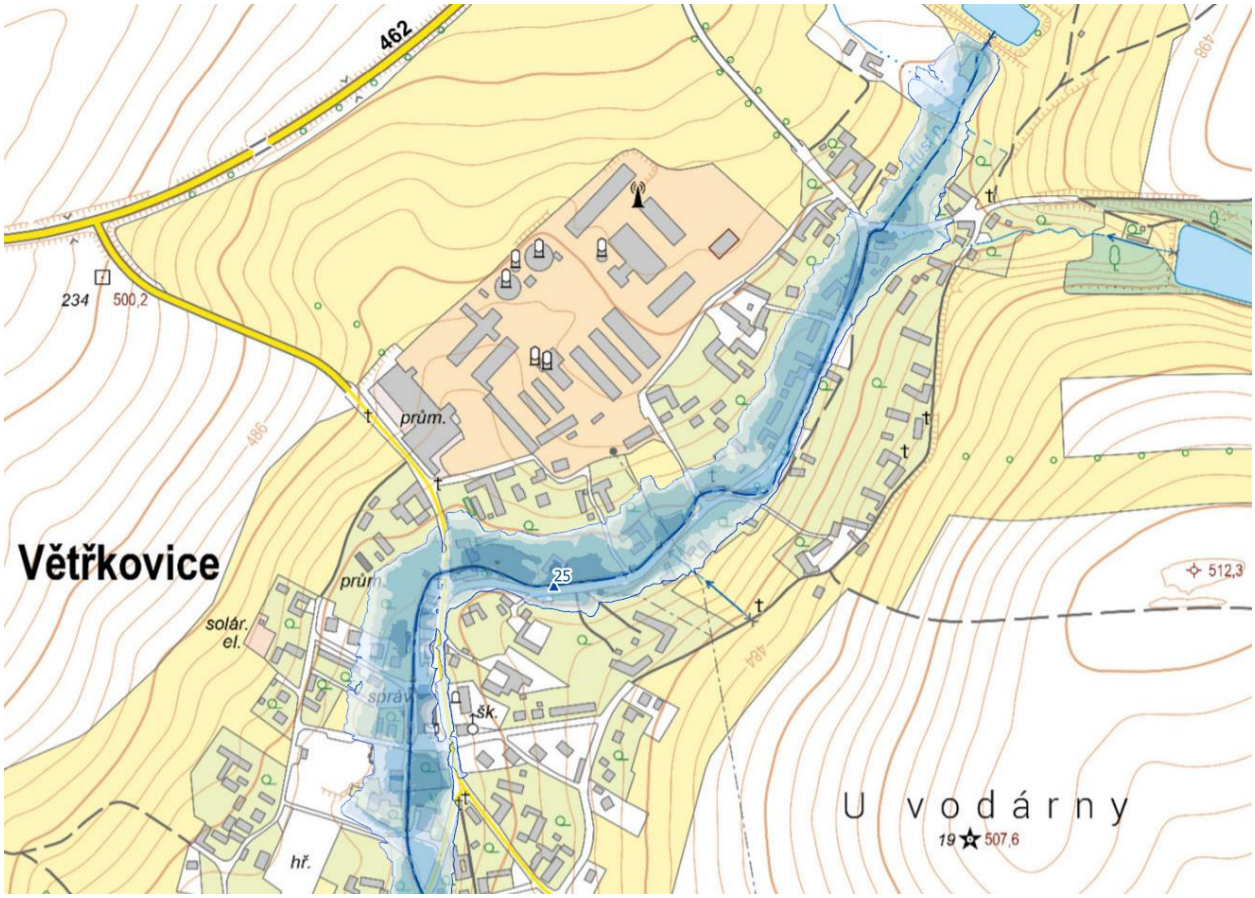
VODNÍ DÍLA - TBD

VD Větřkovice N2

Území ohrožené zvláštní povodní



V Brně, březen 2025 Výtisk č.

VODNÍ DÍLA – TBD A. S., HYBERNSKÁ 1617/40, 110 00 PRAHA 1
Telefon 221 408 111 www.vdtbd.cz
útvar 403 vodní díla na Moravě a Slezsku, Studená 909/2, 638 00 Brno
Telefon 721 222 313

Ředitel Ing. Petr Smrž
Vedoucí útvaru 403 Ing. Jiří Hodák, Ph.D.
Vypracoval Ing. Karel Pekárek ml.

VD VĚTŘKOVICE N2
ÚZEMÍ OHROŽENÉ ZVLÁŠTNÍ POVODNÍ

Objednatel Obec Větřkovice – Větřkovice 197, 747 43 Větřkovice
Číslo projektu P 3280
Archivní číslo 3579/403
Vypracováno V Brně, březen 2025

OBSAH

1 DŮLEŽITÉ INFORMACE 4
2 ÚVOD 4
2.1 Identifikační údaje 4
2.2 Výstupy 5
3 SEZNAM POUŽITÝCH PODKLADŮ 6
3.1 Mapové a projektové podklady 6
3.2 Zprávy, studie, dokumenty, literatura 6
3.3 Normy, zákony, vyhlášky 6
4 STRUČNÝ POPIS ZÁJMOVÉ OBLASTI 7
5 ZÁKLADNÍ ÚDAJE O VODNÍM DÍLE VĚTŘKOVICE 7
5.1 Popis vodního díla 7
5.2 Základní hydrologické poměry v profilu hráze 8
6 ZVLÁŠTNÍ POVODEŇ 8
6.1 Scénář poruchy vodního díla 10
7 POPIS VÝPOČTOVÉHO 2D MODELU ŠÍŘENÍ VLNY 12
7.1 Postup zpracování a metoda řešení 12
7.2 Digitální model terénu 12
7.3 Prostorová diskretizace zájmové oblasti 13
7.4 Drsnosti hlavního koryta a inundací 13
7.5 Okrajové podmínky (OP) 15
7.6 Počáteční podmínky (PP) 15
7.7 Časový krok a délka simulace 15
7.8 Nejistoty modelu 15
8 VÝSLEDKY SIMULACÍ A POPIS ZÁPLAVOVÉHO ÚZEMÍ 16
8.1 Popis průběhu povodně a záplavového území 16
9 ZÁVĚR 17
10 SEZNAM PŘÍLOH 18

1 DŮLEŽITÉ INFORMACE

Tato kapitola shrnuje nejdůležitější fakta a orientační údaje o území ohroženém zvláštní povodní pod VD Větřkovice N2, které vycházejí z provedených simulací matematického 2D modelu.

- Při protržení hráze VD Větřkovice N2 způsobené vnitřní erozí hráze v úrovni 479,50 m n. m. při hladině v nádrži odpovídající maximální hladině při transformaci kontrolní vlny Q_{1000} na kótě 485,63 m n. m. bude profilem v těsné blízkosti pod vodním dílem procházet kulminační průtok přibližně 125,50 $m^3.s^{-1}$.
- V případě, že bezprostředně hrozí protržení hráze VD Větřkovice N2, nebo již nastalo, je nutno okamžitě informovat a varovat obyvatele obcí v ohroženém území dle pokynů IZS.
- V těchto obcích hrozí bezprostřední ohrožení lidských životů, zvláštní povodeň zde způsobí rozsáhlé materiální škody na budovách a infrastruktuře.
- Rozlivy kolem Husího potoka, které významně překračující rozlivy Q_{100} lze očekávat až ve Vlkovicích (část města Fulnek).

2 ÚVOD

Na základě smlouvy o dílo č. A 2795/24 mezi obcí Větřkovice (objednatel) a společností VODNÍ DÍLA – TBD a. s. (zhotovitel) byl vypracován tento dokument **„VD Větřkovice N2 – území ohrožené zvláštní povodní“**.

2.1 Identifikační údaje

Název akce:	**VD Větřkovice N2 – Území ohrožené zvláštní povodní**
Kraj:	**Moravskoslezský**
Obec:	**Větřkovice**
Obec s rozšířenou působností:	**Vítkov**
Vodní tok:	**Husí potok**
Číslo hydrologického pořadí:	**2-01-01-0810**
Stupeň projektové dokumentace:	**Studie**
Investor:	**Obec Větřkovice** – Větřkovice 197, 747 43 Větřkovice
Zhotovitel:	**VODNÍ DÍLA – TBD a. s.**, Hybernská 1617/40, 110 00 Praha 1
Datum:	**březen 2025**

Cílem tohoto dokumentu je aktualizace podkladů pro doplnění povodňových plánů územních celků a vybraných objektů pod vodním dílem Větřkovice (dále jen VD Větřkovice N2) o kategorii zvláštních povodní, ve smyslu příslušných ustanovení, tedy stanovení území ohroženého zvláštní povodní. Dokument se zabývá aktualizací časového průběhu a parametrů zvláštní povodně (rozliv vlny, hloubka vody a rychlost vlny apod.) v území pod VD Větřkovice N2. Předkládaný dokument, vymezující území ohrožené zvláštní povodní je vypracovaný na základě 2D modelu.

Nově vypracovaný 2D model počítá rychlost a hloubku vody v jednotlivých uzlech výpočtové sítě a udává tak přesnější výsledky než 1D modelování zejména v širokém inundačním území. Pro potřeby 2D modelu byl stanoven nový hydrogram zvláštní povodně. Ten byl vytvořen na základě aktuálních hydrologických údajů a přepočtu poruchy hráze při daném scénáři porušení. Použití 2D modelu je také závislé na rozvíjejících se softwarových a hardwarových prostředcích.

2.2 Výstupy

1) Stanovení (výpočet) mapy maximálních hloubek a součinu maximálních hloubek a rychlostí v záplavovém území.
2) Verbální popis průchodu a důsledků zvláštní povodně zájmovou oblastí.
3) Informace o max. hloubkách, rychlostech, dobách doběhu povodňové vlny a průtocích vody při zvláštní povodni v tabelární formě ve vybraných profilech.
4) Stanovení hranice rozlivu území ohroženého zvláštní povodní.
5) Animace postupu povodňové vlny.

Podstatou určení povodňového nebezpečí je hydraulický výpočet proudění vody s využitím dvourozměrného (2D) numerického modelu v programu HEC-RAS 6.7. Ten byl v tomto případě doplněn o rozhraní BRCH-J, které na základě údajů o hrázi získaných z dostupných zdrojů sloužilo jako prostředek k simulaci protržení hráze a výpočtu nového hydrogramu protržení.

Výškový systém použitý v rámci celého modelu a této zprávy je Balt po vyrovnání.

3 SEZNAM POUŽITÝCH PODKLADŮ

3.1 Mapové a projektové podklady

[1] ČÚZK. *Digitální model reliéfu České republiky 5. generace (DMR 5G)* [XYZ].
[2] ČÚZK. *Ortofoto* [WMS]. Praha: 2025. WMS server dostupný z: https://geoportal.cuzk.cz/WMS_ORTOFOTO_PUB/WMService.aspx
[3] ČÚZK. *ZM 1:25 000* [WMS]. Praha: 2025. WMS server dostupný z: https://geoportal.cuzk.cz/WMS_ZM25_PUB/WMService.aspx
[4] ČÚZK. *ZABAGED® – polohopis* [shp]. Praha: 2025.
[5] VODNÍ DÍLA – TBD a. s., *Doplnění zaměření toku a objektů pomocí GPS* [XYZ].
[6] VÚV TGM. *Objekty Dibavod* [online]. Praha: 2025. Dostupné z: http://www.dibavod.cz/index.php?id=27
[7] VODNÍ DÍLA – TBD a. s., *Fotodokumentace* [jpg].

3.2 Zprávy, studie, dokumenty, literatura

[8] VAVRDA, P., *Realizace souboru staveb společných zařízení v k. ú. Větřkovice u Vítkova, Inženýrsko-geologický průzkum*. Olomouc: říjen 2018.
[9] FELTL, J., *Realizace souboru staveb společných zařízení v k. ú. Větřkovice u Vítkova, Dokumentace pro stavební povolení a provádění stavby.* Olomouc: leden 2019.
[10] ŽATECKÝ, S., *Manipulační řád pro VD Větřkovice N2*. Brno: září 2022.
[11] HALA, M., *Větřkovice N2, Program TBD pro trvalý provoz*. Brno: leden 2025.
[12] JANDORA, J., *Hydraulika a hydrologie*. Brno: Vysoké učení technické v Brně: 2005.
[13] SYLVESTRE, J., SYLVESTRE, P., *The latest River Mechanics models: BRCH-J*. USA: květen 2018. Dostupné z: *https://www.rivermechanics.net/index.php/downloads*
[14] US ARMY CORPS OF ENGINEERS, *HEC-RAS River Analysis System – User's Manual* [pdf]. USA: 2025. Dostupné z: https://www.hec.usace.army.mil/confluence/rasdocs/rasum/latest
[15] US ARMY CORPS OF ENGINEERS, *HEC-RAS River Analysis System – 2D Modelling User's Manual* [pdf]. USA: 2025. Dostupné z: https://www.hec.usace.army.mil/confluence/rasdocs/r2dum/latest

3.3 Normy, zákony, vyhlášky

[16] VYHLÁŠKA 79/2018 Sb. *Způsob a rozsah zpracování návrhu a stanovování záplavových území*.
[17] ZÁKON 254/2001 Sb. *Zákon o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon)*.
[18] VYHLÁŠKA 471/2001 Sb. *Vyhláška Ministerstva zemědělství o technickobezpečnostním dohledu nad vodními díly*.
[19] METODICKÝ POKYN *odboru ochrany vod MŽP pro zpracování plánu ochrany území pod vodním dílem před zvláštní povodní.* Věstník & Zpravodaj MŽP: Metodické pokyny a návrhy: 2005.

4 STRUČNÝ POPIS ZÁJMOVÉ OBLASTI

Zájmová oblast se nachází v Moravskoslezském kraji, přesněji je celá situována v okresech Opava a Nový Jičín. Její celková délka činí přibližně 14 km a sahá od hráze VD Větřkovice N2 přes obec Větřkovice a její části až do města Fulnek. Hráz vodního díla Větřkovice je situována na toku Husího potoka v ř. km 25,900 severně od obce Větřkovice. Husí potok je levostranným přítokem střední Odry.

Zájmové území v oblasti je podrobně vyznačeno v Příloze č. 1.

5 ZÁKLADNÍ ÚDAJE O VODNÍM DÍLE VĚTŘKOVICE

5.1 Popis vodního díla

Následující údaje byly převzaty z platného manipulačního řádu (dále jen „MŘ“) k vodnímu dílu.

Půdorysně je hráz přímá, v příčném řezu má hráz tvar lichoběžníku. Jedná se o homogenní zemní hráz. Koruna hráze šířky 4,0 m je zpevněna makadamem. Konstrukční část hráze je nasypána z hlinitého materiálu. Dno nádrže při návodní patě je upraveno na kótu 478,80 m n. m. Od vzdušní paty na kótě 278,00 m n. m. pokračuje stabilizační část přitěžovací lavice, berma je na kótě 280,50 m n. m. Hráz je založena na pokryvných hlínách, funkční objekty jsou založeny na upraveném podloží. Ve vzdušní části hráze je na bermě uložen drén, který je napojen až na patní drén.

Účelem vodního díla je protipovodňová ochrana obce (transformace povodňových průtoků) a nádrž je také využívána ke sportovnímu rybářství.

Prostory v nádrži popisuje Tabulka č. 1.

Tabulka 1 – Členění prostoru nádrže

Prostor v nádrži	Hladiny [m n. m.]	Zatopená plocha [m^2]	Objemy [m^3]
Dno spodní výpusti (na vtoku)	478,80	0	0
Hladina stálého nadržení	482,00	8 600	14 483
Prostor retenční transform.	485,40	48 590	100 899
Max. hladina	485,70	54 620	116 380

Základní parametry hráze:

Hráz	zemní sypaná
Kóta koruny (min.)	486,20 m n. m.
Šířka koruny	4,0 m
Návodní svah - sklon	1: 3,7
- opevnění	kamenný zához po úroveň 482,50 m n. m.
Vzdušní svah - sklon	1: 2,2
- opevnění	ohumusování a osetí
Max. výška hráze	6,5 m
Délka hráze v koruně	285,0 m

5.1.1 Sdružený objekt

K vypouštění nádrže a regulaci výšky hladiny slouží sdružený funkční blok s odpadní štolou 2500/1800, na nátokové straně SFB je umístěn požerákový objekt s šoupátkovým uzávěrem a škrtícím potrubím DN 300.

Bezpečnostní přeliv je navržen s bočními přelivy. Celková délka přelivné hrany je 21 m. Před vtok do požerákového objektu je předsazena dlužová stěna s česlemi při dně. Vyústění odpadního potrubí na spodní – vzdušné patě hráze je provedeno do kanálu s šířkou ve dně 3,0 m a kolmými stěnami. Otevřené obdélníkové koryto s betonovými opěrnými zdmi a dlážděným dnem šířky je vedeno ve spádu 22,5 ‰ a zaústěno do manipulační jímky (pro původně plánovanou čerpací stanici závlahových vod).

5.2 Základní hydrologické poměry v profilu hráze

Údaje dle ČHMÚ Ostrava:

Vodní tok	Husí potok
Číslo hydrologického pořadí	2-01-01-0810
Plocha povodí po profil hráze (A):	2,75 km^2
Průměrný dlouhodobý roční průtok (Q_a):	19 l.s^{-1}
Dlouhodobá roční výška srážek na povodí (P_a):	702 mm/rok

Tabulka 2 – N-leté průtoky a objemy N-letých povodňových vln

Doba opakování	1	2	5	10	20	50	100	1000
Q_N [m^3.s^{-1}]	0,69	1,37	2,41	3,27	4,20	5,53	6,63	10,8
W_{PVN} [mil. m^3]	-	-	-	-	-	-	-	161

Minimální průtok pod vodním dílem (MZP)	Q = 2,5 l.s^{-1}
Neškodný odtok pod vodním dílem ($Q_{NEŠ}$)	Q_N = 1,0 m^3.s^{-1} (dle MŘ)

6 ZVLÁŠTNÍ POVODEŇ

Zvláštní povodeň je definována jako povodeň způsobená umělými vlivy – to jsou situace, jež mohou nastat při stavbě nebo provozu vodohospodářských děl, která vzdouvají nebo mohou vzdouvat vodu, zejména při:

- narušení vzdouvacího prvku vodohospodářského díla (označení ZPV1)
- poruše hradících konstrukcí nebo uzávěrů bezpečnostních nebo výpustných zařízení vodohospodářských děl (označení ZPV2)
- nouzové řešení kritických situací z hlediska bezpečnosti vodohospodářského díla (označení ZPV3)

Zvláštní povodeň typu 1 (ZPV 1) – narušení vzdouvací konstrukce díla

Doba opakování kontrolní povodňové vlny (KPV) pro VD Větřkovice N2 je v souladu s platnými předpisy N = 1000 let. KPV$_{1000}$ stanovená pro VD Větřkovice N2 má následující parametry:

- kulminační průtok Q_{1000} = 10,8 m^3.s^{-1},
- objem povodňové vlny W_{1000} = 161 000 m^3 (dle ČHMÚ).

ZPV 1 a) Porušení tělesa hráze přelitím

Porušení tělesa hráze VD Větřkovice N2 bylo simulováno pro teoretický případ, že při extrémní povodni dojde k úplnému vyřazení kapacity spodní výpusti a převádění vody bezpečnostním přelivem.

S ohledem na příznivé výsledky výpočtu transformace KPV_{1000}, nebyl výpočet parametrů ZPV 1 způsobené přelitím hráze, prováděn.

ZPV 1 b) Porušení tělesa hráze vnitřní erozí

K porušení tělesa hráze v důsledku vnitřní eroze může obecně dojít kdykoliv za situace, kdy je voda v nádrži. Za potenciální místo vzniku průsakové poruchy v hrázi VD Větřkovice N2 je možno považovat napojení výpustného objektu na těleso hráze. Výpočty parametrů ZPV 1, způsobené vnitřní erozí hráze, byly provedeny za předpokladů:

- Počáteční hladina je na úrovni 485,63 m n. m.,
- Počáteční přítok do nádrže je 5 $m^3.s^{-1}$,
- Dolní úroveň poškození hráze vnitřní erozí je na úrovni 479,50 m n. m.

ZPV 1 c) Prolomení podloží hráze

Z geomorfologického hlediska se území města nachází v systému Hercynském, provincii Česká vysočina, subprovincii Krkonošská Jesenická, Jesenické oblasti, celku Nízký Jeseník. Z hlediska hydrogeologického se zájmová oblast řadí k jednotkám s převážně puklinatou propustností o relativně malých vydatnostech. Kvantita a kvalita jednotlivých zvodněných kolektorů je úzké závislosti na geomorfologii a dále geologické stavbě území. U VD Větřkovice N2 byla vybudována injekční clona do úrovně 482,10 m n. m. Injekční clona nebyla provedena v celé délce profilu hráze. Z popsaných důvodů je vznik ZPV 1 z důvodu porušení podloží v případě extrémních zatěžovacích stavů možný mimo injekční clonu a vznik takové poruchy je uvažován při výpočtu parametrů ZPV 1.

ZPV 1 d) Porušení stability hráze, zemětřesení

Dalším z teoreticky možných rizik, umožňujících vznik ZPV 1, je zemětřesení, které by mohlo vést k narušení zemního tělesa hráze. VD Větřkovice N2 se nenachází v bezprostřední blízkosti seismoaktivní oblasti, takže tato příčina poruchy a destrukce hráze je ne pravděpodobná. Proto se zvláštní povodeň, vyvolaná porušením hráze při zemětřesení, nepředpokládá.

ZPV 1 e) Porušení hráze v důsledku mimořádné události

Mimořádné události, způsobené úmyslnou či neúmyslnou násilnou činností (letecké havárie, teroristické nebo vandalské akce apod.), představují také teoretické riziko možnosti vzniku ZPV 1 v důsledku porušení hráze. Tyto situace jsou však velmi náhodné a s ohledem na parametry VD Větřkovice N2 poměrně málo pravděpodobné. Vzhledem k uvedeným skutečnostem nebyla kvantifikace parametrů ZPV 1 v důsledku mimořádných událostí provedena.

Zvláštní povodeň typu 2 (ZPV 2) – porucha hradících konstrukcí nebo uzávěrů bezpečnostního přelivu a spodních výpustí

Událost, která by teoreticky mohla způsobit ZPV 2 na VD Větřkovice N2, je havárie spodní výpusti. V případě havárie hrazení spodní výpusti dojde při hladině 485,40 m n. m. k maximálnímu odtoku Q = 0,649 $m^3.s^{-1}$, což je méně než Q_1 = 0,7 $m^3.s^{-1}$. Bezpečnostní přeliv je nehrazený, ke vzniku ZPV typu 2 tedy nemůže dojít.

Zvláštní povodeň typu 3 (ZPV 3) – nouzové řešení kritických situací

ZPV 3 a) Velmi rychlé snižování hladiny při zjištění závažné poruchy

Mimořádnou manipulací se spodní výpustí za účelem řešení kritických situací nemůže dojít ke vzniku zvláštní povodně typu 3 (ZPV 3). U nádrže dochází k odtoku vody spodní výpustí pouze v závislosti na výšce hladiny vody v nádrži. Maximální odtok při úrovni hladiny vody v nádrži na úrovni hrany bezpečnostního přelivu je 0,649 $m^3.s^{-1}$, což je méně než Q_1. Ke vzniku ZPV typu 3a) tedy nemůže dojít.

ZPV 3 b) Násilné otevření tělesa hráze při zjištění velmi závažné poruchy v kombinaci s extrémní odtokovou situací

S ohledem na nedostačující kapacitu bezpečnostního a nouzového přelivu se v případě situace, kdy hrozí protržení (přelití) hráze, hráz řízeně otevře v nejnižším místě hráze v pravé části (vlevo od nouzového přelivu).

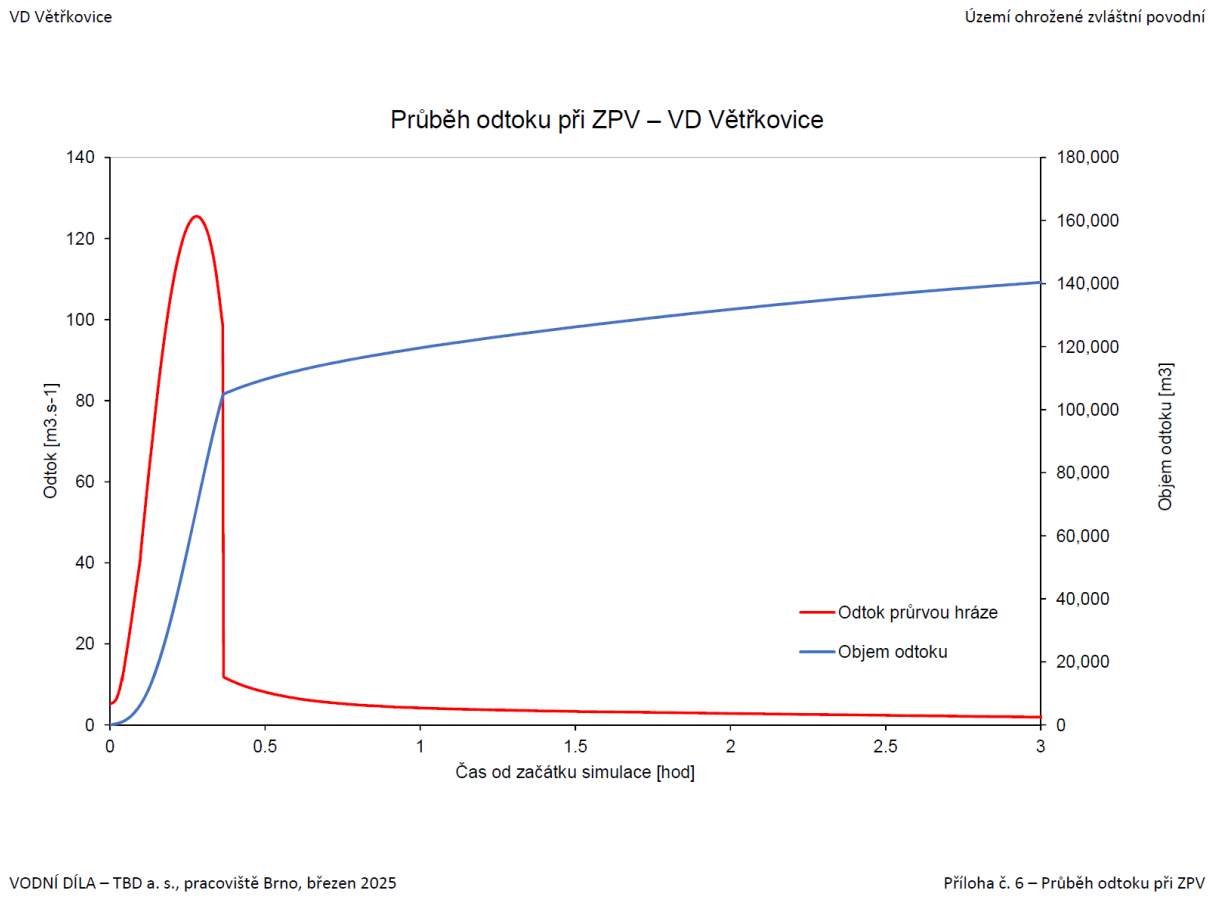
6.1 Scénář poruchy vodního díla

Ze všech možností průběhu zvláštních povodní na VD Větřkovice N2 jmenovaných v předchozí kapitole je nejkritičtějším a nejpravděpodobnějším scénářem poruchy vodního díla vnitřní erozí (ZPV 1b). Tato varianta proto byla ve studii dále rozpracována.

Scénář poškození hráze tímto způsobem byl modelován pro různé nadmořské výšky dolní úrovně poškození hráze. Dle modelování v rozhraní BRCH-J použitého pro stanovení hydrogramu protržení vycházel největší kulminační průtok při dolní úrovni protržení ve výšce 479,50 m n. m. V simulacích protržení jsou zahrnuty základní parametry hráze a také průchod KPV_{1000}. Hodnota kulminačního průtoku v tomto scénáři dosáhla 125,51 $m^3.s^{-1}$. V rámci simulací, byla zohledněna funkce vodního díla do okamžiku protržení, v jehož důsledku dochází k poklesu hladiny pod úroveň bezpečnostního přelivu a veškerý průtok je pak nadále soustředěn pouze do místa průrvy hráze, která se otevře v blízkosti sdruženého objektu v místech jeho napojení na těleso hráze. Výsledný hydrogram je zobrazen na Obrázku 1 a také v rámci Přílohy č. 6. Tabulka 3 shrnuje nejdůležitější veličiny, které charakterizují danými podmínkami vytvořenou zvláštní povodňovou vlnu.

Tabulka 3 – Parametry ZPV vzniklé protržením hráze VD Větřkovice N2

Průtok vodním dílem na začátku poruchy $Q_{poč}$ [m^3.s^{-1}]	**Doba vzestupné větve t_{vz} [min]**	**Kulminační odtok Q_{ZPV} [m^3.s^{-1}]**	**Objem odtoku z VD (ZPV + doběh KPV$_{1000}$) W_{ZPV} [m^3]**	**Doba trvání zvláštní povodně t_{ZPV} [hod]**
5	17	125,51	156 237	cca 9,25



Obrázek 1 – Hydrogram zvláštní povodně pod VD Větřkovice N2

7 POPIS VÝPOČTOVÉHO 2D MODELU ŠÍŘENÍ VLNY

Pro stanovení území ohroženého zvláštní povodní byl vytvořen 2D numerický model proudění vody v horizontální rovině. Model byl vytvořen v programu HEC-RAS 6.7. Oproti 1D modelu vystihuje 2D model lépe charakter proudění zejména v inundačním území. Pro 2D modelování v programu HEC-RAS je předpokladem neustálené proudění. Do výpočtů byly také zahrnuty významné prvky silniční infrastruktury, které výrazně ovlivňují charakter proudění vody při zvláštní povodni v zájmovém území pod vodním dílem.

7.1 Postup zpracování a metoda řešení

Postup zpracování lze rozdělit do několika kroků:

- Získání, soustředění a studium dostupných podkladů.
- Místní šetření – pořízení fotodokumentace, identifikace hydraulických drsností území, GPS doměření objektů na toku.
- Tvorba digitálního modelu terénu (dále jen „DMT“) v programu QGIS z digitálního modelu reliéfu 5. generace (dále jen „DMR 5G“).
- Vytvoření 2D modelu v programu HEC-RAS. Spojení DMT a příčných řezů koryt toků, pomocí kterých je nutné koryta řek v DMT upravit. Zadání objektů dle zaměření a pořízené fotodokumentace.
- Hydrodynamický výpočet neustáleného proudění zvláštní povodňové vlny v zájmové oblasti.
- Zpracování výsledků simulací a vytváření mapových výstupů.

7.2 Digitální model terénu

Předtím, než je možné přistoupit k samotnému modelování proudění, je nezbytně nutné separovat z podkladových materiálů potřebná data a zadávací kritéria pro stanovený úsek vodního toku. Jedním ze základních podkladů, který je pro modelování zvláštní povodně naprosto nezbytný, je síť bodů DMR 5G. Toto mračno bodů je nutné v mapovém editoru QGIS převést pomocí funkce TIN interpolace na tzv. TIN povrch, který lze uložit v rastrovém formátu jako stínovaný reliéf. Ten následně slouží k vytvoření DMT, již v programu HEC-RAS. Pro 2D modely proudění však čistý DMT nestačí, jelikož laserové skenování z letadel, které se v metodách pro vytváření sítě DMR 5G používá, neprohlédne hladinu vody v řekách a vodních nádržích, a tak nezobrazuje reálné parametry koryt vodních toků, ale pouze zachycuje ráz krajiny v přilehlém inundačním území. Z tohoto důvodu je potřeba zpřesnit DMT informacemi o příčných profilech vodního toku ve sledované lokalitě. Výškové souřadnice v daných příčných profilech lze do modelu importovat a tzv. „vyříznout“. Je zde snaha, aby před finálním vyříznutím byly v co největší míře eliminovány nepřesnosti a koryto toku s inundačním územím na sebe správně navazovalo. Vytvořený finální DMT pak kombinuje přesnost geodetického zaměření vodního toku a reliéfu krajiny v inundačním území získaný z DMR 5G.

7.3 Prostorová diskretizace zájmové oblasti

Zájmová oblast byla prostorově diskretizována polynomiální sítí výpočtových buněk (tvar polyhedron) o velikosti od 3 do 10 m, jejichž rozmístění bylo součástí kalibrace modelu. Osa vodního toku a objekty na tocích byly zadány jako povinné spojnice (breaklines) hran výpočtové sítě. Výsledná výpočtová síť obsahovala přibližně 41 500 výpočetních buněk. Prostorovou diskretizaci části zájmového území v blízkosti VD Větřkovice N2 zobrazuje přiložený Obrázek 2.

Obrázek 2 – Prostorová diskretizace zájmové oblasti v místě VD Větřkovice N2

7.4 Drsnosti hlavního koryta a inundací

Naprosto zásadní roli při modelování proudění vody v otevřených korytech má určení hodnoty drsnostního součinitele *n* dle Manninga, který reprezentuje hydraulickou drsnost povrchu, kde v danou chvíli voda v zájmovém území protéká. V modelech zvláštních povodní je efekt hydraulické drsnosti o to silnější, že kromě koryta řeky se voda šíří i v prostředí, kde se běžně v takové vysoké míře (hloubce) nevyskytuje, např. mezi domy městské zástavby, na polích nebo v lesích apod.

K přiřazení správného Manningova drsnostního součinitele jednotlivým typům povrchů v zájmovém území slouží v programu HEC-RAS speciální mapová vrstva nazvaná „Land Cover“, která má v atributové tabulce ke každému typu povrchu přiřazený zvolený součinitel drsnosti *n*. Podkladem pro vytvoření této mapové vrstvy jsou polohopisné polygonové vrstvy ZABAGED. Konkrétní hodnoty drsnostních součinitelů byly určeny na základě zkušeností z kalibrace modelů a odborné literatury.

Jejich hodnoty pro jednotlivé typy území použité při modelování shrnuje Tabulka 4. Obrázek 3 zobrazuje výřez z vrstvy Land Cover přímo v programu HEC-RAS. Jednotlivé barvy představují různé povrchy, k nimž jsou přiřazeny hodnoty drsnostního součinitele *n* z Tabulky 4.

Tabulka 4 – Hodnoty součinitelů drsnosti použité ve výpočtu

Typ prostředí (povrchu), kterým prochází ZPV	**Hodnota Manningova drsnostního součinitele *n* [-]**
Areál účelové zástavby	0,1
Budova, blok budov	10
Lesní půda s křovinami	0,18
Lesní půda se stromy	0,2
Orná půda, nespecifikované plochy	0,08
Ostatní plocha v sídlech	0,075
Ovocný sad, zahrada	0,12
Silnice, parkoviště	0,025
Vodní plocha	0,035
Trvalý travní porost	0,06
Koryto vodního toku	0,035

Obrázek 3 – Schematizace rozdělení drsností na území části obce Větřkovice

7.5 Okrajové podmínky (OP)

- Horní okrajové podmínky
  V místě hráze VD Větřkovice N2 představuje okrajovou podmínku výše uvedený hydrogram zvláštní povodně (viz Obrázek 1).
- Dolní okrajová podmínka
  Jako dolní okrajová podmínka byl zadán odtok ze zájmové oblasti definován podélným sklonem koryta Husího potoka. Situace s vyznačením okrajových podmínek a rozsahem modelu je obsažena v Příloze č. 1.

7.6 Počáteční podmínky (PP)

Jako počáteční stav při protržení hráze VD Větřkovice N2 byly zadány následující hodnoty průtoku vodním díle:

- VD Větřkovice N2 $Q_{1000\ \mathrm{TRANS.}} = 5{,}0\ \mathrm{m^3.s^{-1}}$,
  (hladina v nádrži na kótě 485,63 m n. m.)

7.7 Časový krok a délka simulace

Časový krok simulací numerického modelu byl s ohledem na předchozí zkušenosti s modelováním zvláštních povodní nastaven na stálou hodnotu $t = 0{,}5$ s. Bylo modelováno téměř 10 hodin proudění v zájmové oblasti, kterou do okamžiku protržení prochází transformovaná kontrolní povodeň Q_{1000}. V době kulminace povodně dojde k poruše hráze v důsledku vnitřní eroze a následné zvláštní povodni způsobené jejím protržením.

7.8 Nejistoty modelu

Vstupní data, i přes snahu o jejich dokonalé pořízení nebo zpracování, nikdy nemohou dokonale zastupovat řešený problém. Vždy je nutné počítat s určitou mírou nejistot, které do modelu vnášíme zjednodušenou geometrií toků, velikostí výpočtové buňky, hydrologickými údaji a také součinitelem drsnosti. Následuje jednoduchý popis nejistot vyskytujících se v tomto modelu.

- **Bodové pole (DMR 5)**
  Pravidelná síť bodů DMR 5G má úplnou střední chybu výšky 0,18 m v odkrytém terénu a 0,30 m v zalesněném terénu.
- **Výpočet HEC-RAS**
  Při zadávání požadavků na výstup z výpočetního programu bylo uvažováno, že dostatečná přesnost pro určení výšky hladiny je s přihlédnutím k ostatním nejistotám 0,01 m. Hloubka vody menší, než tato hodnota nebyla počítána a vynášena do výsledků.
- **Výpočtová síť (mesh)**
  Je zřejmé, že čím nižší velikost výpočtové buňky zvolíme, tím lépe pokryjeme danou oblast a tím přesnější výsledky dostaneme. Avšak počet těchto buněk v řešeném území silně ovlivňuje rychlost výpočtu.
  Program HEC-RAS umožňuje zmenšit velikost buněk na požadovanou úroveň (zjemnění) v inkriminovaných místech jako jsou např. břehové linie, soutok, ohrázování apod. vedoucí ke zpřesnění výsledků a stabilizaci výpočtu. Této funkce bylo hojně využíváno právě ve výše zmíněných případech.

- **Součinitel drsnosti**
  Manningův součinitel drsnosti je vyjádřen pro různé typy povrchů poměrně širokou škálou hodnot. Je nutné uvést, že součinitel pro např. travní porost může během roku nabývat velice odlišných hodnot. Jedná se o tzv. sezónnost. V modelu byly použity „průměrné hodnoty“ pro tyto povrchy.

8 VÝSLEDKY SIMULACÍ A POPIS ZÁPLAVOVÉHO ÚZEMÍ

Výsledky modelování zvláštních povodní pod VD Větřkovice N2 jsou přehledně prezentovány v grafické a tabelární podobě na Přílohách č. 2 až č. 7. Výstupy zachycují maximální hodnoty veličin počítané v území (kulminace povodně) nikoliv hodnoty finální, tedy ve stavu konci simulace. Při modelování bylo vytipováno 16 údolních profilů, pro které jsou v Příloze č. 7 vypsány hlavní veličiny záplavové vlny. Poloha těchto profilů je zobrazena v Příloze č. 2.
Uvedené kulminační průtoky, rychlosti, hloubky vody i časové údaje je nutno brát s jistou rezervou jako průměrné a přibližné, vzhledem k charakteru neustáleného proudění povodňové vlny velmi členitým terénem. Také časové parametry hydrogramu protržení nelze nikdy stanovit s jistotou, protržení může trvat jak kratší dobu, tak i podstatně déle.
Při výskytu zvláštní povodně je v zájmovém území nutno očekávat materiální škody na korytě toku, obytných budovách, průmyslových objektech, silniční infrastruktuře apod. Jak je patrno z hydrogramu zvláštní povodně (Obrázek 1) ke kulminaci povodňové vlny v podhrází VD dojde přibližně za 17 minut od protržení. Ke vzniku zvláštní povodně může teoreticky dojít bez upozornění, nebo jen s minimálním časem na varování obyvatelstva v ohrožené oblasti pod VD. Čím menší bude čas k varování obyvatelstva, tím větší ohrožení obyvatel lze očekávat, zejména, dojde-li k protržení v nočních hodinách.

8.1 Popis průběhu povodně a záplavového území

Na začátku simulace protržení hráze VD Větřkovice N2 odtéká z vodního díla transformovaná povodňová vlna KPV_{1000}. Hodnota transformovaného odtoku z vodního díla činí 5 $m^3.s^{-1}$ a to při hladině v nádrži na kótě 485,63 m n. m. Při tomto stavu hladiny a odtoku z nádrže pak ve zvoleném scénáři dochází k vnitřní erozi hráze v blízkosti napojení sdruženého objektu na těleso hráze a začátku tvoření průrvy, jejíž spodní hrana odpovídá kótě 479,50 m n. m. Počáteční fáze filtračního proudění vody tělesem hráze není řešena. Dobu potřebnou k vytvoření průsakového kanálu, ze kterého se může vyvinout fatální porucha vodního díla nelze pomocí použitých softwarových prostředků blíže specifikovat. Simulovat počáteční vývoj vzniku průsakové cesty ale není cílem této studie.
Scénář zvláštní povodně počítá s nejméně příznivou variantou, která znamená protržení hráze při kulminaci KPV_{1000}. Objem zadržené vody v nádrži při hladině 485,63 m n. m. odpovídá přibližně 113 000 m^3. Po protržení hráze dojde k neřízenému odtoku celého objemu nádrže, při dosažení kulminačního průtoku 125,51 $m^3.s^{-1}$ v čase 17 min od začátku otevírání průrvy. Je nutné zmínit, že po protržení VD do nádrže stále přitéká sestupná větev KPV_{1000}, která nadále bez jakékoliv transformace odtéká do území pod VD a prodlužuje tak trvání ZPV.

První významně zasaženou lokalitou, která se nachází v blízkosti vodního díla, je obec Větřkovice v bezprostřední blízkosti pod vodním dílem. Vzhledem k blízkosti obce pod vodním dílem, svažitosti a uzavřenosti údolí má vlna extrémně rychlý průběh obcí. Na konci obce vlna kulminuje už 51 minut po počátku vývoje trhliny v hrázi (viz PF 11, příloha č. 2). Šířka zátopy v obci se pohybuje do maximálně 140 m, což dokazuje zmíněnou uzavřenost údolí, a malou míru transformace povodně v blízkosti vodního díla. Pod Větřkovicemi vchází vlna podél Husího potoka do lesa a míří směrem k Dolejším Kunčicím. Na jejich začátku vlna kulminuje v čase 1 hodina 25 minut po počátku vývoje trhliny hráze (viz PF 12, příloha č. 2). Teprve za Dolejšími Kunčicemi se údolí otevírá (viz PF 14, příloha č. 2) a dochází tak k významné transformaci povodňové vlny. Ve Vlkovicích vlna kulminuje v čase 2 hodiny 20 minut počátku vývoje trhliny (viz PF 15, příloha č. 2). Zde je průtok již transformován pod hodnotu povodně Q_{100}, která ve Fulneku dále po toku činí 39,8 $m^3.s^{-1}$. To ohraničuje konec zvláštní povodně, simulace však byly provedeny až do Jerlochovic (viz příloha č. 2).

9 ZÁVĚR

Tento dokument byl vypracován pro hypotetický případ protržení hráze VD Větřkovice N2. Při protržení vodního díla vznikne povodňová vlna zvláštní povodně, která rychle postupuje přilehlým údolím a má v počáteční fázi značný destruktivní potenciál. V případě bezprostřední možnosti vzniku a při výskytu zvláštní povodně je nutno okamžitě evakuovat obyvatele obcí v ohroženém území v souladu s pokyny IZS. Informace o území ohroženém zvláštní povodní obsahují především Přílohy č. 2 až č. 7.

Matematické modelování průběhu ZPV a stanovení rozlivu zvláštní povodně pod VD Větřkovice N2 je zatíženo některými zjednodušujícími předpoklady a nejistotami, které vycházejí z podkladů v modelu použitých. To způsobuje, že výsledky simulace mají limitovanou přesnost odhadovanou v kap. 7. Tato zjednodušení jsou však při modelování nutná a jsou zohledněna v předpokladech řešení a v provedené schematizaci. Je nezbytné proto brát výstupy tohoto dokumentu s určitou rezervou, jelikož detaily časových parametrů ZPV včetně jejího průběhu nebo stanovené ohrožené území se mohou v realitě na základě různých okolností lišit. I přesto však je výstup z tohoto dokumentu považován za dostatečně přesný a vypovídající vzhledem k předpokládanému účelu použití.

V Brně dne 31. 3. 2025 Vypracoval: Ing. Karel Pekárek ml.

Schválil: Ing. Jiří Hodák, Ph.D.
vedoucí útvaru 403
Vodní díla na Moravě a Slezsku

10 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1 – Situace zájmového území
Příloha č. 2 – Plocha rozlivu ZPV s detailním popisem příčných profilů
Příloha č. 3 – Mapa maximálních hloubek
Příloha č. 4 – Mapa maximálních rychlostí
Příloha č. 5 – Mapa součinu maximálních hloubek a rychlostí
Příloha č. 6 – Průběh odtoku při ZPV
Příloha č. 7 – Souhrnná tabulka veličin záplavové vlny