





# OBSAH / SEZNAM PŘÍLOH

strana

<b>1</b>	<b>Zpráva ke statickému výpočtu .....</b>	<b>5</b>
1.1	Úvod .....	5
1.2	Podklady .....	5
1.3	Literatura, normy, předpisy .....	5
1.4	Geologické poměry .....	5
1.5	Hydrogeologické poměry .....	7
1.6	Popis sond.....	7
1.7	Geotechnické vlastnosti zemin a hornin.....	8
1.8	Stručný popis konstrukce .....	8
1.9	Zásady statického řešení .....	9
<b>2</b>	<b>Statický výpočet .....</b>	<b>11</b>
2.1	Schéma konstrukce v místě podchodu pod tratí .....	11
2.2	Příčný profil nové výpusti z ok 1b.....	12
2.3	Výpočet zatížení stoky .....	12
2.4	Definitivní ostění stoky výpusti dn2000 .....	15
2.4.1.	Při uvažování aktivního zatížení svislého a bočního bez působení pasivního odporu .....	16
2.4.1.1	Svislý tlak .....	16
2.4.1.2	Boční tlak.....	16
2.4.1.3	Vlastní tíha ostění.....	17
2.4.1.4	Výsledné kombinace .....	17
2.4.2.	Posouzení ostění výpusti .....	18
2.4.2.1.	Materiál stoky .....	18
2.4.2.2.	Základní výztuž – strop stoky .....	18
2.4.2.3.	Posouzení výztuže .....	18
2.4.2.4.	posouzení stoky v boku – prostý beton.....	19
2.4.2.5.	Posouzení dna .....	20
<b>3</b>	<b>Závěr.....</b>	<b>20</b>

1/1/F08/00 Rekonstrukce oddělovače OK 1B ÚSEK VO - Š3	E.4.1.3 STATICKÝ VÝPOČET VÝPUSTI (SŽDC)
	DPS

REKONSTRUKCE ODDĚLOVAČE OK 1B SO 03

# 1 ZPRÁVA KE STATICKÉMU VÝPOČTU

## 1.1 ÚVOD

Předmětem tohoto předběžného statického výpočtu je posouzení konstrukce nové výpusti kruhového profilu DN 2000 navržené jako součást rekonstrukce stávajícího oddělovače (odlehčovací komory) OK 1B na kmenové stoce B v ulici Za Elektrárnou v Praze 7 – Holešovicích, v rámci akce „1/1/F08/00 Rekonstrukce oddělovače OK 1B ul. Za Elektrárnou, Praha 7“ ve stupni Dokumentace pro vydání stavebního povolení.

## 1.2 PODKLADY

Podkladem pro zpracování tohoto předběžného statického výpočtu byly:

- Stavební výkres D.1.4.1 – Podélný profil odlehčovací stoky;
- Stavební výkres D.1.4.2 – Vzorový příčný řez nové výpusti DN 2000;
- Stavební výkres D.1.4.11 – Podchod železniční trati podjezdem v ul. Za Elektrárnou;
- Geologická rešerše – Rekonstrukce OK 1B, Sweco Hydroprojekt, a.s., RNDr. Ing. Jiří Varvařovský, srpen 2018;
- C3 – Koordinační situace.

## 1.3 LITERATURA, NORMY, PŘEDPISY

1. ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních konstrukcí
2. ČSN EN 1991-2 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 2: Zatížení mostů dopravou.
3. ČSN EN 206 – 1 – Beton – Část 1: Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda (Změna 3),
4. ČSN 73 1001 – Základová půda pod plošnými základy,
5. ČSN 75 0250 – Zásady navrhování a zatížení vodohospodářských staveb (září 2012)
6. Statické tabulky – Technický průvodce 51, SNTL, 1987,
7. J.Čábelka, J.Mencl – Hydrotechnické štolne, SNTL, 1960,
8. Tabulky pro výpočet desek a stěn, SNTL, 1989,
9. J. Hulla a kolektiv – Zakladanie staveb, SNTL, 1987,

Pro statický výpočet byl použit program GEO 5,0

## 1.4 GEOLOGICKÉ POMĚRY

Z regionálního geologického hlediska se zájmové území nachází v oblasti barrandienského spodního paleozoika středočeské oblasti Českého masívu.

Zájmové území je pokryto kvartérními (pleistocénními) fluvialními písčitými štěrky vinohradské terasy Vltavy, na kterých jsou uloženy kvartérní (holocén) fluvialními písčitohlinité

sedimenty a nebo navážky. V jejím podloží se v trase navrhovaných opatření nachází ordovické černé jílovité břidlice dobrotivského souvrství.

Z regionálního hlediska se zájmové území nachází v ose barrandienského spodního paleozoika střeďočeské oblasti Českého masívu, tvořeného souborem eugeosynklinálních aleuropelitických (břidlice) a drobových sedimentů a produktů iniciálního submarinního vulkanismu bazaltového až ryolitového složení. Celé souvrství barrandienského spodního paleozoika je zvrásněno do podoby mísovitého synklinoria, jehož osa probíhá na území Prahy od Barrandova k Horním Počernicím v celkovém směru ZJZ – VSV. Po hiátu následující mořská transgrese zanechala v severní polovině českého masívu rozsáhlou platformní jednotku české křídové pánve zasahující až na severní okraj Prahy. Z dalších stratigrafických jednotek se na území Prahy vyskytují především kvartérní sedimenty, a to především ve formě rozsáhlých písčitoštěrkovitých teras toku Vltavy, mocných sprašových pokryvů na periferních částech Prahy a v neposlední řadě i antropogenních uloženin, souvisejících s opakovaně prováděnou stavební činností v obvodu města.

Geologické poměry zájmového území tvoří shora navážky, jejichž mocnost dosahuje až 5,5 m. V zásadě lze vymezit úseky s výraznější mocností (oblast vrtů IJ1 – hl. 4,5 m; J21-S3 – hl. 3,5-5,5 m; 20-21 – hl. 4,5-4,6 m) a úseky s menší mocností (oblast vrtů V5 – hl. 1,0 m; 5-21 – hl. 1,6-1,3 m; 9 – hl. 1,5 m), popř. s žádnou (vrt S-IX) mocností navážek. Problematický by mohl být, z hlediska provádění pažení, jejich kamenitý charakter (velikost úlomků až 30 cm) v oblasti vrtů IJ1, J21 a S3.

Pod navážkami se často nachází zbytky krycích jemnozrnných (hlíny, jílovité nebo písčité hlíny) nebo jemně až středně hrubých písčitých sedimentů. Jejich báze je obvykle v hloubkách okolo 6 m a jsou zaznamenány především v oblasti vrtů 5, 21. S-IX, 20 a 9. Ve vrtech V5 a S3 jsou popisovány jen zbytkové polohy o dm mocnosti. Ve vrtech IJ-1, J21 a 21 nebyly zaznamenány vůbec.

Pod navážkami, a nebo krycími jemnějšími sedimenty, se nachází mocná vrstva hrubých písčitých štěrků maninské terasy. Velikost valounů je běžně popisována do 10 cm, ale i do 25-30 cm (vrty 5 a 21). Jejich báze je zaznamenána v hloubkách od 9,6 m (IJ-1) až 13,0 m (21).

Dobrotivské břidlice, uzavírající vrstevní sled v podloží štěrků, jsou zpočátku obvykle zvětralé do jílovité hmoty s úlomky výchozí horniny. Vlastní břidlice jsou tmavošedé a jílovité.

Ustálená hladina podzemní vody postupně vyměřuje směrem k Vltavě. V nejvzdálenějších vrtech (21-V55664, 21-P22530) se pohybuje na úrovni 5,2-5,0 m pod terénem, v blízkosti Vltavy dosahuje až -2,5 m (J21) k povrchu.

V nejnižší části trasy u podjezdu pod železniční tratí se nachází archivní vrty 9 (P 22530) a 21 (P 55664). Ve profilu vrtu 9 je v souladu s geologickou mapou popisována přítomnost **navážek** (do hl. 1,5 m) charakteru stavebního rumu a pod ním až do hloubky 5,95 m v podstatě **jemnozrnné (písčitohlinité) aluviální sedimenty** vystřídané **hrubým písčitým štěrkem** s bází v hloubce 12,35 m. Pod ním je popisována až do konečné hloubky vrtu 13,29 m tmavošedá **slídnatá jílovitá břidlice**. Hladina podzemní vody není popisována. V profilu vrtu 21 jsou navážky (písčitý štěrk, škvára, zahliněný písek, úlomky cihel) zastiženy do hloubky až 4,60 m. Pod nimi je až do konečné hloubky vrtu 11,0 m popisován hrubý písčitý štěrk s valouny až 10 cm. Hladina podzemní vody byla zastižena v hloubce 5,4 m a **ustálila se 5,20 m pod terénem**.

V pokračování trasy směrem k Vltavě se v její blízkosti nachází vrt 20 (P 55664). V jeho profilu jsou až do hloubky 4,50 m popisovány navážky (hrubozrnný zahliněný písek, jílovitá hlína, písčité hlína, úlomky cihel) a pod nimi do hloubky 5,60 m jemnozrnné až střednězrnné zahliněné písky a hlíny písčité (aluviální sedimenty) s příměsí křemenných valounů do 8 cm. Pod nimi je až do konečné hloubky vrtu 9,0 m popisován hrubý písčitý štěrk s valouny až 10 cm. Hladina podzemní vody byla zastižena v hloubce 6,0 m a ustálila se 5,40 m pod terénem.

## 1.5 HYDROGEOLOGICKÉ POMĚRY

Očekávaná úroveň hladiny podzemní vody je znázorněna na dále uvedeném výřezu z hydrogeologické mapy. Jak je patrné, dochází k jejímu postupnému vyměšování směrem ke korytu Vltavy. Nejhlouběji lze očekávat úroveň hladiny v oblasti podjezdu pod železniční tratí, kde by se měla pohybovat na úrovni 4-6 m pod terénem. Ve střední části trasy, vedené ulicí Za elektrárnou, lze očekávat hladinu podzemní vody v hloubkách 2-4 m a v poslední části trasy při jejím přiblížení k toku Vltavy to bude hloubka do 2 m od terénu.

Ve všech výše uvedených případech se bude jednat o průlinově zvodnělé štěrkopísky maninské terasy, popř. antropogenní navážky. Podzemní voda by neměla v jednotlivých sledovaných složkách vykazovat vyšší agresivitu než ve stupni XA1. Pokud však bude prokázáno souběžné působení více faktorů (zde lze očekávat síranovou a uhličitou agresivitu) bude agresivita až na stupni XA2.

## 1.6 POPIS SOND

V blízkosti podchodu pod tratí je z archivních sond nejbližší sonda 3263/3288 (S1) z průzkumu V62 344 z roku 1970. Nachází se západně od navržené trasy nové výpusti DN2000.

### Sonda S1 z roku 1970 (kóta terénu : 181,92 m n.m. Bpv)

0,00 – 1,10 :	Ulehlá, kamenitá, zahliněná navážka s obsahem cihel;
1,10 – 1,60 :	Šedý, ulehlý popel;
1,60 – 4,30 :	Ulehlá, kamenitá, zahliněná navážka s obsahem cihel a škváry (od 3,50 m mokrá);
4,30 – 4,70 :	Ulehlá, mokrá, škvárovitá navážka;
4,70 – 4,90 :	Hnědý, mokrý, jílovito-písčitý náplav s kameny 40-50%;
4,70 – 4,90 :	Hnědý, mokrý, jílovito-písčitý náplav s kameny 40-50%;
5,60 – 6,70 :	Hnědý, mokrý, ulehlý pískoštěrk, 50% průměr 13 cm;
6,70 – 7,40 :	Hnědý, mokrý, ulehlý štěrkopísek 40% průměr 5 - 10 cm;
7,40 – 8,20 :	Hnědý, mokrý, ulehlý pískoštěrk, 50% průměr 16 cm;

Hladina podzemní vody – naražena – 3,50 m  
ustálena -

## 1.7 GEOTECHNICKÉ VLASTNOSTI ZEMIN A HORNIN

V následující tabulce jsou uvedeny základní geotechnické charakteristiky zemin a hornin, které se vyskytují v prostoru staveniště a přicházejí tak v úvahu jako základová půda.

Geologické prostředí	ČSN 731001 třída symbol		$\gamma$ (kgm <sup>-3</sup> )	$\phi_{ef}$ (°)	$c_{ef}$ (kPa)	$\nu$	$R_{dt}$ (kPa)	$E_{def}$ (MPa)
Navážky hlinitopísčité až kamen.	F-S-G	Y	1800	25	10	0,40	175	2-8
Organické náplavy	F,G	O	1800	24	10	0,35	150	4-6
Povodňová hlína	F4	CS, MS	1800	24	10	0,35	150	4-6
Terasové sedimenty Vltavy	S3	S-F	1800	31	0	0,30	225	15
	G3	G-F	2000	36	0	0,25	300	100
	G3	G-F	1900	33	0	0,25	300	80

uvedené hodnoty  $R_{dt}$  jsou základní, platí pro hloubku založení 1 m a šířku základu 3 m, dále je třeba provést přepočet dle skutečné hloubky zakládání a šířky základu. S ohledem na 2. geotechnickou kategorii je uvádíme pouze pro orientaci.

## 1.8 STRUČNÝ POPIS KONSTRUKCE

V rámci rekonstrukce OK 1B bude provedena nová výpust kruhového profilu DN 2000, jejíž trasa bude zpočátku vedena v souběhu se stávající výpustí podél ul. Za Elektrárnou. Železniční trať Praha – Děčín bude trasa podcházet stávajícím podjezdem v ul. Za Elektrárnou. Plavební kanál bude trasa nové výpusti podcházet dvouramennou šybkou, jednotlivá ramena budou kruhového profilu DN 1400. Do Vltavy bude nová výpust zaústěna v podjezí Trojského jezu vedle stávající výpusti. Dle požadavku Povodí Vltavy bude vyústění provedeno v novém společném výústním objektu.

Rekonstrukce OK 1B představuje rozšíření stávající odlehčovací komory, která je umístěna v komunikaci ul. Za Elektrárnou těsně za podjezdem železniční trati vedoucí z nádraží Praha – Bubny. Jedná se o stísněný veřejně přístupný prostor mezi podjezdem železniční trati a vjezdem do areálu RPC.

Výstavba nové výpusti z rekonstruované OK 1B včetně hradidlové komory, spojné komory a revizních šachet, nové dešťové stoky a přeložky kabelů CETIN, SŽDC a TUDC bude prováděna na levém břehu plavebního kanálu ve veřejně přístupných pozemcích v ul. Za Elektrárnou. Trasa výpusti vede od OK 1B nejprve ve vozovce v ul. Za Elektrárnou, poté přechází do účelové místní komunikace podél tělesa železniční trati z nádraží Praha – Bubny. Před podjezdem železniční trati Praha, Holešovice – Děčín přechází trasa výpusti opět do vozovky a železniční trať podchází podjezdem. Za železniční tratí Praha, Holešovice – Děčín je navržena ve vozovce na levém břehu plavebního kanálu Praha – Trója.

U východního cípu Císařského ostrova podchází v souběhu se stávající výpustí šybkou plavební kanál a napříč ostrovem vede až k podjezí Trojského jezu, kde bude zaústěna do Vltavy v nově vybudovaném výústním objektu společném pro obě výpusti. Na Císařském ostrově bude stavba probíhat na neveřejných pozemcích Povodí Vltavy. Přístup na staveniště je přes areál



Policie ČR, jízdní policie. V areálu Povodí Vltavy bude nová výpust procházet stávající podzemní milánskou stěnu tl. cca 0,50 m.

Na výpusti je navrženo celkem 6 oblouků, 10 revizních šachet a jedna spojná komora, ve které bude do výpusti přepojena dešťová stoka DN 500 z ul. Holešovické nábřeží. Výpust je v celé délce kromě shybky pod plavebním kanálem navržena jako kruhová zděná DN 2000. Celková délka výpusti včetně shybky je 645,0 m. V úseku od odlehčovací komory po shybkovou komoru je navržena v jednotném podélném sklonu 1 ‰. Koncový úsek před zaústěním do Vltavy je ve sklonu 4,1 ‰. Výpust bude zaústěna do Vltavy v podjezí trojského jezu vedle vyústění stávající výpusti ve společném výustním objektu.

V místě křížení železniční trati, konkrétně pod železničním mostem v km 4,835 v žst. Praha-Holešovice, bude provedeno obnovení napojení odvodnění rubu opěr a vozovky pod mostem do nové výpusti. Zásyp v místě mostu a v délce 10 m před a za bude proveden šterkodrtí a hutněn na 95% PS ve vrstvách max. 300 mm. **Před zahájením výstavby bude provedena pasportizace stávajícího stavu železničního mostu a podpěr včetně geodetického zaměření kolejí a během výstavby bude prováděn monitoring prasklin, prostorového pohybu opěr a geometrické polohy kolejí.**

Stoka kruhového profilu DN 2000 bude provedena jako zděná. Spodní část do úrovně poloviny profilu bude obezděna čedičovými kanalizačními cihlami, popř. radiálkami. Horní část bude obezděna kanalizačními kyselinovzdornými cihlami. Vlastní konstrukci stok tvoří obetonování z vodostavebního betonu C 25/30 vyztuženého ocelovými svařovanými sítěmi 8/150-8/150. Min. tloušťka konstrukce stoky včetně obezdívek bude 425 mm, pode dnem pak 500 mm.

Zděné stoky větších rozměrů budou zakládány na podkladním betonu C 16/20 tl. 0,15 m vyztuženém dvěma ocelovými svařovanými sítěmi 8/150-8/150. Pod podkladním betonem bude na základové spáře provedena podkladní šterkopísková vrstva tl. 0,15 m.

## 1.9 ZÁSADY STATICKÉHO ŘEŠENÍ

Zatížení konstrukce bylo stanoveno podle ČSN EN 1990 s přihlédnutím k ČSN 75 0250 a ČSN 72 1208, které požadavky Eurokódů upřesňují.

Účinky zatížení konstrukcí jsou stanoveny v souladu s ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních konstrukcí, dále v souladu s ČSN EN 1991-2 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 2: Zatížení mostů dopravou a dále v souladu s ČSN EN 1991-4 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 4: Zatížení zásobníků a nádrží.

Podle ČSN EN 1992-3 jsou kanalizační objekty (komory a šachty) zařazeny do třídy nepropustnosti 1, podle ČSN 75 0905 do skupiny „c“.

Podle ČSN 75 0250 jsou objekty na kanalizaci zařazeny do třídy spolehlivosti R2. Pro tuto třídu norma stanoví součinitel  $K_{FI} = 1,1$ . Pro dočasné a trvalé návrhové situace se dílčí součinitele nepříznivých zatížení  $\gamma_F$  vynásobí tímto součinitelem. Pro stálá zatížení byl uvažován součinitel

zatížení hodnotou 1,35 pro nepříznivé a 1,0 pro příznivé působení, pro proměnná zatížení byl uvažován součinitel zatížení hodnotou 1,5.

Zemní tlak byl stanoven jako aktivní zemní tlak podle ČSN 73 0037 za předpokladu zásypem zeminou typu hlinitého písku až písčitého štěrku s objemovou hmotností  $18,5 \text{ kN/m}^3$  a Poissonovým číslem 0,30. Součinitel zatížení byl stanoven hodnotou 1,35. (resp. 1,0).

Výpočet zemního tlaku na konstrukci byl proveden programem GEO s uvažovanými fyzikálně mechanickými parametry zemin a hornin (normové hodnoty) jednotlivých geotechnických poloh stanovenými v inženýrsko-geologickém průzkumu.

Výpočet obezdívky byl proveden pro kruhový prstenec (na straně bezpečnosti) s aktivním bočním tlakem zeminy podle S.K. Šanšijeva (viz J.Čabelka – J.Mencl : Hydrotechnické štôlně). Momenty a normálové síly byly stanoveny z tabulek na zatížení svislé, vlastní tíhu obezdívky a tlak vody ve stoce s hladinou ve vrcholu profilu. Tlak podzemní vody vyvozuje v obezdívce opačné momenty a tlakové síly, proto jeho účinek není uvažován.

Na povrchu je uvažováno v souladu s ČSN EN 1991-2 ed.2 zatížení dopravou a také na základě požadavku Odboru traťového hospodářství SŽDC zatížení zvláštními vozidly, které je uvažováno dle NA.2.16, tabulka NA.3 (model zatížení 3). Toto zatížení nahrazuje zatížení od mechanismů během případné rekonstrukce mostu.

V souladu s modelem zatížení LM3 je celková tíha uvažována hodnotou 1800 kN (počet náprav  $n = 9 \times 200 \text{ kN}$ ). Navíc je uvažován v souladu s tabulkou NA.3 dynamický součinitel hodnotou  $\phi = 1,25$ .

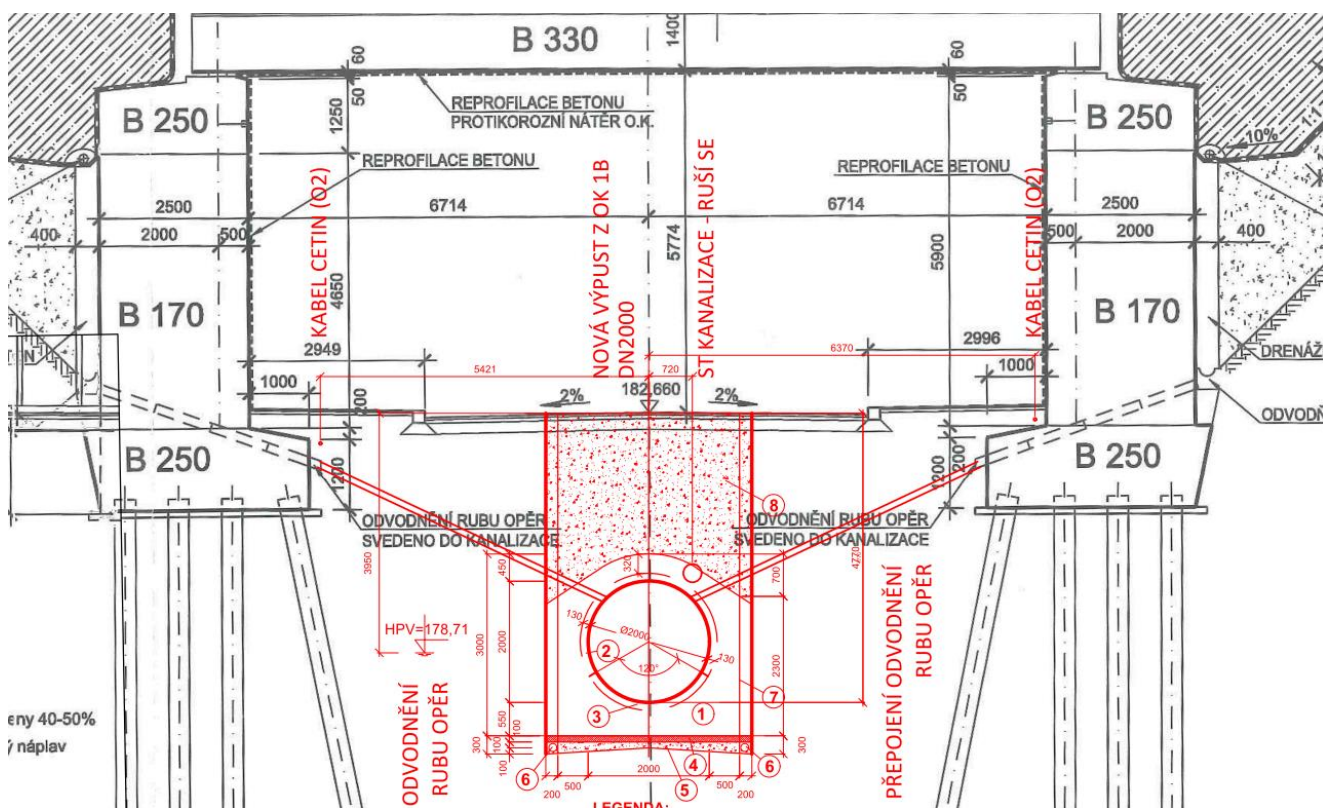
V předběžném statickém výpočtu se uvažuje roznášení zatížení od dopravy směrem do hloubky (až ke spodnímu líci betonového průřezu ve vrcholu stoky) podle prof. Kézdiho.

Betonový průřez trvalé obezdívky je posouzen ve vrcholu, v bocích i ve dně potrubí. Ve statickém výpočtu se neuvažuje se zděnou obezdívkou stoky tl. 130 mm.

Nosné betonové konstrukce jsou navrženy v souladu s ČSN EN 1992-1-1 Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby a v souladu s ČSN EN 1990 – Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí.

## 2 STATICKÝ VÝPOČET

### 2.1 SCHÉMA KONSTRUKCE V MÍSTĚ PODCHODU POD TRATÍ



Na následující stránce je vyobrazen vzorový příčný řez konstrukce zděné stoky DN2000 s naznačením trvalé obezdívky z betonu konstrukční třídy C25/30.

Betonový průřez ve vrcholu zděné stoky po provedení obezdívky z kanalizačních cihel tl. 130 mm bude vyztužen svařovanými sítěmi, doplněnými vodícími profily průměru 12 mm z betonářské výztuže, ke kterým se svařované sítě uchyť.

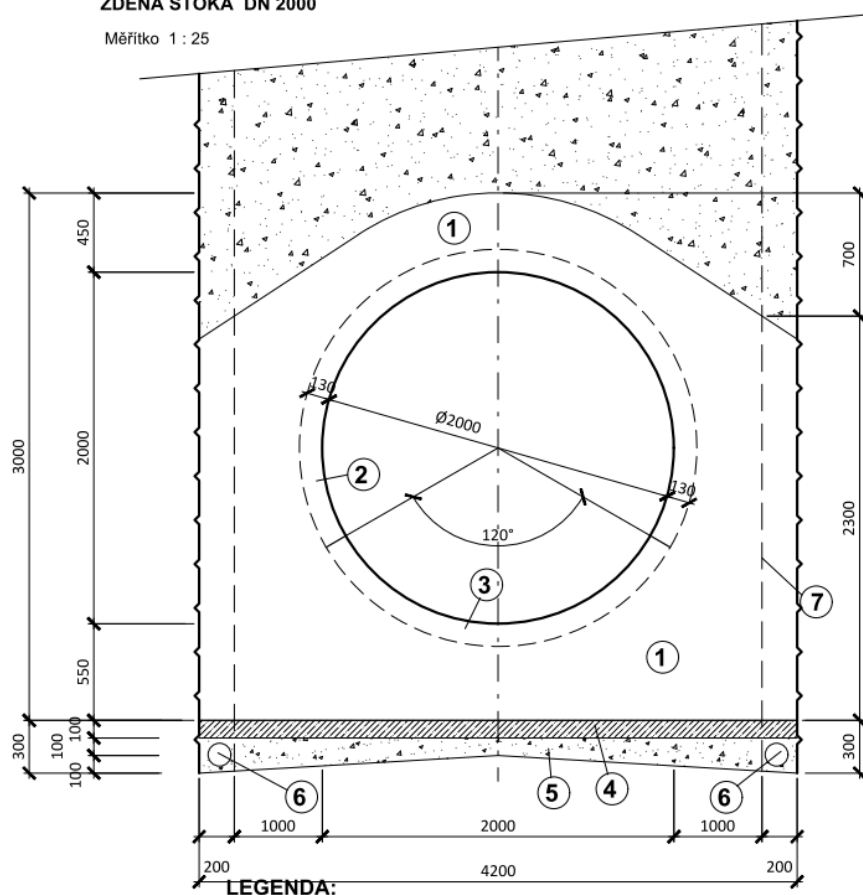
V bocích bude konstrukce zděné stoky obetonována prostým betonem v celé šířce až k pažení. Ve výpočtu je uvažován průřez tl. 1000 mm tak, jak je naznačeno ve vzorovém příčném profilu.

## 2.2 PŘÍČNÝ PROFIL NOVÉ VÝPUSTI Z OK 1B

### VZOROVÝ PŘÍČNÝ ŘEZ NOVÉ VÝPUSTI

ZDĚNÁ STOKA DN 2000

Měřítko 1 : 25



## 2.3 VÝPOČET ZATÍŽENÍ STOKY

Posoudíme obezdívku navržené zděné kruhové stoky DN2000 mm, která bude po celém obvodu obetonována železobetonovým ostěním.

Tloušťka ostění navržené výpusti byla navržena:

- stropní klenba: 320 mm
- boční stěna: 870 mm
- dno stoky: 420 mm

Po celé délce nové výpusti bude nízké nadloží. V místě podchodu pod tratí ČD je nadloží vysoké 2,32 m.

REKONSTRUKCE ODDĚLOVAČE OK 1B SO 03

Na povrchu je uvažováno v souladu s ČSN EN 1991-2 ed.2 zatížení dopravou a také na základě požadavku Odboru traťového hospodářství SŽDC zatížení zvláštními vozidly, které je uvažováno dle NA.2.16, tabulka NA.3 (model zatížení 3). Toto zatížení nahrazuje zatížení od mechanismů během případné rekonstrukce mostu.

V souladu s modelem zatížení LM3 je celková tíha uvažována hodnotou 1800 kN (nápravy  $n = 9 \times 200$  kN). Navíc je uvažován v souladu s tabulkou NA.3 dynamický součinitel  $\varphi = 1,25$ .

Uvažujeme roznášení zatížení do hloubky podle prof. Kézdiho:

$$\begin{aligned} \text{Roznášení v hloubce } H = 2,32 \text{ m :} \quad a &= 3,30 + 2 H \cdot \tan 30^\circ = 5,979 \text{ m} \\ b &= 3,80 + 2 H \cdot \tan 30^\circ = 6,479 \text{ m} \end{aligned}$$

Přítížení v hloubce  $H$  :

$$q_D = \frac{1,25 \cdot 9 \cdot 200,0}{a \cdot b} = \frac{1,25 \cdot 1800,0}{5,979 \cdot 6,479} = 58,08 \text{ kNm}^{-2}$$

#### **Stálé zatížení horninovým tlakem podle Terzaghiho**

Max. šířka výrubu se uvažuje :  $B = 4,00 \text{ m}$

Max. výška výrubu se uvažuje :  $h_1 = 3,00 \text{ m}$

Max. výška nadloží :  $H = 2,32 \text{ m}$

Měrná hmotnost zeminy průměrně :  $\gamma_n = 18,50 \text{ kNm}^{-3}$

Modul přetvárnosti :  $E_o = 50 \text{ MPa}$

Efektivní úhel vnitřního tření :  $\varphi_{\text{ef}} = 32^\circ$

Efektivní soudržnost :  $c_{\text{ef}} = 1,0 \text{ kPa} = 0,001 \text{ MPa}$

Poissonovo číslo :  $\nu = 0,30$

$$\text{Součinitel tlaku v klidu :} \quad K_o = \frac{\nu}{1 - \nu} = \frac{0,30}{1 - 0,30} = 0,429$$

Kriterium nízkého nadloží :

$$H_{\text{max}} = 1,5 (B + h_1), \text{ kde } h_t = \frac{B}{2} + \frac{B}{2} \cdot \sin \left( 45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) = \frac{4,00}{2} + \frac{4,00}{2} \cdot \sin 32^\circ = 3,06 \text{ m}$$

$$H_{\text{max}} = 1,5 (3,00 + 3,06) = 9,09 \text{ m}$$

REKONSTRUKCE ODDĚLOVAČE OK 1B SO 03

**A) Svislé zatížení :** uvažujeme maximální nadloží  $h_{z,max} = 2,32$  m

0.0 – 4,7 m - navážky hlinito-písčité až hlinito-kamenité

součinitel základové půdy :

$$\gamma_{m\varphi} = \frac{25^\circ}{25^\circ - 4} = 1,190$$

výpočtová hodnota úhlu vnitřního tření :

$$\varphi_d = \frac{\varphi_{ef}}{\gamma_{m\varphi}} = 21^\circ$$

součinitel aktivního zemního tlaku :

$$K_{a1} = \operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{\varphi_d}{2}\right) = \underline{\underline{0,47236}}$$

$$b_1 = r \left[ \operatorname{tg} \left( 45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) + \frac{1}{\cos \left( 45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right)} \right] \quad (\text{pro kruhový výrub})$$

kde  $r = 0,5 \cdot 4,00 = 2,00$  m

$$b_1 = 2,00 \left[ \operatorname{tg} \left( 45^\circ - \frac{21^\circ}{2} \right) + \frac{1}{\cos \left( 45^\circ - \frac{21^\circ}{2} \right)} \right] = 3,801 \text{ m}$$

Pro nadloží  $H = 2,32$  m :

svislý tlak :

$$p_1^n = \frac{\gamma \cdot b_1}{\operatorname{tg} \varphi} \left[ 1 - e^{-\frac{H}{b_1} \operatorname{tg} \varphi} \right] = \frac{18,5 \cdot 3,801}{\operatorname{tg} 21^\circ} \left[ 1 - e^{-\frac{2,32}{3,801} \cdot \operatorname{tg} 21^\circ} \right] =$$

$$= 183,19 \cdot (1 - e^{-0,23430}) = \underline{\underline{38,26 \text{ kNm}^{-2}}}$$

vodorovný tlak :

$$p_2^n = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot h_t \cdot \operatorname{tg}^2 \left( 45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \left[ 1 + \frac{2 \cdot p_1^n}{\gamma \cdot h_t} \right] = 0,5 \cdot 18,5 \cdot 3,00 \cdot \operatorname{tg}^2 34,5^\circ \left[ 1 + \frac{2 \cdot 38,26}{18,5 \cdot 3,00} \right]$$

$$= \underline{\underline{31,18 \text{ kNm}^{-2}}}$$

### **Stálé zatížení vnějším tlakem podzemní vody :**

Předpokládaná hladina 1,08 m nad základovou spárou stoky – nemá vliv. V dalším ji nebudeme uvažovat.

### **Stálé zatížení vlastní tíhou ostění :**

Při tloušťce 1,00 m je tíha 1 m<sup>2</sup>  $x = (4,00 - 2,0) : 2 = 1,00$  m

$$g^n = 1,00 \cdot 25,0 = 25,00 \text{ kNm}^{-2}$$

### **Nahodilé zatížení :**

Je uvažováno c, dle NA.2.16, tabulka NA.3 (model zatížení 3) hodnotou přepočtenou na roznášecí plochu dle vzorců prof. Kézdiho:

$$p_{1v}^n = 58,08 \text{ kNm}^{-2}$$

Přírůstek vodorovného tlaku tak bude:

$$p_{2v}^n = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot h_t \cdot \text{tg}^2 \left( 45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \left( 1 + \frac{2 \cdot p_{1v}^n}{\gamma \cdot h_t} \right) = 0,5 \cdot 18,5 \cdot 3,00 \cdot \text{tg}^2 34,5^\circ \left( 1 + \frac{2 \cdot 58,08}{18,5 \cdot 3,00} \right)$$

$$= \underline{\underline{40,54 \text{ kNm}^{-2}}}$$

## **2.4 DEFINITIVNÍ OSTĚNÍ STOKY VÝPUSTI DN2000**

Je navrženo z betonu C 20/25. Pro zjednodušení výpočtu uvažujeme kruhový prstenec, což je ve prospěch bezpečnosti.

Výpočet je proveden s aktivním bočním tlakem zeminy, který dává nepříznivější výsledky, dle publikace : Barták – Bucek „Podzemní stavby“ (ČVUT 1989). Momenty a normálové síly počítáme z tabulek na zatížení svislé, vlastní tíhu obezdívky a tlak vody ve stoce s hladinou ve vrcholu profilu. Tlak pozemní vody vyvozuje v obezdívce opačné momenty a tlakové síly, proto jeho účinek neuvažujeme.

### **Zatížení ostění :**

- zatížení svislé :  $p_1^n = 38,26 \text{ kNm}^{-2}$

- vlastní tíha obezdívky :  $g_n = 25,00 \text{ kNm}^{-2}$

- nahodilé zatížení na povrchu :  $q_1 = 58,08 \text{ kNm}^{-2}$

Výpočet ostění je proveden podle Bugajevové.

## 2.4.1. PŘI UVAŽOVÁNÍ AKTIVNÍHO ZATÍŽENÍ SVISLÉHO A BOČNÍHO BEZ PŮSOBNÍ PASIVNÍHO ODPORU

Výpočet vnitřních sil v ostění M a N v průřezech po 45° pro zatížení :

### 2.4.1.1 SVISLÝ TLAK

návrhové zatížení :

$$q_d = \gamma_G \cdot p_1^n + \gamma_G \cdot p_{1v}^n + q_1 = 1,35 \cdot 38,26 + 1,5 \cdot 58,05 = 138,73 \text{ kNm}^{-2}$$

$$M = q_d \cdot r_n \cdot r (A_3 \cdot m + B_3)$$

$$N = q_d \cdot r_n \cdot (C_3 \cdot m + D_3)$$

$$r_n - \text{rubový poloměr obezdívky: } r_n = 0,5 B = 2,00 \text{ m;}$$

$$r - \text{střední poloměr obezdívky: } r = 0,5 B - 0,5 t_{ob} = 2,00 - 0,5 \cdot 1,00 = 1,50 \text{ m}$$

$$\text{kde } m = 2 - \frac{r_n}{r} = 2 - \frac{2,00}{1,50} = 0,667$$

koeficienty  $A_3$ ,  $B_3$ ,  $C_3$ ,  $D_3$  v tab. 4 – 13

$$M = 138,73 \cdot 2,00 \cdot 1,50 (A_3 \cdot 0,667 + B_3) = 416,19 (A_3 \cdot 0,667 + B_3)$$

$$\varphi = 0: M_0 = 416,19 (0,1628 \cdot 0,667 + 0,0644) = 72,00 \text{ kNm}$$

$$\varphi = \pi/4: M_{0,79} = 416,19 (-0,0250 \cdot 0,667 + 0,0178) = 0,47 \text{ kNm}$$

$$\varphi = \pi/2: M_{1,57} = 416,19 (-0,1250 \cdot 0,667 - 0,0947) = -74,10 \text{ kNm}$$

$$\varphi = 3\pi/4: M_{2,36} = 416,19 (0,0250 \cdot 0,667 - 0,0109) = 2,40 \text{ kNm}$$

$$\varphi = \pi: M_{3,14} = 416,19 (0,0872 \cdot 0,667 + 0,0096) = 28,19 \text{ kNm}$$

$$N = 138,73 \cdot 2,00 (C_3 \cdot 0,667 + D_3) = 277,46 (C_3 \cdot 0,667 + D_3)$$

$$\varphi = 0: N_0 = 416,19 (0,2122 \cdot 0,667 - 0,1591) = -4,89 \text{ kN}$$

$$\varphi = \pi/4: N_{0,79} = 416,19 (0,1500 \cdot 0,667 + 0,3875) = 135,26 \text{ kN}$$

$$\varphi = \pi/2: N_{1,57} = 416,19 (0,0000 \cdot 0,667 + 1,0000) = 416,19 \text{ kN}$$

$$\varphi = 3\pi/4: N_{2,36} = 416,19 (-0,1500 \cdot 0,667 + 1,6282) = 424,01 \text{ kN}$$

$$\varphi = \pi: N_{3,14} = 416,19 (-0,2122 \cdot 0,667 + 0,7957) = 181,52 \text{ kN}$$

### 2.4.1.2 BOČNÍ TLAK

$$e_v = \gamma_G \cdot p_2^n + \gamma_G \cdot p_{2v}^n + q_2 = 1,35 \cdot 31,18 + 1,5 \cdot 40,54 = 102,90 \text{ kNm}^{-2}$$

$$M = e_v \cdot r_2 \cdot r \cdot A_n \cdot m = 102,90 \cdot 2,00 \cdot 1,50 \cdot 0,667 \cdot A_4 = 205,81 A_4$$

$$\varphi = 0: M_0 = 205,81 \cdot (-0,2500) = -51,45 \text{ kNm}$$



REKONSTRUKCE ODDĚLOVAČE OK 1B SO 03

$$\varphi = \pi/4 : M_{0,79} = 205,81 \cdot 0,0 = 0 \text{ kNm}$$

$$\varphi = \pi/2 : M_{1,57} = 205,81 \cdot 0,2500 = 51,45 \text{ kNm}$$

$$\varphi = 3\pi/4 : M_{2,36} = 205,81 \cdot 0,0 = 0 \text{ kNm}$$

$$\varphi = \pi : M_{3,14} = 205,81 \cdot (-0,2500) = -51,45 \text{ kNm}$$

$$N = e_v \cdot r_2 \cdot C_4 = 102,90 \cdot 2,00 \cdot C_4 = 205,81 C_4$$

$$\varphi = 0 : N_0 = 205,81 \cdot 1,0 = 205,81 \text{ kN}$$

$$\varphi = \pi/4 : N_{0,79} = 205,81 \cdot 0,5 = 102,90 \text{ kN}$$

$$\varphi = \pi/2 : N_{1,57} = 205,81 \cdot 0,0 = 0 \text{ kN}$$

$$\varphi = 3\pi/4 : N_{2,36} = 205,81 \cdot 0,5 = 102,90 \text{ kN}$$

$$\varphi = \pi : N_{3,14} = 205,81 \cdot 1,0 = 205,81 \text{ kN}$$

### 2.4.1.3 VLASTNÍ TÍHA OSTĚNÍ

$$M = g_v \cdot r^2 \cdot A_5 = 25,00 \cdot 1,50^2 \cdot A_5 = 56,25 A_5$$

$$\varphi = 0 : M_0 = 56,25 \cdot 0,2732 = 15,37 \text{ kNm}$$

$$\varphi = \pi/4 : M_{0,79} = 56,25 \cdot 0,0170 = 0,96 \text{ kNm}$$

$$\varphi = \pi/2 : M_{1,57} = 56,25 \cdot (-0,2976) = -16,74 \text{ kNm}$$

$$\varphi = 3\pi/4 : M_{2,36} = 56,25 \cdot 0,0170 = 0,96 \text{ kNm}$$

$$\varphi = \pi : M_{3,14} = 56,25 \cdot 0,2732 = 15,37 \text{ kNm}$$

$$N = g_v \cdot r \cdot C_5 = 25,00 \cdot 1,50 \cdot C_5 = 37,50 C_5$$

$$\varphi = 0 : N_0 = 37,50 \cdot 0,0 = 0 \text{ kN}$$

$$\varphi = \pi/4 : N_{0,79} = 37,50 \cdot 0,5564 = 20,87 \text{ kN}$$

$$\varphi = \pi/2 : N_{1,57} = 37,50 \cdot 1,5708 = 50,91 \text{ kN}$$

$$\varphi = 3\pi/4 : N_{2,36} = 37,50 \cdot 1,9696 = 73,86 \text{ kN}$$

$$\varphi = \pi : N_{3,14} = 37,50 \cdot 2,0000 = 75,00 \text{ kN}$$

### 2.4.1.4 VÝSLEDNÉ KOMBINACE

Kombinace 1 + 2 + 3			
$\varphi$	M (kNm)	N (kN)	e = M/N (m)
$\varphi = 0$	<b>35,92</b>	200,92	0,179
$\varphi = \pi/4$	1,43	259,03	0,006
$\varphi = \pi/2$	<b>- 39,39</b>	467,10	0,084
$\varphi = 3\pi/4$	3,36	600,77	0,006
$\varphi = \pi$	- 7,89	462,33	0,017

## 2.4.2. POSOUZENÍ OSTĚNÍ VÝPUSTI

### 2.4.2.1. MATERIÁL STOKY

Beton C 25/30:	charakteristická pevnost betonu v tlaku	$f_{ck} = 25,0 \text{ MPa}$ ,
	uvažován součinitel spolehlivosti betonu	$\gamma_c = 1,5$
	návrhová pevnost betonu v tlaku	$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{25,0}{1,5} = 16,7 \text{ MPa}$
	střední pevnost betonu v tahu	$f_{ctm} = 2,6 \text{ MPa}$
	modul pružnosti betonu	$E_{cm} = 30 \text{ GPa}$
Ocel B 500B :	charakteristická pevnost výztuže v tahu	$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$ ,
	uvažován součinitel spolehlivosti beton. výztuže	$\gamma_s = 1,15$
	návrhová pevnost betonu v tlaku	$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500,0}{1,15} = 434,78 \text{ MPa}$
	Modul pružnosti beton. výztuže	$E_s = 200 \text{ GPa}$ ,
	$\varepsilon_{yd} = f_{yd}/E_s = 434,78 / 200 = 2,17 \text{ ‰}$	

### 2.4.2.2. ZÁKLADNÍ VÝZTUŽ – STROP STOKY

- dolní povrch :	<b>SZØ8/150 - Ø8/150 + 1Ø12</b>	$(A_2 = 4,65 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2)$
- horní povrch :	<b>SZØ8/150 - Ø8/150 + 1Ø12</b>	$(A_1 = 4,65 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2)$

Vložíme vodící profil **Ø12/m'** k oběma povrchům :

### 2.4.2.3. POSOUZENÍ VÝZTUŽE

Posouzení průřezu bez započtení tlačené výztuže

výška průřezu :	$h = 0,32 \text{ m}$ ,
šířka průřezu :	$b = 1,000 \text{ m}$ ,
krytí výztuže :	$d_1 = 0,04 + 0,006 = 0,046 \text{ m}$
účinná výška:	$d = h - d_1 = 0,32 - 0,046 = 0,274 \text{ m}$

Poloha neutrální osy:

$$x = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{b \cdot \lambda \cdot f_{cd}} = \frac{4,65 \cdot 10^{-4} \cdot 434,78}{1,0 \cdot 0,8 \cdot 16,7} = 0,015133 \text{ m}$$

Kontrola přetvoření tažené výztuže:

$$\varepsilon_s = \frac{\varepsilon_{cu3}}{x} (d - x) = \frac{3,5 \text{ ‰}}{0,015133} (0,274 - 0,015133) = 59,87 \text{ ‰}$$

$$\varepsilon_s = 59,87 \text{ ‰} > \varepsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} = \frac{434,8}{200 \cdot 10^3} = 2,18 \text{ ‰} \quad \text{- vyhovuje}$$

#### Kontrola únosnosti průřezu

Moment na mezi únosnosti :

$$z_c = d - 0,4 \cdot x = 0,274 - 0,4 \cdot 0,015133 = 0,268 \text{ m}$$

$$M_{Rd} = A_s \cdot f_{yd} \cdot z_c = 4,65 \cdot 10^{-4} \cdot 434,78 \cdot 10^3 \cdot 0,268 = 54,17 \text{ kNm}$$

#### Výstup :

$$\underline{M_{Rd} = 54,17 \text{ kNm} > M_{1,max} = 35,92 \text{ kNm} \quad \text{- VYHOVUJE (66,31\%)}}$$

#### 2.4.2.4. POSOUZENÍ STOKY V BOKU – PROSTÝ BETON

výška průřezu :  $h = 1,00 \text{ m}$ ,

šířka průřezu :  $b = 1,00 \text{ m}$ ,

beton C25/30 (CZ)  $R_{bd} = -17\,000 \text{ kPa}$ ,  $R_{btd} = 1200 \text{ kPa}$

$$\gamma_{bs} = 0,8, \quad \gamma_{bg} = 1,75, \quad R_{bt} = \gamma_{bs} \gamma_{bg} R_{btd} = 0,8 \cdot 1,75 \cdot 1,20 = 1,68 \text{ MPa}$$

$$\gamma_u = 1 - \frac{20}{1000 + 50} = 0,981$$

#### Posouzení :

$$M_u = 1/6 \gamma_u b h^2 R_{bt} = 1/6 \cdot 0,981 \cdot 1,0 \cdot 1,00^2 \cdot 1,68 = 0,27467 \text{ MNm}$$

$$= \underline{247,67 \text{ kNm} > M_{d,max} = M_{xvs} = 39,39 \text{ kNm}}$$

- PODMÍNKA JE SPLNĚNA, BOČNÍ STĚNA STOKY Z PROSTÉHO BETONU VYHOVÍ

REKONSTRUKCE ODDĚLOVAČE OK 1B SO 03

### 2.4.2.5. POSOUZENÍ DNA

výška průřezu :  $h = 0,40 \text{ m}$ ,

šířka průřezu :  $b = 1,00 \text{ m}$ ,

beton C25/30 (CZ)  $R_{bd} = -17\,000 \text{ kPa}$ ,  $R_{btd} = 1200 \text{ kPa}$ 
 $\gamma_{bs} = 0,8$ ,  $\gamma_{bg} = 1,75$ ,  $R_{bt} = \gamma_{bs}\gamma_{bg} R_{btd} = 0,8 \cdot 1,75 \cdot 1,20 = 1,68 \text{ MPa}$ 

$$\gamma_u = 1 - \frac{20}{400 + 50} = 0,956$$

#### Posouzení :

 $M_U = 1/6 \gamma_u b h^2 R_{bt} = 1/6 \cdot 0,956 \cdot 1,0 \cdot 0,40^2 \cdot 1,68 = 0,04281 \text{ MNm}$ 
 $= \underline{\underline{42,81 \text{ kNm}}} > \underline{\underline{M_{d,max} = M_{xvs} = 7,89 \text{ kNm}}}$ 

**- PODMÍNKA JE SPLNĚNA, DNO STOKY Z PROSTÉHO BETONU VYHOVÍ**

## 3 ZÁVĚR

Předběžný statický výpočet prokázal, že navržená trvalá betonová obezdívka zděné kruhové stoky DN2000 bezpečně vyhoví na uvažované zatížení včetně zatížení zvláštními vozidly, které bylo uvažováno pro případ, že by v budoucnu bylo nutné provádět rekonstrukci mostu a v blízkosti navržené stoky by se pohybovaly těžké mechanismy.

Vypracoval: Ing. Petr Holuša, leden 2021