



POVODÍ OHŘE, s. p. Chomutov
HEPS Terezín

Zvláštní povodeň v důsledku havárie na

VD Skalka

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



Terezín, září 2003

Zvláštní povodeň v důsledku havárie na

VD Skalka

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

Zpráva

Zpracoval:
Spolupráce:

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

Terezín, září 2003

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. Některé prvky výpočtového modelu.	4
5.2. Hydraulické zadání modelu, doba simulace.....	4
6. Výsledky výpočtu průlomové vlny.....	6
7. Mapové a další výstupy ze studie.	14
7.1. Mapové situace se zákresem zátopové čáry průlomové vlny.	14
7.2. Příloha zprávy.	15
7.3. CD disk přiložený ke studii průlomové vlny.	15
8. Závěr.....	15
Literatura a další použité podklady.	17
Příloha	18

Zvláštní povodeň na VD Skalka

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.

Za hlavní výstupy této studie lze považovat

- **zprávu studie** se všemi uvedenými 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** v měř. 1 : 25 000 (ve formátech A1) se zakreslenou zátopovou 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 Skalka je situováno na řece Ohři, v ř. km 240.227, na západním okraji Chebu.

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 a využití VD (odst. 4.2 a 4.3 na str. 2 a 3), údaje o manipulacích za povodňových situací podle MŘ (odst. 4.4, str. 3), technické parametry VD a popis jednotlivých objektů (odst. 4.6 a 4.7, str. 4 a 5).

Řešený úsek toku pod VD nesestává jen úseků Horní a Střední Ohře od VD Skalky až po VD Nechranice, ale též z tratě Odrazy od VD Jesenice po zaústění do Ohře pod Odrazou a z úseku Libockého potoka od VD Horka po jeho zaústění do Ohře pod obcí Liboc. To je dáno existencí povodňových modelů Horní a Střední Ohře a povodňových modelů hlavních přítoků, které naše oddělení HEPS v Terezíně v minulosti zpracovalo. Tyto modely se po rozsáhlých úpravách staly základem modelů průlomových vln (podrobněji viz dále).

Výpočtový model zvláštní povodně VD Horky zahrnuje již zmíněnou trať Libockého potoka, úsek Horní Ohře od VD Skalka v Chebu po LG v Drahovicích – Karlových Varech, dále zahrnuje celou Střední Ohři od LG v Drahovicích po vtok do VD Nechranice, celou nádrž VD Nechranice, úsek koryta od základových výpustí, úsek bezpečnostního přelivu se skluzem a úsek Dolní Ohře od profilu soutoku pod hrází (trať Ohře od výpustí a od skluzu) až po profil jezu Stranná. Součástí modelu je i výústní trať Odry od VD Jesenice, po zaústění do Ohře pod obcí Odry.

4. Výchozí údaje a podklady.

Podklady pro zpracování této akce – „Zvláštní povodeň na VD Horka“ i zvláštních povodní na dalších VD, v rámci tzv. 1. skupiny zpracovaných VD, jež zahrnuje ještě i VD Skalku, VD Jesenici a VD Kadaň – měly dvojí charakter. Sestávaly jak z podkladů v klasické papírové podobě, tak zejména z podkladů digitálních, jež měly rozhodující význam pro řešení těchto studií.

Nejdůležitějšími byly dva digitální systémy i jejich vytisknutá podoba.

Prvním z nich byl rozsáhlý výpočtový komplex povodňového modelu Horní a Střední Ohře a jejich hlavních přítoků v software Mike 11, které naše oddělení HEPS v Terezíně zpracovávalo v letech 1997 až 2000. Ten byl původně zpracován v DOS verzi 3.22 a v závěru prací jej vedoucí řešitel Ing. Pail převedl do nové Windows verze 2001. Pro výpočty průlomových vln o značně větších kulminačních průtocích proti klasickým povodním jej bylo nutno zásadně přepracovat do podoby jednotlivých průlomových modelů – podrobněji viz dále.

Druhým rozhodujícím systémem pro řešení, ale i pro prezentaci výsledků je zpracování celého předmětného území výpočtového modelu v GIS MapInfo a to jak v digitální, tak i ve vytisknuté podobě.

Pro zpracování obou těchto rozsáhlých systémů bylo třeba shromáždit mnoho geodetických měření a podkladů, mapových podkladů a mnoho nejrozličnějších vodohospodářských materiálů. Informace o těchto podkladech zde neuvádím, pro podrobnosti odkazuji na studie a zprávy uvedených povodňových modelů.

Dalším důležitým vstupním podkladem byla již několikrát zmiňovaná část „Parametry zvláštních povodní“, zpracovaná společností „Vodní díla – TBD a. s.“, kterou jsem pro její důležitost připojil k této zprávě jako celek. Její nejvýznamnější částí pro řešení studie ohroženého území pod VD je výsledná varianta hydrogramu odtoku průřevu v profilu hráze.

Pro řešení jsem využil ještě mnohé další podklady, které naše oddělení HEPS v Terezíně v minulosti shromáždilo nebo vytvořilo. Namátkou bych jmenoval „Korytový model Ohře a jejich přítoků“, manipulační řady a další podklady pro VD Nechranice, VD Kadaň a i další materiály.

5. Zpracování výpočtového modelu průlomové vlny.

Výpočtový hydraulický model průlomové vlny na VD Skalka byl vytvořen rozsáhlými úpravami povodňových modelů Horní a Střední Ohře a jejich hlavních přítoků. Tyto modely byly již dříve spojeny do jediného systému, v rámci již zmíněného převodu ze staré DOS verze do současné podoby ve Windows verzi 2001 - software Mike 11.

Úpravy systému povodňového modelu obecně spočívaly v následujících zásadách. Ze systému byly odpojeny nepotřebné (resp. zatím nepotřebné) přítoky Svatavy, Rolavy, Teplé a Bystřice. Model byl dále zjednodušen, byly zrušeny větve inundačního proudění, které by bránily stabilnímu výpočtu při extrémních hodnotách průtoku a z téhož důvodu byla zrušena větší na hydraulicky méně významných mostních objektů (zejména na zrušených inundačních větvích, ale i mimo ně, na hlavních modelových větvích). Dále byly zrušeny některé příčné profily, zejména ty, které měly charakter profilů korytových, resp. ty, jejichž hustota v podélním profilu byla nadbytečně vysoká. Naproti tomu bylo nezbytné upravit prakticky všechny zbylé profily tak, aby jejich břehové inundační partie byly dostatečně vysoko, aby provedly i kulminační hodnoty průtoku průlomové vlny. Tyto rozsáhlé úpravy profilů jsem realizoval odečítáním výšek a vzdáleností z rastrových mapových podkladů v digitálním GIS systému a pro jejich úpravu jsem je načítal do Excelu a následně do výpočtového modelu. Další zásahy spočívaly

ve výpočtových úpravách a rozšíření měrných křivek rozhodujících mostních a jezových objektů, které jsem v modelu jako objekty zachoval. V modelu bylo dále nutné vytvořit nový systém okrajových podmínek, včetně zadání hydrogramu průlomové vlny. Prakticky beze změny zůstaly některé modelové větve – úsek nádrže VD Nechranice, větev bezpečnostního přelivu a skluzu, kde jsem jen rozšiřoval měrnou křivku, větev koryta od základových výpustí, s drobnou úpravou regulace zavření průtoku touto větví při dosažení hranice neovladatelného stavu na VD Nechranice a beze změny zůstala i dolní větev až po jez Stranná, kde byla opět jen rozšířena dolní okrajová podmínka.

Výpočtové modely průlomových vln tzv. 1. skupiny studií (viz odst. 4. na str. 3) jsou obecně velmi podobně zpracované, s výjimkou modelu VD Kadaň. Jejich vnitřní parametry a systémy jsou poměrně složité a nelze tedy jednoduše prezentovat všechny jejich důležité aspekty. Přesto se v následujícím textu pokusím alespoň stručně popsat jejich některé důležité znaky a parametry.

5.1. Některé prvky výpočtového modelu.

Ke společným znakům modelů zmíněné 1. skupiny zejména patří již uvedené jednotlivé modelové větve, s jejich objektovými parametry, dále celý systém údolních profilů a jejich drsnostních charakteristik i vnitřní výpočtové parametry nastavení modelu.

V modelu se kromě již zmíněných větví a objektů VD Nechranice uplatňují ve výpočtu jako přepady i tyto další objekty.

větev	objekt	staničení modelové	staničení říční
Odrava	silniční most I/6 v Odravě	1.095	1.095
Ohře	železniční most v Jindřichově	18.249	233.962
Ohře	železniční most nad Sokolovem	46.281	203.719
Ohře	železniční most vlečky v Kyselce	89.705	160.295
Ohře	silniční most ve Vojkovicích (dolní)	99.204	150.796
Ohře	železniční most pod Mlýnem n. O.	101.909	148.091
Ohře	železniční most v Klášterci n. O.	117.955	132.045
Ohře	VD Kadaň	124.168	125.832
Ohře	železniční most v Kadani	126.008	123.992

5.2. Hydraulické zadání modelu, doba simulace.

Modelová simulace určité - více či méně reálné - hydrologické situace, navíc v kombinaci s variantou průlomové vlny, vyžaduje v takto složitém modelovém systému vytvořit určitý hydrologický scénář. Ten je vždy ovlivněn subjektivní volbou řešitele. Ani v případě tohoto výpočtu průlomové vlny na VD Skalka tomu nebylo jinak.

V příloze této zprávy byla řešitelem „Parametrů zvláštních povodní“ pro výpočet průlomové vlny na VD Skalka vybrána varianta poruchy hráze, nazvaná jako „Varianta 2“. Varianta předpokládá destrukci hráze vnitřní erozí při převádění desetitisícileté povodně $Q_{10000} = 700 \text{ m}^3/\text{s}$. Hladina při kulminaci povodně nastoupá až do úrovně 443.86 m n. m. což je o 26 cm výše než je hladina ochranného ovladatelného prostoru nádrže a o 74 cm níže než je koruna hráze. V tomto okamžiku a za této situace začíná výpočet simulace poruchy hráze, jejímž výsledkem je dále popsáný odtokový hydrogram průlomové vlny.

Hydrologická situace, při níž jedním z hlavních přítoků Horní Ohře protéká desetitisíciletá velká voda, by pravděpodobně byla výrazně povodňovou situací i pro další významné toky v daném regionu. Proto byly do scénáře výchozí hydrologické situace zahrnuty i odpovídající povodňové průtoky v dalších dvou okrajových podmínkách – v profilu VD Jesenice na Odravě a v profilu VD Horky na Libockém potoce.

Následující přehled uvádí průtoky v okrajových podmínkách, použité ve výpočtovém modelu. V profilech VD Jesenice a VD Horky byly použity konstantní povodňové průtoky pro celou výpočtovou dobu simulace průlomové vlny.

VD Jesenice
VD Horka

konstantní průtok $Q_{100} = 138 \text{ m}^3/\text{s}$
konstantní průtok $Q_{100} = 60 \text{ m}^3/\text{s}$

ČHMÚ Plzeň 01/1998
ČHMÚ Plzeň 12/1999

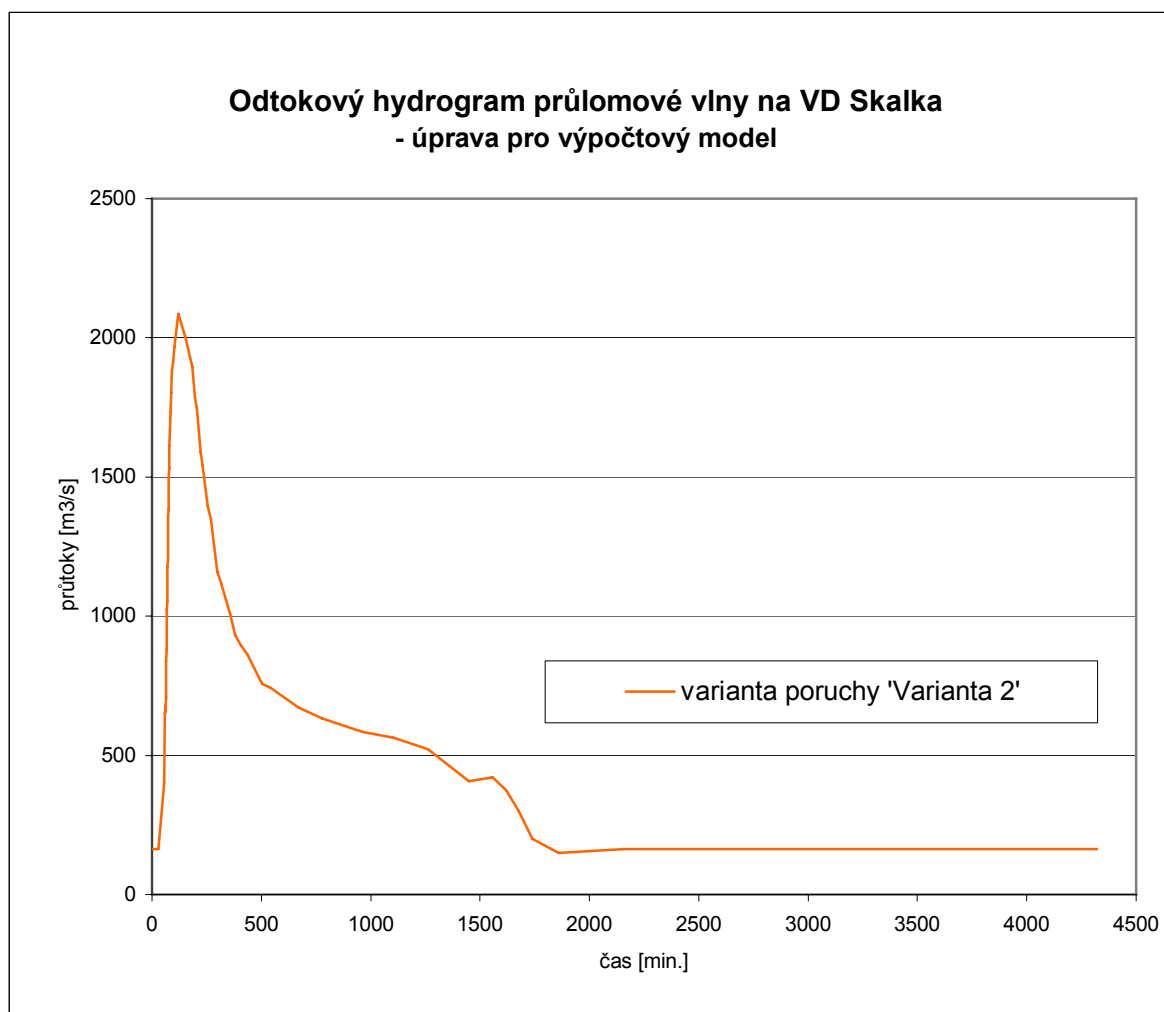
V profilu VD Skalka byl jako okrajová podmínka použit již zmíněný odtokový hydrogram při variantě poruchy hráze „Varianta 2“. I tato okrajová podmínka musela ovšem být pro potřeby modelu na svém počátku i konci upravena přechodovou křivkou z a do konstantní hodnoty povodňového průtoku. Rozšiřující konstantní hodnota byla

VD Skalka

konstantní průtok $Q_{10} = 163 \text{ m}^3/\text{s}$

ČHMÚ Praha 10/1995

Vlastní odtokový hydrogram je tabulkově zpracován v příloze této zprávy na str. Příloha 2-1 až 2-2 a spolu s dalšími grafy je znázorněn na str. Příloha 1. Jeho podobu rozšířenou o přechodové křivky uvádí následující obr. č. 1.



obr. č. 1

Proti hydrogramu z přílohy je tato jeho podoba ve svém počátku rozšířena o 1 hod., z toho prvních 30 min. trvá konstantní průtok Q_{10} . V konci sestupné větve je hydrogram upraven přechodovou křivkou opět až na průtok $Q_{10} = 163 \text{ m}^3/\text{s}$ a na celkový čas 4320 min., t. j. na 3 dny, což je také celkový výpočtový čas této simulace průlomové vlny.

Uvedený hydrogram má kulminační průtok průlomové vlny $2086 \text{ m}^3/\text{s}$. Objem nerozšířené vlny (odteklé vody z nádrže) je podle přílohy (strana 9) 69.5 mil. m^3 .

Pro úplnou představu o hydrologických poměrech modelu průlomové vlny a pro porovnání s dále prezentovanými výsledky uvádím ještě hodnoty stoletých průtoků na VD Kadaň a VD Nechranice.

VD Kadaň	průtok $Q_{100} = 740 \text{ m}^3/\text{s}$	ČHMÚ ročenka 1996
VD Nechranice	průtok $Q_{100} = 752 \text{ m}^3/\text{s}$	ČHMÚ Ústí n.L. 06/1998

Jednou z klíčových otázek, které také řešitel věnoval pozornost při řešení této průlomové vlny, bylo převádění průlomové vlny přes VD Nechranice. Důležitým faktorem, ovlivňujícím, tuto problematiku jsou v modelu zadané parametry počátečního naplnění a manipulací na VD. O nich viz dále v odst. č. 6.

6. Výsledky výpočtu průlomové vlny.

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. Na rozdíl od něho se v případě výpočtů obvyklých povodňových průtoků (na dlouhém, zejména říčním úseku toku) jedná většinou o plošné průtokové zatížení, postupně se po toku zvyšující, což je dáno nárůstem průtoků z přítoků hlavního recipientu, tak jak vyplývají z hydrologických hodnot získaných např. od ČHMÚ. Proto se v případech výpočtů klasických povodňových průtoků do hydraulických modelů zpravidla nezadávají obvykle obtížně odhadnutelné skutečné hydrogramy počítané povodňové situace, ale místo nich jen konstantní hodnoty zvolených povodňových průtoků a to pro celý výpočtový čas simulace. Zásadní rozdíl mezi oběma typy výpočtu pak spočívá ve skutečnosti, že zatímco ve druhém případě (obvyklých povodňových výpočtů) je po většinu simulovaného času průtok v jednotlivých říčních úsecích konstantní, je v prvním případě (průlomových vln) charakteristickým znakem nejen průtok proměnný v jednotlivých profilech v čase (ve tvaru vlny), ale také po toku proměnný (zmenšující se) průtok kulminační, což je dáno výraznou transformací vlivem koryta a inundačního území.

Příkladem takové transformace průtoků je i výpočet propagace průlomové vlny pod VD Skalka, jak ukazuje následující tab. č. 1.

Transformace průtoků průlomové vlny na VD Skalka v trati Ohře						
tok	lokalita	profil	staničení modelové	staničení říční	maximální průtok $Q_{\max}$	čas od začátku simulace
			[km]	[ř. km]	[m ³ /s]	[hod:min]
Ohře	pod hrází VD Skalka	1	12.914	240.124	2081	1:59
	Cheb nad silnič. mostem v centru	PF04	14.143	238.895	2057	2:10
	Cheb nad železničním mostem	11	15.237	237.801	2035	2:21
	Nebanice (nad vyústěním Odry)	30	25.310	224.690	1583	5:51
	Kynšperk	38	32.410	217.590	1423	8:58
	Citice nad železničním mostem	55	44.465	205.535	1268	12:15
	Sokolov pod zaústěním Svatavy	Oh18	48.032	201.968	1261	12:59
	Loket	89	59.287	190.713	1218	15:22
	Karlovy Vary pod zúštěním Teplé	A - A	75.394	174.606	1185	17:56
	Stráž nad Ohří	PF112	104.068	145.932	1168	21:25
	Klášteřec n. O. nad žel. mostem	PF8A	117.826	132.174	1165	22:20
	Kadaň nad železničním mostem	P23	125.962	124.038	1142	24:10
	vtok do nádrže VD Nechranice	PF133	132.223	117.777	1126	24:21
	hráz nádrže VD Nechranice	--	146.600	103.400	996	27:40

tab. č. 1

Úsek Ohře dlouhý 122.5 km (od VD Skalka po vtok do nádrže VD Nechranice) dokáže ztransformovat kulminaci průlomové vlny téměř na polovinu při doběhové době asi 25.5 hod. Největší transformační schopnost přitom vykazují úseky od Chebu do Kynšperku a také navazující úsek až do Karlových Varů. Transformace ovšem není tak extrémní jako např. v případě dříve řešené průlomové vlny na VD Horka, což je dáno poměrně velkým objemem této průlomové vlny.

Nádrž VD Nechranice (při zadaných parametrech v modelu – viz dále) ztransformuje kulminační přítok do nádrže už jen poměrně málo. V profilu hráze je kulminační průtok stále ještě větší než průtok Q_{100} , ale bezpečnostní přeliv ho převede pod hráz VD Nechranice, do koryta Dolní Ohře.

Transformace v nádrži VD Nechranice byla dána několika základními faktory, uplatněnými v modelu. Předně model předpokládal stavební stav před započítáním rekonstrukce bezpečnostního přelivu. Dalším předpokladem byl zcela zaplněný zásobní prostor v počátku simulace, t. j. hladina v nádrži byla držena na provozní úrovni – 269.00 m n. m. Manipulace s uzávěry bezpečnostního přelivu a další převádění povodně se řídilo platným manipulačním řádem, t. j. zejména podle vzestupu hladiny v nádrži. Tomu přesně odpovídá modelová křivka přepadu BP. Výsledky parametrů, dosažených na tomto VD za uvedených předpokladů, lze pak vyčíst z modelových výpočtů.

Nádrž VD Nechranice ztransformuje kulminační průtok průlomové vlny jen málo - na hodnotu 996 m³/s u hráze. To je dáno poměrně velkým objemem vlny (celá vlna oteklá z VD Skalky má objem 69.5 mil. m³). Vlna způsobí nastoupání hladiny v nádrži VD Nechranice na kótu 272.24 m n. m., což je 34 cm nad hranicí mezi ovladatelným a neovladatelným retenčním prostorem nádrže.

Výsledky výpočtu průlomové vlny na VD Skalka pro VD Nechranice zde uvádím jako doklad, že havárie této velikosti (objemu vlny) na některém VD v povodí Horní nebo Střední Ohře by ústřední VD našeho podniku sice neohrozila, ale jeho provoz by významně ovlivnila. Porovnáme-li ji s dříve spočítanou průlomovou vlnou na VD Jesenice (ta má cca trojnásobný kulminační průtok vstupního hydrogramu a má jen o málo větší objem), jejíž vliv na VD Nechranice je na mezi ohrožení tohoto díla, vidíme, že při přibližně shodném objemu vlny je důležitým faktorem i velikost kulminačního průtoku pod havarovaným dílem. Ta je příčinou o 1 m vyšší maximální hladiny v nádrži.

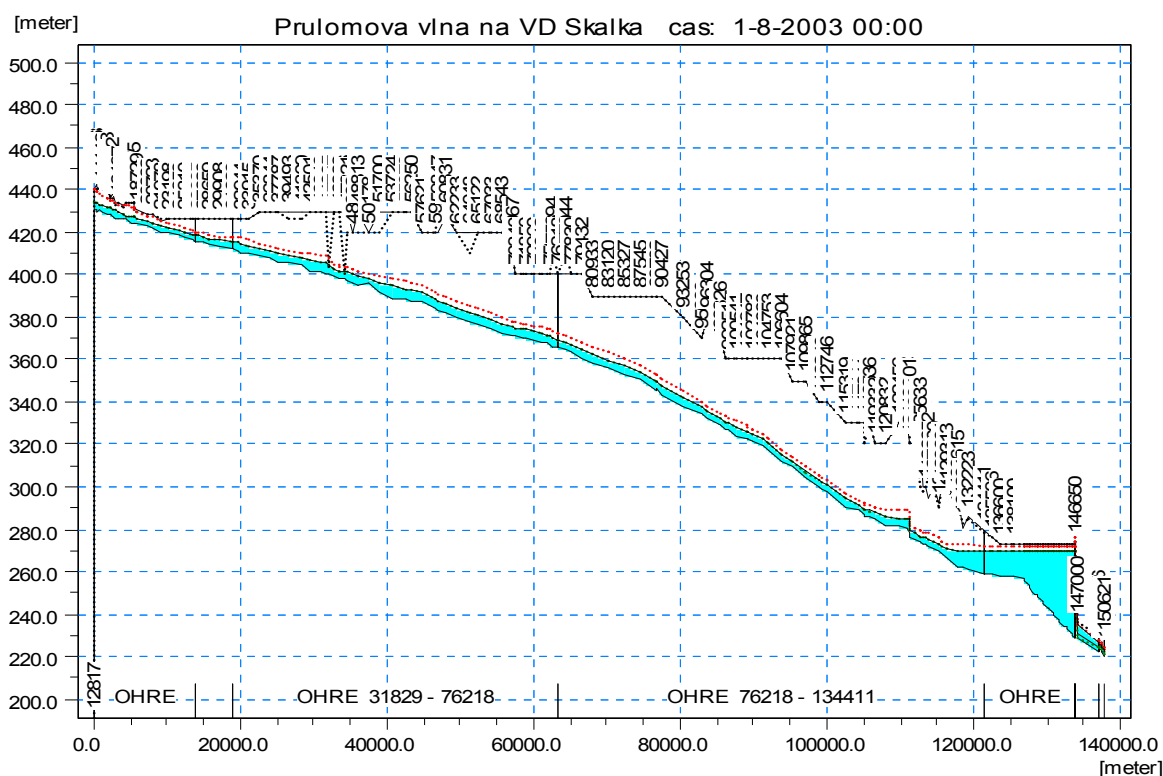
Z výpočtu této průlomové vlny zvláštní povodně by bylo možné získat a zpracovat mnoho podrobných výsledků, zejména týkajících se jejího průběhu jednotlivými lokalitami zasaženého území, ale z časových důvodů to není v tomto okamžiku možné. Lze to však v případě zájmu nebo potřeby provést dodatečně. Vyjímkou je tabulka výsledků maximálních hladin a průtoků téměř celého úseku průlomové vlny v závěru tohoto odstavce (str. 11 až 13).

Hlavním požadavkem zadání bylo stanovení rozsahu ohroženého území. Tomuto požadavku byly přizpůsobeny i prezentace výsledků modelového výpočtu. Hlavním prezentačním výsledkem jsou proto poměrně podrobné mapy zátopového území průlomové vlny, zpracované v samostatné příloze této práce – podrobněji viz odst. 7. Přesto ale i některé další zajímavé výsledky jsou uvedeny v pokračování tohoto odstavce.

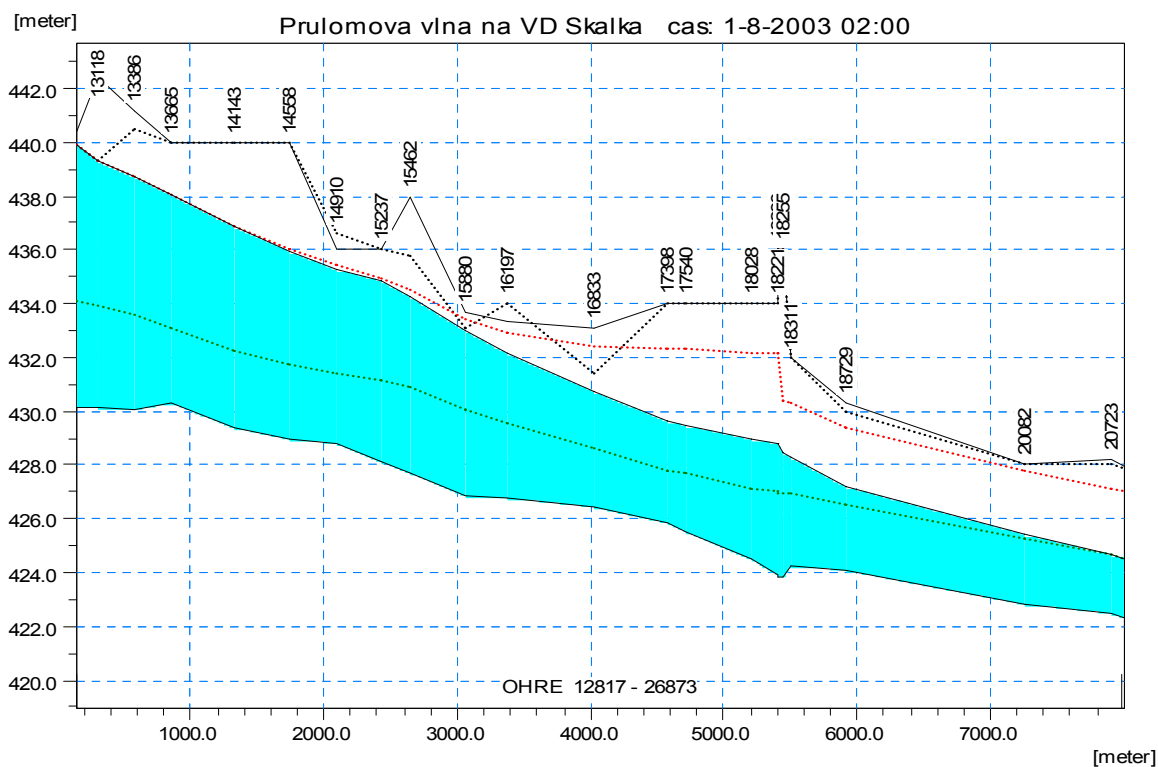
Jedním z nejzajímavějších výsledků modelu průlomové vlny jsou animace průběhu hladiny zejména v podélném profilu, které umožňuje zobrazit prezentační software systému Mike 11. Ty ovšem nelze prezentovat jinak, než s použitím výpočetní techniky. Přesto ale je možné podélný profil s hladinou v určitém okamžiku simulačního času přetisknout, jak ukazuje obr. č. 2 a jeho dílčí modifikace na obr. č. 3 a 4.

V uvedených obrázcích jsou čárkovanými čarami zobrazeny maximální (červená) a minimální (zelená) dosažené hladiny při průchodu průlomové vlny po toku v čase.

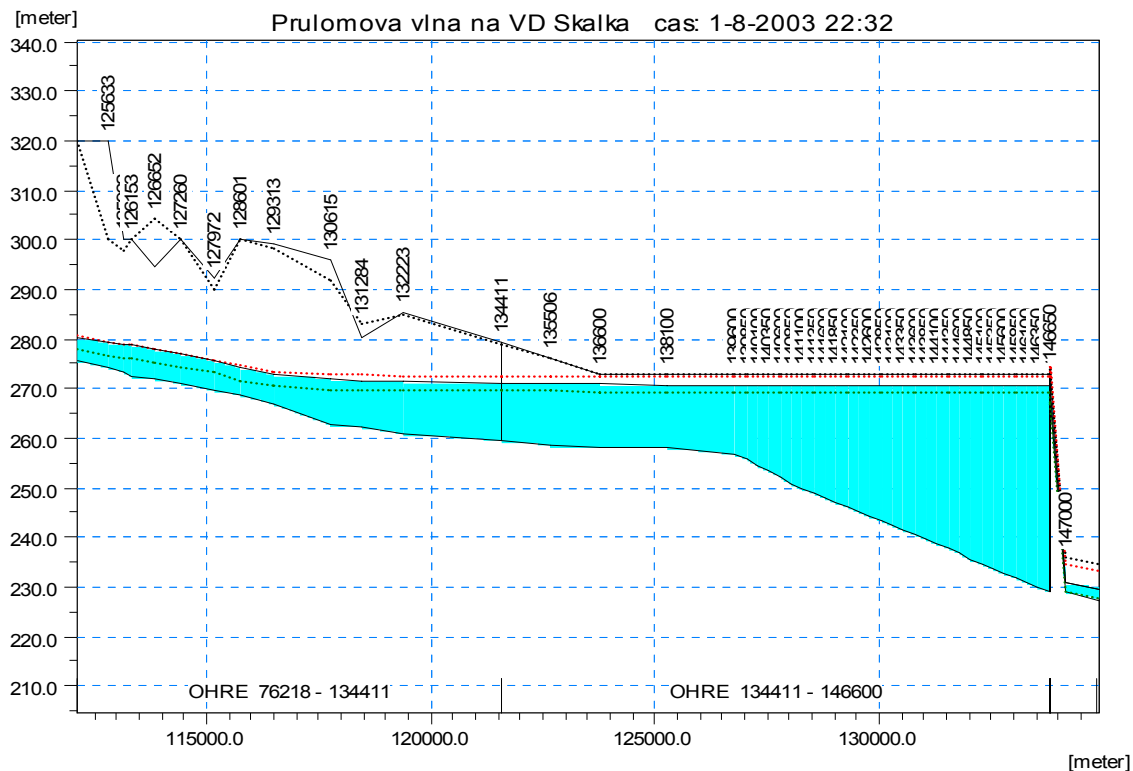
V obr. č. 2 je znázorněn podélný profil celého zasaženého úseku Ohře v simulačním čase 0 min. (simulace byly řešeny ve zvoleném kalendářním čase od 1.8.2003 00:00 hod:min do 3.8.2003 24:00) V obr. č. 3 je znázorněn horní úsek Ohře pod VD Skalka v čase 1.8.2003 02:00 a je na něm vidět, že čelo průlomové vlny je v tomto čase pod Chebem, ještě před soutokem s Odravou.



obr. č. 2



obr. č. 3

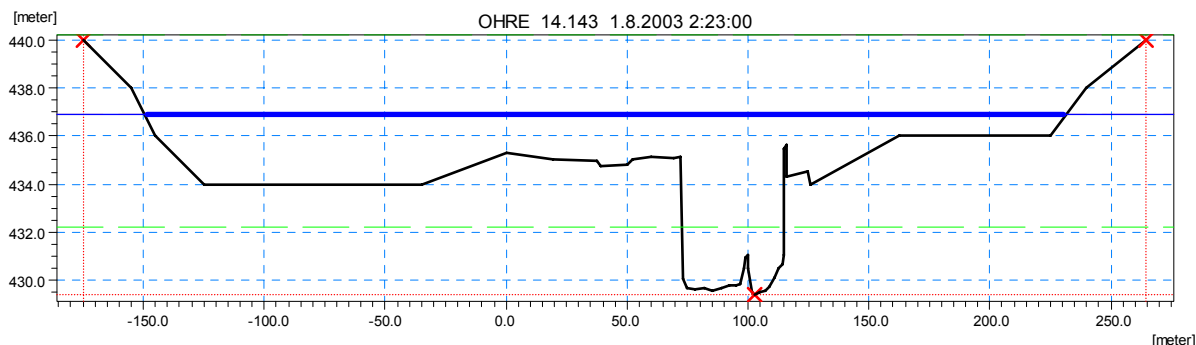


obr. č. 4

Obr. č. 4 zahrnuje dolní úsek Ohře od VD Kadaň po VD Nechranice a znázorňuje okamžik, kdy nastává kulminace na vtoku do nádrže VD Nechranice – simulační čas 1.8.2003 22:32.

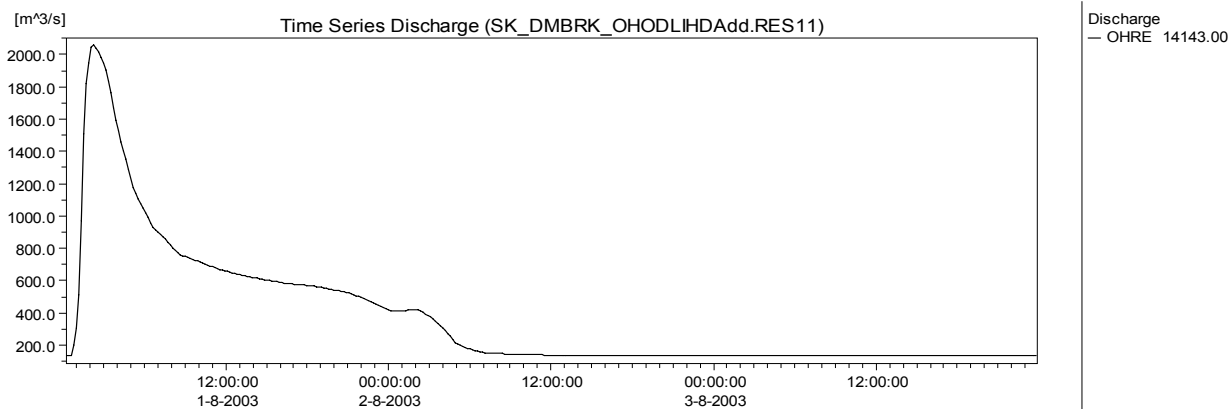
Další prezentované výsledky z výpočetního software ukazují obr. č. 5, 6 a 7.

Obrázek č. 5 zobrazuje příčný profil Ohře v Chebu (km. 14.143 – modelové staničení). Je na něm zobrazena okamžitá poloha hladiny, v čase 2 hod. 23 min po začátku simulace. Tato hladina je současně hladinou kulminační (ztotožňuje se s červenou čárkovanou čarou její maximální polohy), výchozí stav v čase 0 min. vyznačuje zelená čárkovaná linie. Z obrázku a z podrobných výsledků lze vysledovat, že průlomová vlna vzniklá na VD Skalka vybřeží v této lokalitě do levého břehu intravilánu Chebu do vzdálenosti asi 250 m, s výškou záplavy okolo 3 m.



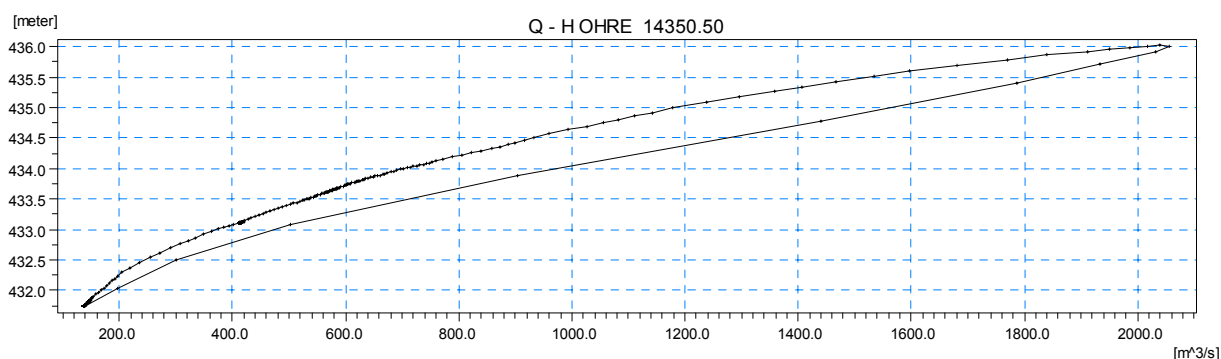
obr. č. 5

Na obr. č. 6 na další stránce je znázorněn časový nárůst a pokles průtoku (hydrogram průlomové vlny) v témže profilu v Chebu, jako v případě obr. č. 5.



obr. č. 6

Obr. č. 7 je vyjádřením měrné křivky průtoků v profilu přibližně shodném s obr. č. 5. Důsledkem průtokové vlny (neustáleného proudění) jsou mírně rozdílné tyto $Q - h$ vztahy na vzestupné a sestupné větvi průlomové vlny.



obr. č. 7

Předposledním výstupem odst. 6. je tab. č. 2. V ní jsou zpracovány kóty hladin kulminačních průtoků a průměrné hloubky záplavy v inundačních územích vybraných sídelních útvarů.

Hladiny a hloubky v záplavených územích vybraných sídelních útvarů v trati Ohře									
tok	lokalita	břeh	profil	staničení	staničení	prům. kóta zaplaveného území	kulminační hladina	průměrná hloubka záplavy	šířka záplavy
				[km]	[ř. km]				
Ohře	Cheb centrum (nad sil. m.)	levý	PF04	14.143	238.895	434.00	436.90	2.9	220
	Cheb nad želez. mostem	pravý	11	15.237	237.801	432.00	434.97	3.0	240
	Nebanice (nad Odrouvou)	pravý	30	25.310	224.690	419.50	421.93	2.4	660
	Kynšperk	levý	32.41	32.410	217.590	416.00	417.53	1.5	600
	Citice nad želez. mostem	levý	55	44.465	205.535	406.20	408.62	2.4	190
	Sokolov	pravý	PF37	48.813	201.187	399.00	401.64	2.6	610
	Loket	levý	89	59.287	190.713	388.90	392.00	3.1	60
	Karlovy Vary nad Teplou	pravý	109	75.020	174.980	374.00	374.32	0.3	500
	Stráž nad Ohří	levý	PF112	104.068	145.932	323.00	324.54	1.5	50
	Klášteřec n. O. nad žel. m.	pravý	PF8A	117.826	132.174	291.50	292.14	0.6	30
	Kadaň	levý	P20	124.904	125.096	279.80	280.53	0.7	40

tab. č. 2

Následující str. 11 až 13 jsou vyhrazeny již výše zmíněné tabulce výsledků maximálních hladin a průtoků téměř celého úseku průlomové vlny, z níž lze vyčíst např. i hodnoty kulminačních průtoků pro lokality uvedené v tab. č. 2 (obdobně jako i z tab. č. 1).

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 zátopové čáry propagace průlomové vlny v území pod VD. Tyto dva materiály nejsou ovšem jedinými výstupy této studie. Mezi v odst. 2. neuvedenými, je třeba jmenovat zejména přiložený CD disk, s plně funkčním (výsledným tvarem) výpočtového modelu a se všemi dalšími důležitými výstupy ze studie v digitální podobě. Také je možné znovu připomenout skutečnost uvedenou na jiném místě zprávy, že za výstup lze též považovat materiál „VD Skalka - Parametry zvláštních povodní“, zpracovaný pražskou akciovou společností „Vodní díla – TBD a. s.“, který jsem v plném znění připojil k této zprávě.

7.1. Mapové situace se zákresem zátopové čáry průlomové vlny.

Vedle zprávy této studie průlomové vlny na VD Skalka jsou druhou samostatnou částí situace v měř. 1 : 25 000, zpracované v GIS MapInfo. Základ těchto mapových situací, včetně „osazených“ rastrových map ZM10, jsem převzal z povodňových modelů Horní a Střední Ohře a z povodňových modelů jejich hlavních přítoků.

Grafické zobrazení území, ohroženého zvláštní povodní, je v situacích provedeno formou zákresu zátopové čáry průlomové vlny, jež je „obálkou“ zátopových čar kulminačních průtoků v jednotlivých dílčích úsecích Ohře, shodně jako v případech zátopových čar při „normálních“ povodňových průtocích.

Zátopové čáry průlomové vlny byly zpracovány ve spolupráci s firmou Hydrossoft Vele-slavín, s. r. o.

Existence dříve řešených povodňových modelů umožnila - pro porovnání rozsahu zátopy při řešené průlomové vlně, s rozsahem zátopy při „normální“ povodni - ponechat v prezentovaných situacích i zátopovou čáru povodně Q_{100} . Řešená průlomová vlna má v celé délce vyšší hodnoty kulminačních průtoků a tedy i hladin, než povodeň Q_{100} . Logickým důsledkem je i větší rozsah (šířka) zátopy. V mnoha úsecích ovšem, vzhledem ke kaňonovitému charakteru údolí (zaříznutému, se strmými svahy), je rozsah zátopy průlomové vlny větší než zátopa Q_{100} jen nepatrně, nebo někde prakticky i téměř sleduje zátopu povodně Q_{100} .

V souvislosti se zákresem zátopové čáry průlomové vlny stojí za zmínku ještě jedna skutečnost. Ve výpočtovém modelu této průlomové vlny byla ponechána i větev Odavy a také větev Libockého potoka. Z toho důvodu model napočítal i propagaci vlny (neustáleného proudu) do výtokové části úseku Odavy. Z hydraulického hlediska došlo k tomu, že postupný nárůst hladiny průlomové vlny na soutoku Odavy a Ohře převýšil hladinu v Odavě, odpovídající zadanému konstantnímu průtoků (Q_{100} - viz str. 5) a voda začala natékat do její výtokové partie. Rozsah zátopy v tomto výtokovém úseku je tedy samozřejmě větší, než při Q_{100} . Po vyrovnání hladin s kulminační hladinou průlomové vlny, objem nateklý do výústního úseku Odavy začal spolu s daným povodňovým průtokem vytékat zpět do Ohře. Uvedený nátokový jev respektuje i zakreslená čára průlomové vlny, která je do uvedené větve Odavy „zatažena“ a napojena až do míst vyrovnání s čarou Q_{100} z povodňového modelu.

Obdobným „nátokovým“ jevem ale průlomová vlna z VD Skalky nezatěžuje trať Liboc-kého potoka, neboť jeho výústní partie je poměrně sklonitá.

Kromě zátopy průlomové vlny a zátopy Q_{100} jsou v situacích zakresleny i mnohé další informace – zkonstruované osy toků s říčním staničením, umístění výpočtových profilů modelu, umístění mostních a jezových objektů s popisy a vyznačeny jsou také přítoky.

poznámka: popis uvedených grafických informací – např. vysvětlení ke zkonstruování os toků, k modelování i nově zkonstruovanému staničení říčnímu a k údajům o dalších objektech – v této zprávě není a v podrobnostech proto odkazují na studie povodňových modelů, kde tyto informace uvedeny jsou.

Na závěr tohoto odstavce ještě uvedu, že popsané mapové situace jsou zpracovány také digitálně na přiloženém CD disku. Zde jsou v příslušných souborech v adresáři GIS, kde jsou jednak ve formátu GIS MapInfo, ve kterém byly zpracovány, ale také ve formátu GIS ArcView, do kterého byly na závěr převedeny pro uživatele tohoto systému – viz odst. 7.3.

7.2. Příloha zprávy.

V příloze této zprávy je materiál „VD Skalka - Parametry zvláštních povodní“, zpracovaný pražskou společností „Vodní díla – TBD a. s.“ Ten byl jedním ze základních výchozích podkladů pro řešení této studie propagace průlomové vlny.

Materiál kromě jiného obsahuje základní údaje a technické parametry VD Skalka, stručný popis jednotlivých funkčních objektů, hydrologické údaje a údaje o manipulacích na díle. Dále obsahuje základní předpoklady a podmínky variantních řešení vzniku poruch díla a z nich odvozené parametry odpovídajících variant průlomové vlny, zejména výsledně doporučené – parametry průtokové, hladinové a objemové, vše vztaženo k času začátku poruchy.

7.3. CD disk přiložený ke studii průlomové vlny.

Součástí studie je i přiložený CD disk, na němž jsou jak výpočtové, tak i prezentační soubory – zprávy, tabulky, soubory GIS aj.

Obsah disku CD:

Výsledkové a datové soubory jsou na přiloženém CD-ROM rozděleny do následujících podadresářů, ve kterých jsou soubory těchto výstupů.

- podadresář Zpráva
obsahuje tuto zprávu, její úvodní listy, soubor s polepkou desek studie a grafické soubory leteckých fotek VD Skalka, použitých na titulním listu a na deskách studie
- podadresář Model - výpočty
v tomto podadresáři jsou všechny aktuální modelové výpočtové soubory, které po spuštění výpočtu (v prostředí Mike 11, verze 2001) - bez úprav vstupních podmínek - dají přesně shodný výsledek, jaký je prezentován ve výsledkových souborech „SK_DMBRK_OHODLI.RES11“ a „SK_DMBRK_OHODLIHDAAdd.RES11“.
- podadresář GIS
obsahem je zpracovaná situace celého předmětného území studie zvláštní povodně VD Skalka se zátopovými čarami průlomové vlny a s dalšími vektorově zpracovanými datovými strukturami (viz též odst. 7.1.), včetně rastrů map ZM 10. V adresáři jsou spouštěcí soubory pro GIS MapInfo (*.wor) i pro GIS ArcView (*.apr).
- podadresář Vstupy a výstupy
v podadresáři je upravený soubor vstupního hydrogramu průlomové vlny ve formátu „*.xls“, dále celý výsledkový soubor (ze str. 11 až 13 této zprávy) v témže formátu „*.xls“ a soubory „*.hc1“, v nichž jsou profily celého předmětného úseku Odavy, Libockého potoka a úseku Ohře, které v této podobě byly použity i ve výpočtovém modelu (Mike 11).

Uvedený obsah (včetně jmen některých souborů) je též v ochranném obalu přiloženého CD disku.

8. Závěr.

Studie zvláštní povodně na VD Skalka řeší propagaci průlomové vlny do koryta a zátopových inundačních území Ohře až pod VD Nechanice, včetně nátoky do výústní tratě Odavy. Vstupní hydrogram této vlny byl stanoven pražskou akciovou společností „Vodní díla – TBD a. s.“, v rámci zpracování 1. etap tzv. zvláštních povodní pod názvy „VD – název díla - Parametry zvláštních povodní“ (celá tato práce pro VD Skalka je v příloze této zprávy).

Výchozími podklady této práce byly studie povodňových modelů Horní a Střední Ohře a jejich hlavních přítoků, které oddělení HEPS v Terezíně zpracovalo ve druhé polovině devadesátých let. Výpočtové modely z těchto studií (v systému Mike 11) byly dodatečně spojeny a pro potřeby výpočtů průlomových vln značně upraveny. Jako podklad pro zpracování této práce a pro její výstupy bylo použito digitální zpracování mapových podkladů se zátopovými čarami „klasických“ povodní v GIS MapInfo.

Výpočtové práce byly provedeny pro průlomovou vlnu danou vstupním hydrogramem, tedy pro neustálený průtok. Výsledkem výpočtu modelem Mike 11 je stanovení parametrů této vlny v celém úseku Ohře od VD Skalka až pod VD Nechranice. 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 – zátopová čára průlomové vlny. Zátopová 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 Skalka skutečně došlo.

Hodnoty výsledků jsou podrobně popsány v odst. 6. Průlomová vlna o kulminačním průtoku $2086 \text{ m}^3/\text{s}$ v profilu pod VD Horka a o objemu 69.5 mil. m^3 se při průchodu uvedeným územím ztransformuje na $1126 \text{ m}^3/\text{s}$ na vtoku do nádrže VD Nechranice a vlastní nádrž (za daných vstupních podmínek naplnění nádrže a manipulací dle MŘ) pak tento průtok ztransformuje ještě asi o 12 % – na hodnotu $996 \text{ m}^3/\text{s}$. Kulminační stavy zatěžují inundace v některých úsecích i hloubkami většími než 3 m a šířky záplav jsou mnoha případech i stovky metrů, což se týká i některých měst v území.

Výstupem ze studie je jak tato zpráva se zpracovanými výsledky, tak i situace se zátopovými čarami průlomové vlny. To ovšem nejsou výstupy jediné. Součástí je též přiložený CD disk se vstupy a výsledky v digitální podobě.

Obsahem CD disku jsou všechny hlavní vstupní podklady a výpočtové i prezentační výstupy ze studie. Tato forma zpracování umožňuje zájemcům prohlížet si mnohem podrobněji výsledky studie, než to umožňuje jen „papírový“ výstup.

V adresáři „Model – výpočty“ je uvedena konečná podoba výpočtového modelu a výsledkové soubory provedeného výpočtu průlomové vlny. Model lze též použít pro kontrolní i další dodatečné výpočty.

V adresáři GIS jsou zpracované soubory mapových situací se zátopovými čarami průlomové vlny a s dalšími zpracovanými datovými strukturami. Jsou zde také spouštěcí soubory pro GIS MapInfo i ArcView.

V Terezíně 29. 9. 2003

Ing. Zdeněk Klíma
oddělení HEPS v Terezíně

Literatura a další použité podklady.

- Hydraulika pro vodohospodářské stavby - Boor, Kunštátský, Patočka
- SNTL/ALFA - 1968 [1]
- Základy hydrauliky a hydrologie pro inženýrské konstrukce a dopravní stavby
- Kunštátský, Patočka – SNTL/SVTL - 1966..... [2]
- Hydraulika pre stavebných inžinierov /1/ – Mäsiar, Kamenský – ALFA - 1986..... [3]
- manuály programu Mike 11 [4]
- manuály programu Hydrocheck 1 a 2 [5]
- manuál GIS MapInfo [6]
-
- VD Skalka - Parametry zvláštních povodní - Vodní díla – TBD a. s. Praha - 2001
- je přílohou této zprávy [7]
- Povodňové modely Horní a Střední Ohře a povodňové modely přítoků - soubor studií
- Povodí Ohře, s. p., odbor HEPS, pracoviště Terezín - 1997 až 2001..... [8]
- Korytové modely Horní, Střední a Dolní Ohře a korytové modely přítoků - soubor studií
- Povodí Ohře, s. p., odbor HEPS, pracoviště Terezín a Hydrosoft Veleslavín, s.r.o.
- 1994 a 1998 až 2001 [9]
- Přehrada Nechanice, Hydraulická zabezpečení – VRV Praha - 1981..... [10]
- Manipulační řady VD Nechanice a VD Kadaň a mnoho dalších materiálů k VD
a objektům v povodí – podnikových i vlastních [11]

Příloha.

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