

**DOKUMENTACE PRO VYDÁNÍ SPOLEČNÉHO
POVOLENÍ LINIOVÉ STAVBY TECHNICKÉ
INFRASTRUKTURY VČETNĚ SOUVISEJÍCÍCH
TECHNOLOGICKÝCH OBJEKTŮ
V PODROBNOSTI DPS**



**Stavební úpravy přečerpávací stanice a
odlehčovací komory 10 v ulici Sportovní**

D.1.2 Hydrotechnické výpočty

Leden 2024



**Vodohospodářský rozvoj a výstavba
akciová společnost
Nábřeží 4, Praha 5, 150 56**

VODOHOSPODÁŘSKÝ ROZVOJ A VÝSTAVBA
akciová společnost
150 56 Praha 5 - Smíchov, Nábřeží 4
DIVIZE 02

tel: 257 110 308, 276 fax : 257 319 398
e-mail: koblenc@vrv.cz
dvorakp@vrv.cz

**DOKUMENTACE PRO VYDÁNÍ SPOLEČNÉHO POVOLENÍ
LINIOVÉ STAVBY TECHNICKÉ INFRASTRUKTURY VČETNĚ
SOUVISEJÍCÍCH TECHNOLOGICKÝCH OBJEKTŮ
V PODROBNOSTI DPS**

**STAVEBNÍ ÚPRAVY PŘEČERPÁVACÍ STANICE A
ODLEHČOVACÍ KOMORY 10 V ULICI SPORTOVNÍ**

D.1.2 HYDROTECHNICKÉ VÝPOČTY

Zpracoval:

Ing. Mikoláš Kesely, Ph.D.
Ing. Petr Koblenc

Schválil:

Ing. Rostislav Kasal, Ph.D.
ředitel divize 02

V Praze

leden 2024

Obsah:

1.1	ÚVOD A ÚČEL PŘEDKLÁDANÉ DOKUMENTACE	4
1.2	SEZNAM PODKLADŮ	4
2	VÝCHOZÍ PODKLADY	5
2.1	PŘEDANÉ OBJEDNAVATELEM	5
2.1.1	<i>Generel vodovodu a kanalizace města Český brod</i>	<i>5</i>
2.2	VLASTNÍ PODKLADY	5
2.2.1	<i>Hydrologická data.....</i>	<i>5</i>
2.2.2	<i>Výškopisná data</i>	<i>5</i>
2.2.3	<i>Terénní průzkum.....</i>	<i>5</i>
3	SOUHRNNÉ INFORMACE O STOKOVÉ SÍTI.....	5
3.1	MATERIÁL A DIMENZE STOK	6
3.2	ODLEHČOVACÍ KOMORA OK10.....	6
3.1	ČERPACÍ STANICE ČS1	6
4	STAVBA A KALIBRACE MATEMATICKÉHO MODELU	7
4.1	OBEČNÉ PRINCIPY	7
4.2	MODEL KANALIZAČNÍ SÍTĚ	7
4.2.1	<i>Výškopis a topologie.....</i>	<i>7</i>
4.3	DEFINICE POVODÍČEK	8
4.3.1	<i>Rozsah povodíček.....</i>	<i>8</i>
4.3.2	<i>Tvorba přímého odtoku</i>	<i>8</i>
4.3.3	<i>Koncentrace odtoku.....</i>	<i>8</i>
4.4	TRVALÝ PŘÍTOK	9
4.5	SRÁŽKOVÁ DATA – MĚRNÁ KAMPAŇ.....	9
4.6	PRŮBĚH KALIBRACE A POČÁTEČNÍ HODNOTY PARAMETRŮ	10
4.7	PARAMETRY VÝPOČTU	10
4.8	VÝSLEDKY KALIBRACE	10
5	TVORBA ZATĚŽOVACÍCH DEŠŤOVÝCH SCÉNÁŘŮ.....	11
6	POSOUZENÍ STÁVAJÍCÍHO STAVU	12
7	POSOUZENÍ STAVŮ PO REKONSTRUKCI OK V ULICI SPORTOVNÍ.....	13
7.1	ZATĚŽOVACÍ STAV $T = 15 \text{ min.}$, $P = 1$	13
7.1.1	<i>Hydrotechnický výpočet přepadové výšky u přelivu s vysokou hranou dle ČSN 75 6262</i>	<i>14</i>
7.2	ZATĚŽOVACÍ STAV $T = 15 \text{ min.}$, $P = 0,5$	15
8	POSOUZENÍ REKONSTRUOVANÉ OK V ULICI SPORTOVNÍ NA POMĚR ŘEDĚNÍ.....	15
9	POSOUZENÍ SEDIMENTAČNÍ NÁDRŽE NA ODTOKU Z OK	16
10	ZÁVĚRY	17
	MATERIÁL A DIMENZE MODELOVANÝCH STOK (PŘÍLOHA 1)	18
	PŘEHLEDNÁ SITUACE MONITORINGU (PŘÍLOHA 2).....	19
	VÝSLEDKY KALIBRACE MATEMATICKÉHO MODELU – MĚRNÝ PROFIL NA PŘÍTOKU DO OK10 (PŘÍLOHA 3)	20

1.1 ÚVOD A ÚČEL PŘEDKLÁDANÉ DOKUMENTACE

Předkládaná studie/ posouzení je zpracována na základě smlouvy ze dne 6. 4. 2021 (č. zpracovatele 02-O-516-11064/21). Předmětem řešení tohoto hydraulického posouzení je rekonstrukce odlehčovací komory v ulici Sportovní v severní části Českého Brodu a jejího vlivu na hydraulické podmínky na stávající stokové síti. Výstupem řešení je primárně posouzení poloh hladin (tlakových čar v případě tlakového proudění) na přítoku a odtoku z odlehčovací komory ve stávajícím stavu a po její zamýšlené rekonstrukci.

1.2 SEZNAM PODKLADŮ

1. Generel vodovodu a kanalizace města Český Brod (AQUA PROCON s.r.o., 11/ 2014)
2. Digitální model terénu ZABAGED 5G
3. Hydrologická data (ČHMÚ)
4. Katastrální mapa území Český Brod a Štoltmíř
5. Terénní průzkum
6. Fotodokumentace
7. Osobní jednání se zástupci provozovatele

2 VÝCHOZÍ PODKLADY

2.1 PŘEDANÉ OBJEDNAVATELEM

2.1.1 Generel vodovodu a kanalizace města Český brod

Dokument z Listopadu 2014 obsahuje posouzení stávajícího a výhledového stavu kanalizační sítě hydrodynamickým matematickým modelem včetně koncepčního návrhu opatření na kanalizační síti. Generel obsahuje řadu informací v tabelární a výkresové formě včetně, včetně Pasportizace šachet a objektů na stokové síti. Součástí generelu je i závěrečná zpráva z provedené monitorovací kampaně. Ta byla realizována Pražskými vodovody a kanalizacemi a.s. v období 28.5. – 23. 7. 2014, finální časové řady obsahují vyhodnocení hloubek, rychlostí, průtoků a intenzit dešťových srážek za celé měrné období. V severní části Českého brodu byla měřena hladina a průtok na přítoku do OK v ulici Sportovní (profil MP5). Východně, jižně a severně od Českého brodu byly osazeny srážkoměrné stanice (SR1, SR2 a SR3). Měrný profil a umístění srážkoměrných stanic je vyobrazen v Příloze 3.

2.2 VLASTNÍ PODKLADY

2.2.1 Hydrologická data

Maximální úhrny srážek pro periodicitu 1 až 0.1 pro lokalitu Český Brod (Český hydrometeorologický ústav).

2.2.2 Výškopisná data

Výškopisná data ZABAGED třídy 5.

2.2.3 Terénní průzkum

Fotodokumentace řešeného území, ověření spínacích hladin v čerpací stanici a výšky přelivné hrany v odlehčovací komoře v ulici Sportovní.

3 SOUHRNNÉ INFORMACE O STOKOVÉ SÍTI

Stoková síť v severní části města Český Brod je téměř výlučně tvořena jednotným kanalizačním systémem. Výjimku tvoří lokalita mezi ulicemi V Lukách a Pod Malým vrchem, kde je vybudována kanalizace oddílná. Dešťová voda z této oblasti je vyústěna do Kounického potoka vedle odtoku z blízké odlehčovací komory v ulici Sportovní, před kterou je do jednotné kanalizace napojena splašková kanalizace z dané oblasti. Základ sítě tvoří kmenová stoka A, která gravitačně odvádí odpadní vody u téměř celé severní části města Český Brod, vyjma lokalit na západ od ulice Bulharská, kde je odpadní voda gravitačně sváděna pod železniční trať do ulice Školní. V nejnižším místě kmenové stoky A se nachází odlehčovací komora a čerpací stanice, kterou je odpadní voda přečerpávána za železniční trať do ulice Kollárova.

3.1 **MATERIÁL A DIMENZE STOK**

Výstavba stávajícího stavu kanalizace probíhala ve více etapách od roku 1920 po současnost. Dle podkladů 1.Sčv a generelu je stoková síť z betonových trub (TBH), kameniny (KAM), PP, PE a PVC dimenzí DN250 až DN1000. Mezi odlehčovací komorou OK1 a přečerpávací stanicí PČS1 se nachází škrťací trať DN200, výtlačný řad z PČS1 je dimenze DN160. Uvedeným materiálům byla v modelu přiřazena následující hydraulická drsnost:

- PVC 0.1 mm
- PE 0.1 mm
- PP 0.1 mm
- TBH 2.0 mm
- KAM 3.0 mm

Dimenze a materiál stok zahrnutých do modelu jsou rovněž uvedeny v příloze 1.

3.2 **ODLEHČOVACÍ KOMORA OK10**

Odlehčovací komora OK10 se nachází v ulici Sportovní a v případě srážkové události se v ní odlehčují odpadní vody z prakticky celé zástavby města Český Brod ležící severně od železniční tratě. Odpadní vody z OK10 pokračují přes škrťací trať DN200 do čerpací stanice ČS1. Přeliv odlehčovací komory je přímý s přelivnou hranou délky 0.8 m, odlehčená odpadní voda dále pokračuje do potrubí DN800 minimálního sklonu. Odtok z OK10 je zaústěn do Kounického potoka, který je v současné době prakticky bezvodý. Odtok není opatřen zpětnou klapkou. V matematickém modelu je OK10 zanesena jako ostrohranný přeliv.



Obr. 1 Odlehčovací komora OK10 (fotodokumentace z terénního průzkumu)

3.1 **ČERPACÍ STANICE ČS1**

Čerpací stanice ČS1 se nachází v ulici Sportovní za škrťací tratí odlehčovací komory OK10, která redukuje přítok do čerpací stanice. Škrťací trať DN200 vede přímo do objektu čerpací stanice. Výtlačk PE160 z ČS1 je zaústěn do gravitační stokové sítě v ulici Kollárova podcházející železnici směrem do centra města. V čerpací stanici jsou dvě čerpadla, která fungují v režimu 1+1.



Obr. 2 Čerpací stanice ČS1 (fotodokumentace z terénního průzkumu)

4 STAVBA A KALIBRACE MATEMATICKÉHO MODELU

4.1 OBECNÉ PRINCIPY

Matematický model hydraulického systému obecně sestává z prvků, které jsou charakterizovány polohopisnými, výškopisnými, geometrickými a materiálovými vlastnostmi. Informace o tom, které prvky a jak spolu komunikují, definují topologii modelu. V případě kanalizační sítě jsou prvky systému zejména šachty, potrubní úseky, odlehčovací komory a povodíčka. Pro potřeby předkládaného generelu byl model sestaven v programu InfoWorks firmy ICM. Pro tvorbu a koncentraci odtoku z povodí je v tomto softwaru možno použít řadu přístupů od empirických až po přístupy s významným podílem přesného fyzikálního popisu. Časově neustálený pohyb vody ve stokové síti je popsán s využitím 1D schematizace. K popisu proudění s volnou hladinou je použito 1D Saint-Venantových rovnic reprezentujících zákon zachování hybnosti a zákon zachování hmoty v diferenciální formě. Pro řešení tlakového proudění je použito rovnic Bernoulliho a kontinuity. Další rovnice popisují speciální vlastnosti jednotlivých prvků systému. Řešení systému rovnic vyžaduje znalost okrajových a počátečních podmínek. Počáteční podmínka definuje stav modelových proměnných na začátku řešení a často vychází ze stavu ustáleného. Okrajové podmínky definují stav modelových proměnných v místech, kde do modelu vstupuje vnější informace v průběhu času. V případě modelu kanalizační sítě jsou reprezentovány především časovou řadou průtoků (tj. hydrogramem), které přitékají z oblasti vně model, a dále časovou řadou srážkových intenzit nebo úhrnů (tj. hyetogramem).

4.2 MODEL KANALIZAČNÍ SÍTĚ

4.2.1 Výškopis a topologie

Výchozím podkladem byla dokumentace stokové sítě od jejího provozovatele 1Sčv, a zaměření. Výškopis potrubních úseků a šachet byl doplněn o zaměřené kóty poklopů a dna

šachet. Následně byla data importována do datových struktur simulačního softwaru InfoWorks ICM, kde byl na jejich základě vytvořen model topologie kanalizační sítě vykreslený v příloze 2.

Geometrická data o kanalizační síti byly v průběhu konstrukce modelu ručně kontrolovány a v případě zjištění nedostatků byly potřebné informace dále dohledány a do modelu zaneseny. Většina dostupných dat je přístupná přes grafické rozhraní CAD.

Model obsahuje údaje o kanalizační síti na území města. Koncovými profily jsou pro jednotnou kanalizaci čistírna odpadních vod a v případě srážkové události, při které dochází k odlehčení kanalizační sítě na odlehčovacích komorách, výusti do vodotečí.

4.3 DEFINICE POVODÍČEK

4.3.1 Rozsah povodíček

V modelové oblasti bylo vytvořeno celkem 85 povodíček jejichž hranice jsou vykresleny v příloze 2. To je počet více než dostačující pro to, aby bylo možno modelovat srážko-odtokové vztahy v dané oblasti. Vedení hranic povodí respektuje hranice území odkanalizovaných jednotlivými stokami a morfologii terénu danou digitálním modelem vytvořeným na základě dat ZABAGED 5G. Odtok z povodíčka byl vždy přiřazen nejnižše položené šachtě v povodíčka ležící.

4.3.2 Tvorba přímého odtoku

Vzhledem k omezeným možnostem kalibrace bylo pro stanovení přímého odtoku do stokové sítě použito jednoduché metody využívající malý počet parametrů. Přímý odtok byl počítán jako součin intenzity deště i , plochy povodí A a součinitele odtoku φ :

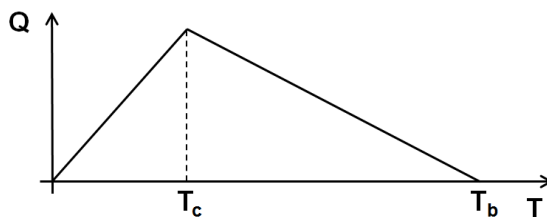
$$Q = \varphi \cdot A \cdot i$$

Součinitel odtoku v sobě zahrnuje všechny ztráty (infiltrací, výparem), které jsou zjednodušeně považovány za konstantní v čase, a je jedním z kalibračních parametrů modelu. Dalším kalibračním parametrem je počáteční ztráta, které zohledňuje především počáteční omočení a retenci.

Nepřímý odtok hraje v lokalitě důležitou roli jako zdroj balastních vody. Z hlediska řešení akutních problémů se zahlcením stok při přívalových deštích však roli nehraje a není modelován.

4.3.3 Koncentrace odtoku

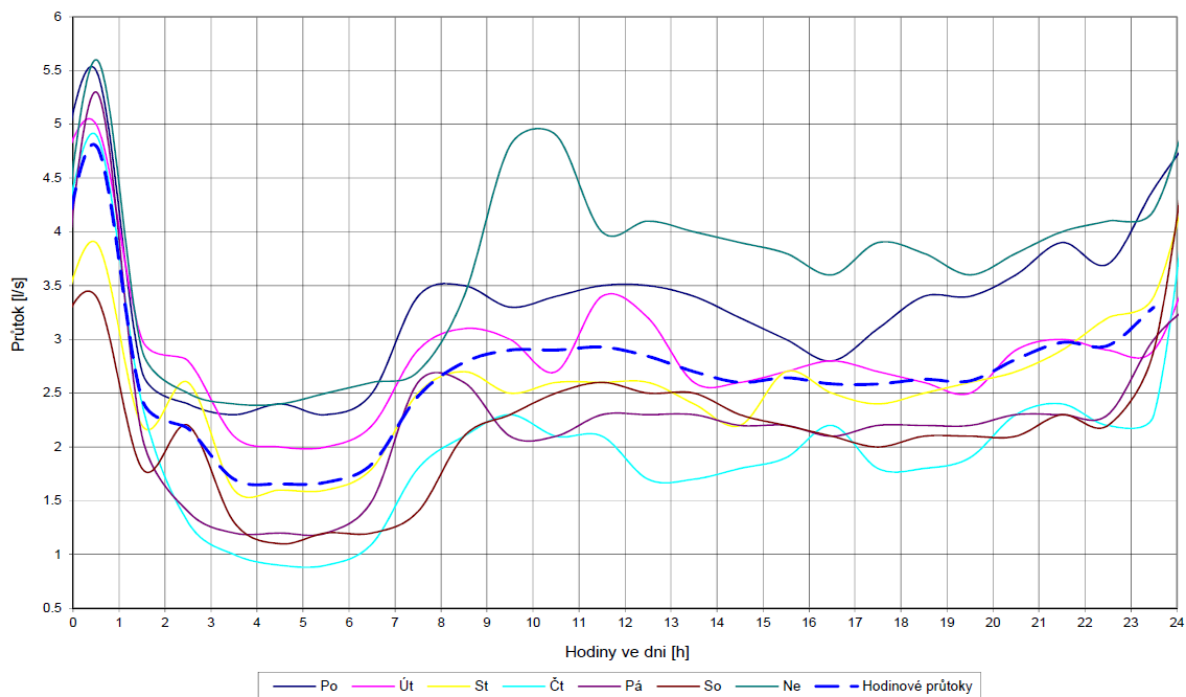
Koncentrace odtoku byla modelována pomocí jednotkových hydrogramů trojúhelníkového tvaru dle obrázku 4, kde T_c je dalším kalibračním parametrem. Doba koncentrace T_c je doba, za kterou do uzávěrového profilu povodí doteče voda z nejvzdálenějšího místa povodí, T_b je délka trvání přímého odtoku, počítána jako $2T_c$. Výpočetní software v každém časovém kroku počítá hodnotu přímého odtoku z povodí dle předchozího odstavce. Tuto hodnotu následně distribuuje v čase dle jednotkového hydrogramu.



Obr. 3 Jednotkový hydrogram odtoku z povodí

4.4 TRVALÝ PŘÍTOK

Trvalý přítok splašků a balastní vody byl stanoven na základě měření Pražských vodovodů a kanalizací a.s. Vzhledem ke skutečnosti, že v zájmové oblasti je vybudována výlučně kanalizační síť jednotná a vzhledem k tomu, že při přívalové srážce hrají trvalé přítoky jen malou roli v porovnání s průtoky dešťových vod, byly do modelu zahrnuty průměrnou hodnotou (nebylo uvažováno s denní nerovnoměrností patrnou z Obr. 4). Průměrný denní průtok za bezdeštného stavu do objektu OK v ulici Sportovní dle dostupných dat činí 2.7 l.s^{-1} . Průměrný denní průtok do objektu OK v ulici Sportovní byl následně distribuován do povodíček spadajících do povodí OK v ulici Sportovní poměrově dle jednotlivých ploch.



Obr. 4 Záznam průtoků v profilu ústího do OK v ulici Sportovní

4.5 SRÁŽKOVÁ DATA – MĚRNÁ KAMPAŇ

Srážky byly při monitorovací kampani měřeny třemi srážkoměry SR1, SR2 a SR3 umístěnými ve vytipovaných lokalitách na sever, východ a jihozápad od města Český Brod. Umístění srážkoměrů a měrného profilu je vyobrazen v Příloze 3.

Tab. 1 Odezva stokové sítě v určených profilech na vybrané významné srážkové události

p. č.	datum	orientační časové rozmezí trvání srážky	srážky						max. průtok za deště Q _{max}			
			SR1		SR2		SR3					
			max. intenzita	úhrn	max. intenzita	úhrn	max. intenzita	úhrn	MP1	MP3	MP4	MP5
			[μm·s ⁻¹]	[mm]	[μm·s ⁻¹]	[mm]	[μm·s ⁻¹]	[mm]	[l.s ⁻¹]	[l.s ⁻¹]	[l.s ⁻¹]	[l.s ⁻¹]
1	28.5.2014	15:43 – 19:59	3,22	11,8	10,00	20,0	3,23	12,2	*	242,1	243,2	166,4
2	29.5.2014	13:39 – 19:39	1,63	3,5	1,67	3,5	1,58	4,5	*	45,5	72,2	53,4
3	24.6.2014	23:41 – 0:51	1,63	2,1	3,33	3,4	1,58	1,7	64,3	47,6	64,0	29,8
4	25.6.2014	13:35 – 14:40	6,47	4,7	8,33	7,3	6,53	6,1	153,8	366,9	252,6	194,9
5	29.6.2014	23:47 – 0:50	6.53	3,2	-	-	1,58	1,0	42,3	39,1	30,1	*
6	30.6.2014	16:05 – 18:26	4,85	3,1	5,0	1,8	4,82	3,2	123,8	187,0	169,1	*
7	5.7.2014	16:21 – 19:02	13,53	19,8	11,67	9,0	24,53	23,4	144,9	829,9	554,5	265,0
8	7.7.2014	19:11 – 19:33	15,30	2,6	1,67	0,4	1,58	0,3	63,8	90,9	66,6	8,3
9	7.7.2014	20:12 – 21:34	10,15	5,4	10,00	2,4	9,88	3,9	135,3	52,7	131,3	129,8
10	8.7.2014	20:54 – 21:48	4,80	2,5	1,67	0,4	4,85	2,5	88,6	62,0	79,0	67,1
11	9.7.2014	3:28 – 4:40	3,23	2,6	6,67	2,5	3,23	2,3	83,9	50,4	78,0	50,8
12	9.7.2014	22:46 – 7:35	1,63	6,7	1,67**	6,3	1,58	5,9	101,1	56,0	82,5	57,1
13	11.7.2014	7:23 – 7:54	8,20	2,1	-	-	4,87	1,8	91,4	122,3	109,8	63,6
14	11.7.2014	14:14 – 17:55	4,87	1,9	1,67**	5,3	10,02	6,1	94,9	580,9	268,5	59,3
15	13.7.2014	15:09 – 15:36	11,77	5,3	-	-	8,20	2,0	133,3	187,4	183,0	90,3
16	21.7.2014	17:22 – 22:27	43,20	64,3	3,33**	35,9	67,65	96,6	204,0	919,5	679,6	464,0

Vybrané významné srážkové události, které byly zaznamenány během měrné kampaně jsou vyobrazeny v Tab. 1. Pro kalibraci modelu byly zvoleny čtyři srážky a to 28. 5. 2014, 25. 6. 2014, 7. 7. 2014 a 9. 7. 2014. Prvním kritériem pro výběr srážkové události pro kalibraci matematického modelu byl významný srážkový úhrn, druhým kritériem byla podobnost průběhu srážky zachycené srážkoměry SR1 a SR3, které jsou umístěny v blízkosti zájmové oblasti a zvyšuje se tak pravděpodobnost, že prostorové rozložení srážky bylo na řešeném území rovnoměrné.

Povodíčka v zájmové části obce byla zatěžována srážkami ze srážkoměru SR3.

4.6 PRŮBĚH KALIBRACE A POČÁTEČNÍ HODNOTY PARAMETRŮ

Kalibračními parametry povodí jsou odtokový součinitel ϕ a doba koncentrace T_c . Kalibrační parametry byly měněny tak, aby bylo dosaženo maximální shody měřených a simulovaných časových řad průtoků při zatížení povodí měřenou srážkou.

Počáteční odhad součinitele odtoku ϕ byl převzat z Generelu odvodnění města Český Brod. Počáteční odhad doby trvání odtoku byl $2T_c$, počáteční odhad doby koncentrace byl vypočten jako součet doby $T_{c1} + T_{c2}$, kde T_{c1} je doba dotoku po terénu odhadnutá rovnicí (dle Kirpicha):

$$T_{c1} = 0,0195 \cdot L^{0,77} / s^{0,385} [\text{min.}]$$

kde L je délka toku po terénu a s je sklon terénu, Doba T_{c2} je doba toku explicitně nemodelovanými stokami vypočtená z rychlosti rovnoměrného proudění při kapacitním plnění těchto stok.

4.7 PARAMETRY VÝPOČTU

Časový krok výpočtu byl ve všech simulacích 5 sekund, všechny níže uvedené grafické výstupy simulací jsou vykresleny ve stejném kroku.

4.8 VÝSLEDKY KALIBRACE

Srovnání odezvy stokové sítě s předpověďmi matematického modelu pro vybrané srážky je vyobrazeno v Obr. 5. V příloze 4 jsou porovnány všechny změřené časové řady průtoků s výsledky simulace kalibrovaným modelem.

Z výsledků je zřejmé, že do kanalizace je zaústěno významné procento dešťových vod, průměrně 20% dopadající dešťové vody, v některých oblastech však až 40%.



Obr. 5 Průběh průtoku ve stokové síti vyvolaný vybranými srážkovými událostmi. Legenda: červená čára: naměřené hodnoty; zelená čára: předpovězené hodnoty

5 TVORBA ZATĚŽOVACÍCH DEŠŤOVÝCH SCÉNÁŘŮ

Pro vyhodnocení a posouzení stavu kanalizačního systému je potřebné stanovit hydrologické okrajové podmínky v podobě zatěžovacích dešťových scénářů. Klíčové ukazatele a jejich doporučené hodnoty pro posouzení hydraulické kapacity jsou uvedeny v normě ČSN 75 6101 – Stokové sítě a kanalizační přípojky, viz Tab. 2.

Tab. 2 Ukazatele řešení hydraulické kapacity stok a jejich doporučené hodnoty-zdroj ČSN 75 6101

Druh lokality	četnost výskytu návrhových dešťů	Periodicita návrhových dešťů	Orientační rozsah intenzit patnáctiminutových (neredukovaných) dešťů
		rok ⁻¹	
Venkovská území	1x za 1 rok	1	98 až 144
Obytná území	1x za 2 roky	0.5	133 až 200

Pro posouzení stávajícího stavu a variant řešení akutních problémů spojených s přívalovými dešti byla použita maximální úhrny srážek s dobou opakování 1, 2, 5 a 10 let pro lokalitu Český Brod od Českého hydrometeorologického ústavu. Maximální úhrny srážek s periodicitou pro lokalitu Český Brod (Tab. 3)

Tab. 3 Maximální úhrny srážek s periodicitou pro lokalitu Český Brod

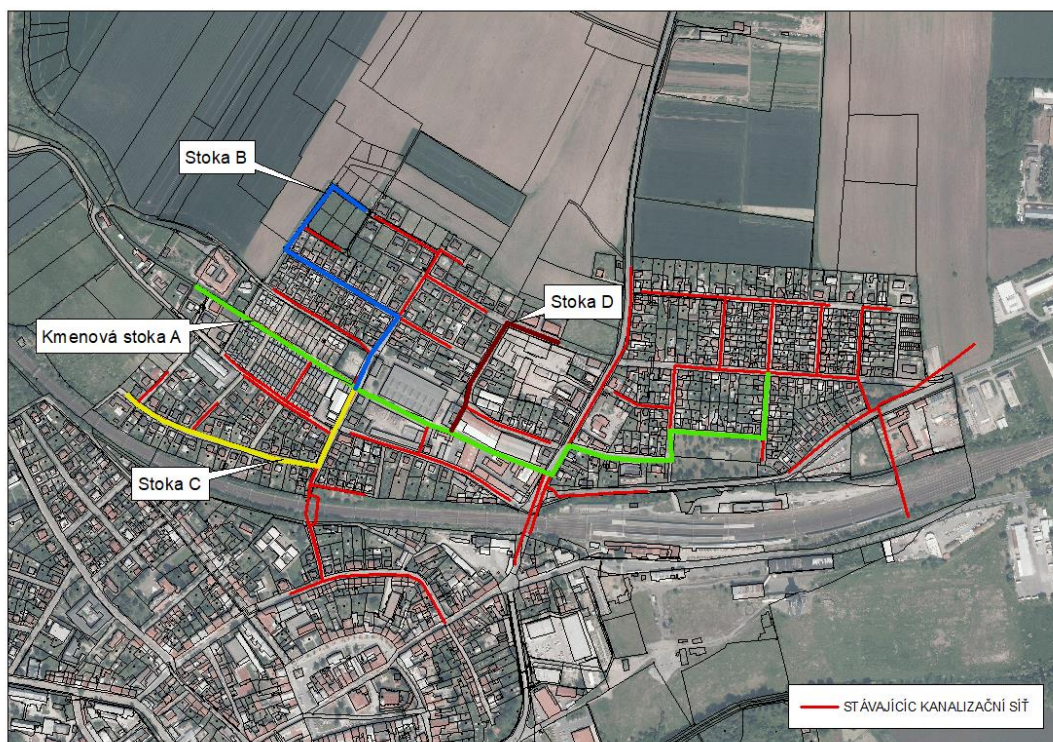
Trvání [min]	15	30	60
Periodicita	[mm]	[mm]	[mm]
1	11.2	13.3	15.3
0.5	14.4	17.2	20
0.2	19	23	27
0.1	22	27	32

S ohledem na normu ČSN 75 6101 se stoky jednotné kanalizace v urbanizovaných povodích navrhuje pro srážku s délkou trvání $T = 15$ min., přičemž ke kapacitnímu plnění by nemělo dojít častěji než s periodicitou $p = 0.5$ (tj. s dobou opakování jedenkrát za 2 roky). Tlakové proudění je v gravitační stokové síti nežádoucí, kromě specifických případů, jako jsou shybky pod tokem nebo škrťací trati odlehčovacích komor. Tento stav je hydraulicky nevhodný pro gravitační stokové sítě, avšak pokud na povrchu nezpůsobí výron odpadní vody a nedojde k ohrožení přilehlých budov, lze v omezené míře tlakové proudění připustit bez ohrožení života a majetku.

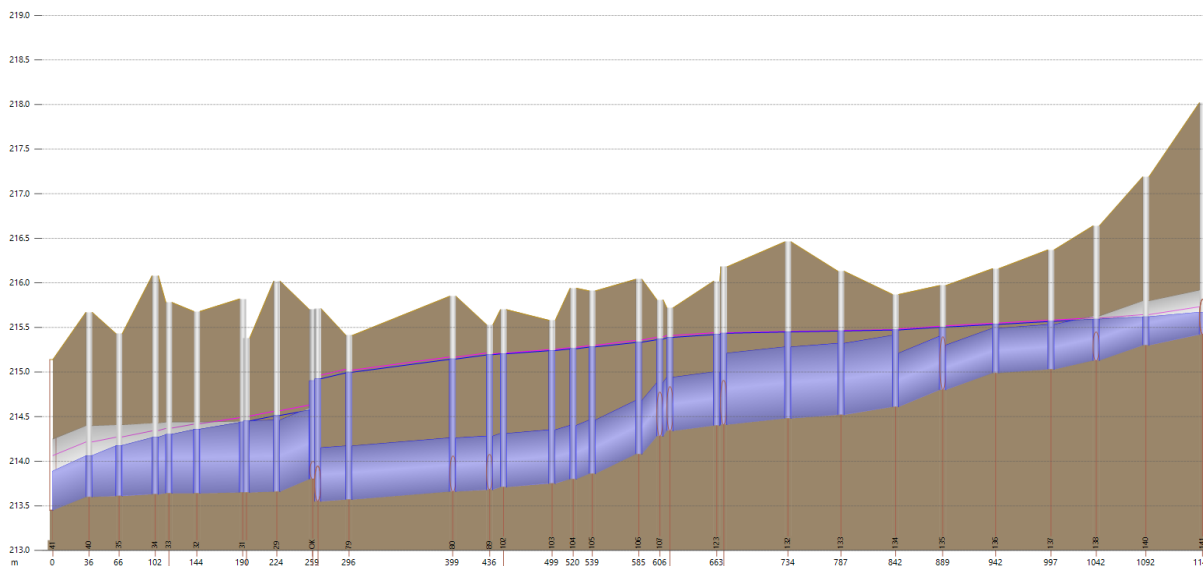
6 POSOUZENÍ STÁVAJÍCÍHO STAVU

Výsledky simulace pro déšť s dobou opakování $N = 2$ roky jsou v Obr. 6 a Obr. 7 vykresleny do podélného profilu kmenové stoky A až po výtok do recipientu Kounický potok. Z výsledků simulace vyplývá, že téměř celá kmenová stoka A v tlakovém režimu, je však nutné konstatovat, že nikde nedochází k nebezpečnému přiblížení čáry tlaku k terénu. K vývěru odpadní vody na povrch nedochází.

Výpočty zároveň potvrzují výsledky zpracovaného generelu kanalizace z roku 2014.



Obr. 6 Situace modelovaných stok



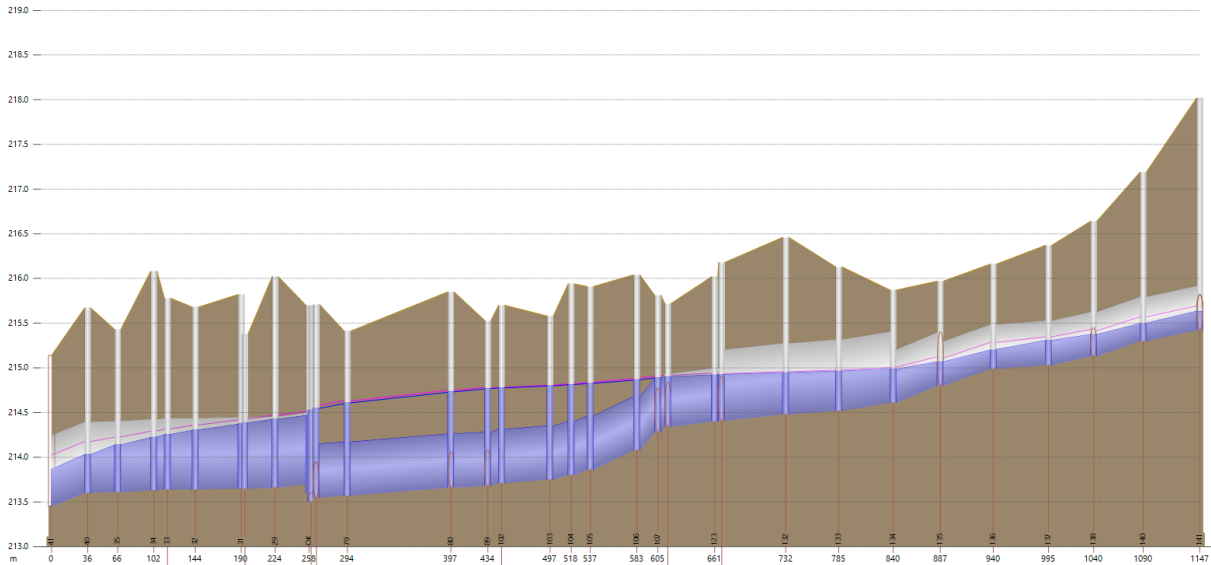
Obr. 7 Podélný profil kmenové stoky A – stávající stav ($T = 15 \text{ min.}$, $p = 0.5$).

7 POSOUZENÍ STAVŮ PO REKONSTRUKCI OK V ULICI SPORTOVNÍ

Rekonstruovaná OK v ulici Sportovní je do modelu zavedena jako odlehčovací komora s ostrohranným přelivem. Umístění odlehčovací komory je v místě odlehčovací komory stávající. Přelivná hrana má délku 2,0 m a je na kótě 214,00 m n. m. Přítok do OK se uvažuje na kótě 213,50 m n. m., aby došlo ke zrušení úseku v protispádu, který se ve stávajícím stavu před OK nachází. Na odtoku z rekonstruované OK na přečerpávací stanici se uvažuje osazení vírového ventilu, který umožní maximální odtok 30,0 l/s. Odtokové potrubí z OK do recipientu Kounický potok se uvažuje na kótě 213,70 m n. m.

7.1 ZATĚŽOVACÍ STAV $T = 15 \text{ MIN.}$, $P = 1$

Výsledky simulace pro déšť s dobou opakování $N = 1$ rok jsou v Obr. 8 vykresleny do podélného profilu stoky A od šachty č. 141 po výtok do recipientu Kounický potok. Část stoky před odlehčovací komorou je v tlakovém režimu. Tento tlakový režim je vyvolán relativně nízkou polohou této části stoky (nachází se téměř na stejné hodnotě nadmořské výšky, jako koryto recipientu) a proto není možné tento tlakový režim odstranit bez vynaložení rozsáhlých a velice nákladných zásahů do stávající kanalizační sítě. Dle simulace modelu je průtok na přítoku $Q_o = 513 \text{ l/s}$, **přepadové množství $Q_p = 483,00 \text{ l/s}$ při přepadové výšce $h_p = 0,522 \text{ m}$** a hladina v odtokovém potrubí do recipientu $h_o = 0.766 \text{ m}$.



Obr. 8 Podélný profil kmenové stoky A – rekonstrukce OK (T = 15 min., p = 1).

7.1.1 Hydrotechnický výpočet přepadové výšky u přelivu s vysokou hranou dle ČSN 75 6262

Výpočet byl proveden pro následující parametry:

$Q_o = 0,513 \text{ m}^3/\text{s}$	návrhový průtok na přítoku do odlehčovací komory
$Q_k = Q_{skr} = 0,03 \text{ m}^3/\text{s}^{-1}$	odtok škrťacím zařízením (vírový ventil)
$H_p = 214 \text{ m n. m.}$	kóta přelivné hrany
$h_o = 0,766 \text{ m}$	hloubka v odtokovém potrubí do recipientu
$L = 2,0 \text{ m}$	délka přelivné hrany
$h_\delta = 0,466 \text{ m}$	výška vzdutí spodní vody nad korunu přelivu

Vzhledem k výšce dolní vody je přepad uvažován jako zatopený, přepadová výška je odhadnuta dle výsledků hydraulického modelu $h_p = 0,522 \text{ m}$.

$$\delta = (1 - (h_\delta / h_p)^n)^{1/2} = (1 - (0,466 / 0,522)^2)^{1/2} = \mathbf{0.45}$$

kde δ je součinitel zatopení a n je koeficient zohledňující tvar přelivné hrany ($n = 2$ ostrá hrana)

$$H_p = h_p + v^2 / (2 * g) = h_p + ((Q_o - Q_k) / S)^2 / (2 * g)$$

$$H_p = 0,522 + ((0,513 - 0,03) / (0,522 * 2))^2 / (2 * 9.81) = \mathbf{0,533 \text{ m}}$$

kde H_p je energetická přepadová výška, v je rychlost přepadajícího paprsku, a g je gravitační zrychlení v $\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$.

$$Q_p = 2/3 * m * \delta * L * (2 * g)^{1/2} * (H_p)^{3/2}$$

$$Q_p = 2/3 * 0,47 * 0,45 * 2 * (2 * 9.81)^{1/2} * (0,533)^{3/2} = \mathbf{0,486 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}}$$

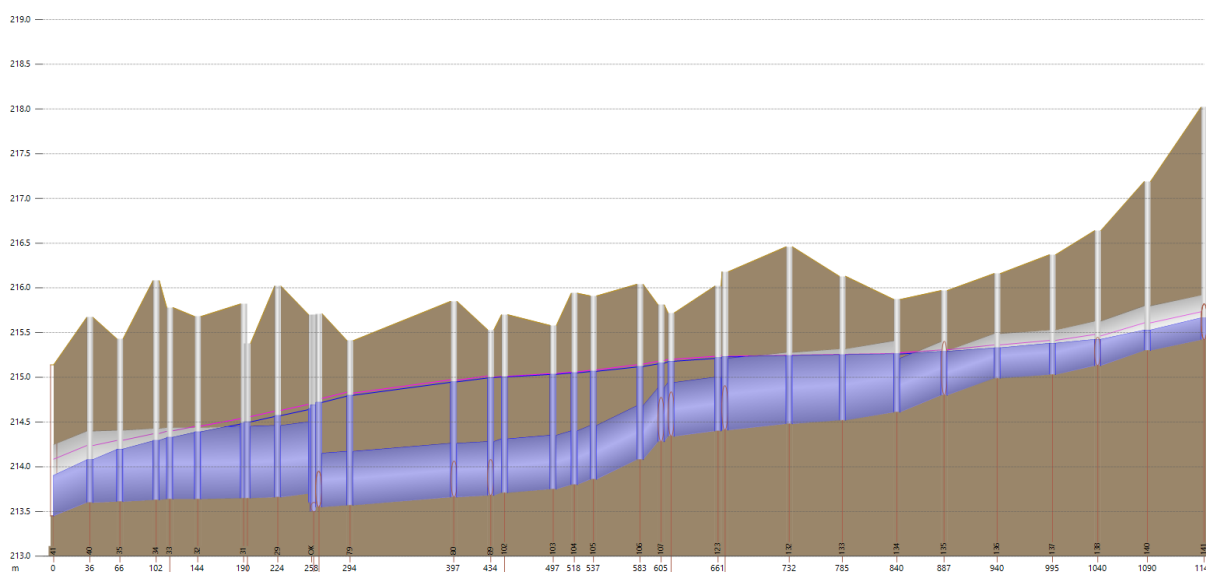
Kde Q_p je průtok přes přelivnou hranu, m je součinitel přepadu (uvažována hodnota $m = 0,47$)

Výpočet výše ukazuje, že průtočné množství oddělené vody přes přelivnou hranu OK vypočítané dle normy ČSN 75 6262 vykazuje v porovnání se simulací modelu odchylku

přibližně 0,6% (při stejné výšce přepadového paprsku). Tato výše odchylky může být způsobena mírou zaokrouhlení mezi-výpočtů A lze tedy předpokládat, že modelové výpočty matematického modelu splňují normu ČSN 75 6262.

7.2 ZATĚŽOVACÍ STAV $T = 15 \text{ MIN.}$, $P = 0,5$

Výsledky simulace pro déšť s dobou opakování $N = 2$ roky jsou v Obr. 9 vykresleny do podélného profilu stoky A od šachty č. 141 po výtok do recipientu Kounický potok. Část stoky před odlehčovací komorou je, stejně jako v případě zatížení stokové sítě deštěm s dobou opakování $N = 1$ rok, v tlakovém režimu. Bez vynaložení rozsáhlých a velice nákladných zásahů do stávající kanalizační sítě nelze tento tlakový režim odstranit, v porovnání se stávajícím stavem (Obr. 7) je však zřejmé zlepšení hydraulických podmínek. Dle simulace modelu je průtok na přítoku $Q_o = 593 \text{ l/s}$, **přepadové množství $Q_p = 563 \text{ l/s}$ při přepadové výšce $h_p = 0,549 \text{ m}$.**



Obr. 9 Podélný profil kmenové stoky A – rekonstrukce OK ($T = 15 \text{ min.}$, $p = 0,5$).

8 POSOUZENÍ REKONSTRUOVANÉ OK V ULICI SPORTOVNÍ NA POMĚR ŘEDĚNÍ

Poměry ředění nezbytné pro vyhovující funkci OK musí být min 1:4 až 1:7, tj. 5-ti násobné až 8-mi násobné zředění bezdeštného odtoku odpadních vod před odlehčením (dle normy ČSN 75 6262)

Jelikož plánovaná rekonstrukce odlehčovací komory předpokládá osazení vírového ventilu na odtoku, poměr ředění je posuzován na limitní odtok z odlehčovací komory 30 l/s. Níže následuje výpočet hloubky při ustáleném proudění 30 l/s v potrubí na přítoku do OK.

Výpočet byl proveden pro následující parametry:

$$D_o = 0,80 \text{ m}$$

$$i_o = 0.0095$$

průměr přítokového potrubí

podélný sklon přítokového potrubí

$n_0 = 0,017 \text{ s.m}^{-1/3}$ Manningův drsnostní součinitel
 $h_0 = 0,096 \text{ m}$ hloubka
 $S_0 = 0,034 \text{ m}^2$ průtočná plocha
 $O_0 = 0,566 \text{ m}$ omočený obvod

$$R = S_0 / O_0 = 0,034 / 0,566 = 0,060 \text{ m}$$

Kde R je omočený obvod.

$$C = 1 / n * R^{1/6} = 1 / 0,017 * 0,060^{1/6} = 36,848 \text{ m}^{0,5} \cdot \text{s}^{-1}$$

Kde C je Chézyho rychlostní součinitel.

$$Q = C * S_0 * (R * i_0)^{0,5} = 36,848 * 0,034 * (0,06 * 0,0095)^{0,5} = \mathbf{0.030 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}}$$

Kde Q je průtok na přítokovém potrubí při ustáleném proudění hloubky $h_0 = 0,096 \text{ m}$. Z výpočtu výše vyplývá, že hladina při průtoku 30 l/s na přítoku do OK dosáhne kóty 213,593 m n. m. Je tedy zřejmé, že při průtoku 30 l/s nedojde k odlehčení (kóta přelivné hrany 214,000 m n. m.), nicméně vzhledem ke skutečnosti, že odtok z OK bude omezen vírovým ventilem, poměr ředění je vyhodnocen na jeho limitní průtok (při průtoku $Q > 30 \text{ l/s}$ dojde k postupnému plnění retenční kapacity kanalizační sítě až po dosažení kóty přelivné hrany)

	bezdeštný průtok [l/s]	mezní průtok [l/s]	m násobné zředění	poměr ředění [1:n]
OK po rekonstrukci	2.7 ¹⁾	30	11.1	10.1
Poměry ředění nezbytné pro vyhovující funkci OK musí být min 1:4 až 1:7, tj. 5násobné až 8násobné zředění bezdeštného odtoku odpadních vod před odlehčením				

1) Hodnota průměrného denního přítoku za bezdeštného stavu byla převzata z dokumentace „Generel vodovodu a kanalizace města Český Brod“

9 POSOUZENÍ SEDIMENTAČNÍ NÁDRŽE NA ODTOKU Z OK

Sedimentační nádrž na odtoku z rekonstruované odlehčovací komory v ulici Sportovní je navrhována jako lapák písku. Dle normy 75 6401 by rychlost vody v horizontálně protékaném lapáku písku měla být v rozsahu od 0,15 m/s do 0,45 m/s, střední doba zdržení při maximálním průtoku nemá být menší, než 30 s.

Výpočet je proveden pro následující parametry:

$Q_{kul} = Q_p = 0,563 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ kulminační průtok (odpovídá přepadovému množství při zatížení povodí deštěm $T = 15 \text{ min}$, $p = 0,5$.
 $B = 1,5 \text{ m}$ šířka účinného prostoru lapáku
 $H = 2,5 \text{ m}$ hloubka účinného prostoru lapáku
 $L = 4,5 \text{ m}$ délka účinného prostoru lapáku

Pro průtok Q platí:

$$Q = v * S$$

Kde v je rychlost v $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ a S je průtočná plocha v m^2 , rychlost je tedy definována jako:

$$v = Q / S = 0,563 / (2,5 * 1,5) = \mathbf{0,150 \text{ m/s}}$$

Střední dobu zdržení kulminačního průtoku T lze definovat:

$$T = L / v = 4,5 / 0,15 = \mathbf{30 \text{ s}}$$

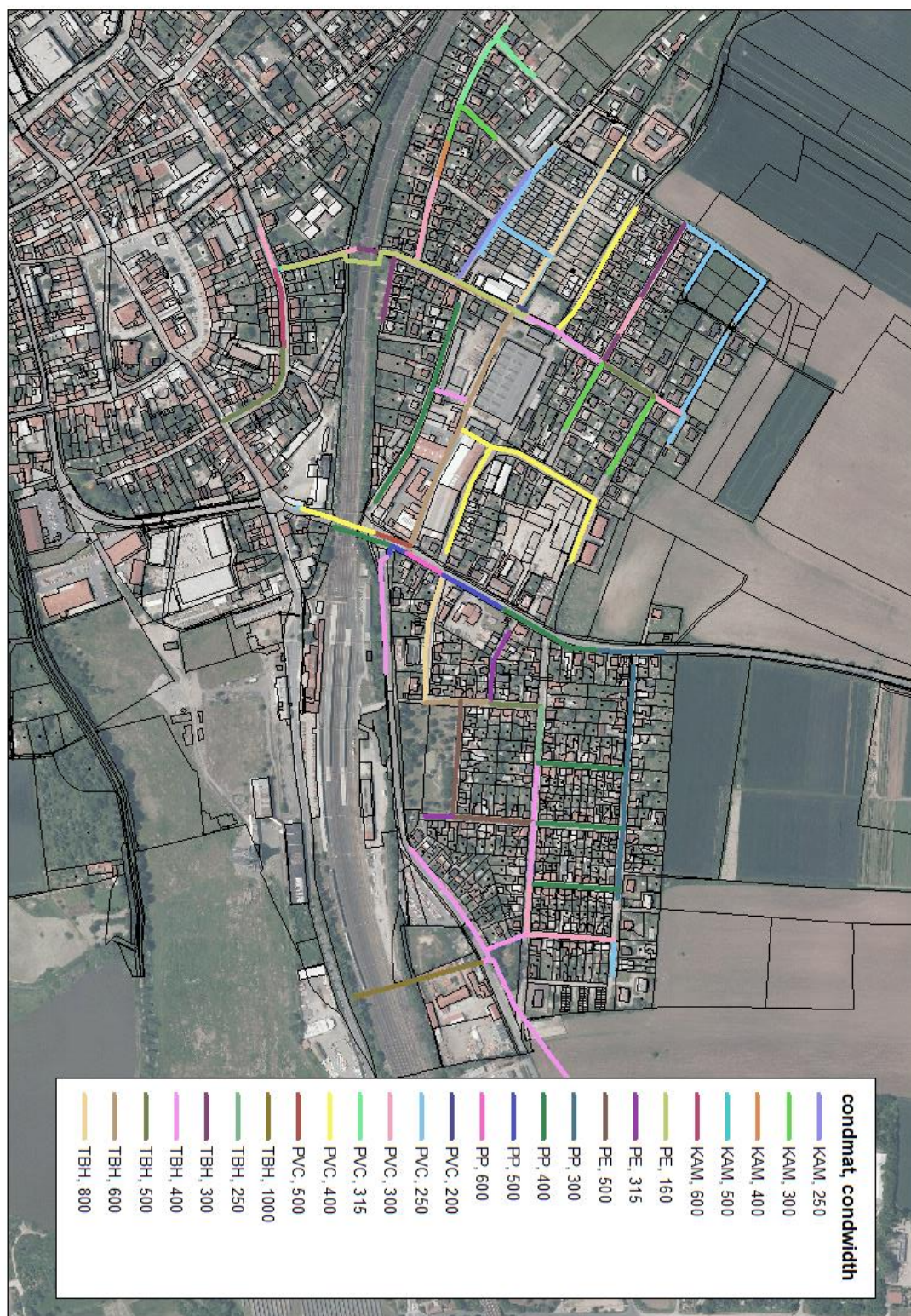
Z výpočtů uvedených výše vyplývá, že **sedimentační nádrž o rozměrech účinného prostoru 1,5 x 2,5 x 4,5 m (šířka x výška x délka) vyhoví z pohledu rozmezí doporučených středních rychlostí proudění i střední doby zdržení.**

10 ZÁVĚRY

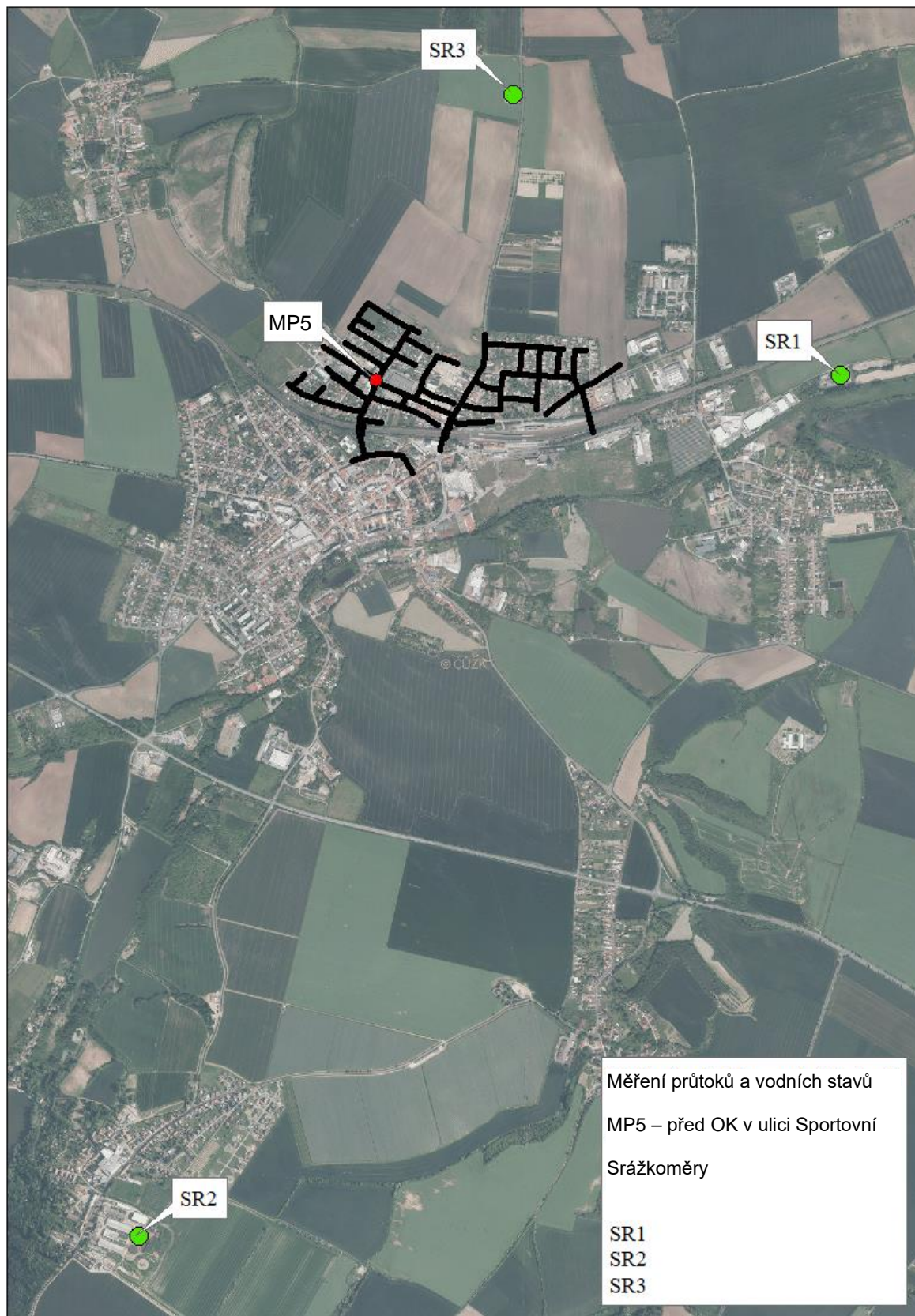
Předmětem řešení předkládaných hydrotechnických výpočtů je posouzení rekonstrukce odlehčovací komory v ulici Sportovní v severní části Českého Brodu a jejího vlivu na hydraulické podmínky na stávající stokové síti. Výstupem řešení je primárně posouzení poloh hladin (tlakových čar v případě tlakového proudění) na přítoku a odtoku z odlehčovací komory ve stávajícím stavu a po její zamýšlené rekonstrukci. Na základě provedených prací lze k zamýšlené rekonstrukci formulovat následující **závěry**:

- Dle simulace kalibrovaného srážko-odtokového modelu se na odlehčovací komoře v ulici Sportovní po její rekonstrukci při dešti s dobou opakování $N = 2$ roky oddělí **přepadové množství $Q_p = 563 \text{ l/s}$ při přepadové výšce $h_p = 0,549 \text{ m}$.**
- Přelivná hrana má délku min. 2,0 m a je na kótě 214,00 m n. m. Přítok do OK se uvažuje na kótě 213,50 m n. m., aby došlo ke zrušení úseku v protispádu, který se ve stávajícím stavu před OK nachází. Na odtoku z rekonstruované OK na přečerpávací stanici se uvažuje osazení vírového ventilu, který umožní maximální odtok 30,0 l/s na ČS. Odtokové potrubí z OK sedimentační nádrže se uvažuje na kótě 213,70 m n. m.
- **Sedimentační nádrž o rozměrech účinného prostoru 1,5 x 2,5 x 4,5 m (šířka x výška x délka) vyhoví z pohledu rozmezí doporučených středních rychlostí proudění i střední doby zdržení, jejichž rozmezí doporučuje norma ČSN 75 6401 pro horizontálně protékaný lapák písku.**

MATERIÁL A DIMENZE MODELOVANÝCH STOK (PŘÍLOHA 1)

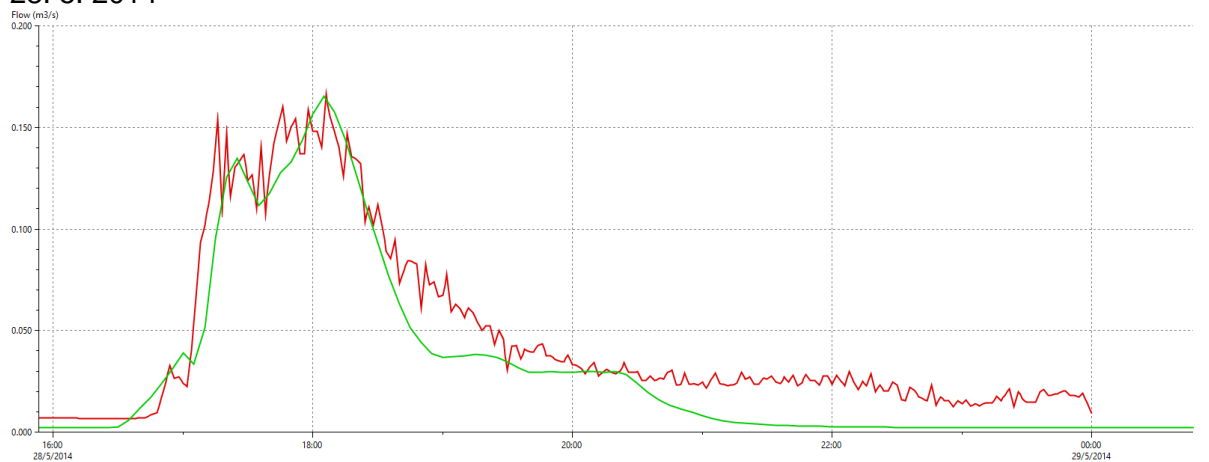


PŘEHLEDNÁ SITUACE MONITORINGU (PŘÍLOHA 2)



VÝSLEDKY KALIBRACE MATEMATICKÉHO MODELU – MĚRNÝ PROFIL NA PŘÍTOKU DO OK10 (PŘÍLOHA 3)

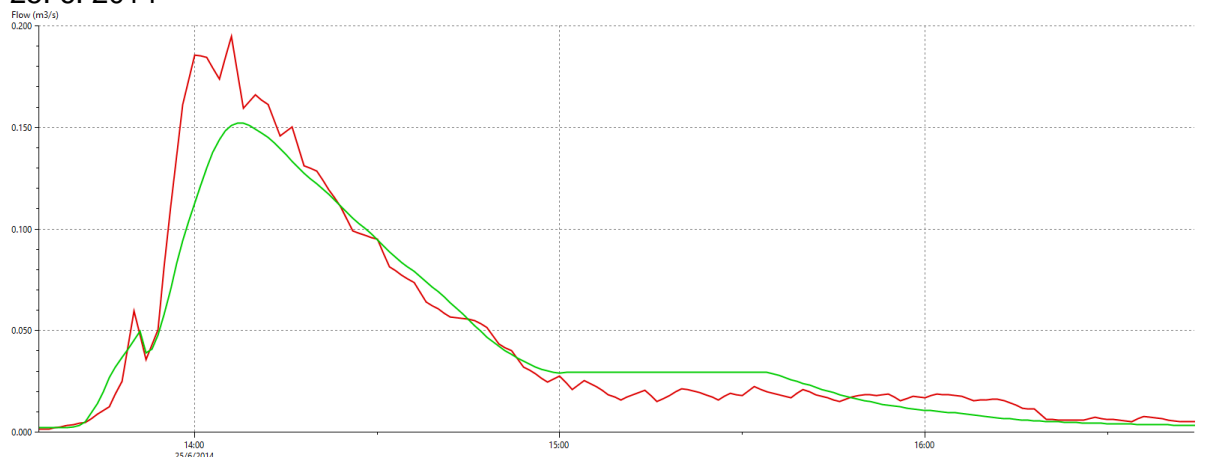
28. 5. 2014



Observed
28/05/2014> 28/05/2014

Flow		
Min (m³/s)	Max (m³/s)	Volume (m³)
0.007	0.166	1363.626
0.002	0.165	1014.764

25. 6. 2014



Observed
25/06/2014> 25/06/2014

Flow		
Min (m³/s)	Max (m³/s)	Volume (m³)
0.002	0.195	520.258
0.002	0.152	493.039

9. 7. 2014



Observed
09/07/2014> 09/07/2014

Flow		
Min (m³/s)	Max (m³/s)	Volume (m³)
0.002	0.051	223.806
0.002	0.041	214.396

7. 7. 2014

