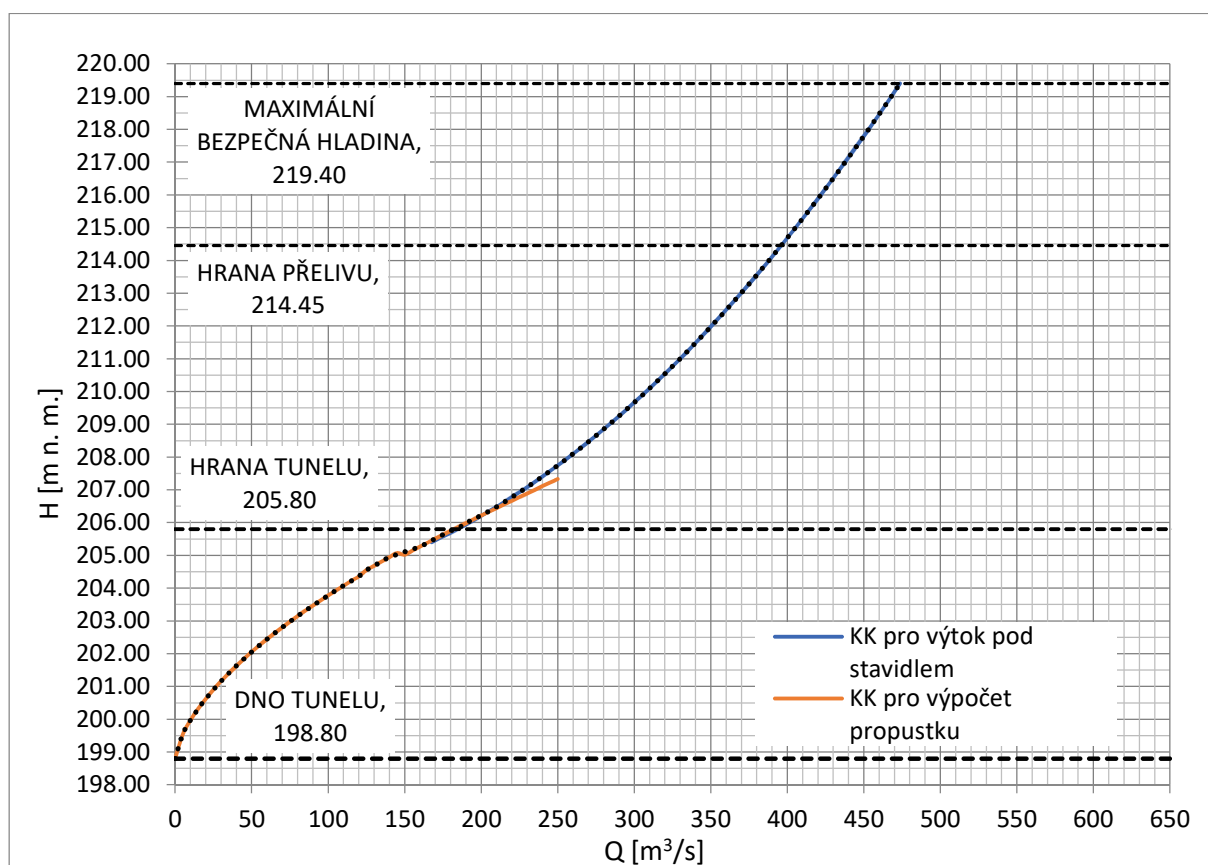
Toto jsou vstupní hodnoty pro výpočet hloubky v tunelu, která je dána vztahem:

$$y_c = y_k \cdot \kappa \quad [7.1.5]$$

Tím byla dopočtena zúžená hloubka hladiny v tunelu a výška hladiny v nádrži dle vztahu v rovnici 7.1.3.

Získané hodnoty jsou uvedené na následujícím grafu 7.1.3 a tabelárně jsou uvedené v příloze P.2.

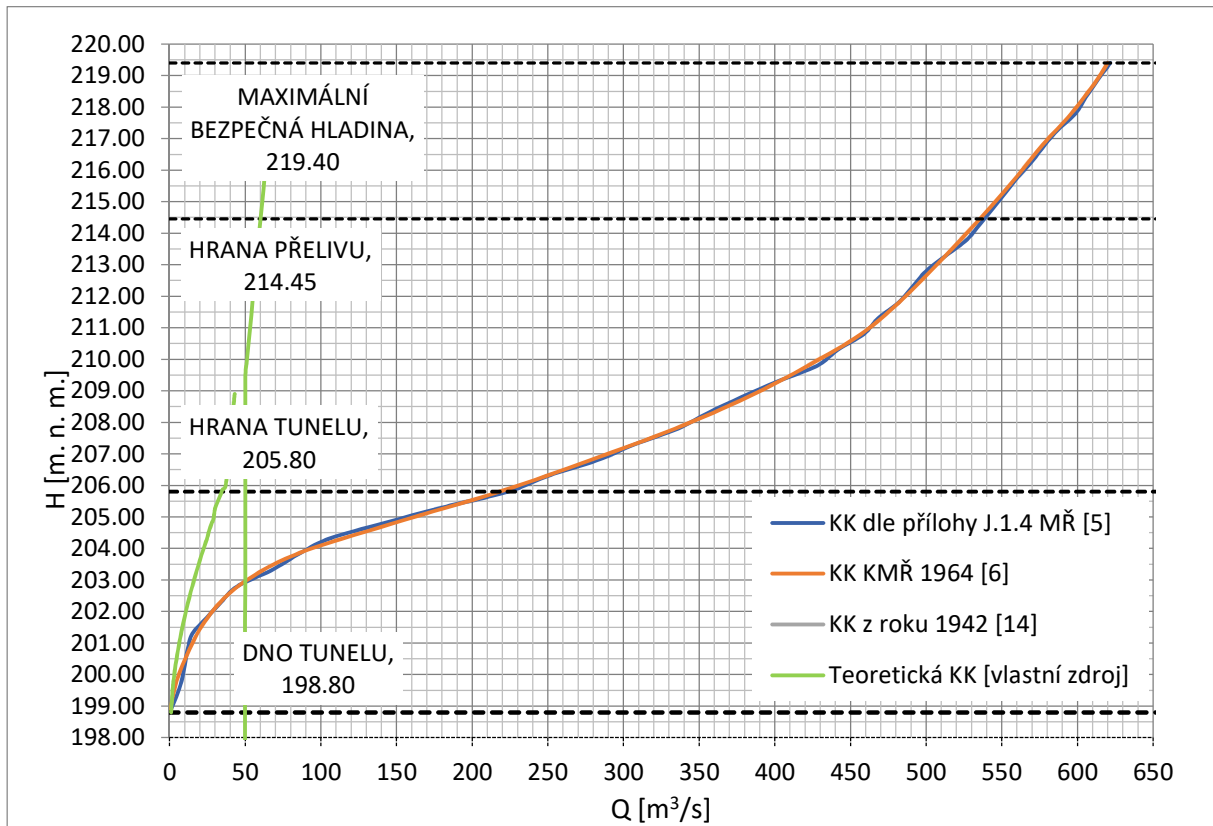
Tyto dvě vzniklé křivky byly propojeny v nespojité oblasti horní hrany tunelu a tvoří tak teoretickou konsumpční křivku získanou výpočtem.



Graf 7.1.3: Teoretická konsumpční křivka z výpočtů

[zdroj vlastní]

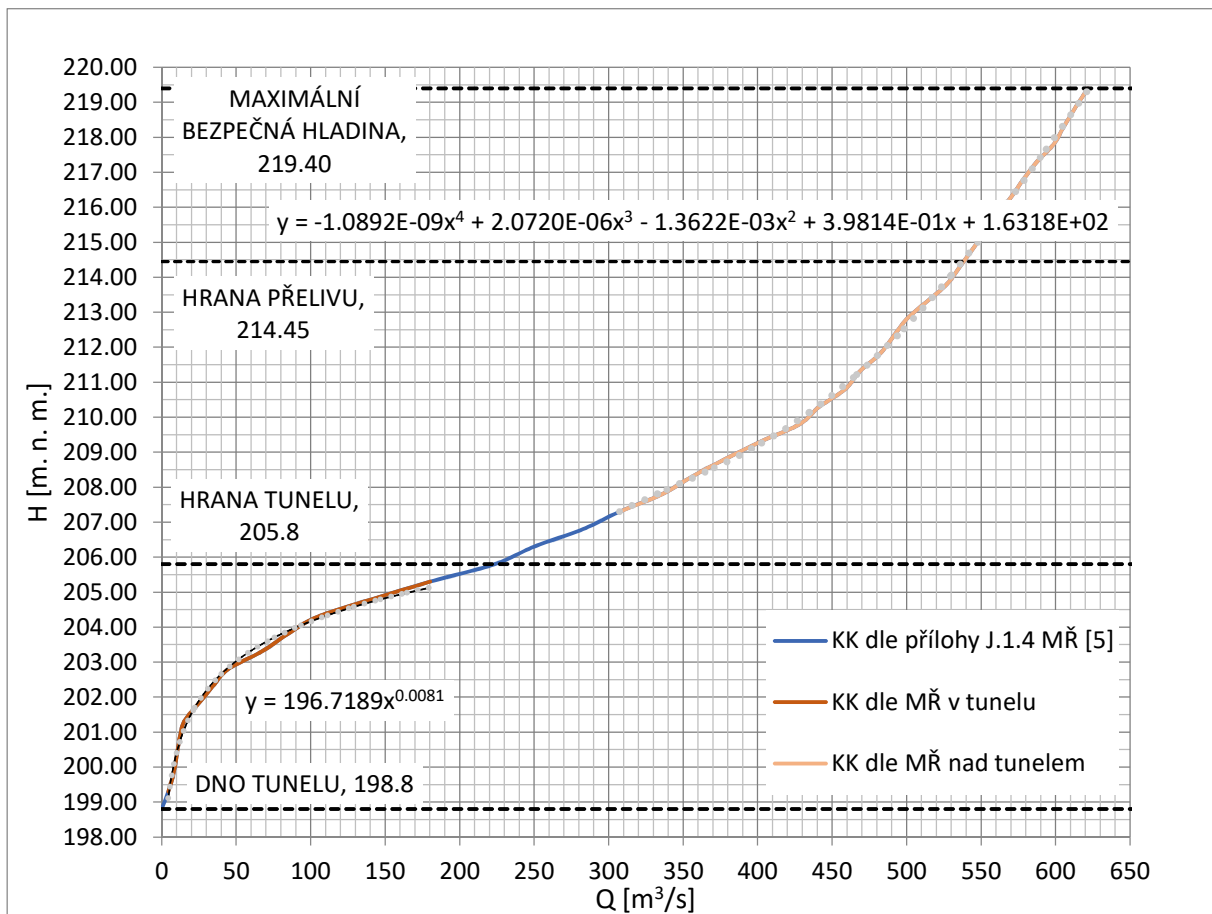
Dále bylo třeba porovnat tuto teoretickou konsumpční křivku s existujícími konsumpčními křivkami. To je zobrazeno na následujícím obrázku 6.4.4:



Graf 7.1.4: Porovnání vypočtené křivky s křivkami z podkladů

Z toho porovnání je zřejmé, že dnes platná konsumpční křivka s největší pravděpodobností neodpovídá skutečnosti. Konsumpční křivka získaná výpočtem se shoduje s křivkou průtoků získanou měřením na modelu. Z toho důvodu byl proveden zpětný výpočet použitých součinitelů, které do něj mohly vnášet jistou nepřesnost. Nejprve to bylo provedeno pro platnou křivku z MŘ.

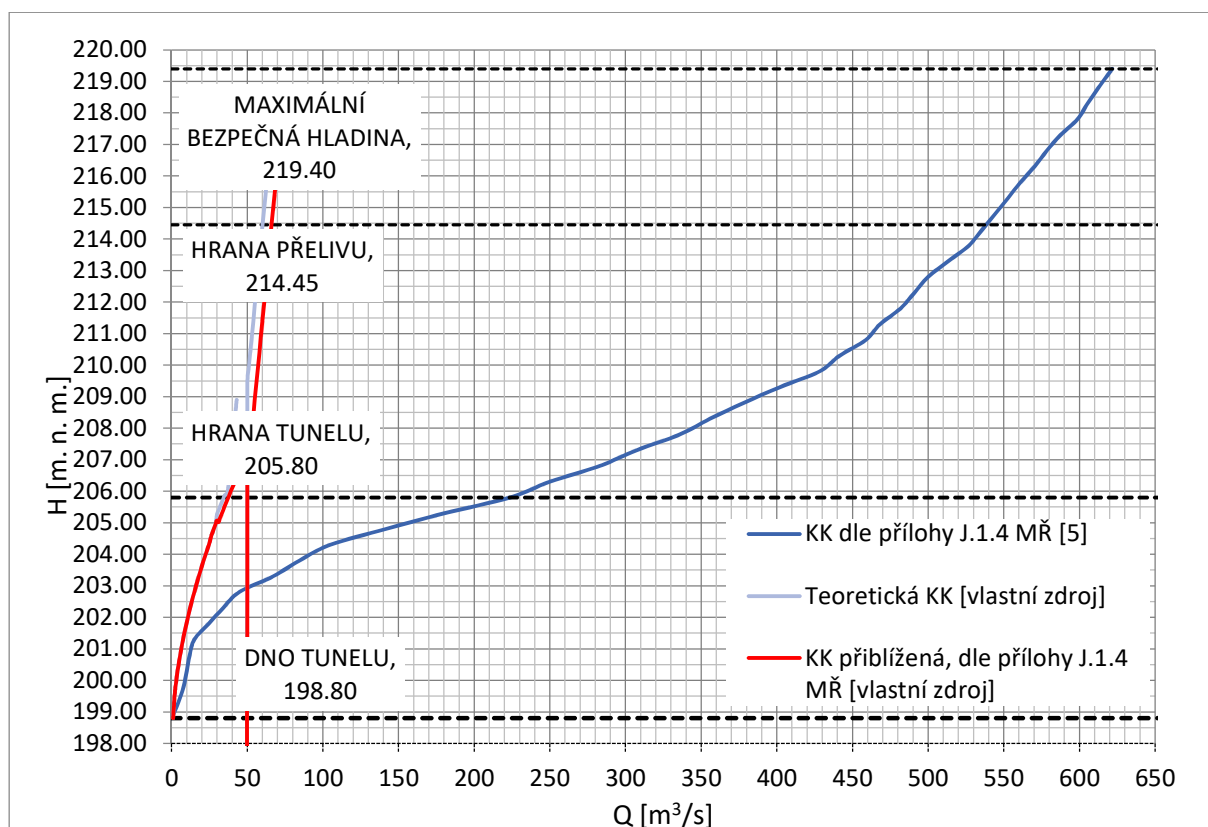
Postup byl takový, že nejprve byla proložena tato křivka dvěma funkcemi. Jednou pro interval ode dna k horní hraně tunelu a druhou od oblasti hodní hrany tunelu po kótu maximální bezpečné hladiny, jak je znázorněno v následujícím grafu 7.1.5:



Graf 7.1.5: Proložení stávající konsumpční křivky z MŘ funkcemi

Skrze tyto funkce bylo možné dopočítat přesné hodnoty průtoků v daných výškách, aby se daly tabelárně porovnat s průtoky vypočtené křivky. Zpětně pomocí nástroje Řešitel v programu Excel byly dopočteny hodnoty součinitelů ε a φ pro interval vyšších hladin nad tunelem a pro nižší hladiny v tunelu hodnoty κ a φ . Okrajovou podmínkou bylo, že žádný ze součinitelů nesmí být větší než 1 a musí odpovídat nejmenšímu součtu čtverců rozdílů průtoků platné a teoretické křivky za stejných nadmořských výšek.

Výsledná křivka byla vynesena do grafu na obrázku 7.1.6.

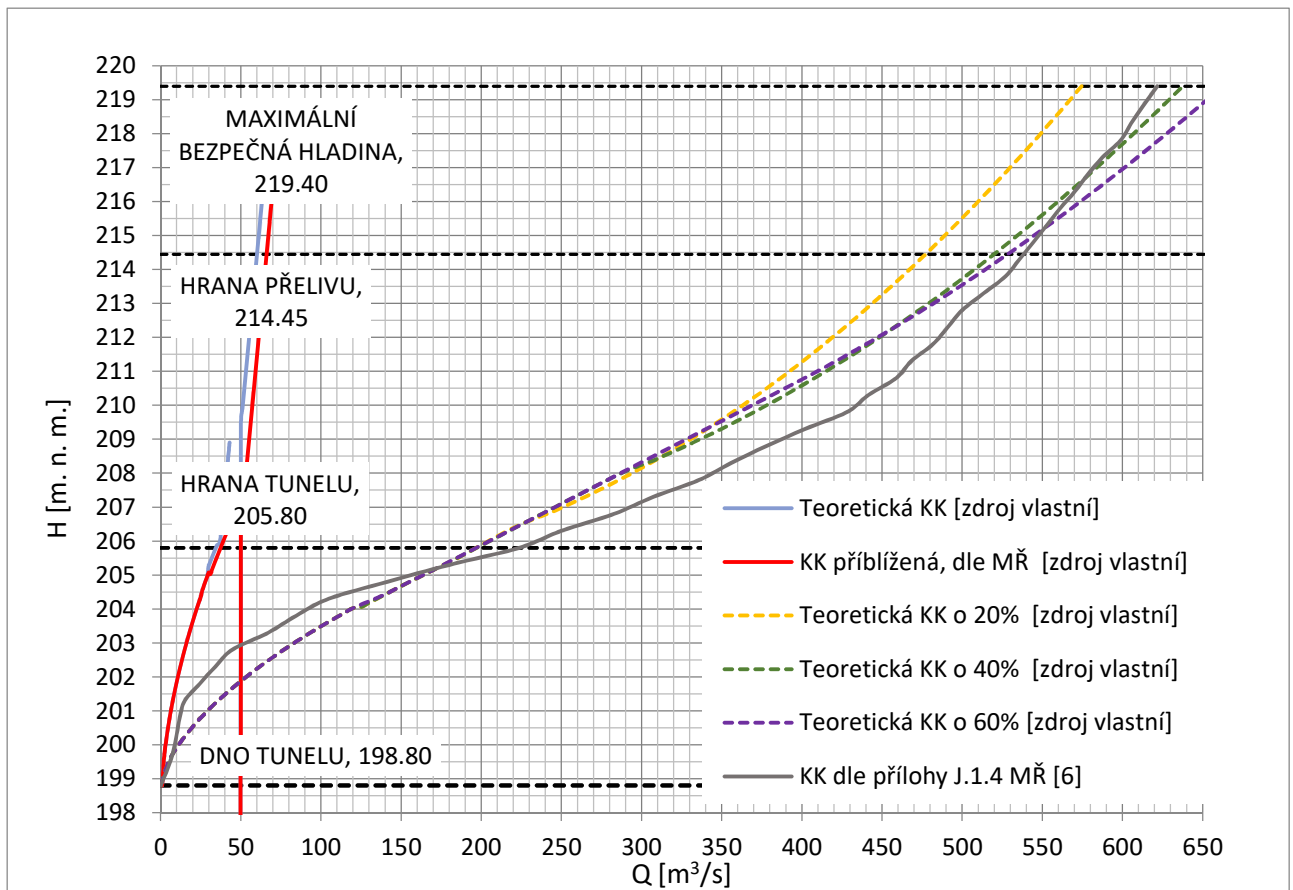


Graf 7.1.6: Porovnání konsumpčních křivek

Ačkoliv byla zvolena nejvyšší možná fyzikální hodnota součinitelů, nebylo dosaženo průběhu platné konsumpční křivky. Tento výsledek je zřejmý z grafu 7.1.6 a může mít několik příčin; buď byla zvolena rozdílná aproximace jevů oproti křivce z MŘ, nebo byla špatná volba součinitelů, či byla pro tuto křivku použita odlišná vstupní geometrie.

Pro vyloučení špatné volby součinitelů byla provedena citlivostní analýza závislosti průběhu křivky na součinitelích. V grafu 7.1.7 jsou uvedeny získané křivky v porovnání s výslednou konsumpční křivkou z výpočtu a přibližnou křivkou pro platnou konsumpční křivku.

Postup byl takový, že součinitelé výpočtové křivky byli uměle zvětšováni, dokud nedosáhli limitní hodnoty 1. Tato hodnota součinitelů je platná pro fialovou čárkovanou křivku v následujícím grafu 7.1.7.



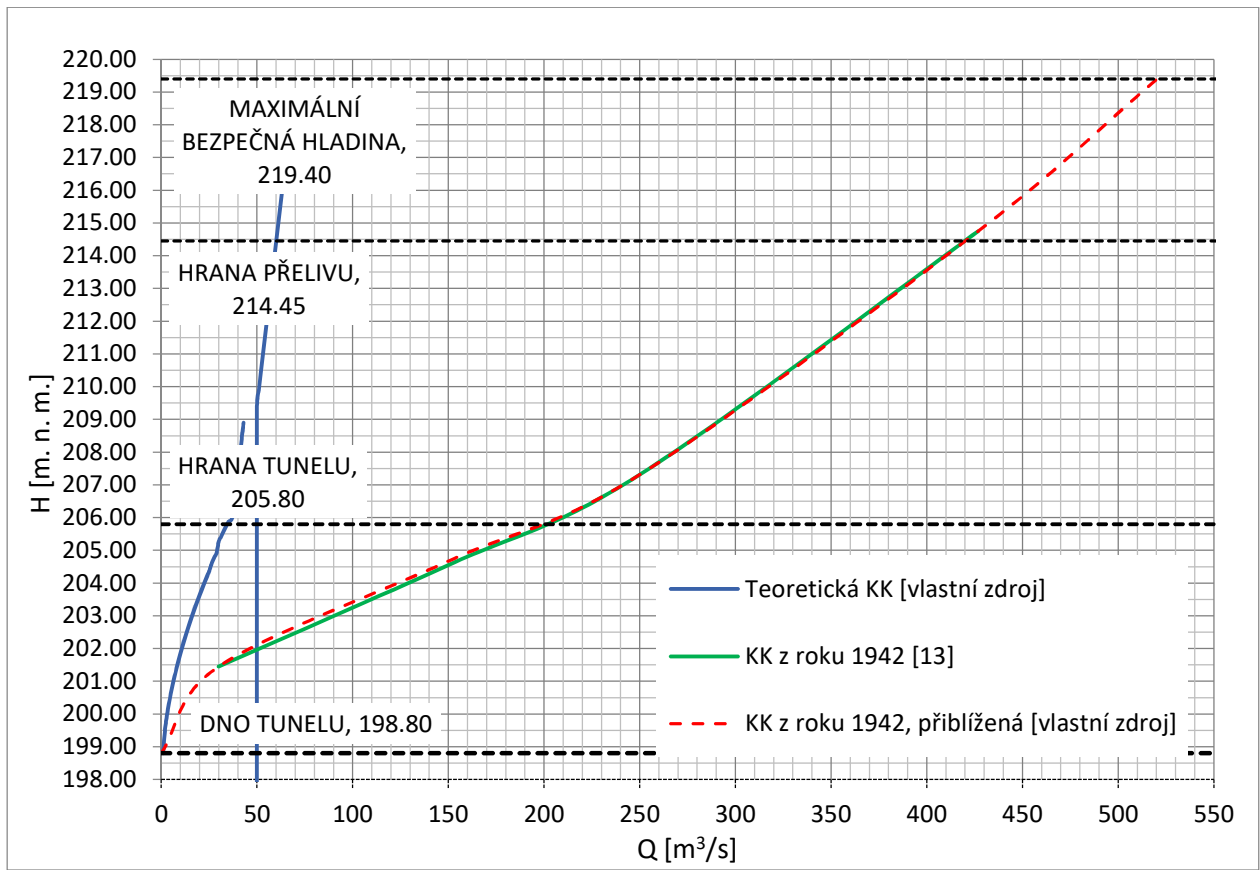
Graf 7.1.7: Citlivostní analýza

Z toho je zřejmé, že pro požadovanou křivku neexistují vhodné součinitelé. Důvod minimální odlišnosti dolních polovin křivek je, že v této oblasti nejsou součinitelé proměnné, ale konstantní a φ i κ se blíží k hodnotě 1. Zatímco v oblasti nad horní hranou tunelu byla možnost zvětšení zejména součinitele výškového zúžení ε . To umožní přiblížit a dokonce přesáhnout hodnoty průtoků platné konsumpční křivky v oblasti nad úrovní přelivů, nicméně z fyzikálního hlediska to při těchto hladinách a dané velikosti otvoru není možné. To je zřejmé z grafu 7.1.2, kde je zobrazena závislost poměru hloubky vody a velikosti průtočného otvoru na součiniteli výškového zúžení ε .

Z tohoto důvodu byl stejný postup zpětného dopočtu součinitelů použit i pro konsumpční křivku z roku 1942 pro ověření, jestli při její drobné úpravě nebude odpovídat provedenému výpočtu spíše ta.

Hodnoty této konsumpční křivky jsou uvedeny v příloze P.2. Ty byly také rozděleny do stejných intervalů nad a pod horní hranu tunelu a byly dopočteny součinitelé ε , φ a κ pomocí programu Excel dle postupu uvedeného výše v této kapitole.

Výsledná křivka je v porovnání zobrazena na následujícím grafu 7.1.8:

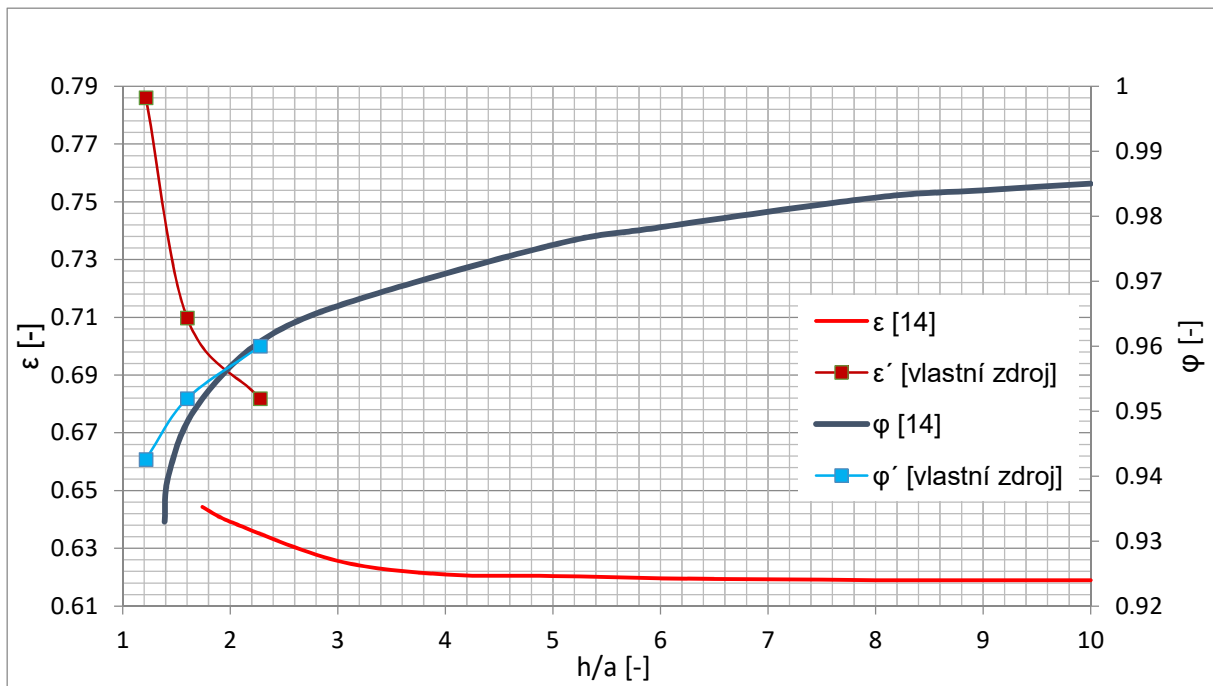


Graf 7.1.8: Přiblížení teoretické a skutečné konsumpční křivky

Z grafu vyplývá, že tato křivka je rozhodně bližší výsledkům provedeného výpočtu a také dokazuje, že při úpravě součinitelů bude dosaženo požadovaných hodnot průtoku.

Nevýhodou této křivky je malé množství vynásecích bodů. Z tohoto důvodu byl jeden bod interpolován v intervalu od tunelu k hraně přelivu, aby zpětný dopočet součinitelů byl proveden minimálně na 3 bodech.

Výsledek je uveden v následujícím grafu:



Graf 7.1.9: Porovnání součinitelů

Tento graf odpovídá všem předpokladům výpočtu. Získané rychlostní součinitelé φ' nejsou tolik rozdílné od křivky φ , která odpovídá výtoku pod ostrohranným stavidlem. Důvodem je, že i v tomto případě se jedná o nátok přes ostré hrany otvoru a dochází zde k obdobným ztrátám. Oproti tomu součinitel výškové kontrakce ε je rozhodně ovlivněn tvarem nátokové horní hrany, a proto vychází vyšší pro tento případ, kdy se jedná o kruhové zaoblení. To je zobrazeno spojnici bodů ε' .

Tímto byl potvrzen předpoklad, že konsumpční křivka provedená měřením na modelu v r. 1942 přibližně odpovídá teoretické konsumpční křivce. Nicméně by bylo vhodné tento závěr ověřit buď na fyzikálním, nebo matematickém modelu.

7.2. Výpočet dvou spodních výpustí

Pro dimenzování spodních výpustí byl uvažován požadovaný průtok roven minimálnímu zůstatkovému průtoku. V předchozím výpočtu bylo prokázáno, že při tak malé energetické výšce nelze dosáhnout větší průtoku, než $470 \text{ m}^3/\text{s}$, což se ani zdaleka neblíží požadovanému neškodnému průtoku ($800 \text{ m}^3/\text{s}$). Z tohoto důvodu je snaha o použití spodních výpustí na převádění povodňových průtoků zbytečná. A navíc tuto funkci dostatečně plní přelivy se stavidly.

Z hydraulického hlediska se k výpočtu spodních výpustí přistupuje jako ke krátkému potrubí s ustáleným prouděním [10] a proto platí:

$$Q = S \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot H}{1 + \sum \xi + \lambda \cdot \frac{L}{D}}} \quad [7.2.1]$$

Kde:

Q... Požadovaný průtok [m^3/s]

g... tíhové zrychlení [m/s^2]

H... spád hladiny ke středu výpusti

ξ ... místní ztráty [-]

S... plocha průřezu [m^2]

λ ... součinitel tření [-]

L... délka potrubí [m]

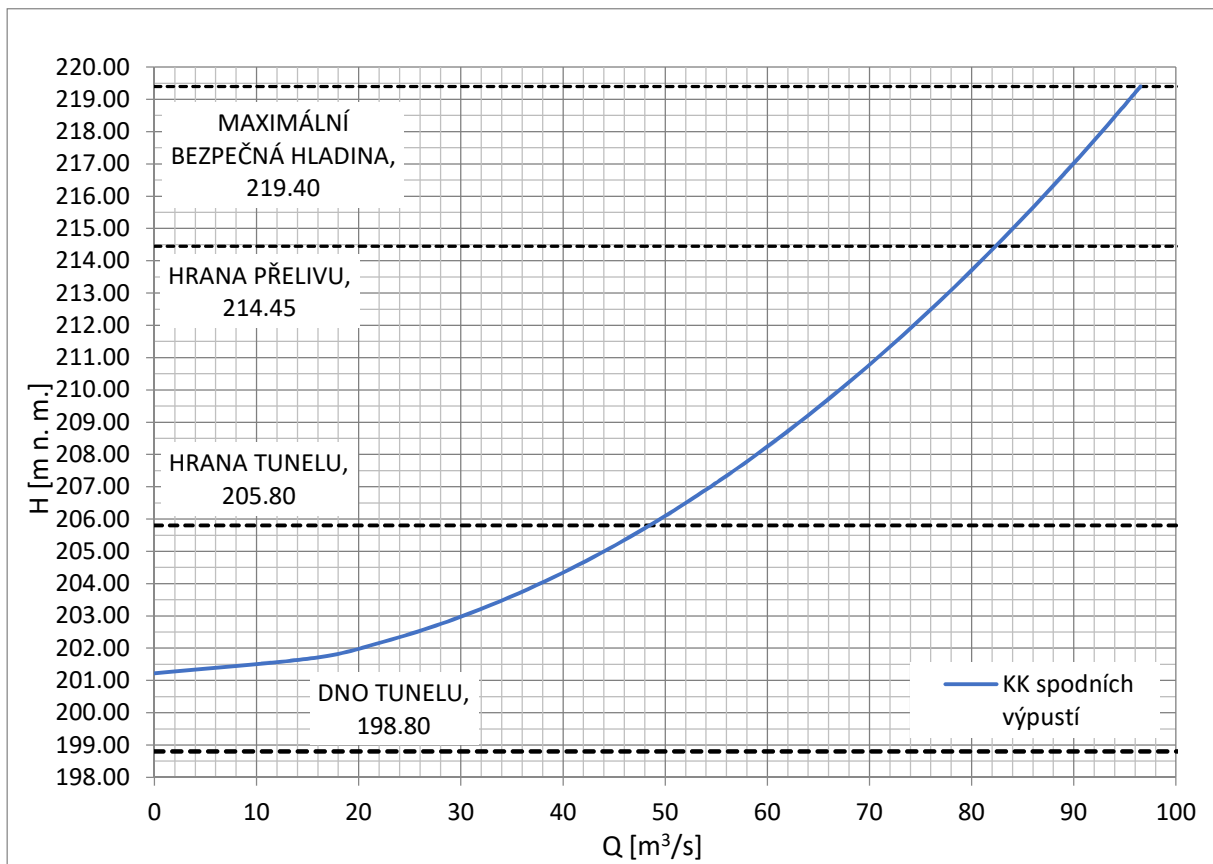
D... průměr potrubí [m]

Nejprve byl proveden hrubý výpočet, který uvažoval obecné součinitele místních ztrát. Z toho byl získán přibližný průměr potrubí a v koordinaci se zanášením do výkresu byl i vhodně výškově umístěn. Následně byly upřesněny typy uzávěrů, proveden návrh česlí dle normy a vytvořen finální výpočet průměru a výškového umístění potrubí.

7.2.1. Tři nové uzávěry

Navržené výpusti mají průměr 2 m a každá je hrazena v tomto případě třemi uzávěry; stavidlem, klapkou a segmentem. Výpočet ovlivňují ztráty třením na potrubí ($\lambda = 0,02$) a místní ztráty na česlích ($\xi_{\text{ces}} = 0,17$), vtoku ($\xi_{\text{vtok}} = 0,043$) a klapce ($\xi_{\text{klap}} = 0,2$). Celkový maximální průtok jedné výpusti při hladině stálého nadržení (214,80 m n. m.) je 41,9 m³/s a mrtvý prostor je omezen na nejmenší možnou míru. Spolu s tím byla vypočtena doba prázdnění nádrže, která byla určena na 50 dní při požadavku pro převádění MZP.

Jen poslední půl den od hladiny na 204, 20 m n. m. nesmí docházet k žádnému přítoku do nádrže, aby bylo dosaženo maximálního možného vypuštění. Pro výpočet času prázdnění a mrtvého prostoru byla použita stávající křivka zatopených objemů. [5]

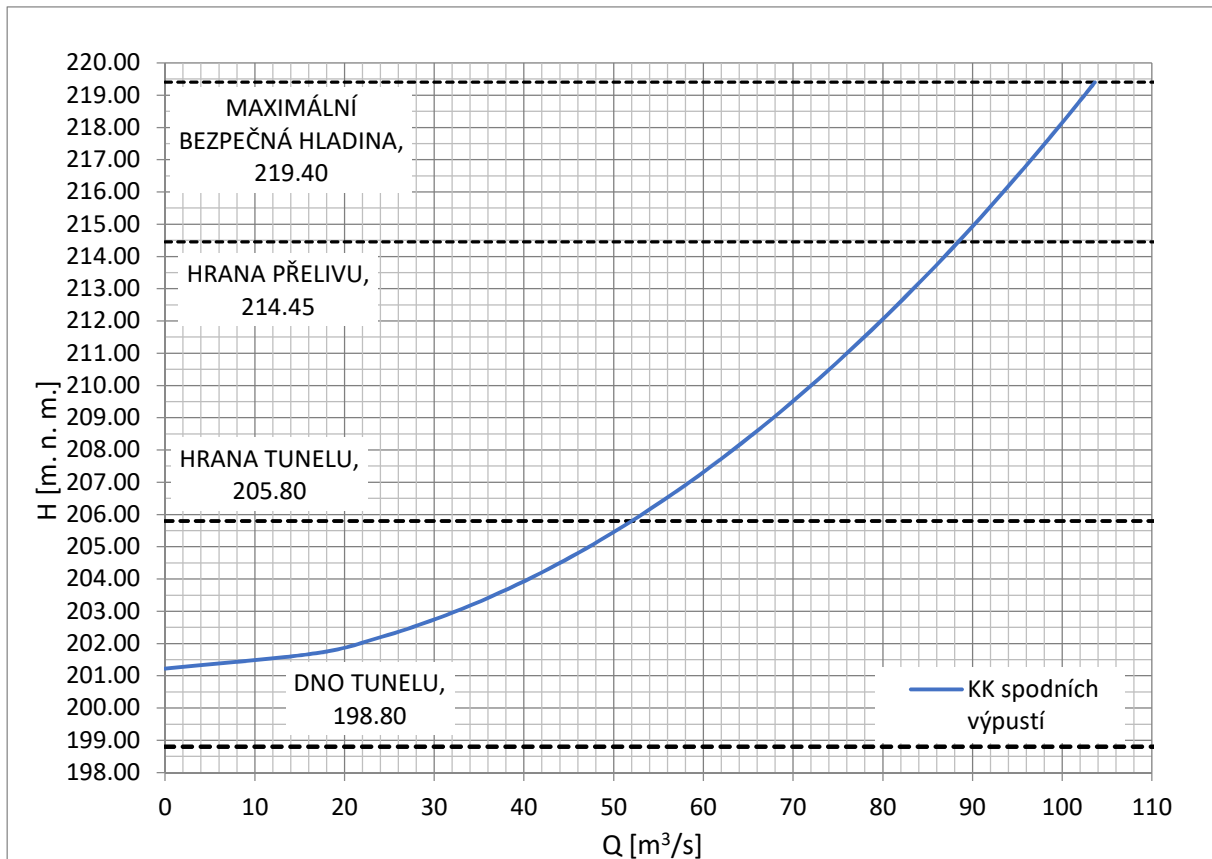


Graf 7.2.1.1: KK spodních výpustí pro tři nové uzávěry

[vlastní zdroj]

7.2.2. S využitím hradidel

Tato varianta oproti předchozí počítá pouze se ztrátami na potrubí ($\lambda = 0,02$), vtoku ($\xi_{\text{vtok}} = 0,043$) a česlích ($\xi_{\text{čes}} = 0,17$), protože revizním uzávěrem bude sada hradidel, pro jejíž instalaci poslouží drážky vytahovacích česlí. Díky tomu se zvýší hodnota minimálního maximálního průtoku jednou výpustí na $45 \text{ m}^3/\text{s}$ při hladině stálého nadržení ($214,80 \text{ m n. m.}$), a tudíž se sníží i doba prázdnění nádrže na 44 dní, kdy necelý poslední půl den je třeba vypouštět pouze vodu z nádrže s nulovým přítokem.

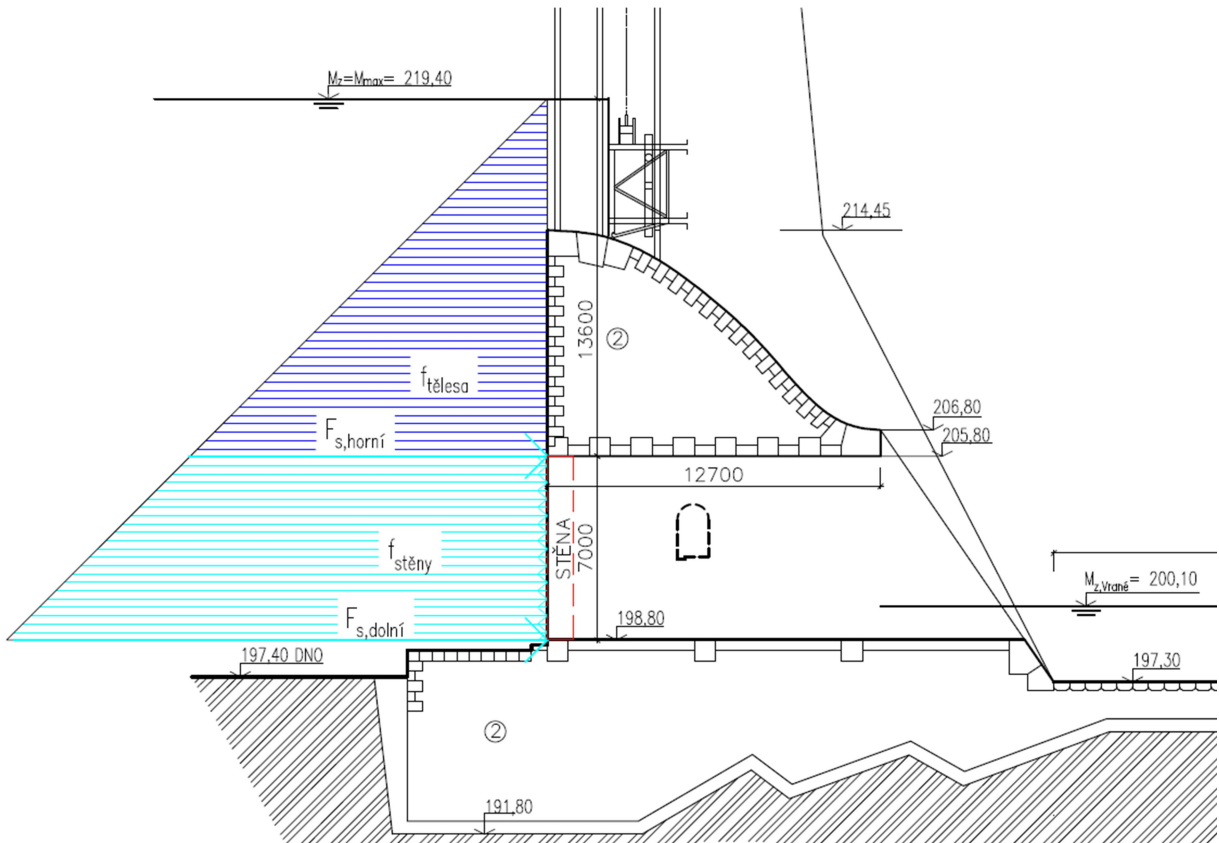


Graf 7.2.2.1: KK spodních výpustí pro 2 nové uzávěry a hradidla

[vlastní zdroj]

7.2.3. Zazdění tunelu

Pro toto řešení je potřeba vhodně navrhnout vyztužení a mocnost betonové stěny v tunelu na návodním líci. Podmínkou stability je schopnost přenesení maximálního ohybového momentu v kritickém průřezu této stěny. Tento moment vyvolává voda v nádrži. Pro jeho výpočet byla uvažována maximální hladina na kótě $219,40 \text{ m n. m.}$ Zatížení, které musí stěna přenést je zobrazeno v následujícím schématu na obrázku 7.3.1.



Obr. 7.3.1.1: Zatěžovací obrazce od vody na návodním líci tělesa [zdroj vlastní]

Výpočet velikosti sil $F_{s, horní}$ a $F_{s, dolní}$ byl proveden dle vztahu pro výpočet hydrostatické síly:

$$F_h = \rho \cdot g \cdot h$$

Kde:

F_h ... výsledná síla v dané hloubce [N]

ρ ... hustota vody [kg/m^3]

g ... tíhové zrychlení [m/s^2]

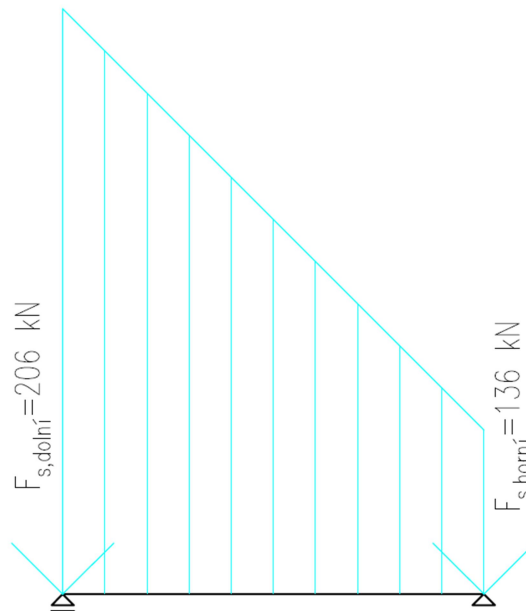
h ... hloubka výsledné síly [m]

Pak tedy:

$$F_{s, horní} = 1000 \cdot 10 \cdot 13,6 = 136 \text{ kN}$$

$$F_{s, dolní} = 1000 \cdot 10 \cdot 20,6 = 206 \text{ kN}$$

Maximální zatížení ohybovým momentem bylo hledáno po výšce stěny, přičemž konstrukce byla nahrazena pro účely výpočtu schématem prostého nosníku s lineárním zatížením. To je zobrazeno na obr. 7.3.2.



Obr. 7.3.2: Statické schéma stěny

[zdroj vlastní]

Z výpočtu vnitřních sil vyšel maximální moment od hydrostatické síly, který by působil na návodní stranu nové betonové stěny, roven 1081 kNm ve vzdálenosti 3,62 m od nejvyššího horního okraje tunelu [P.1].

Hodnota skutečného ohybového momentu bude menší. Je to z důvodu volby statického schématu, kdy přesnější výsledek by podalo oboustranné vetknutí. Volba prostého nosníku je však na straně bezpečnosti. Je vhodné tuto konstrukci nadimenzovat na tuto hodnotu a navrhnout vhodné prvky pro přenášení tahu s dostatečným kotvením do stávající konstrukce.

Za tímto účelem byl proveden návrh ohybové výztuže a posouzení průřezu stěny při tomto zatížení. Z výpočtu byly získány hodnoty 1000 mm pro tloušťku stěny s použitím prutů o průměru 22 mm s roztečí 110 mm a minimálním krytím 50 mm. Také je navržena délka kotvení výztuže 1 m do stávající konstrukce [P.1].

Výztuž na eliminaci smrštění není součástí tohoto návrhu, avšak v případě dalšího stupně rozvoje tohoto řešení je nutné ji navrhnout.

Dále je třeba určit potřebné množství štěrku, které bude nahrazovat zatížení od dolní vody. Z výpočtu potřebného objemu, který je uveden v příloze P.1 vyšlo, že je potřeba vrstva štěrku o mocnosti min. 0,9 m. Z důvodu bezpečnosti je navržena tloušťka vrstvy 2 m, která je i uvedena ve výkresu 3.2.

8. STAVEBNĚ-TECHNICKÉ ŘEŠENÍ

8.1. Varianta dvou výpustí

8.1.1. Řešení s třemi novými uzávěry

Pro toto řešení byly navrženy tři uzávěry; stavidlový jako návodní revizní, pak klapkový jako návodní provozní uzávěr a segmentový s tlačnými rameny ovládaný hydraulickými písty, jež bude plnit funkci návodního regulačního uzávěru.

Osa potrubí těchto výpustí vychází na návodní straně v úrovni 201,22 m n. m. Z důvodu vyhnutí se bouracím pracím v maximální možné míře je snaha nové výpusti umístit do prostoru stávajícího tunelu. Tím vznikne mrtvý prostor mezi dnem nádrže a výpustěmi o objemu necelých 52 000 m³. Potrubí je navrženo ve sklonu 1 % a je uloženo na betonové stolice. Ty musí být umístěny tak, aby nezabraňovaly potřebným prohlídkám a údržbě v těchto prostorách a v místě klapkového uzávěru musí umožňovat zakotvení jeho opěrek.

Nátokový kus potrubí je navržen s vhodným hydraulickým zaoblením [10] a jeho ústí je třeba řádně obetonovat a upevnit. Dle normy je doporučeno umožnit instalaci uzavíracího víka, který lze montáží provedenou potápěčem připevnit na vtok, jako další bezpečnostní prvek v době revizí.

Vtokové objekty musí navazovat na okolní beton a nesmí docházet k žádným průsakům. Stejně tak je třeba minimalizovat riziko průsaků na styku nové betonové konstrukce a stávajícího tunelu. To je možné provést vhodnou úpravou (např. otryskáním) stávajícího betonu a plynulým napojením na novou konstrukci, která bude vyhotovena z odolného nepropustného betonu.

Revizní stavidla budou většinu času uložena na předem určeném místě, kde budou na dosah portálovému jeřábu a zároveň nebudou vadit běžnému provozu na díle. Rozměry a typ tohoto uzávěru ve výkresu 2.1.1 a 2.1.2 jsou pouze orientační. Je však vhodné případný budoucí uzávěr navrhnout tak, aby pro jeho provoz byly využity stávající drážky pro stavidlo. Je však nutné provést revizi těchto prvků a případně nahradit nefunkční součásti. Takováto drážka se bude nacházet z obou stran i na dělicí příčce výpusti v ose té původní. Příčka je navržena železobetonová tloušťky 450 mm do výšky přelivných polí a její šířka v místě drážek je 150 mm. Naproti drážkám pro provizorní hrazení budou na tomto prvku také drážky a ty budou sloužit pro umístění a manipulaci s česlemi. Každý vtok bude osazen svými česlemi.

Dle zásad normy viz podkap. 4.3., musí po klapkovém uzávěru navazovat potrubí o minimální délce 3x průměr uzávěru. V tomto případě je délky 6,63 m, což je dostačující, a je ukončeno dvouramenným segmentovým uzávěrem. Pro tento typ uzávěru je třeba transformovat kruhový průřez na obdélníkový.

Pro tento případ byl zvolen obdélník o rozměrech 2 x 1,6 m, což tvoří plochu 3,2 m². Segmentový typ uzávěru byl zvolen z důvodu nejméně náročného prostorového řešení. Pokud by byla potřeba jiného uzávěru (rozstřikovacího, jehlového), je nutné mít pro instalaci vždy minimálně o polovinu DN prostoru navíc pro samotný uzávěr bez obslužného prostoru. V tomto případě by tedy muselo dojít ke zvětšení stávajícího tunelu alespoň v oblasti pro tento uzávěr.

K manipulaci s tímto uzávěrem jsou zde navrženy hydraulické písty. V tomto případě budou namáhány na tah. Mezi segmenty je navržena opěrná stěna tloušťky 450 mm pro kotvení příslušných ramen segmentů. Je navržena zkosená, aby umožnila uchycení ramen uzávěru a zároveň nebyla namáhána případnou přepadající vodou přes přeliv tohoto pole.

Rizikem segmentového uzávěru je vystavení působení vody z podhrází v oblasti jeho dosedacího prahu. Tomu je možno předejít, provedením pečlivého zaměření tohoto objektu a provedením řádného návrhu, jež vhodně zohlední polohu dolní vody.

Dle koncepčního návrhu, jenž je uveden v této práci, vychází dosedací práh na úroveň 200,1 m n. m., což je maximální hladina v nádrži Vrané. Tento segment je nutné umístit tak, aby nebyl ovlivňován dolní vodou i na úkor zvětšení mrtvého prostoru ve Štěchovické nádrži. Je nutné minimalizovat rychlost koroze a tohoto provozního uzávěru.

Na tento uzávěr navazuje betonový skluz, po kterém se voda dostane až do vývaru. Tento prvek je nutno hydraulicky posoudit na působení proudící vody, a také zdali nebude docházet v případě nižších hladin k vymílání vývaru.

Pro tuto variantu byl proveden pouze základní výpočet pro návrh spodních výpustí v souladu s platnou vyhláškou a normami. V případě dalšího rozvoje tohoto řešení je nutné provést posouzení funkčnosti tohoto řešení podrobnými hydraulickými výpočty a případně ověřit tyto předpoklady na modelu.

8.1.2. Řešení s dvěma uzávěry

Toto řešení vychází z předchozího řešení pro tři nové uzávěry. V této variantě je navrženo potrubí o stejné délce (10 m) a tvaru, ve stejném sklonu (1%), a je také navržen segment, jako provozní návodní uzávěr.

Tato varianta se liší v návodních uzávěrech. Jako návodní revizní uzávěr je navržena sada 8 kusů hradidel, která bude možno instalovat do drážek pro vytahovací česle.

Návodní provozní uzávěr je navrženo stavidlo. Z důvodu potřeby operativní manipulace s tímto provozním uzávěrem není možné na rozdíl od předchozího řešení instalovat tento uzávěr pomocí portálového jeřábu. Ten bude využit pouze pro umístění provizorního hrazení a manipulaci s vytahovacími česlemi.

Ovládání stavidla je potřeba zajistit buď z prostoru tunelu, anebo zde vybudovat strojovnu, která bude umístěna nad vtoky do výpustí. Nelze navrhnout přímé ovládání z obslužné lávky, protože by došlo k narušení funkce přelivu tohoto pole.

V tomto případě byla zvolena varianta umístění strojovny nad vtoky, viz výkresy pro variantu 2.2. Je nutné, aby nedocházelo k žádným průsakům vody z nádrže do jejího prostoru, a proto je jediný možný směr vstupu z prostoru tunelu skrze konstrukci hradidla. Z tohoto důvodu je navržen hradicí plech stavidla na straně styku s vodou, nikoliv na straně styku s nátokem, jak je běžné. V době zahrazení vtoku stavidlem je třeba, aby bylo zabráněno průsaku vody do strojovny skrze prázdný prostor pro uložení stavidla. Je nutné v případě dalšího rozvoje tohoto řešení zajistit bezpečnost provozu strojovny za všech hladin v nádrži a zabránit jakýmkoliv průsakům.

Revizní hrazení vtoků pozůstává do výšky přelivné hrany a je tedy nutné snížit v takovém případě hladinu v nádrži pod tuto úroveň, aby nedocházelo k zatápní zahrazeného prostoru. Výhodou oproti stávajícímu stavu je, že v tomto případě bude dílo schopno převádět minimální zůstatkový průtok i za snížené hladiny pomocí výpustě, která nebude v revizi.

8.2. Varianta zazdění tunelu

Z konstrukčního hlediska se jedná o nejnázve proveditelnou variantu. Na návodní i vzdušné straně bude provedena betonová stěna a prostor tunelu bude do výšky 2 m vysypán štěrkem frakce 16/32, aby došlo k dostatečnému přitížení tělesa.

Stěna na návodní straně byla navržena tloušťky 1 m z běžného betonu C20/25, u kterého je nutno zajistit vodonepropustnost, a její hlavní nosnou výztuž budou tvořit pruty o průměru 22 mm z ocele B 500B s roztečí 110 mm a minimálním krytím 50 mm. Tuto výztuž je třeba řádně zakotvit do stávající konstrukce. Délka kotvy byla navržena na 1 m. Charakteristiky výztuže na eliminaci smrštění pro tuto konstrukci je třeba doplnit, pokud dojde k rozvoji tohoto řešení.

Na vzdušné straně byla navržena příčka o šířce 400 mm, která má pouze zabraňovat průsakům dolní vody do prostoru tunelu a naopak vysypání štěrku z tunelu do dolní vody. U stropu je navržen otvor o výšce 300 mm. Jeho účelem je umožnit cirkulaci vzduchu a kontrolu meziprostoru, jestli nedochází k průsakům. Jeho velikost je nutné upravit v souvislosti s požadavky na monitoring a údržbu vnitřního prostoru tunelu.

U obou stěn je nutné dbát v případě realizace na dostatečné zakotvení výztuže a kvalitní provedení stykové spáry mezi novou a stávající konstrukcí. Místa budoucí spáry je vhodné upravit např. otryskáním, aby došlo k dobrému napojení nového betonu na starý. Také je vhodné použít na ochranu betonové konstrukce např. silikátové krystalické materiály, avšak v takovém případě se musí dbát na potenciální vyšší riziko trhlin.

9. ZÁVĚR

V této práci byl nejprve zhodnocen stávající stav výpustného tunelu ve III. přelivném poli VD Štěchovice na základě poskytnutých podkladů, který byl následně porovnán s požadavky platné legislativy na výpustné objekty přehrad.

Jedná se o otvor ve tvaru podkovy, který má 7 m na výšku a 7 m na šířku. Ve svém dně má šířku 4,8 m. Výškově je umístěn 1 m nad nejnižším místem rostlého terénu u návodní paty hráze. Jeho jediným provozním uzávěrem je stavidlo. Dalším hradicím prvkem je sada 8 kusů provizorního hradidlového hrazení, které je možné instalovat do drážek ve zkosených pilířích před stavidlo.

Dle platného manipulačního řádu nemá tento objekt žádnou funkci a nijak se nevyužívá. Je sice nazván výpustným, ale nikde nejsou v platných dokumentech uvedeny podmínky jeho využití. Pokud bude toto vodní dílo nazýváno nadále přehradou, je nutné, aby bylo v tomto směru řádně upraveno podle požadavků legislativy. Varianty, které toto umožňují byly popsány v kapitolách 6.2., 7.2. a 8.1.

Pro ověření stávajícího stavu byl proveden výpočet teoretické konsumpční křivky tunelové výpusti. Pro její zjištění bylo vycházeno z rovnice energie, avšak pro hladiny nad hranou tunelu bylo nutné zohlednit jiné součinitele než v oblasti tunelu.

Výsledná teoretická konsumpční křivka vznikla propojením výsledků dílčích výpočtů. Porovnáním vypočtené křivky s konsumpční křivkou z platného manipulačního řádu, bylo zjištěno, že si neodpovídají. Na základě toho byl proveden zpětný dopočet vstupních součinitelů pro platnou konsumpční křivku a byla získána nejbližší možná křivka, která se ani tak neshoduje s aktuálně platnou KK. Pro ověření byl ještě zkoumán vliv součinitelů na průběh křivky provedením citlivostní analýzy, která potvrdila, že i když se použití součinitelů budou rovnat 1, což odpovídá teoretickému maximu, není možné dostat se na hodnoty konsumpční křivky z manipulačního řádu. Z toho vyplývá, že muselo dojít k odlišnostem buď v geometrii průřezu, nebo výšek hladin anebo byl zvolen neznámý výpočetní přístup.

Z grafu 7.1.4 je zřejmé, že vypočtená teoretická křivka má blíže ke konsumpční křivce, která byla získána doměřováním na fyzikálním modelu během stavby. Byl proveden stejný způsob dopočtu součinitelů této křivky jako pro KK z MŘ a byla získána přibližná křivka, která se tentokrát shodla (viz graf 7.1.8). Tento výsledek svědčí o správnosti postupu výpočtu konsumpční křivky tunelové výpusti, nicméně bylo by vhodné tyto výsledky ověřit modelovým výzkumem.

Dále byl proveden návrh dvou spodních výpustí. Zde byla snaha nalézt optimální řešení v souladu s legislativou, které bylo limitováno několika podmínkami. Bylo potřeba dosáhnout maximální možné hloubky při hladině stálého nadržení s ohledem na zajištění minimálního zůstatkového průtoku a velikost průměru potrubí. Vliv na průtok mají také uzávěry. Dalším limitujícím faktorem byla velikost tunelu, jenž poskytuje maximální krytou délku 12,7 m a šířku 7 m, která je jen v oblasti poloviny výšky. Proto byly vypracovány dva návrhy, které se odlišují volbou návodních uzávěrů. U obou variant je povodní provozní uzávěr segment.

V prvním případě je zvoleno stavidlo jako návodní revizní uzávěr, které využije drážky pro stávající stavidlo, a klapka jako návodní provozní uzávěr. V tomto případě je při hladině stálého nadržení zajištěn průtok jednou výpustí je přes 40,1 m³/s a doba prázdnění je 50 dní. Manipulaci s česlemi a stavidlem zajistí stávající portálový jeřáb.

V druhé variantě je stavidlo na návodní straně provozním uzávěrem a revizním uzávěrem je sada hradidel, která bude využívat vedení drážek pro česle. Jejich výměnu zajistí portálový jeřáb. Pro stavidlo je zde navržena samostatná strojovna, aby bylo možné zavírat tento uzávěr do průtoku a za libovolné hladiny.

Obě tyto varianty byly navrhovány v souladu s normou ČSN 75 2430 a vyhláškou 599/2001 Sb. a splňují předepsané podmínky.

Dalším zpracovaným řešením bylo uvedení do neškodného stavu zazdění tunelu na návodní a vzdušné straně. Pro tento účel byla na návodní straně navržena 1 m silná betonová stěna s ohybovou výztuží o průměru 22 mm, rozteči 110 mm a krytím 50 mm (Výztuž proti smrštění musí být navržena v případě dalšího rozvoje tohoto řešení). Takto dimenzovaná konstrukce je schopna přenést maximální moment o velikosti 1 MNm způsobený zatížením od vody. Na vzdušné straně je navržena jen konstrukční betonová stěna, jejíž účel je bránit průsaku vody z podhrází do tunelu. V meziprostoru je navrženo přitížení vrstvou šterku, které supluje stávající zatížení od vody.

Toto řešení nijak neřeší nesoulad s legislativou pro přehradu, avšak mizí tím riziko porušení ocelového uzávěru. Dojde tak ke sjednocení tělesa a nabízí se tedy možnost nazvat tuto stavbu jezem. Takto bylo dílo nazýváno dle KMR z roku 1964. [6] V takovém případě by ale muselo splňovat veškerou legislativu platnou pro jezy a to zejména neměnnost výšky hladiny ve zdrži za běžných podmínek, což by znamenalo významné změny v manipulačním řádu a bylo by nutné je projednat.

10. ZDROJE A LITERATURA

1. **Povodí Vltavy, státní podnik.** *Stavba zdymadla a středotlaké elektrárny ve Štěchovicích.* Praha : Archiv Povodí Vltavy, s.p., 1945-1990?
2. —. *Provozní řád vodního díla Štěchovice A. Část všeobecná.* Praha : Povodí Vltavy, s. p., 2018.
3. Zákon 438/1919 Sb. o státní podpoře při zahájení soustavné elektrisace. *ASPI.* [Online] Wolters Kluwer, 10. Duben 2023. <https://www.aspi.cz/products/lawText/1/1339/1/2>.
4. **MÜLLER, Václav.** Plnění nádrže. Dobrovolné a násilné vypouštění nádrže. Průběh velkých vod v Praze. *Projekt zdymadla nad Štěchovicemi v ř. km 160,40.* Praha : Archiv Povodí Vltavy s.p., 1930.
5. **Povodí Vltavy, státní podnik.** *Manipulační řád vodního díla Štěchovice na významném vodním toku Vltava v ř. km 84, 318 s přílohami.* Praha : Povodí Vltavy, s. p., 2018.
6. Komplexní manipulační řád vltavské kaskády. *Manipulační řád jednotlivých děl Vltavské kaskády.* Praha : Ředitelství vodohospodářského rozvoje v Praze, 1964. Sv. I.
7. Vyhláška č. 590/2002 Sb. o technických požadavcích pro vodní díla. *ZÁKONY PRO LIDI.* [Online] AION CS, s.r.o. [Citace: 15. duben 2023.] <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2002-590#f2399089>.
8. ČSN 75 2340. *Navrhování přehrad- hlavní parametry a vybavení.* Praha : Česká agentura pro standardizaci, 2017. 32 s.
9. ČSN 75 0120. *Vodní hospodářství- Terminologie hydrotechniky.* Praha : Česká agentura pro standardizaci, 2009.
10. **BROŽA, Vojtěch, a další, a další.** *Přehrady.* Praha : Alfa, SNTL, 1987. 1. vydání.
11. **DRAHOVZAL, Pavel a BUBENÍK, M.** Informativní zpráva o měření tloušťek na uzávěru základové výpusti. Praha : Vodohospodářský rozvoj a výstavba i. p., 1986.
12. **Autor, Neznámý.** VD Štěchovice. místo neznámé : Archiv Povodí Vltavy s. p., Po r. 1954.

13. **Tomáš RUDOLF, Miroslav BUBENÍK.** VD ŠTĚCHOVICE. *Prohlídka uzávěru výpustného tunelu.* Praha : VD TBD a.s., 2018.

14. **J. SMETANA, ČÁBELKA, JELEN.** *opatření pro průchod velkých vod na staveništi přehrady ve Štěchovicích při dokončování stavby hráze.* Praha : Ústav hydrologický a hydrotechnický v Praze-Podbabě, 1942.

15. **HAVLÍK, Vladimír a MAREŠOVÁ, Ivana.** *Hydraulika 10 Příklady.* Praha : ČVUT, 2001. 80-01-02403-2.

16. —. *Hydraulika 20 příklady.* Praha : ČVUT, 2001. 80-01-02355-9.

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr.3. 1: Pohled na dílo ze zdi plavební komory</i> [vlastní archiv]	6
<i>Obr.4. 1: Typy uzávěru a jejich umístění</i> [10]	12
<i>Obr. 5.1: VD štěchovice- charakteristika nádrže dle MŘ přílohy J.1.1</i> [5].....	15
<i>Obr. 5. 2.: Konsumpční křivka výtoku pod tabulí dle MŘ přílohy J.1.3</i> [5]	16
<i>Obr. 5. 3: Konsumpční křivka volného přepadu dle MŘ přílohy J.1.2</i> [5]	17
<i>Obr. 5. 4: Průsak skrze stavidlo na přelivu</i> [vlastní archiv]	18
<i>Obr. 5. 5: Struska na utěšňování přelivů obalovými tkaninami</i> [vlastní archiv]	18
<i>Obr. 5. 6.: Konsumpční křivka tunelové výpusti dle MŘ přílohy J.1.4</i> [5]	19
<i>Obr. 7.3.1.1: Zatěžovací obrazce od vody na návodním líci tělesa</i> [zdroj vlastní] ..	38
<i>Obr. 7.3.2: Statické schéma stěny</i> [zdroj vlastní]	39

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 5. 1.: M- denní průtoky (Q_{Md}) $m^3 s^{-1}$</i> [5]	15
<i>Tab. 5. 2.: N- leté průtoky (Q_N) $m^3 s^{-1}$</i> [5]	15

SEZNAM GRAFŮ

<i>Graf 7.1.1: Porovnání existujících konsumpčních křivek</i>	25
<i>Graf 7.1.2: Součinitelé pro výtoku pod ostrohranným stavidlem</i> [15]	26
<i>Graf 7.1.3: Teoretická konsumpční křivka z výpočtů</i> [zdroj vlastní].....	28
<i>Graf 7.1.4: Porovnání vypočtené křivky s křivkami z podkladů</i>	29
<i>Graf 7.1.5: Proložení stávající konsumpční křivky z MŘ funkcemi</i>	30
<i>Graf 7.1.6: Porovnání konsumpčních křivek</i>	31
<i>Graf 7.1.7: Citlivostní analýza</i>	32
<i>Graf 7.1.8: Přiblížení teoretické a skutečné konsumpční křivky</i>	33
<i>Graf 7.1.9: Porovnání součinitelů</i>	34

<i>Graf 7.2.1.1: KK spodních výpustí pro tři nové uzávěry</i> [vlastní zdroj].....	36
<i>Graf 7.2.2.1: KK spodních výpustí pro 2 nové uzávěry a hradidla</i> [vlastní zdroj]...	37

SEZNAM PŘÍLOH

- P.1- Dílčí výpočty pro zaslepení tunelu
- P.2- Tabelární hodnoty konsumpčních křivek
- P.3- Tabelární hodnoty konsumpčních křivek spodních výpustí

VÝKRESOVÁ ČÁST

Varianta 1

- 1.1 Stávající stav – půdorys
- 1.2 Stávající stav- řez B-B' v místě tunelu
- 1.3 Stávající stav- řez A-A', řez C-C'

Varianta 2.1

- 2.1.1 Stav se dvěma výpustmi- půdorys
- 2.1.2 Stav se dvěma výpustmi- řez B-B' v místě tunelu
- 2.1.3 Stav se dvěma výpustmi- řez A-A', řez C-C'

Varianta 2.2.

- 2.2.1 Stav se dvěma výpustmi- půdorys
- 2.2.2 Stav se dvěma výpustmi- řez B-B' v místě tunelu
- 2.2.3 Stav se dvěma výpustmi- řez A-A', řez C-C'

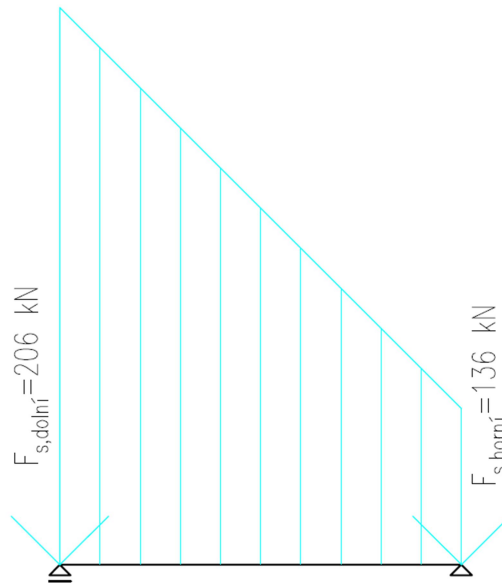
Varianta 3

- 3.1 Zabetonovaný stav- půdorys
- 3.2 Zabetonovaný stav- řez B-B' v místě tunelu
- 3.3 Zabetonovaný stav- řez A-A', řez C-C'

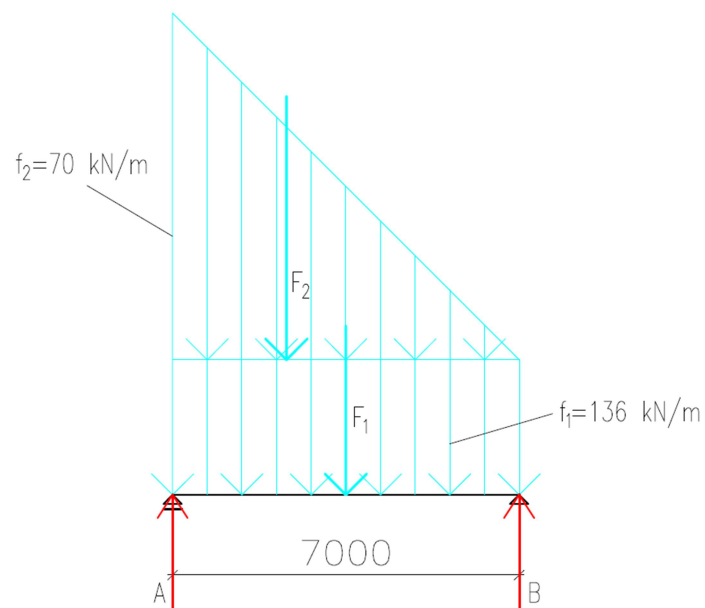
P. 1- DÍLČÍ VÝPOČTY PRO ZASLEPENÍ TUNELU

1) Výpočet vnitřních sil

- Schéma



Zatížení bylo rozděleno na konstantní a lineární:



Dle tohoto schématu byl proveden dopočet působících sil F_1 a F_2 a poté byly vypočteny reakce z momentové podmínky k levé podpoře a podmínky rovnováhy na nosníku.

$$F_1 = f_1 \cdot l = 136 \cdot 7 = \mathbf{952 \text{ kN}}$$

$$F_2 = f_2 \cdot \frac{l}{2} = 70 \cdot \frac{7}{2} = \mathbf{245 \text{ kN}}$$

$$\sum a: B \cdot l - F_1 \cdot \frac{l}{2} - F_2 \cdot \frac{l}{3} = 0$$

$$B \cdot l = F_1 \cdot \frac{l}{2} + F_2 \cdot \frac{l}{3}$$

$$B = \frac{F_1 \cdot \frac{l}{2} + F_2 \cdot \frac{l}{3}}{l} = \frac{952 \cdot \frac{7}{2} + 245 \cdot \frac{7}{3}}{7} = \mathbf{557,7 \text{ kN}}$$

$$A + B = F_1 + F_2$$

$$A = F_1 + F_2 - B = 952 + 245 - 557,7 = \mathbf{639,3 \text{ kN}}$$

Z toho byla sestavena rovnice pro posouvající sílu, kde uvažovaný kladný směr x je od pravé podpory k levé:

$$V_{(x)} = 136x + 5x^2 - 557,7$$

Dle fyzikálních zákonitostí platí, že v místě nulové posouvající síly nastává maximální ohybový moment. Z této rovnosti byla určena vzdálenost hledaného momentu.

$$0 = 136x + 5x^2 - 557,7$$

$$x_1 = \mathbf{3,62 \text{ m}}$$

Rovnice momentu byla zjištěna integrací rovnice posouvající síly:

$$M_{(x)} = \int V_{(x)} dx = \int (136x + 5x^2 - 557,7) dx = \frac{136x^2}{2} + \frac{5x^3}{3} - 557,7x + c$$

Konstanta je v tomto případě rovna nule, protože se jedná o prostý nosník, který neuvažuje možnost pootočení v podporách.

$$M_{(3,62)} = \frac{136 \cdot 3,62^2}{2} + \frac{5 \cdot 3,62^3}{3} - 557,7 \cdot 3,62 = \mathbf{1081 \text{ kNm}}$$

2) Návrh ohybové výztuže a posouzení průřezu stěny

Posouzení bylo provedeno na jeden metr šířky v místě nejvíce namáhaného průřezu, což je vodorovný průřez stěnou ve vzdálenosti 3,62 m a je namáhán ohybovým momentem 1081 kNm, viz výpočet vnitřních sil.

Vstupním parametrem je tloušťka stěny, která byla zvolena 1000 mm.

Materiálové vlastnosti jsou:

Beton C20/25, krycí vrstva $c = 50$ mm

Ocel B 500B

Z těchto vlastností vyplývá, že válcová pevnost betonu v tlaku je:

$$f_{ck} = 20 \text{ MPa}$$

pro zohlednění jeho nehomogenních vlastností je použit bezpečnostní součinitel $\gamma_B = 1,5$ a získána návrhová pevnost.

$$f_{cd} = \frac{20}{1,5} = 13,33 \text{ MPa}$$

Dále pro pevnost oceli v tahu platí:

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

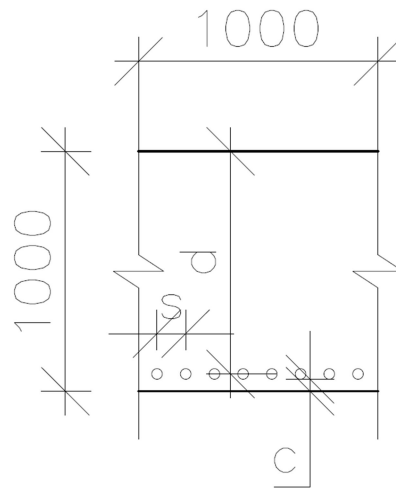
pro zohlednění jejích nehomogenních vlastností je použit bezpečnostní součinitel $\gamma_B = 1,15$ a získána tak návrhová pevnost v tahu.

$$f_{cd} = \frac{500}{1,15} = 435 \text{ MPa}$$

Pro tuto konstrukci byl navržen průměr prutů 22 mm, tedy účinná tloušťka d této stěny je:

$$d = h - c - \frac{\varnothing_s}{2} = 1000 - 50 - 11 = 939 \text{ mm}$$

- Schéma:



Plocha výztuže je dána konstrukčními zásadami:

$$a_{s,\min} \leq a_{s,\text{prov}} \leq a_{s,\max}$$

kde:

$$a_{s,\min} = \max\left(0,26 \cdot \frac{f_{\text{ctm}}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d; 0,0013 \cdot b \cdot d\right)$$

kde:

$$f_{\text{ctm}} = 0,3 \cdot f_{\text{ck}}^{\frac{2}{3}} = 0,3 \cdot 20^{\frac{2}{3}} = 2,21 \text{ MPa}$$

pak

$$a_{s,\min} = \max\left(0,26 \cdot \frac{2,21}{500} \cdot 1000 \cdot 939; 0,0013 \cdot 1000 \cdot 939\right) = (1080; 1221) \\ = 1221 \text{ mm}^2$$

$$a_{s,\max} = 0,04 \cdot b \cdot h = 40000 \text{ mm}^2$$

z čehož vyplývá, že:

$$1221 \leq a_{s,\text{prov}} \leq 40000$$

skutečná plocha výztuže $a_{s,\text{prov}}$ vychází z potřebné výztuže $a_{s,\text{req}}$. Ta je dána vztahem:

$$a_{s,\text{req}} = \frac{b \cdot d \cdot f_{cd}}{f_{yd}} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot M_{ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}}}\right)$$

$$a_{s,\text{req}} = \frac{1 \cdot 0,939 \cdot 13,33}{435} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 1081 \cdot 1000}{1 \cdot 0,939^2 \cdot 13,33}}\right) = 0,002781 \text{ m}^2 \cong 2785 \text{ mm}^2$$

a platí, že

$$a_{s,prov} = \frac{\pi \cdot \phi_s^2}{4} \cdot \frac{1000}{s}$$

přičemž z důvodu bezpečnosti navrhuje:

$$a_{s,prov} > 1,2 \cdot a_{s,req}$$

pak:

$$\frac{\pi \cdot \phi_s^2}{4} \cdot \frac{1000}{s} > 1,2 \cdot a_{s,req} = 1,2 \cdot 2781 = 3337 \text{ mm}^2$$

$$s < \frac{\pi \cdot 22^2}{4} \cdot \frac{1000}{3337} = 114 \text{ mm}$$

$$s = \mathbf{110 \text{ mm}}$$

pak skutečná plocha výztuže je:

$$a_{s,prov} = \frac{\pi \cdot 22^2}{4} \cdot \frac{1000}{110} = 3456 \text{ mm}^2$$

$$1221 \leq 3456 \leq 40000$$

VYHOVUJE

Ověření rozteče výztuže:

$$s_{min} \leq s \leq s_{max}$$

kde:

$$s_{mi} = \max(20; 1,2 \cdot \phi_s; D_{max} + 5)$$

$$D_{max} = 16 \text{ mm}$$

$$s_{min} = \max(20; 26,4; 21) = 26,4 \text{ mm}$$

$$s_{max} = \min(2 \cdot h; 250) = \min(2000; 250) = 250 \text{ mm}$$

$$26,4 \leq 110 \leq 250$$

VYHOVUJE

Dále bylo třeba navrženou výztuž ověřit.

Platí, že normálová síla je vzhledem k namáhání nulová. Potom při namáhání průřezu bude ocel namáhána na tah (F_s) beton na tlak (F_c) stejnou měrou. Z toho platí při uvážení působení směru sil, že

$$F_c = F_s$$

Dále platí, že:

$$F_c = 0,8 \cdot b \cdot x \cdot f_{cd}$$

$$F_s = a_{s,prov} \cdot f_{yd}$$

pak

$$0,8 \cdot b \cdot x \cdot f_{cd} = a_{s,prov} \cdot f_{yd}$$

a tedy:

$$x = \frac{a_{s,prov} \cdot f_{yd}}{0,8 \cdot b \cdot f_{cd}} = \frac{3456 \cdot 435}{0,8 \cdot 1000 \cdot 13,33} = \mathbf{141 \text{ mm}}$$

Pro ověření výztuže platí, že deformace oceli musí být přímo úměrná deformaci betonu ($\varepsilon_{cu} = 0,0035$), proto:

$$\frac{\varepsilon_{cu}}{x} = \frac{\varepsilon_s}{d - x}$$

pak:

$$\varepsilon_s = \frac{\varepsilon_{cu} \cdot (d - x)}{x} = \frac{0,0035 \cdot (939 - 141)}{141} = 0,0198$$

a pro deformaci oceli platí:

$$E_s = 200000 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon_s \geq \frac{f_{yd}}{E_s} = \frac{435}{200000} = 0,00217$$

$$0,0198 = 0,00217$$

VYHOVUJE

Pro ověření betonu platí:

$$\frac{x}{d} \leq 0,45$$

$$\frac{x}{d} = \frac{141}{939} = 0,15$$

$$0,15 < 0,45$$

VYHOVUJE

Dále je třeba určit rameno vnitřních sil pro výpočet momentu únosnosti průřezu.

Rameno vnitřních sil z:

$$z = d - 0,4 \cdot x = 939 - 0,4 \cdot 141 = 883 \text{ mm}$$

Moment únosnosti se pak určí z působících sil v průřezu a lze upravit na vztah:

$$\begin{aligned} M_{Rd} &= a_{s,prov} \cdot f_{yd} \cdot z = 3456 \cdot 10^{-6} \cdot 435 \cdot 10^6 \cdot 883 \cdot 10^{-3} = 1\,327\,000 \text{ Nm} \\ &= \mathbf{1327 \text{ kNm}} \end{aligned}$$

Podmínkou je, že moment od zatížení musí být menší než moment únosnosti průřezu:

$$M_{Ed} \leq M_{Rd}$$

$$1081 \leq 1327$$

VYHOVUJE

Využití průřezu je:

$$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} = (0,7 - 0,9)$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} = \frac{1081}{1327} = \mathbf{0,81}$$

NÁVRH VYHOVUJE

Dále je ještě potřeba určit délku kotvy. Pro její určení byl využit přibližný vztah:

$$l_b = 40 \cdot \phi_s = 40 \cdot 22 = 880 \text{ mm}$$

Z důvodu bezpečnosti je navržena délka kotvy **1 m**.

3) Výpočet náhrady zatížení od vody štěrkiem

Pro výpočet byla brána objemová tíha vody $\rho_v = 10 \text{ kN/m}^3$ a pro štěrk frakce 16/32 $\rho_s = 15 \text{ kN/m}^3$. Maximální možná hladina vody v tunelu je 1,3 m. Pro takovou hladinu byl odečten obsah zatěžovacího obrazce z výkresu pohledů a řezu, viz výkres č. 1.1 a 1.3.

Následně byla tato plocha převedena na objem vynásobením na 1 běžný metr. Přes zatížení od vody byla získána potřebná mocnost vrstvy štěrku. Zpětným procesem, tzn. vydělením objemovou tíhou a běžným metrem byla získána potřebná plocha štěrku, ze které byla zjištěna potřebná hloubka.

$$S_{\text{vody}} = 6,84 \text{ m}^2$$

$$V_{\text{vody}} = 6,84 \text{ m}^3$$

Zatížení od vody:

$$F_{\text{vody}} = V_{\text{vody}} \cdot \rho_v = 6,84 \cdot 10 = 68,4 \text{ kN}$$

To musí být rovno zatížení od štěrku:

$$F_{\text{vody}} = F_{\text{štěrku}}$$

$$F_{\text{štěrku}} = V_{\text{štěrku}} \cdot \rho_s$$

$$V_{\text{štěrku}} = \frac{F_{\text{štěrku}}}{\rho_s} = \frac{68,4}{15} = 4,56 \text{ m}^3$$

Po vydělení běžným metrem:

$$S_{\text{štěrku}} = 4,56 \text{ m}^2$$

Pro takovou plochu platí dle geometrie tunelu výška **0,9 m** vrstvy štěrku.

P. 2- TABELÁRNÍ HODNOTY KONSUMPČNÍCH KŘIVEK

KK MKŘ 1964 [6]

H (m n.m.)	Q (m ³ .s ⁻¹)
198.80	0.0
199.80	4.70
200.80	13.15
201.80	25.0
202.80	45.3
203.80	82.8
204.80	148.0
205.80	218.0
206.80	278.0
207.80	334.0
208.80	382.0
209.80	422
210.80	457
211.80	482
212.80	503
213.80	523
214.80	542
215.80	560
216.80	577
217.80	596
218.80	612
219.40	620

KK MKŘ 1942 [14]

H (m n.m.)	Q (m ³ .s ⁻¹)
198.8	0
201.45	30
204.55	150
207.31	250
214.75	426.9

KK MŘ 2023 [5]

H (m n.m.)	Q (m ³ .s ⁻¹)
198.80	0.0
199.30	4.47
199.80	7.91
200.30	10.0
200.80	12.0
201.30	15.1
201.80	24.5
202.30	34.2
202.80	44.7
203.30	67.1
203.80	84.5
204.30	105
204.80	141
205.30	180
205.80	224
206.30	250
206.80	283
207.30	307
207.80	336
208.30	356
208.80	378
209.30	402
209.80	428
210.30	441
210.80	459
211.30	468
211.80	482
212.30	491
212.80	500
213.30	513
213.80	527
214.30	536
214.80	544
215.30	553
215.80	561
216.30	570
216.80	578
217.30	587
217.80	599
218.30	605
218.80	613
219.30	620
219.40	622

TEORETICKÁ KK
[zdoj vlastní]

H (m n.m.)	Q (m ³ .s ⁻¹)
198.80	0.00
199.54	5.00
199.96	10.00
200.31	15.00
200.62	20.00
200.90	25.00
201.16	30.00
201.40	35.00
201.63	40.00
201.84	45.00
202.05	50.00
202.25	55.00
202.44	60.00
202.62	65.00
202.80	70.00
202.98	75.00
203.14	80.00
203.31	85.00
203.47	90.00
203.62	95.00
203.78	100.00
203.93	105.00
204.07	110.00
204.22	115.00
204.36	120.00
204.55	125.00
204.68	130.00
204.81	135.00
204.94	140.00
205.27	160.00
205.39	165.00
205.51	170.00
205.63	175.00
205.75	180.00
205.87	185.00
205.90	188.51
205.98	190.00
206.40	207.14
206.90	224.13
207.40	239.83
207.90	254.48
208.40	268.26
208.90	281.30

PŘIBLÍŽENÁ KK MŘ
[zdoj vlastní]

H (m n.m.)	Q (m ³ .s ⁻¹)
198.80	0.00
199.54	5.36
199.96	10.73
200.31	16.12
200.62	21.53
200.90	26.94
201.16	32.36
201.40	37.79
201.63	43.23
201.84	48.68
202.05	54.13
202.25	59.59
202.44	65.05
202.62	70.51
202.80	75.99
202.98	81.46
203.14	86.95
203.31	92.43
203.47	97.93
203.62	103.42
203.78	108.92
203.93	114.42
204.07	119.93
204.22	125.43
204.36	130.95
204.55	141.56
204.68	147.11
204.81	152.63
204.94	158.12
205.07	163.56
205.02	162.86
205.15	168.19
205.27	173.50
205.39	178.80
205.51	184.09
205.63	189.37
205.75	194.62
205.87	199.86
205.98	205.08
206.10	210.29
206.21	215.48
206.33	220.64
206.44	225.81

TEORETICKÁ KK
[zdroj vlastní]

H (m n.m.)	Q (m ³ .s ⁻¹)
209.40	293.70
209.90	305.55
210.40	316.90
210.90	327.82
211.40	338.35
211.90	348.52
212.40	358.37
212.90	367.92
213.40	377.21
213.90	386.25
214.40	395.06
214.90	403.67
215.40	412.07
215.90	420.30
216.40	428.35
216.90	436.25
217.40	444.00
217.90	451.60
218.40	459.08
218.90	466.43
219.40	473.67

PŘIBLÍŽENÁ KK MŘ
[zdroj vlastní]

H (m n.m.)	Q (m ³ .s ⁻¹)
206.55	230.94
206.90	244.63
207.40	266.50
207.90	288.16
208.40	309.48
208.90	330.35
209.40	350.70
209.90	370.47
210.40	389.66
210.90	408.25
211.40	426.25
211.90	443.70
212.40	460.62
212.90	477.03
213.40	492.97
213.90	508.47
214.40	523.56
214.90	538.25
215.40	549.58
215.90	558.34
216.40	566.92
216.90	575.38
217.40	583.73
217.90	592.01
218.40	600.23
218.90	608.47
219.40	616.70

P. 3- TABELÁRNÍ HODNOTY KONSUM. KŘIVEK SPODNÍCH VÝPUSTÍ

Varianta 2.1

VYPOUŠTĚNÍ						
H	ΔH	Q	V	ΔV	ΔQ	t
[m.n.m.]	[m]	[m ³ /s]	[m ³]	[m ³]	[m ³ /s]	[dny]
201.22	0	0.00	51906	0	0.00	-
201.7	0.48	15.69	86121	34215	15.69	0.03
202.2	0.98	22.41	131522	45401	22.41	0.07
202.7	1.48	27.54	192514.5	60992.5	27.54	0.08
203.2	1.98	31.86	269232	76717.5	31.86	0.10
203.7	2.48	35.65	361674.5	92442.5	35.65	0.12
204.2	2.98	39.08	469842	108167.5	39.08	0.14
204.7	3.48	42.23	593734.5	123892.5	2.23	3.08
205.2	3.98	45.17	733152	139417.5	5.17	1.64
205.7	4.48	47.92	887682	154530	7.92	1.30
206.2	4.98	50.52	1058424	170742	10.52	1.16
206.8	5.58	53.48	1247671	189247.5	13.48	1.07
207.2	5.98	55.36	1453622	205950.5	15.36	1.10
207.7	6.48	57.63	1672414	218792.5	17.63	1.10
208.2	6.98	59.81	1903940	231525.5	19.81	1.11
208.7	7.48	61.92	2148215	244275	21.92	1.13
209.2	7.98	63.95	2405232	257017	23.95	1.16
209.7	8.48	65.93	2674974	269742.5	25.93	1.19
210.2	8.98	67.84	2957722	282747.5	27.84	1.23
210.7	9.48	69.71	3254052	296330	29.71	1.27
211.2	9.98	71.52	3563974	309922	31.52	1.31
211.7	10.48	73.29	3887471	323497.5	33.29	1.35
212.2	10.98	75.02	4224552	337080.5	35.02	1.40
212.7	11.48	76.71	4575232	350680	36.71	1.44
213.2	11.98	78.36	4942032	366800	38.36	1.49
213.7	12.48	79.98	5330149	388117.5	39.98	1.54
214.2	12.98	81.57	5736014	405864.5	41.57	1.60
214.7	13.48	83.12	6151936	415922.5	43.12	1.65
215.2	13.98	84.65	6577444	425507.5	44.65	1.71
215.7	14.48	86.15	7012041	434597.5	46.15	1.76
216.2	14.98	87.62	7455226	443184.5	47.62	1.81
216.7	15.48	89.08	7905991	450765	49.08	1.86
217.2	15.98	90.50	8364498	458507	50.50	1.92
217.7	16.48	91.91	8831143	466645	51.91	1.97
218.2	16.98	93.29	9303698	472555	53.29	2.02
218.7	17.48	94.65	9777543	473845	54.65	2.07
219.2	17.98	96.00	10253266	475723	56.00	2.12
219.4	18.18	96.53	10444496	191230	56.53	2.14

0.5
VYPOUŠTÍM
BEZ MZP

Σ

50

Dnů

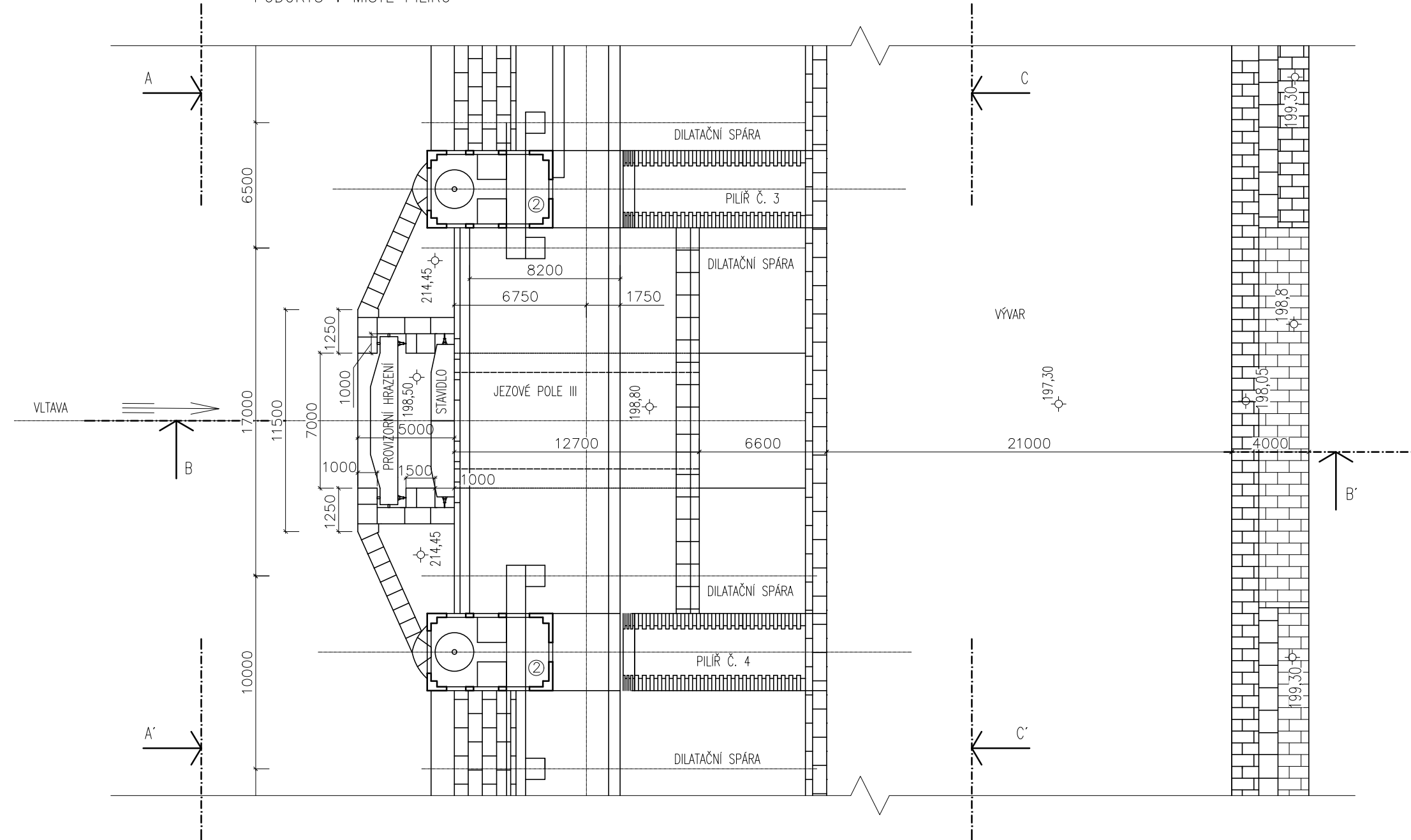
Varianta 2.2

VYPOUŠTĚNÍ




H	ΔH	Q	V	ΔV	ΔQ	t
[m.n.m.]	[m]	[m ³ /s]	[m ³]	[m ³]	[m ³ /s]	[dny]
201.22	0	0.00	51906	0	0.00	-
201.7	0.48	16.84	86121	34215	16.84	0.02
202.2	0.98	24.06	131522	45401	24.06	0.06
202.7	1.48	29.57	192514.5	60992.5	29.57	0.08
203.2	1.98	34.20	269232	76717.5	34.20	0.09
203.7	2.48	38.28	361674.5	92442.5	38.28	0.11
204.2	2.98	41.96	469842	108167.5	1.96	2.78
204.7	3.48	45.34	593734.5	123892.5	5.34	1.29
205.2	3.98	48.49	733152	139417.5	8.49	1.00
205.7	4.48	51.44	887682	154530	11.44	0.90
206.2	4.98	54.24	1058424	170742	14.24	0.86
206.7	5.48	56.90	1247671	189247.5	16.90	0.85
207.2	5.98	59.44	1453622	205950.5	19.44	0.87
207.7	6.48	61.87	1672414	218792.5	21.87	0.89
208.2	6.98	64.21	1903940	231525.5	24.21	0.91
208.7	7.48	66.47	2148215	244275	26.47	0.94
209.2	7.98	68.66	2405232	257017	28.66	0.97
209.7	8.48	70.78	2674974	269742.5	30.78	1.01
210.2	8.98	72.83	2957722	282747.5	32.83	1.04
210.7	9.48	74.83	3254052	296330	34.83	1.08
211.2	9.98	76.78	3563974	309922	36.78	1.12
211.7	10.48	78.68	3887471	323497.5	38.68	1.16
212.2	10.98	80.54	4224552	337080.5	40.54	1.21
212.7	11.48	82.35	4575232	350680	42.35	1.25
213.2	11.98	84.13	4942032	366800	44.13	1.30
213.7	12.48	85.86	5330149	388117.5	45.86	1.35
214.2	12.98	87.57	5736014	405864.5	47.57	1.40
214.7	13.48	89.24	6151936	415922.5	49.24	1.45
215.2	13.98	90.88	6577444	425507.5	50.88	1.50
215.7	14.48	92.49	7012041	434597.5	52.49	1.55
216.2	14.98	94.07	7455226	443184.5	54.07	1.60
216.7	15.48	95.63	7905991	450765	55.63	1.64
217.2	15.98	97.16	8364498	458507	57.16	1.69
217.7	16.48	98.67	8831143	466645	58.67	1.74
218.2	16.98	100.15	9303698	472555	60.15	1.79
218.7	17.48	101.62	9777543	473845	61.62	1.84
219.2	17.98	103.06	10253266	475723	63.06	1.88
219.4	18.18	103.63	10444496	191230	63.63	1.90

0.4
DNE
VYPOUŠTÍM BEZ
MZP

PŮDORYS V MÍSTĚ PILÍŘŮ



LEGENDA

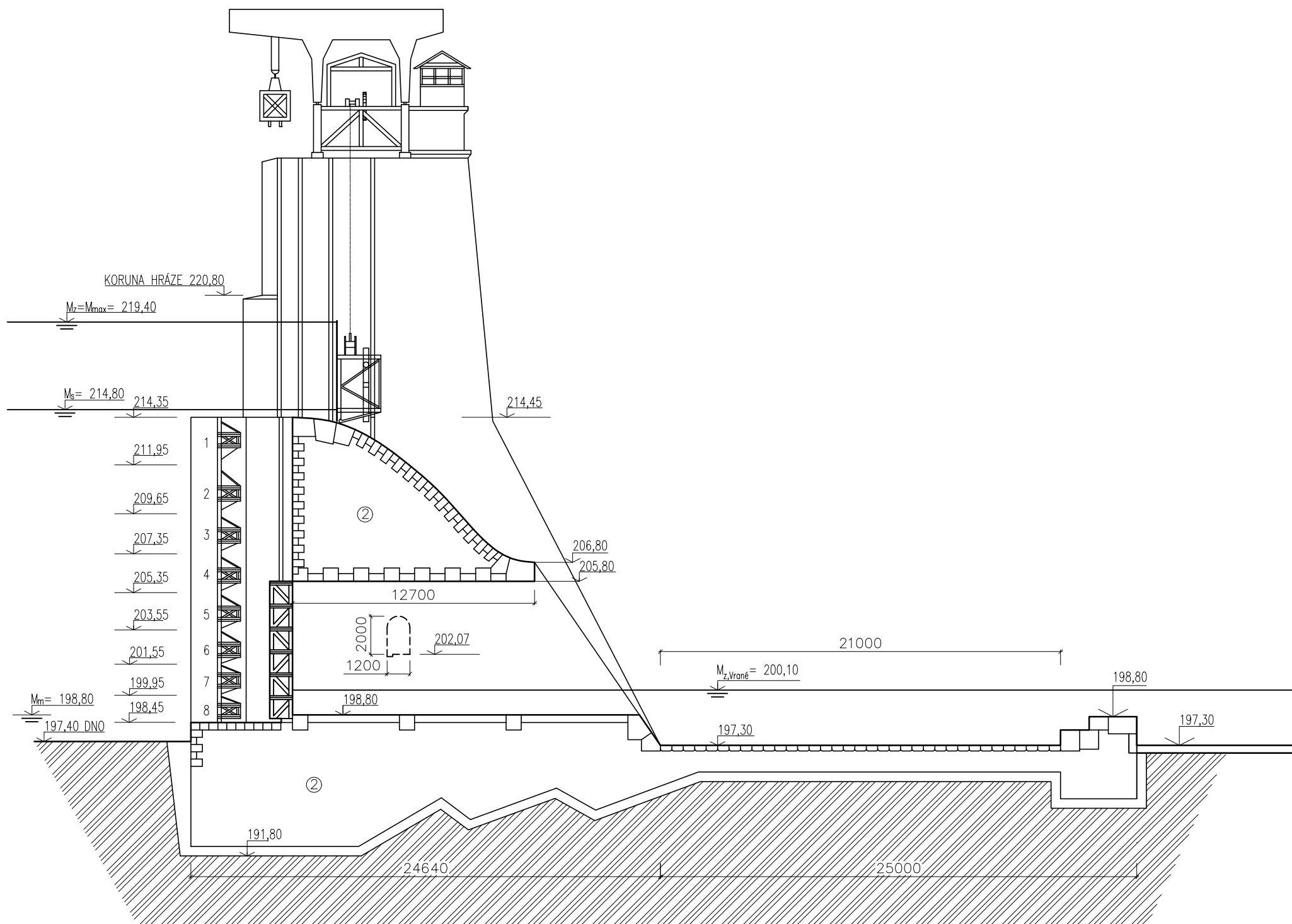
-  SKALNATÉ PODLOŽÍ
-  STÁVAJÍCÍ MATERIÁL
-  STÁVAJÍCÍ KONSTRUKCE

POZNÁMKA: Jako podklad byly použity výkresy, poskytnuté státním podnikem Povodí Vltavy. Ty byly následně upraveny dle vizuální inspekce a fotodokumentace stávajícího stavu díla. Pro případné další stupně dokumentace je nutné provést geodetické zaměření objektu.

Výškový systém : B.p.v.

Kreslii:	Vedoucí práce:	Fakulta stavební	
Alžběta Sovová	Ing. Miroslav Brouček, Ph.D.		
Název projektu:	ČVUT		
BAKALÁŘSKÁ PRÁCE			Měřítko: 1:250
Analýza využitelnosti výpusti na VD Štěchovice			Datum: 05/2023
Název výkresu:			Č.výkresu: 1.1
STÁVAJÍCÍ STAV- PŮDORYS			

ŘEZ B-B' - V MÍSTĚ TUNELU



LEGENDA

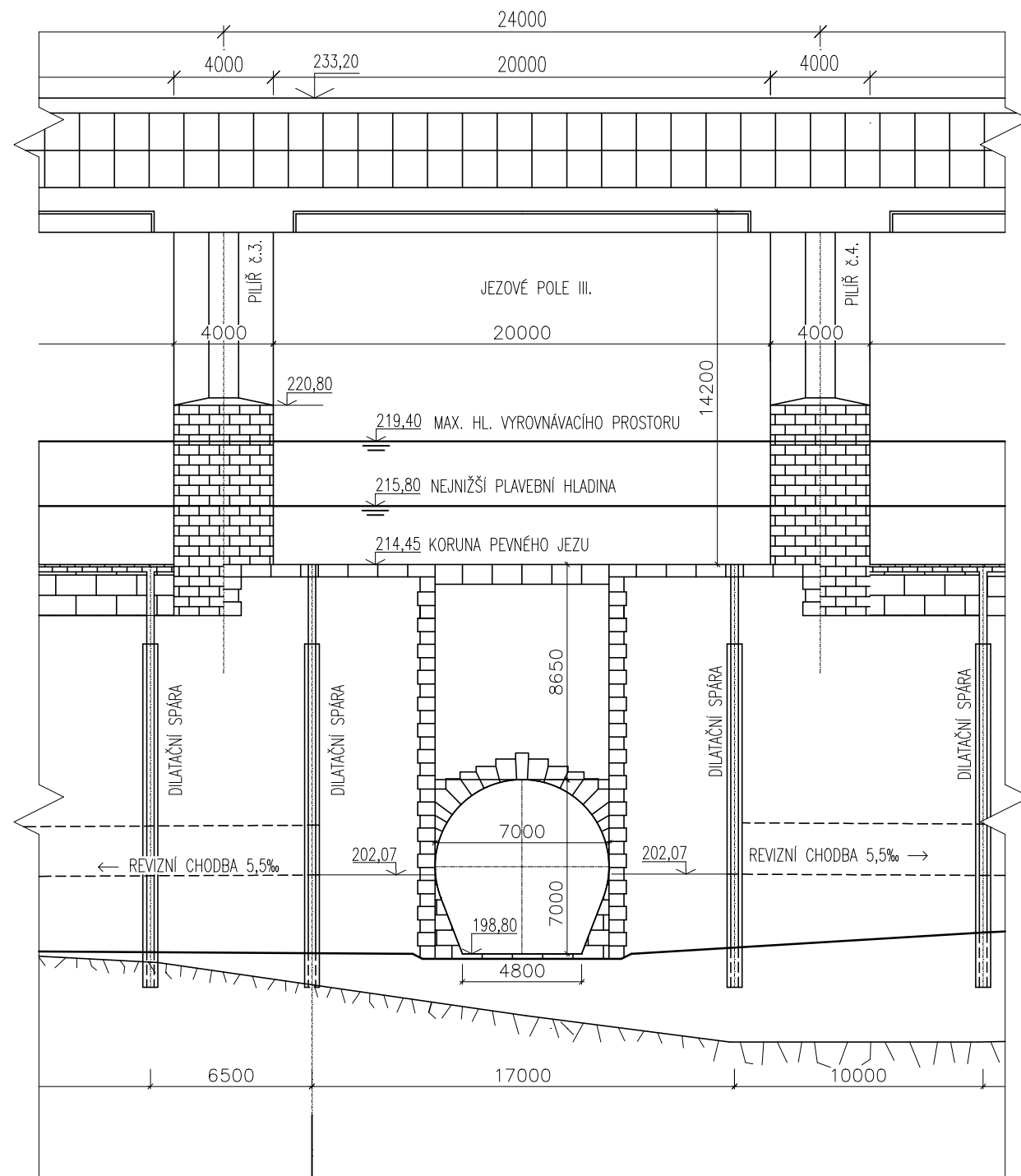
-  SKALNATÉ PODLOŽÍ
-  STÁVAJÍCÍ MATERIÁL
-  STÁVAJÍCÍ KONSTRUKCE

POZNÁMKA: Jako podklad byly použity výkresy, poskytnuté státním podnikem Povodí Vltavy. Ty byly následně upraveny dle vizuální inspekce a fotodokumentace stávajícího stavu díla. Pro případné další stupně dokumentace je nutné provést geodetické zaměření objektu.

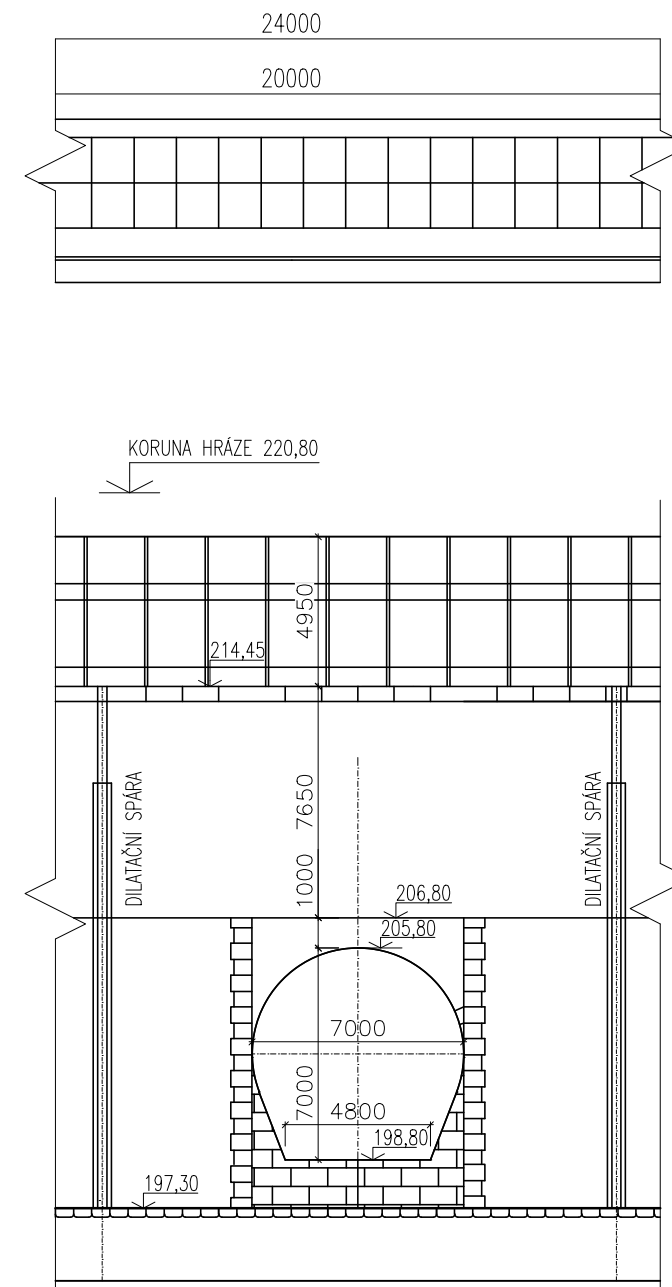
Výškový systém : B.p.v.

Kreslii: Alžběta Sovová	Vedoucí práce: Ing. Miroslav Brouček, Ph.D.	Fakulta stavební	
Název projektu: BAKALÁŘSKÁ PRÁCE Analýza využitelnosti výpusti na VD Štěchovice		ČVUT	
Název výkresu: STÁVAJÍCÍ STAV- ŘEZ B-B' V MÍSTĚ TUNELU		Měřítko:	1:250
		Datum:	05/2023
		Č.výkresu:	1.2




ŘEZ A-A' - POHLED NA NÁVODNÍ STRANU BEZ PROVIZORNÍHO HRAZENÍ



ŘEZ C-C' - POHLED NA VZDUŠNÍ STRANU



LEGENDA

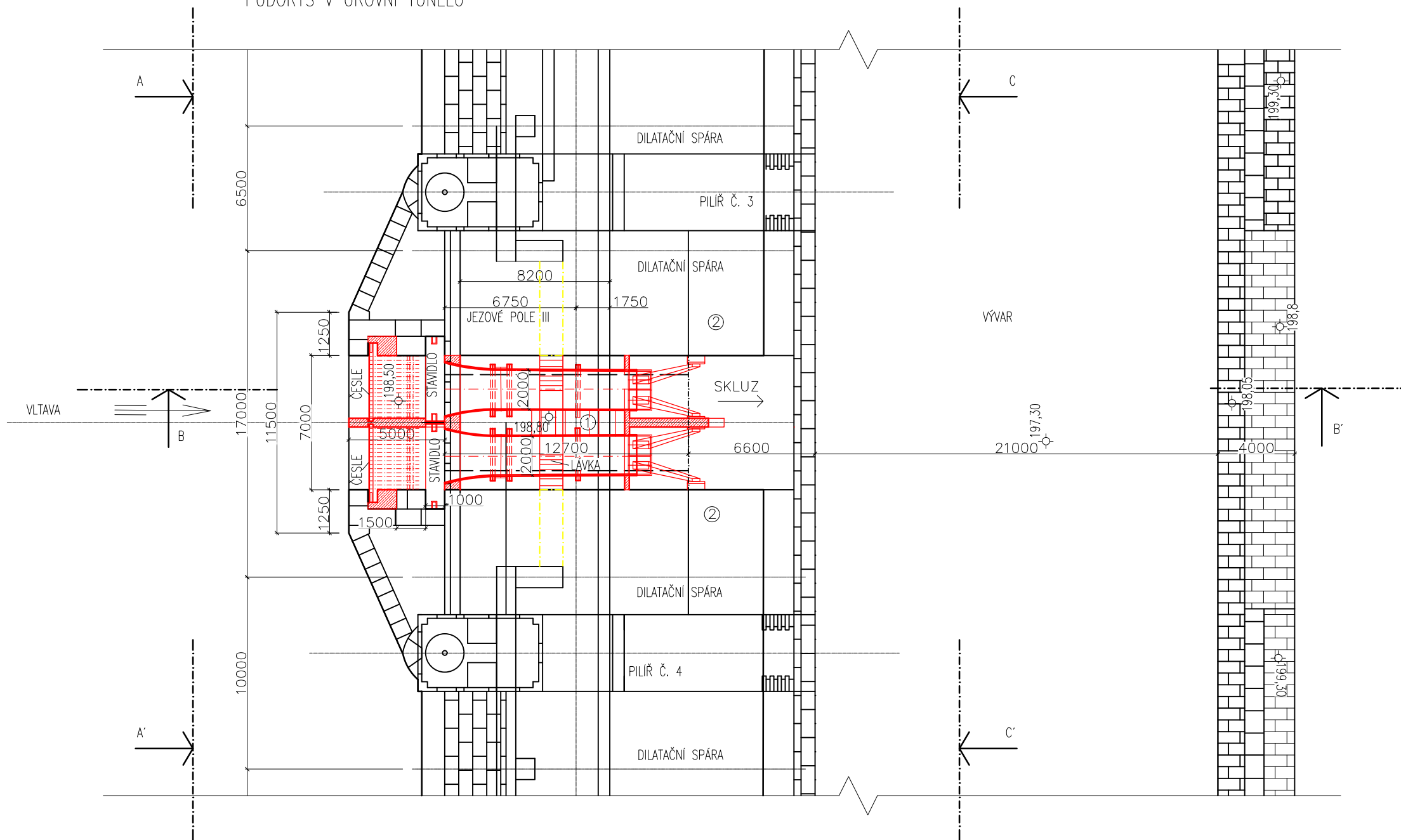
-  SKALNATÉ PODLOŽÍ
-  STÁVAJÍCÍ MATERIÁL
-  STÁVAJÍCÍ KONSTRUKCE

POZNÁMKA: Jako podklad byly použity výkresy, poskytnuté státním podnikem Povodí Vltavy. Ty byly následně upraveny dle vizuální inspekce a fotodokumentace stávajícího stavu díla. Pro případné další stupně dokumentace je nutné provést geodetické zaměření objektu.

Výškový systém : B.p.v.

Kreslii: Alžběta Sovová	Vedoucí práce: Ing. Miroslav Brouček, Ph.D.	Fakulta stavební	
Název projektu: BAKALÁŘSKÁ PRÁCE Analýza využitelnosti výpusti na VD Štěchovice		ČVUT	
Název výkresu: STÁVAJÍCÍ STAV- ŘEZ A-A', ŘEZ C-C'		Měřítko:	1:250
		Datum:	05/2023
		Č.výkresu:	1.3

PŮDORYS V ÚROVNI TUNELU



LEGENDA

- ŽELEZOBETON
- SKALNATÉ PODLOŽÍ
- ① ŽELEZOBETONOVÁ KONSTRUKCE
- ② STÁVAJÍCÍ MATERIÁL
- BOURANÉ KONSTRUKCE
- STÁVAJÍCÍ KONSTRUKCE
- NOVÉ KONSTRUKCE

VÝZTUŽ JE NUTNO NAVRHNOUT VČETNĚ JEJÍHO ZAKOTVENÍ DO STÁVAJÍCÍ KONSTRUKCE A JE NUTNO DBÁT NA SPRÁVNÉ NAPOJENÍ NOVÉHO BETONU NA PŮVODNÍ.

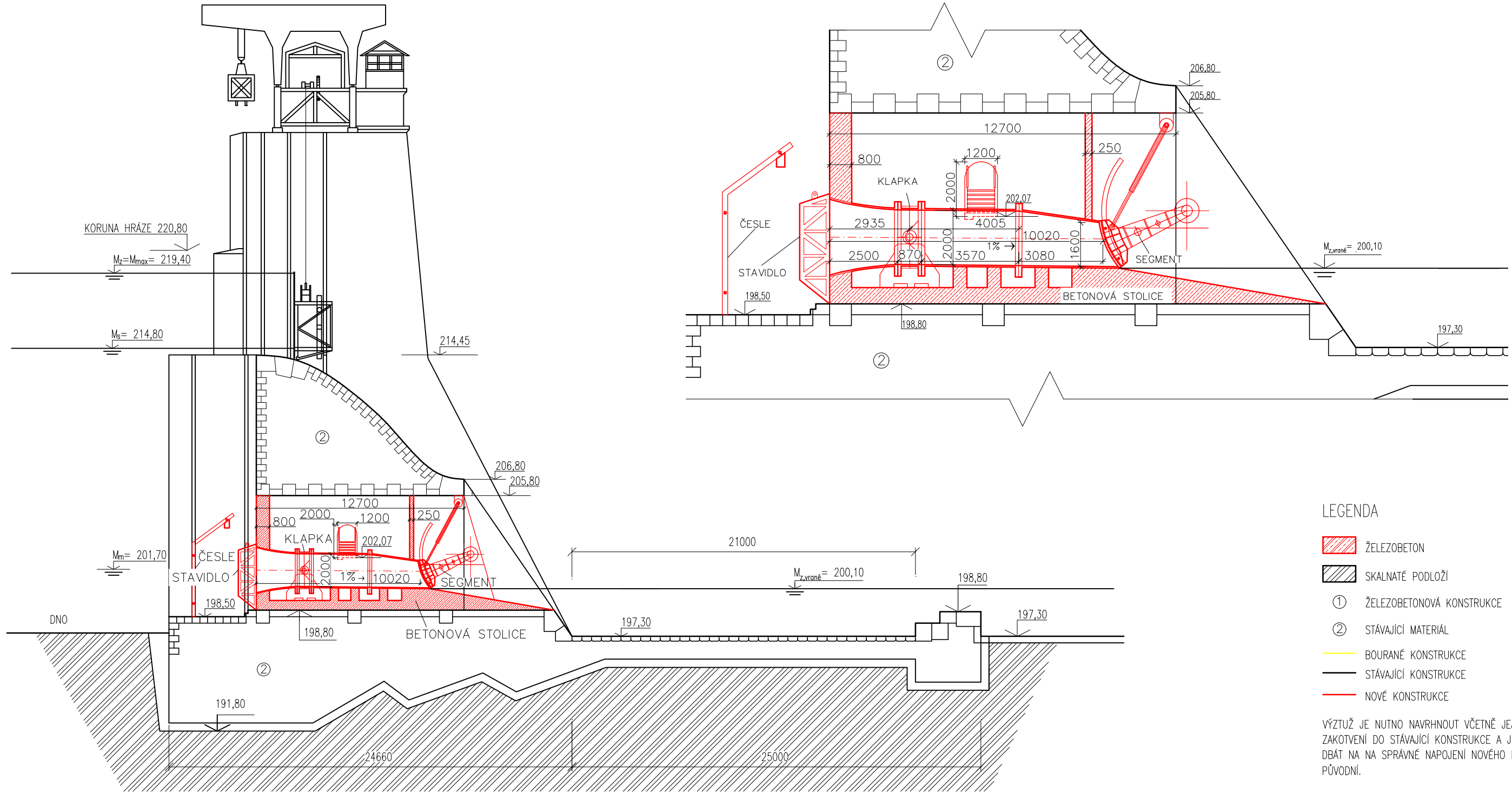
POZNÁMKA: Jako podklad byly použity výkresy, poskytnuté státním podnikem Povodí Vltavy. Ty byly následně upraveny dle vizuální inspekce a fotodokumentace stávajícího stavu díla. Pro případné další stupně dokumentace je nutné provést geodetické zaměření objektu.

Výškový systém : B.p.v.

Kreslii:	Vedoucí práce:	Fakulta stavební
Alžběta Sovová	Ing. Miroslav Brouček, Ph.D.	
Název projektu:	ČVUT	
BAKALÁŘSKÁ PRÁCE		
Analýza využitelnosti výpusti na VD Štěchovice	Měřítko:	1:250
Název výkresu:	Datum:	05/2023
STAV SE DVĚMA VÝPUSTMI- PŮDORYS	Č.výkresu:	2.1.1

ŘEZ B-B' - V MÍSTĚ TUNELU 1:250

DETAIL ŘEZU VÝPUSTÍ 1:150

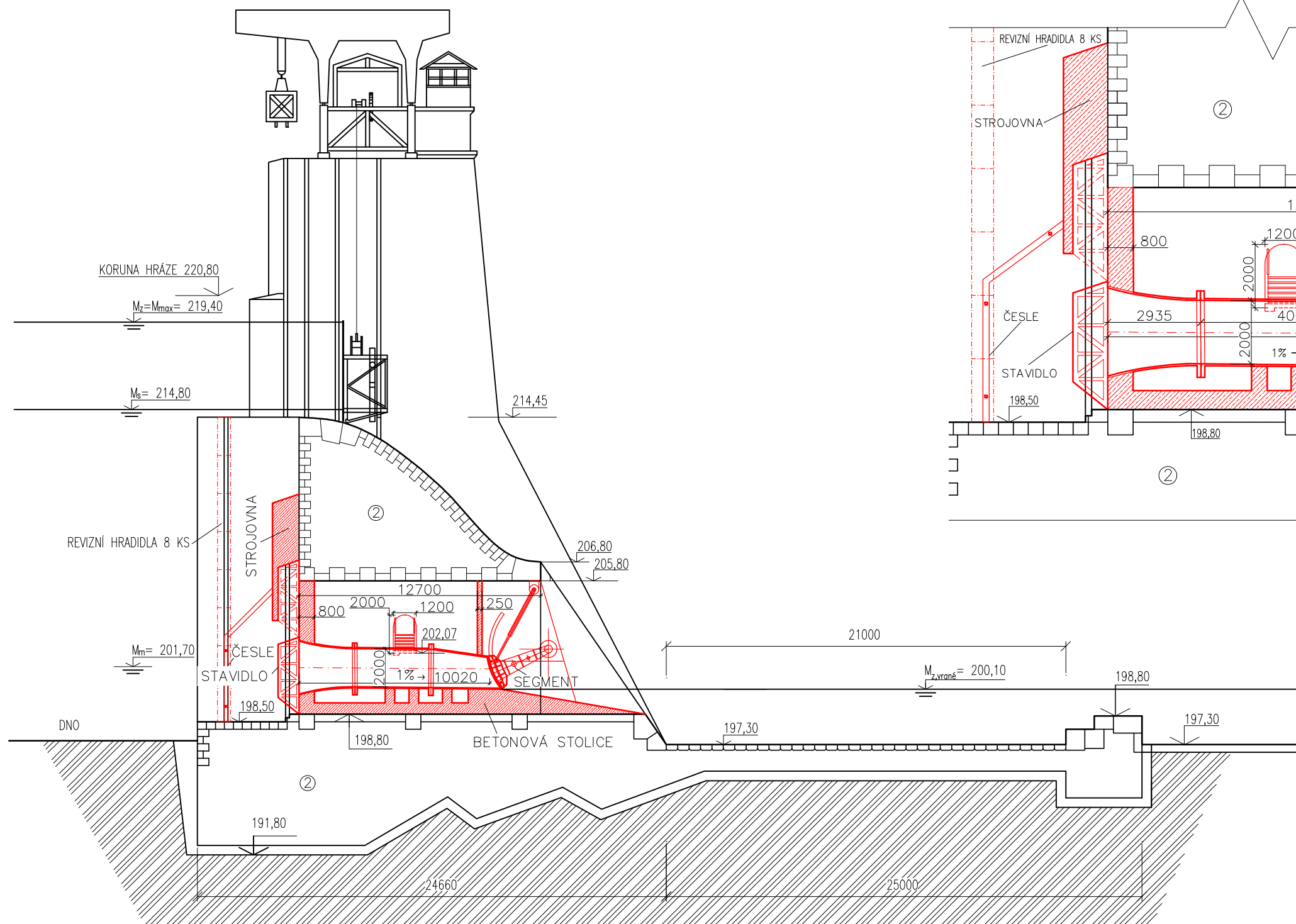


POZNÁMKA: Jako podklad byly použity výkresy, poskytnuté státním podnikem Povodí Vltavy. Ty byly následně upraveny dle vizuální inspekce a fotodokumentace stávajícího stavu díla. Pro případné další stupně dokumentace je nutné provést geodetické zaměření objektu.

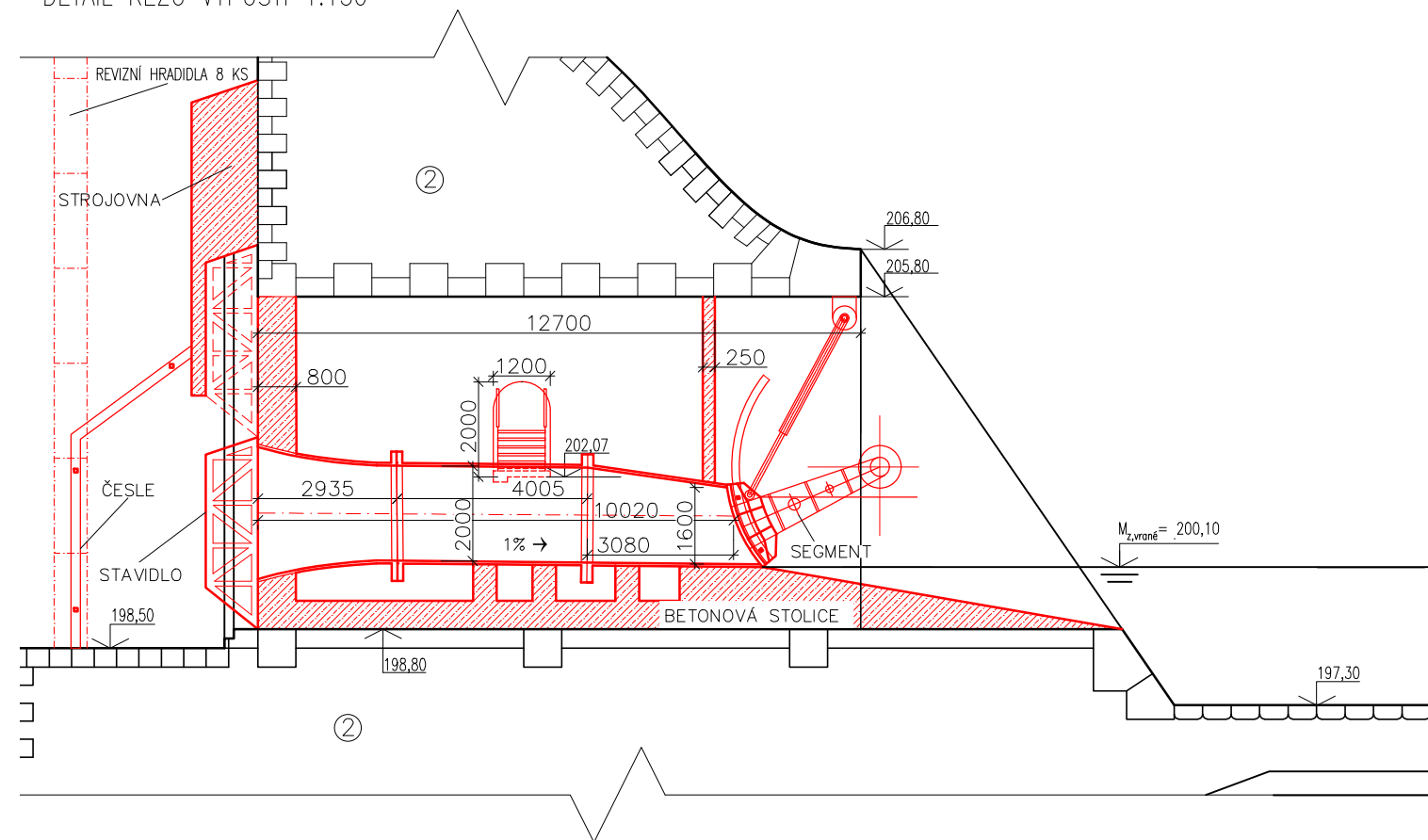
Výškový systém : B.p.v.

Kreslii: Alžběta Sovová	Vedoucí práce: Ing. Miroslav Brouček, Ph.D.	Fakulta stavební ČVUT
Název projektu: BAKALÁŘSKÁ PRÁCE Analýza využitelnosti výpusti na VD Štěchovice		
Název výkresu: STAV SE DVĚMA VÝPUSTMI - ŘEZ B-B' V MÍSTĚ TUNELU		Měřítko: 1:150, 1:250
		Datum: 05/2023
		Č.výkresu: 2.1.2

ŘEZ B-B' - V MÍSTĚ TUNELU 1:250



DETAIL ŘEZU VÝPUSTÍ 1:150



LEGENDA

- ŽELEZOBETON
- SKALNATÉ PODLOŽÍ
- ① ŽELEZOBETONOVÁ KONSTRUKCE
- ② STÁVAJÍCÍ MATERIÁL
- BOURANÉ KONSTRUKCE
- STÁVAJÍCÍ KONSTRUKCE
- NOVÉ KONSTRUKCE

VÝTUŽ JE NUTNO NAVRHNOUT VČETNĚ JEJÍHO ZAKOTVENÍ DO STÁVAJÍCÍ KONSTRUKCE A JE NUTNO DBÁT NA SPRÁVNÉ NAPOJENÍ NOVÉHO BETONU NA PŮVODNÍ.

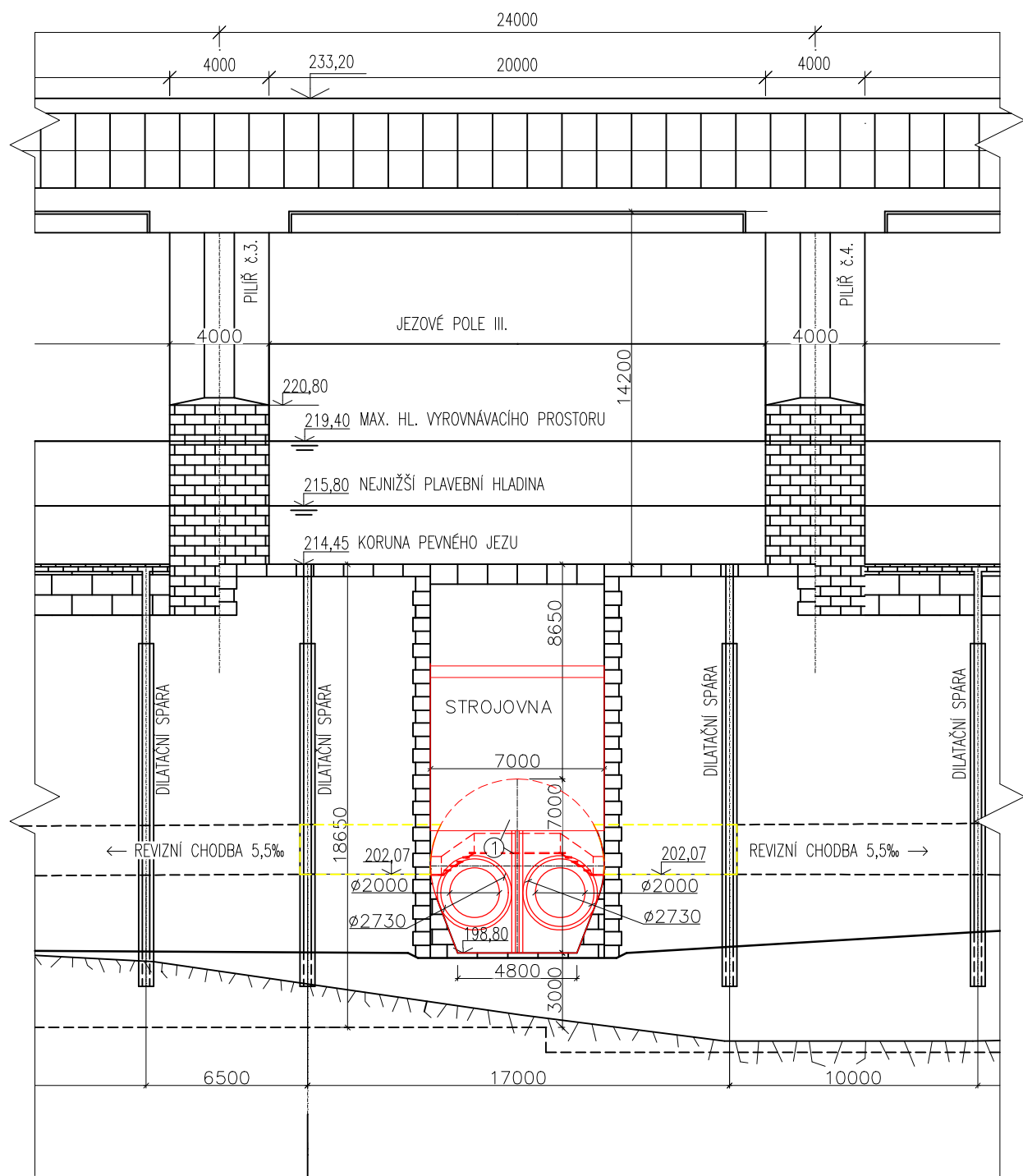
POZN.: U PRÁVÉ SPODNÍ VÝPUSTI JE ZOBRAZEN ŘEZ HRADIDLY A U LEVÉ JSOU ZOBRAZENY ČESLE.

POZNÁMKA: Jako podklad byly použity výkresy, poskytnuté státním podnikem Povodí Vltavy. Ty byly následně upraveny dle vizuální inspekce a fotodokumentace stávajícího stavu díla. Pro případné další stupně dokumentace je nutné provést geodetické zaměření objektu.

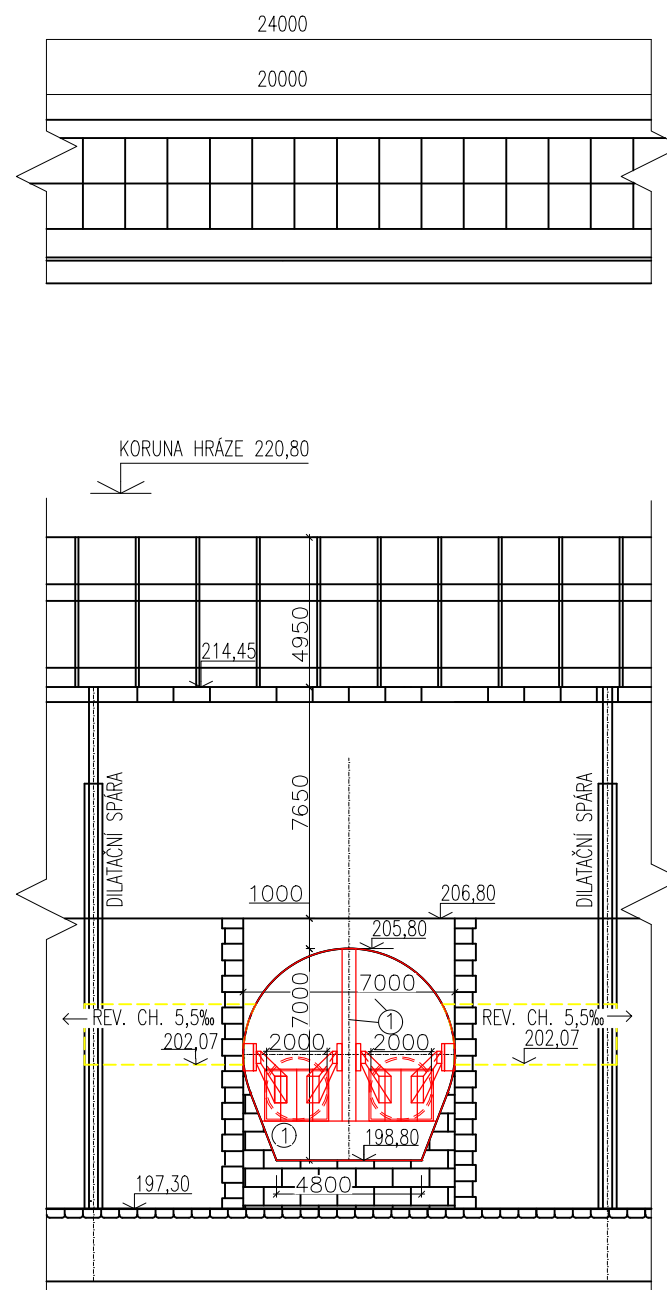
Výškový systém : B.p.v.

Kreslila: Alžběta Sovová	Vedoucí práce: Ing. Miroslav Brouček, Ph.D.	Fakulta stavební ČVUT
Název projektu: BAKALÁŘSKÁ PRÁCE Analýza využitelnosti výpusti na VD Štěchovice		
Název výkresu: STAV SE DVĚMA VÝPUSTMI - ŘEZ B-B' V MÍSTĚ TUNELU		Měřítko: 1:150, 1:250
		Datum: 05/2023
		Č.výkresu: 2.2.2

ŘEZ A-A' - POHLED NA NÁVODNÍ STRANU BEZ HRADIDEL, STAVIDEL A ČESLÍ



ŘEZ C-C' - POHLED NA VZDUŠNÍ STRANU



LEGENDA

- ŽELEZOBETON
- SKALNATÉ PODLOŽÍ
- ① ŽELEZOBETONOVÁ KONSTRUKCE
- ② STÁVAJÍCÍ MATERIÁL
- BOURANÉ KONSTRUKCE
- STÁVAJÍCÍ KONSTRUKCE
- NOVÉ KONSTRUKCE

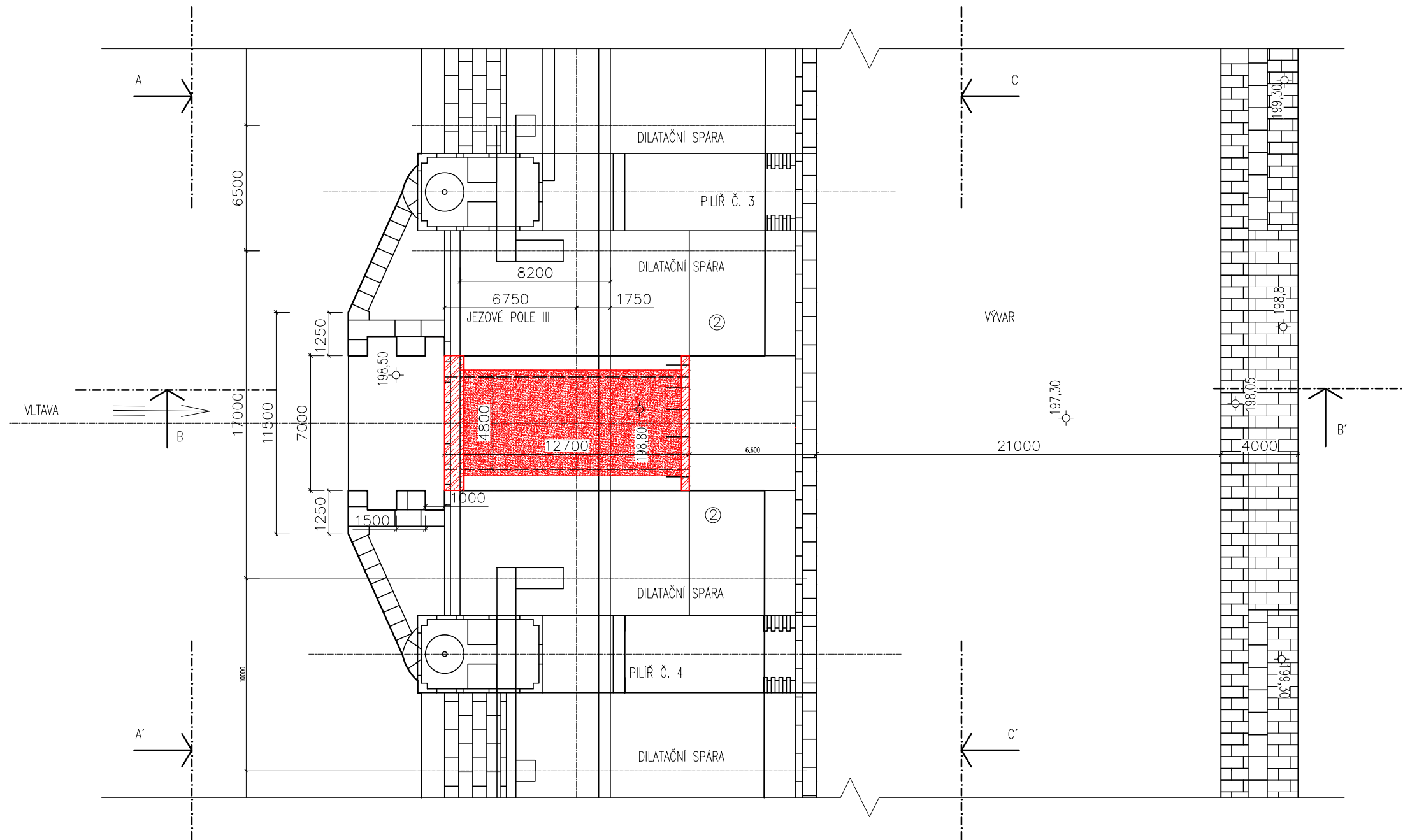
VÝZTUŽ JE NUTNO NAVRHNOUT VČETNĚ JEJÍHO ZAKOTVENÍ DO STÁVAJÍCÍ KONSTRUKCE A JE NUTNO DBÁT NA SPRÁVNÉ NAPOJENÍ NOVÉHO BETONU NA PŮVODNÍ.

POZNÁMKA: Jako podklad byly použity výkresy, poskytnuté státním podnikem Povodí Vltavy. Ty byly následně upraveny dle vizuální inspekce a fotodokumentace stávajícího stavu díla. Pro případné další stupně dokumentace je nutné provést geodetické zaměření objektu.

Výškový systém : B.p.v.

Kreslila: Alžběta Sovová	Vedoucí práce: Ing. Miroslav Brouček, Ph.D.	Fakulta stavební
Název projektu: BAKALÁŘSKÁ PRÁCE Analýza využitelnosti výpusti na VD Štěchovice		
Název výkresu: STAV SE DVĚMA VÝPUSTMI - ŘEZ A-A', ŘEZ C-C'		Měřítko: 1:250
		Datum: 05/2023
		Č.výkresu: 2.2.3

PŮDORYS V ÚROVNI TUNELU



LEGENDA

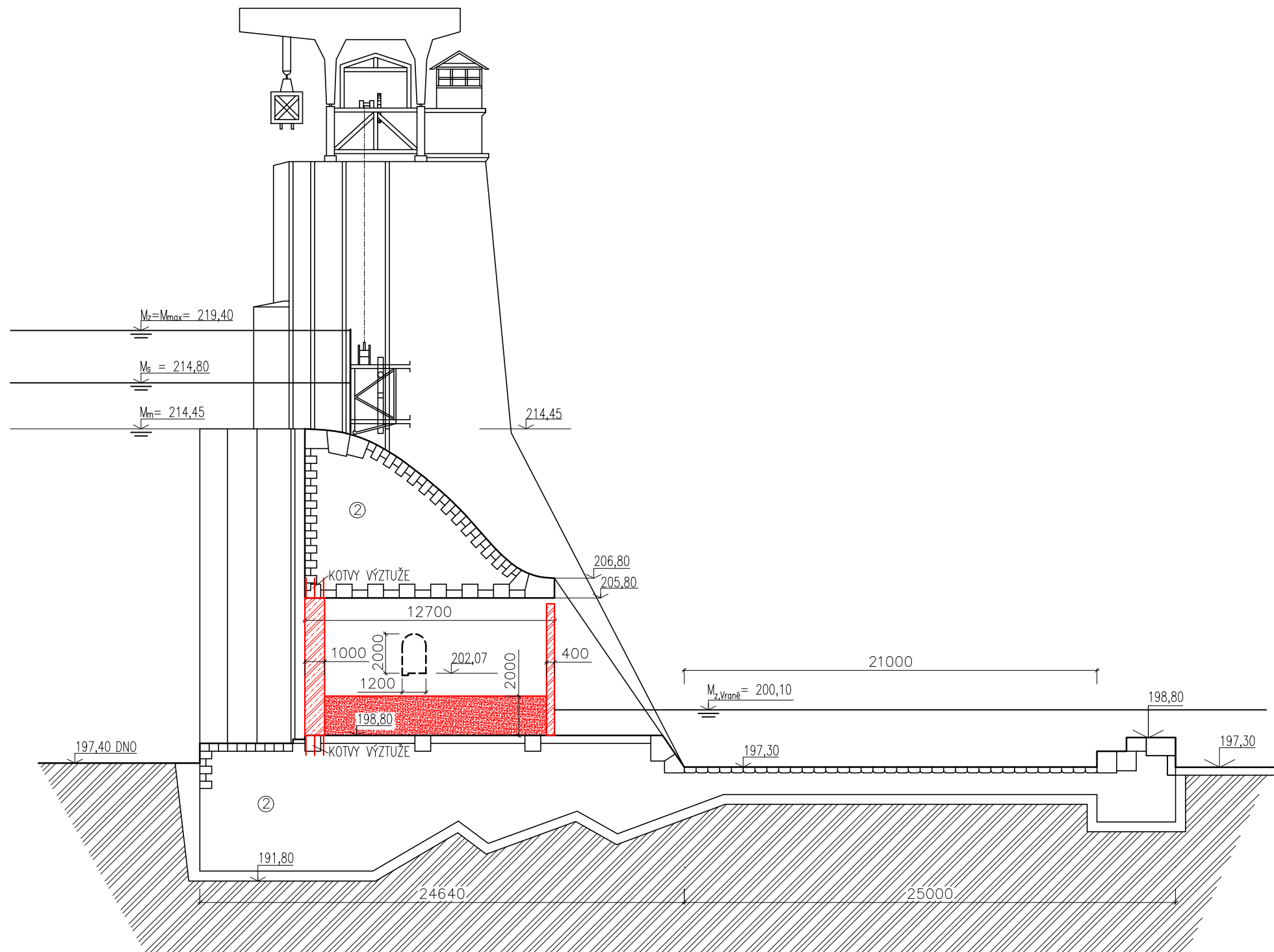
- STĚRK FR. 16/32, MĚR. HMOTNOST 1500 kg/m³
- ŽELEZOBETON
- ② STÁVAJÍCÍ MATERIÁL
- STÁVAJÍCÍ KONSTRUKCE
- NOVÉ KONSTRUKCE

VÝZTUŽ JE NUTNO NAVRHNOUT VČETNĚ JEJÍHO ZAKOTVENÍ DO STÁVAJÍCÍ KONSTRUKCE A JE NUTNO DBÁT NA NA SPRÁVNÉ NAPOJENÍ NOVÉHO BETONU NA PŮVODNÍ.

POZNÁMKA: Jako podklad byly použity výkresy, poskytnuté státním podnikem Povodí Vltavy. Ty byly následně upraveny dle vizuální inspekce a fotodokumentace stávajícího stavu díla. Pro případné další stupně dokumentace je nutné provést geodetické zaměření objektu.

Výškový systém : B.p.v.

Kreslii:	Vedoucí práce:	Fakulta stavební
Alžběta Sovová	Ing. Miroslav Brouček, Ph.D.	
Název projektu:		ČVUT
BAKALÁŘSKÁ PRÁCE		Měřítko: 1:250
Analýza využitelnosti výpusti na VD Štěchovice		Datum: 05/2023
Název výkresu:		Č.výkresu: 3.1
ZABETONOVANÝ STAV- PŮDORYS		



LEGENDA

- STĚRK FR. 16/32, MĚR. HMOTNOST 1500 kg/m³
- ŽELEZOBETON
- STÁVAJÍCÍ MATERIÁL
- STÁVAJÍCÍ KONSTRUKCE
- NOVÉ KONSTRUKCE

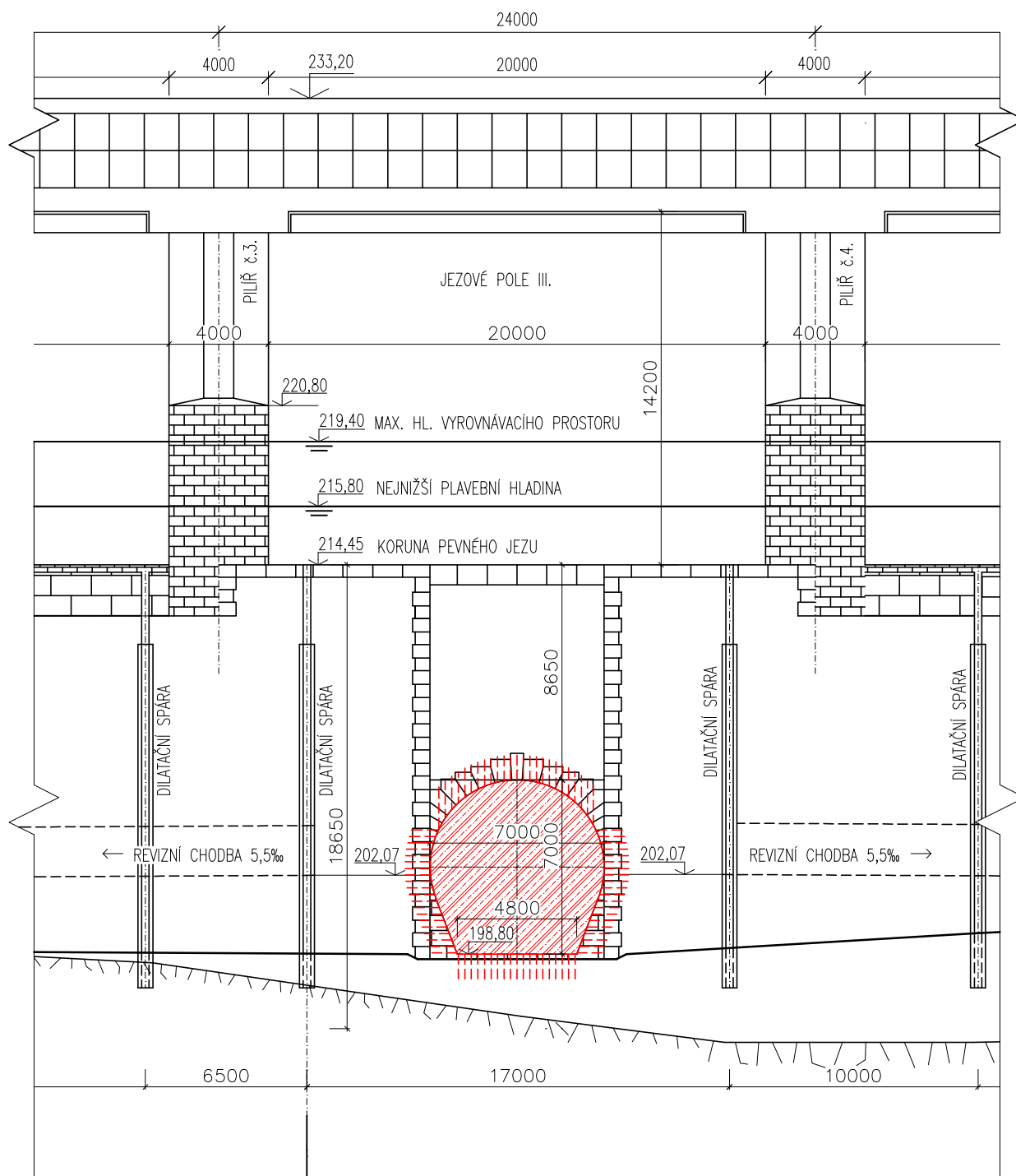
VÝZTUŽ JE NUTNO NAVRHNOUT VČETNĚ JEJÍHO ZAKOTVENÍ DO STÁVAJÍCÍ KONSTRUKCE A JE NUTNO DBÁT NA SPRÁVNÉ NAPOJENÍ NOVÉHO BETONU NA PŮVODNÍ.

Výškový systém : B.p.v.

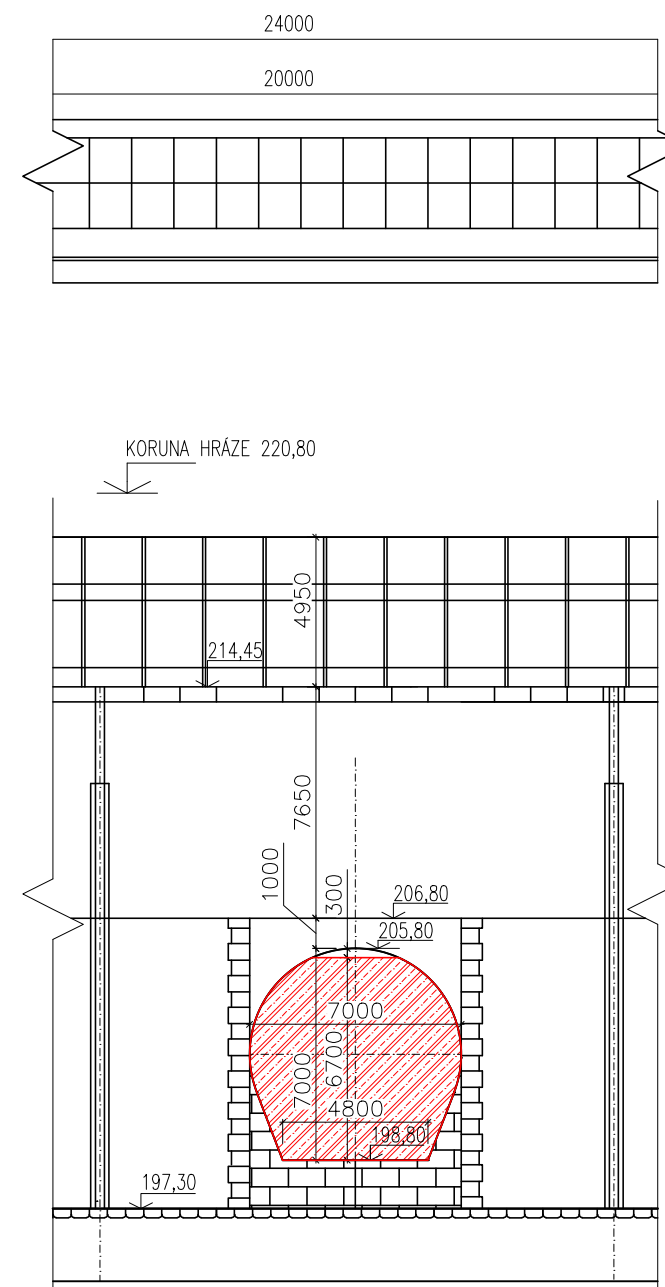
POZNÁMKA: Jako podklad byly použity výkresy, poskytnuté státním podnikem Povodí Vltavy. Ty byly následně upraveny dle vizuální inspekce a fotodokumentace stávajícího stavu díla. Pro případné další stupně dokumentace je nutné provést geodetické zaměření objektu.

Kreslíla: Alžběta Sovová	Vedoucí práce: Ing. Miroslav Brouček, Ph.D.	Fakulta stavební	
Název projektu: BAKALÁŘSKÁ PRÁCE Analýza využitelnosti výpusti na VD Štěchovice		ČVUT	
Název výkresu: ZABETONOVANÝ STAV- ŘEZ B-B' V MÍSTĚ TUNELU		Měřítko:	1:250
		Datum:	05/2023
		Č.výkresu:	3.2

ŘEZ A-A' - POHLED NA NÁVODNÍ STRANU BEZ PROVIZORNÍHO HRAZENÍ



ŘEZ C-C' - POHLED NA VZDUŠNÍ STRANU



LEGENDA

- STĚRK FR. 16/32, MĚR. HMOTNOST 1500 kg/m³
- ŽELEZOBETON
- STÁVAJÍCÍ MATERIÁL
- STÁVAJÍCÍ KONSTRUKCE
- NOVÉ KONSTRUKCE

VÝZTUŽ JE NUTNO NAVRHNOUT VČETNĚ JEJÍHO ZAKOTVENÍ DO STÁVAJÍCÍ KONSTRUKCE A JE NUTNO DBÁT NA NA SPRÁVNÉ NAPOJENÍ NOVÉHO BETONU NA PŮVODNÍ.

POZNÁMKA: Jako podklad byly použity výkresy, poskytnuté státním podnikem Povodí Vltavy. Ty byly následně upraveny dle vizuální inspekce a fotodokumentace stávajícího stavu díla. Pro případné další stupně dokumentace je nutné provést geodetické zaměření objektu.

Výškový systém : B.p.v.

Kreslii: Alžběta Sovová	Vedoucí práce: Ing. Miroslav Brouček, Ph.D.	Fakulta stavební ČVUT	
Název projektu: BAKALÁŘSKÁ PRÁCE Analýza využitelnosti výpusti na VD Štěchovice			
Název výkresu: ZABETONOVANÝ STAV- ŘEZ A-A', ŘEZ C-C'		Datum: 05/2023	Č.výkresu: 3.3