

PŘÍLOHA F.7

**Posouzení průsakových poměrů pro akci „Bělá, Kvasiny,
protipovodňová ochrana, č. akce 229180012“**

stavební objekt SO 06

Zhotovitel: doc. Dr. Ing. Pavel Fošumpaur

**Objednatel: Vodohospodářský rozvoj a výstavba a.s.
Nábřeží 4, 150 56 Praha 5 - Smíchov**

1. Úvod

Cílem analýzy je posouzení filtrační stability a průsaku navrhovaného protipovodňového opatření v obci Kvasiny. Analýza je zpracována za účelem ověření a upřesnění základní koncepce technického řešení ve vztahu ke statice a základovým poměrům.

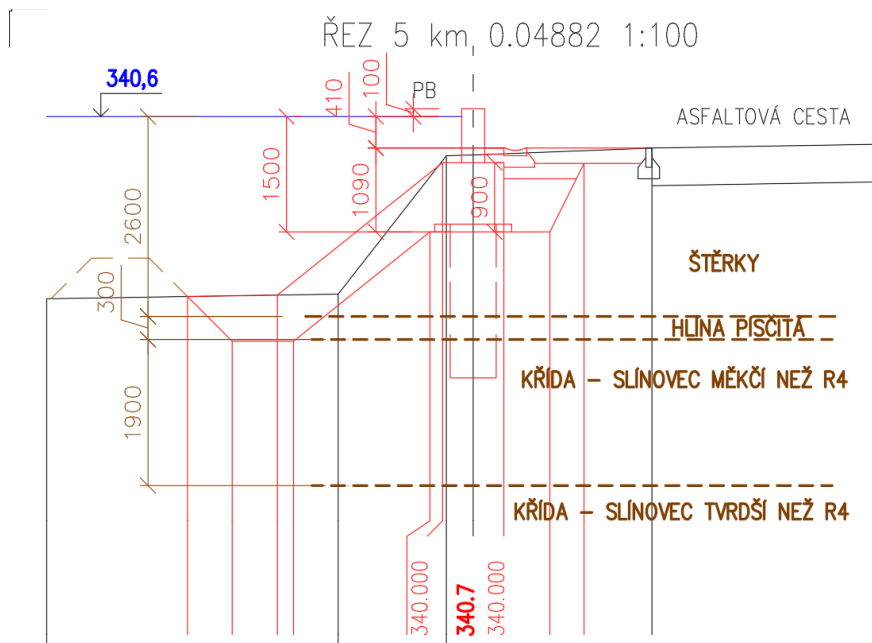
Posouzení navazuje na předchozí posouzení (Fošumpaur, 06/2016). V rámci DUR bylo provedeno posouzení průsaků pro řešené SO. Posouzení bylo provedeno dle projektantem dodaných řezů a předpokládané dispozice řešení. Pro SO 06, které je předmětem zadání pro pře-posouzení, byla liniová zeď od vodního toku odsazena o cca 2 m. V rámci DUR došlo k přiblížení linie PPO bezprostředně k vodnímu toku, z důvodu požadavku obce Kvasiny na zachování parkovacích stání podél asfaltové místní komunikace a s ohledem na požadavek zajištění odvodnění za zdmi (vnitřní vody sváděny odvodňovacími tvárnici do uliční vpustě, které ústí do toku).

Analýza se zaměřuje zejména na tyto aspekty:

- 1) sestavení 2-D matematického modelu proudění podzemní vody v jednom upraveném kolmém řezu objektu SO 06 na linii PPO,
- 2) simulace propagace povodňové vlny podloží PPO do chráněného území,
- 3) odhad filtrační stability PPO,
- 4) odhad kulminačního průsaku během návrhové povodně do chráněného území na 1 mb délky linie PPO,

Analýza je zpracována pro předpoklad úrovně hladiny ve vodním toku na kótě koruny navrženého PPO. Navržené PPO bude poskytovat ochranu chráněnému území na průtok Q_{20} .

Pro posouzení byl využit dvourozměrný neustálený model proudění podzemní vody SEEP/W kanadské společnosti GEOSLOPE (číslo licence #100375, Pavel Fošumpaur), který umožňuje simulaci průsakových poměrů jako funkci času během návrhové povodňové vlny.



Obr. 2.2 Použitá skladba podloží

Pro posouzení průsaku a stability podzemní části PPO byl využit neustálený matematický model proudění podzemní vody SEEP W. Nutným vstupem je znalost průběhů hladiny návrhové povodně ve vodním toku Bělá. Hodnoty N-letých průtoků uvádí následující tabulka:

N-leté průtoky [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]							
1	2	5	10	20	50	100	třída
6.88	11.9	21.3	30.7	42.3	61.3	78.8	II.

Koryto Bělé protéká v obci Kvasiny lichoběžníkovým profilem s průměrným sklonem dna 1%, šířka ve dně je průměrně 6 m a sklon svahů 1:1,5. Z podkladů ČHMÚ vyplývá, že dlouhodobý průměrný roční průtok v Bělé je v zájmovém úseku $0,98 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (limnigraf Skuhrov). Tento průtok byl ve výpočtech zvolen jako počáteční podmínka před nástupem povodňové vlny. Na základě zjednodušené úvahy rovnoměrného proudění protéká dlouhodobý průměrný průtok s výškou cca 0,20 m nade dnem koryta vodního toku Bělá.

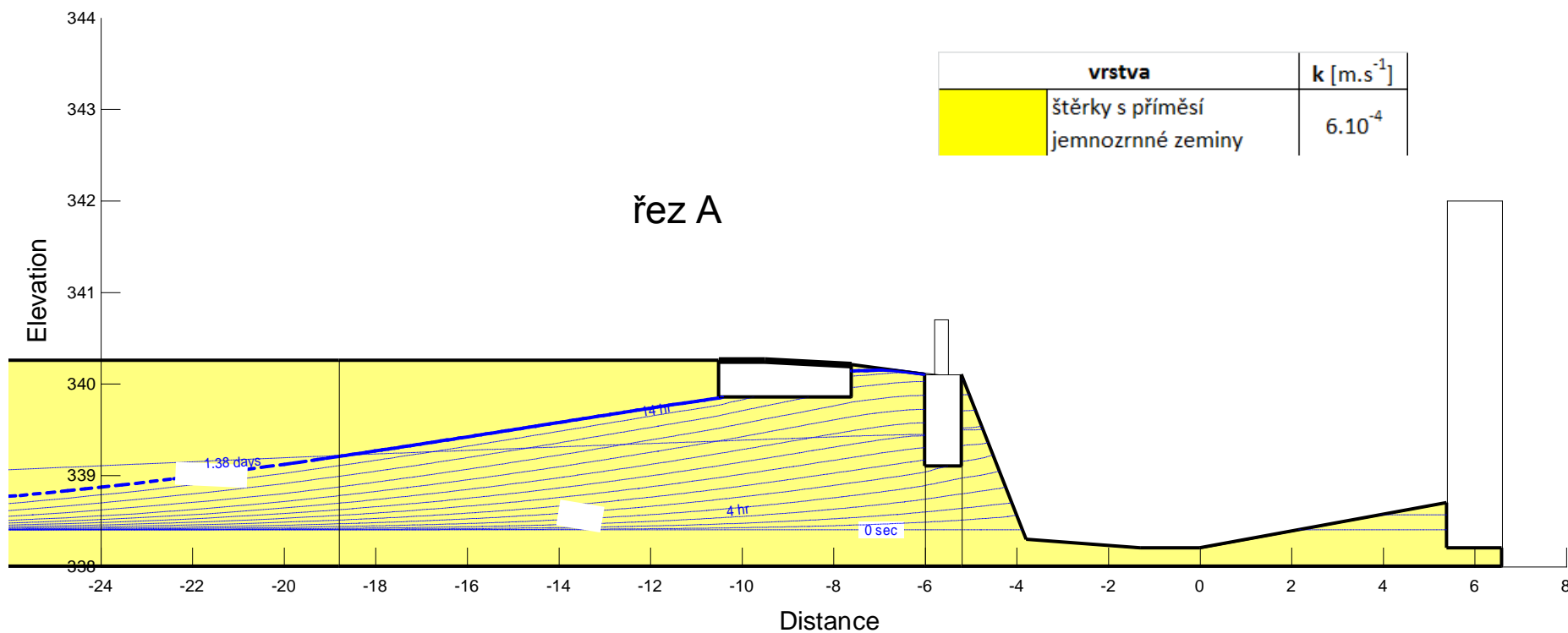
Hydrogram návrhové povodňové vlny s dobou opakování kulminačního průtoky 20 let (PV20) byl odvozen na základě zaznamenaného průběhu reálné povodně z roku 1998 (VRV a.s.).

3. Výsledky posouzení

Podloží je uvažováno dle sondy **Kv1**:

- pod terénem se nacházejí štěrky s příměsí jemnozrnné zeminy o mocnosti 2,6 m ($k = 6 \cdot 10^{-4} \text{ m.s}^{-1}$),
- následují zvětralé písčité slínovce charakteru písčité hlíny o mocnosti 0,3 m (na straně bezpečnosti neuvažovány) a slínovce na úrovni 337,70 m n. m.

Výsledek simulace postupu povodňové vlny podložím znázorňuje obr. 3.1.



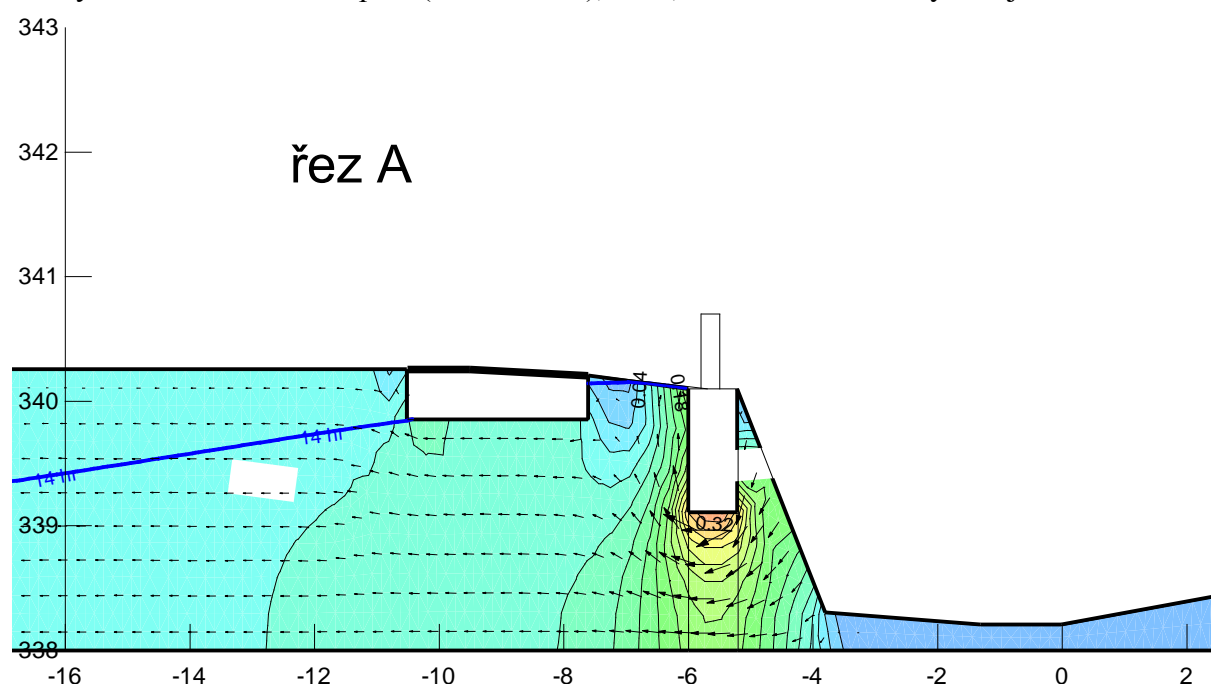
Obr. 3.1 Postup povodňové vlny podložím.

3. 1 Posouzení ztekucení

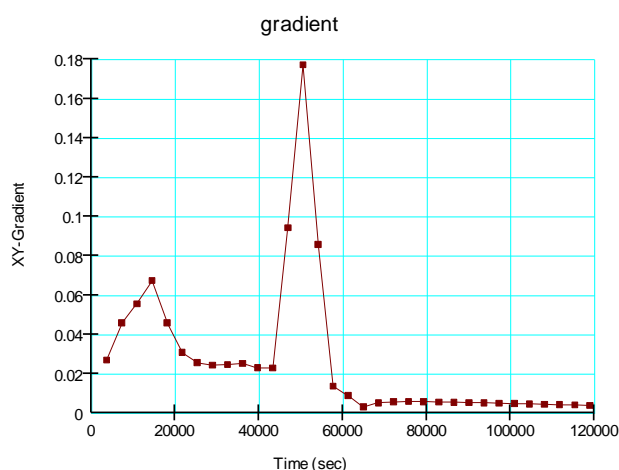
Hodnocení se zpravidla zaměřuje na porovnání hydraulických gradientů na výstupu na terén na vzdušní patě PPO a kritického hydraulického gradientu. Za obecně velmi konzervativní kritérium je považován soubor kritérií dle Istominy (1957). Hodnoty kritických gradientů autorka uvádí v závislosti na čísle nestejnozrnnosti $C_u = d_{60}/d_{10}$. Hodnoty přípustných gradientů autorka doporučuje volit ještě nižší na straně bezpečnosti. Vzhledem ke krátkodobému charakteru zatížení vycházíme z přípustného gradientu nesoudržných zemin hodnotou 0,3 až 0,4.

Hodnocená poloha:

- vysakování na vzdušní patě (za linií PPO), $i = 0,18 < 0,30 \rightarrow$ PPO vyhovuje.



Obr. 3.2 Proudové pole při kulminaci PV20 s izoliniemi hydraulického gradientu.



Obr. 3.3 Průběh hydraulických gradientů na vzdušní patě během povodně.

3.2 Posouzení vnitřní sufoze

Hrozí při proudění v porézním prostředí, kdy mohou být vyplavovány jemné částice ze skeletu. Důsledkem může být sedání podzákladí PPO. V našem případě teoreticky hrozí v základové spáře podzemní části PPO.

Číslo nestejnozrnnosti podložních šterků $C_u > 20$ -> jedná se o sufózní zeminy.

Na rozdíl od ztekucení mají význačnou úlohu setrvačné síly a jde proto vesměs o velké filtrační rychlosti.

Jako hydraulické kritérium lze orientačně využít hodnotu kritické filtrační rychlosti (Vukovič, Pušič, 1992):

$$v_k = \frac{k^{0,356}}{200}$$

U nás tedy při $k = 6 \cdot 10^{-4} \text{ m.s}^{-1}$ vychází $v_k = 0,0004 \text{ m.s}^{-1}$.

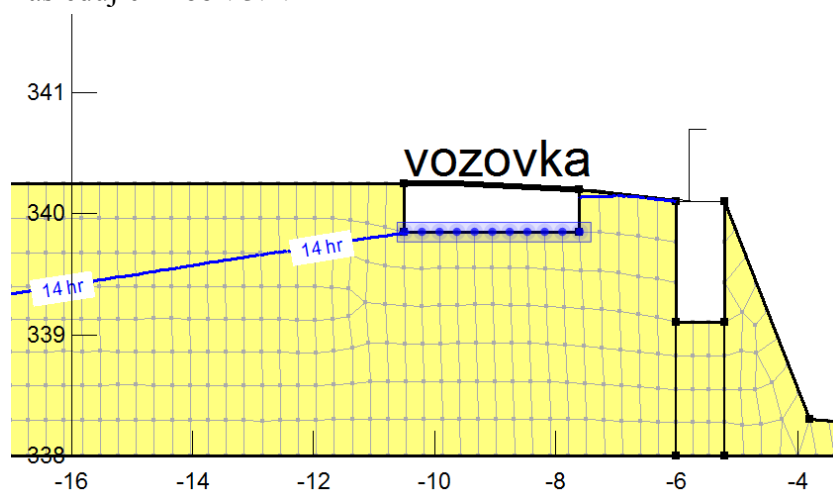
Hodnota maximální rychlosti v okolí kulminace povodně je pod kořenem PPO rovna $0,00015 \text{ m.s}^{-1}$. Tato hodnota je navíc časově velmi omezená. Nebezpečí vnitřní sufoze tedy nehrozí.

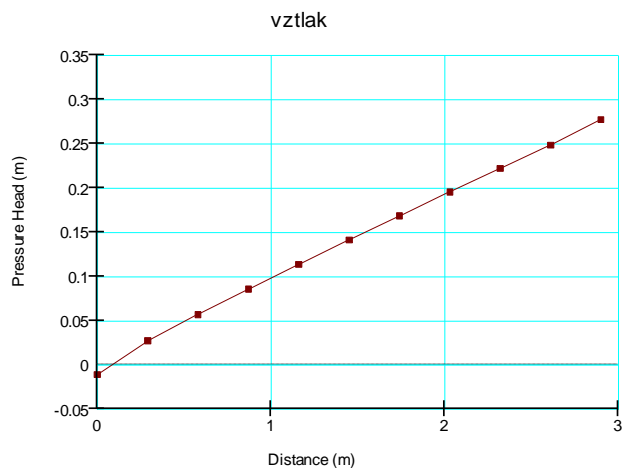
3.3 Posouzení vztlaku na vozovku

Předpoklad:

- mezi asfaltovou vrstvou vozovky a linií PPO bude ponechán volný pruh, který bude sloužit jako drén.
- toto opatření významně snižuje vztlak na silnici.

Maximální vztlak nastává v čase kulminace povodně. Průběh vztlaku pod vozovkou je na následujícím obr. 3.4.





Obr. 3.4 – a) poloha měření vztlaku pod vozovkou, b) hodnoty vztlaku pod vozovkou v čase kulminace povodně.

Maximální hodnota vztlaku pod okrajem vozovky u vzdušní paty PPO je 0,28 m vodního sloupce v hloubce 0,40 m pod horním okrajem vozovky (konstrukční tloušťka vozovky je dle vzorového řezu 0,40 m). Přetížení vozovky (přibližně dvojnásobná měrná hmotnost vozovky než vody) tedy významně převyšuje hodnotu vztlaku.

3.4 Shrnutí výsledků

řez D		koruna PPO	kritická hodnota	závěr
		340,70 [m n. m.]		
vztlak na vozovku	tlak vodního sloupce pod vozovkou [m]	0,28	0,80	vyhovuje
vnější sufoze, ztekucení	gradient za linií PPO [-]	0,18	0.3 až 0.4	vyhovuje
				vyhovuje
vnitřní sufoze	filtrační rychlost pod kořenem podzemní stěny [m.s ⁻¹]	0,00015	0.0004	vyhovuje
průsak	[l.s ⁻¹ na 1 m PPO]	0,05		vyhovuje ¹⁾

Poznámky:

- 1) Průsaky na 1 m linie PPO je třeba vnímat jako kulminační. Jsou snadno zvládnutelné běžnou čerpací technikou.

4. Závěr

Cílem analýzy bylo posouzení upraveného charakteristického řezu v rámci objektu SO 06 na filtrační stabilitu a průsak při návrhové povodni Q20. Posouzení bylo provedeno s využitím 2D modelu proudění podzemní vody v rovině kolmé na osu PPO.

Výsledky dospěly k těmto závěrům:

- 1) Konstrukční návrh podzemní části PPO neovlivní režim podzemních vod, protože stěna je založena nad nepropustnými slínovci.
- 2) Průsakové množství v čase kulminace je poměrně malé a činí do $0,05 \text{ l.s}^{-1}$ na 1m linie PPO. Nízká hodnota průsaku je dána zejména malou hrazenou výškou 0,5 m terénem (včetně bezpečnostního převýšení koruny PPO nad návrhovou hladinou o velikosti 0,1 m).
- 3) Posouzení filtrační stability se zaměřilo na hodnocení hydraulického prolomení nadložních vrstev, resp. konstrukce vozovky, ztekucení, vnější a vnitřní sufozi. Výsledky dospěly k závěru, že filtrační stabilita není v posuzovaném řezu ohrožena.

V Brozanech nad Ohří, dne 31. ledna 2020


doc. Dr. Ing. Pavel Fošumpaur

Použité zdroje

1. Fošumpaur, P.: Posouzení průsaku a filtrační stability. Protipovodňová opatření v obci Kvasiny. Objednatel: Ing. Ladislav Terš, 06/2016.
2. INGES s.r.o.: Projekt inženýrskogeologického a hydrogeologického průzkumu. Kvasiny PPO. Objednatel: VRV a.s.. 11/2015.
3. INGES s.r.o.: Závěrečná zpráva o inženýrskogeologickém a hydrogeologickém průzkumu. Kvasiny PPO. Objednatel: VRV a.s.. 02/2016.
4. VRV a.s.: Zadání doposouzení SO 06 v rámci PPO Kvasiny. 01/2020.