



POVODÍ OHŘE, s. p. Chomutov
HEPS Terezín

Zvláštní povodeň v důsledku havárie na

VD Mariánské Lázně

***Stanovení rozsahu ohroženého území průlomovou
vlnou zvláštní povodně***



Terezín, říjen 2004

Zvláštní povodeň v důsledku havárie na

VD Mariánské Lázně

***Stanovení rozsahu ohroženého území průlomovou vlnou
zvláštní povodně***

Zpráva

Zpracoval:
Spolupráce:

Ing. Zdeněk Klíma Povodí Ohře, s. p.
Hydrosoft Veleslavín, s. r. o.

Terezín, říjen 2004

POVODÍ OHŘE, s. p. Chomutov, oddělení HEPS v Terezíně
Pražská 319, 411 55 Terezín
☎ 416782591-3, 416782164 fax 416782578 e-mail klima@poh.cz

Obsah.

1. Úvod.	2
2. Výstupy ze studie.	2
3. Základní údaje o VD a vymezení řešeného úseku toku pod VD.	2
4. Výchozí údaje a podklady	3
5. Zpracování výpočtového modelu průlomové vlny.	3
5.1. Hydraulické zadání modelu, doba simulace.	3
6. Výsledky výpočtu průlomové vlny.	5
7. Mapové a další výstupy ze studie.	8
7.1. Mapové situace se zákresem záplavové čáry průlomové vlny.	8
8. Závěr.	8
Literatura a další použité podklady.	9
Příloha	10

Zvláštní povodeň na VD Mariánské Lázně

Stanovení rozsahu ohroženého území průlomovou vlnou zvláštní povodně

1. Úvod.

V návaznosti na ustanovení Zákona o vodách č. 264/2001 Sb. a ve smyslu příslušných ustanovení Nařízení vlády č. 100/99 Sb. o ochraně před povodněmi byl na našem podniku v roce 2002 připraven úvodní koncepční materiál pro řešení zvláštních povodní na vodních dílech (dále VD) Povodí Ohře, s. p. Jeho cílem bylo stanovit harmonogram a podmínky zpracování průlomových vln na jednotlivých VD ve správě našeho podniku. Zejména zde bylo stanoveno období pro zpracování na roky 2003 a 2004, vymezení řešitelé a stanoveny finanční interní i externí náklady na tato řešení.

Cílem řešení těchto studií je rozšíření povodňových plánů územních celků o kategorii zvláštních povodní.

Studie zvláštních povodní se obecně skládají ze dvou částí.

První částí každé z nich je materiál „VD – název díla - Parametry zvláštních povodní“, zpracovaný pražskou akciovou společností Vodní díla – TBD a. s. (je přílohou těchto zpráv). Tyto materiály mimo jiné stanovují způsoby vzniku a rozvoje havarijních stavů na jednotlivých VD a v jejich důsledku zejména i vývoj odtokových hydrogramů.

Druhé části těchto studií se zabývají stanovením průběhu průlomových vln v území pod VD a jsou předmětem těchto prací pod názvy „Zvláštní povodeň v důsledku havárie na VD – název díla – Stanovení rozsahu ohroženého území průlomovou vlnou zvláštní povodně“.

Zpracovatelem těchto částí je Povodí Ohře, státní podnik, odbor HEPS.

Objednatelem práce je Povodí Ohře, státní podnik.

2. Výstupy ze studie.

Prezentace výsledků z výpočtového modelu a z předchozího i následného zpracování byly z časových důvodů omezeny na minimum (zejména proti dosud zpracovaným studiím ZP – VD Jesenice, Skalka, Horka, Kadaň, Březová a Stanovice). Přesto za hlavní výstupy této studie lze považovat

- **zprávu studie** s údaji o vstupech (viz i část „Parametry zvláštních povodní“ v příloze), o podkladech a jejich zpracování, s údaji o výsledcích výpočtů použitým hydraulickým modelem, s jejich vyhodnocením a i s údaji o přílohách
- **podrobné situace** (ve formátech A1) se zakreslenou záplavovou čarou pro průtok průlomové vlny, dále se zákresem osy, staničení, umístění příčných profilů atd.

3. Základní údaje o VD a vymezení řešeného úseku toku pod VD.

Vodní dílo Mariánské Lázně je situováno na Úšovickém (dříve Kamenném) potoce v ř. km 7.927, (resp. 8.2 podle TE POh), severně od Mariánských Lázní.

Samotné vodní dílo je ve správě našeho podniku Povodí Ohře, s. p., přestože již leží mimo správní území podniku. To však nelze říci o Úšovickém potoce, jež odvádí vody z VD, neboť ten ve správě Povodí Ohře, s. p. není.

Základní údaje o VD jsou uvedeny v příloze této zprávy, v materiálu „Parametry zvláštních povodní“ a na tomto místě na ně pouze odkazují. V příloze jsou zejména údaje o účelu VD (odst. 4.1 na str. 2.) a technické parametry VD i s popisem jednotlivých objektů (odst. 4.2 na str. 2. až 4.).

Řešené území pod VD sestává z úseku Úšovického potoka o délce 7.93 km a dále z úseku Kosového potoka délky 4.658 km (ř. km 22.7 až 27.358), do něhož se Úšovický potok zleva vlévá asi 1.5 km od jižního okraje Mariánských Lázní.

Pro stanovení záplavového území průlomové vlny jsem sestavil výpočtový model (v prostředí programu Mike 11), jenž má délku 12.21 km a zahrnuje úsek Úšovického potoka od VD Mariánské Lázně po jeho vyústění do Kosového potoka a část úseku Kosového potoka po Dolní Kramolín. Úsek Kosového potoka jsem do modelu zahrnul proto, protože jsem předem nevěděl jak velká transformace průtoku nastane průběhem vlny Úšovickým potokem. Dalším důvodem byla skutečnost, že v době zpracování modelu jsem ještě neznal hodnoty hydrologických průtoků (zejména Q_{100}) na Kosovém potoce. Výpočtový úsek jsem ukončil u obce Dolní Kramolín. Nevěděl jsem sice, zda zahrnutý úsek Kosového potoka bude dostatečný, ale jak jsem zjistil později – po výpočtu a po vynesení záplavy – zahrnovat úsek Kosového potoka do modelu bylo dokonce zbytečné. V Kosovém potoce je pod vyústěním Úšovického potoka stoletý průtok na úrovni maxima průlomové vlny – respektive již dokonce o něco větší.

V celém modelovém úseku je jedinou významnou sídelní zástavbou město Mariánské Lázně, které nebude nijak významněji dotčeno (viz dále) a ani v extravilánech nejsou žádné významné objekty.

4. Výchozí údaje a podklady.

Podklady pro zpracování této akce - „Zvláštní povodeň na VD Mariánské Lázně“ – byly jen velmi omezené. Přesto sestávaly jak z podkladů v klasické psané podobě, tak také z podkladů v podobě digitální.

Z psaných podkladů byl k dispozici již zmiňovaný materiál „VD – Mariánské Lázně - Parametry zvláštních povodní“, zpracovaný pražskou akciovou společností „Vodní díla – TBD a. s. – lit. [6] a dále již jen dosud zpracované studie zvláštních povodní pro VD našeho podniku.

Digitální podklady tvořily zejména rastrové mapy ZM10 ZABAGED, spolu s vektorově zpracovanými vrstevnicemi a dále hydrologická data v profilu hráze a v předmětném úseku Kosového potoka. S ohledem na skutečnost, že v tratích Úšovického a Kosového potoka pod VD Mariánské Lázně neexistoval žádný výpočtový model, ani žádné geodetické zaměření potřebných údolních profilů, nebyly tyto podklady dostatečnými materiály pro sestavení výpočtového modelu a pro zpracování záplavového území průlomové vlny. Proto bylo nutné získat alespoň ještě obrazový materiál terénu a zástavby v území, za jehož pomoci jsem potom z daných digitálních podkladů výpočtový model sestavil. Tímto materiálem byla podrobná fotodokumentace, vztažená k jednotlivým vybraným stanovištím a obdobně zpracované videozáznamy. Obě tyto obrazové pomůcky jsem si v rámci průzkumných terénních prací sám pořídil.

5. Zpracování výpočtového modelu průlomové vlny.

Výpočtový hydraulický model průlomové vlny na VD Mariánské Lázně (software Mike 11) jsem sestavil z údolních profilů, získaných z digitálních map a z jejich vektorových vrstevnic (importovaných do GIS MapInfo) a s vydatnou pomocí uvedené obrazové dokumentace.

Model jsem sestavil z 11ti údolních profilů, což je ale pro dané účely a vzhledem k poměrně krátkému řešenému úseku počet dostatečný.

Okrajovými podmínkami byl vstupní hydrogram z práce [6], v horním okraji modelu a konzumpční křivka, kterou jsem spočítal v okrajovém dolním profilu.

5.1. Hydraulické zadání modelu, doba simulace.

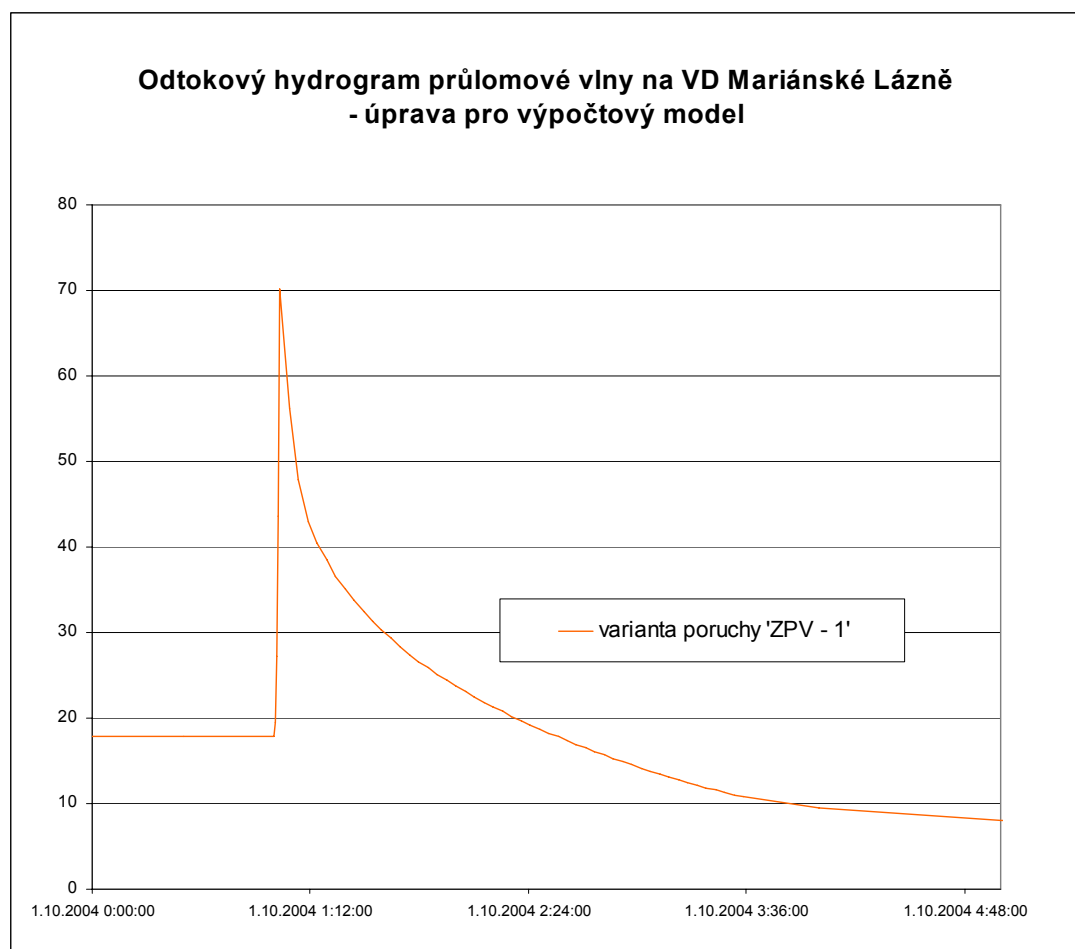
Modelová simulace určité - více či méně reálné - hydrologické situace (zde průlomové vlny), vyžaduje vytvořit v modelovém systému určitý hydrologický scénář. Ten byl v případě průlomové vlny na VD Mariánské Lázně velmi jednoduchý, neboť výpočtový model údolních říčních tratí Úšovického a Kosového potoka má pouze jednu větev a ta byla zatížena právě jen zmiňovaným hydrogramem průlomové vlny.

V práci [6], v příloze této zprávy, byla řešitelem studie pro výpočet průlomové vlny na tomto VD doporučena varianta poruchy hráze, nazvaná jako „ZPV 1“. Varianta předpokládá destrukci hráze v důsledku hypotetického ucpání odtoku z bezpečnostního přelivu naplaveným dřevem (stromy, splávi), s následným přelitím hráze - při převádění extrémního povodňového průtoků $Q_{100 \text{ až } 10000} = 17.9 \text{ m}^3/\text{s}$. Hladina v nádrži má na začátku vývoje poruchy kótu 733.12 m n. m. (Bpv).

Podle vybrané varianty nastane kulminační průtok v profilu hráze 2 min. od začátku vývoje poruchy a jeho hodnota je $Q_{\max} = 70.18 \text{ m}^3/\text{s}$. Celkový objem vlny odtoklý z nádrže je podle [6] 0.218 mil. m³.

Z uvedených hodnot je zřejmé, že se nejedná o až tak extrémní vlnu, ale vzhledem k dimenzím koryta potoka i ona vyvolá nezanedbatelnou záplavu.

Pro potřeby hladkého rozběhu a počátečního ustálení výpočtového modelu jsem uvedený hydrogram ve svém počátku rozšířil přechodovou průtokovou přímkou o době trvání 1 hod. a z důvodu řádného ukončení vlny na sestupné větvi a jejího proběhu celým říčním úsekem jsem i tuto část prodloužil přechodovou křivkou do menších průtokových hodnot – viz hydrogram na následujícím obr. č. 1. Z dále prezentovaných časových údajů výsledků je ale uvedené počáteční rozšíření vzestupné větve vstupního hydrogramu eliminováno, takže tyto údaje se vztahují k začátku vývoje poruchy (podle práce [6]).



obr. č. 1

V souvislosti s prezentovaným hydrogramem průlomové vlny a jejím kulminačním průtokem - pro lepší představu o průtokových poměrech modelu - zde nyní ještě uvedu hodnotu stoletého průtoku v profilu hráze VD Mariánské Lázně a dále hodnotu téhož průtoku v Kosovém potoce - pro profil pod vyústěním Bahnitého potoka (Valy u Lázní Kynžvart), což je hodnota, jež pravděpodobně platí i pro předmětný úsek pod vyústěním Úšovického potoka.

VD Mariánské Lázně průtok $Q_{100} = 11.4 \text{ m}^3/\text{s}$
 Kosový p. pod Bahnitým p. průtok $Q_{100} = 41.0 \text{ m}^3/\text{s}$

ČHMÚ Plzeň 07/2003
 ČHMÚ Plzeň 09/1997

6. Výsledky výpočtu průlomové vlny.

V úvodu odst. 2. jsem již uvedl, že z časových důvodů byly prezentace výsledků z výpočtového modelu a z předchozího i následného zpracování omezeny jen na nezbytné minimum, což na tomto místě znovu připomínám.

Z hydraulického hlediska není výpočet průběhu průlomové vlny územím pod vodním dílem zcela obvyklým a častým druhem výpočtu, neboť se jedná o klasicky neustálené proudění dané bodovým průtokovým zdrojem – o průtokovou vlnu.

Charakteristickým znakem průběhu takového povodňového jevu územím je nejen průtok proměnný v jednotlivých profilech v čase (ve tvaru vlny), ale také po toku proměnný průtok kulminační (zmenšující se), což je dáno transformací vlivem koryta a inundačního území.

V případě průlomové vlny pod VD Mariánské Lázně jsou platná obě tato předchozí tvrzení. Druhá část – transformace po toku – je dosti značná, neboť na řešeném 12ti km úseku poklesne kulminační průtok téměř na třetinu původní hodnoty.

Hlavní výsledky výpočtu průlomové vlny jsou prezentovány v následující výsledkové tabulce č. 1. a mimo jiné také dokládají výše uvedené tvrzení o transformaci kulminačního průtoky. Dále prezentované obrázky (č. 2 až 5) jsou výstupem z výpočtového modelu Mike 11 a jsou zde prezentovány jen jako ukázka možných výstupů z modelu.

Průlomová vlna na VD Mariánské Lázně - výsledné hodnoty maximálních hladin a průtoků								
tok	úsek	staničení	jméno profilu	jméno profilu modelové	maximální průtoky	maximální hladiny	maximální hloubky	čas dosažení maxima od počátku vývoje vlny
		[ř. km]	--	--	[m ³ /s]	[m n. m.]	[m]	
Kosový potok Úšovický potok	D. Kramolín až VD Mar. Lázně	-4.462	K11	-4462.35	26	519.39	1.38	1.10.2004 2:28:00
		-1.445	K10	-1445.34	29	523.89	2.89	1.10.2004 1:30:59
		1.533	U9	1533.33	37	542.22	1.22	1.10.2004 1:00:00
		2.520	U8	2519.51	39	556.06	2.06	1.10.2004 0:47:59
		3.562	U7	3561.55	41	574.23	1.73	1.10.2004 0:38:59
		4.420	U6	4419.45	41	592.90	1.90	1.10.2004 0:34:00
		4.903	U5	4902.65	42	603.88	1.38	1.10.2004 0:29:00
		5.128	U4	5127.82	42	607.69	1.19	1.10.2004 0:25:59
		5.555	U3	5554.51	42	624.47	1.47	1.10.2004 0:22:59
		6.671	U2a	6671.44	43	665.12	2.62	1.10.2004 0:16:59
		6.848	U2	6847.86	44	674.22	2.22	1.10.2004 0:15:59
		7.748	U1	7747.53	67	712.31	2.30	1.10.2004 0:01:59

tab. č. 1

Z tab. č. 1 je již na první pohled vidět, že v případě této průlomové vlny se nejedná o až tak extrémní povodňovou situaci, což odpovídá shodnému tvrzení uvedenému už výše, při popisu vstupních parametrů vlny (vstupního hydrogramu). To je dáno zejména malým vstupním kulminačním průtokem a malým celkovým objemem vlny. Tomu také odpovídají ne až tak významné záplavové a i dynamické účinky vlny v území a to i v intravilánu Mariánských Lázní.

Průlomová vlna se již v zalesněném úseku pod přehradou významně ztransformuje a na vtoku do městské části má již spíše charakter krátce trvající klasické povodně o extrémně velkém kulminačním průtokem. K zaplavení obytných objektů dojde jen v horním okraji lázeňské zástavby a to nepříliš velkými hloubkami – mezi 1.2 až 1.5 m. Vznik tohoto stavu je navíc podmíněn předpokladem ve výpočtovém modelu, že všechny zakryté úseky (a zejména první na vtoku do města) se zcela zanesou splaveninami a budou z přenosu průtoky vyloučeny. V opačném případě, pokud budou povodňový průtok převádět alespoň zčásti, bude i záplava na vtoku do města podstatně menší.

V dalších úsecích při průběhu vlny lázeňskou zónou i níže ležícím mimolázeňským centrem již k zaplavení obytných prostorů nedojde prakticky vůbec, neboť záplavová zóna není příliš

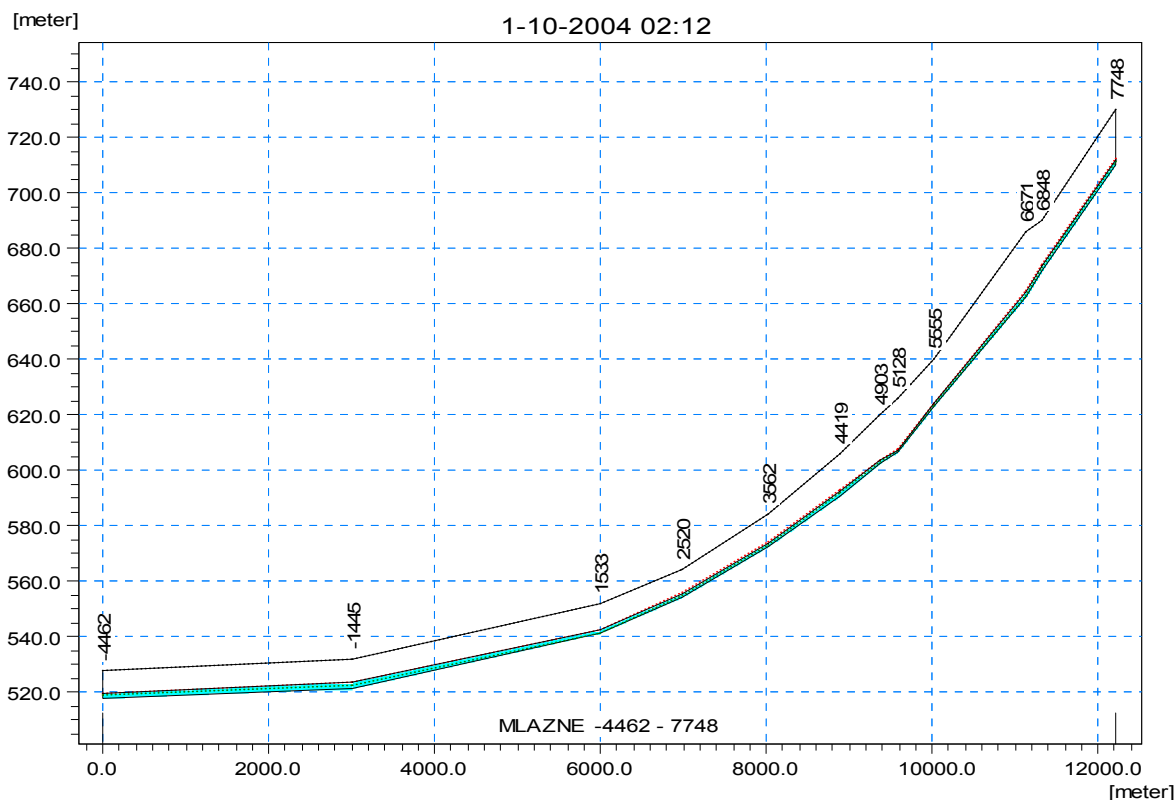
široká a v bezprostředním inundačním pásu podél potoka prakticky žádná zástavba není. To ale neplatí na jižním předměstí Mariánských Lázní (v Úšovivích), kde je v záplavě opět několik jednotlivých domků.

Navazující úseky - úseky Úšovického potoka, až k jeho soutoku s Kosovým potokem a úsek Kosového potoka až ke konci výpočtové simulace - jsou prakticky celé v extravilánu a kromě dvou, tří domků v Dolním Kramolíně se zde záplava z průlomové vlny nedotýká žádných objektů, dokonce ani dva zde ležící rybníky nebudou přelity.

V souvislosti s úsekem Kosového potoka, zahrnutým do výpočtového modelu zde znovu připomínám již výše uvedenou skutečnost (odst. 3., str 3.), že v celém úseku Kosového potoka je již od vyústění Úšovického potoka kulminační průtok průlomové vlny (Q cca $35 \text{ m}^3/\text{s}$ – viz tab. č. 1) menší, než hodnota stoletého průtoku platná pro tento úsek ($Q_{100} = 41 \text{ m}^3/\text{s}$), takže tento úsek by již nemusel být zahrnut do řešeného úseku průlomové vlny. Důvody proto, že zahrnut i přesto je, jsou uvedeny na již specifikované str. 3.

Kulminační průtok průlomové vlny proběhne řešeným úsekem poměrně pomalu – během 2 hod a 28 minut. Jeho hodnota se směrem po toku ztransformuje asi na třetinu – ze $70 \text{ m}^3/\text{s}$ na $26 \text{ m}^3/\text{s}$. To je zřejmé z hydrogramu na obr. č. 1 a z tab. č. 1.

Z tab. č. 1 je také vidět, že průběh průlomové vlny se po toku zpomaluje. Horním úsekem dl. 3 km, až ke středu lázeňské zóny (do profilu U4), proběhne poměrně rychle – za 25 min. Středním úsekem dl. 5 km (od profilu U4 do soutoku s Kosovým potokem) pak proběhne v čase 50 až 55 min. V dolním úseku dl. 4.5 km, který je tvořen Kosovým potokem je vlna nejpomalejší – proběhne jej asi za 70 – 75 min.

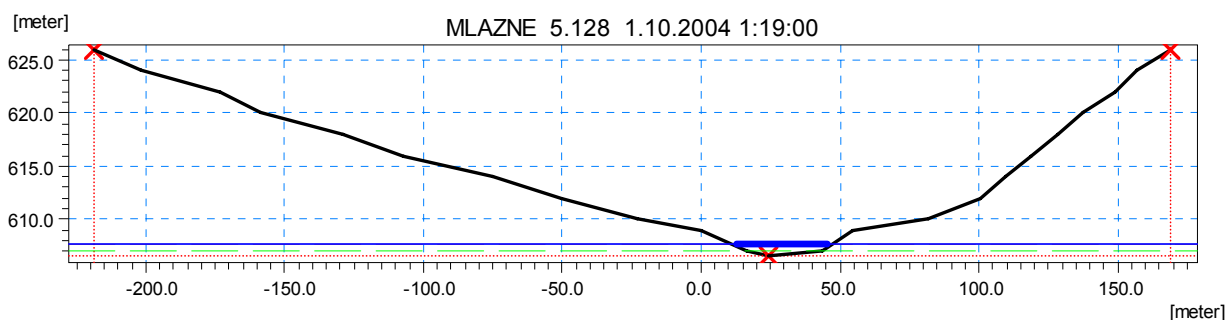


obr. č. 2

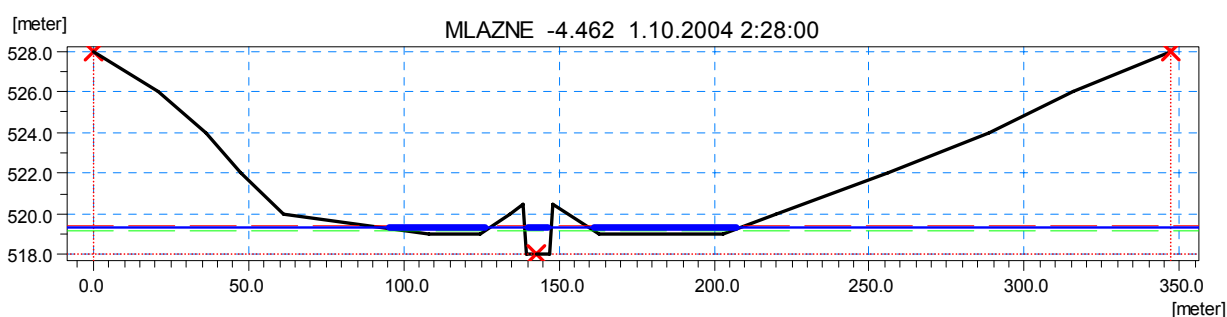
Výše uvedené rozdělení časů odpovídá sklonovým poměrům, kdy horní úsek má sklon 4 %, střední 1.7 % a dolní jen 0.08 % (viz schematický podélný profil na obr. č. 2, jež je výstupem z výpočtového modelu) a tomu též odpovídají průměrné profilové rychlosti kulminačního průtoku, které jsou shora cca 3.5 m/s , 2 m/s a 0.5 m/s .

Parametry hloubek vody a šířek záplavy v řešeném území již nejsou závislé jen na sklonových poměrech a kulminačních průtocích, ale také na konfiguraci terénu.

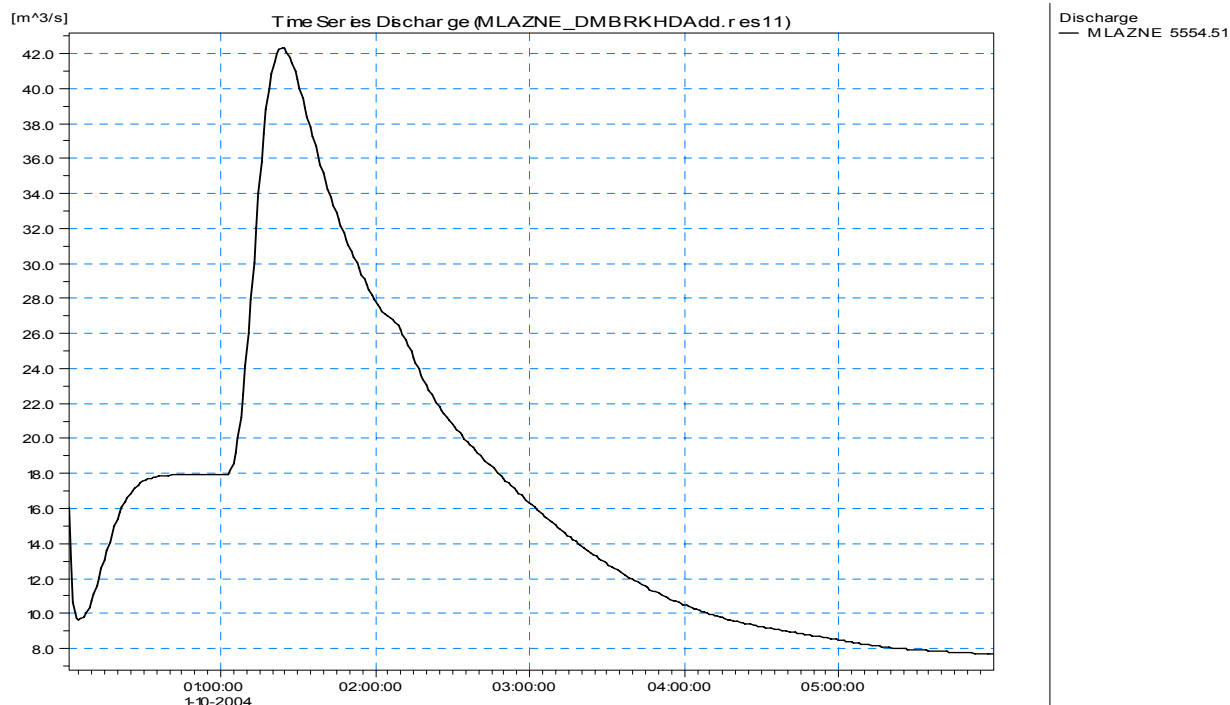
Hloubky jsou větší v horním a dolním úseku (více než 2 m), ve středním úseku jsou pak do 2 m. Šířky záplavy se v horním a středním úseku pohybují od 50 do 100 m a v dolním, málo sklonitým úseku až do 400 m.



obr. č. 3



obr. č. 4



obr. č. 5

Na obr. č. 3 a 4 jsou znázorněny schematické příčné (údolní) profily s kulminačním stavem hladiny průlomové vlny – profil na horním okraji zástavby Mariánských Lázní a závěrný profil modelu v Dolním Kramolíně – obr. č. 5 ukazuje průtokový hydrogram v profilu U4 – pod lázeňskou kolonádou.

7. Mapové a další výstupy ze studie.

V odst. 2. jsou jako hlavní výstupy ze studie uvedeny zejména tato zpráva a mapové situace se zákresem záplavové čáry propagace průlomové vlny v území pod VD. Tyto dva materiály – vzhledem k záměrně omezené prezentaci výsledků studie - jsou prakticky celým jejím obsahem, s výjimkou materiálu [6] - „VD Mariánské Lázně - Parametry zvláštních povodní“ - který jsem v plném znění připojil k této zprávě.

7.1. Mapové situace se zákresem záplavové čáry průlomové vlny.

Vedle zprávy této studie průlomové vlny na VD Mariánské Lázně jsou druhou samostatnou částí 4 situace v měř. 1 : 5 000 a ve formátu A1, zpracované v GIS MapInfo. Základ této přílohy tvoří rastry map ZM 10 ZABAGED a vektorové vrstevnice téhož původu.

V situacích je vykreslena záplavová čára kulminačních stavů průlomové vlny, profily použité ve výpočtovém modelu, osa se staničení a některé další údaje.

8. Závěr.

Studie zvláštní povodně na VD Mariánské Lázně řeší propagaci průlomové vlny do koryta a záplavového území Úšovického a Kosového potoka od VD, až po obec Dolní Kramolín.

Výpočtové práce byly provedeny pro průlomovou vlnu danou vstupním hydrogramem, tedy pro neustálý průtok.

Výsledkem výpočtu modelem Mike 11 je stanovení parametrů této vlny v celém předmětném úseku. Jak jsem již ale uvedl v odst. 3. a 6., po provedení výpočtů se ukázalo, že transformace vlny po toku (korytem a inundačním územím) byla tak značná, že celý zahrnutý úsek Kosového potoka (pod vyústěním Úšovického potoka) má kulminační průtoky průlomové vlny menší, než je hodnota stoletého průtoky, vztahující se k tomuto úseku Kosového potoka. Pokud si jako záplavové území průlomové vlny definujeme úsek toku, kde kulminační průtoky vlny jsou větší než stoletý průtok, pak je v tomto smyslu záplavovým územím průlomové vlny VD Mariánské Lázně jen úsek Úšovického potoka od VD po jeho vyústění do Kosového potoka.

Nejdůležitějšími výsledky jsou stanovené průtoky a úrovně hladin v jednotlivých profilech modelu a jejich časový průběh. Z nich jsou určeny kulminační hodnoty, které jsou prezentovány v této zprávě a ve zpracovaných situacích – záplavová čára průlomové vlny. Záplavová čára byla zpracována ve spolupráci s firmou Hydrosoft Veleslavín, s. r. o. Určuje rozsah území, které by bylo zasaženo průlomovou vlnou, kdyby k předpokládané havárii na VD Mariánské Lázně skutečně došlo.

Hodnoty výsledků jsou popsány v odst. 6. a v podrobnostech na něj odkazují.

Průlomová vlna o kulminačním průtoku $70 \text{ m}^3/\text{s}$ v profilu hráze VD Mariánské Lázně a o objemu 0.218 mil. m^3 se při průchodu řešeným 12ti km úsekem ztransformuje prakticky na jednu třetinu.

Kulminační stavy zatěžují příbřežní pozemky hloubkami do 3 m, při středních profilových rychlostech kulminačních stavů do 4 m/s.

Vlna, pokud by v těchto parametrech skutečně vznikla, by prakticky neměla výrazně destruktivní účinky ani na sídelní zástavbu a pravděpodobně ani na jiné objekty v záplavovém území pod vodním dílem.

Výstupem ze studie jsou jak tato zpráva se zpracovanými výsledky, tak i situace se záplavovými čarami průlomové vlny v měř. 1: 5000.

Literatura a další použité podklady.

- Hydraulika pro vodohospodářské stavby - Boor, Kunštátský, Patočka
- SNTL/ALFA - 1968 [1]
- Hydraulika - příklady – Havlík, Marešová – ČVÚT – 1993 (scriptum) [2]
- manuály programu Mike 11 [3]
- manuál programu Hydrocheck 1 [4]
- manuál GIS MapInfo [5]
- VD Mariánské Lázně - Parametry zvláštních povodní - Vodní díla – TBD a. s. Praha
- 2001 - je přílohou této zprávy [6]
- Studie zvláštních povodní – VD Březová, VD Stanovice, VD Přísečnice a VD Fláje
- HEPS Terezín – 2003 a 2004 [7]

Příloha.

„VD Mariánské Lázně - Parametry zvláštních povodní“ - Vodní díla – TBD a. s. Praha