

OBJEDNATEL



POVODÍ MORAVY, s. p.

Dřevařská 11, 602 00, Brno

ZÁVOD HORNÍ MORAVA

U Dětského domova 263, 772 11, Olomouc

ZHOTOVITEL



DOPRAVOPROJEKT BRNO a.s.

Kounicova 271/13, 602 00 BRNO

SDRUŽENÍ DPB + VALBEK

VALBEK, spol. s r.o.

Vaňurova 505/17, 460 07 LIBEREC




AUTORIZACE:

G

VÝŠKOVÝ SYSTÉM : Bpv

SOUŘADNICOVÝ SYSTÉM : S-JTSK

ŘEDITEL ATELIÉRU	ING. VLADIMÍR NAVRÁTIL	<div></div> <div>Kounicova 271/13, 602 00 BRNO tel. +420 549 123 111</div>	
HLAVNÍ INŽENÝR PROJEKTU	ING. PETR HUSÁK		
ZODPOVĚDNÝ PROJEKTANT	ING. PETR HUSÁK		
VYPRACOVAL	ING. ROMAN KŘIVOHLÁVEK		
KONTROLOVAL	ING. VLADIMÍR NAVRÁTIL		
<div>NÁZEV AKCE</div> <div>BEČVA, HRANICE - PPO MĚSTA</div> <div>NÁZEV ČÁSTI</div> <div>VÝSLEDKY PROVEDENÝCH PRŮZKUMŮ</div>		DATUM	4/2018
		FORMÁT	A4
		MĚŘÍTKO	
		Č. ZAKÁZKY	14-041-A1-DSP
		ÚČEL	DSP
<div>NÁZEV OBJEKTU</div> <div>POSOUZENÍ PROUDĚNÍ PODZ.VODY POD NAVR.ZEM.HRÁZÍ</div>		Č. SOUPRAVY	<div>Č. PŘÍLOHY</div> <div>G.4.2</div>

# **Posouzení proudění podzemní vody pod navrhovanou zemní hrází PPO Bečva**

## OBSAH

1. Úvod .....	3
2. Použité podklady .....	3
2.1. Geologické a hydrogeologické podklady .....	3
2.2. Hydrologické podklady .....	6
3. Metoda řešení průsaku hráze a podloží .....	7
4. Výsledky.....	8
4.1. Ustálené proudění.....	8
4.2. Neustálené proudění .....	10
5. Závěr.....	15

# 1. ÚVOD

Cílem tohoto průzkumu je posouzení průsaků pro stupeň dokumentace DSP nově navrženého PPO na toku Bečvě v Hranicích. Průzkum se zaměřuje na výpočet průsaků sypanou hrází PPO a na variační řešení ochrany tělesa hráze před průsaky.

Výpočtem bude určeno:

- zda dojde během povodně k průsakům na terén chráněného území, případně množství prosakujících vod na 1 m délky hráze,
- jaký by byl průsak při ustálené stavu nasycení materiálu na začátku povodně.

Pro výpočet byl využit model proudění podzemní vody ve dvou rozměrech, který byl vytvořen v programu GEO5. Tento program umožňuje simulaci jak ustáleného, tak neustáleného proudění v nasyceném i nenasyčeném prostředí.

## 2. POUŽITÉ PODKLADY

1. Posouzení proudění podzemní vody pod navrhovaným liniovým PPO, Bečva, Hranice – PPO města. Zhotovitel: doc. Dr. Ing. Pavel Fošumpaur
2. PPO Bečva, Podrobný inženýrsko-geologický a geofyzikální průzkum. GEOTest, a.s., Brno, prosinec 2012.
3. Bečva, Teplice – suchá nádrž. VH řešení suché nádrže Teplice. Poyry Environment a.s., Brno březen 2012.

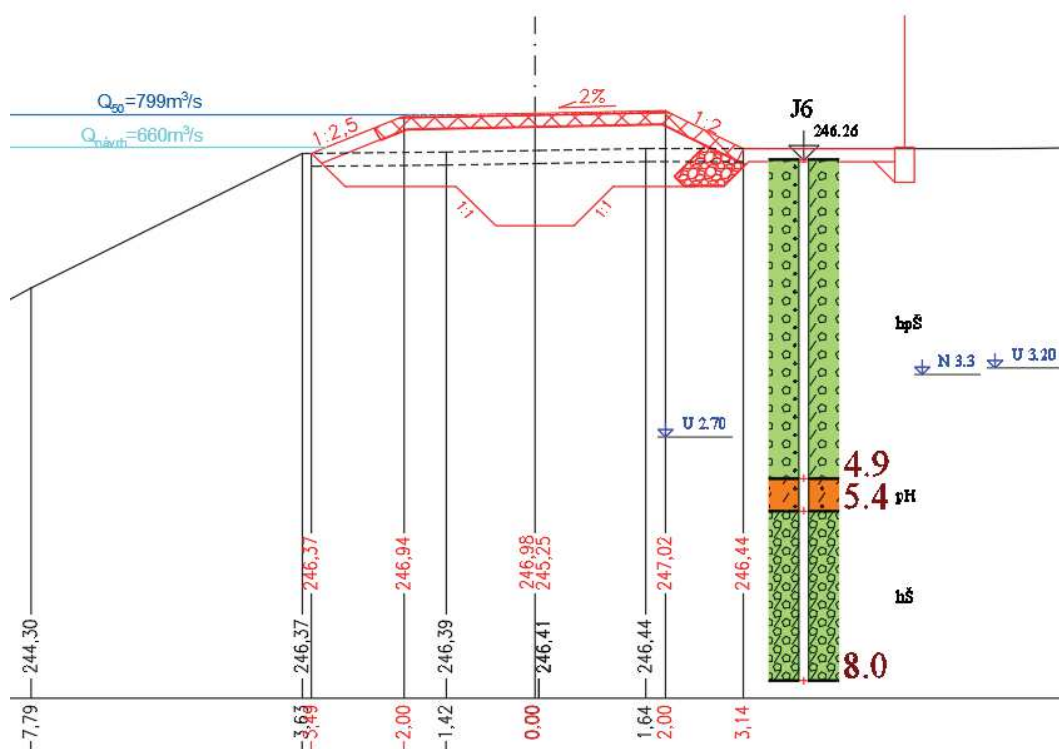
### 2.1. GEOLOGICKÉ A HYDROGEOLOGICKÉ PODKLADY

Geologické podklady byly převzaty z inženýrsko-geologického a geofyzikálního průzkumu. Podloží bylo zmapováno na základě sedmi jádrových vrtů a geofyzikálního průzkumu, pro který byla použita metoda elektrické odporové tomografie (ERT) [2]. Pro posouzení průsaků hráze byl vybrán profil hráze č. 5 v km 0,145 (ř. km 39,55) s příslušným vrtem J6.

Zhotovitel:

Dopravoprojekt Brno a.s. | Kounicova 271/13, 602 00 Brno

PR:5 km 0,145



Obrázek 1 Řez tělesem hráze, vrt J6

Tabulka 1 Koeficienty hydraulické vodivosti pro vrt J6

Sonda	J6			
Hloubka vrstvy [m]	Popis	Zatřídění	$k$ [m/s]	$k$ [m/den]
4.9	Štěrk hlinito písčitý	G3 G-F	1.20E-04	10.37
5.4	Hlína písčitá	F3 MS	1.00E-05	0.86
8.0	Štěrk hlinitý	G4 GM	3.10E-05	2.68

Tabulka 2 Koeficienty hydraulické pro konstrukci hráze

Konstrukce hráze	Popis	Zatřídění	$k$ [m/s]	$k$ [m/den]
Těleso hráze	Hlína písčitá	F3 MS	1.00E-05	0.86
Patní drén	štěrk dobře zrněný	G1 GW	5.00E-04	43.20

Koeficienty hydraulických vodivostí konstrukce hráze jsou přiřazeny na základě orientačních údajů vlastností zemín dle zatřídění. Zemina pro konstrukci hráze byla zvolena na základě její vhodnosti do



Zhotovitel:

**Dopravoprojekt Brno a.s.** | Kounicova 271/13, 602 00 Brno

sypaných hrází dle ČSN 75 2310. Skutečné koeficienty jsou tedy závislé na skutečně použitých zeminách během výstavby.

Nepropustné podloží je ve vrtu J6 předpokládáno v hloubce 11 m.

## 2.2. HYDROLOGICKÉ PODKLADY

Ustálený stav nasycení byl řešen pro dvě hladiny, a to:

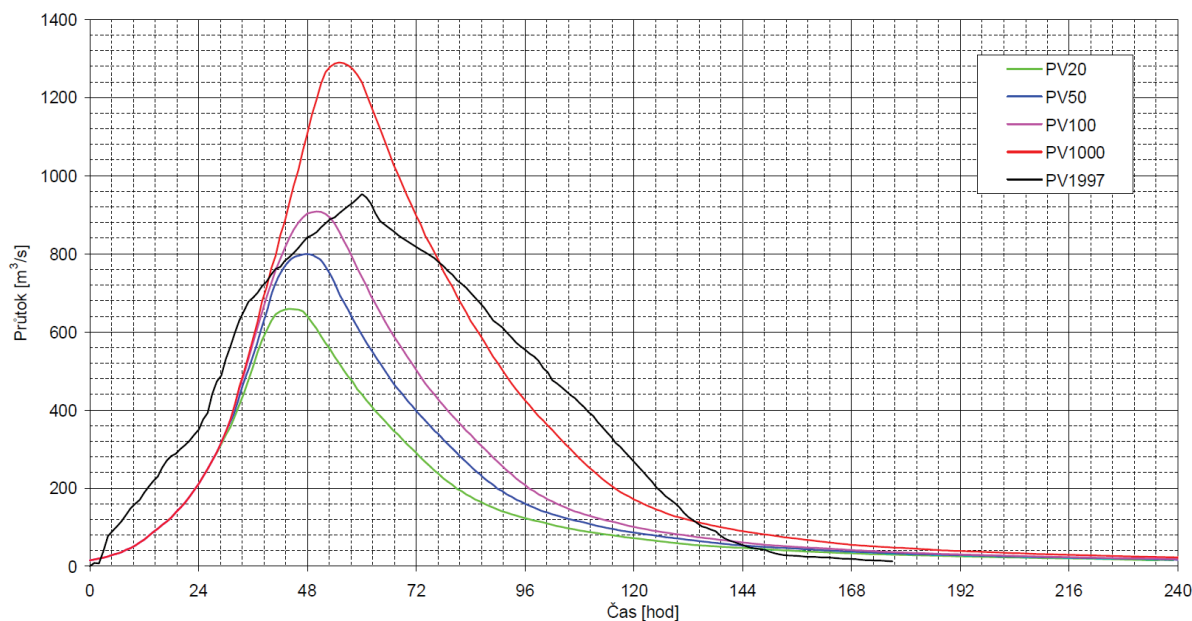
- hladina při návrhové povodni  $Q = 660 \text{ m}^3/\text{s}$ ,
- hladina při kontrolní povodni  $Q = 799 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Neustálené proudění bylo rovněž řešeno pro dvě varianty a to za předpokladu, že hladina v nadjezí je před začátkem povodně na úrovni hladiny stálého nadržení, tedy na kótě 243,20 m n. m.. Následně byl předpoklad náhlého zvýšení na:

- hladinu při návrhové povodni  $Q = 660 \text{ m}^3/\text{s}$ ,
- hladina při kontrolní povodni  $Q = 799 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Hladina byla po celou dobu trvání povodně zachována konstantní.

Doba trvání povodně byla určena na základě hydrogramu kontrolní povodně PV50 na 7 dní, přičemž kulminace nastane po 2 dnech.



Obrázek 2 Hydrogramy teoretických  $PV_1$  až  $PV_{1000}$  a historické  $PV_{1997}$  [3]

### 3. METODA ŘEŠENÍ PRŮSAKU HRÁZE A PODLOŽÍ

Pro posouzení průsakových poměrů tělesem hráze byl použit program GEO5 2018 společnosti Fine spol. s r.o. a jeho podprogram MKP. Program disponuje rovnicemi pro řešení neustáleného i ustáleného proudění a to jak v nenasyceném, tak nasyceném půdním prostředí. Přechod mezi nasyceným a nenasyceným prostředím řeší pomocí několika materiálových modelů:

- Log-lineární model,
- Gardnerův model,
- van Genuchtenův model.

Pro výpočet byl zvolen van Genuchtenův model, který nejvěrohodněji popisuje retenční vlastnosti zeminy.

Model byl řešen jako dvourozměrný s předpokladem izotropních vlastností zemin. Jako okrajové podmínky pro ustálený stav byly zvoleny hladiny v korytě a hladina podzemní vody určená vrtem J6. Hladina podzemní vody byla umístěna v dostatečné vzdálenosti, ve které se dá předpokládat její ustálení. V místě drenážního potrubí byl nastaven nulový pórový tlak. Okrajové podmínky pro neustálený stav byly na počátku děje určeny jako ustálený stav hladiny podzemní vody pro hladinu stálého nadržení 243,20 m n. m. v toku. V následující časovém kroku jsou podmínky řešeny obdobně jako pro ustálené proudění.

Numerický model byl řešen pomocí metody konečných prvků.

Byly řešeny následující varianty:

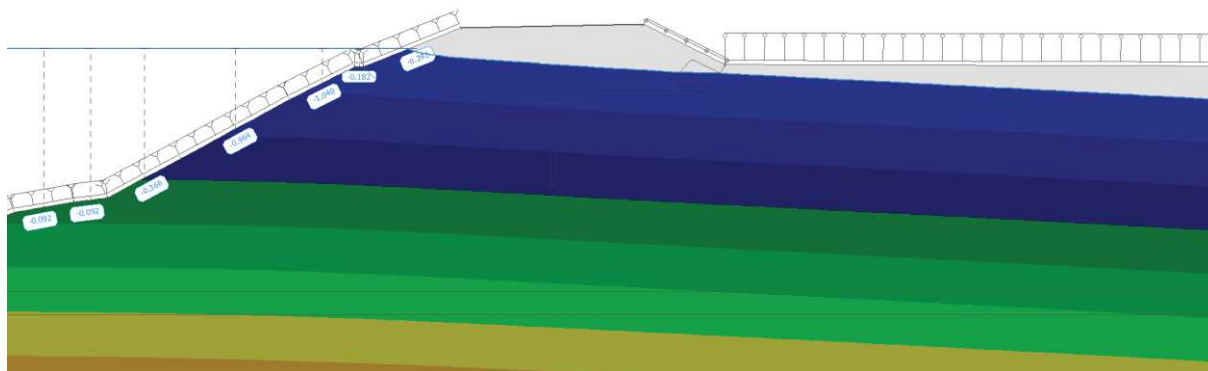
- Těleso hráze bez drénu a jílocementové těsnicí stěny
- Těleso hráze s drénem bez jílocementové těsnicí stěny
- Těleso hráze s drénem a s jílocementovou těsnicí stěnou



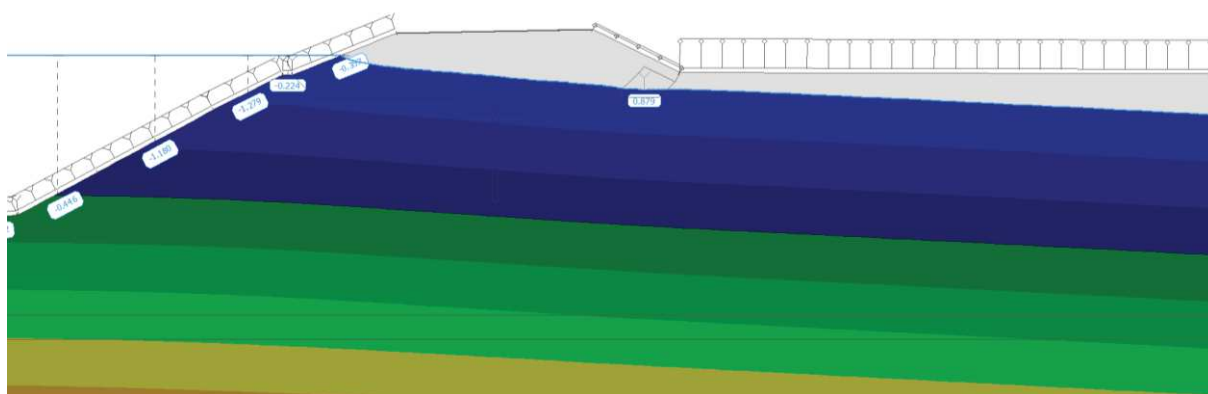
## 4. VÝSLEDKY

### 4.1. USTÁLENÉ PROUDĚNÍ

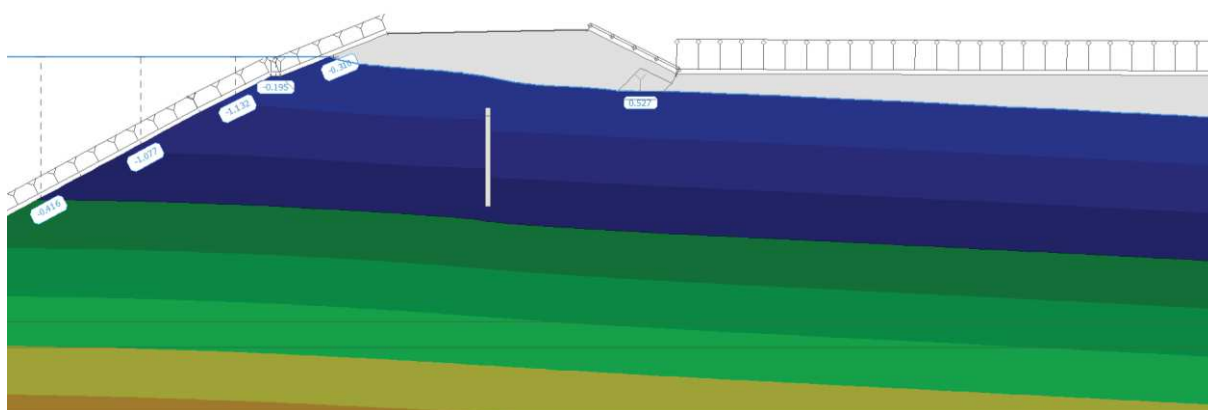
Výpočet ustálené proudění podzemní vody pro hladinu při  $Q = 660 \text{ m}^3/\text{s}$ .



Obrázek 3 Ustálené proudění pro hladinu  $Q = 660 \text{ m}^3/\text{s}$ , bez drénu a jílocementového těsnění

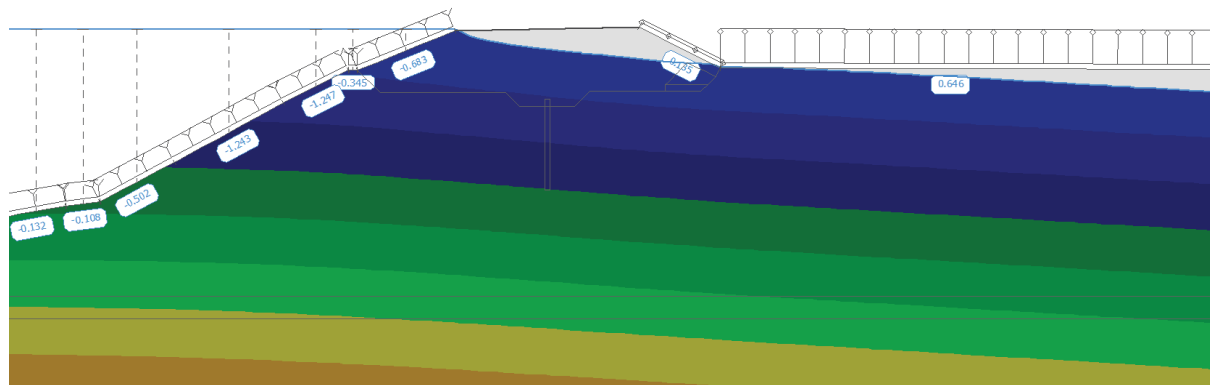


Obrázek 4 Ustálené proudění pro hladinu  $Q = 660 \text{ m}^3/\text{s}$ , s drénem bez jílocementového těsnění

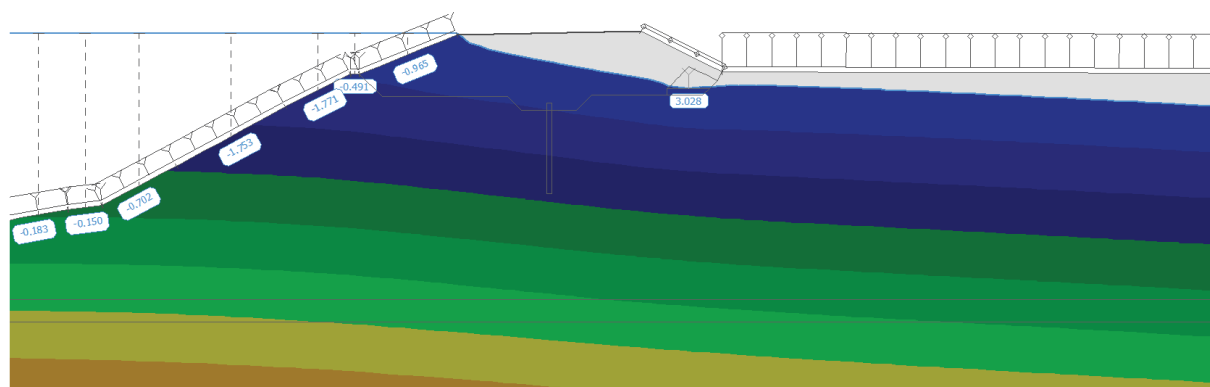


Obrázek 5 Ustálené proudění pro hladinu  $Q = 660 \text{ m}^3/\text{s}$ , s drénem, s jílocementovým těsněním

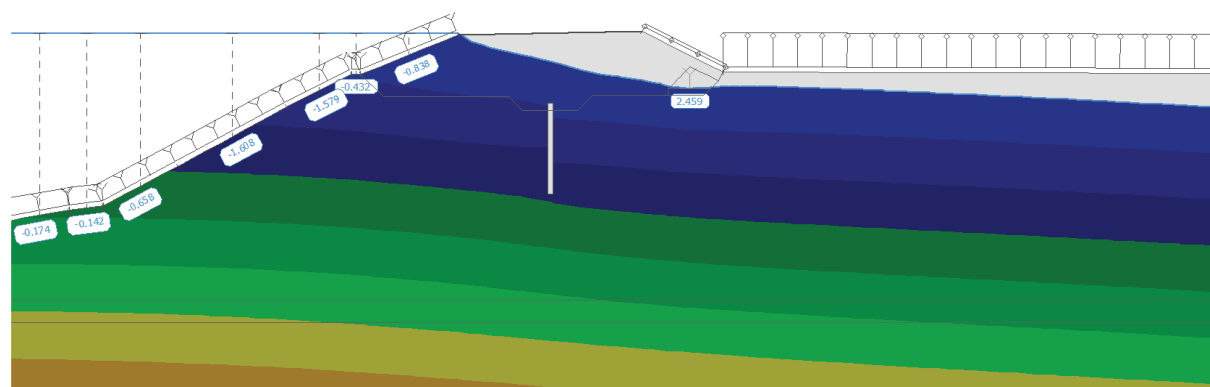
Výpočet ustálené proudění podzemní vody pro hladinu při  $Q = 799 \text{ m}^3/\text{s}$ .



Obrázek 6 Ustálené proudění pro hladinu  $Q = 799 \text{ m}^3/\text{s}$ , bez drénu a jílocementového těsnění



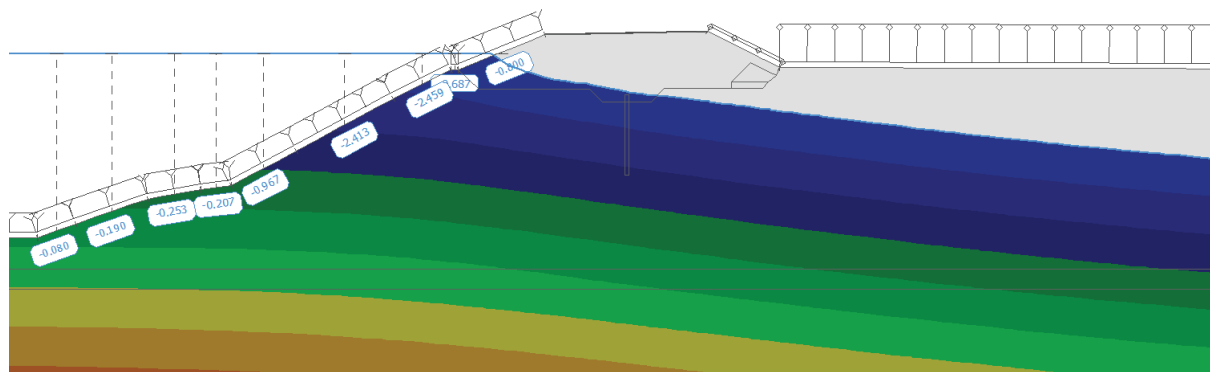
Obrázek 7 Ustálené proudění pro hladinu  $Q = 799 \text{ m}^3/\text{s}$ , s drénem bez jílocementového těsnění



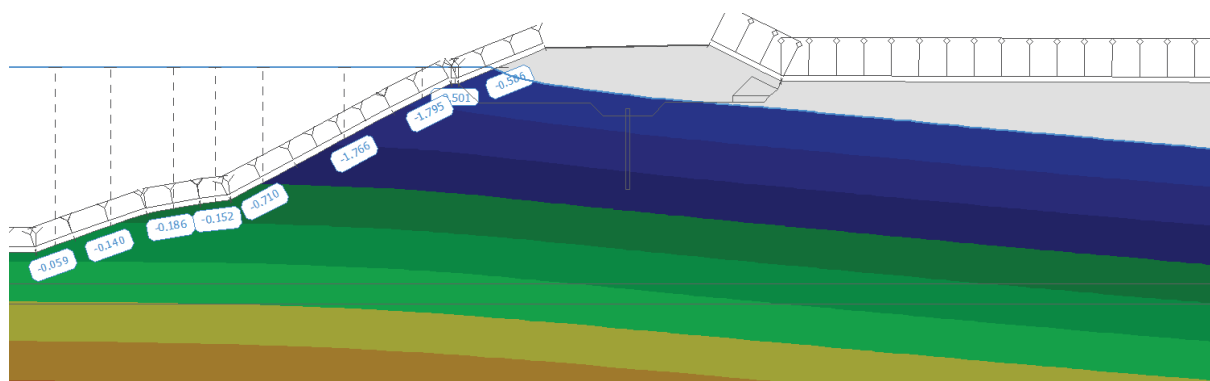
Obrázek 8 Ustálené proudění pro hladinu  $Q = 799 \text{ m}^3/\text{s}$ , s drénem, s jílocementovým těsněním

## 4.2. NEUSTÁLENÉ PROUDĚNÍ

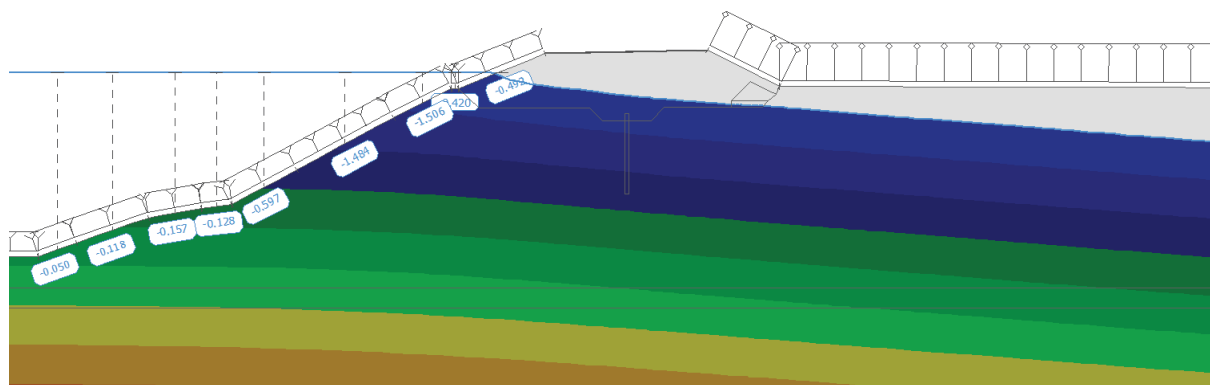
Výpočet neustáleného proudění pro hladinu při  $Q = 660 \text{ m}^3/\text{s}$ . Výpočet byl proveden za předpokladu náhlého zvýšení hladiny po dobu trvání povodně, cca 7 dní. Počáteční podmínka byla předpokládána jako ustálený stav při hladině stálého nadržení v jezové zdrži.



Obrázek 9 Neustálené proudění pro hladinu  $Q = 660 \text{ m}^3/\text{s}$ , 1 den



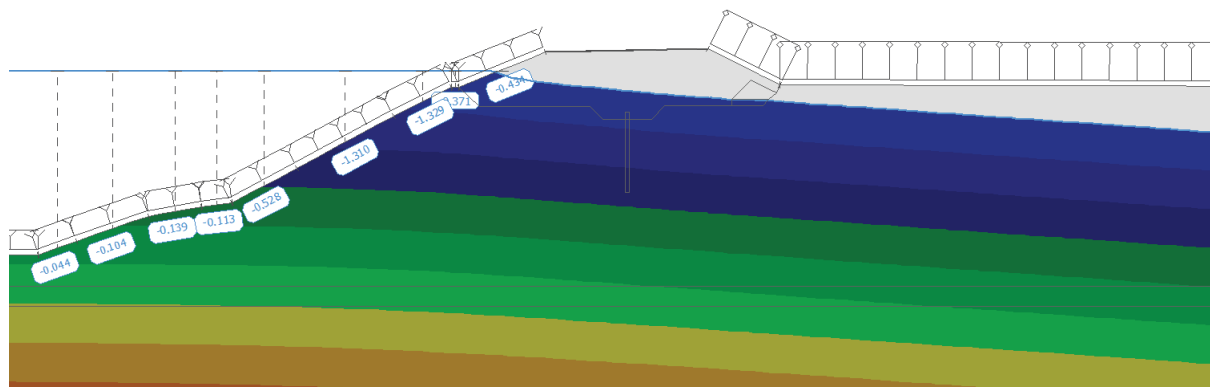
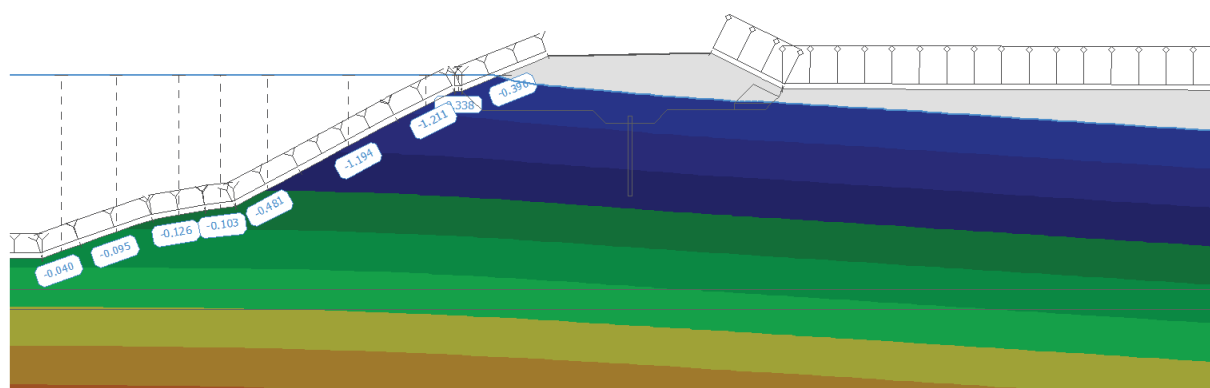
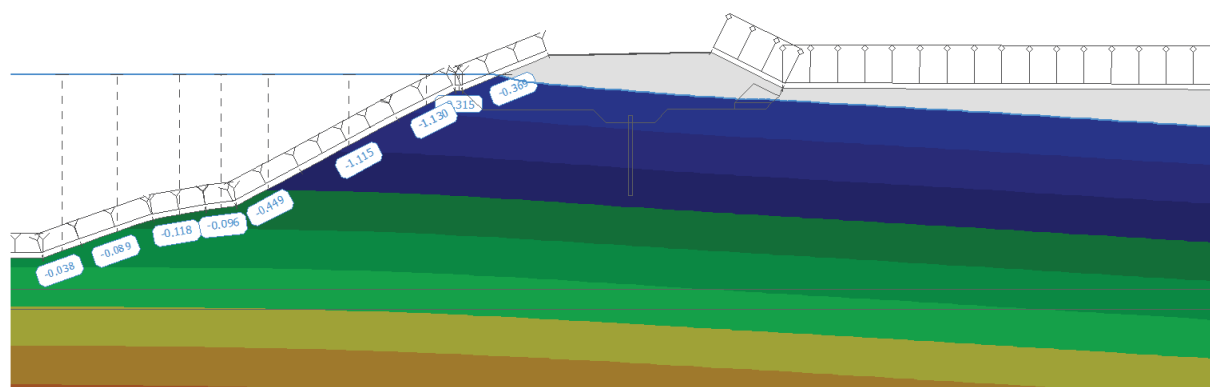
Obrázek 10 Neustálené proudění pro hladinu  $Q = 660 \text{ m}^3/\text{s}$ , 2 den

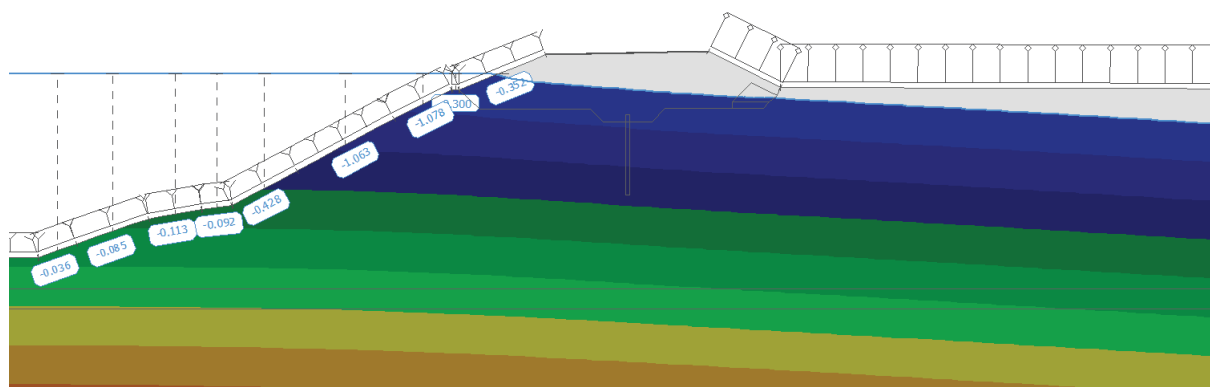


Obrázek 11 Neustálené proudění pro hladinu  $Q = 660 \text{ m}^3/\text{s}$ , 3 den

Zhotovitel:

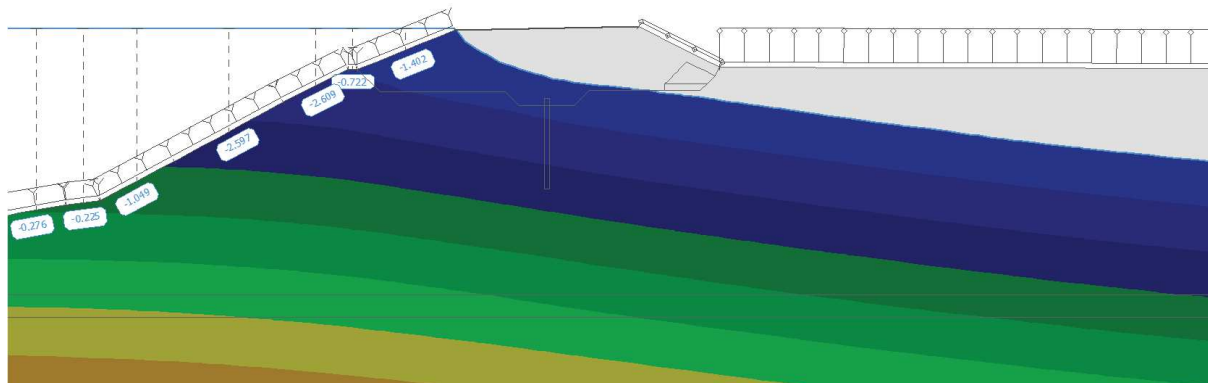
Dopravoprojekt Brno a.s. | Kounicova 271/13, 602 00 Brno

Obrázek 12 Neustálené proudění pro hladinu  $Q = 660 \text{ m}^3/\text{s}$ , 4 denObrázek 13 Neustálené proudění pro hladinu  $Q = 660 \text{ m}^3/\text{s}$ , 5 denObrázek 14 Neustálené proudění pro hladinu  $Q = 660 \text{ m}^3/\text{s}$ , 6 den

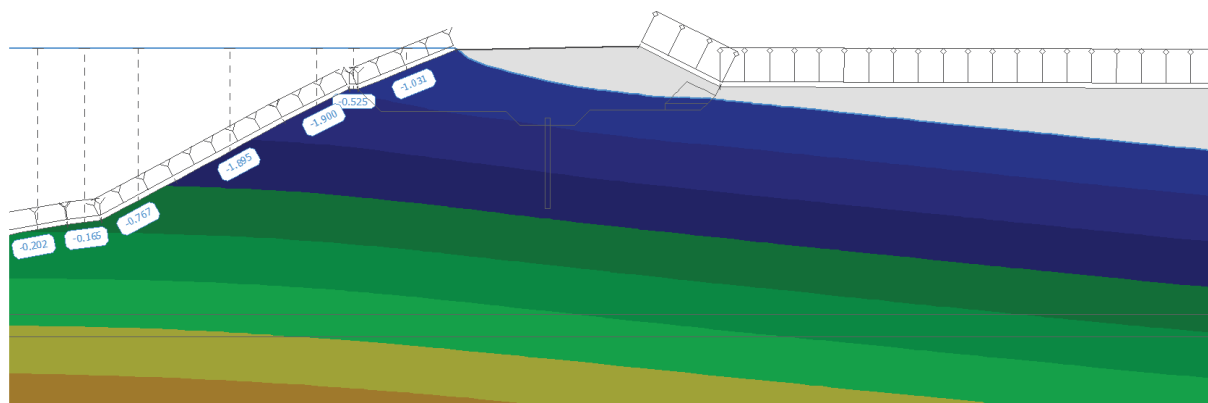


Obrázek 15 Neustálené proudění pro hladinu  $Q = 660 \text{ m}^3/\text{s}$ , 7 den

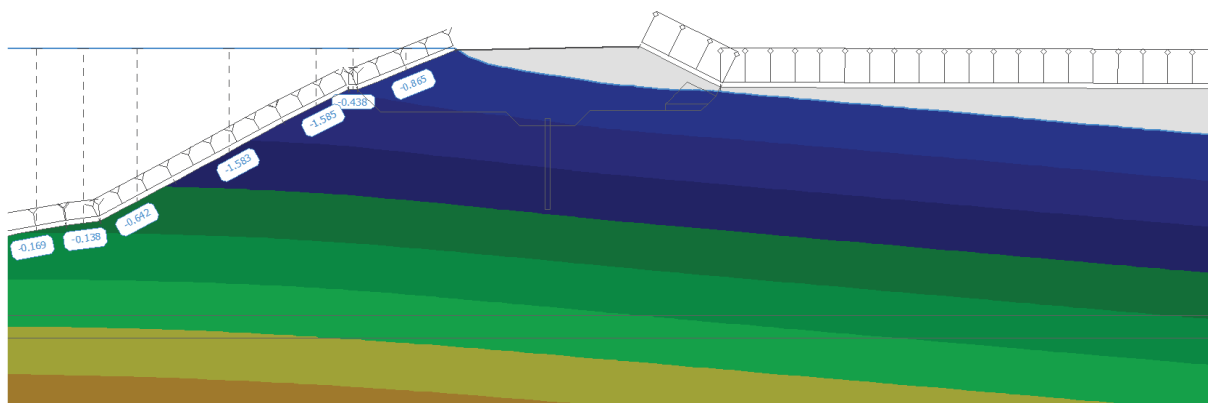
Výpočet neustáleného proudění pro hladinu při  $Q = 799 \text{ m}^3/\text{s}$ . Výpočet byl proveden za předpokladu náhlého zvýšení hladiny po dobu trvání povodně, cca 7 dní. Počáteční podmínka byla předpokládána jako ustálený stav při hladině stálého nadržení v jezové zdrži.



Obrázek 16 Neustálené proudění pro hladinu  $Q = 799 \text{ m}^3/\text{s}$ , 1 den



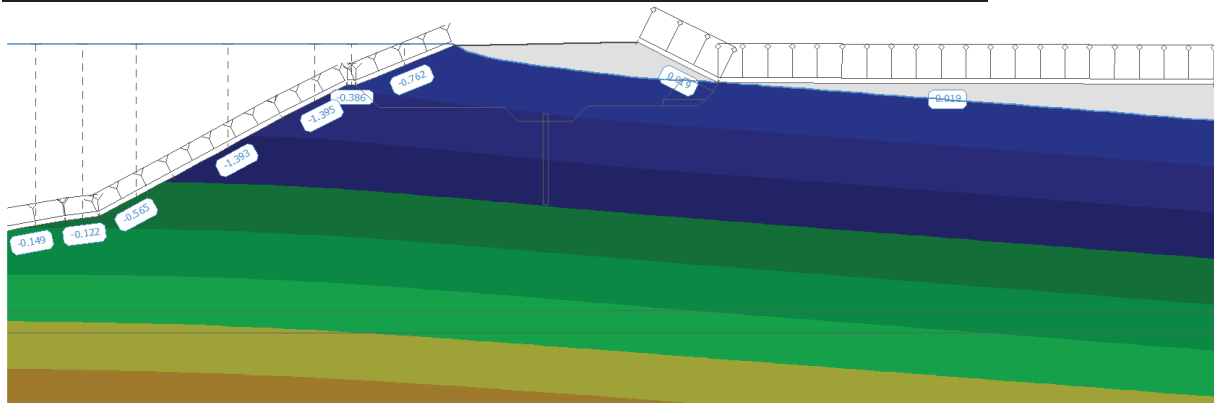
Obrázek 17 Neustálené proudění pro hladinu  $Q = 799 \text{ m}^3/\text{s}$ , 2 den



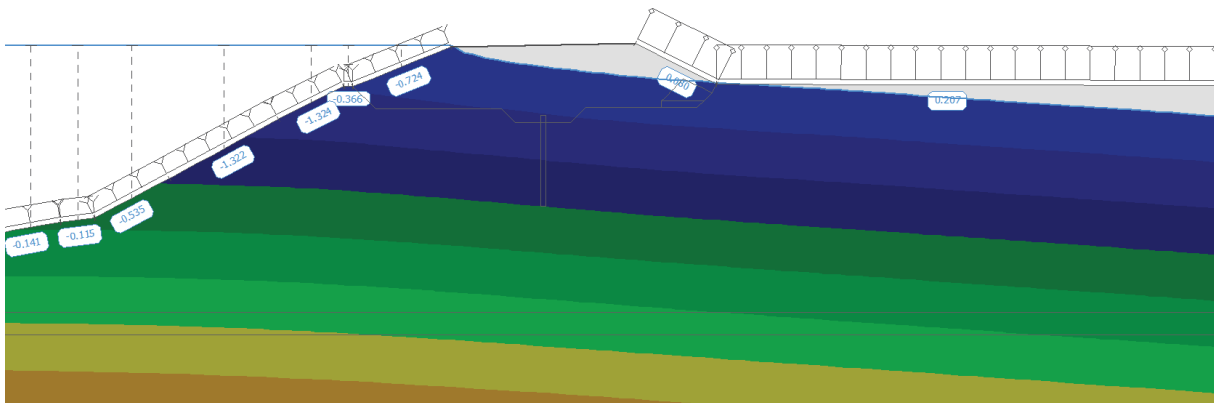
Obrázek 18 Neustálené proudění pro hladinu  $Q = 799 \text{ m}^3/\text{s}$ , 3 den

Zhotovitel:

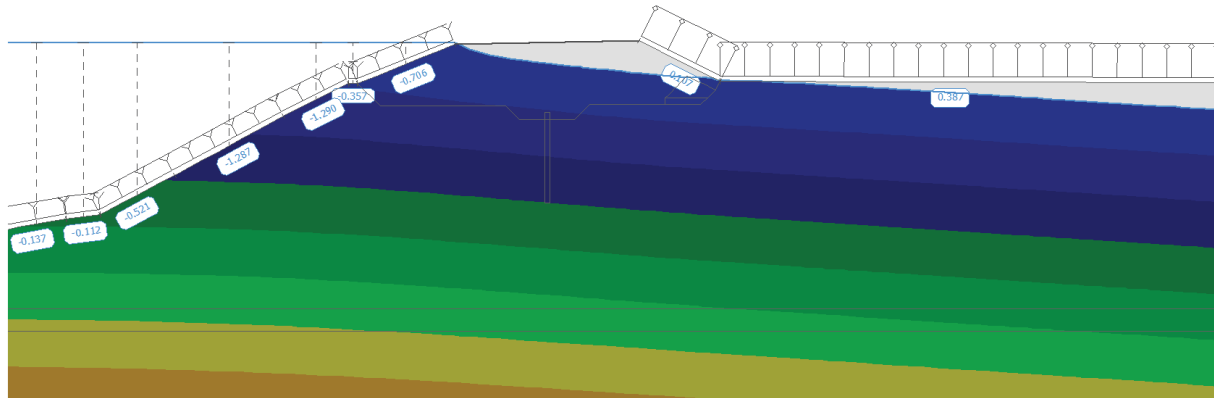
Dopravoprojekt Brno a.s. | Kounicova 271/13, 602 00 Brno



Obrázek 19 Neustálené proudění pro hladinu  $Q = 799 \text{ m}^3/\text{s}$ , 4 den



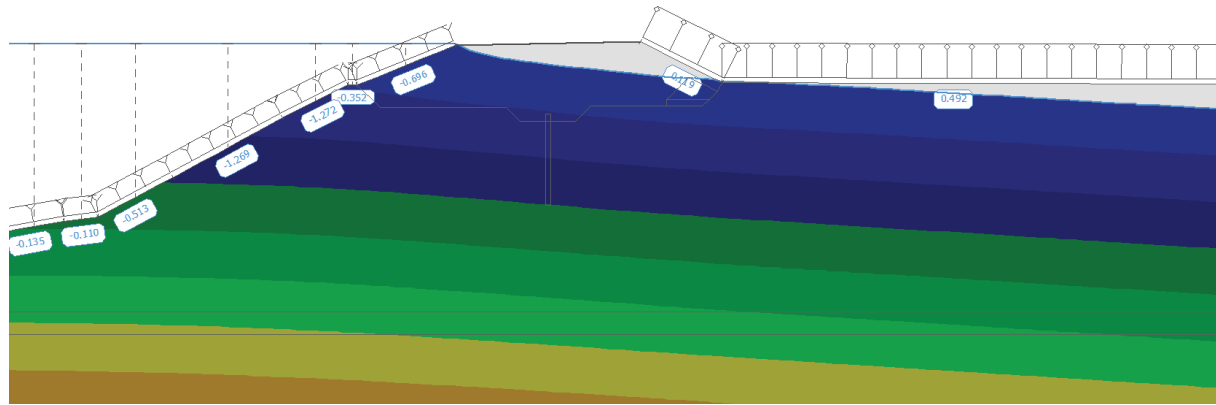
Obrázek 20 Neustálené proudění pro hladinu  $Q = 799 \text{ m}^3/\text{s}$ , 5 den



Obrázek 21 Neustálené proudění pro hladinu  $Q = 799 \text{ m}^3/\text{s}$ , 6 den

Zhotovitel:

Dopravoprojekt Brno a.s. | Kounicova 271/13, 602 00 Brno



Obrázek 22 Neustálené proudění pro hladinu  $Q = 799 \text{ m}^3/\text{s}$ , 7 den

## 5. ZÁVĚR

Z provedených výpočtů je patrné, že umístění patního drénu do tělesa hráze je vhodným řešením pro ochranu hráze proti prosakujícím vodám. Jílocementová stěna se jeví jako neefektivní a její funkčnost je závislá na zemině použité do tělesa hráze.

Při výpočtu neustáleného proudění je po 7 dne dosaženo téměř ustáleného stavu.

V Brně, březen.2018

.....  
Ing. Roman Křivohlávek