

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební  
Katedra hydrotechniky



## Bakalářská práce

Zpracování studie plavební komory ve 3D pro informační model

Vypracoval: Jan Sklenář  
Studijní program - STAVEBNÍ INŽENÝRSTVÍ  
Studijní obor – Inženýrství životního prostředí

Vedoucí práce: Ing. Martin Králík Ph.D.

Praha 2020

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma “Zpracování studie plavební komory ve 3D pro informační modely” zpracoval samostatně za použití uvedené literatury a pramenů a za odborných konzultací Ing. Martin Králík, Ph.D.

V Praze .

.....

Jméno a příjmení

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: <u>Sklenář</u>	Jméno: <u>Jan</u>	Osobní číslo: <u>468211</u>
Zadávací katedra: <u>K142</u>		
Studijní program: <u>Stavební inženýrství</u>		
Studijní obor: <u>Inženýrství životního prostředí</u>		

### II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: <u>Zpracování studie plavební komory ve 3D pro informační model</u>	
Název bakalářské práce anglicky: <u>Creation of the lock chamber study in 3D fore information model</u>	
Pokyny pro vypracování: Vyhodnocení variant umístění, způsobu plnění a prázdnění a druh vrat. Statické řešení tvaru konstrukce. Vytvoření 3D modelu a jeho zasazení do země. Výpočet předpokládaných zemních prací.	
Seznam doporučené literatury: Navrhování plavebních stupňů, Gabriel, Medfický	
Jméno vedoucího bakalářské práce: <u>Ing. Martin Králík, Ph.D.</u>	
Datum zadání bakalářské práce: <u>18.2.2020.</u>	Termín odevzdání bakalářské práce: <u>18.5.2020.</u> <i>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</i>
Podpis vedoucího práce	Podpis vedoucího katedry

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

<i>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“.</i>	
Datum převzetí zadání	Podpis studenta(ky)

## PODĚKOVÁNÍ

Děkuji Ing. Marinu Králíkovi, Ph.D za odborné vedení mé práce a mnohé konzultace. Dále děkuji Ing. Renátě Hoďánkové za odborné konzultace týkající se programu Revit. Děkuji projekční kanceláři Aquatis a.s. za poskytnutý podklad pro výkres situace. Děkuji také svým rodičům, kteří mi poskytli formou prostředí a čas k vytvoření této práce.

## ANOTACE

Výsledkem této práce je zpracovaná studie dlouhé plavební komory na Hořínském kanále a její 3D model v programu Revit. V úvodu práce je popisován současný stav a důvody proč by měla stavba vzniknout a možné varianty umístění plavební komory. Dále se věnuje návrhu hlavních součástí komory jako je způsob plnění/prázdňení, návrh vrat, návrh stěn, výstroj komory a kubatury betonu. Také obsahuje propočet zemních prací pro jednotlivé varianty, včetně kanálu. Na základě zjištěných informací bylo vypracováno vyhodnocení variant. Závěr práce se věnuje samotnému 3D modelování v Revitu.

## KLÍČOVÁ SLOVA

Plavební komora, plavební kanál, modelování, Revit

## ABSTRACT

The result of this work is a study of a long lock chamber on the Hořín Canal and its 3D model in the Revit program. The introduction describes the current state and the reasons why the building should be created and possible variants for its location. I also deal with the design of the main components of the chamber, such as the method of filling / emptying, door design, wall design, chamber equipment and concrete cubic capacity. It also includes the calculation of earthworks for individual variants, including the canal. The variants were evaluated on the basis of the obtained technical informations. In the end, the work deals with the 3D modeling in Revit and then the evaluation of variants.

## KEY WORDS

lock chamber, navigation channel, modeling, Revit

# Obsah

Obsah .....	6
1. ÚVOD.....	8
2. SPECIFIKACE CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE.....	9
3. LABSKO – VLTAVSKÁ VODNÍ CESTA.....	9
3.1. HISTORIE.....	9
3.2. KLASIFIKACE VNITROZEMSKÝCH VODNÍCH CEST .....	10
3.3. PLAVEBNÍ KANÁL VRAŇANY – HOŘÍN .....	11
3.3.1. SOUČASNÁ SITUACE.....	11
3.3.2. SITUACE PRO NAVRHOVANOU PLAVEBNÍ KOMORU A PLAVEBNÍ KANÁL .....	13
3.3.3. VARIANTA A) .....	13
3.3.4. VARIANTA B).....	14
3.3.5. VARIANTA C).....	14
4. PLAVEBNÍ KOMORA .....	15
4.1. PLNĚNÍ A PRÁZDNĚNÍ.....	15
4.1.1. ZPŮSOBY PLNĚNÍ A PRÁZDNĚNÍ.....	15
4.1.2. VÝPOČET PLNĚNÍ A PRÁZDNĚNÍ .....	15
4.2. VRATA PLAVEBNÍ KOMORY .....	19
4.2.1. POPIS A MOŽNOSTI ŘEŠENÍ.....	19
4.2.2. VÝPOČET VZPĚRNÝCH VRAT – TEORIE .....	20
4.2.3. VÝPOČET VZPĚRNÝCH VRAT – PRŮBĚH A VÝSLEDKY .....	22
4.3. BETONOVÁ KONSTRUKCE KOMORY.....	27
4.3.1. ZDI PLAVEBNÍ KOMORY.....	27
4.3.2. HORNÍ A DOLNÍ OHLAVÍ .....	30
4.3.3. KUBATURY BETONU .....	30
4.4. VYSTROJENÍ PLAVEBNÍ KOMORY .....	31
4.4.1. VÁZACÍ ZAŘÍZENÍ .....	31
4.4.2. PROVIZORNÍ HRAZENÍ .....	31
4.4.3. OSVĚTLENÍ.....	31
4.4.4. VELÍN .....	31
4.4.5. ŽEBŘÍKY .....	32
5. CELKOVÁ BILANCE ZEMIN .....	32
6. VYHODNOCENÍ VARIANT.....	33
7. 3D MODELOVÁNÍ .....	34
7.1. CO TO JE BIM ? .....	34

7.2.	REVIT .....	34
7.2.1.	CO JE TO REVIT .....	34
7.2.2.	MODELOVÁNÍ V REVITU .....	34
7.2.3.	ZÍSKÁVÁNÍ VÝKRESŮ, VIZUALIZACÍ A VÝKAZŮ Z REVITU .....	36
8.	ZÁVĚR A DISKUZE .....	38

# 1. ÚVOD

Lodní vnitrozemská doprava v Čechách je s námi již po staletí. Vždy se využívala zvláště k přepravě objemného nákladu. V posledních desetiletích však probíhá její úpadek, který byl způsoben změnou požadavků na dopravu. Hlavní nevýhodou vodní dopravy je její rychlost, která je ovlivněna rychlostí plavidel, povětrnostními podmínkami a hydrologickými podmínkami. V současné době je na Labské cestě stále nedokončený poslední plavební stupeň, díky kterému by se otevřela možnost pravidelné mezinárodní lodní dopravy.

Tato práce pojednává o návrhu plavební komory pro lodě třídy Vb na Hořinském kanálu. V rámci této studie byly vypracovány dvě varianty umístění komory a tři vedení nové části plavebního kanálu. Dále byly provedeny výpočty plnění/prázdňení, návrh vrat, základní výpočet stěn komory a návrh základní výstroje plavební komory. Pro varianty byli vypracovány předpokládané objemy zemních prací, které jsou u liniových staveb jednou ze zásadních položek v rozpočtu.

Moderní metody projektování zahrnující informační modely, do stavebnictví teprve pronikají, nic méně od roku 2022 by měli být nadlimitní státní projekty v BIM platformě. Díky informačním modelům by měl stát ušetřit peníze na stavbě, ale i na následném provozu a rekonstrukci objektů. [1]

Studie byla zpracována převážně v programu Revit, který je jedním z nejpoužívanějších programů na poli 3D modelování budov a umožňuje propojení s informačními modely. Mé seznamování s programem Revit bylo zahájeno v únoru 2020, proto je tedy tato práce současně i ověřením složitosti přechodu z programu Autocad, který je zatím v praxi více využívaný, na program Revit.



## 2. SPECIFIKACE CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Cílem bakalářské práce je navrhnout na plavebním kanále Vraňany – Hořín „dlouhou“ plavební komoru, která by odpovídala třídě lodí Vb.

Dalším cílem je vytvořit pro plavební komoru 3D model v programu Revit.

## 3. LABSKO – VLTAVSKÁ VODNÍ CESTA

### 3.1. HISTORIE

První zmínky o plavbě v Čechách pocházejí od Labe ze 6. a 7. století a první písemné doklady z období knížete Spytihněva II v zakládací listině litoměřické kapituly z roku 1057. Až v období vlády Karla IV došlo k pokroku v plavbě tím, že nařídil zřídit u jezů propustky a odstraňovat překážky plavby. Dále byl zřízen Úřad přísežných mlynářů zemských – odborníků na vodní stavby, který společně se svými pomocníky „sekerníky“ zajišťoval tyto práce až do nástupu Habsburků na český trůn. [2]

Dalšími významným mezníkem byl patent pro zřizování propustí a srubů za účelem splavnění Labe vydaný Ferdinandem II. v roce 1627. Dále zřízení Stavovské inženýrské školy za Marie Terezie v roce 1707, která začala vychovávat odborné inženýry v oboru vodního stavitelství, kteří postupně nahrazovali činnost přísežných (starších) mlynářů, a především následné vydání navigačního patentu prohlašující plavbu za nejdůležitější veřejný zájem. [2]

V první polovině 19. století bylo rozhodnuto splavnit Vltavu a Labe až do Prahy, a to s minimálními plavebními hloubkami 1 metr na Vltavě a 1,4 metru na Labi. Požadované průtoky byly původně zajišťovány regulačními úpravami, ale kvůli potížím s výstavbou bylo v roce 1896 rozhodnuto splavnit obě řeky kanalizačně, vybudováním plavebních stupňů pro lodě nosnosti až 700 tun. V letech 1897 až 1913 bylo vybudováno 10 plavebních stupňů na Vltavě a dolním Labi. Od roku 1906 bylo zahájeno splavňování středního Labe, kde do 2. světové války bylo postaveno 14 plavebních stupňů pro lodě o celkové hmotnosti až 1000 tun. [2]

Po 2. světové válce nastala stagnace ve stavbě vodních cest a byli postaveny jen další dva stupně. V sedmdesátých letech došlo k rekonstrukci a modernizaci již zastaralých stupňů. [2]

K plnohodnotnému připojení Labsko-Vltavské vodní cesty na evropskou síť vnitrozemských vodních cest, stále chybí dokončit plavební stupeň Děčín, kde se vedou dlouholeté spory s ekology. K dokončení cesty na středním Labi až do Pardubic pak chybí dobudovat plavební stupeň Přelouč. [2]

### 3.2. KLASIFIKACE VNITROZEMSKÝCH VODNÍCH CEST

K plnohodnotnému Evropské vodní cesty jsou budovány již po staletí a liší se v rozměrech i technických parametrech. Proto byla v roce 1961 přijata jednotná klasifikace vnitrozemských vodních cest. [2]

V roce 1996 byla přijata nová mezinárodní dohoda AGN. Potřeba této novelizace původní klasifikace byla vyvolána zavedením nové tlačné technologie. [2]

Současná typická lodní souprava se skládá z remorkéru, který před sebou tlačí typizovaný člun (i více člunů). Čluny jsou přizpůsobeny rozměrům kontejnerů, které se na ně nakládají.

Dle dohody AGN se dělí vodní cesty do sedmi tříd (tabulka 1.). První tři třídy jsou charakterizovány jako cesty místního významu. Od třídy IV. se jedná o cesty mezinárodního významu, přičemž až třída V. je svými rozměry odpovídající. Proto by měly být všechny cesty IV. rekonstruovány alespoň na třídu V<sub>a</sub> a všechny nové stavby by měly odpovídat třídě V<sub>b</sub>. Toto je závazek, ke kterému přistoupili všechny státy, které se k dohodě připojili. [2]

V této práci jsou nejčastěji zmiňovány třídy V<sub>a</sub> a V<sub>b</sub>, proto by bylo vhodné uvést v čem se liší. Celkově třída V. odpovídá plavidlům šířky maximálně 11,4 metru. Třída V<sub>a</sub> pak délkově odpovídá délce jednoho člunu Evropa II s remorkérem, zatím co třída V<sub>b</sub> odpovídá délce dvou člunů Evropa II s remorkérem.

Tabulka 1: Klasifikace vnitrozemských vodních cest dle vyhlášky č. 222/1995 Sb. [4]

Druh cesty	Třída cesty (1)	Motorové nákladní lodě a čluny				Tlačná sestava				Nejmenší výška pod mosty
		Hlavní charakteristika plavidla				Hlavní charakteristika sestavy				
		délka	šířka	ponor	nosnost	délka	šířka	ponor	nosnost	m (4)
		m	m	m (2)	t	m	m	m (2)	t (3)	
Místního významu	I	38,5	5,05	1,80-2,20	250 - 400					4,00
	II	50-55	6,60	2,50	400 - 650					4,00-5,00
	III	67-70	8,20	2,50	650 - 1000					4,00-5,00
Mezinárodního významu	IV	80-85	9,50	2,50	1000 - 1500	85	9,50	2,50-2,80	1 250 - 1 450	5,25 nebo 7,00(5)
	Va	95-110	11,40	2,50-2,80	1500 - 2400	95-110 (6)	11,40	2,50-2,80	1 600 - 1 850	5,25 nebo 7,00 (5)
	Vb					172- 185(6)	11,40	2,50-2,80	3 200 - 3 700	
	VIa					95-110 (6)	22,80	2,50-4,50	3 200 - 6 000	7,00 nebo 9,10
	VIb					185-195 (6)	22,80	2,50-4,50	6 400 - 12 000	7,00 nebo 9,10
	VIc					270-280 193-200 (6)	22,80 33,00-34,20 (6)	2,50-4,50	9 600 - 18 000	9,10
	VII					285-295 (6)	33,00- 34,20 (6)	2,50-4,50	14 000 - 27 000	9,10

Poznámky ke klasifikační tabulce:

- (1) Třída vodních cest je určena půdorysnými rozměry člunů nebo tlačných sestav.
- (2) Údaj ponoru pro konkrétní vodní cestu musí být určen s přihlédnutím k místním podmínkám.
- (3) Uvedené údaje jsou charakteristické pro sestavy s nejrozšířenější nosností používané na daných vodních cestách.
- (4) S přihlédnutím k bezpečnostní vzdálenosti, která je cca 30 cm mezi vrchním bodem konstrukce lodi nebo jejího nákladu a spodní hranou mostní konstrukce.
- (5) Pro přepravu kontejnerů jsou schváleny následující údaje:  
5,25 m - pro plavidla přepravující kontejnery ve dvou vrstvách,  
7,00 m - pro plavidla přepravující kontejnery ve třech vrstvách.
- (6) Prvé označení se uvádí podle současné situace, druhé s přihlédnutím k budoucím změnám a v některých případech i současné situace.

### 3.3. PLAVEBNÍ KANÁL VRAŇANY – HOŘÍN

#### 3.3.1. SOUČASNÁ SITUACE

Vodní dílo Vraňany – Hořín bylo postaveno v letech 1902–1905. Celé dílo tvoří jednotlivé stavby, jez, plavební kanál, povodňová uzavírka, plavební komory a od roku 2006 malá vodní elektrárna. Důvodem pro vybudování plavebního kanálu byla obtížná splavnost úseku Vltavy pod jezem. [3]

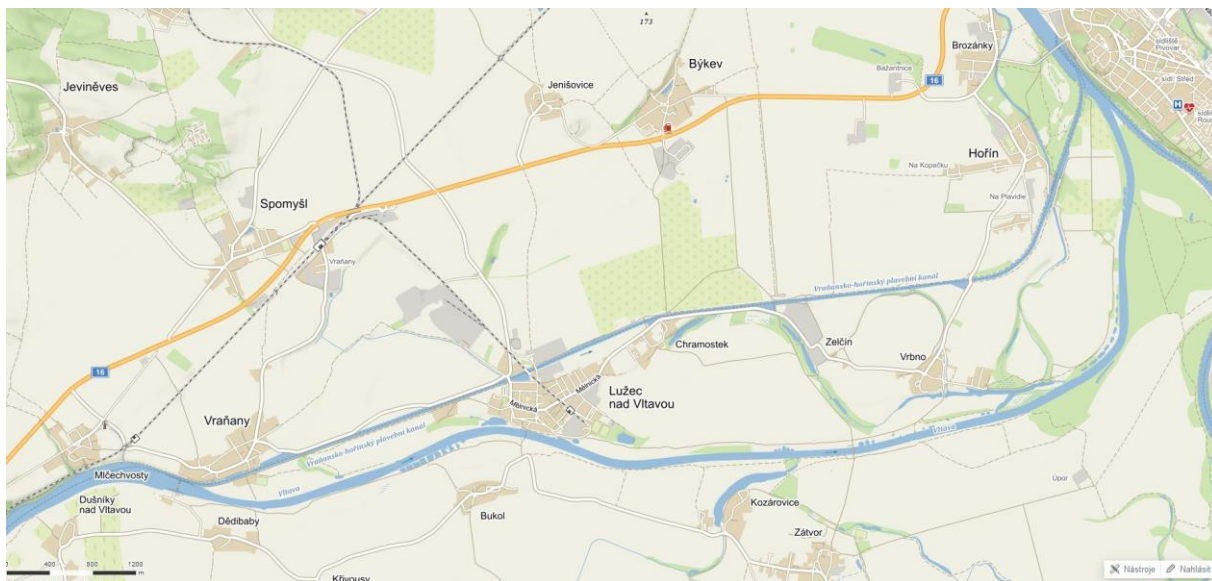
Jez nad plavebním kanálem (vodní dílo Vraňany) byl původně hradlový, kdy se manipulovalo s hladinou pomocí vytahování a doplňování hradel. Tento jez byl ale kvůli nebezpečné a zastaralé manipulaci v letech 1973–1984 kompletně přestavěn na jez pohyblivý klapkový. [3]

Plavební kanál se odděluje od toku na levém břehu nad jezem. Asi po kilometru, u vesnice Vraňany, se nachází protipovodňová uzavírka, která je dimenzována na stoletou vodu. Dále po 2,7 kilometru se nachází obec Lužec nad Vltavou, ve které se jsou dvě továrny zabývající se výrobou betonových prefabrikátů. Po jednom kilometru od Lužce se nachází

obec Chramostek. Poslední obcí u plavebního kanálu je pak vesnice Hořín, která se nachází kilometr od konce plavebního kanálu. Zde se nachází také dvě plavební komory. Celková délka plavebního kanálu je přibližně 10,1 kilometru.

Na samotném plavebním kanálu je plánována rekonstrukce, při níž by se měla upravit šířka ve dně na minimálních 20 metrů. Koryto stávajícího plavebního kanálu musí poloměrem oblouků a hloubkou dna odpovídat lodím velikostní třídy V<sub>a</sub> (délka plavidla 110 m a ponor 2,8 m). Součástí rekonstrukce bude celková výměna dna a stěn plavebního kanálu. Nad plavebním kanálem právě probíhá rekonstrukce šesti mostů (květen 2020), při níž se zvyšuje podjezdí výška na 7 metrů.

Velká plavební komora právě prochází rekonstrukcí a po jejím dokončení bude mít v ohlaví šířku 12 metrů a délku 137,5 metru, tím pádem bude umožňovat proplutí lodím třídy V<sub>a</sub>. Součástí rekonstrukce je i zbourání původního mostu nad dolním ohlavím a vybudování nového, který bude zdvižný. Při zdvižení mostu bude minimální podjezdí výška 7 metrů a umožní se tak přeprava kontejnerů. Po vizuální stránce by měla stavba vypadat stejně jako před rekonstrukcí. Malá plavební komora má rozměry 73x11 metru a slouží pro převedení menších plavidel.



Obrázek 1. Mapa plavebního kanálu a jeho nejbližšího okolí [5]

### 3.3.2. SITUACE PRO NAVRHOVANOU PLAVEBNÍ KOMORU A PLAVEBNÍ KANÁL

Důvodem pro návrh této komory by byla potřeba v budoucnu zkapacitnit tuto obchodní cestu. Po rekonstrukci se tato cesta bude řadit do třídy Va, navrhovaná plavební komora se v této práci ale navrhuje na třídu Vb, což by znamenalo možnost proplutí plavidel s až dvojnásobnou nosností.

Nejsnazší a nejrozumnější možností by bylo prodloužit současnou plavební komoru na požadovanou délku. Spolu s tím by bylo potřeba zvětšit poloměr oblouku nad komorou tak, aby odpovídal požadavkům třídy Vb, tj. poloměr oblouku minimálně 800 metrů. [2] S tím souvisí i rozšíření dna plavebního kanálu dle rovnice (1) na 21,25 metru.

$$e = \frac{L^2}{2 \cdot R} = \frac{A}{R} \quad (1)$$

- $L$  délka návrhového plavidla (185 m)
- $R$  poloměr oblouku (800 m = minimální poloměr plavební dráhy)
- $A$  výpočtový parametr přiřazený každé třídě plavební trasy (17000)
- $e$  minimální šířka dna koryta v oblouku je (21,25 m)

Z důvodu, že současná plavební komora je památkově chráněný objekt, postavený v roce 1905, bylo počítáno s variantou, že by toto řešení nebylo možné. Vyplývá z toho tedy potřeba postavit plavební komoru novou. Byly navrženy dvě možnosti kam by se dala nová plavební komora umístit a tři možnosti kudy by mohla vést nová trasa plavebního kanálu k plavebním komorám.

### 3.3.3. VARIANTA A)

Varianta A) počítá se stavbou nové plavební komory vedle té staré, směrem k Vltavě. Výhoda této možnosti spočívá v tom, že by nebylo potřeba stavět příliš dlouhý úsek nového plavebního kanálu. Dále trasu nekřížuje žádná pozemní komunikace pro automobilovou, nebo železniční dopravu, takže by se nemusela stavět drahá přemostění. Komunikace, která trasu křížuje je pouze cyklostezka, pro níž by bylo třeba přemostění navrhnout. Díky celkově menšímu zásahu do krajiny oproti variantám B) a C), by se mohlo jednat o snáze obhajitelnou variantu pro obce a ekology.

Nevýhodou varianty by mohlo být obtížné zásobování stavby materiálem, protože se nachází v prostoru, který je z jedné strany odříznutý Vltavou a z druhé strany plavebním kanálem.

#### 3.3.4. VARIANTA B)

Varianta B) odbočuje ze stávajícího plavebního kanálu na kilometru 3,6 asi 200 metrů za silničním mostem u obce Zelčín směrem po proudu. Při realizaci této varianty by muselo dojít ke stavbě minimálně dvou mostů, a to na silnici I/16 mezi odbočkami na obce Býkev a Brozánky. Další přemostění by bylo třeba vybudovat na silnici II/246 mezi kruhovým objezdem u obce Brozánky a obcí Cítov. Teoreticky by se mělo zbudovat další přemostění na silnici III/24637, která spojuje obce Vliněves a Brozánky. Zde by bylo vhodné prověřit, zda by nebylo výhodnější postavit odbočku za přemostěním na silnici II/246, ze které by byla zbudována nová silnice, která by vedla podél plavební komory až do místa, kde by se napojila zpět na silnici III/24637. Pro cyklostezku, která vede podél Labe by byla zbudována pouze lávka. Dále by bylo zapotřebí provést úpravy slepého ramena řeky Labe, kde by se měl plavební kanál na řeku napojovat.

Logistika kolem této varianty by měla být bez komplikací, neboť se nachází v blízkosti komunikace první třídy, po které by neměl být problém dopravit na stavbu i těžké zemní stroje.

Nevýhoda této varianty spočívá především v mnohem rozsáhlejší výstavbě, která by měla zásadní vliv na současný reliéf krajiny. Z toho vyplývají i výrazně vyšší náklady na výstavbu než u varianty A). Tato varianta má rovněž množství oblouků, což je celkově u liniových staveb tohoto charakteru nežádoucí.

#### 3.3.5. VARIANTA C)

Varianta C) odbočuje ze stávajícího plavebního kanálu na kilometru 5,3 u obce Chramostek hned za mostem směrem po proudu. Stejně jako ve variantě B) tak i v této by bylo třeba postavit mosty přes kanál pro silnice I/16, II/246 a III/24637. Dále pak bude třeba postavit přeložku produktovodu, který se nachází 1,2 kilometru na trase nového plavebního kanálu od obce Chramostek. Plavební komora by se nacházela na stejném místě jako ve variantě B). Takže i zde je třeba počítat s úpravami na Labi jako ve variantě B).

Výhoda této varianty spočívá v tom, že je přímá s minimem oblouků což je u liniových staveb žádoucí.

Varianta C) je stejně jako varianta B) rozsáhlou stavbou která bude mít značný vliv na reliéf krajiny.

## 4. PLAVEBNÍ KOMORA

### 4.1. PLNĚNÍ A PRÁZDNĚNÍ

#### 4.1.1. ZPŮSOBY PLNĚNÍ A PRÁZDNĚNÍ

Pro plnění a prázdnění plavebních komor jsou rozlišovány dva základní typy, přímé a nepřímé plnění (prázdnění).

##### Přímé plnění/prázdnění –

Tato technologie využívá vrata plavební komory ve dvou funkcích. První funkce je tvorba pohyblivého uzávěru. Druhá funkce je plnicí nebo prázdnící systém komory. [6]

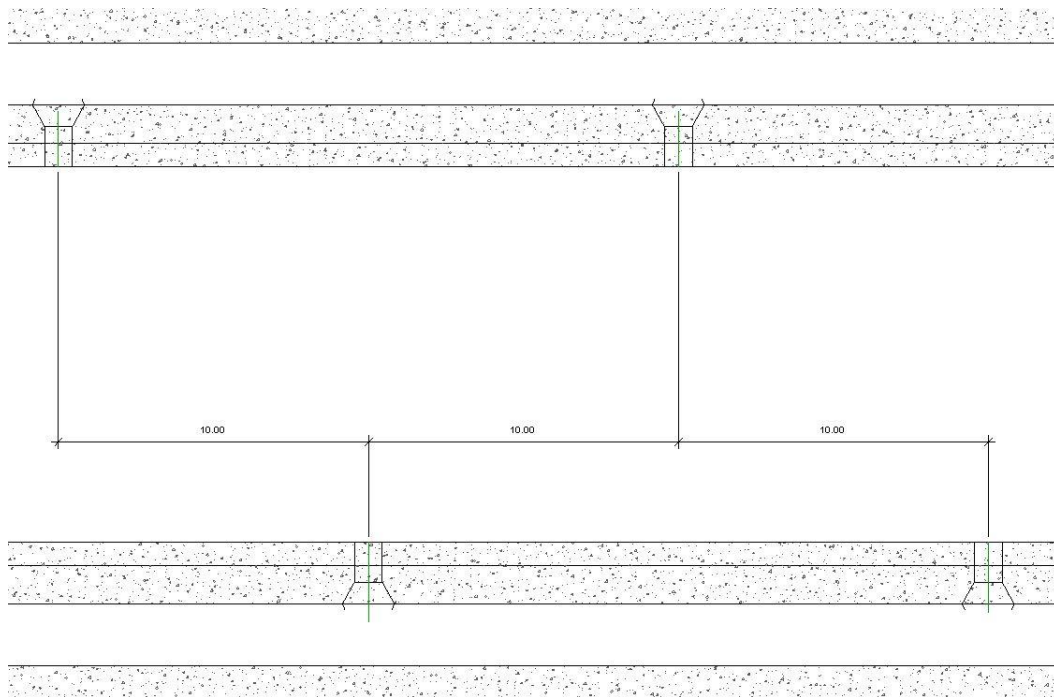
##### Nepřímé plnění/prázdnění

V této technologii mají vrata pouze jednu funkci, a to tvořit uzávěr komory. Pro plnění a prázdnění jsou pak použity obtoky krátké nebo dlouhé, které mají své vlastní uzávěry. [6]

#### 4.1.2. VÝPOČET PLNĚNÍ A PRÁZDNĚNÍ

Pro novou Hořínskou plavební komoru byly zvolen způsob plnění/prázdnění pomocí dlouhých obtoků. Jedná se sice o nákladnější řešení, ale tento způsob nám umožní plnit plavební komoru rychle. Rychlost je disciplína, ve které vodní doprava pokulhává a řešení, která zkrátí čas plavby, jsou vítána.

Dlouhé obtoky tvoří kanál ve stěnách plavební komory po celé její délce. Tyto kanály jsou na začátku a na konci uzavíratelné, v tomto případě pomocí stavidla. Z kanálu jsou v prostoru mezi horním a dolním ohlavím vyústěny otvory, ze kterých proudí voda do plavební komory samotné. Otvory jsou v plavební komoře umístěny tak, aby se uprostřed plavební komory jejich proudy nesetkávali a nevytvářeli tak proudění vody ze středu ke stranám ale opačně. Plavidlo tak bude stabilizováno uprostřed plavební komory.



Obrázek 2: Zobrazení vtokových otvorů z obtoků do plavební komory

Výpočet plnění byl proveden dvěma způsoby. První způsob měl za úkol naplnit plavební komoru co nejrychleji. Ve druhém způsobu již bylo uvažováno s maximální rychlostí stoupání hladiny v plavební komoře 1 m/min. Toto omezení se používá kvůli bezpečné přepravě osob. Plocha stavidla je 6 m<sup>2</sup> a dlouhé obtoky jsou dva, takže celkem 12 m<sup>2</sup>. Stavidlo se otvírá rychlostí 0,1 m<sup>2</sup> za sekundu (při druhém způsobu se průběžně zastavuje). Celkový objem, který je třeba naplnit je 18510 m<sup>3</sup>. Výškový rozdíl mezi hladinami je 7,97 m.

Plnění bylo vypočteno pomocí vzorce pro výtok otvorem [8]:

$$Q = S * \mu * \sqrt{2 * g * H} \quad (2)$$

$Q$  průtok (m<sup>3</sup>)

$\mu$  součinitel vtoku (-)

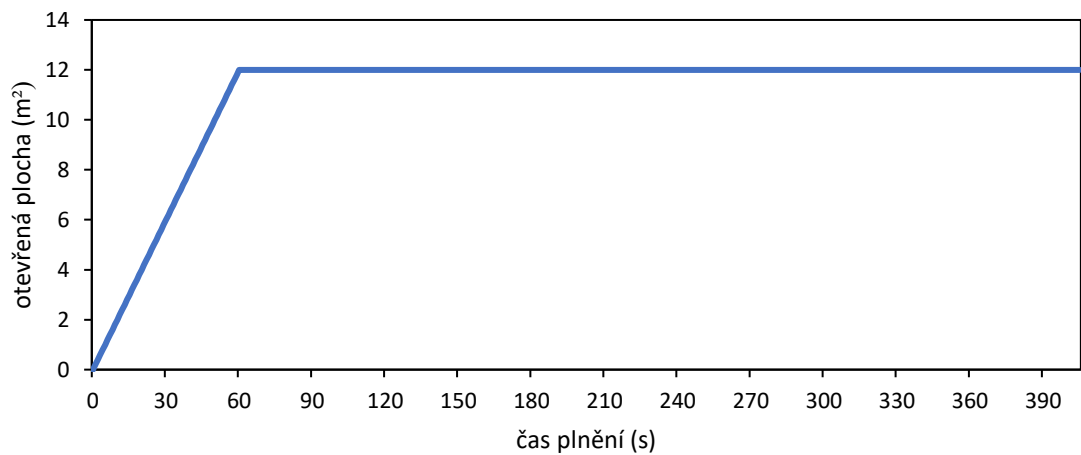
$g$  gravitační zrychlení (m/s<sup>2</sup>)

$H$  rozdíl hladin (m)

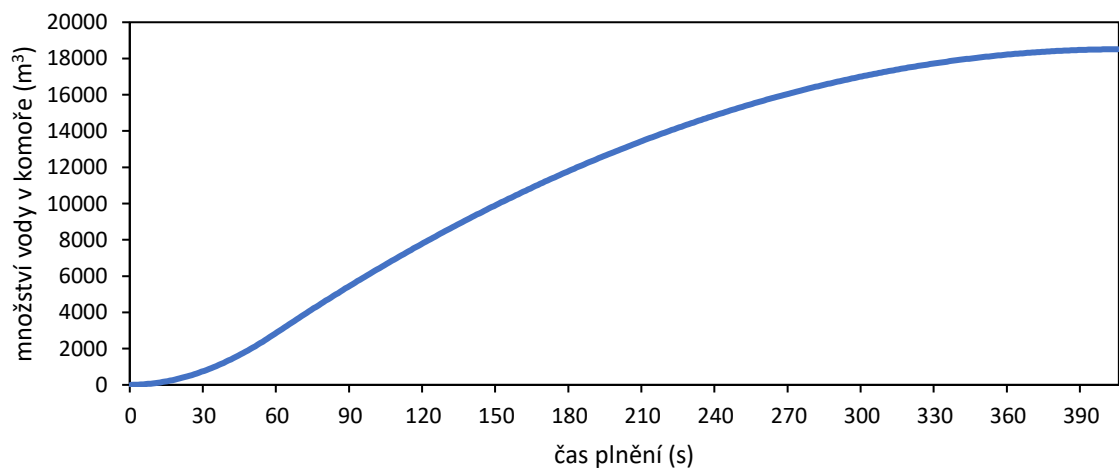


Tabulka 2: Ukázka z výpočtu plnění co nejrychlejším způsobem

t [s]	Hi [m]	S [m <sup>2</sup> ]	Q [m <sup>3</sup> /s]	narůstající objem	zbývá naplnit (m <sup>3</sup> )
0	7,97	0	0,812816	0,812815579	18509,18718
1	7,96965	0,2	2,438393	3,251208776	18506,74879
2	7,9686	0,4	4,063721	7,314929741	18502,68507
180	2,909207	12	58,92931	11812,62214	6697,37786
181	2,883833	12	58,67177	11871,29391	6638,706091
182	2,858571	12	58,41422	11929,70813	6580,29187
183	2,83342	12	58,15667	11987,8648	6522,135198
402	0,001639	12	1,398901	18507,91639	2,08361459
403	0,001037	12	1,112628	18509,02901	0,97098681
404	0,000558	12	0,816144	18509,84516	0,154843296



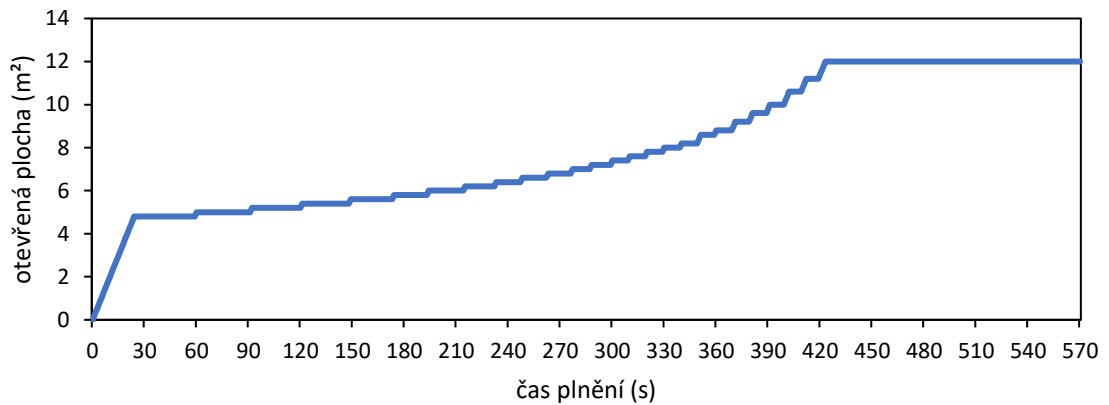
Graf 1: Otvírání stavidla při co nejrychlejším plnění



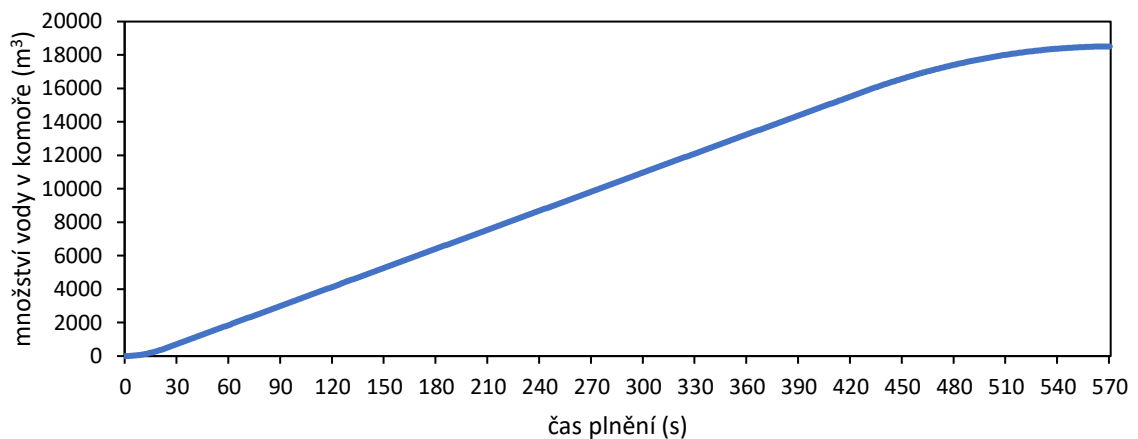
Graf 2: Plnění plavební komory při co nejrychlejším plnění

Tabulka 3: Ukázka z výpočtu plnění se stoupáním hladiny 1 m/min

t [s]	Hi [m]	S [m <sup>2</sup> ]	Q [m <sup>3</sup> /s]	narůstající objem	zbývá naplnit (m <sup>3</sup> )
0	7,97	0	0,812816	0,812815579	18509,18718
1	7,96965	0,2	2,438393	3,251208776	18506,74879
2	7,9686	0,4	4,063721	7,314929741	18502,68507
180	5,221006	5,8	38,15645	6422,69545	12087,30455
181	5,204577	5,8	38,09637	6460,791816	12049,20818
182	5,188174	5,8	38,03629	6498,828102	12011,1719
183	5,171796	5,8	37,9762	6536,804307	11973,19569
402	1,594883	10,6	38,5419	14844,75229	3665,247713
403	1,578287	10,6	38,34085	14883,09314	3626,906859
404	1,561779	10,6	38,13981	14921,23295	3588,767049
565	0,00262	12	1,768458	18506,00851	3,991492666
566	0,001859	12	1,48947	18507,49798	2,502022714
567	0,001217	12	1,205399	18508,70338	1,296623533



Graf 3: Otvírání stavidla při plnění plavební komory se stoupáním hladiny 1 m/min



Graf 4: Plnění plavební komory při rychlosti stoupání hladiny 1 m/min

Celkový čas plnění plavební komory prvním způsobem je 6,75 minut a čas plnění plavební komory druhým způsobem je 9,45 minut.

U obou způsobů je dopouštění posledních metrů krychlových velmi pomalé a hladiny jsou v plavební komoře již téměř vyrovnané, dalo by se tedy 20 s před teoretickým koncem napuštění plavební komory vrata otevřít a proces tak urychlit.

## 4.2. VRATA PLAVEBNÍ KOMORY

### 4.2.1. POPIS A MOŽNOSTI ŘEŠENÍ

Vrata plavebních komor jsou nejčastěji ocelové, vodotěsné uzávěry, které oddělují horní a dolní rejdu. V základu se rozlišují vrata dvou druhů, umožňující přímé plnění plavební komory a ty, které to neumožňují. Dále se pak liší konstrukcemi a systémem otvírání. Příklady druhů vrat: vzpěrná, desková, stavidlová, segmentová, klapková a další. [6]

Bez ohledu na konstrukční řešení by měla být vrata spolehlivá, snadno ovladatelná, v uzavřené poloze vodotěsná a provozuschopná i za mimořádných podmínek. [6]

Zde bylo zvoleno řešení pomocí vzpěrných vrat. Vzpěrná vrata jsou jednoduché konstrukce, používají se pro horní i dolní ohlavi a v České republice jsou velmi rozšířená, takže by neměl být problém zajistit tuzemského a kvalitního dodavatele. Vrata jsou tvořena dvěma vrátněmi, které spolu v zavřené poloze svírají úhel 140°. Každá vrátně je uchycena do ložisek. Nahoře se používá obojkové ložisko a dole pánové ložisko. Ložiska jsou pevně zakotvena do konstrukce plavební komory. Pohyb vrátní je zajištěn pomocí vzpěr, které jsou ovládány hydraulicky.



Obrázek 3: Ukázka vzpěrných vrat, VD Roudnice nad Labem[7]

#### 4.2.2. VÝPOČET VZPĚRNÝCH VRAT – TEORIE

##### Návrh prostorového uspořádání vrat

Vrátně se usazují do ohlaví tak, aby v otevřené poloze nezasahovaly do prostoru, ale byly schované ve výklenku. Prostorové uspořádání je navrženo dle následujících vzorců:

Délka vrátně  $l$ :

$$l = \frac{b+2c}{2 \cos \alpha} \quad (3)$$

$b$  šířka plavební komory (m)

$\alpha$  úhel vzepětí vrat ( $^\circ$ )

$c$  vzdálenost osy ložisek od hrany vnitřního prostoru komory (m)

Vzdálenost osy ložisek od hrany vnitřního prostoru komory:

$$c \cong 0,4a \quad (4)$$

$a$  hloubka výklenku (m)

Hloubka výklenku  $a$ :

$$a \cong \left( \frac{1}{10} \text{ až } \frac{1}{12} \right) b \quad (5)$$

$b$  šířka plavební komory (m)

[6]

##### Výpočet rozvržení nosníků ve vratech

Pro vrata bylo navrženo vodorovné uspořádání hlavních nosníků. Dále bylo třeba je rozmístit po výšce tak, aby na každý nosník působila stejně velká síla. Zatěžovací obrazec od vody je trojúhelník a jeho plochu bylo třeba po výšce rozdělit na obrazce o stejné ploše. Uspořádání nosníků bylo rozvrženo na základě výpočtu kvadratickou rovnicí:

$$S = \frac{x^2}{2} + m * x \quad (6)$$

$x$  výška pro daný obrazec (m)

$S$  plocha pro jeden nosník ( $m^2$ )

$m$  šířka obdélníka pod tímto obrazcem (m)

##### Výpočet zatížení

Nosník je staticky považován za prostě uložený nosník.

Síla působící na nosník byla vypočítána z plochy zatěžovacího obrazce pro každý nosník.

Rovnice pro výpočet síly působící na jeden metr nosníku:

$$f = S * \rho * g \quad (7)$$

- $g$  tíhové zrychlení (m/s<sup>2</sup>)
- $\rho$  hustota (kg/m<sup>3</sup>)
- $S$  plocha zatěžovacího obrazce (m<sup>2</sup>)
- $f$  síla působící na jeden metr nosníku (kN/m)

Dále byl vypočten maximální moment od zatížení, maximální normálová síla působící v nosníku a průřezový modul pružnosti od zatížení.

Rovnice pro výpočet maximálního momentu:

$$Med = \frac{1}{8} * f * l^2 \quad (8)$$

- $f$  síla působící na jeden metr nosníku (kN/m)
- $l$  délka vrátně (m)
- $Med$  maximální moment ze zatížení (kNm)

Pro vypočtení maximální normálové síly  $N$  v nosníku od vzpěru bylo třeba vypočítat nejprve sílu  $Sa$ , kterou se o sebe vrátně opírají.

$$Sa = \frac{f * l}{2 * \sin \alpha} \quad (9)$$

- $F$  síla působící na jeden metr nosníku (kN/m)
- $l$  délka vrátně (m)
- $\alpha$  úhel vzepětí vrat (°)
- $Sa$  síla kterou se o sebe opírají vrátně (kN)

[9]

Normálová síla byla následně vypočtena díky znalosti úhlu, který mezi sebou vrátně svírají.

$$N = Sa * \cos \alpha \quad (10)$$

- $\alpha$  úhel vzepětí vrat (°)
- $Sa$  síla kterou se o sebe opírají vrátně (kN)
- $N$  normálová síla působící v nosníku (kN)

[9]

Dále bylo ještě třeba vypočítat průřezový modul pružnosti od zatížení.

$$W_{pl.ed} = \frac{1}{2} * \frac{Med}{f_y} \quad (11)$$

- $Med$  maximální moment ze zatížení (kNm)
- $f_y$  mez kluzu (MPa)
- $W_{pl.ed}$  průřezový modul pružnosti od zatížení (mm<sup>3</sup>)

Dalším krokem bylo navrhnout a následně posoudit určitý nosník. Pro nosník je třeba vypočítat jeho mezní stavy únosnosti a porovnat je s maximálními možnými zatíženími. V okamžiku, kdy je maximální zatížení vyšší než mezní stav, nosník nevyhoví.

Vzorec pro mezní moment nosníku:

$$M_{rd} = W_{pl} * \frac{f_y}{y_{mo}} \quad (12)$$

$y_{mo}$  dílčí součinitel materiálu

$W_{pl}$  modul průřezu daného nosníku (mm<sup>3</sup>)

$f_y$  mez kluzu (MPa)

Při výpočtu mezní normálové síly nemusí být počítáno se vzpěrem ve směru osy z, protože tyto síly přeneše hradící plech. Počítat se musí pouze se vzpěrem na ose y. [9]

Vzorec pro mezní normálovou sílu:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi * A * f_y}{y_{mo}} \quad (13)$$

$\chi$  součinitel vzpěrnosti [10]

$A$  plocha průřezu (mm<sup>2</sup>)

$y_{mo}$  dílčí součinitel materiálu

Při výpočtu mezního stavu použitelnosti se počítá průhyb nosníku.

Vzorec pro průhyb:

$$w_{max} = \frac{M_{ed}}{E * I_y} \quad (14)$$

$M_{ed}$  maximální moment ze zatížení (kNm)

$E$  modul pružnosti (GPa)

$I_y$  moment setrvačnosti kolem osy y (mm<sup>4</sup>)

#### 4.2.3. VÝPOČET VZPĚRNÝCH VRAT – PRŮBĚH A VÝSLEDKY PROSTOROVÉ USPOŘÁDÁNÍ VRAT HORNÍHO A DOLNÍHO OHLAVÍ

Navrhované rozměry:

$$b = 12,1 \text{ m}$$

$$\alpha = 20 \text{ °C}$$

Vypočtené hodnoty dle vzorců (3), (4), (5):

$$a = 1 \text{ m}$$

$$c = 0,4$$

$$l = 6,86 \text{ m}$$

### VÝPOČET VRAT HORNÍHO OHLAVÍ

Pro horní ohlaví byli navrženy tři hlavní nosníky, mezi které bylo rozděleno zatížení dle rovnice (6).

Tabulka 4: Vstupní data pro výpočet rozmístění nosníků vrat horního ohlaví

Vstupní data	
Celková výška vrat (m)	5,6
Plocha zatěžovacího obrazce (m <sup>2</sup> )	15,68
Plocha pro jeden nosník (m <sup>2</sup> )	5,23

Tabulka 5: Výpočet rozmístění nosníků vrat horního ohlaví

Nosník	Výška plochy ze které přenáší zatížení (m)	Diskriminant	Šířka obdélníka pod tímto obrazcem (m)	Výška osy nosníku od nuly (m)
1	3,233		3,233	3,44
2	1,339	20,91	4,572	1,66
3	1,028	31,36	5,6	0,50

Výpočet zatížení vychází z rovnice (7), do které byly dosazeny následující hodnoty.

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$S = 5,227 \text{ m}^2$$

Výsledné zatížení:

$$f = 51,28 \text{ kN/m}$$

Výpočet maximálního momentu od zatížení vycházel z rovnice (8). Pro výpočet maximální normálové síly byly použity rovnice (9) a (10).

$$M_{ed} = 301,65 \text{ kNm}$$

$$S_a = 514,27 \text{ kN}$$

$$N = 483,25 \text{ kN}$$

Dále byl vypočten na základě rovnice (11) průřezový modul pružnosti od zatížení. Pro výrobu vrátně byla zvolena ocel S 235, z toho vyplývá, že mez kluzu ( $f_y$ ), je rovna 235 MPa.

$$W_{pl.ed} = 641808 \text{ mm}^3$$

Na základě znalosti  $W_{pl.ed}$  byl navržen nosník k posouzení.

$$\text{NÁVRH} \rightarrow \text{IPE 330}$$

#### PARAMETRY IPE 330

Průřezový modul:  $W_{pl} = 804300 \text{ mm}^3$

Průřezová plocha:  $A = 6261 \text{ mm}^2$

Moment setrvačnosti  $I_y = 11770 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$

Poloměr setrvačnosti k ose z  $i_z = 35,5 \text{ mm}$

[10]

Po vypočtení mezního momentu pro nosník dle rovnice (12) bylo zřejmé že nosník nevyhoví.

$$M_{rd} = 189,01 \text{ kNm} < M_{ed} = 301,65 \text{ kNm}$$

NEVYHOVÍ

NÁVRH → IPE 450

#### PARAMETRY IPE 450

Průřezový modul:  $W_{pl} = 1702000 \text{ mm}^3$

Průřezová plocha:  $A = 9882 \text{ mm}^2$

Moment setrvačnosti  $I_y = 33740 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$

Poloměr setrvačnosti k ose z  $i_z = 41,2 \text{ mm}$

[10]

Tento nosník již po vypočtení mezního momentu dle rovnice (12) vyhoví.

$$M_{rd} = 357,42 \text{ kNm} > M_{ed} = 301,65 \text{ kNm}$$

Při výpočtu mezní normálové síly dle rovnice (13), byl vypočten i vzpěrný koeficient  $\chi = 0,279$ . Dílčí součinitel materiálu byl uvažován  $\gamma_{m0} = 1$ . Nosník vyhoví.

$$N_{b,Rd} = 647,78 \text{ kN} > N = 483,25 \text{ kN}$$

Pro mezní stav použitelnosti byl vypočten průhyb dle rovnice (14). Modul pružnosti oceli je  $E = 210 \text{ GPa}$ .

$$W_{max} = 4,26 \text{ mm}$$

#### VÝPOČET VRAT DOLNÍHO OHLAVÍ

Pro dolní ohlaví bylo navrženo osm hlavních nosníků, mezi které bylo rozděleno zatížení dle rovnice (6).



Tabulka 6: Vstupní data pro výpočet rozmístění nosníků vrat dolního ohlavi

Vstupní data	
Celková výška vrat (m)	13,570
Plocha zatěžovacího obrazce (m <sup>2</sup> )	92,072
Plocha pro jeden nosník (m <sup>2</sup> )	11,509

Tabulka 7: Výpočet rozmístění nosníků vrat dolního ohlavi

Nosník	Výška plochy ze které přenáší zatížení (m)	Diskriminant	Šířka obdélníka pod tímto obrazcem (m)	Výška osy nosníku od nuly (m)
1	4,798		4,798	10,37
2	1,987	46,036	6,785	7,72
3	1,525	69,054	8,310	6,00
4	1,286	92,072	9,595	4,60
5	1,133	115,091	10,728	3,40
6	1,024	138,109	11,752	2,32
7	0,942	161,127	12,694	1,34
8	0,876	184,145	13,570	0,43

Výpočet zatížení vychází z rovnice (7), do které byly dosazeny následující hodnoty.

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$S = 11,509 \text{ m}^2$$

Výsledné zatížení:

$$f = 112,85 \text{ kN/m}$$

Výpočet maximálního momentu od zatížení vycházel z rovnice (8). Pro výpočet maximální normálové síly byly použity rovnice (9) a (10).

$$M_{ed} = 663,83 \text{ kNm}$$

$$S\sigma = 1131,73 \text{ kN}$$

$$N = 1063,48 \text{ kN}$$

Dále byl vypočten na základě rovnice (11) průřezový modul pružnosti od zatížení. Pro výrobu vrátně byla zvolena ocel S 235, z toho vyplývá, že mez kluzu ( $f_y$ ), je rovna 235 MPa.

$$W_{pl.ed} = 1412404 \text{ mm}^3$$

Na základě znalosti  $W_{pl.ed}$  byl navržen nosník k posouzení.

$$\text{NÁVRH} \rightarrow \text{IPE 600}$$

#### PARAMETRY IPE 600

Průřezový modul:  $W_{pl} = 3512000 \text{ mm}^3$

Průřezová plocha:  $A = 15600 \text{ mm}^2$

Moment setrvačnosti  $I_y = 92080 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$

Poloměr setrvačnosti k ose z  $i_z = 46,6 \text{ mm}$

[10]

Nosník již po vypočtení mezního momentu dle rovnice (12) vyhoví.

$$M_{rd} = 825,32 \text{ kNm} > M_{ed} = 663,83 \text{ kNm}$$

Při výpočtu mezní normálové síly dle rovnice (13), byl vypočten i vzpěrný koeficient  $\chi = 0,344$ . Dílčí součinitel materiálu byl uvažován  $\gamma_{m0} = 1$ . Nosník vyhoví.

$$N_{b,Rd} = 1261,104 \text{ kN} > N = 1063,48 \text{ kN}$$

Pro mezní stav použitelnosti byl vypočten průhyb dle rovnice (14). Modul pružnosti oceli je  $E = 210 \text{ GPa}$ .

$$W_{max} = 3,43 \text{ mm}$$

Detailní statický návrh by měl být proveden odborníkem, strojním inženýrem, který se ocelovými konstrukcemi zabývá. Na základě základních výpočtů byl vytvořen návrh vrátně v programu Revit.



Obrázek 4: Vyrenderovaný obrázek z programu Revit, vrátěň dolního ohlaví.

## 4.3. BETONOVÁ KONSTRUKCE KOMORY

### 4.3.1. ZDI PLAVEBNÍ KOMORY

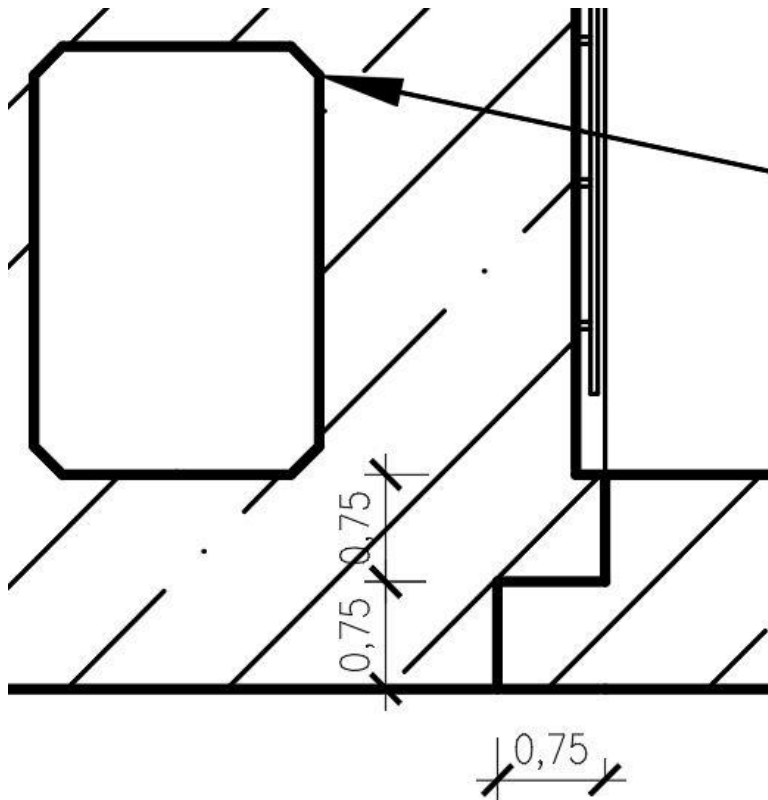
Pod pojmem zeď plavební komory se rozumí nejdelší část bočních zdí mezi horním a dolním ohlavím plavební komory. Mezi nejpoužívanější typy zdí patří tížné stěny, rámové konstrukce a štětové nebo podzemní stěny. [6]

Tížné stěny se hodí do míst, kde se nachází únosné a nepropustné podloží. V případě, že je v místě nepropustné podloží, tak se nemusí budovat dnová deska. Naopak v případě, kdy je v místě podloží propustné, je nutné vybudovat dnovou desku, která je od stěn oddilátována pomocí pryžového těsnění. V místě dilatace je výhodné vytvořit ozub nebo zkosení, díky kterému se bude přenášet tlak od spodní vody i do tížných stěn. Proti spodnímu tlaku vody pak nepůsobí pouze hmota dnové desky a je tedy možné dnovou desku navrhnout tenčí. Tížné stěny dále umožňují díky svým masivním rozměrům zakomponovat do svých útrob obtoky. [6]

Polorámové konstrukce jsou dnes nejčastěji používaným konstrukčním řešením plavebních komor. Jejich konstrukce spočívá ve spojení dna a zdí komory v jednu monolitickou konstrukci. Tento typ konstrukce se hodí do míst s méně únosným podložím. Díky konstrukční tuhosti se uspoří velké množství stavebního materiálu, protože zdi již nepůsobí vůči zemním tlakům pouze svou hmotností. Nevýhoda tohoto řešení spočívá ve složitějších statických výpočtech a nutnosti použití velkého množství výztuže. [6]

Zdi plavebních komor ze štětových nebo podzemních stěn se hodí do míst s písčítým, hlinitým nebo jílovitým podložím. Výstavba je poměrně jednoduchá, avšak vyžaduje poměrně rozsáhlý prostor podél plavební komory, do kterého se kotví štětovnice nebo jiné konstrukční prvky. [6]

Pro tuto plavební komoru byla zvolena konstrukce z tížných stěn. Stěny mají v patě ozub, přes který jsou oddilátovány od dnové desky. Díky ozubu se bude přenášet tlak spodní vody i do tížných stěn.

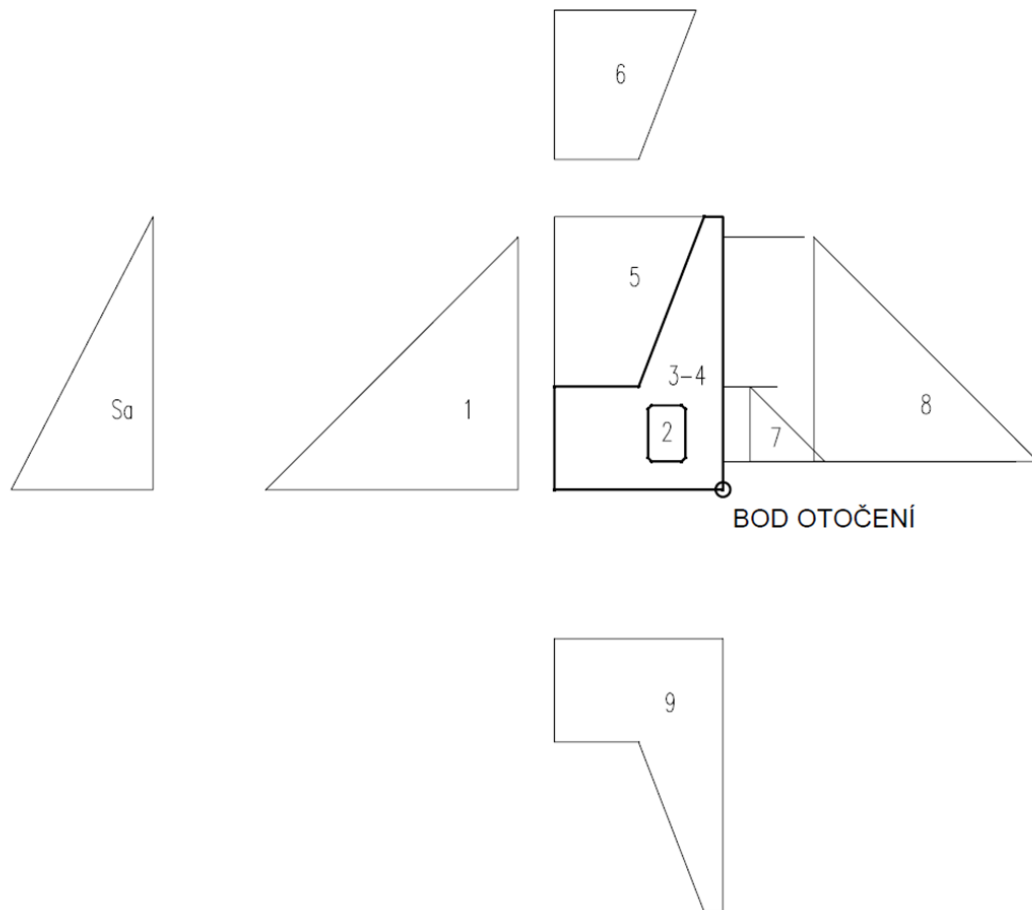


Obrázek 5: Detail ozubu

Byl vypočten nejméně příznivý stav, kdy je hladina podzemní vody na úrovni hladiny horního kanálu a z plavební komory je zcela vyčerpána voda (případ čištění nebo rekonstrukce plavební komory). Objemová hmotnost prostého betonu je  $2300 \text{ kg/m}^3$ , objemová hmotnost zeminy působící na stěnu okolo  $1600 \text{ kg/m}^3$ . Kvůli dosažení kladného momentu proti překlopení zdi bylo třeba zvětšovat hmotu tížné stěny na co nejvzdálenějším rameni. Výpočet je proveden pro jeden metr délky zdi. Záporné momenty jsou v rovnici násobeny bezpečnostním koeficientem 1,5.

Tabulka 8: Vstupní hodnoty pro statický výpočet a jeho výsledek

	plocha ( $\text{m}^2$ )	vzdálenost místa výslednice sil od bodu pootočení (m)	síla (kN)	objemová hmotnost ( $\text{kg/m}^3$ )	původce zatížení
1	90,72	4,49	907,2	1000	voda
2	5,142	3	51,42	1000	voda
3	68,54	3,515	1576,42	2300	beton
4			0	2300	beton
5	56,69	5,79	912,709	1610	zemina
6	48,12	5,92	481,2	1000	voda
7	8	2,83	80	1000	voda
8	71,64	5,49	716,4	1000	voda
9	74,44	3,52	744,4	1000	voda
Sa		4,8	170,44	1610	zemina
		nepoužito ve výpočtu			
	výsledný moment	2561,07 kNm			



Obrázek 6: Schématické zobrazení zatěžovacích obrazců

Ve zdech plavební komory jsou umístěny šachty, ve kterých jsou umístěny uzávěry obtokových kanálů. Uzávěry obtoků se umísťují tak, aby byly celé pod vodou, a to i v okamžiku, kdy je v plavební komoře voda na úrovni spodní hladiny. Pakliže by byl prostor zavzdušněný tak by se hydraulický režim v obtoku i v plavební komoře zhoršil. [6]

Pro tuto plavební komoru bylo zvoleno řešení pomocí stavidlového uzávěru s hydraulickým pohonem. Uzávěra se pohybuje po kolejnicích umístěných v drážkách v šachtě. Obtoky jsou opatřeny provizorním hrazením, které se nachází v ohlavích na začátku a na konci obtokového kanálu. Servis uzávěru je tak možný při vyčerpání plavební komory a není nutné uzavírat celou plavební komoru provizorním hrazením.

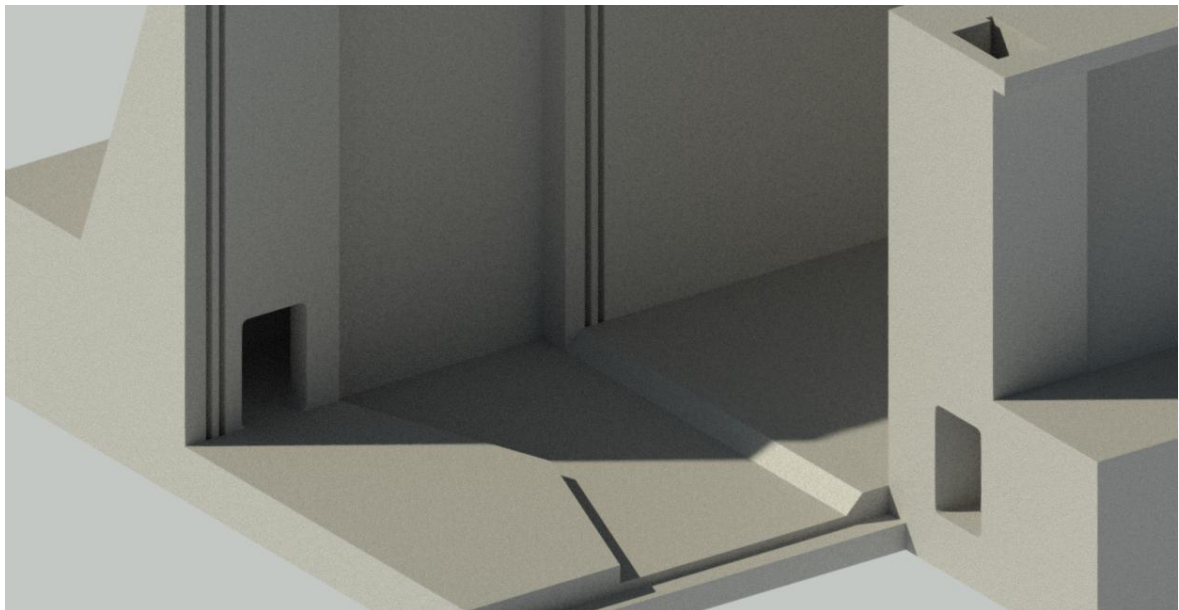
Zdi plavební komory jsou oddílovány v úsecích po 12 metrech. Na hranách, které jsou na straně směrem do plavební komory, jsou připevněny pancíře chránící betonovou konstrukci. Pancíře jsou zaobleny v poloměru min. 80 mm, aby nedocházelo k porušování úvazných lan. [6]

#### 4.3.2. HORNÍ A DOLNÍ OHLAVÍ

Ohlaví jsou navržena tak, aby umožňovala přenos síly z vrat do své konstrukce. Výklenky, do kterých se „schovají“ vrata při otevření, jsou navrženy tak, aby jejich hloubka odpovídala 1/12 šířky plavební komory, tudíž 1 m.

Na začátku každého ohlaví jsou připravené drážky pro provizorní hrazení.

Ve dně každého ohlaví je vytvarován šípovitý stupeň, o který se opírají vrátně. Tento stupeň se nazývá záporník. Na dolním ohlaví je záporník vyřešen prohlubní, ve které se pohybují vrata.



Obrázek 7: Zobrazení řešení dolního ohlaví.

#### 4.3.3. KUBATURY BETONU

Beton je hlavním stavebním materiálem tohoto typu plavební komory, proto by měla být na jeho množství kladena velká pozornost. Výhodou vytváření projektu ve 3D je snadný přístup k informacím o objemech. Například právě v programu Revit je export tabulky s výkazem objemů relativně snadný.

Tabulka 9: Výkaz objemů betonových konstrukcí

	Objem betonu (m <sup>3</sup> )
Horní ohlaví	1588,4
Pravá stěna	13313,9
Levá stěna	13313,9
Dno mezi stěnami	3687,3
Dolní ohlaví	1880,4
Celkem	33783,9

## 4.4. VYSTROJENÍ PLAVEBNÍ KOMORY

### 4.4.1. VÁZACÍ ZAŘÍZENÍ

K vázacím zařízením se uvazují lana z proplovajících plavidel, aby je držela pevně na svých místech při plnění nebo prázdnění komory. Dimenzují se tak, aby udržela větší sílu než úvazná lana, tím jsou chráněna proti případnému poškození. Úvazná zařízení se v plavební komoře rozmisťují ve vzdálenosti 20–30 metrů. U plavebních komor se rozlišují dva druhy vázacích zařízení, a to pevná a plovoucí. [6]

Pevná vázací zařízení se umisťují na horní hranu komory a dovnitř komory. Vnitřní úvazná zařízení se nazývají trny a vnější pacholata. Trny se umisťují ve svislém směru do výklenků do zdí plavební komory nad sebe po 1 – 1,5 m a používají u plavebních komor do spádu 5 metrů. [6]

Plovoucí úvazné zařízení se používá při spádech větších než 5 metrů. Jejich výhodou je že, se lana nemusí postupně převazovat se stoupající nebo klesající hladinou. [6]

Vzhledem ke spádu komory 7,97 metru bylo zvoleno řešení pomocí plovoucího úvazného zařízení.

### 4.4.2. PROVIZORNÍ HRAZENÍ

Provizorní hrazení bylo umístěno do plavební komory z obou stran tak, aby bylo možné po instalaci tohoto hrazení celou plavební komoru vyčerpát a mít přitom otevřená vrata. Díky tomu lze provádět údržbové práce nebo opravy na ostatních součástech plavební komory. Pro plavební komory šířky přibližně 12 metrů se používá hradidlové hrazení z ocelových trubek. Hrazení musí být nepropustné, lehké, musí s ním být snadná manipulace a musí být dostatečně únosné. [6]

### 4.4.3. OSVĚTLENÍ

Osvětlení bylo umístěno tak, aby stěny plavební komory nevrhali stín na vodní hladinu v plavební komoře. Lampy byly rozmístěny v rozestupu 20 metrů a mají výšku 7 metrů, tím pádem ještě s rezervou vyhoví průjezdné výšce.

### 4.4.4. VELÍN

Velín je budova, která je nedílnou součástí velkých plavebních komor a v níž se nachází ovládání většiny pohyblivých součástí plavební komory. Velín byl umístěn u dolního ohlaví tak, aby z něho bylo vidět jak do komory, tak na obě rejdy.

#### 4.4.5. ŽEBŘÍKY

Žebříky byly navrženy jako ocelové konstrukce, ve výklencích uvnitř plavební komory. Jsou umístěny v rozestupu 25 metrů a je jich 7 na každé straně. Krajní žebříky jsou dlouhé až na dno plavební komory, zbylé končí metr pod minimální hladinou.

## 5. CELKOVÁ BILANCE ZEMIN

Zemní práce jsou na celé studii jednou z nejdražších položek, protože se jedná o velké množství přesouvané hmoty. Typickou potíží liniových staveb, kde jsou velké přesuny zeminy, je její nevyrovnanost v tom, kde je třeba kolik odtěžit, a kde naopak navést. Skládkování nebo naopak dovážení zeminy je třeba eliminovat již na začátku v samotném projektu.

V této studii byla vypočítána předběžná množství chybějící, nebo naopak přebývající zeminy. Základem pro výpočet byl tvar plavební komory, pro který je třeba vyhloubit stavební jámu a výkres předpokládaného tvaru plavebního kanálu. Dále byly zjištěny nadmořské výšky na trasách plavebních kanálů, dle kterých bylo zjištěno, zda bude v daném úseku třeba zeminu dodat nebo odebrat.

Tabulka 10: Propočet kubatur zeminy pro variantu A)

Varianta A)				
	výška (m.n.m.)	délka úseku dané výšky (m)	plocha (m <sup>2</sup> )	zemina (m <sup>3</sup> )
Úsek kanálu před komorou	159	650	-183	-118950
Úsek za komorou	158	600	180	108000
Suma z kanálu				-10950
Komora samotná				12205
Celkem přebývá				1255

Tabulka 11: Propočet kubatur zeminy pro variantu B)

Varianta B)				
	výška (m.n.m.)	délka úseku dané výšky (m)	plocha (m <sup>2</sup> )	zemina (m <sup>3</sup> )
Úsek kanálu před komorou	165	0	130	0
	164	600	79	47400
	163	1600	27	43200
	162	800	-28	-22400
	161	400	-88	-35200
	160	300	-145	-43500
Úsek za komorou	158	300	180	54000
Suma z kanálu				43500
Komora samotná				44925
Celkem přebývá				88425



Tabulka 12: Propočet kubatur zeminy pro variantu C)

Varianta C)				
	výška (m.n.m.)	délka úseku dané výšky (m)	plocha (m <sup>2</sup> )	zemina (m <sup>3</sup> )
Úsek kanálu před komorou	165	700	130	91000
	164	1800	79	142200
	163	600	27	16200
	162	600	-28	-16800
	161	400	-88	-35200
Úsek za komorou	158	300	180	54000
Suma z kanálu				251400
Komora samotná				44925
Celkem přebývá				296325

## 6. VYHODNOCENÍ VARIANT

Z výsledků bilance zeminy je patrné že nejlépe si vede varianta A), kde přebývá 1255 m<sup>3</sup> zeminy. Tato varianta rovněž zahrnuje nutnost nově postavit nejkratší úsek plavebního kanálu, což by přineslo zásadní snížení nákladů výstavby.

Varianta B) je dle bilance zeminy, se svým přebytkem 88425 m<sup>3</sup> druhá nejvhodnější. Tato varianta má však řadu nevýhod. Jednou z hlavních je větší množství oblouků, které jsou v liniových stavbách tohoto typu nežádoucí. Další nevýhodou je nutnost stavby nových mostních konstrukcí pro silnice, jenž by plavební kanál křížoval. Současně jsou ale tyto přemostění, u kterých bude nutné vybudovat násypy možností, kam umístit nadbytečnou zeminu.

Varianta C) má dle bilance zemin nejhorší výsledek 296325 m<sup>3</sup>. I při využití části nadbytečné zeminy na násypy u mostů, by stále zůstávalo velké množství zeminy, které by využití nemělo. Bylo by možné přistoupit ke změně výkresu plavebního kanálu a hráz rozšířit a využít tak větší množství zeminy. Další možností by bylo pokusit se najít v blízkém okolí stavbu, která by se naopak potýkala s nedostatkem zeminy.

Celkově nejlepší se zdá být varianta A). Mezi její další výhody patří celkově nižší výšková úroveň terénu, nemuselo by tedy dojít k úpravě vstupních parametrů pro statický výpočet zdí plavební komory a došlo by tak ke snížení množství potřebného betonu.

Při nemožnosti provést variantu A), by bylo třeba volit mezi variantami B) a C) tak by nebylo hned jasného vítěze. Přímá geometrie varianty C), je považována za silný a kladný argument, a když by se našlo odbytiště pro ono velké množství přebytečné zeminy, tak by měla být favoritem.

## 7. 3D MODELOVÁNÍ

### 7.1. CO TO JE BIM ?

BIM je zkratka anglického Building Information Modelling, což znamená informační model budovy. Jedná se o digitální model, ze kterého lze vyčíst veškeré informace o objektu, ať už se jedná o typ konstrukce, její cenu nebo jakou údržbu by měla během životnosti budovy podstupovat. Zároveň jsou tato data přístupná všem zúčastněným stranám online. Díky tomu investor ví, co se na stavbě děje a má více pod kontrolou tok financí.

Od roku 2022 se v České republice zavádí nová pravidla pro nadlimitní státní zakázky podle kterých, by měli být tyto zakázky zpracovány v BIM platformě.

### 7.2. REVIT

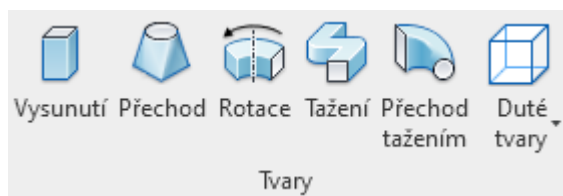
#### 7.2.1. CO JE TO REVIT

Revit je aplikace od americké firmy Autodesk, jejímž produktem je například i AutoCad. Jedná se o BIM aplikaci s jejíž pomocí lze vytvářet komplexní 3D projekty. Všechny objekty jsou asociovány, což přináší velkou výhodu z pohledu úprav projektů. Například, při změně umístění okna se tato změna okamžitě projeví ve všech řezech, půdorysech a pohledech, ve kterých se okno nachází.

#### 7.2.2. MODELOVÁNÍ V REVITU

Modelování v Revitu je založeno primárně na vkládání již vytvořených prvků, které jsou zařazené do určité kategorie. Tyto prvky se nazývají rodiny. Rodiny mají již nadefinované parametry, podle kterých mají specifické chování. Chování dále ovlivňují kategorie, do kterých jsou rodiny zařazené.

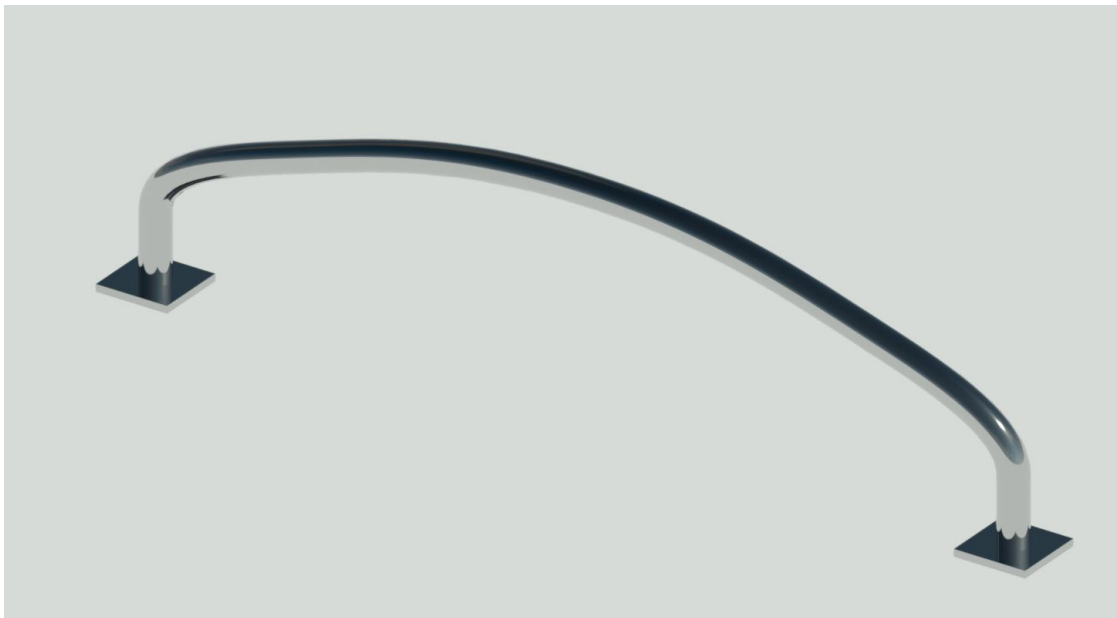
Lze si vytvářet vlastní rodiny ze skupiny objemů pomocí příkazů, které jsou podobné příkazům v Autocadu. Objemy lze vzájemně odečítat pomocí dutých těles. Odečítaný objem musí být definován jako dutý. Po odečtení dutý tvar zůstává definován a nevzniká „vzduch“. Díky tomu může snadno dojít k úpravě tvaru.



Obrázek 8: Příkazy z aplikace Revit

Jako nové rodiny se musí vytvářet tvarově atypické betonové tvary, nebo jiné konstrukce či doplňky, které nejsou obsaženy v základní databázi. Nicméně, velké množství rodin, které nejsou obsaženy v základní databázi, je možné najít na nejrůznějších fórech nebo v internetových knihovnách. Takto byla získána pro tento projekt například databáze nosníků a sloupů IPE odpovídajících ČSN. Prvek, jako je například madlo u výstupu z žebříku, už bylo třeba vyrobit.

Objemům lze dále přiřadit z jakého jsou materiálu. Dle druhu materiálu si Revit přiřadí k objemu texturu, která je zobrazena při realistickém zobrazení nebo při renderování. Po vytvoření kompletního souboru objemů se vytváření uzamkne a ačkoli se rodina skládá z mnoha objemů, lze s ní manipulovat jako s jedním prvkem.



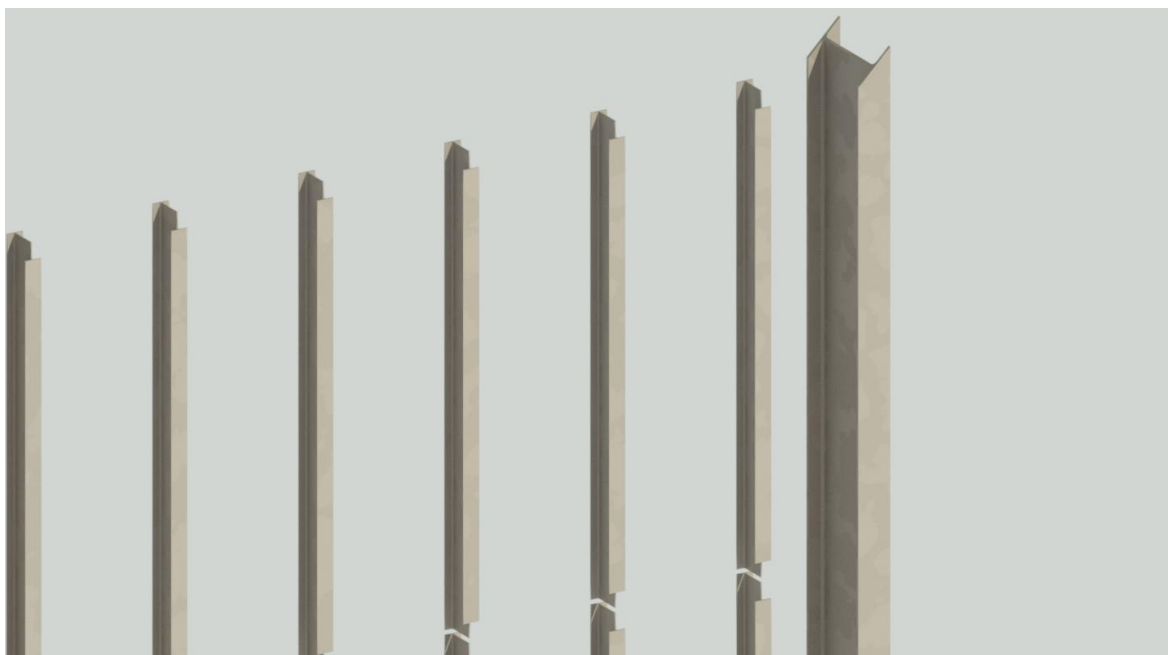
Obrázek 9: Madlo u výstupu z žebříku, v provedení z nerezové oceli, vyrenderované z programu Revit

Před vytvořením jakéhokoli objemu, je třeba nejprve určit, do které kategorie se bude rodina řadit. Na výběr jsou kategorie od konstrukčních sloupů po truhlářské výrobky. Například při vytváření madla bylo nejprve určeno že bude spadat do kategorie „Zábradlí“. Problém byl s určením kategorií pro tížné stěny a ohlavi. Pakliže by byly zařazeny do kategorie objemy, která by celkem odpovídala, tak by byla paleta příkazů pro vytváření objemů ochuzena o příkazy „Přechod“, „Tažení“ a „Přechod tažením“. Vzhledem ke složitosti tvaru obtoků by bylo velmi obtížné se bez nich obejít. Proto byla zvolena kategorie „Konstrukční základy“.

Tyto kategorie tvoří v Revitu něco jako hladiny v Autocadu, tudíž, stejně jako lze v Autocadu izolovat danou hladinu, tak v Revitu lze izolovat danou kategorii.

Při vytváření objektů z určitých rodin (zdi, okna, nosníky, sloupy) se již nepřičítají kategorie, protože si je již prvky nesou sami. Tímto způsobem byly vytvořeny modely vrátní či velínu.

Při vytváření ocelových konstrukcí je Revit schopen vytvářet spoje, výpaly a další úpravy spojení nebo ukončení nosníků. Bohužel ale není schopen zobrazovat svary, proto pro některé ocelové konstrukce, jako jsou například vrata, by mohlo být výhodnější využití programu Inventor, který se specializuje na vytváření konstrukcí spadajících do oboru strojního inženýrství a který je schopný svary zobrazit.



Obrázek 10: Zobrazení svislých prvků vrátně. Veškeré vodorovné nosníky byly skryty a jsou vidět výřezy ve svislých ztuženích.

### 7.2.3. ZÍSKÁVÁNÍ VÝKRESŮ, VIZUALIZACÍ A VÝKAZŮ Z REVITU

Žádný projekt se neobejde bez přehledných informací a podkladů. Z programu Revit lze tyto informace získat poměrně snadno. Nejdříve je třeba celý projekt vymodelovat ve 3D. Vytvořený 3D model je poté kvalitním podkladem pro vytváření výkresů, vizualizací a výkazů.

Výkresy pohledů, řezů a půdorysů se nekreslí pomocí „tahání čar“. Stačí si zakreslit rovinu řezu Revit potom sám řez vytvoří. Do vytvořeného řezu je třeba už jen doplnit kóty, popisky, legendy a vytvořit výkres s rozpiskou. Nastavení zobrazení umožňuje vypnout libovolné kategorie, takže když ve výkresu tvaru nebude žádoucí zobrazení ocelových prvků, které by byly jinak viditelné tak vypnu kategorii, ve které se nachází. Díky propojení všech prvků není třeba se při změnách věnovat každému výkresu příliš dlouho, stačí pouze

zkontrolovat, zda není třeba upravit kóty nebo popisky. Změnu samotnou, jako je například změna tvaru, lze provést v kterémkoli řezu nebo pohledu a ona se propíše i do všech ostatních.

Vizualizace se vytváří pomocí renderového okna. V tomto okně se vyhledá vhodný pohled na objekt. Tyto pohledy se dají v záložce ukládat a není tedy nutné pokaždé stejný úhel pohledu hledat. Revit dále umožňuje nastavení úhlu osvětlení a množství oblačnosti.

Do vizualizací je možné vkládat velké množství objektů, které připomínají reálný provoz. Například osoby, auta, zeleň a případně cokoli dalšího co si vymodelujete.

Výkazy se vytváří pro dané kategorie. Do výkazu lze navolit nejrůznější informace, například informace o ceně, data dokončení konstrukcí a mnoho dalších.

#### 7.2.4. REVIT VS AUTOCAD

Nejzásadnějším rozdílem je, jakým způsobem se pracuje těchto programech s daty. V Autocadu se vytváří čistě geometrie a kreslí se zpravidla rovnou výkresy. Ačkoli je v Autocadu možné vytvořit 3D těleso, tak to nemá s BIM ideologií moc společného, protože si těleso nese pouze informace o své geometrii. Kvalita Autocadem generovaných řezů 3D těles je nízká a řez vyžaduje velké množství následné péče. Současně řez není po vygenerování nijak asociován s 3D tělesem a při případné změně je tedy nutné generovat řez znovu.

Výhoda Autocadu pak spočívá právě v jeho jednoduchosti, díky které v něm lze vytvořit nejrůznější složité tvary, které by byli v Revitu jen těžko vymodelovatelné jestli že by to bylo vůbec možné.

Revit si nese zásadně větší množství informací o jednotlivých prvcích, jak je již popsáno v kapitole 7.2.2. Toto sebou nese i své nevýhody, jako je například vyšší náročnost na výpočetní techniku. Vyšší nároky jsou kladeny i na samotné projektanty, neboť díky částečné automatizaci vytváření výkresů, jsou případné chyby hůře odhalitelné.

2D výkresy je možné z Revitu vygenerovat do formátu dwg., se kterým pracuje Autocad kde je možné výkresy upravit do podoby která nebyla v Revitu dosažitelná. Tím se ovšem ztrácí asociovanost což jedna z největších výhod Revitu.

## 8. ZÁVĚR A DISKUZE

Predikce do budoucna je stálé zvyšování poptávky po zboží. Díky tomu by se měla zvyšovat i poptávka po lodní dopravě. Ministerstvo dopravy si nechalo v roce 2016 vypracovat komplexní vyhodnocení ekonomické efektivity investic do vodních cest pro nákladní dopravu. Dle tohoto vyhodnocení pak „*Potenciál přesunu zboží směrem k vnitrozemské vodní přepravě, a to jak tradičního, tak i dalších komodit a kontejnerů podle odborného odhadu několikanásobně převyšuje dnešní realizaci přeprav.*“ [11]

Tato práce pojednává o vybudování něčeho, s čím předchozí hodnocení neuvažuje. Jednalo by se o další stupeň zkapacitnění vodní cesty směrem k Praze, ke kterému by nemuselo dojít, jestliže by v budoucnu nebyla poptávka po lodní dopravě.

Byly vytvořeny tři varianty, které neuvažují s rekonstrukcí stávající plavební komory Hořín ze třídy  $V_a$  na třídu  $V_b$ . Z variant se jeví být nejvýhodnější varianta A), která by znamenala nejnižší stavební náklady a nejmenší zásah do okolní krajiny. Varianty B) a C) jsou již stavby rozsáhlejší, s významnějším zásahem do krajiny, než jak tomu je ve variantě A). další jejich nevýhodou je nepříznivá bilance zemin, kde oběma variantám vznikají přebytky zeminy v řádech desítek tisíců  $m^3$ , variantě C) dokonce v řádech statisíců  $m^3$ .

Statické řešení zdí plavební komory bylo navrženo na ještě ne zcela specifikované místo. Z tohoto důvodu bylo uvažováno ve statickém výpočtu s vyšším zatížením, než by bylo nutné. V dalším kroku by tedy bylo vhodné získat přesné výškopisné podklady, ze kterých by byla odvozena následná výška okolní zeminy vůči horní hraně plavební komory.

Jedním z cílů práce bylo i vytvoření 3D modelu plavební komory v programu Revit a ověřit tím složitost přechodu z programu Autocad na Revit. Rozdíl mezi programy je už v jejich základní filozofii. V Autocadu se skutečně rýsuje a vytváří se prvky, které si nesou primárně informaci o své geometrii. Revit pracuje asociovaně s prvky, které si o sobě nesou více informací. (podrobněji rozebráno v kapitole 7.2.4.)

Vytvoření 3D modelu se přes úvodní komplikace zdařilo. Seznámení s prostředím v programu Revit vyžadovalo čas a několik odborných konzultací. Po zorientování se v prostředí a seznámení se s principy, na kterých Revit funguje, bylo samotné modelování relativně rychlé.

To že Revit částečně vytlačí Autocad je zřejmé, ale do jaké míry tomu tak bude je otázka. Autocad má své výhody ve své jednoduchosti, které jsou prozatím nenahraditelné.

## LITERATURA

- [1] – Internetová stránka BIM Koncepce 2022. **Koncepce zavádění metody BIM v České republice** [online]. Česká republika, 2018 [cit. 09. 04. 2020]. Dostupné z: <https://www.koncepcbim.cz/koncepce>
- [2] Medřický, V. **Vodní cesty**. Praha, 2006
- [3] Internetová stránka Povodí Vltavy. **Vltavská vodní cesta – Plavební kanál Vraňany – Hořín** [online]. Česká republika, 2008 [cit. 14. 04. 2020]. Dostupné z: <http://www.pvl.cz/vodohospodarske-informace/vodni-dila/vltavska-vodni-cesta/plavebni-kanal-vranany---horin>
- [4] Internetová stránka Zákon pro lidi. **Vyhláška č. 222/1995 Sb.** [online]. Česká republika, 19. 06. 2019. [cit. 16. 04. 2020.]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1995-222>
- [5] Internetová stránka Mapy.cz. **Mapy.cz.** [online]. Česká republika, 2020 [cit. 05. 05. 2020.]. Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni?x=14.4278582&y=50.3273255&z=13>
- [6] Medřický, V. **Navrhování plavebních stupňů**. Praha, 2000
- [7] Internetová stránka Labská strojní a stavební společnost s.r.o. **Ocelové konstrukce** [online]. Česká republika, 2020 [cit. 23. 05. 2020]. Dostupné z: [http://www.labska.cz/ocelove-konstrukce\[1\]?from=6#lightbox](http://www.labska.cz/ocelove-konstrukce[1]?from=6#lightbox)
- [8] Havlík – Marešová . **Hydraulika – Příklady**. Praha, 2001
- [9] Průcha, M. Čihák, F. **Kovové a dřevěné konstrukce – Výpočty**. Praha, 1987
- [10] Sokol, Z. Wald, F. **Ocelové konstrukce – Tabulky**. Praha, 2016
- [11] Internetová stránka Ministerstva dopravy České republiky. **Komplexní vyhodnocení ekonomické efektivity veřejných investic do rozvoje infrastruktury vodních cest vhodných pro nákladní vnitrozemskou dopravu v ČR**. Česká republika, 2015 [cit. 12. 05. 2020]. Dostupné z: [https://www.mdcr.cz/getattachment/Dokumenty/Strategie/Komplexni-vyhodnoceni-ekonomicke-efektivnosti-inve/STUDIE-BRNO-2016-\(1\).pdf.aspx](https://www.mdcr.cz/getattachment/Dokumenty/Strategie/Komplexni-vyhodnoceni-ekonomicke-efektivnosti-inve/STUDIE-BRNO-2016-(1).pdf.aspx)

## SEZNAM PŘÍLOH

1. Kanál a varianty
  - 1.1. Situace – Varianty vedení nové trasy
  - 1.2. Charakteristické řezy kanálu
2. Vizualizace

3. Výkresy Plavební komory
  - 3.1. Příčné řezy
  - 3.2. Půdorysné řezy
  - 3.3. Podélné řezy

## SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obrázek 1: Mapa plavebního kanálu a jeho nejbližšího okolí [5].....</i>	12
<i>Obrázek 2: Zobrazení vtokových otvorů z obtoků do plavební komory .....</i>	16
<i>Obrázek 3: Ukázka vzpěrných vrat, VD Roudnice nad Labem[7] .....</i>	19
<i>Obrázek 4: Vyrenderovaný obrázek z programu Revit, vráta dolního ohlaví.....</i>	26
<i>Obrázek 5: Detail ozubu .....</i>	28
<i>Obrázek 6: Schématické zobrazení zatěžovacích obrazců .....</i>	29
<i>Obrázek 7: Zobrazení řešení dolního ohlaví. ....</i>	30
<i>Obrázek 8: Příkazy z aplikace Revit .....</i>	34
<i>Obrázek 9: Madlo u výstupu z žebříku, v provedení z nerezové oceli, vyrenderované z programu Revit .....</i>	35
<i>Obrázek 10: Zobrazení svislých prvků vrátně. Veškeré vodorovné nosníky byly skryty a jsou vidět výřezy ve svislých ztuženích.....</i>	36

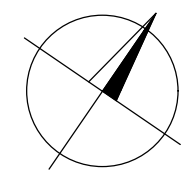
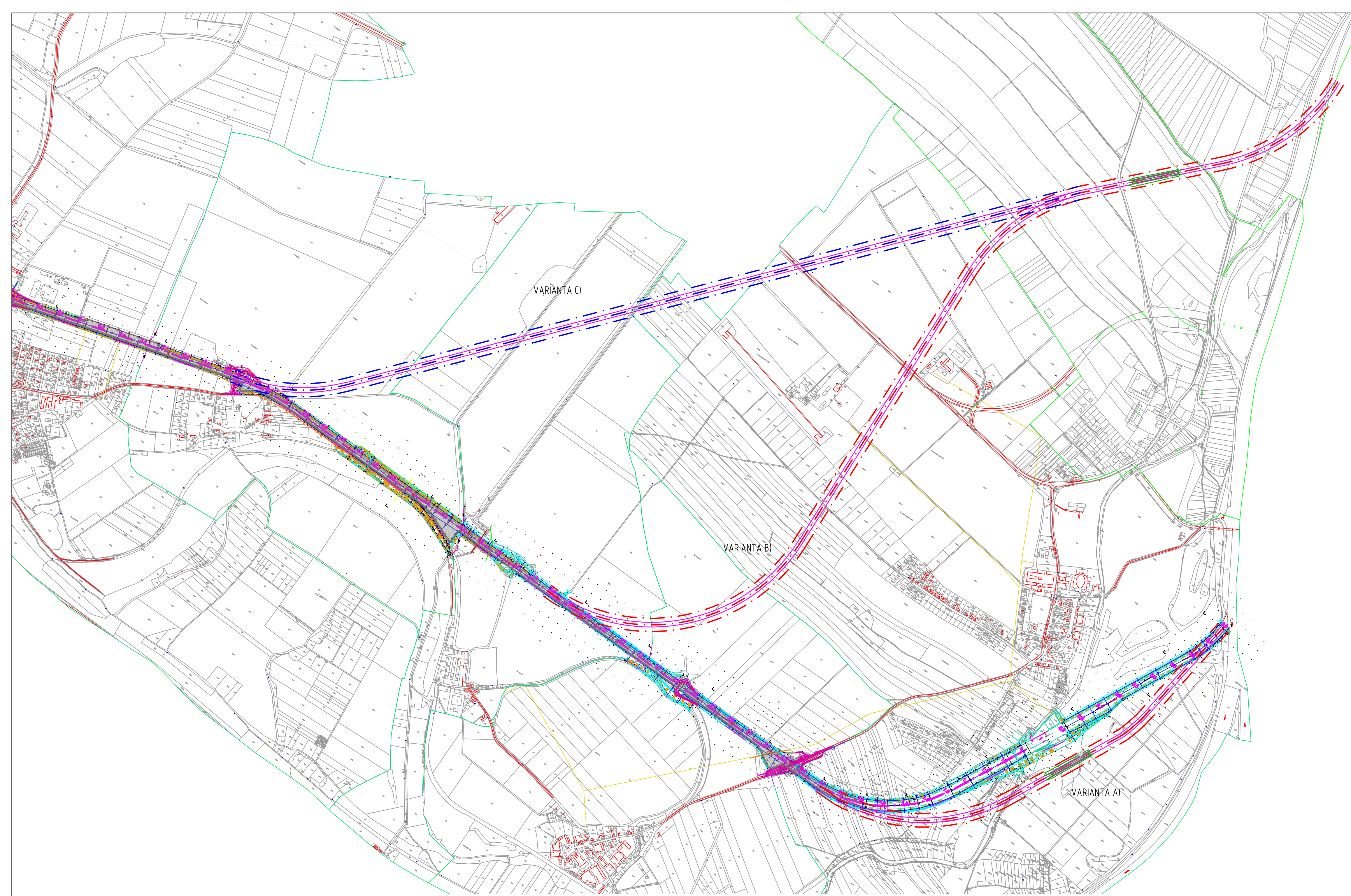
## SEZNAM TABULEK

<i>Tabulka 1: Klasifikace vnitrozemských vodních cest dle vyhlášky č. 222/1995 Sb. [4] .....</i>	11
<i>Tabulka 2: Ukázka z výpočtu plnění co nejrychlejším způsobem .....</i>	17
<i>Tabulka 3: Ukázka z výpočtu plnění se stoupáním hladiny 1 m/min .....</i>	18
<i>Tabulka 4: Vstupní data pro výpočet rozmístění nosníků vrat horního ohlaví.....</i>	23
<i>Tabulka 5: Výpočet rozmístění nosníků vrat horního ohlaví.....</i>	23
<i>Tabulka 6: Vstupní data pro výpočet rozmístění nosníků vrat dolního ohlaví.....</i>	25
<i>Tabulka 7: Výpočet rozmístění nosníků vrat dolního ohlaví .....</i>	25
<i>Tabulka 8: Vstupní hodnoty pro statický výpočet a jeho výsledek.....</i>	28
<i>Tabulka 9: Výkaz objemů betonových konstrukcí .....</i>	30
<i>Tabulka 10: Propočet kubatur zeminy pro variantu A) .....</i>	32
<i>Tabulka 11: Propočet kubatur zeminy pro variantu B) .....</i>	32
<i>Tabulka 12: Propočet kubatur zeminy pro variantu C) .....</i>	33

## SEZNAM GRAFŮ

<i>Graf 1: Otvírání stavidla při co nejrychlejším plnění .....</i>	17
<i>Graf 2: Plnění plavební komory při co nejrychlejším plnění .....</i>	17
<i>Graf 3: Otvírání stavidla při plnění plavební komory se stoupáním hladiny 1 m/min .....</i>	18
<i>Graf 4: Plnění plavební komory při rychlosti stoupání hladiny 1 m/min .....</i>	18

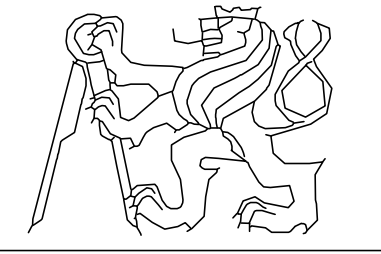




VÝŠKOVÝ SYSTÉM Bpv  
KÓTOVANO V m

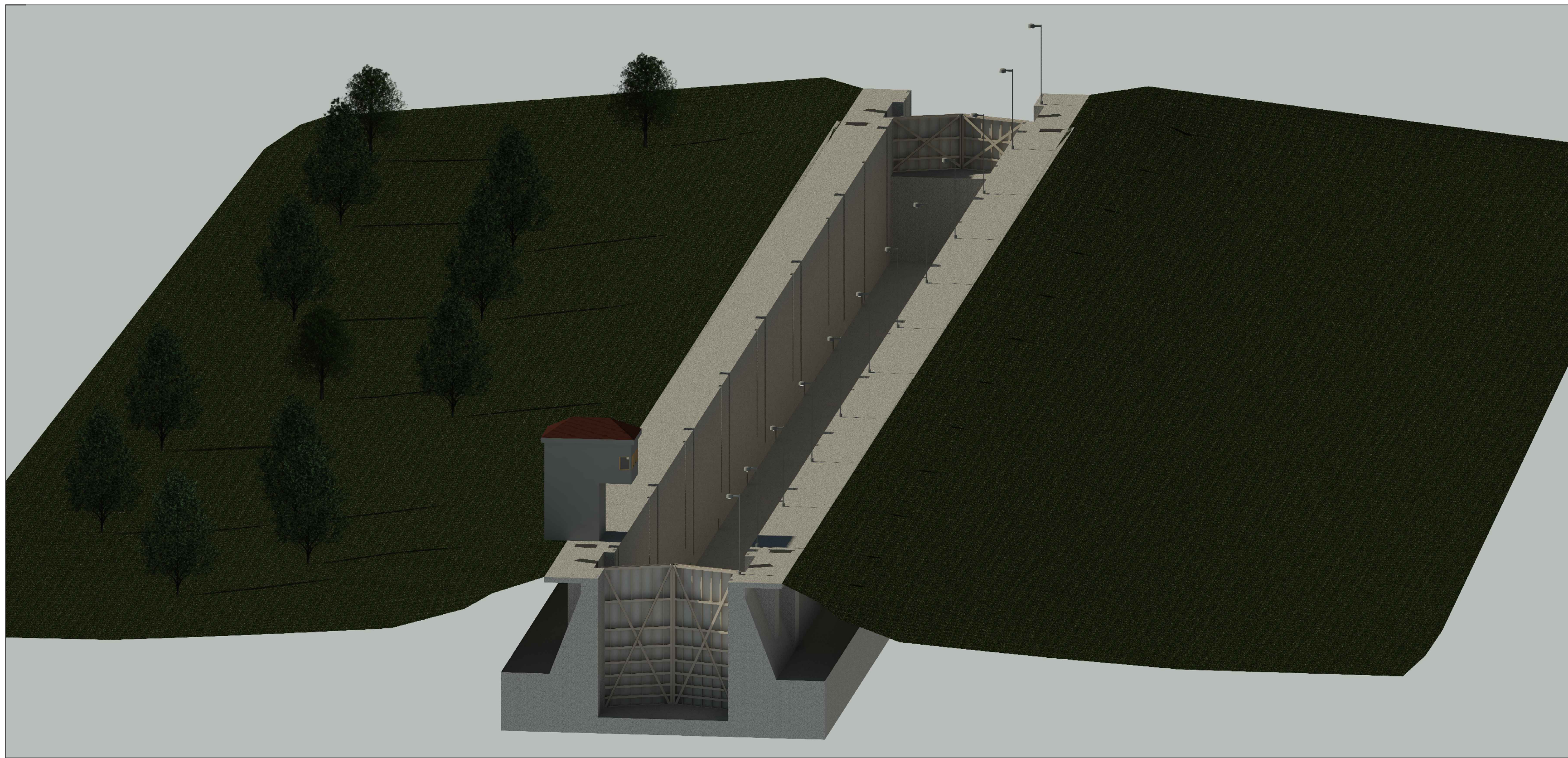
OBOR	KATEDRA	JMÉNO STUDENTA
SI	142	JAN SKLENÁŘ
ROČNÍK	CVIČÍCÍ	
4.	ING. KRÁLÍK	

PŘEDMĚT, ÚLOHA :  
SITULACE  
VARIANTY VEDENÍ NOVÉ TRASY  
PŘÍLOHA 1.1.



ČVUT FSV	
DATUM	14.5.2020
MĚŘÍTKO	1:10000

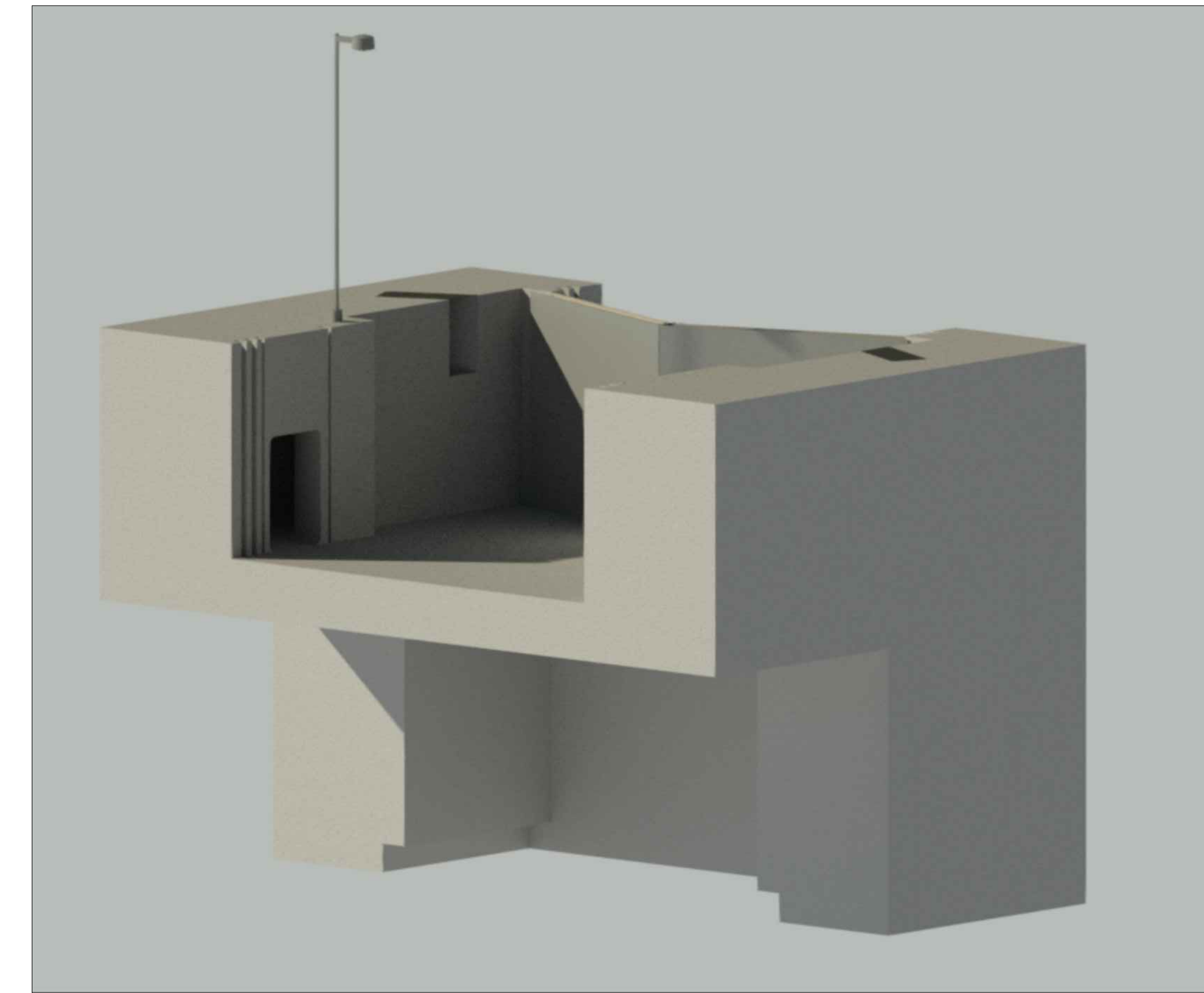




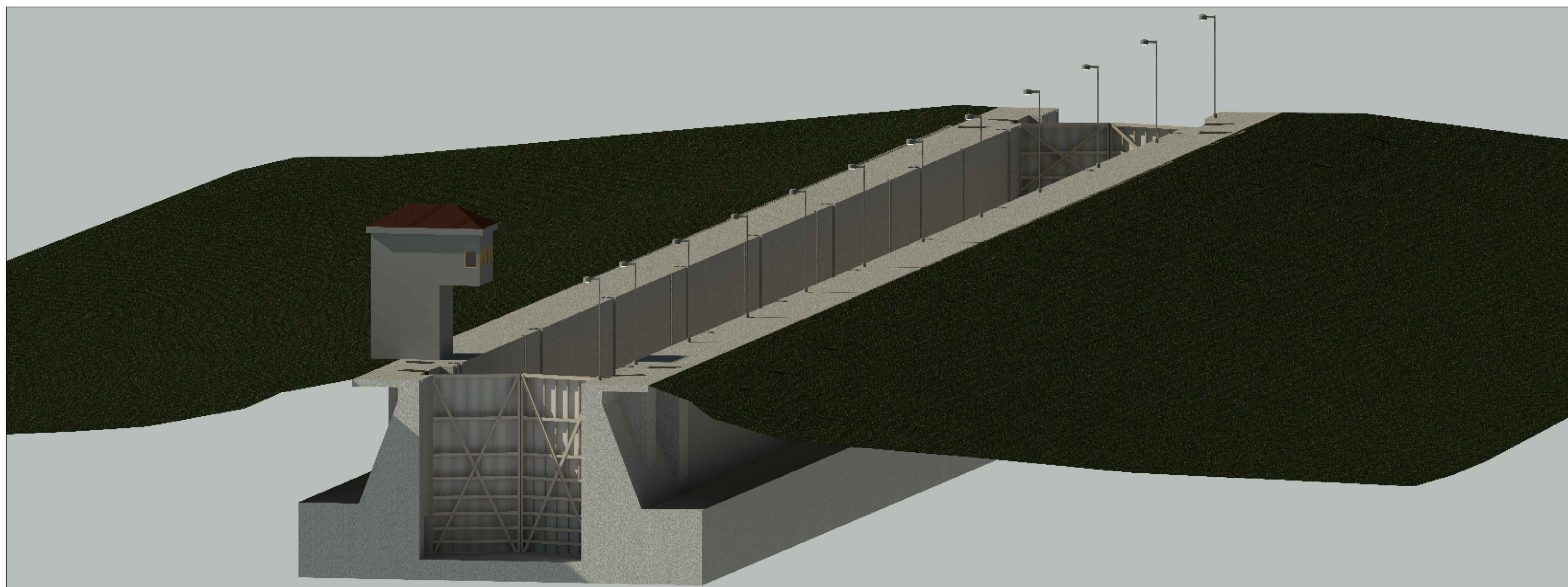
VIZUALIZACE CELÉ PLAVEBNÍ KOMORY 1.



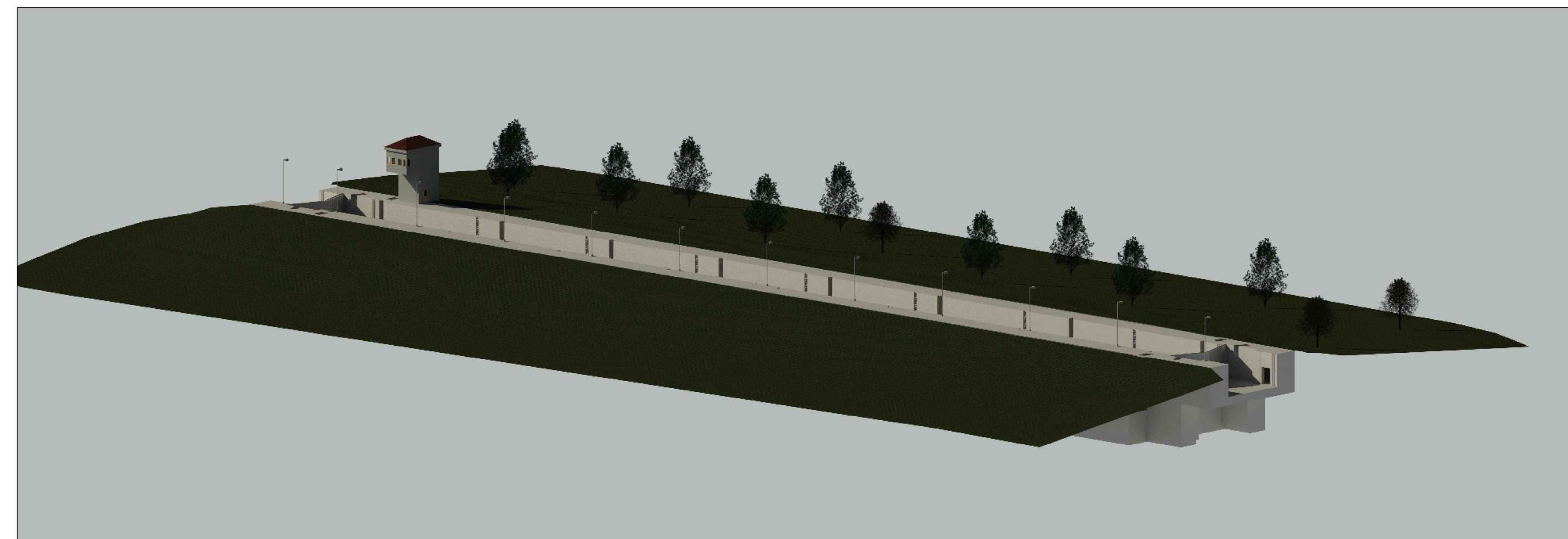
VIZUALIZACE VRAT DOLNÍHO OHLAVÍ



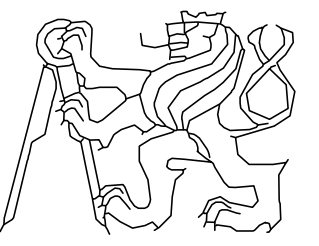
VIZUALIZACE HORNÍHO OHLAVÍ S VÝSTROJÍ

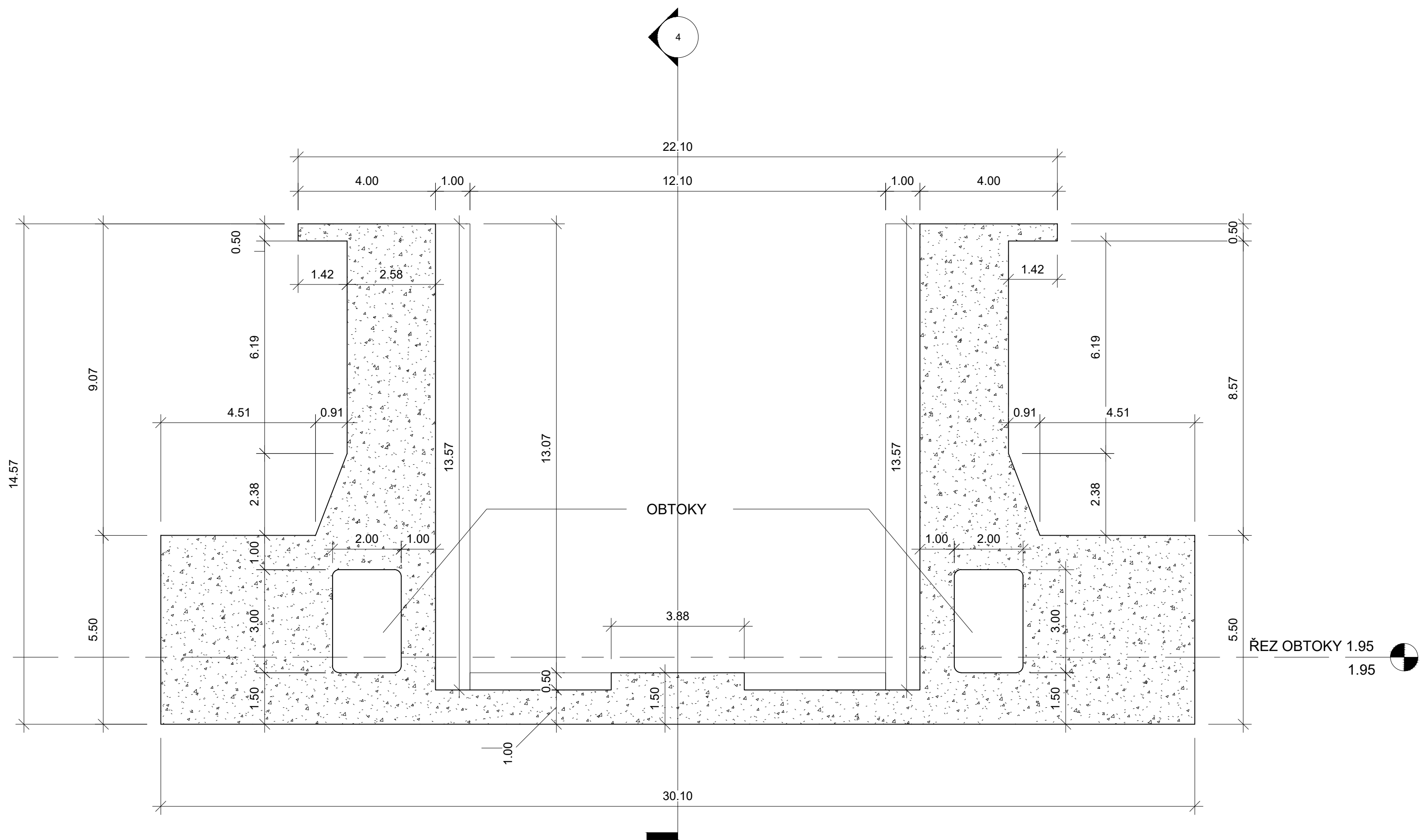


VIZUALIZACE CELÉ PLAVEBNÍ KOMORY 2.

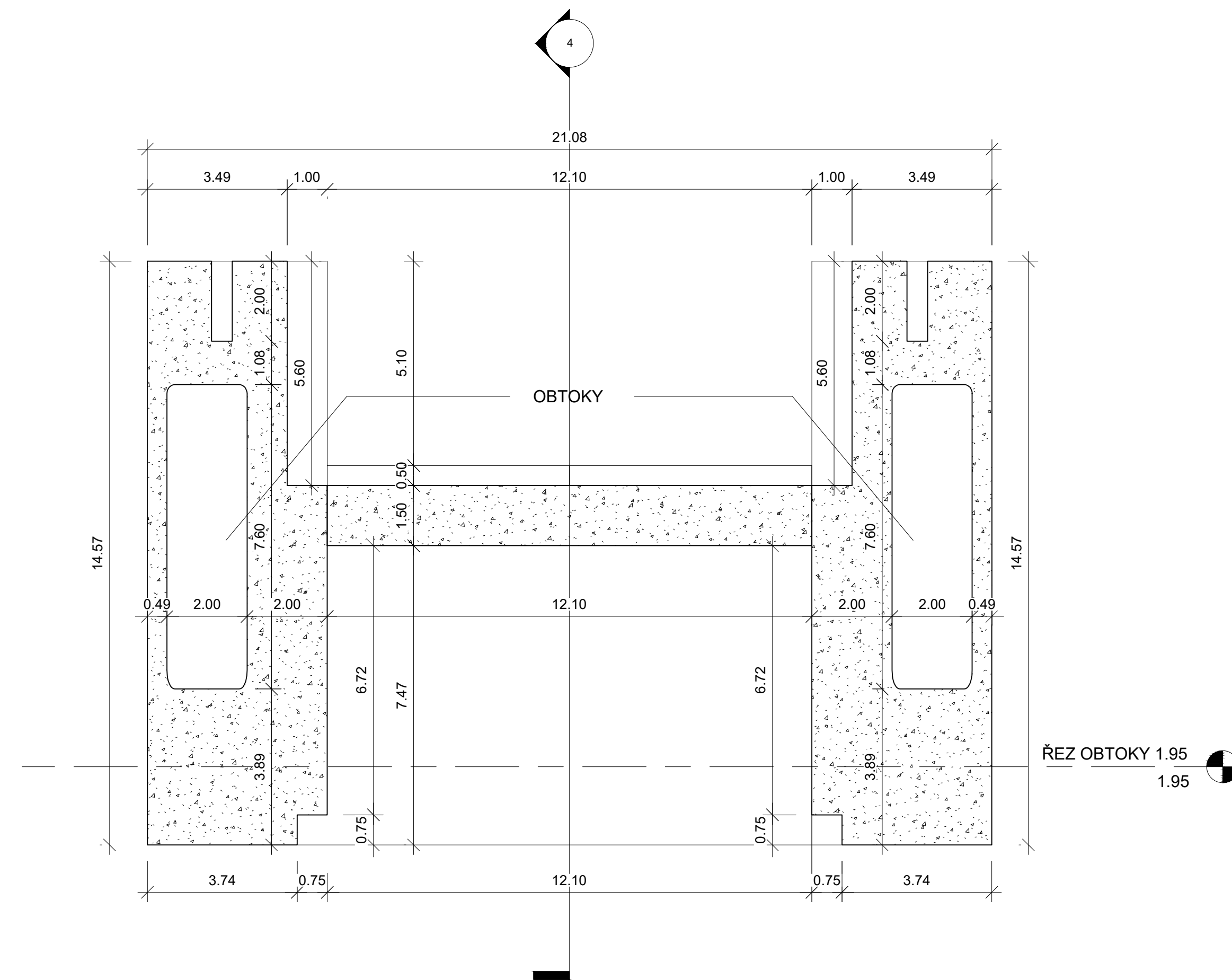


VIZUALIZACE CELÉ PLAVEBNÍ KOMORY 3.

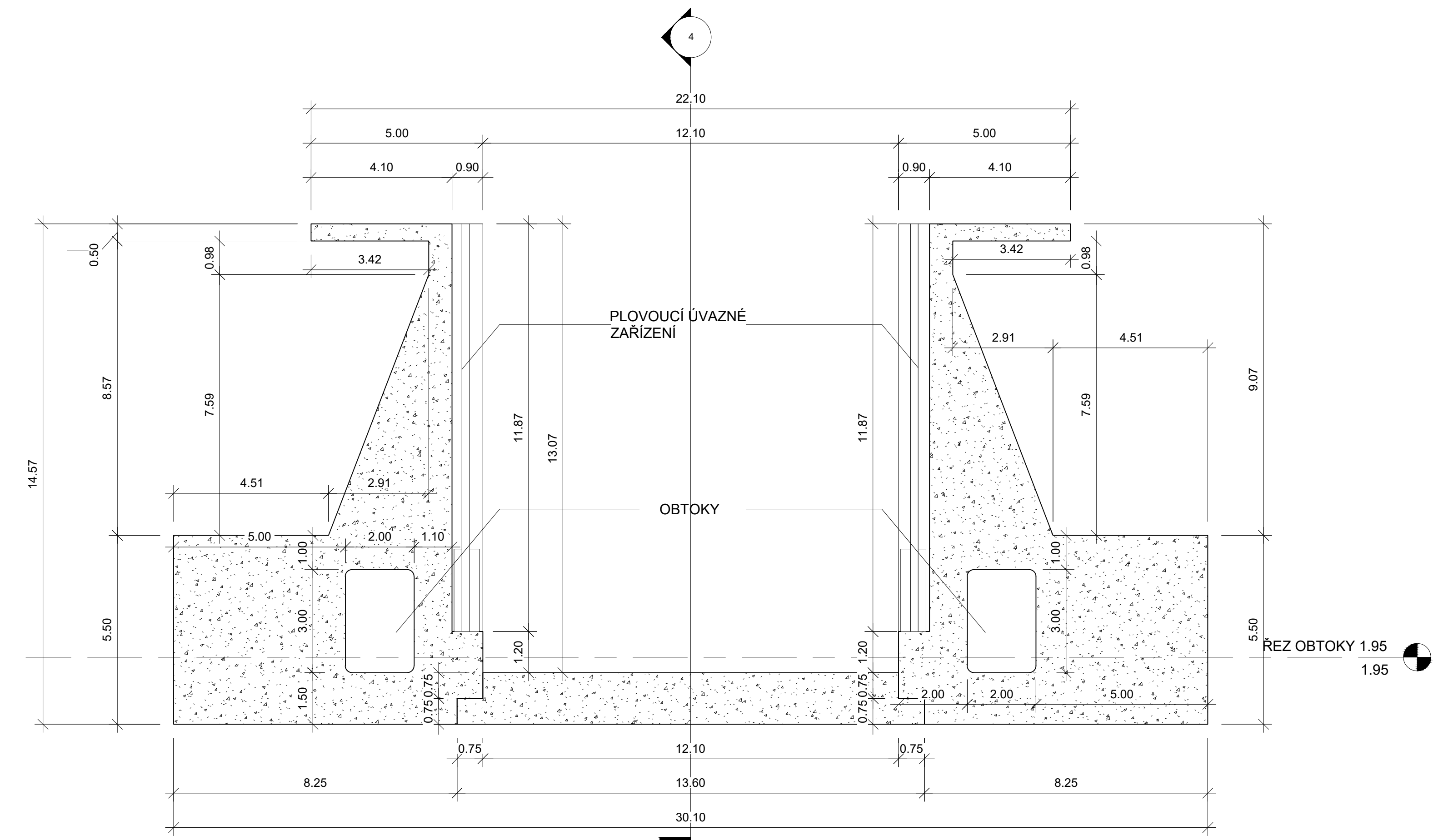
OBOR	KATEDRA	JMÉNO STUDENTA	
SI	142	JAN SKLENÁŘ	
ROČNÍK	CVIČÍCÍ		
4.	ING. KRÁLÍK		
PŘEDMĚT, ÚLOHA :			
			VIZUALIZACE
			PŘÍLOHA 2.
DATUM		14.5.2020	ČVUT FSV
MĚŘÍTKO			



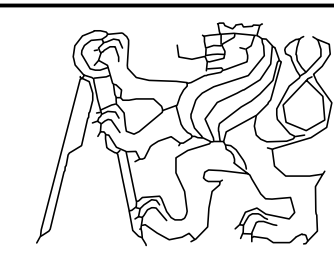
1 Řez DO

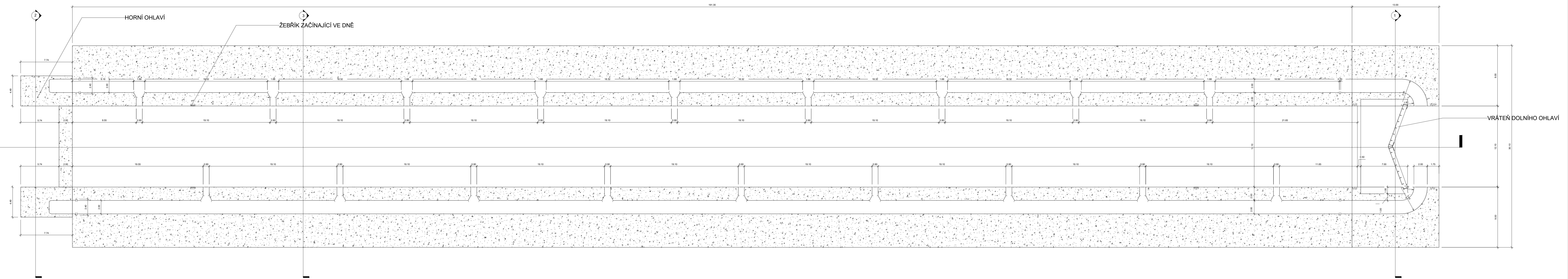


2 Řez HO

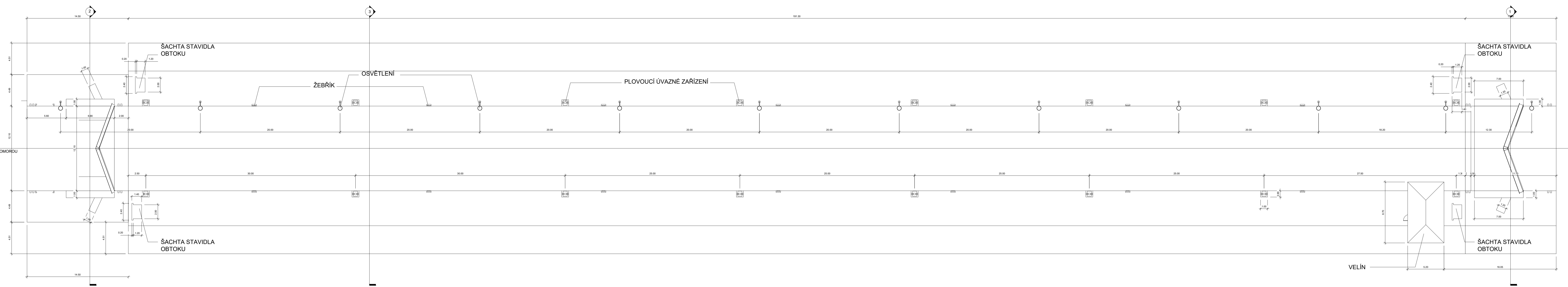


3 Řez komorou

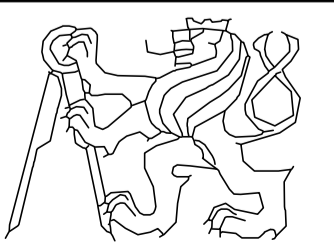
OBOR	KATEDRA	JMÉNO STUDENTA	
SI	142	JAN SKLENÁŘ	
ROČNÍK	CVIČÍCÍ		
4.	ING. KRÁLÍK		
PŘEDMĚT, ÚLOHA :			
PŘÍČNÉ ŘEZY KOMOROU			
PŘÍLOHA 3.1.			
DATUM		14.5.2020	ČVUT FSV
MĚŘÍTKO		1:100	

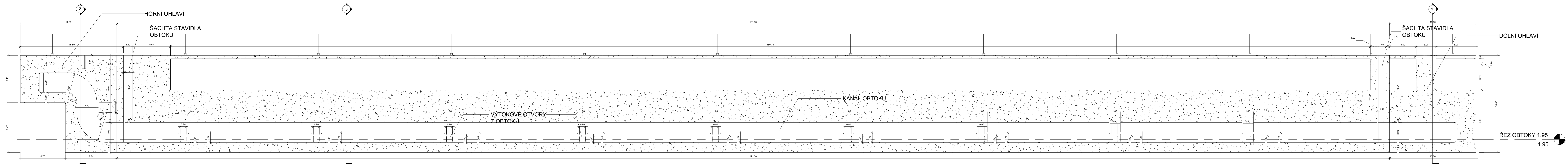


6 Řez obtoky 1.95

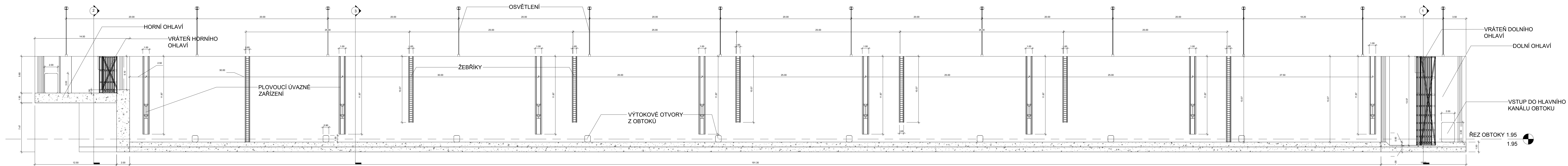


7 Půdorys

OBOR	KATEDRA	JMENO STUDENTA	
SI	142	JAN SKLENÁŘ	
ROČNÍK	CVIČÍCÍ		
4	ING. KRÁLÍK		
PŘEDMĚT, ÚLOHA:			
PŮDORYSNÉ ŘEZY KOMOROU			
PŘÍLOHA 3.2.			
DATUM	ČVUT FSV		
14.5.2020			
MĚŘÍTKO	1:200		



5 Podélný řez obtokem



4 Podélný řez komorou

OBOR	KATEDRA	JMÉNO STUDENTA	
SI	142	JAN SKLENÁŘ	
ROČNÍK	CVIČÍCÍ		
4.	ING. KRÁLÍK		
PŘEDMĚT, ÚLOHA:			
PODÉLNÉ ŘEZY KOMOROU			
PŘÍLOHA 3.3.			
DATUM		14.5.2020	ČVUT FSV
MĚŘÍTKO		1:200	