

NÁVRH VODOHOSPODÁŘSKÝCH PRVKŮ V KRAJINĚ Z HLEDISKA VARIABILITY SRÁŽEK

Martin Stehlík, Martin Pavel
Sweco Hydroprojekt a.s.

Konference

Variabilita krátkodobých srážek v hydrologickém modelování

13.10. 2022 FSv ČVUT

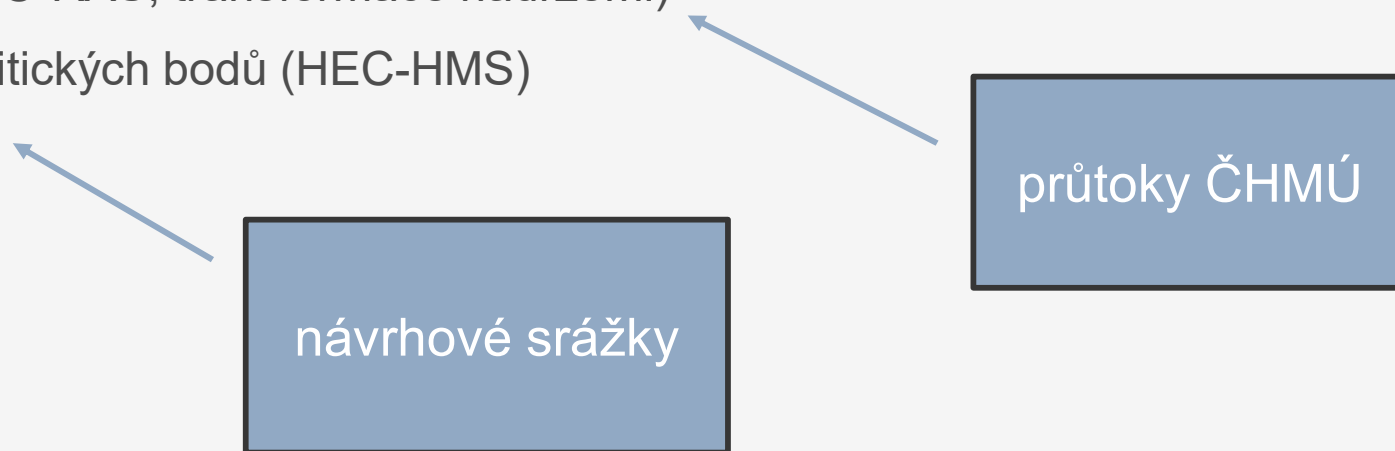
Studie odtokových poměrů – návrhy přírodně blízkých protipovodňových opatření, OPŽP 2014-2020, www.vodavkrajine.cz

*SOP povodí Lužické Nisy (2019), SOP povodí Berounky (2020),
SOP povodí Kocáby (2022), SOP povodí Bakovského potoka (2022)*

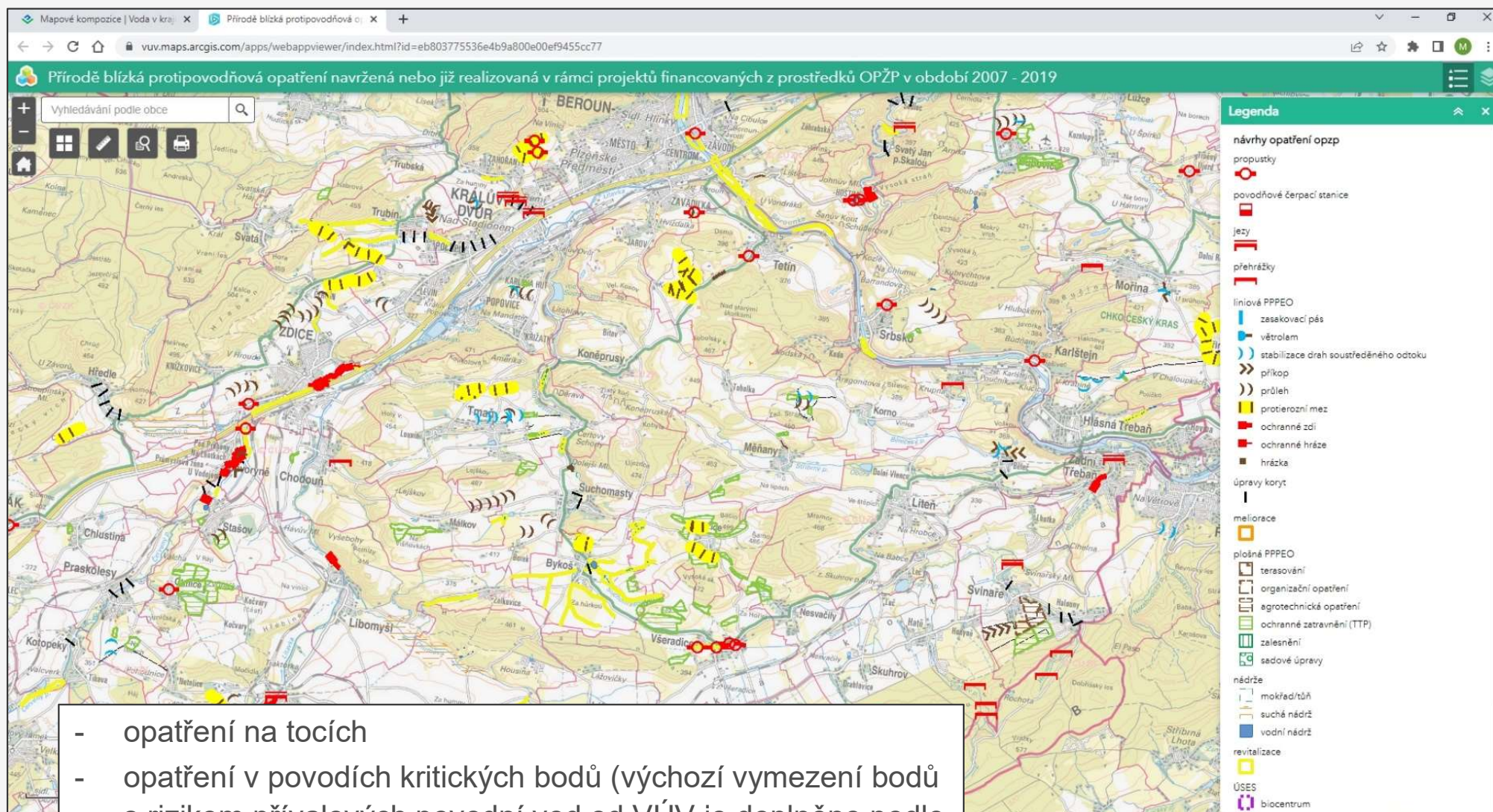
Návrhy opatření: revitalizace a úpravy toků, nádrže (suché i se stálým nadržáním), přehrážky, tůně a mokřady, propustky, protipovodňová a protierozní opatření liniová (průlehy, příkopy, meze, hrázky, stabilizace drah soustředěného odtoku, ...) a plošná (především zatravnění), ...

Modelování účinků návrhů:

- opatření na tocích (HEC-RAS, transformace nádržemi)
- opatření v povodích kritických bodů (HEC-HMS)



Studie odtokových poměrů – návrhy přírodně blízkých protipovodňových opatření, OPŽP 2014-2020, www.vodavkrajine.cz



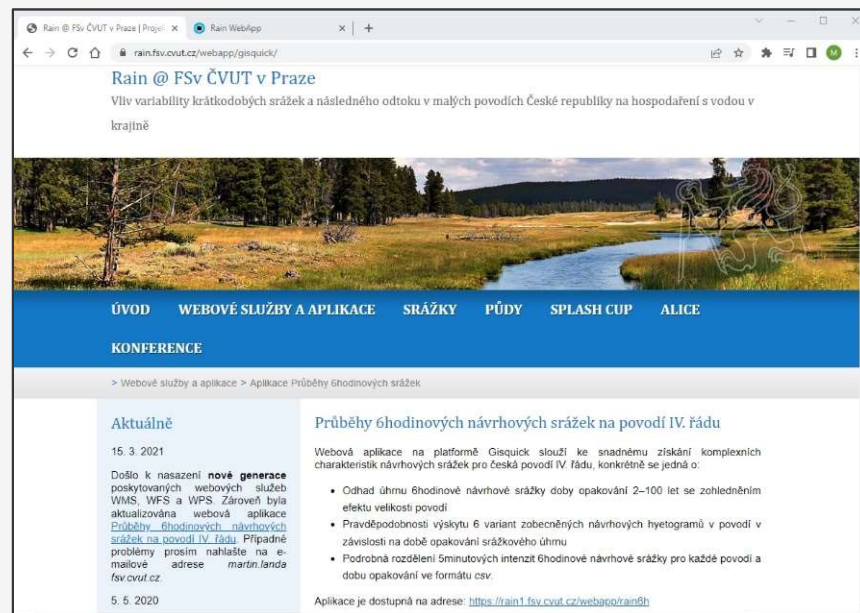
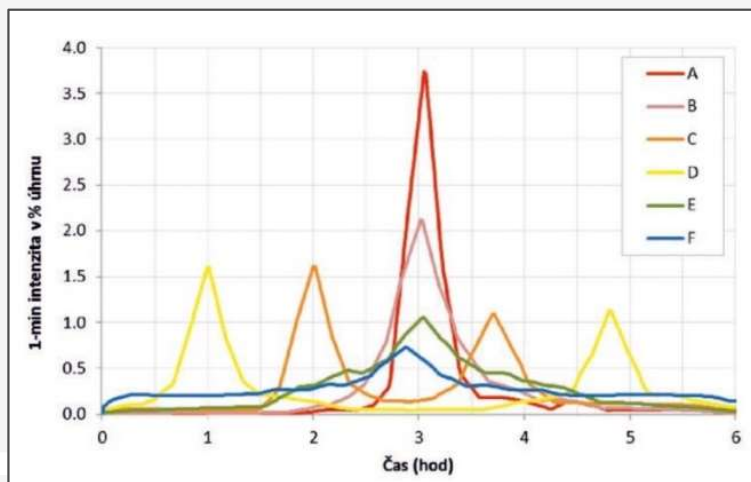
- opatření na tocích
- opatření v povodích kritických bodů (výchozí vymezení bodů s rizikem přívalových povodní vod od VÚV je doplněno podle zkušeností v obcích)

Studie odtokových poměrů v povodí Bakovského potoka – území Slánsko-Velvarsko

Objednatel: Povodí Vltavy s.p., zhotovitel: Sweco Hydroprojekt a.s. + VRV a.s., doba zpracování: 4/2021 – 1/2023, podpořeno z OPŽP 2014-2020, sweco.urbido.cz/bakov

Návrhové srážky:

6-hodinové návrhové srážky P5, P20 a P100 byly stanoveny s využitím dat z portálu <https://rain.fsv.cvut.cz/>. Nejčtenějším tvarem hyetogramu je varianta F (cca třetinové zastoupení). Tento hyetogram s jedním maximem a poměrně rovnoměrným rozdělením má podle metodiky doporučené počáteční nasycení ve variantě CN3.



Rain @ FSV ČVUT v Praze

Vliv variability krátkodobých srážek a následného odtoku v malých povodích České republiky na hospodaření s vodou v krajině

ÚVOD WEBOVÉ SLUŽBY A APLIKACE SRÁŽKY PŮDY SPLASH CUP ALICE

KONFERENCE

> Webové služby a aplikace > Aplikace Průběhy 6hodinových srážek

Aktuálně
15. 3. 2021

Došlo k nasazení nové generace poskytovaných webových služeb WMS, WFS a WPS. Zároveň byla aktualizována webová aplikace Průběhy 6hodinových návrhových srážek na povodí IV. řádu. Případné problémy prosím nahláste na e-mailové adrese martin.landa@fsv.cvut.cz.

5. 5. 2020

Průběhy 6hodinových návrhových srážek na povodí IV. řádu

Webová aplikace na platformě Gisquick slouží ke snadnému získání komplexních charakteristik návrhových srážek pro česká povodí IV. řádu, konkrétně se jedná o:

- Odhad úhmu 6hodinové návrhové srážky doby opakování 2–100 let se zohledněním efektu velikosti povodí
- Pravděpodobnosti výskytu 6 variant zobecněných návrhových hyetogramů v povodí v závislosti na době opakování srážkového úhmu
- Podrobná rozdělení 5minutových intenzit 6hodinové návrhové srážky pro každé povodí a dobu opakování ve formátu csv.

Aplikace je dostupná na adrese: <https://rain1.fsv.cvut.cz/webapp/ram8h>

Studie odtokových poměrů v povodí Bakovského potoka – území Slánsko-Velvarsko

Povodí Svodnice – profil zatrubnění ve Velvarech

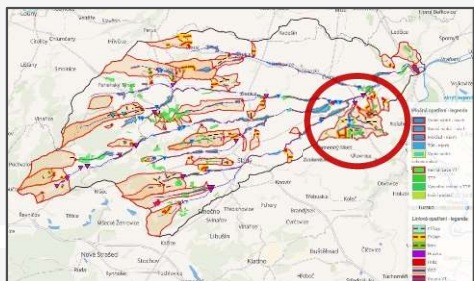
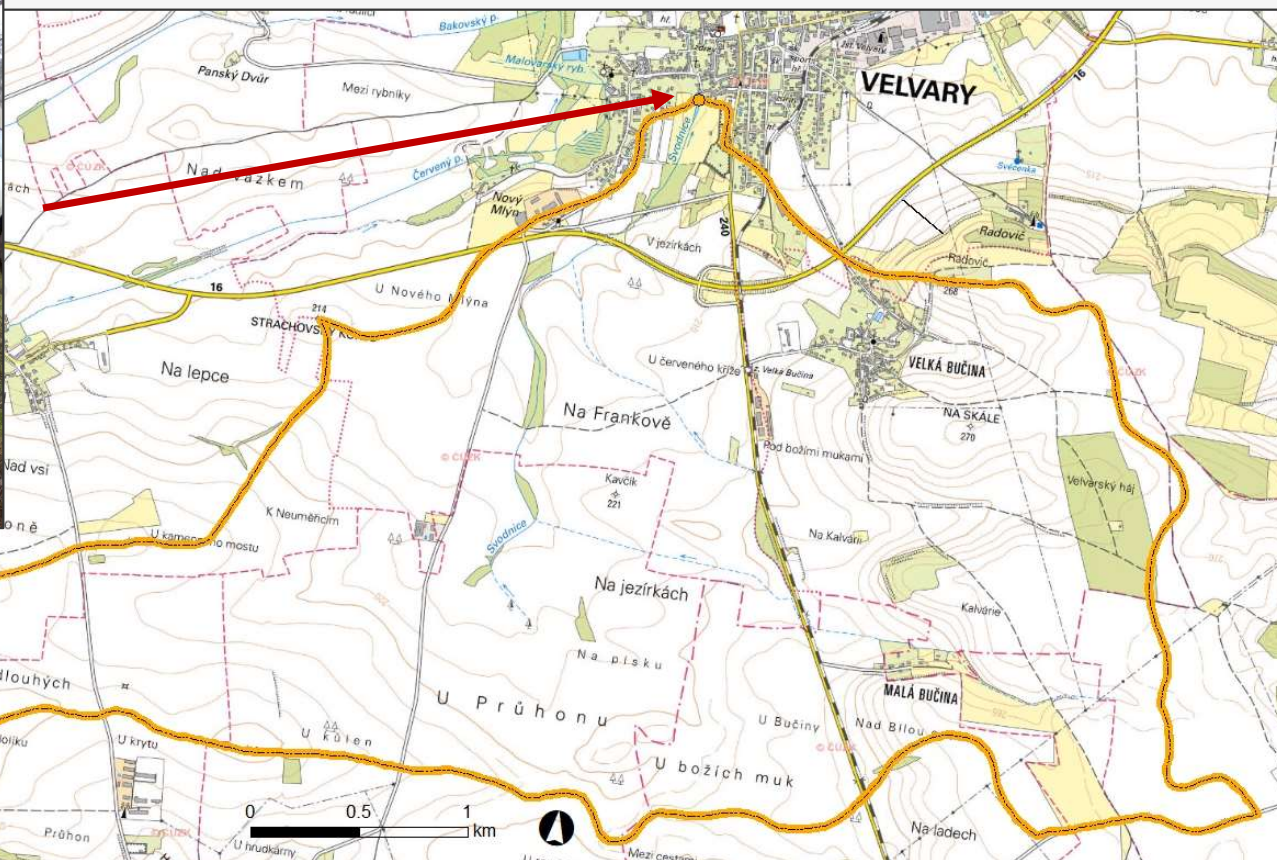
Q100 ČHMÚ = 12,8 m³/s

Q100 podle modelu HEC-HMS = 13 m³/s

Kapacita zatrubnění: 2 x DN600 (skl. 0,8 %) = 2 x 0,55 m³/s = 1,1 m³/s

Q100 podle modelu HEC-HMS po návrhu opatření = 4,52 m³/s

Po návrhu opatření při současném zatrubnění stále jen ochrana na cca Q10.



Studie odtokových poměrů v povodí Bakovského potoka – území Slánsko-Velvarsko

Povodí Svodnice – profil zatrubnění ve Velvarech

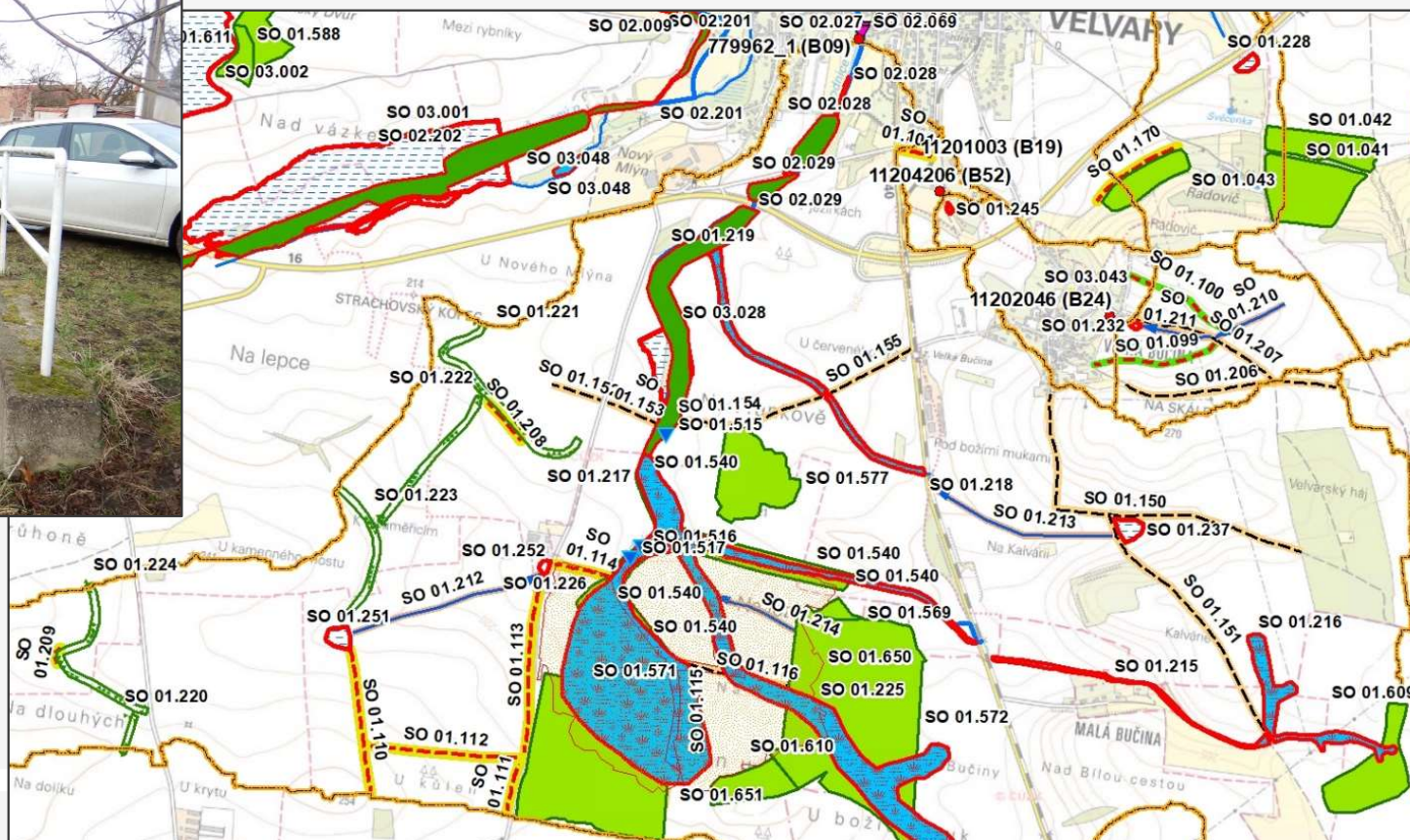
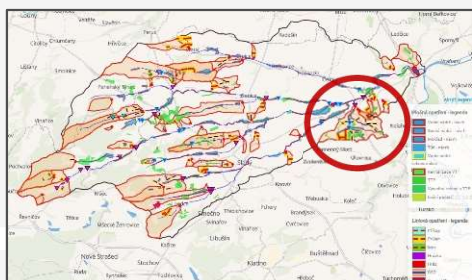
Q100 ČHMÚ = 12,8 m³/s

Q100 podle modelu HEC-HMS = 13 m³/s

Kapacita zatrubnění: 2 x DN600 (skl. 0,8 %) = 2 x 0,55 m³/s = 1,1 m³/s

Q100 podle modelu HEC-HMS po návrhu opatření = 4,52 m³/s

Po návrhu opatření při současném zatrubnění stále jen ochrana na cca Q10.



Návrhy opatření: propustky

ČSN 73 6201

... s ohledem na potřebu čištění a prohlídek

Tabulka 13.1– Doporučené rozměry otvorů propustků

Sklon dna propustku	Doporučený rozměr otvoru při šířce b propustku měřené mezi římsami ve směru vodního toku				
	$b \leq 10 \text{ m}$	$10 \text{ m} < b \leq 15 \text{ m}$	$15 \text{ m} < b \leq 20 \text{ m}$	$20 \text{ m} < b \leq 30 \text{ m}$	$b > 30 \text{ m}$
J					
$J \leq 2 \%$	600 mm	800 mm	1 000 mm	1 200 mm	1 200 mm
$J > 2 \%$	600 mm	600 mm	800 mm	1 000 mm	1 200 mm

13.4.2 Minimální sklon dna propustku je 0,5 %. Maximální sklon dna propustku nemá přesáhnout 5 %. V případě nutnosti zvětšení uvedeného maximálního sklonu dna propustku je nutno posoudit a případně konstrukčně navrhnout tlumení silových účinků proudu (kaskádovité stupně, vývařiště, opevnění apod.) Podrobněji viz zvláštní předpisy^{22) 27)}.

Zjednodušený výpočet kapacity betonového propustku Q_D (m^3/s) o průměru D (m) při sklonu i (s uvažováním Manningova součinitele drsnosti $n = 0,013$) :

$$Q_D = 24 D^{8/3} i^{1/2}$$

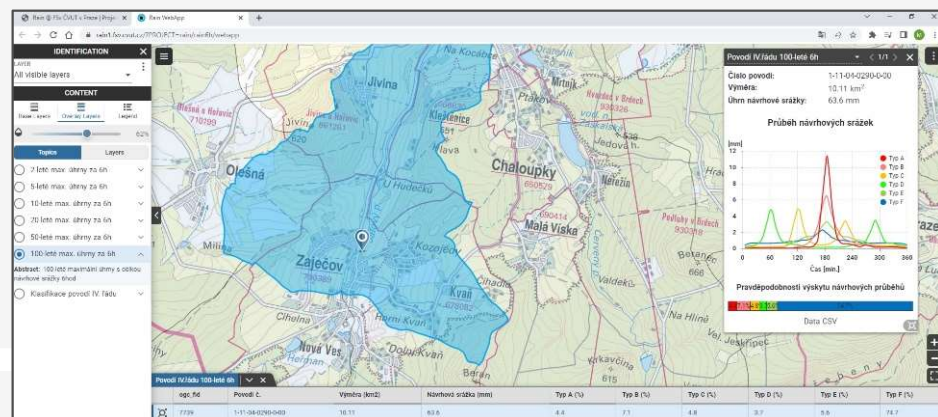
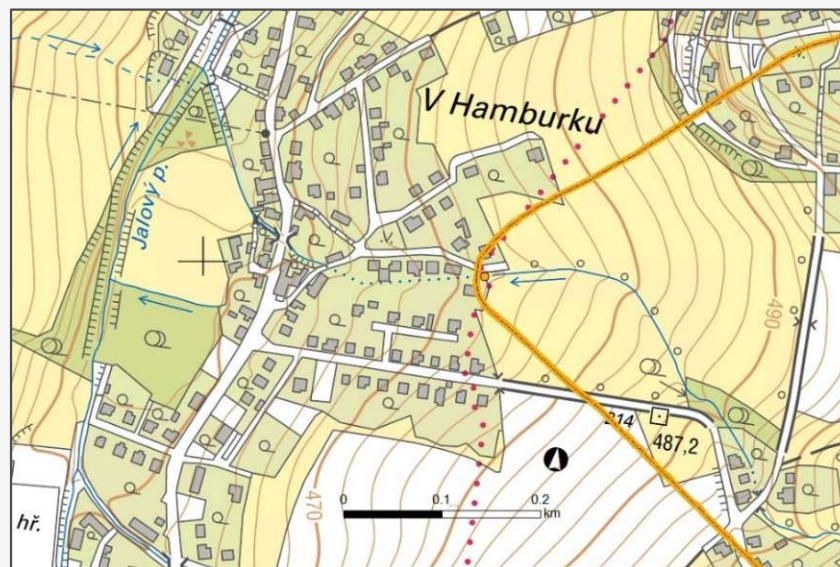
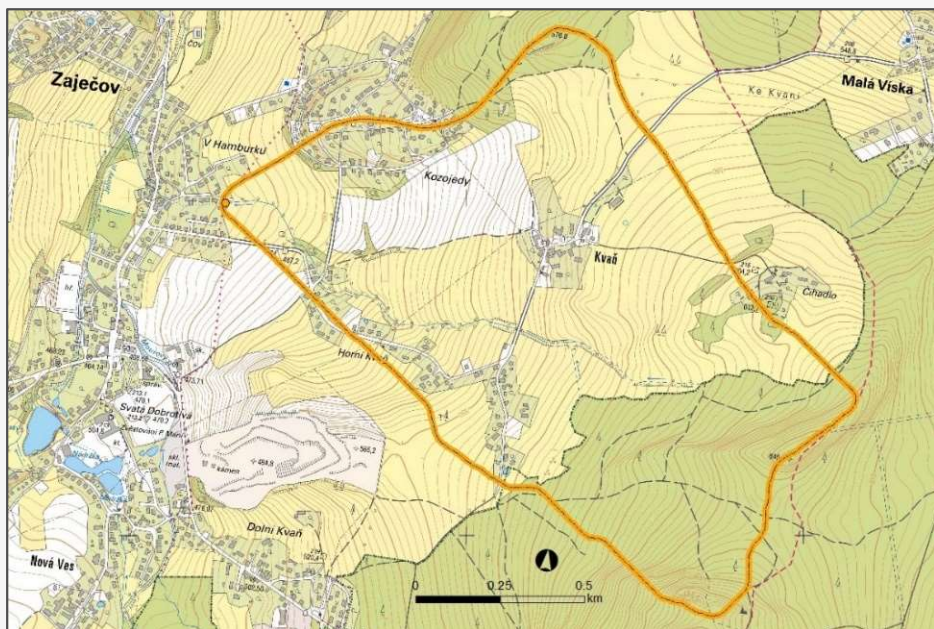
Kapacita betonového propustku Q_D (m^3/s) při daném průměru a sklonu

průměr (DN = 1000 D)	sklon					
	0,5%	1%	2%	3%	4%	5%
DN 600	0,43	0,61	0,87	1,06	1,23	1,37
DN 800	0,94	1,32	1,87	2,29	2,65	2,96
DN 1000	1,70	2,40	3,39	4,16	4,80	5,37
DN 1200	2,76	3,90	5,52	6,76	7,81	8,73
DN 1400	4,16	5,89	8,33	10,20	11,77	13,16

Profil zatrubnění svodnice v lokalitě Zaječov – V Hamburku

Povodí: plocha 1,57 km², 6-h P100 = 63,6 mm

Zatrubnění: DN 1200, délka 165 m, sklon 5%

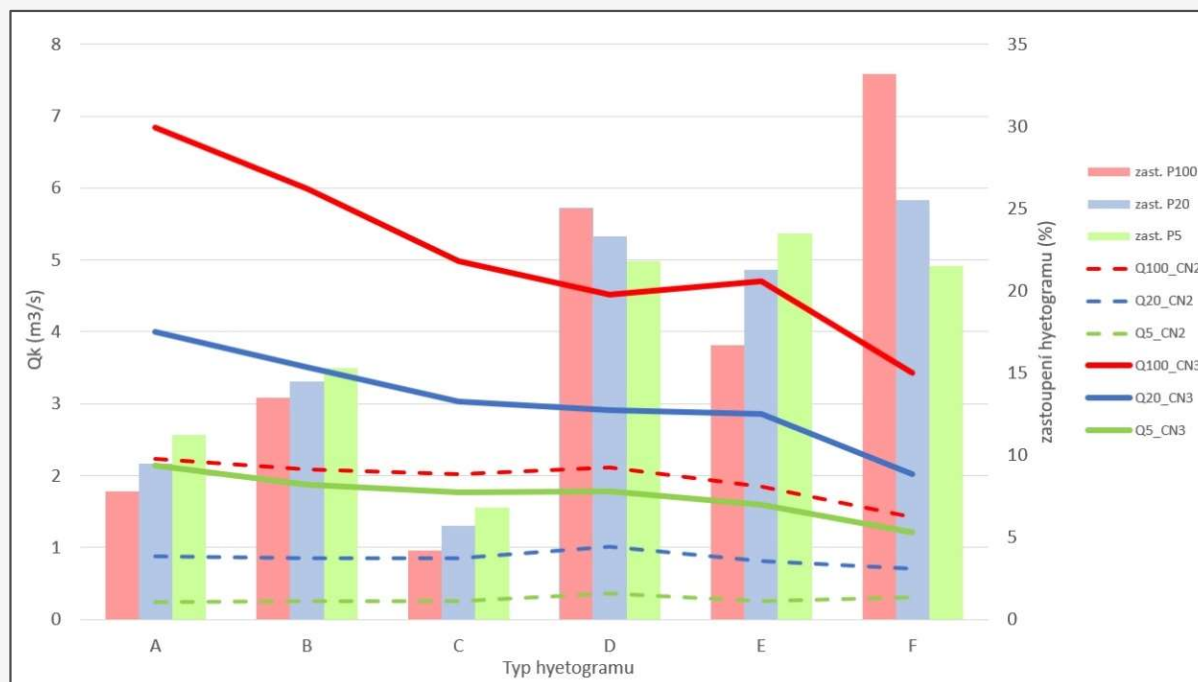


Profil zatrubnění svodnice v lokalitě Zaječov – V Hamburku

Návrhové srážky a odvozené kulminace podle modelu HEC-HMS pro P100, P20, P5 a šest typů hyetogramů A-F

P hyet.	P (mm)	zast. P (%)	Qk_CN2 (m3/s)	Qk_CN3 (m3/s)
P100_A	63,6	4,4	2,23	6,84
P100_B	63,6	7,1	2,09	5,99
P100_C	63,6	4,8	2,02	4,98
P100_D	63,6	3,7	2,12	4,52
P100_E	63,6	5,6	1,85	4,70
P100_F	63,6	74,7	1,42	3,42
P20_A	47,7	9,0	0,88	4,00
P20_B	47,7	10,1	0,86	3,51
P20_C	47,7	9,5	0,85	3,03
P20_D	47,7	6,2	1,02	2,91
P20_E	47,7	11,7	0,82	2,85
P20_F	47,7	53,5	0,70	2,02
P5_A	35,5	12,2	0,24	2,14
P5_B	35,5	12,1	0,25	1,88
P5_C	35,5	13,1	0,26	1,77
P5_D	35,5	8,8	0,36	1,78
P5_E	35,5	16,1	0,26	1,59
P5_F	35,5	37,5	0,31	1,21

Hodnoty CN jsou odvozeny podle podkladu *Strategie* (MŽP, 2015, vodavkrajine.cz).



výběr hyetogramu / CN	Q100 (m3/s)	Q20 (m3/s)	Q5 (m3/s)
nejčtenější hyetogram F CN3	3,42	2,02	1,21
vážený hyetogram A-F CN2	1,58	0,78	0,28
vážený hyetogram A-F CN3	3,95	2,60	1,59
vážený hyetogram A-B CN2, C-F CN3	3,47	2,05	1,16
hyetogram s největším Qk, A CN3	6,84	4,00	2,14

Profil zatrubnění svodnice v lokalitě Zaječov – V Hamburku

Zjednodušený výpočet kapacity zatrubnění $8,73 \text{ m}^3/\text{s}$ je větší než průtok Q_{100} podle modelu HEC-HMS $3,95 \text{ m}^3/\text{s}$ (vážený hyetogram A-F pro CN 3).

Kapacita betonového propustku Q_D (m^3/s) při daném průměru a sklonu

průměr (DN = 1000 D)	sklon					
	0,5%	1%	2%	3%	4%	5%
DN 600	0,43	0,61	0,87	1,06	1,23	1,37
DN 800	0,94	1,32	1,87	2,29	2,65	2,96
DN 1000	1,70	2,40	3,39	4,16	4,80	5,37
DN 1200	2,76	3,90	5,52	6,76	7,81	8,73
DN 1400	4,16	5,89	8,33	10,20	11,77	13,16



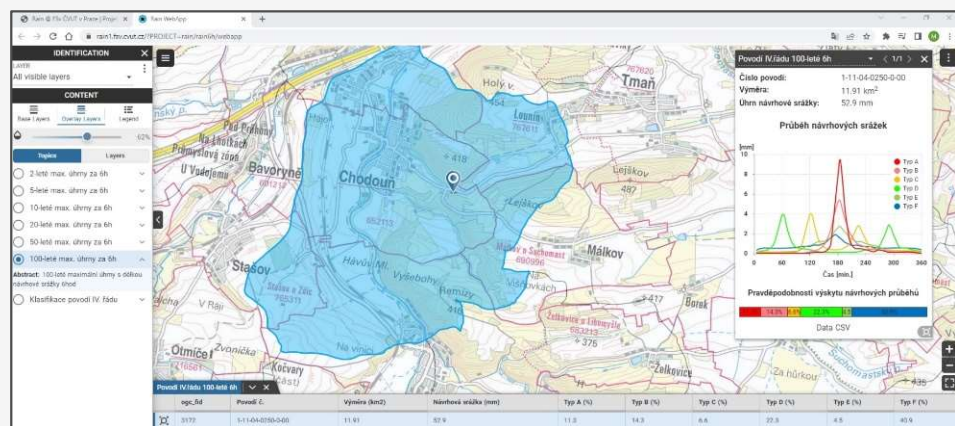
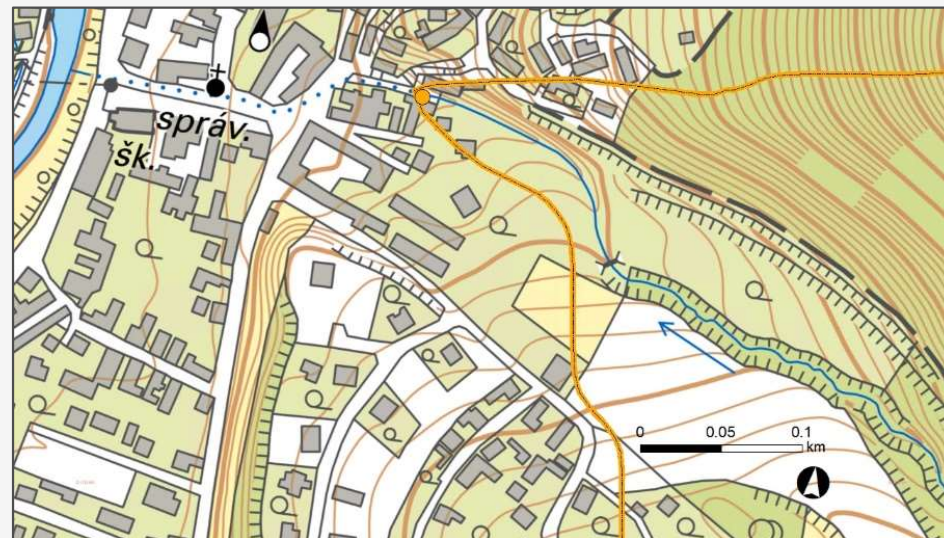
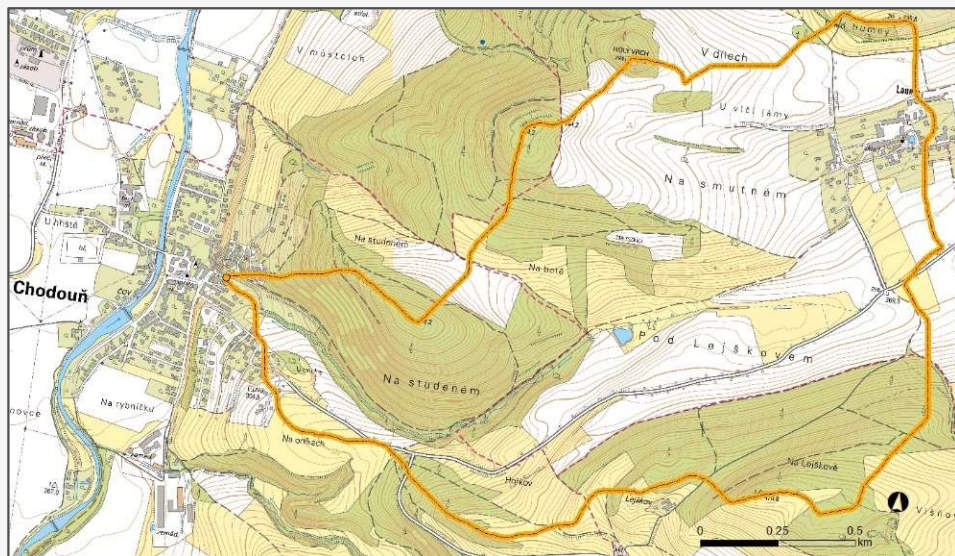
výběr hyetogramu / CN	Q100 (m^3/s)	Q20 (m^3/s)	Q5 (m^3/s)
nejčtenější hyetogram F CN3	3,42	2,02	1,21
vážený hyetogram A-F CN2	1,58	0,78	0,28
vážený hyetogram A-F CN3	3,95	2,60	1,59
vážený hyetogram A-B CN2, C-F CN3	3,47	2,05	1,16
hyetogram s největším Q_k , A CN3	6,84	4,00	2,14

Kapacitní propustek

Profil zatrubnění svodnice od Lounína v Chodouni

Povodí: plocha 2,34 km², 6-h P100 = 52,9 mm

Zatrubnění: DN 600, délka 200 m, sklon 5%

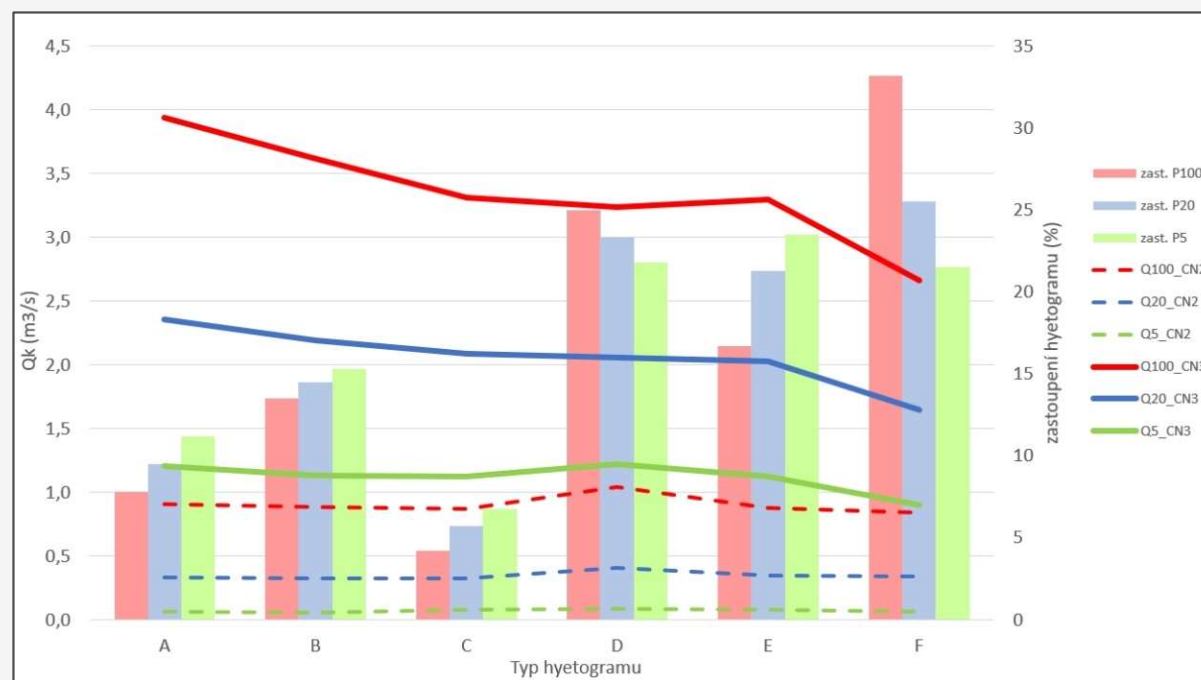


Profil zatrubnění svodnice od Lounína v Chodouni

Návrhové srážky a odvozené kulminace podle modelu HEC-HMS pro P100, P20, P5 a šest typů hyetogramů A-F

P hyet.	P (mm)	zast. P (%)	Qk_CN2 (m3/s)	Qk_CN3 (m3/s)
P100_A	52,9	11,3	0,91	3,94
P100_B	52,9	14,3	0,89	3,62
P100_C	52,9	6,6	0,87	3,31
P100_D	52,9	22,3	1,04	3,23
P100_E	52,9	4,5	0,88	3,30
P100_F	52,9	40,9	0,84	2,66
P20_A	41,2	12,3	0,33	2,36
P20_B	41,2	15,7	0,33	2,20
P20_C	41,2	8,2	0,33	2,08
P20_D	41,2	21,8	0,41	2,06
P20_E	41,2	9,7	0,35	2,03
P20_F	41,2	31,9	0,34	1,65
P5_A	31,3	13	0,06	1,21
P5_B	31,3	16,3	0,06	1,13
P5_C	31,3	9,5	0,08	1,13
P5_D	31,3	20,8	0,09	1,22
P5_E	31,3	14	0,08	1,13
P5_F	31,3	26,4	0,06	0,90

Hodnoty CN jsou odvozeny podle podkladu *Strategie* (MŽP, 2015, vodavkrajine.cz).



výběr hyetogramu / CN	Q100 (m3/s)	Q20 (m3/s)	Q5 (m3/s)
nejčtenější hyetogram F CN3	2,66	1,65	0,90
vážený hyetogram A-F CN2	0,90	0,35	0,07
vážený hyetogram A-F CN3	3,14	1,98	1,10
vážený hyetogram A-B CN2, C-F CN3	2,41	1,43	0,77
hyetogram s největším Qk, A CN3	3,94	2,36	1,21

Profil zatrubnění svodnice od Lounína v Chodouni

Zjednodušený výpočet kapacity zatrubnění 1,37 m³/s je menší než průtok Q100 podle modelu HEC-HMS 3,14 m³/s (vážený hyetogram A-F pro CN 3).

Kapacita betonového propustku Q_D (m³/s) při daném průměru a sklonu

průměr (DN = 1000 D)	sklon					
	0,5%	1%	2%	3%	4%	5%
DN 600	0,43	0,61	0,87	1,06	1,23	1,37
DN 800	0,94	1,32	1,87	2,29	2,65	2,96
DN 1000	1,70	2,40	3,39	4,16	4,80	5,37
DN 1200	2,76	3,90	5,52	6,76	7,81	8,73
DN 1400	4,16	5,89	8,33	10,20	11,77	13,16



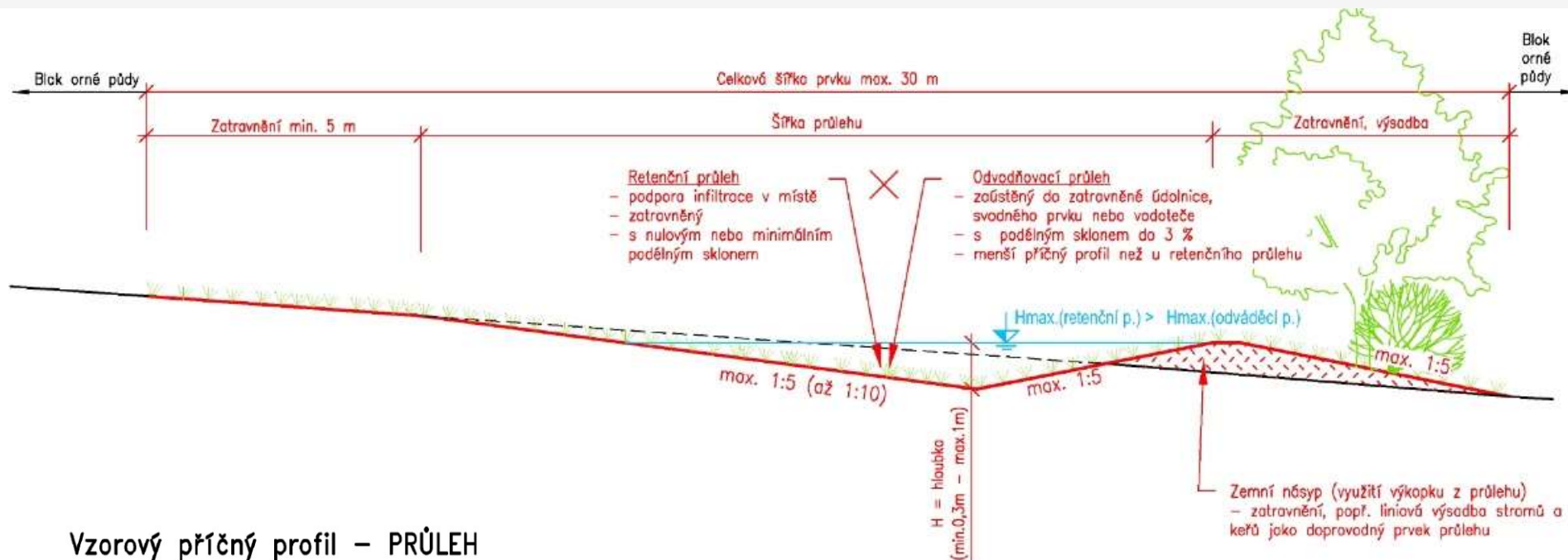
výběr hyetogramu / CN	Q100 (m3/s)	Q20 (m3/s)	Q5 (m3/s)
nejčtenější hyetogram F CN3	2,66	1,65	0,90
vážený hyetogram A-F CN2	0,90	0,35	0,07
vážený hyetogram A-F CN3	3,14	1,98	1,10
vážený hyetogram A-B CN2, C-F CN3	2,41	1,43	0,77
hyetogram s největším Q _k , A CN3	3,94	2,36	1,21

Nekapacitní propustek

Návrhy opatření: průlehy (mělké široké příkopy)

Podklady: Navrhování technických protierozních opatření. V. Kadlec a kol., VÚMOP v.v.i, ČVUT, 2014.
Katalog přírodě blízkých opatření pro zadržení vody v krajině opatření. VÚV T.G.M. v.v.i., 2018
(suchovkrajine.cz)..... *průlehy zasakovací, záchytné a svodné*

Působení průlehů: protipovodňové (extravilánové vody), protierozní (přerušení svahu), retenční (zasakování do podzemních vod), krajnotvorné (podpora biodiverzity)



Vzorový příčný profil – PRŮLEH

Návrhy opatření: průlehy

Zasakovací průleh

Měl by zachytit celý objem přímého odtoku při návrhové srážce. Objemy odtoku podle metody čísel odtokových křivek pro různé typy hyetogramů zůstávají stejné (důležitý je celkový úhrn srážky). Variabilita je vázána jen na stupeň nasycení povodí.



obec Stašov, seznam.cz, 2022

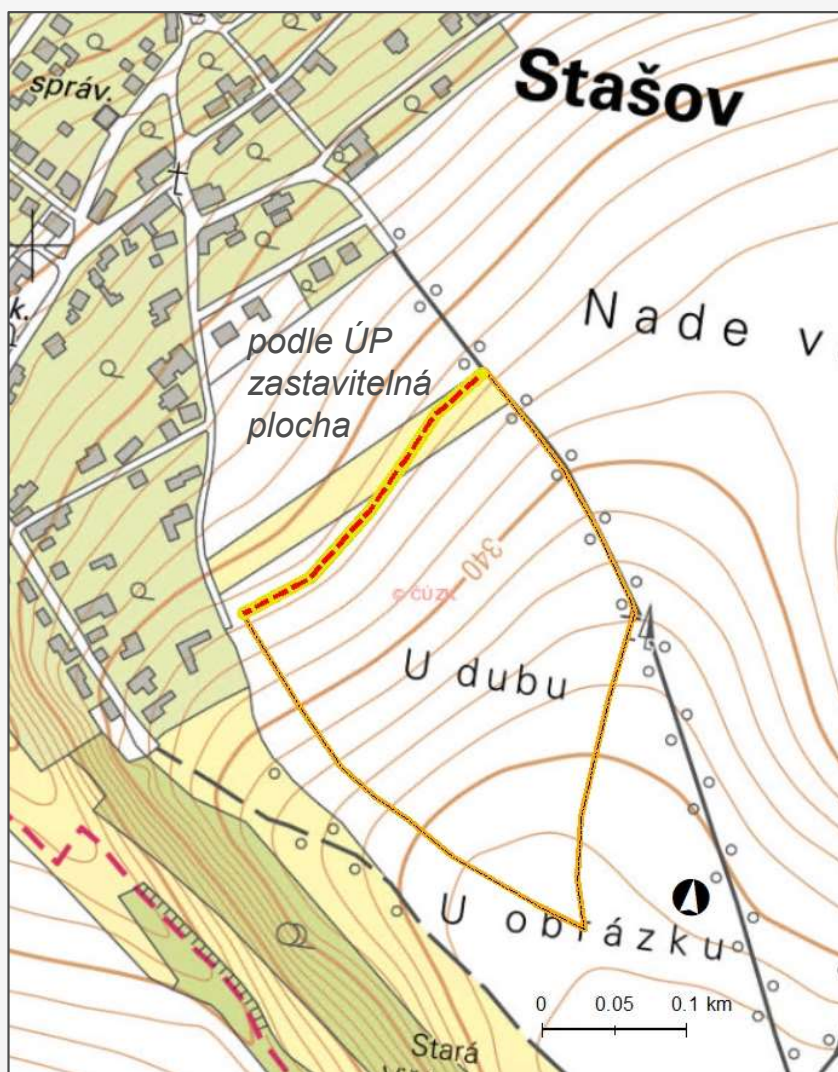
Objemy odtoku podle metody čísel odtokových křivek CN

Poměr objemu odtoku k úhrnu přívalové srážky se rovná poměru objemu vody zadržené při odtoku k potenciálnímu objemu, který může být zadrženo. Odtok začíná po počáteční ztrátě, odhadnuté na 20 % potenciální retence. Při potenciální retenci $S = 25,4 (1000/CN - 10)$ mm a návrhové srážce P (mm) je přímý odtok $O = (P - 0,2 S)^2 / (P + 0,8 S)$ mm. Po přepočtení na plochy a objemy platí např. následující tabulka:

Plocha pozemku v m² potřebná pro naplnění 1 m³ příkopu při odtoku ze srážky P a retenci území CN

	P (mm)										
	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
CN 35	X	X	X	X	X	X	X	X	14 916	1 988	756
CN 40	X	X	X	X	X	X	X	2 073	715	363	221
CN 45	X	X	X	X	X	5 087	1 024	434	242	156	110
CN 50	X	X	X	X	3 110	741	332	191	125	89	67
CN 55	X	X	X	3 038	666	292	167	109	78	59	47
CN 60	X	X	4 664	713	286	157	101	72	54	42	34
CN 65	X	19 910	934	311	159	99	68	51	40	32	27
CN 70	X	1 729	382	172	101	68	49	38	31	25	21
CN 75	9 329	572	202	108	69	49	37	30	24	21	18
CN 80	1 329	270	122	72	50	37	29	24	20	17	15
CN 85	459	149	79	51	37	28	23	19	16	14	13
CN 90	207	89	53	37	28	22	19	16	14	12	11
CN 95	102	54	36	27	22	18	15	13	12	10	9
CN 100	50	33	25	20	17	14	13	11	10	9	8

Návrh zasakovacího průlehu nad zástavbou obce Stašov



Průleh ... 5 m³ na 1 m délky

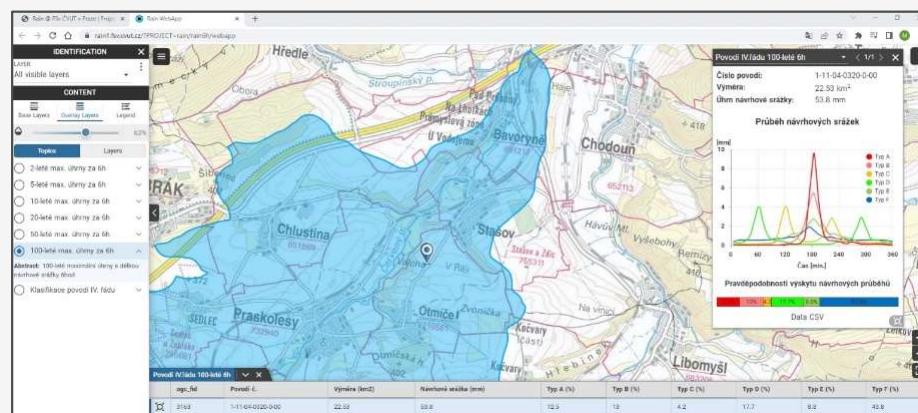
Objem průlehu $V_{pr} = 1\,175\text{ m}^3$

6h P100 = 53,8 mm ; A = 5,7 ha

CN2 = 81 ; CN3 = 91,4

Odtok z povodí V100_{CN2} = 967 m³

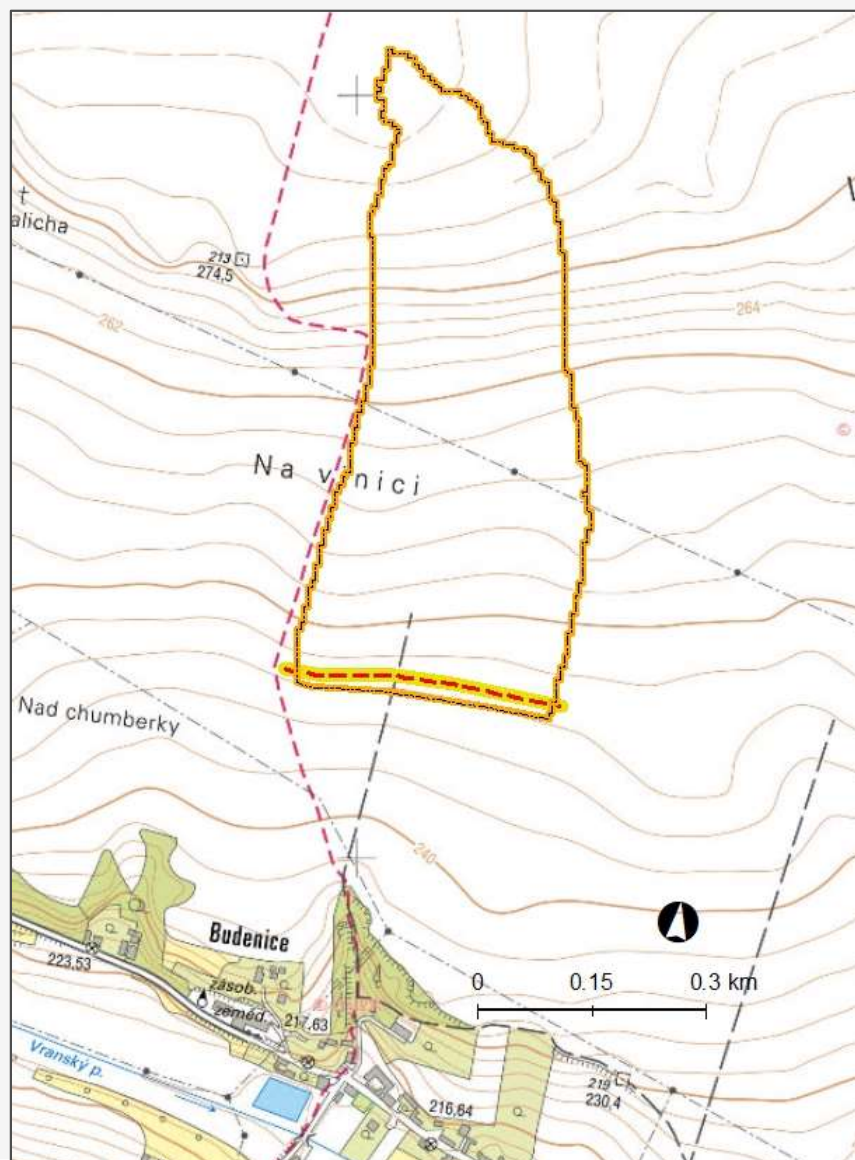
Odtok z povodí V100_{CN3} = 1 854 m³



Průleh nepojme celý objem odtoku ze stoleté srážky.

Hodnoty CN jsou odvozeny podle podkladu *Strategie* (MŽP, 2015, vodavkrajine.cz).

Návrh zasakovacího průlehu nad zástavbou místní části Jarpice - Budenice



Průleh ... 5 m³ na 1 m délky

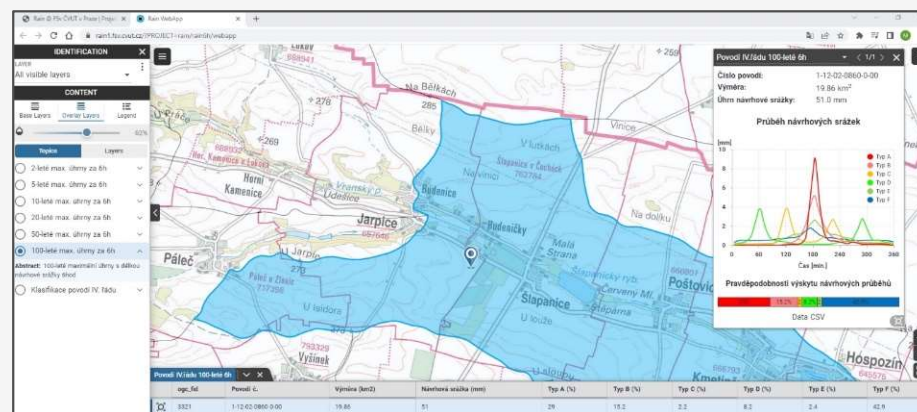
Objem průlehu V_{pr} = 1 835 m³

6h P100 = 51,0 mm ; A = 22,2 ha

CN2 = 81,9 ; CN3 = 91,8

Odtok z povodí V100_{CN2} = 3 618 m³

Odtok z povodí V100_{CN3} = 6 871 m³



Průleh nepojme celý objem odtoku ze stoleté srážky.

Hodnoty CN jsou odvozeny podle podkladu *Strategie* (MŽP, 2015, vodavkrajine.cz).

Zasakovací průlehy – naplnění objemu

Délka svahu pro naplnění průlehu o objemu 5 m³ na 1 m délky pro ornou půdu, čtyři varianty hydrologických skupin půd HSP, dvě varianty nasycení CN a dvě varianty velikosti srážek P

povrch / HSP / var CN / var P	Hodnota CN	Potenciální retence S (mm)	Srážka P (mm)	Přímý odtok O (mm)	Délka svahu pro naplnění průlehu D (m)
orná - A - CN2 - P50mm	72,0	98,8	50,0	7,1	705
orná - A - CN2 - P80mm	72,0	98,8	80,0	22,8	219
orná - B - CN2 - P50mm	81,0	59,6	50,0	14,9	337
orná - B - CN2 - P80mm	81,0	59,6	80,0	36,3	138
orná - C - CN2 - P50mm	88,0	34,6	50,0	23,9	209
orná - C - CN2 - P80mm	88,0	34,6	80,0	49,6	101
orná - D - CN2 - P50mm	91,0	25,1	50,0	28,9	173
orná - D - CN2 - P80mm	91,0	25,1	80,0	56,2	89
orná - A - CN3 - P50mm	86,4	40,0	50,0	21,5	232
orná - A - CN3 - P80mm	86,4	40,0	80,0	46,3	108
orná - B - CN3 - P50mm	91,4	23,9	50,0	29,6	169
orná - B - CN3 - P80mm	91,4	23,9	80,0	57,1	88
orná - C - CN3 - P50mm	94,8	13,9	50,0	36,5	137
orná - C - CN3 - P80mm	94,8	13,9	80,0	65,4	76
orná - D - CN3 - P50mm	96,2	10,0	50,0	39,7	126
orná - D - CN3 - P80mm	96,2	10,0	80,0	69,1	72

$$S = 25,4 * ((1000/CN) - 10)$$

$$O = (POWER(P - (0,2 * S); 2)) / (P + 0,8 * S)$$

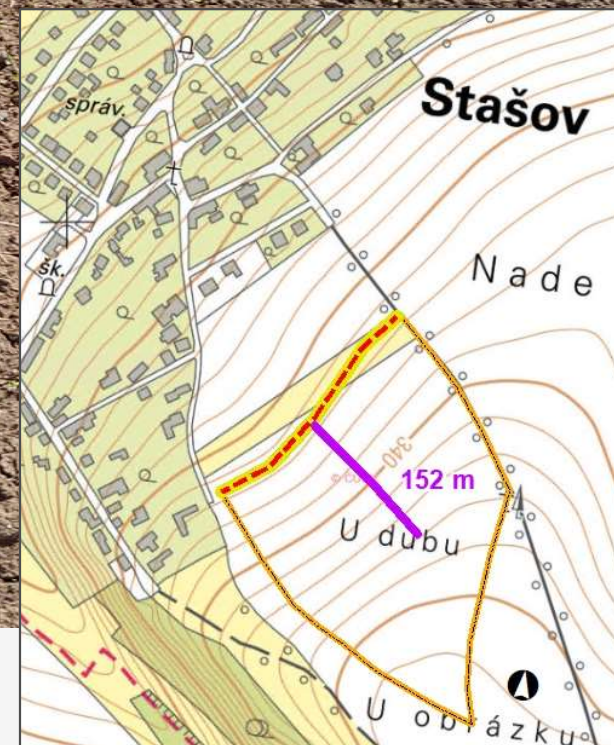
$$D = 5 / (O * 0,001)$$

Hodnoty CN jsou odvozeny podle podkladu *Strategie* (MŽP, 2015, vodavkrajine.cz).

Zasakovací průlehy – naplnění objemu

lokalita / var CN / var P	Hodnota CN	Potenciální retence S (mm)	Srážka P (mm)	Přímý odtok O (mm)	Délka svahu pro naplnění průlehu D (m)
lokalita Stašov - CN3 - P100	91,4	23,9	53,8	33,0	152
lokalita Budenice - CN3 - P100	91,8	22,7	51,0	31,2	160

Samostatné zasakovací průlehy nejsou zpravidla dostatečné pro kompletní ochranu zástavby pod svahy s ornou půdou. Je třeba dále uvažovat s napojením na stabilizovaný svodný průleh, popř. v návaznosti na kapacitní dešťovou kanalizaci.



Závěr:

Srážková data z portálu rain.fsv.cvut.cz jsou kvalitním podkladem pro navrhování opatření ve studiích odtokových poměrů.

Modelované odtokové charakteristiky mohou zohledňovat zastoupení pozorovaných hyetogramů v území.

Pro modelování lze přitom doporučit předpokládaný větší stupeň nasycení, který je také na straně bezpečnosti.



Děkujeme za pozornost ...

martin.stehlik@sweco.cz

martin.pavel@sweco.cz