

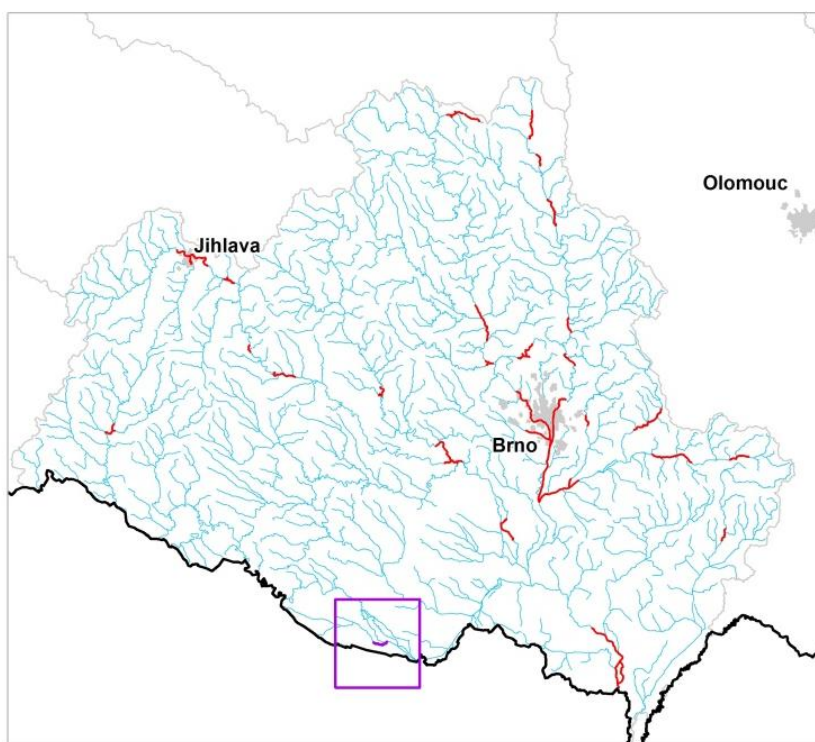


ANALÝZA OBLASTÍ S VÝZNAMNÝM POVODŇOVÝM RIZIKEM V ÚZEMNÍ PŮSOBNOSTI STÁTNÍHO PODNIKU POVODÍ MORAVY VČETNĚ NÁVRHŮ MOŽNÝCH PROTIPOVODŇOVÝCH OPATŘENÍ (PODKLAD K PLÁNU PRO ZVLÁDÁNÍ POVODŇOVÝCH RIZIK V POVODÍ DUNAJE)

DÍLČÍ POVODÍ DYJE

B. TECHNICKÁ ZPRÁVA – HYDRODYNAMICKÉ MODELY A MAPY POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ

DANÍŽ – 10100205_1 (DYJ_15-01) - Ř. KM 0,000 – 3,166



ZÁŘÍ 2019





ANALÝZA OBLASTÍ S VÝZNAMNÝM POVODŇOVÝM RIZIKEM V ÚZEMNÍ PŮSOBNOSTI STÁTNÍHO PODNIKU POVODÍ MORAVY VČETNĚ NÁVRHŮ MOŽNÝCH PROTIPOVODŇOVÝCH OPATŘENÍ (PODKLAD K PLÁNU PRO ZVLÁDÁNÍ POVODŇOVÝCH RIZIK V POVODÍ DUNAJE)

DÍLČÍ POVODÍ DYJE

B. TECHNICKÁ ZPRÁVA – HYDRODYNAMICKÉ MODELY A MAPY POVODŇOVÉHO NEBEZPEČÍ

DANÍŽ – 10100205_1 (DYJ_15-01) - Ř. KM 0,000 – 3,166

Pořizovatel:



Povodí Moravy, s.p.
Dřevařská 932/11
602 00 Brno

Zhotovitel:



AQUATIS, a.s.
Botanická 834/56
602 00 Brno

Zpracovatel posudku:



Výzkumný ústav vodohospodářský
T. G. Masaryka, v.v.i.
Mojmírovo náměstí 16
612 00 Brno

V BRNĚ, ZÁŘÍ 2019

Obsah:

1	Základní údaje	5
1.1	Seznam zkratk a symbolů.....	5
1.2	Cíle prací.....	5
1.3	Postup zpracování a metoda řešení	6
2	Popis zájmového území	6
2.1	Všeobecné údaje.....	7
2.2	Průběhy historických povodní (největší zaznamenané povodně).....	8
3	Přehled podkladů	9
3.1	Soupis zpráv a dokumentů	9
3.2	Související předpisy	9
3.3	Topologická data	10
3.3.1	Vytvoření (aktualizace) digitálního modelu terénu.....	10
3.3.2	Mapové podklady.....	10
3.3.3	Geodetické podklady	10
3.4	Hydrologická data.....	10
3.5	Místní šetření	11
3.6	Stávající hydrodynamický model a kalibrační podklady.....	11
3.7	Vyhodnocení a příprava podkladů.....	11
4	Popis koncepčního modelu	12
4.1	Schematizace řešeného problému.....	12
4.2	Posouzení vlivu nestacionarity proudění	14
4.3	Způsob zadávání OP a PP	14
5	Popis numerického modelu.....	15
5.1	Použité programové vybavení	15
5.2	Vstupní data numerického modelu.....	15
5.2.1	Morfologie vodního toku a záplavového území	15
5.2.2	Drsnosti hlavního koryta a inundačních území	16
5.2.3	Hodnoty okrajových podmínek.....	17
5.2.4	Hodnoty počátečních podmínek	17
5.2.5	Diskuze k nejistotám a úplnosti vstupních dat	17
5.3	Popis kalibrace modelu	18
6	Výsledky.....	19
6.1	Výstupy z hydrodynamických modelů.....	19
6.2	Mapy povodňového nebezpečí.....	19
6.2.1	Rozlivy pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}	19
6.2.2	Hloubky pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}	20
6.2.3	Rychlosti pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}	20

6.3	Zhodnocení nejistot ve výsledcích výpočtů	20
-----	---	----

1 Základní údaje

1.1 Seznam zkratek a symbolů

V Tab. č. 1 je uveden seznam všech zkratek a symbolů používaných při zpracování hydrodynamických modelů a map povodňového nebezpečí.

Tab. č. 1 Seznam zkratek a symbolů

Zkratka	Vysvětlení
1D	jednorozměrný
1D+	jednorozměrný síťový
2D	dvourozměrný
3D	trojrozměrný
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
ČHP	číslo hydrologického pořadí
ČSN	česká technická norma
ČÚZK	Český úřad zeměměřičský a katastrální
DMR 5G	digitální model reliéfu páté generace
DMT	digitální model terénu
DOP	dolní okrajová podmínka
HEC-RAS	Hydrologic Engineering Center - River Analysis System
HOP	horní okrajová podmínka
LB	levý břeh/levobřežní
LG	limnigraf (vodočet)
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
OP	okrajová podmínka
PB	pravý břeh/pravobřežní
PP	počáteční podmínka
PPO	protipovodňové opatření
PVPR	Předběžné vymezení povodňových rizik a vymezení oblastí s potenciálně významným povodňovým rizikem
RZM 10	rastrová základní mapa 1 : 10 000
SOP	studie odtokových poměrů
TNV	odvětvová technická norma
TPE	Technicko - provozní evidence
VD	Vodní dílo
ZABAGED	základní báze geografických dat České republiky
ZÚ	záplavová území

1.2 Cíle prací

Cílem prací je vyjádření povodňového nebezpečí pro úsek na vodním toku Daníž – 10100205_1 (DYJ_15-01) – ř. km 0,000 – 3,166 na základě stanovení následujících charakteristik průběhu povodně:

- hranice rozlivů,
- hloubky vody v záplavovém území,
- rychlosti proudění vody v záplavovém území.

Uvedené charakteristiky povodně budou stanoveny na základě výstupů z hydrodynamických modelů a zpracovány do podoby map povodňového nebezpečí.

Kroky nezbytné k dosažení cíle byly:

- zajištění vstupních podkladů – stávající + nové (dodatečné zaměření profilů, objektů atd.);
- sestavení (aktualizace) hydrodynamických modelů a příslušné simulace;

- zpracování výsledků numerického modelování a vytvoření map povodňového nebezpečí (mapy rozlivů, hloubek a rychlostí).

Vymezený úsek Daníže je nově vymezenou oblastí s významným povodňovým rizikem pro zpracování 2. plánovacího cyklu.

1.3 Postup zpracování a metoda řešení

Postup zpracování a metoda řešení byly:

- Získání, soustředění a studium dostupných podkladů a jejich doplnění místním šetřením.
- Příprava podkladů pro případné geodetické zaměření a jeho zadání.
- Aktualizace nebo sestavení hydrodynamického modelu.
- Hydraulické výpočty proudění v toku včetně objektů a inundačního území. Výpočty se provádí pro Q_5 , Q_{20} , Q_{100} , Q_{500} .
- Výsledky výpočtů jsou následně prezentovány v podobě map povodňového nebezpečí.

Výchozím podkladem pro tvorbu map povodňového nebezpečí a následnou rizikovou analýzu jsou hydraulické výpočty pro účely vymezení záplavového území zpracované na Povodí Moravy, s.p. v roce 2010 [7].

2 Popis zájmového území

Předmětem řešeného území je úsek na toku Daníž v km 0,000 – 3,166* (Obr. č. 1).

Tab. č. 2 Základní informace o řešeném úseku

ID úseku	Pracovní číslo úseku	Tok	Říční km, začátek - konec	ČHP
10100205_1	DYJ_15-01	Daníž	0,000 – 3,166	4-14-02-084

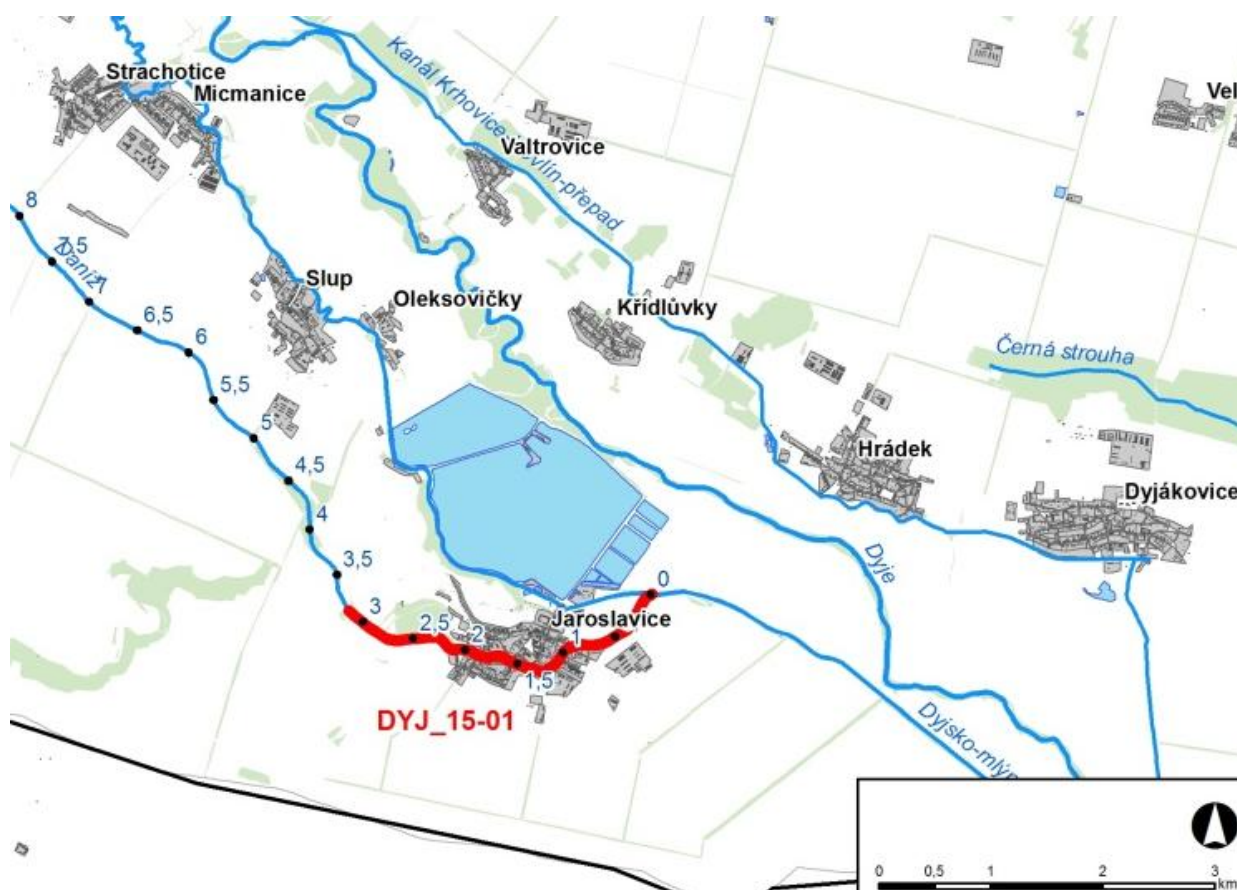
*) Komentář k používané kilometrži toku

V celém projektu je používána kilometráž, která vychází z již zpracovaných studií Povodí Moravy, s.p. [7]. Kilometráž toku Daníž, používaná při zpracování map povodňového nebezpečí a rizik, vychází z geodetického zaměření koryta, které provedlo Povodí Moravy, s.p. v roce 2009 [6].

Objekty mají tzv. administrativní kilometráž dle Technicko-provozní evidence toku (TPE) [10], tato slouží jako neměnný identifikátor jednotlivých objektů. Staničení objektů dle výpočetního modelu a dle TPE je uvedeno v kap. 5.2.1.

Na Daníži nejsou zbudována žádná významná vodní díla. Nad obcí Jaroslavice se nachází Horní a Dolní Jaroslavický rybník.

V zájmovém úseku toku Daníž se nenachází žádný přítok.



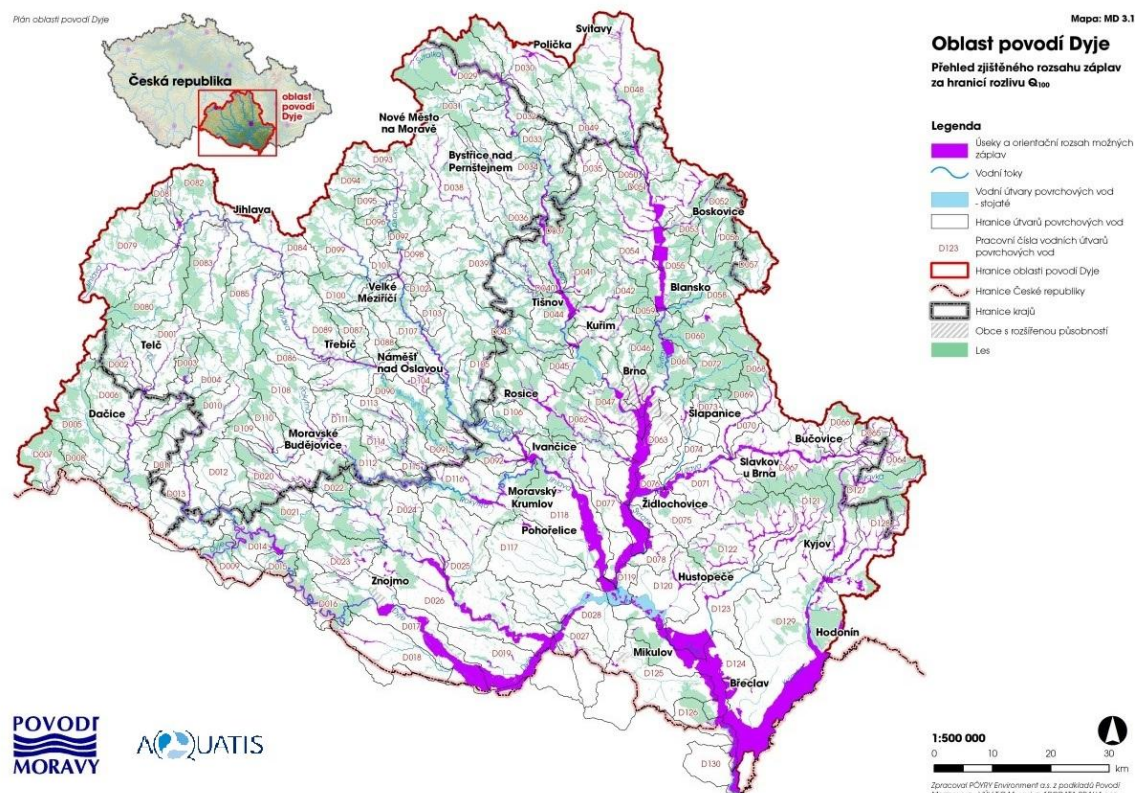
Obr. č. 1 Vymezení řešené oblasti s významným povodňovým rizikem

2.1 Všeobecné údaje

Daněš je pravobřežním přítokem Dyjsko - mlýnského náhonu (Mlýnské strouhy), do kterého se vlévá pod Jaroslavičským rybníkem. Pramen potoka je na rakouském státním území, státní hranici přetéká na k.ú. Hnanice. Odvádí vody z území jižně od Znojma mezi státní hranicí a Dyjí. Tvar povodí má Daněš obdélníkový. Je rovinatý, bez lesů, s výjimkou pramenné oblasti. Povodí patří k nejsušším částem ČR. Pro oblast je charakteristická minimální vodnost. Povodí toku Daněš má plochu celkem 117,7 km². Délka toku od pramene je 25,400 km.

Úsek 10100205_1 (DYJ_15-01), Daněš

V řešeném úseku protéká tok Daněš katastrálním územím (k.ú.) obce Jaroslavič. Obytná zástavba je v těsné blízkosti koryta. Koryto má tvar jednoduchého lichoběžníku, je zarostlé, neudržované. V prostoru mostních objektů je koryto opevněno dlažbou do betonu. V zájmovém území je devět mostů a dvě lávky. Severně od obce Jaroslavič se nachází Horní a Dolní Jaroslavičský rybník. Úsek toku Daněš je ve správě Povodí Moravy, s.p..



Obr. č. 2 Přehledná mapa povodí Dyje dle [11]

2.2 Průběhy historických povodní (největší zaznamenané povodně)

Na stránkách obce Jaroslavič je zmíněna jako poslední historická povodeň z roku 1953. Po té došlo k rozsáhlé regulaci koryta vodního toku a v dalších letech už k žádným povodním nedocházelo.

3 Přehled podkladů

3.1 Soupis zpráv a dokumentů

- [1] Digitální model reliéfu zájmové oblasti. DMR 5G. ČÚZK, Praha, 2018.
- [2] Rastrová základní mapa 1:10 000 (RZM 10). ČÚZK, mapové listy č.: 12040628, 12040630, 12040632, 12060628, 12060630, 12060632, Praha, 2017.
- [3] Ortofotomapy zájmového území. ČÚZK, Praha, 2018.
- [4] Základní báze geografických dat ZABAGED – polohopis, ČÚZK, Praha 2017.
- [5] Základní báze geografických dat ZABAGED – výškopis, ČÚZK, Praha, 2017.
- [6] Studie záplavového území toku Daněž v km 0,000 – 23,266, zpracovalo Povodí Moravy, s.p., 2009.
- [7] Záplavové území toku Daněž km 0,000 – 23,266, Povodí Moravy s.p., 05/2010.
- [8] Hydrologická data – N-leté průtoky, ČHMÚ, 12/2018.
- [9] Místní šetření v zájmové lokalitě v průběhu března 2019. AQUATIS a.s., Brno.
- [10] Technicko provozní evidence toků – TPE Daněž (km 0,000 – 22,946), Povodí Moravy, s.p.
- [11] Plán dílčího povodí Dyje, AQUATIS a.s., 2016.
- [12] Hydrologické poměry Československé socialistické republiky, díl III, Hydrometeorologický ústav, 1970.
- [13] www.pmo.cz, Stavy a průtoky na vodních tocích, únor 2019.
- [14] Studie protipovodňových opatření na území Jihomoravského kraje: Pöyry Environment a.s., Brno, 05/2007.
- [15] Tvorba map povodňového nebezpečí a povodňových rizik v oblasti povodí Moravy a v oblasti povodí Dyje, Pöyry Environment a.s., Brno, 07/2013.
- [16] HEC-RAS 5.0 River Analysis System – User's Manual, US Army Corps of Engineers, 02/2016.
- [17] www.obec-jaroslavice.cz
- [18] Numerický 1D+ model Daněže a Olšinky v programu MIKE 11, Povodí Moravy, s.p., 05/2010.

3.2 Související předpisy

- [I] ČSN 75 0110 Vodní hospodářství – Terminologie hydrologie a hydroekologie.
- [II] ČSN 75 1400 Hydrologické údaje povrchových vod.
- [III] TNV 75 2102 Úpravy potoků.
- [IV] TNV 75 2103 Úpravy řek.
- [V] ČSN 75 2410 Malé vodní nádrže.
- [VI] TNV 75 2415 Suché nádrže.
- [VII] TNV 75 2910 Manipulační řady vodních děl na vodních tocích.
- [VIII] TNV 75 2931 Povodňové plány.
- [IX] Zákon č. 240/2000 Sb. o krizovém řízení a změně některých zákonů (krizový zákon).
- [X] Zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny.
- [XI] Vyhláška MŽP 79/2018 Sb., o způsobu a rozsahu zpracovávání návrhu a stanovování záplavových území.
- [XII] Vyhláška č. 178/2012 Sb., kterou se stanoví seznam významných vodních toků a způsob provádění činností souvisejících se správou vodních toků.
- [XIII] Nařízení vlády č. 462/2000 Sb., k provedení §27 odst. 8 a §28 odst. 5 zákona č. 240/2000 Sb., o krizovém řízení a o změně některých zákonů (krizový zákon).
- [XIV] Metodika tvorby map povodňového nebezpečí a povodňových rizik, VÚV T.G.M. v.v.i., 03/2012.
- [XV] Standardizační minimum pro zpracování map povodňového nebezpečí a povodňových rizik, VRV a.s., 04/2011.
- [XVI] Předběžné vyhodnocení povodňových rizik v České republice 2011. Implementace směrnice 2007/60/ES o vyhodnocování a zvládání povodňových rizik (verze 5.0). Ministerstvo životního prostředí ČR (poslední aktualizace dne 16. 3. 2012). Praha. 12/2011.
- [XVII] Metodika tvorby map povodňového nebezpečí a povodňových rizik, VÚV T.G.M. v.v.i., aktualizace 18. 8. 2019.
- [XVIII] Standardizační minimum pro zpracování map povodňového nebezpečí a povodňových rizik, VRV a.s., 07/2019

[XIX] Standardizovaná struktura uložení dat, CDS2, 09/2019.

U uvedených zákonů, nařízení a vyhlášek se předpokládá jejich platné znění.

3.3 Topologická data

Topologická data jsou základním zdrojem, který je potřebný pro sestavení hydrodynamického modelu. Pomocí nich je možné popsat řešené území, sestavit digitální model terénu a vytvořit vhodnou schematizaci modelu. Jednotlivé topologické podklady jsou popsány v následujících kapitolách.

3.3.1 Vytvoření (aktualizace) digitálního modelu terénu

Digitální model terénu (DMT) byl vytvořen s použitím programů ESRI Arc GIS Version 10.5 (nadstavba 3D Analyst), AutoCAD 2012 a AutoCAD CIVIL 3D. Model pokrývá celé zájmové území na předpokládaný rozliv Q_{500} s dostatečným přesahem. Výsledný DMT je zpracován z DMR 5G [1], který je doplněn o geodetické zaměření koryta [6]. DMT má tyto vlastnosti: formát ESRI GRID, velikost pixelu 1 m, přesnost výškových údajů do 0,5 m, polohopisný systém S-JTSK, výškopisný systém Balt po vyrovnání.

3.3.2 Mapové podklady

Mapové podklady byly:

- Rastrová základní mapa 1 : 10 000 (RZM 10), z vektorového topografického modelu ZABAGED, ČÚZK, 2017, Měřítko 1 : 10 000, velikost pixelu 0,63 m.
- Ortofotomapy, formát JPG, velikost pixelu 0,25 m, ČÚZK, 2018.
- ZABAGED, komplexní digitální geografický model území ČR, formát SHP, ČÚZK, 2017.

3.3.3 Geodetické podklady

Geodetické podklady tvoří zaměřené příčné profily po cca 100 metrech a v místech změny příčného profilu koryta a podélné profily vodního toku Daně, které byly převzaty z dokumentace [6]. Zaměření je v polohopisném systému S-JTSK, výškopisném systému Balt po vyrovnání. Výkresová dokumentace je k dispozici u zhotovitele.

3.4 Hydrologická data

V Tab. č. 3 jsou uvedena hydrologická data. Data byla zakoupena u ČHMÚ. Oproti hodnotám z roku 2007 nedoznaly hodnoty průtoků významných změn.

Tab. č. 3 Aktuální N-leté průtoky (Q_N) v $m^3.s^{-1}$ [8]

Hydrologický profil	Datum pořízení	Říční kilometr	Q_5	Q_{20}	Q_{100}	Q_{500}	Třída přesnosti
Daně – nad Mlýnskou struhou	12.12.2018	0,000	10,7	18,7	31	46,8	III.

Tab. č. 4 Starší hodnoty N-letých průtoků (Q_N) v $m^3.s^{-1}$ [15]

Hydrologický profil	Datum pořízení	Říční kilometr	Q_5	Q_{20}	Q_{100}	Q_{500}	Třída přesnosti
Daně – nad Mlýnskou struhou	2007	0,000	10,8	18,8	31	-	-

3.5 Místní šetření

Fotodokumentace byla pořízena v rámci terénního průzkumu, který provedl AQUATIS a.s. v březnu 2019 [9]. Byly pořizovány fotografie vodního toku, technických objektů na toku, inundačního území a citlivých objektů v možném záplavovém území Q_{500} . Při terénním průzkumu byla prověřována aktuálnost geodetického zaměření, ověřovány hydraulické parametry ovlivňující proudění vody v korytě a inundaci a zjišťován rozsah historických povodní u místních obyvatel. V rámci terénní pochůzky nebyly zjištěny zásadní změny tvaru koryta, inundačního území a technických objektů na toku oproti geodetickému zaměření a DMT použitých pro tvorbu modelu.

3.6 Stávající hydrodynamický model a kalibrační podklady

Numerický jednorozměrný síťový (1D+) model Daníže v programu MIKE 11 byl vytvořen na Povodí Moravy, s.p. v roce 2010 [18]. Model sloužil pro zpracování Studie záplavového území toku Daníže v km 0,000 – 23,266 [6]. Pro tvorbu modelu bylo využito geodetické zaměření [6], DMT a hydrologická data. V rámci modelu byly řešeny povodňové scénáře pro Q_1 - Q_{100} . Výpočet byl proveden pro neustálé nerovnoměrné proudění. Podkladová kalibrační data nejsou v řešeném úseku k dispozici.

3.7 Vyhodnocení a příprava podkladů

DMT vytvořený z DMR 5G [1] a zaměření koryta toku pokrývá celé zájmové území v ploše předpokládaného rozlivu při Q_{500} s přesahem.

Mapové podklady (RZM 10 [2], ortofotomapy [3] a ZABAGED [4], [5]) pokrývají celé zájmové území.

Pozemní geodetické zaměření [6] pokrývá celé zájmové území řešeného úseku toku. Příčné profily korytem jsou vedeny kolmo na směr proudění, s hustotou dle charakteru koryta. Zaměřeny jsou veškeré objekty na toku – stupně, jezy, mosty, lávky. V inundaci jsou dále zaměřeny liniové stavby podélné i příčné. Geodetické práce zpracovali geodeti státního podniku Povodí Moravy v roce 2009.

Hydrologická data použitá ve stávajícím výpočtu byla získána u ČHMÚ [8].

Terénní průzkum byl proveden v březnu 2019. Byla prověřena aktuálnost geodetického zaměření.

Ostatní podklady (kalibrační data, TPE, studie a koncepční dokumenty) byly shromážděny a využity při hydraulických výpočtech.

Podkladová kalibrační data nejsou v řešeném úseku k dispozici.

4 Popis koncepčního modelu

Pro výpočet byl použit 2D model neustáleného nerovnoměrného proudění. Okrajové podmínky řešení a celková doba simulace však byly zvoleny takovým způsobem, aby prezentované výsledky popisovaly výskyt ustáleného proudění na úrovni požadovaných N-letých průtoků v celé zájmové oblasti. Model vymezeného úseku byl sestaven společností AQUATIS a.s. ve spolupráci s Povodí Moravy, s.p. v roce 2019.

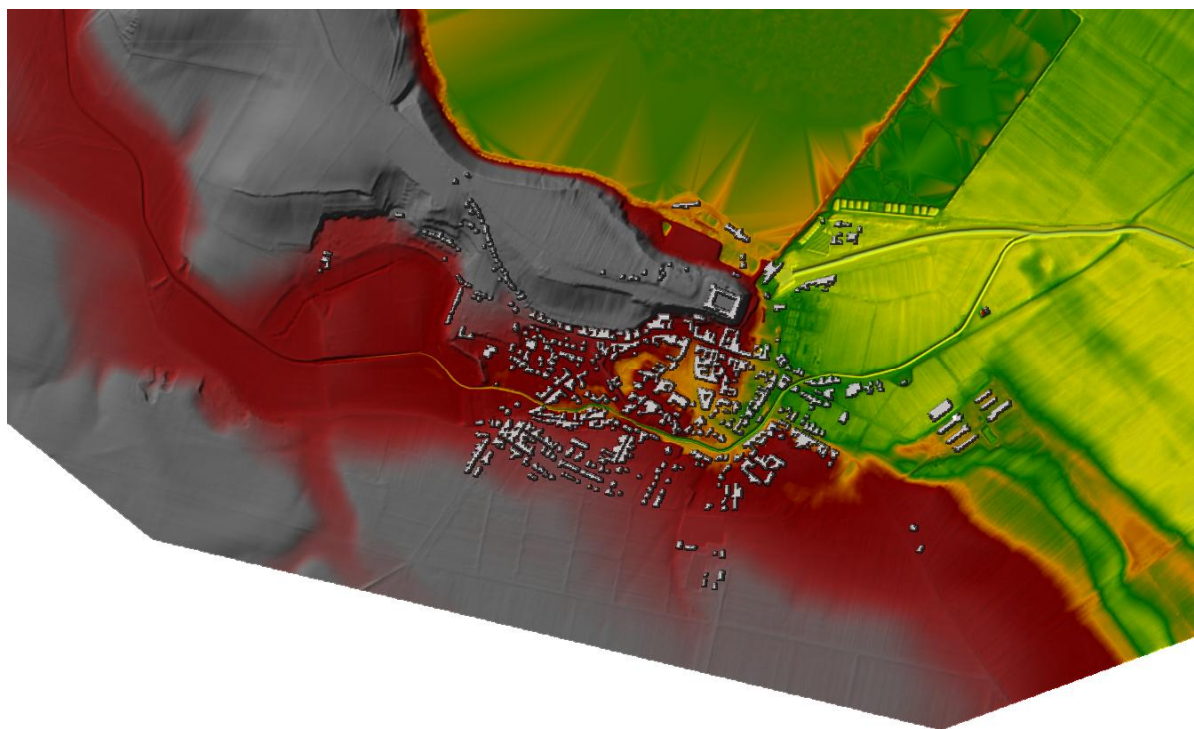
Na menších tocích je tradičně využíván spíše 1D přístup, což je odůvodněno tím, že obvykle nedochází k rozsáhlým inundacím a převažuje proudění paralelně s osou toku. Jednorozměrné modely zpravidla dokáží přesněji vystihnout hydraulické podmínky v blízkosti mostních objektů a jejich využití bylo historicky podmíněno nižším rozlišením dostupných digitálních modelů terénu, popř. softwarovými nároky a stabilitou výpočtu. V posledních letech se stále více uplatňuje hybridní přístup, kdy se proudění v korytě modeluje pomocí 1D schematizace a inundace skrze 2D výpočetní síť, přičemž je zajištěna výpočetní provázanost obou typů segmentů.

V rámci zpracování jsme zvolili samotné 2D řešení. Výhodou 2D modelu v programovém prostředí HEC-RAS, oproti jednodimenzionálnímu řešení, je přesnější popis proudění v inundaci, snadná vizuální kontrola výsledků a možnost přímého vygenerování výstupů pro navazující zpracování map rizik. Kombinací digitálního modelu reliéfu páté generace a podrobného digitálního modelu koryta je možné vytvořit velmi detailní výpočetní síť. V případě složitější topologie dna a břehů toku umožňuje 2D schematizace přesnější popis rozložení rychlostí v korytě a nabízí individuální volbu drsnostních součinitelů pro každou výpočetní buňku.

Matematickým modelem byl popsán průtok korytem toku Daněž včetně dotčené inundace a veškeré objekty na toku. Dolním okrajem zájmového úseku je zaústění Daněže do Dyjsko-mlýnského náhonu. Z uvedeného důvodu byla oblast simulace rozšířena o krátký úsek Dyjsko-mlýnského náhonu nad i pod soutokem s Daněžem. Kromě toho bylo ověřeno, na základě porovnání rozlivů řeky Dyje při největší zaznamenané povodni a při průtoku Q_{500} , že průchod velkých vod v Dyji neovlivní námi posuzované zájmové území.

4.1 Schematizace řešeného problému

V rámci matematického řešení byla provedena schematizace pomocí nepravidelné mnohoúhelníkové výpočetní sítě. Základem je ortogonální síť s velikostí prvku 20 x 20 m, která je pomocí povinných hran přizpůsobena objektům a liniovým prvkům tak, aby byl co nejpřesněji vystižen skutečný tvar terénu. Použité soubory povinných hran zahrnují budovy a bloky budov, liniové stavby, osu a břehové hrany koryta. V prostoru koryta vodního toku, případně některých liniových prvků, je síť z důvodu dostatečné diskretizace zahuštěna na velikost prvku 1,5 x 1,5 m.



Obr. č. 3 Schéma řešeného modelu pro úsek DYJ_15-01



Obr. č. 4 Vybraný detail výpočetní sítě v rámci úseku DYJ_15-01

4.2 Posouzení vlivu nestacionarity proudění

Výsledky předkládaných hydraulických výpočtů odráží teoretický stav, při kterém by došlo k ustálenému proudění na úrovni N-leté povodně v celém zájmovém úseku říční sítě i přilehlé inundaci. Za tímto účelem bylo zapotřebí simulovat časový úsek dostatečně přesahující postupovou dobu návrhové povodně vlastním korytem mezi nejsvrchnějším a závěrovým příčným profilem. Zvolený přístup má za následek vychýlení výsledků (rozsah rozlivu, hodnoty hloubek) mírně na stranu bezpečnosti, především při modelovém průchodu povodňových vod vyšších N-letostí (Q_{100} a Q_{500}). Důvodem zmíněného nadhodnocení je skutečnost, že reálné povodně se vyznačují neustáleným prouděním a mají nižší objemovou složku (kulminační průtok odpovídající vyšetřované N-letosti se vyskytuje omezenou dobu a poté dochází k poklesové fázi povodně). Námi použité řešení naopak předpokládá, že nejhorší fáze povodně nastane v celém vyšetřovaném úseku ve stejný okamžik, což je pochopitelně zjednodušující úvaha.

Pro důsledné uplatnění řešení v podmínkách neustáleného proudění by bylo zapotřebí definovat ke každému N-letému průtoku návrhový hydrogram s vhodně zvolenou podmíněnou pravděpodobností překročení objemu. Lze předpokládat, že podrobný hydrodynamický výpočet by vedl k různým hodnotám N-letých kulminací v dílčích profilech vyšetřovaného úseku vodního toku. Detailní způsob řešení průchodu N-leté povodně v režimu neustáleného proudění klade velké nároky na množství i kvalitu vstupních hydrologických dat a přináší řadu otázek, které by bylo zapotřebí metodicky vyjasnit.

4.3 Způsob zadávání OP a PP

Okrajové podmínky jsou zadány následovně.

Horní okrajovou podmínkou (HOP) jsou hodnoty N-letých povodňových průtoků Q_5 , Q_{20} , Q_{100} , a Q_{500} ve vodním toku Daněž dodaných ČHMÚ [8]. Z důvodu možného ovlivnění hladin v inundaci jsme HOP umístili více než 600 m nad začátek zájmového úseku (ř. km 3,807). Dolní okrajová podmínka (DOP) je umístěna v korytě Dyjsko-mlýnského náhonu více než 600 m pod zaústěním Daněže (v ř. km 17,146). Hodnota dolní okrajové podmínky je určena charakteristickým sklonem dna koryta v přilehlém úseku toku, přičemž na základě Manningova vztahu definuje výšku tzv. normální hladiny.

V zájmovém úseku není zaústěna stálá vodoteč (resp. jakákoliv vodoteč dle vyobrazení ZABAGED). Nutnost řešení souběhu povodní z více větví říční sítě se v daném případě omezuje pouze na soutokový uzel Dyjsko-mlýnský náhon - Daněž. Průtokové poměry v Dyjsko-mlýnském náhonu jsme stanovili na základě zjednodušující úvahy. Předpokládáme, že střetávání kulminačních průtoků vyšších dob opakování na obou tocích (tj. Dyjsko-mlýnském náhonu a Daněži) je nepravděpodobné. Dyjsko-mlýnský náhon je umělá vodoteč, jejíž průtoky jsou řízeny manipulacemi, jednak na VD Vranov, jednak na jezu Krhovice. Plán oblasti povodí Dyje 2010-2015 [11] uvádí, že průměrné roční množství převedené Dyjsko-mlýnským náhonem činí 72,58 milionu m^3 , což odpovídá průměrnému průtoku 2,3 m^3/s . Ačkoliv se v posledních letech jedná spíše o hodnoty 1,5 až 2,0 m^3/s , pro námi zpracovávanou úlohu uvažujeme raději s méně příznivými okolnostmi. Jako horní okrajovou podmínku (HOP) v Dyjsko-mlýnském náhonu jsme proto, pro všechny posuzované N-leté povodně v Daněži, zvolili konstantní průtok o velikosti 2,5 m^3/s . Horní okrajovou podmínku jsme umístili více než 750 m nad zaústěním Daněže (ř. km 18,560). Je třeba říci, že průtokový příspěvek Dyjsko-mlýnského náhonu nemá praktický vliv na rozsah rozlivů v řešeném úseku.

Výpočet je zahájen na „suchém“ modelu. V rámci HOP je uvažováno, že během 30 minut dojde k dosažení úrovně Q_5 . Následujících 300 minut je na přítoku do modelu uvažován ustálený průtok téže velikosti. Podobným způsobem jsou postupně řešeny zbývající průtoky vyšších dob opakování. Na dolním konci modelu je sledována hodnota průtoků v kontrolním profilu. Celková doba výpočtu je dle tohoto pozorování nastavena tak, aby došlo k ustálení na celém modelovaném úseku včetně významných oblastí v inundaci.

5 Popis numerického modelu

5.1 Použité programové vybavení

Výpočet hladin je proveden modelem neustáleného nerovnoměrného proudění pomocí programu HEC-RAS 5.0.6 (Hydrologic Engineering Center – River Analysis System), vyvinutým US Army Corps of Engineers. HEC-RAS umožňuje komplexní modelové řešení pro 1D a 2D simulaci proudění v otevřených korytech a inundačních územích. Výpočtové rovnice matematického modelu jsou uvedeny v manuálu [16], který je k dispozici u zhotovitele. Pro řešení problému byla zvolena metoda difuzní vlny (resp. její aproximace). Numerická schematizace se opírá o kombinaci metody konečných diferencí a konečných objemů.

Výsledky dosažené metodou difuzní vlny byly na vybraných zájmových úsecích porovnány s metodou využívající úplných Saint Venantových rovnic (zahrnující mimo jiné vliv Coriolisovy síly). Na převážné většině území výpočetní domény dávaly obě zmiňované metody srovnatelné výsledky, přičemž metoda difuzní vlny vykazovala vyšší míru stability a kratší dobu výpočtu. V souladu s předpoklady se významnější rozdíly ve výsledcích obou metod objevily v místech s výskytem silně turbulentního proudění. Vzhledem k ostatním nejistotám a přijatým zjednodušením se použití metody difuzní vlny jeví jako praktická a adekvátní technika pro řešení úlohu.

Matematickým modelem je popsán průtok vlastním korytem Daněže a přilehlého úseku Dyjsko-mlýnského náhonu včetně souvisejících inundací a veškerých objektů na toku.

5.2 Vstupní data numerického modelu

Vstupními daty numerického modelu jsou data z geodetického pozemního měření [6], v podobě příčných řezů, z nichž je vygenerován model koryta toku. Model povrchu inundačního území je vytvořen na základě digitálního modelu reliéfu (DMR 5G) [1]. Budovy a bloky budov jsou ve výpočetní síti uvažovány jako neprůtočné plochy. Digitální povrch terénu použitý ve výpočtu je vytvořen propojením zaměření koryta, digitálního modelu reliéfu a neprůtočných objektů (budov). Horní okrajovou podmínkou na Daněži jsou hodnoty kulminace N-letých povodňových průtoků Q_5 , Q_{20} a Q_{100} , a Q_{500} v Daněži dodaných ČHMÚ [8]. Horní okrajovou podmínkou na Dyjsko-mlýnském náhonu je konstantní průtok $2,5 \text{ m}^3/\text{s}$. Dolní okrajovou podmínkou (DOP) je hodnota charakteristického sklonu hladiny v toku za předpokladu ustáleného rovnoměrného proudění. Pro stanovení stupně drsnosti byly používány klasifikace krajinného pokryvu podle ZABAGED [4] a doplňkové ortofotomapy [3].

Při výpočtu se uvažovalo s proměnným, automaticky řízeným časovým krokem, při němž nedojde k překročení Courantova kritéria na úrovni hodnoty $C = 2,5$. Výchozí časový krok odpovídal 6 sekundám, minimální uvažovaný časový krok pak 1,5 s. Maximální počet iterací byl ponechán na hodnotě 20. Přípustná odchylka pro vypočtené výšky hladiny a objemy (přepočtené na výšky hladiny) byla uvažována na úrovni 3 mm.

5.2.1 Morfologie vodního toku a záplavového území

V zájmovém území a jeho okolí bylo zaměřeno celkem 43 příčných profilů, které vystihují morfologii koryta a přilehlého inundačního území. Do výpočtového matematického modelu je zahrnuto 12 objektů na toku. Konkrétně se jedná o silniční mosty, hospodářské mosty a lávky. Tabulky č. 5 a 6 přináší výčet těchto objektů.

Mosty a lávky byly zadány ve zjednodušené formě, která přísně zachovává geometrii koryta i mostních pilířů, avšak neuvažuje těleso mostovky. Kombinace použitého softwaru a aplikace 2D výpočtu pro inundaci i koryto neumožňuje v případě mostních objektů striktní dodržení hydraulických parametrů v celém rozsahu návrhových průtoků.

Budovy byly v modelu řešeny zvýšením terénu v místě jejich polohy.

Tab. č. 5 Objekty vstupující do modelu, úsek DYJ_15-01, Daněž, km 0,000 – 3,166

Km	Popis objektu	Km dle TPE (identifikátor objektu)	Lokalita
0,388	most hospodářský	0,401	Jaroslavice
0,930	most silniční	0,940	Jaroslavice

Km	Popis objektu	Km dle TPE (identifikátor objektu)	Lokalita
1,062	most silniční	1,074	Jaroslavice
1,233	most silniční	1,240	Jaroslavice
1,371	lávka	-	Jaroslavice
1,572	most silniční	1,587	Jaroslavice
1,874	most silniční	1,886	Jaroslavice
2,069	lávka	2,077	Jaroslavice
2,146	most hospodářský	-	Jaroslavice
2,628	most hospodářský	2,642	Jaroslavice
3,169	most hospodářský	3,183	Jaroslavice

Tab. č. 6 Objekty vstupující do modelu, úsek DYJ_15-01, Dyjsko-mlýnský náhon, km 17,146 – 18,560

Km	Popis objektu	Km dle TPE (identifikátor objektu)	Lokalita
17,508	most silniční	-	Jaroslavice

5.2.2 Drsnosti hlavního koryta a inundačních území

Drsnosti jednotlivých úseků Daníže byly zvoleny na základě fotodokumentace [9], doplnkově byly využity veřejně dostupné mapové aplikace.

Pro zadávání drsnosti je uvažováno letní období se vzrostlou vegetací. Drsnost koryta vyjádřena podle Mannigova součinitele byla odhadnuta na úrovni 0,04. Drsnosti svahů a inundace byly zadávány na základě kategorie krajinného pokryvu. Přiřazení koeficientů drsnosti podle Manninga jednotlivým kategoriím území přináší Tab. č. 7.

Tab. č. 7 Orientační hodnoty součinitelů drsnosti dle Manninga použité při výpočtu

Povrch	Orientační hodnoty součinitele drsnosti dle Manninga
koryto vodní toku, vodní plocha	0,04
areál účelové zástavby	0,05
hřbitov	0,06
okrasná zahrada, park	0,06
kůlna, skleník	0,25
ostatní plocha v sídlech	0,025
orná půda	0,04
ovocný sad, zahrada	0,05
vinice	0,05
trvalý travní porost	0,04
lesní půda se stromy	0,09
lesní půda s křovinatým porostem	0,08
skalní útvary	0,06

5.2.3 Hodnoty okrajových podmínek

Horní okrajovou podmínkou (HOP) byly hodnoty kulminace N -letých povodňových průtoků Q_5 , Q_{20} a Q_{100} , a Q_{500} v toku Daniž dodaných ČHMÚ [8], doplněné o odhad sklonu čáry energie. Horní okrajovou podmínku jsme umístili více než 600 metrů nad začátkem zájmového úseku (Daniž v ř. km 3,807). V Tab. č. 8 je uveden přehled HOP a použité doby výpočtu pro ustálení kulminačního průtoků v závěrovém profilu výpočetního úseku.

Jako dolní okrajovou podmínku (DOP) jsme aplikovali metodu tzv. normální hloubky ve vzdálenosti více než 600 m pod řešenou oblastí (Dyjsko-mlýnský náhon v ř. km 17,146). Hodnota dolní okrajové podmínky byla v daném případě stanovena na základě charakteristického sklonu dna koryta v přilehlém úseku vodního toku (0,5 ‰). Umístění dolní okrajové podmínky je plně dostačující z hlediska zamezení ovlivnění výsledků v řešeném úseku. Horní okrajovou podmínku v Dyjsko-mlýnském náhonu jsme umístili v ř. km 18,560, tedy více než 750 metrů nad zaústění Daniže. Okrajová podmínka byla v daném případě konstantní pro všechny řešené N -letosti a odpovídala průtokovému množství 2,5 m³/s.

Tab. č. 8 Hodnoty horních okrajových podmínek (HOP) v Daniži, počátečních podmínek (PP) v Daniži, délka simulovaného období

HOP	PP	Doba zvyšování průtoků	Doba pro ustálení
$Q_5 = 10,7 \text{ m}^3/\text{s}$	$Q = 0 \text{ m}^3/\text{s}$	0:30 hod	05:00 hod
$Q_{20} = 18,7 \text{ m}^3/\text{s}$	$Q_5 = 10,7 \text{ m}^3/\text{s}$	0:30 hod	05:00 hod
$Q_{100} = 31,0 \text{ m}^3/\text{s}$	$Q_{20} = 18,7 \text{ m}^3/\text{s}$	0:30 hod	05:00 hod
$Q_{500} = 46,8 \text{ m}^3/\text{s}$	$Q_{100} = 31,0 \text{ m}^3/\text{s}$	0:30 hod	05:00 hod

Pozn.: Doba pro ustálení nevyjadřuje minimální dobu nezbytnou pro ustálení, ale zvolenou dobu, u které bylo ověřeno, že postačuje k ustálení průtoků na celém výpočetním úseku.

5.2.4 Hodnoty počátečních podmínek

V našem případě byla počáteční podmínka stanovena jako suché koryto, s tím, že následující časový úsek byl vyhrazen pro lineární nárůst průtoků na požadovanou kulminaci Q_5 . Doba pro zvyšování průtoků následně vystřídala dobu pro ustálení, která byla odhadnuta na základě známé celkové délky zájmového úseku a očekávané rychlosti postupu povodňové vlny. Doba pro ustálení bylo zapotřebí ověřit výpočtem, v daném případě ji však nebylo třeba navyšovat. Výpočet probíhal pro celý rozsah N -letých průtoků v rámci jediné simulace opakováním cyklu doby zvyšování průtoků a doby pro ustálení. Z důvodu zjednodušení uvádíme v Tab. č. 8 jako počáteční podmínku při výpočtu určité N -letosti kulminační průtok předchází řešené N -letosti.

5.2.5 Diskuze k nejistotám a úplnosti vstupních dat

Nejistota výsledků hydrodynamického výpočtu je dána souhrnem nepřesností topografických a hydrologických podkladových dat, volbou měřítka časoprostorové schematizace řešeného problému a v neposlední řadě použitými numerickými metodami a softwarovými prostředky. Jako klíčový podklad byl použit DMR 5G, jehož charakteristická nepřesnost je udávána jako 0,18 m v odkrytém terénu a 0,3 m v zalesněném terénu. Doplněné pozemní zaměření koryta Daniže je provedeno v příčných řezech v průměrné vzájemné vzdálenosti 100 m (v přilehlém úseku Dyjsko-mlýnského náhonu je koryto zaměřeno přibližně po 65 m). Je třeba zdůraznit, že provedená schematizace koryta, daná geometrickou interpolací mezi příčnými řezy, může mít zásadní vliv na zkreslení výsledků výpočtů.

Popis drsností vychází z terénního průzkumu a zohledňuje tzv. letní stav, kdy jsou koryto a zvláště pak inundace místně výrazněji zarostlé.

Další nejistotou může být aktuální stav koryta a inundace za povodně, množství nesených splavenin a tvoření bariér z plovoucích předmětů. Ve výpočtu je uvažováno se stavem „čistého“ koryta, bez omezení průtočnosti.

Kapacitu koryta ovlivňuje stav nánosů nebo naopak zahlubování koryta. Při větších povodních navíc dochází k porušení opevnění koryta, výmolům, břehovým nátržím, k porušení hrází nebo násypů a valů. Povodeň je rovněž značně ovlivněna aktuálním stavem inundace.

Nejistota dále spočívá v hydrologických údajích stanovených dle ČHMÚ. Je zřejmé, že údaje o N-letých vodách nejsou údaje neměnné. Při zpracování výpočtů jsou posuzovány veškeré dostupné hydrologické podklady - současně platné návrhové průtoky se porovnávají s historickými i „nedávno minulými“. Rozptyl hodnot N-letých údajů bývá v některých případech značný. Malé historické změny v určitém úseku naopak nemusí znamenat, že odhad N-letých průtoků je robustní. Je nezbytné vnímat též třídu přesnosti poskytovaných hydrologických údajů. Pro návrhovou hodnotu Q_{100} činí orientační směrodatná odchylka relativních chyb odhadu 40 %, pro průtok Q_{500} není obdobná charakteristika stanovena.

Kromě výše uvedeného je třeba vnímat zvýšenou nejistotu výsledků spojenou s absencí kalibračních dat. V některých případech, kdy bylo možné uvažovat vstupní charakteristiky v širším rozmezí, jsme volili raději hodnoty méně příznivé z hlediska dopadů povodňových událostí. Ve smyslu výše uvedeného mohou být výsledky mírně zkresleny na stranu bezpečnosti.

5.3 Popis kalibrace modelu

Pro kalibraci modelu nebyla k dispozici podkladová data.

6 Výsledky

6.1 Výstupy z hydrodynamických modelů

Mezi výsledky výpočtů patřily především údaje o hloubkách vody, rychlostech proudění vody, úrovních hladin a rozlivech. Z programu HEC-RAS byly vygenerovány výstupy v příslušných N -letostech, při kterých došlo k ustálení povodňových průtoků. Jednalo se o polygony rozlivů ve formátu *.shp a rastrové vrstvy hloubek, svislicových rychlostí a úrovní hladin ve formátu *.tif. Grafickým výsledkem jsou mapy povodňového nebezpečí, a to mapy rozlivů, hloubek a rychlostí pro jednotlivé řešené kulminační průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} , Q_{500} .

Úsek DYJ_15-01 Daníž, km 0,000 – 3,166

V řešeném úseku protéká Daníž pouze k.ú. Jaroslavice. V nejvrchnější části zájmového úseku se v bezprostřední blízkosti vodoteče nachází hranice k.ú. Oleksovičky

Koryto Daníže je kapacitní na Q_5 v celém řešeném úseku. Při průtoku Q_{20} však dochází k levostrannému i pravostrannému vybřežení nejprve v okolí mostního objektu v ř. km 2,146. Přitom jsou zaplaveny lesní pozemky na levém břehu a v menším rozsahu polní pozemky na pravém břehu. Nad níže situovanou lávkou v ř. km 2,069 se povodňové průtoky dočasně vrací zpět do koryta Daníže. Další inundace na levém břehu se objevují přibližně o dalších 60 metrů níže směrem po toku. Hranice rozlivu se zde dotýká třech jednotlivě stojících budov. Také v navazujícím úseku je průtočná kapacita koryta Daníže naplněna a místy se objevují drobné rozlivy na obou březích. Tyto rozlivy v nemnoha případech sahají k budovám stojících na samém břehu Daníže, nebo v jeho blízkosti.

Plošně rozsáhlejší rozlivy při Q_{20} , s výraznějšími povodňovými škodami, se objevují však až pod silničním mostem v ř. km 1,233. Na levém břehu je přitom zasažena oblast v okolí ulice Sadová. Povodňové průtoky z levobřežního rozlivu se sice vrací zpět do koryta výše nad silničním mostem v ř. km 0,930, ve stejném místě však zároveň dochází masivnímu vybřežení na pravém břehu. Osa pravobřežního rozlivu probíhá nejprve kolmo na tok Daníže a dále paralelně s ulicí Hradecká. V této části obce Jaroslavice se nachází spíše roztroušená zástavba a proto není počet rozlivem dotčených budov ani zde vysoký. Pravobřežní rozliv částečně zasahuje zemědělský areál a o něco dále, přibližně na úrovni ČOV Jaroslavice (při Q_{20} není zasažena), se odklání od silniční komunikace a nabírá jihovýchodní směr. V této oblasti jsou ohroženy už pouze polní pozemky. Druhý plošně významnější rozliv začíná levostranným vybřežením ve vzdálenosti 50 metrů pod silničním mostem v ř. km 0,930. Záhy opouští intravilán Jaroslavic a zasahuje zemědělské pozemky v oblasti mezi vodotečí Daníž a Dyjsko-mlýnským náhonem.

Při průtocích Q_{100} a Q_{500} dochází k dalšímu rozšíření zasažených území, přičemž hlavní lokalizace je popsána výše. V daleko větším počtu případů jsou však zasaženy budovy i celé bloky budov a roste pravděpodobnost jejich poškození. Skutečný stav povodňového nebezpečí přesněji a přehledněji dokládají příslušné mapové výstupy.

6.2 Mapy povodňového nebezpečí

Maximálním rozlivem (polygon rozlivu Q_{500}) v řešeném úseku je dotčena obec Jaroslavice v rámci stejnojmenného k.ú. Ve významem zcela marginální a plošně nepatrné míře tento rozliv přesahuje do území obce Slup (k.ú. Oleksovičky). V druhém uvedeném případě se však nejedná o zastavěné území.

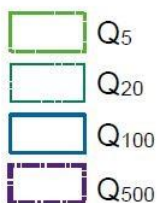
Charakteristiky povodně specifikující povodňové nebezpečí, jako hloubka a svislicová rychlost proudění, jsou v mapách povodňového nebezpečí vykresleny pro povodňové scénáře Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500} , kde hranice rozlivů jsou doprovodnými informacemi pro příslušné scénáře. Hloubky a svislicové rychlosti z výpočtů 2D modelů mají podobu rastru. Charakteristiky jsou podloženy RZM v odstínu šedé a vyobrazená proměnná má velikost pixelu 1 m.

6.2.1 Rozlivy pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}

Rozlivy jsou křivky odpovídající průsečnicím hladin vody se zemským povrchem při zaplavení území povodní. Byly vygenerovány z programu HEC-RAS do vektorového formátu *.shp a následně zpracovány s použitím nástrojů GIS a to na základě vyhodnocení rastrových dat o hloubkách vody (viz kap. 6.2.2).

Rozlivy jsou zobrazeny jako doprovodné informace pro jednotlivé průtoky na Základní rastrové mapě v měřítku 1:10 000. V mapách jsou vykresleny jako linie specifikované metodikou [XVII] - viz Obr. č. 5.

Rozlivy



Obr. č. 5 Linie hranic rozlivů pro jednotlivé průtoky

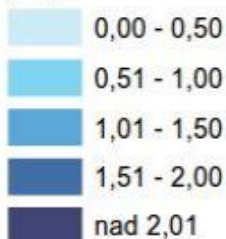
6.2.2 Hloubky pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}

Údaje o hloubkách vody byly zpracovány do georeferencovaného formátu *.tif přímo s použitím programového vybavení HEC-RAS a následně upraveny s použitím nástrojů GIS. Rozlišení rastrů hloubek vody odpovídá požadavkům [XV], tj. $1\text{ m} \times 1\text{ m}$.

Rozdělení intervalů hloubek a jejich barevná definice je v mapách vykreslena podle metodiky [XVII] - viz Obr. č. 6.

Hloubky

[m]



Obr. č. 6 Definice barev a intervalů hloubek

6.2.3 Rychlosti pro průtoky Q_5 , Q_{20} , Q_{100} a Q_{500}

Údaje o svislicových rychlostech byly zpracovány do georeferencovaného formátu *.tif přímo s použitím programového vybavení HEC-RAS a následně upraveny s použitím nástrojů GIS. Rozlišení rastrů svislicových rychlostí proudění vody odpovídá požadavkům [XV], tj. $1\text{ m} \times 1\text{ m}$.

Rozdělení intervalů svislicových rychlostí a jejich barevná definice je v mapách vykreslena podle metodiky [XVII] - viz Obr. č. 7.

Rychlosti

[m/s]



Obr. č. 7 Definice barev a intervalů svislicových rychlostí

6.3 Zhodnocení nejistot ve výsledcích výpočtů

Nejistoty v podkladech i v samotném hydraulickém výpočtu byly komentovány v kapitole 5.2.5. Pro další praktické využití výsledků hydraulických výpočtů je vždy nezbytné zohlednit míru nejistoty, kterou jsou tato data nevyhnutelně

zatížena. Dále je nutné posoudit aktuálnost výsledků především ve vztahu k případným změnám, ke kterým mohlo dojít od doby realizace výpočtů. Jedná se především o změny:

- hydrologických podkladů,
- morfologie koryta a inundačního území vč. realizace významných stavebních objektů (např. protipovodňové ochrany, vodohospodářských staveb na toku, liniových dopravních staveb, mostů apod.),
- charakteru povrchu koryta a inundačního území.

V této souvislosti se v budoucnu předpokládá průběžná aktualizace výsledků hydraulických výpočtů.