

Stavba:
Stabilizace strží k.ú. Ořechov u UH a Vážany u UH

Dokumentace pro stavební povolení a pro provedení stavby

C.7 HYDROTECHNICKÉ VÝPOČTY



V Olomouci, leden 2021

Zodpovědný projektant:

Ing. Pavel Ježík, Ph.D.

a) Použité podklady

Geodetické podklady:

Pro výpočet byl k dispozici polohopis i výškopis dané lokality určený pro projektové práce. Polohopis je v JTSK, výškopis v BpV.

Vlastní průzkumy:

V dané lokalitě byla provedena prohlídka projektanta za účelem zjištění terénních podmínek z důvodu stanovení míry ohrožení okolních pozemků a s cílem stanovení drsnostních charakteristik řešeného území.

Hydrologické podklady (data ČHMÚ, pobočka Ostrava ze dne 13.12.2018):

Kompletní hydrologické podklady jsou součástí přílohy č. 1. Jedná se o hydrologické údaje povrchových vod (N-leté průtoky) pravostranných přítoků Bohuslavického potoka a průběhy teoretické povodňové vlny TPV100 v místech navržených nádrží N1 a N2.

Další vstupní podklady:

- „Komplexní pozemkové úpravy v k.ú. Ořechov u Uherského Hradiště – Plán společných zařízení“, zpracovaná firmou GEOREAL s.r.o., 11/2017
- „Komplexní pozemková úprava k.ú. Vážany u Uherského Hradiště – Plán společných zařízení“, zpracovaná firmou ARVITA P s.r.o., 11/2009

b) Odvození návrhových průtoků pomocí srážko-odtokového modelu

Pro výpočet N-letých průtoků bylo využito programů ArcMap, HEC – geo HMS a HEC – HMS. Ty umožňují připravovat vstupní údaje, simulovat srážko-odtokový proces a tím zjišťovat postupové doby průtoků a jejich parametry – kulminační průtok, objem odtoku. Program HEC – HMS, ve kterém probíhalo samotné S-O modelování nabízí různou řadu metod výpočtu. Popis zvolených a použitých metod je uveden v následujících kapitolách. Detailnější popis jednotlivých metod je potom detailně popsán v manuálech k jednotlivým programům.

Pro kalibraci sestaveného srážko – odtokového modelu byly použity aktuální údaje poskytnuté ČHMÚ.

Transformace přímého odtoku

Volba metody transformace přímého odtoku je klíčovou součástí metodického postupu, neboť přímo určuje tvar vlny, a tím i velikost kulminačního průtoků a objemu odtoku. Pro výpočet transformace přímého odtoku byla použita metoda jednotkového hydrogramu, konkrétně Clarkova jednotkového hydrogramu.

Jednotkový hydrogram je hypotetická odezva povodí na jednotkový efektivní déšť, vždy stejná pro déšť dané doby trvání. Využívá se v hydrologických modelech, umožňujících určit hodnoty odtoku na základě znalosti výšky srážky na povodí. Původní koncept jednotkového hydrogramu navrhl Leroy Sherman v roce 1932, od té doby je teorie jednotkového hydrogramu dále rozvíjena a aplikována v mnoha variantách.

Povodí je jako celek považováno za systém, ve kterém se srážkový vstup (efektivní déšť) transformuje na výstup v podobě přímého odtoku. Transformační funkcí je jednotkový hydrogram (anglicky unit hydrograph, zkratka UH), který se definuje jako hydrogram přímého odtoku vyvolaný efektivním deštěm o jednotkovém objemu, o stálé intenzitě a rovnoměrně rozloženém na povodí, za předpokladu platnosti principu superpozice a principu časové invariance.

Clarkův jednotkový hydrogram je specifikován následujícími parametry:

- T_c doba koncentrace [h]
- R transformační faktor povodí [h], simulující dobu zdržení vody v povodí

- závislostí doby dobíhání z dílčí kumulativní plochy povodí při zasažené celé ploše povodí

Existuje celá řada způsobů určení doby koncentrace. V tomto případě byla použita metoda dle Q. C. Ayrese.

Pro určení koeficientu R existuje jen minimum výpočetních vzorců, zpravidla se pro výpočet teoretické povodňové vlny na nepozorovaných povodích odhaduje velikost koeficientu R jako n-násobek doby koncentrace:

$$R = n * T_c \quad [\text{hod}], \quad (1)$$

kde se hodnota „n“ nejčastěji pohybuje v intervalu 1,2 – 2.

Hydrologická transformace

Hydrologická transformace uvádí, jaký objem příčinné srážky se transformuje na objem přímého povrchového odtoku. Jednou s nejpoužívanějších metod, která byla využita i v tomto konkrétním případě, je metoda SCS Curve Nuber (CN křivek).

Metoda CN křivek slouží k jednoduchému výpočtu odtoku při srážko-odtokové události. Srážka je rozdělena na ztráty a efektivní déšť podle čísla CN křivky, které reprezentuje vlastnosti povodí – půdní poměry, využití území (landuse) a předchozí vláhové podmínky. Použité vztahy jsou empirické, odvozené na základě analýzy dat z malých povodí v USA. Metoda se však uplatnila také v mnoha jiných zemích včetně České republiky.

Metoda byla vyvinuta americkou Službou na ochranu půd (Soil conservation service, a označuje se také jako SCS CN).

Hodnota celkového přímého odtoku vyvolaného příčinnou srážkou je funkcí hodnoty kumulativní srážky, způsobem využití území, vlastností půdního pokryvu a předchozího nasycení půdního profilu. Pro výpočet je použita následující rovnice:

$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S} \quad (2)$$

kde

Peakumulovaná hodnota přímého odtoku v mm za časový interval t

P akumulovaná hodnota srážky v mm za časový interval t

I_a počáteční ztráta ze srážkového úhrnu v mm

S maximální potenciální retence, schopnost povodí vstřebat a udržet srážkový úhrn

Z analýzy výsledků z mnoha malých experimentálních povodí odvodila SCS empirický vztah pro výpočet počáteční ztráty:

$$I_a = 0,2 * S \quad (3)$$

z toho vyplývá, že hodnota přímého odtoku za čas t je:

$$P_e = \frac{(P - 0,2 \cdot S)^2}{P + 0,8 \cdot S} \quad (4)$$

Výsledný přímý odtok je počítán jako rozdíl mezi přímým odtokem na konci a na začátku časového intervalu.

Maximální retenční kapacita povodí vychází z průměrného čísla CN a je vypočtena pomocí vztahu:

$$S = \frac{1000 - 10 * CN}{CN} \quad [\text{palců}] \quad (5)$$

nebo

$$S = \frac{25400 - 254 * CN}{CN} \quad [\text{mm}] \quad (6)$$

Hodnota CN se pohybuje v rozsahu (0-100) pro dané povodí. Hodnota blízká 100 reprezentuje téměř nepropustné povrchy, jako jsou střechy, komunikace a jiné zpevněné plochy. Běžné hodnoty se pohybují v rozmezí 55 - 85. Přednost metody je jednoduchost jejího použití a průhlednost metodických postupů.

Hydraulická transformace

V případě, že pozorované povodí je na základě zvolené schematizace rozděleno na více menších subpovodí je potřeba vytvořit také prvky reprezentující říční úseky. V těchto úsecích je nutné simulovat postup vlny po toku a na základě zvolené metody určit, jak velký bude mít tento úsek transformační účinek.

HEC-HMS pro účely hydraulické transformace nabízí řadu metod, v tomto případě byla použita metoda Muskingum. Metoda vychází ze vztahu (7) založeného na bilanci odtoku a přítoku do daného úseku říčního koryta.

$$S = K * [X * I + (1 - X) * O] \quad (7)$$

Szadržený objem v říčním úseku [m³]

Kčas postupu povodňové vlny říčním úsekem [hod]

Iprůměrný přítok do říčního úseku [m³/s]

Oprůměrný odtok z říčního úseku [m³/s]

Xtransformační faktor, <0;0,5> [-]

Transformační faktor X nabývá hodnot 0 až 0,5. Hodnota 0,5 značí maximální retenci říčního úseku a volí se pro říční úseky velmi mírných sklonů. Pro úseky s velkými sklony se hodnota faktoru X blíží nule, tzn. říční úsek nemá žádnou transformační schopnost.

Výše uvedenou metodou byly odvozeny řady N-letých průtoků pro jednotlivá navržená opatření (SO) takto:

tok	popis	ř. km	Profil	plocha povodí [km ²]	N-leté průtoky Q _N							třída
					m ³ .s ⁻¹							
-	STRŽ4	-	P1	0.10	0.07	0.14	0.25	0.35	0.47	0.65	0.80	IV
-	PEO1	-	P2	0.07	0.06	0.12	0.21	0.29	0.38	0.53	0.66	IV
-	STRŽ3	-	P3	0.14	0.10	0.20	0.36	0.50	0.67	0.92	1.14	IV
-	PEO2	-	P4	0.08	0.06	0.12	0.22	0.30	0.41	0.56	0.69	IV
-	STRŽ2	-	P5	0.13	0.10	0.20	0.35	0.49	0.66	0.90	1.12	IV
-	PEO3	-	P6	0.10	0.09	0.17	0.30	0.42	0.55	0.76	0.94	IV

b) Hydrotechnická posouzení navrhovaných objektů

Výpočty byly provedeny pomocí programu Hydrocheck 5.2 metodou ustáleného nerovnoměrného proudění v neprizmatických korytech obecnou metodou po úsecích a dále podrobným hydrotechnickým výpočtem určitých objektů s pomocí programu excel.

Základním prvkem zadání pro výpočetní program Hydrocheck jsou zaměřené příčné profily, které jsou charakterizovány vlastním geometrickým tvarem a rozměrem a dále součinitelem drsnosti omočeného profilu. Jednotlivé části příčných profilů mají různou drsnost a s tím souvisí i různé rychlosti proudění a výsledná poloha hladiny vody v profilu. Kromě vytvořené trasy včetně objektů byly dále zadány okrajové podmínky, které jsou nedílnou součástí pro simulaci nerovnoměrného proudění. Jedná se především o průtok a označení počátečního a koncového profilu, ve kterém má být průběh proudění řešen. Dále se zadává hladina v počátečním profilu, pokud není zvolen režim jejího automatického výpočtu z konzumční křivky. Pokud zde konzumční křivka není, pokusí se program vypočítat obalovou křivku výpočtů, které mají fyzikálně řešení a platí pro ně bilanční rovnice nerovnoměrného proudění.

Před spuštěním vlastního výpočtu byl nastaven typ proudění. Jeho charakter byl v celém úseku zvolen jako smíšené proudění. Charakter proudění byl zjištěn porovnáním hodnoty Froudova čísla Fr s jeho mezní hodnotou pro kritické proudění $Fr=1$.

Program počítá pro zadaný průtok odpovídající přírůstek kóty hladiny, dle vztahu pro výpočet ustáleného nerovnoměrného průtoku v přirozeném korytě. Výpočet ztrát třením nerovnoměrného proudění byl ve výpočtu uvažován podle následujícího vztahu:

$$z_t = L \times Q / (S \times C \times R)$$

kde

z_t ... ztráty třením (m)

L ... vzdálenost profilů (m)

Q ... průtok (m^3/s)

S ... průměrná průtočná plocha mezi profily (m^2)

C ... průměrný rychlostní součinitel mezi profily ($m^{0,5}/s$)

R ... průměrný hydraulický poloměr mezi profily (m)

Výpočtově byly posuzovány stavební objekty řešící návrh přehrážek (strže) a navržený průleh SPRU1. Vypočtené průběhy hladin jsou zobrazeny v příslušných podélných a příčných řezech. Výpočetní protokol pro návrhový stav je součástí přílohy (viz níže).

c) Posouzení stability opevnění pod přehrážkami

Výpočty byly provedeny v souladu s metodikou *Balvanité skluzy* (Ing. Zdeněk Zástěra a kolektiv, Brno 1984). Výpočtem byla stanovena vymílací rychlost na drsné ploše pod přehrážkami. V návaznosti na vypočtenou hodnotu vymílací rychlosti byl stanoven minimální rozměr nejmenšího kamene v drsné ploše pod přehrážkou na 0,7 m.

VÝPOČET DRSNÉ PLOCHY POD PŘEHÁRŽKOU

Q =	1.14 m ³ /s	NEJMÉNĚ PŘÍZNIVÝ STAV
b =	1 m	NEJMÉNĚ PŘÍZNIVÝ STAV
q =	1.14 m ² /s	
P =	1.8 m	NEJMÉNĚ PŘÍZNIVÝ STAV
hk =	0.51 m	
H0 = 3/2 * hk		
H0 =	0.76 m	
α =	1.1	
φ =	0.66 odečet z tabulek	
E = P + 3/2hk		
E =	2.56 m	

h_1	$\alpha \cdot q^2$	$\phi^2 \cdot 2g \cdot h_1^2$	
0.05	1.42956	0.02136618	66.95761
0.07	1.42956	0.041877713	34.20653
0.3	1.42956	0.76918248	2.158545
0.4	1.42956	1.36743552	1.445431
0.5	1.42956	2.136618	1.169076
0.8	1.42956	5.46974208	1.061358
0.7	1.42956	4.18777128	1.041365
0.27	1.42956	0.623037809	2.5645

h1 = 0.27 m

$$v_1 = q/h_1$$

$$v_1 = 4.22 \text{ m/s}$$

vymílací rychlost

$$D = 0.7 \text{ m}$$

$$v_{vs} = 6,8 \cdot D^{1/3} \cdot h_1^{1/6} \cdot C_s^{1/2}$$

$$C_s = 0.8 \text{ dle sklonu tab.6}$$

$$v_{vs} = 4.34 \text{ m/s}$$

$$v_1 \leq v_{vs} \quad \text{VYHOVUJE}$$

nevyhoví-li počítáme větší zmo

$$D = 0.70$$

velikost kamene je	0.7 m
hmotnost kamene je	130 kg

Poznámka:

Uvedené hydrotechnické výpočty je nutné považovat za odborný odhad reálného průběhu povodňových stavů, neboť nemohou zohledňovat náhodný charakter vody při povodňových průtocích ovlivněný například plaveninami či erozním smyvem.

Příloha č. 1 - Protokoly výpočtu