Pöyry Environment a.s. SRPEN 2011

Studie proveditelnosti Protipovodňových opatření na řece Úhlavě v Přešticích

D. VODOHOSPODÁŘSKÉ ŘEŠENÍ

Objednatel: Město Přeštice

3A11149.87

Protipovodňová opatření
na řece Úhlavě v Přešticích

O B S A H

str.

1 ÚVOD 2
2 POUŽITÉ PODKLADY 2
2.1 Geometrická data modelu 2
2.2 Hydrologické podklady 2
2.3 Mapové podklady 2
3 POUŽITÉ PROGRAMOVÉ PROSTŘEDKY 3
3.1 HEC – RAS (verze 4.1.0) 3
3.2 Flow 3D (verze 4.0) 4
4 VÝPOČET 5
4.1 Výpočet v programu HEC-RAS (verze 4.1.0) 5
4.2 Výpočet v programu Flow 3D (verze 4.0) 5
5 VÝSTUPY 6
5.1 Program HEC – RAS (verze 4.1.0) 6
5.2 Program Flow 3D (verze 4.0) 10
6 ZÁVĚR 10
7 PŘÍLOHY 11

Copyright © Pöyry Environment a.s.

1 ÚVOD

Cílem vodohospodářského řešení je posouzení nově navržené protipovodňové ochrany města Přeštice. Město Přeštice se nachází v Plzeňském kraji, 20 km jihozápadně od Plzně a protéká jím řeka Úhlava. Při průchodu velkých vod dochází mimo jiné k zaplavování části intravilánu města. Výpočet byl zaměřen na určení míry ovlivnění průtokových poměrů při průchodu velkých vod v úseku s navrženým protipovodňovým opatřením.

Matematický výpočetní model zájmové oblasti byl vytvořen v programu HEC-RAS (verze 4.0) a v programu Flow 3D (verze 4.0).

2 POUŽITÉ PODKLADY

2.1 Geometrická data modelu

Vstupními daty pro vytvoření digitálního modelu terénu byla geodetická zaměření dna a svahů toku a plošné zaměření okolního terénu pořízené metodou laserového skenování (tento podklad byl získán od Povodí Vltavy, s.p.). Pro vytvoření geometrie objektů na toku a jejich modelů bylo použito jejich geodetické zaměření.

2.2 Hydrologické podklady

Pro kalibraci modelů a samotný výpočet byla použita hydrologická data řeky Úhlavy v profilu „Pod soutokem s Příchovickým potokem“. Vybraná data jsou uvedená v tabulce 1. Hydrologické podklady byly získány od ČHMÚ (viz. Příloha č.1)

Tabulka 1: Vybrané N – leté průtoky

Profil	**Q_{20} [m^3/s]**	**Q_{50} [m^3/s]**	**Q_{100} [m^3/s]**
pod soutokem s Příchovickým potokem	145	200	250

2.3 Mapové podklady

Pro prezentaci výsledků výpočtů byly použity ortofotomapy, katastrální mapy a základní mapa ČR.

Copyright © Pöyry Environment a.s.

3 POUŽITÉ PROGRAMOVÉ PROSTŘEDKY

3.1 HEC – RAS (verze 4.1.0)

HEC-RAS (River Analyzing System, US Army Corps of Engineers) je výpočtovým programem pro sestavení hydraulického jednorozměrného (1D) modelu. Tento model umožňuje provádět výpočet 1D ustáleného a neustáleného proudění v otevřených korytech, transport sedimentu a analýzu teploty vody. V programu je možné modelovat proudění říční i bystřinné. Výpočetní model vychází ze soustavy rovnic Saint - Venanta ve tvaru:

$$\frac{\delta Q}{\delta x}+\frac{\delta A}{\delta t}=0 \qquad \frac{\delta Q}{\delta t}+\frac{\delta (UQ)}{\delta x}+gA\left(\frac{\delta h}{\delta x}-S_0\right)+gAS_f=0$$

kde: Q – průtok [m^3/s]

A - průtočná plocha [m^2]

U=Q/A - střední průřezová rychlost [m/s]

h - hloubka vody [m]

S_0 – sklon dna [-]

S_f – sklon čáry energie [-]

g – gravitační zrychlení [m/s^2]

Při řešení ustáleného proudění model používá metodu po úsecích dle následujících rovnic:

$$H_2+z_2+\frac{\alpha_2 v_2^2}{2g}=H_1+z_1+\frac{\alpha_1 v_1^2}{2g}+h_e$$

kde: H_1, H_2 – hloubka vody [m]

z_1, z_2 – poloha dna [m]

v_1, v_2 – průměrné rychlosti [m/s]

α_1, α_2 – Coriolisovo číslo

g – gravitační zrychlení [m/s^2]

h_e – ztrátová výška [m]

L – délka úseku [m]

S_f – sklon čáry energie [-]

Geometrie výpočetního modelu je tvořena osou toku a jednotlivými příčnými profily. Příčné profily je možné po šířce rozdělit na dílčí úseky (koryto, břehy, inundace), kterým je na základě vlastností terénu přidělena odpovídající hodnota Manningova drsnostního

Copyright © Pöyry Environment a.s.

součinitele. Model umožňuje vytvářet různé typy objektů jako jsou mosty, jezy a propustky. Objekt je do modelu zadán na základě znalosti jeho geometrických vlastností. Program dále umožňuje stanovení pasivní oblasti příčného profilu, oblasti bez vody a vkládání překážky do příčného profilu.

Program HEC-RAS je díky snadné použitelnosti a dostupnosti velmi často využíván k určení záplavových čar a řešení návrhu protipovodňové ochrany.

V rámci výpočtů byl 1D model použit pro kalibraci drsností zájmového území a určení míry ovlivnění průchodu velkých vod navrženým protipovodňovým opatřením.

3.2 Flow 3D (verze 4.0)

Pro modelování proudění byl zvolen komerční softwarový balík Flow-3D. Jedná se o CFD (Computional Fluid Dynamics) nástroj využívající matematické modelování k simulacím chování systémů, které zahrnují proudění tekutin, šíření tepla a jiné doplňující procesy. Program umožňuje třídimenzionální (3D) řešení složitých fyzikálních problémů, které řeší metodou konečných objemů, za požití RANS (Reynolds Averaged Navier-Stokes) rovnice, na nerovnoměrné pravoúhlé mřížce. Základní Navier – Stokesova rovnice je uváděna ve tvaru:

$$\frac{\partial u_i}{\partial t} + (u, \nabla) u_i = -\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x_i} + \upsilon \Delta u_i + f_i$$

kde: u – rychlost [m/s]

p – tlak [Pa]

t – čas [s]

α_1, α_2 – Coriolisovo číslo

ρ – hustota [kg/m^3]

υ – kinematická viskozita [m^2/s]

g – gravitační zrychlení [m/s^2]

Tento model je založen na řešení rovnic mechaniky tekutin ve výpočtové oblasti se specifikovanými okrajovými, respektive počátečními podmínkami.

Základem numerického výpočtu je vytvoření výpočetní mřížky, která se skládá z jednotlivých vzájemně propojených elementů (buněk). Tyto buňky rozdělují celkový objem na dílčí výpočtové objemy. Výpočetní mřížka je výpočetním prostorem, který nahrazuje reálný fyzikální prostor. Program umožňuje podrobné zadávání fyzikálních podmínek

Copyright © Pöyry Environment a.s.

modelu. Díky tomu je možné zohlednit v modelu pohyb sedimentu, přítomnost pohyblivých objektů, zdroje odběru nebo dotace v řešené oblasti, turbulentní proudění, fyzikální vlastnosti tekutin a další.

Program byl pro výpočet vybrán na základě kladných zkušeností s řešením obdobných hydraulických úloh.

4 VÝPOČET

4.1 Výpočet v programu HEC-RAS (verze 4.1.0)

Model v programu HEC-RAS byl vytvořen pomocí příčných profilů toku, které byly do programu importovány z digitálního modelu terénu. Celková délka výpočetního modelu byla 5,61 km. Počáteční staničení modelu bylo ř. km 34,356, konečné ř. km 28,746.

Jednotlivé příčné profily byly po šířce rozděleny na koryto toku a přilehlou inundaci. Na základě terénního průzkumu zájmové oblasti a leteckých snímků byl jednotlivým částem přiřazen odpovídající drsnostní součinitel. Model byl doplněn o objekt lávky (ř. km 32,653), jezu (ř. km 32,557) a silničního mostu (ř. km 31,418).

Kalibrace modelu byla provedena na základě znalosti výšek hladin v několika příčných profilech toku (na základě podkladů získaných od Povodí Vltavy, s.p.).

V první fázi byl vytvořen model současného stavu zájmové oblasti. Po kalibraci tohoto modelu byl proveden výpočet pro průtoky odpovídající povodním s dobou opakování 20, 50 a 100 let. Model současného stavu byl použit jako výchozí podklad pro tvorbu modelu zohledňujícího navržené protipovodňové opatření. Druhý model byl doplněn o linii navrženého opatření a byl opět proveden výpočet průchodu povodňových průtoků. Jednotlivé výsledky průběhu hladiny byly vzájemně porovnány a vyhodnoceny.

4.2 Výpočet v programu Flow 3D (verze 4.0)

Digitální model terénu byl vytvořen z podkladů pomocí software Autodesk AutoCAD Civil 3D a následně exportován pro vložení do matematického modelu. Model terénu v programu Flow 3D byl sestaven z jednotlivých komponentů zahrnujících koryto řeky, břehy a přilehlou oblast toku, oblast zahrádkářské kolonie, intravilán města a zástavbu v sousedství toku a zahrnoval také jednotlivé objekty na toku a přilehlou zástavbu. Rozsah modelu řešené oblasti odpovídal přibližně oblasti řešené pomocí modelu v programu HEC-RAS.

Copyright © Pöyry Environment a.s.

Vzhledem k rozsahu řešené oblasti byla vytvořena výpočetní mřížka s buňkami o rozměrech 5,0 x 5,0 x 1,0 m. Tento rozměr výpočetních buněk byl dostatečný pro interpretaci terénu a výpočet průchodu velkých vod zájmovou oblastí. Celkový počet výpočetních buněk byl 1 692 000. V případě výpočtu zohledňujícího navržené protipovodňové opatření byla do modelu, v místě protipovodňového opatření, přidána jemnější výpočetní mřížka pro podrobnější popis proudových poměrů.

Drsnostní součinitel jednotlivých komponentů byl v první fázi výpočtu převzat z výstupu kalibrace na 1D modelu. Zástavba v intravilánu města v blízkosti toku byla samostatně vymodelována jako překážka proudění, oblast zahrádkářských kolonií byla řešena zvýšením drsnostního součinitele.

Horní okrajovou podmínkou byl zadán příslušný průtok Q_{20}, Q_{50} a Q_{100} (tabulka 1), dolní okrajovou podmínkou byla výška hladiny získaná z výpočtů na 1D modelu odpovídající zadanému průtoku.

Stejně jako v případě 1D byl v první fázi výpočtu vytvořen model současného stavu zájmového území. Po jeho kalibraci byl tento použit jako vstupní část modelu s protipovodňovým opatřením. Protipovodňové opatření bylo do modelu přidáno jako další samostatný komponent terénu.

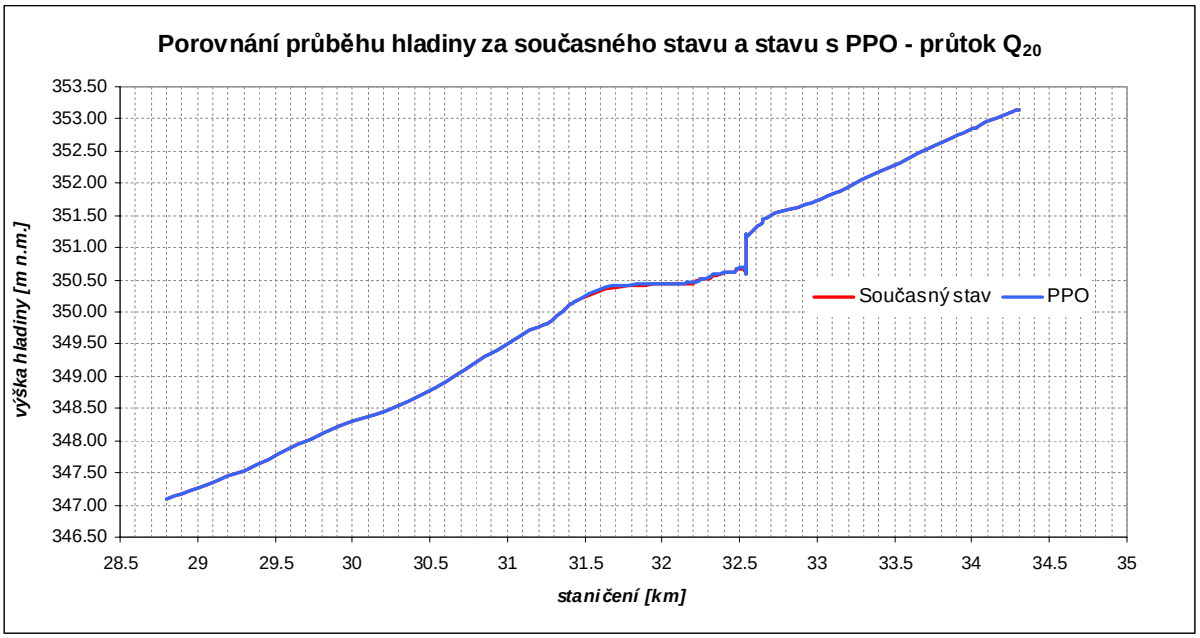
Cílem výpočtu na 3D modelu bylo získat území rozlivu (resp. zátopové čáry) při průchodu povodní před a po realizaci protipovodňového opatření.

5 VÝSTUPY

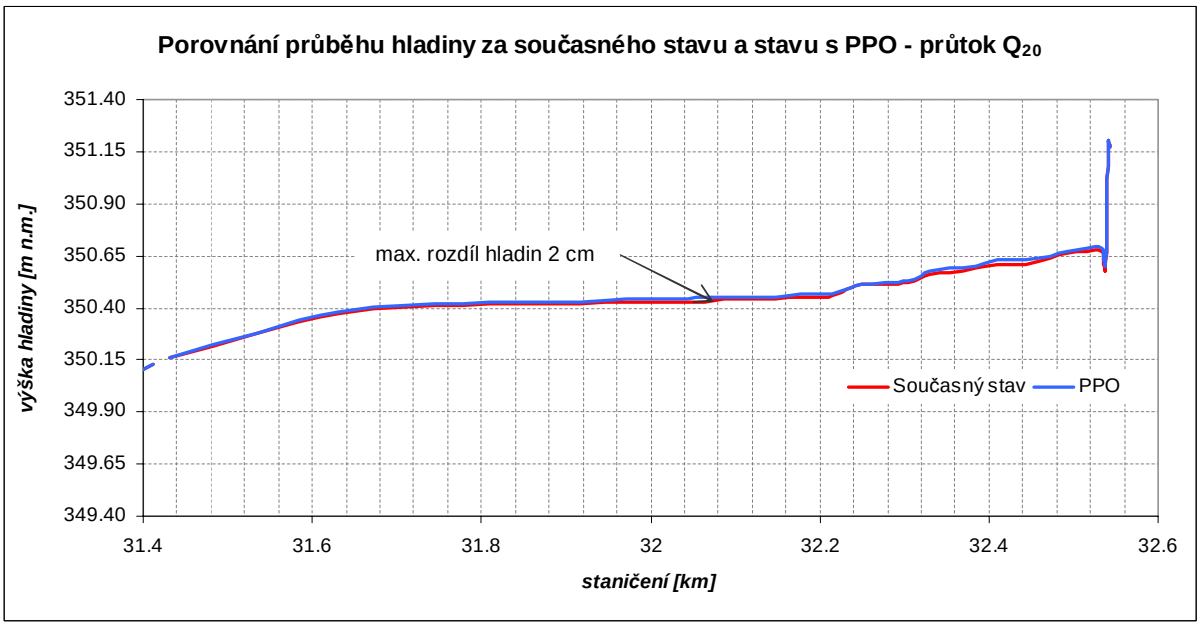
5.1 Program HEC – RAS (verze 4.1.0)

Výstupem výpočtů je průběh výšky hladiny při jednotlivých průtocích před a po realizaci PPO. Výsledky byly pro přehlednost zpracovány ve formě grafů. Nejprve jsou uvedeny průběhy hladin v celém úseku a následně je uveden pouze úsek toku s navrženým PPO. Z grafů je zřejmé nepatrné ovlivnění průběhu výšky hladiny navrženým protipovodňovým opatřením.

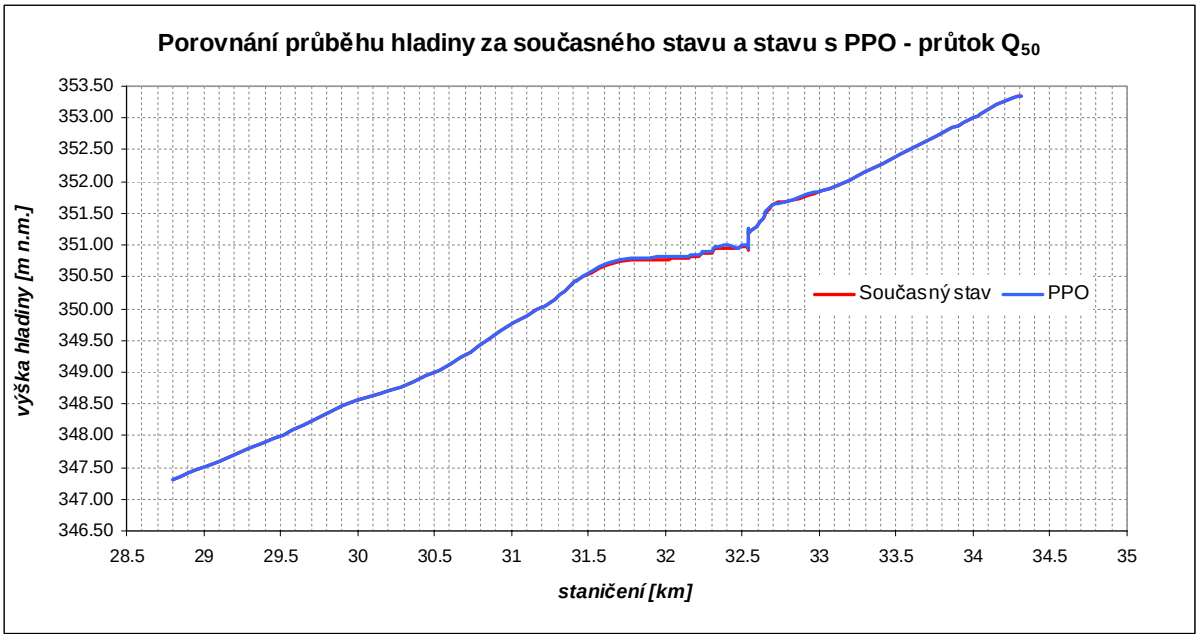
Copyright © Pöyry Environment a.s.



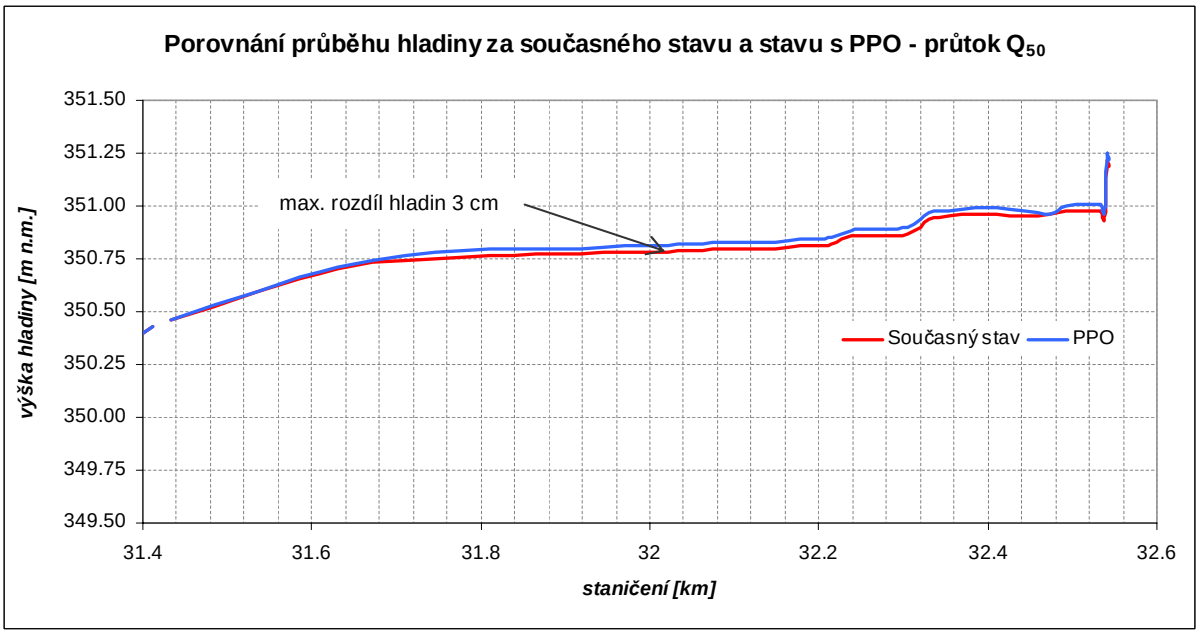
Graf 5.1.1 Porovnání průběhu hladiny za současného stavu a stavu s PPO – průtok Q_{20}



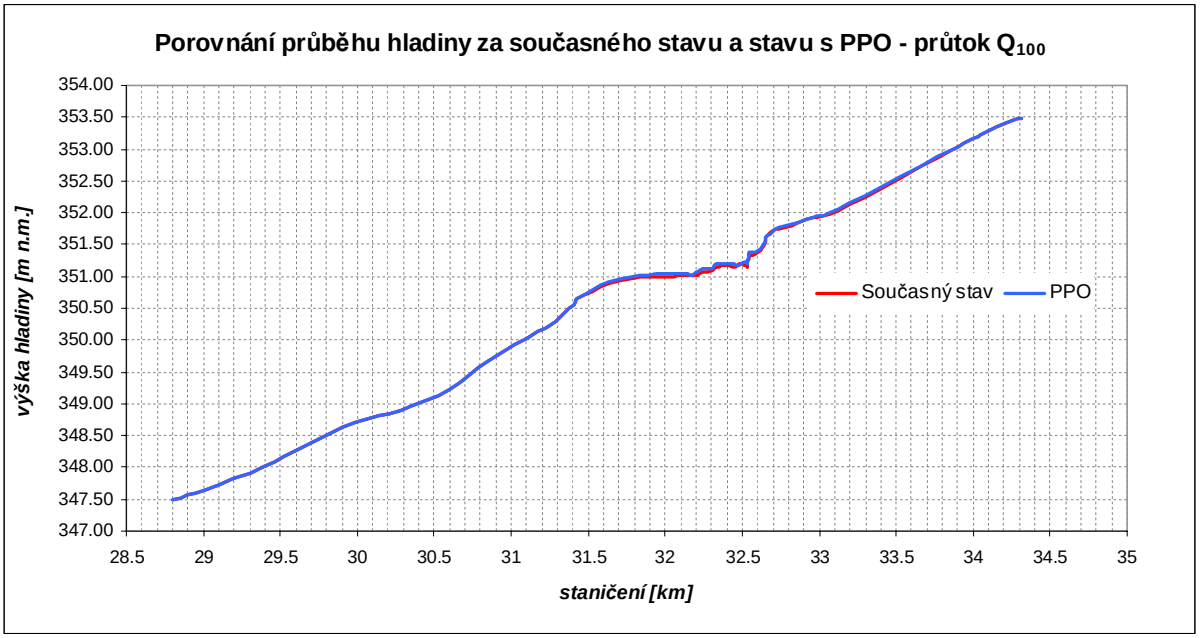
Graf 5.1.2 Porovnání průběhu hladiny za současného stavu a stavu s PPO – průtok Q_{20}, detail



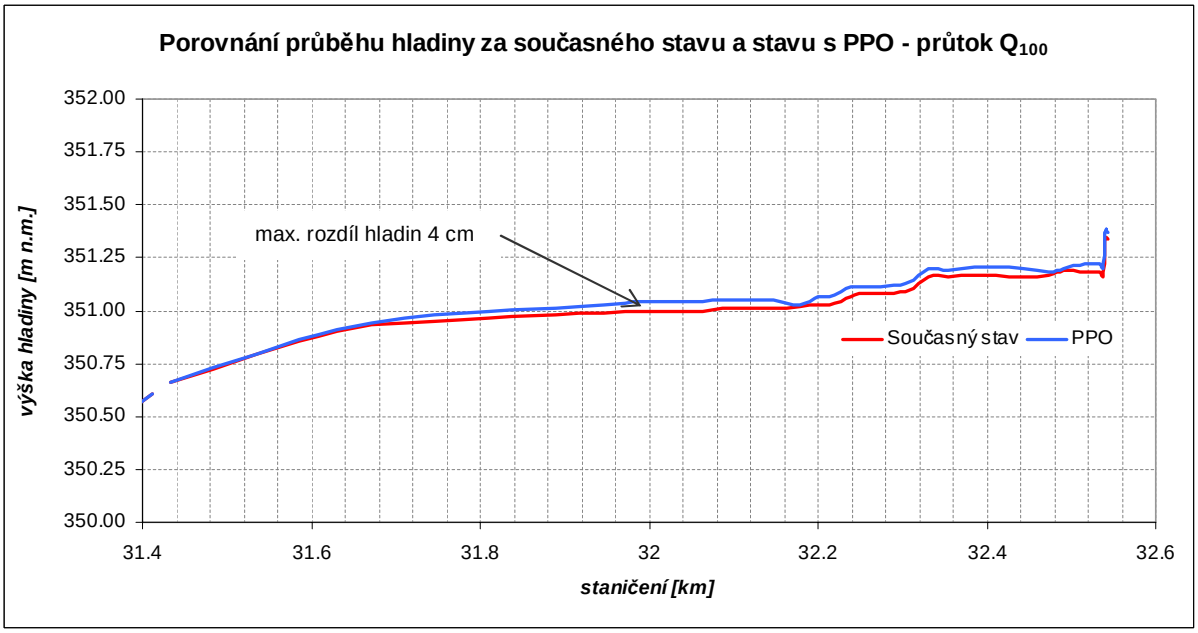
Graf 5.1.3 Porovnání průběhu hladiny za současného stavu a stavu s PPO – průtok Q_{50}



Graf 5.1.4 Porovnání průběhu hladiny za současného stavu a stavu s PPO – průtok Q_{50}, detail



Graf 5.1.5 Porovnání průběhu hladiny za současného stavu a stavu s PPO – průtok Q_{100}



Graf 5.1.6 Porovnání průběhu hladiny za současného stavu a stavu s PPO – průtok Q_{100}, detail

5.2 Program Flow 3D (verze 4.0)

Výstupem výpočtů v programu Flow 3D jsou hloubky vody pro jednotlivé průtoky v zájmovém území a související rozsahy záplav. Pro názornost bylo záplavové území se znázorněním hloubek vloženo do mapových podkladů. Jednotlivé situace jsou v přílohách č. 2 – 7.

6 ZÁVĚR

V rámci výpočtů na výše popsaných matematických modelech jsme ověřovali i jiná opatření pro zlepšení průchodu velkých vod zájmovým územím. Posuzovali jsme návrh obtokového koryta, které by bylo vedeno odbočením z koryta toku vlevo nad silničním mostem, dále by pokračovalo propustkem pod komunikací a kolem ČOV, pod kterou by bylo obtokové koryto zpět zaústěno do koryta toku. Toto opatření se ukázalo jako neefektivní.

Dále jsme posuzovali, zda dochází ke vzdutí hladiny proti toku vlivem nekapacitního silničního mostu. Výpočty bylo ověřeno, že objekt lávky v ř.km 32,653 není při průchodu průtoku Q_{100} zaplavován. Čelo silničního mostu v ř.km 31,148 je při průchodu průtoku Q_{100} v kontaktu s vodou (12 cm), avšak nedojde k jeho přelití nebo zatopení. Tímto je zřejmé, že dříve provedené opatření tj. zprůchodnění obtokového koryta mostními poli na pravém břehu, bylo účinné a silniční most je až do úrovně Q_{100} kapacitní a není potřeba jiných opatření pro zvýšení průtočné kapacity mostu.

Z provedených výpočtů je dále patrné, že navržené protipovodňové opatření nemá výrazný vliv na průchod velkých vod (viz. výše uvedené grafy). Vlivem protipovodňového opatření dojde při průtoku Q_{100} pouze k místnímu zvýšení hladiny v řádech centimetrů (v rozmezí 0 – 4 cm). Při nižších průtocích je tento rozdíl hladin před a po realizaci PPO ještě menší. Vzhledem k tomuto nepatrnému místnímu navýšení hladiny vlivem protipovodňového opatření nedojde ke změně rozsahu zatopeného území a v extravilánu na pravém břehu, které plní funkci inundačního území, nedojde ke zvýšení škod.

Protipovodňová opatření jsou navržena tak, aby osoby a majetky za protipovodňovou linií byly bezpečně ochráněny.

Copyright © Pöyry Environment a.s.

7 PŘÍLOHY

1. Hydrologická data – ČHMÚ
2. Záplavové území pro průtok Q_{20} – současný stav
3. Záplavové území pro průtok Q_{20} – navržené PPO
4. Záplavové území pro průtok Q_{50} – současný stav
5. Záplavové území pro průtok Q_{50} – navržené PPO
6. Záplavové území pro průtok Q_{100} – současný stav
7. Záplavové území pro průtok Q_{100} – navržené PPO

V Praze 26.8.2011

Ing. Eva Divišová
Ing. Lenka Weyskrabová

Copyright © Pöyry Environment a.s.

Pöyry Environment a.s.
Bezová 1658/1
147 14 Praha 4

ČHMÚ
pobočka Plzeň
Mozartova 41
32300 PLZEŇ

Vaše značka: Naše značka: P11003569 Plzeň: 08. 06. 2011

HYDROLOGICKÁ DATA

Na základě Vaší objednávky ze dne 31. 5. 2011 Vám zasíláme požadované hydrologické údaje pro

Tok: Úhlava

Hydrologické číslo povodí: 1 – 10 – 03 – 076

Profil: u obce Příchovice, pod soutokem s Příchovickým potokem, okres Plzeň-jih

1. Plocha povodí v km^2: 782,99

2.Průměrná dlouhodobá roční výška srážek v mm: 701

3. Průměrný dlouhodobý roční průtok v m^3.s^{-1} : 5,47 **třída: II.**

4. M-denní průtoky v m^3.s^{-1}

M	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	355	364	třída
	12,1	8,37	6,53	5,34	4,47	3,79	3,22	2,74	2,30	1,87	1,44	0,96	0,60	II.

5. N-leté průtoky v $m^3 \cdot s^{-1}$

N	1	2	5	10	20	50	100	třída
	36,7	52,7	81,9	110	145	200	250	II.

- Údaje velkých vod nejsou hodnoty neměnné, ale mohou být měněny podle nových poznatků. Údaje byly vypracovány za nejdelší období pozorování. Způsob a rozsah jejich případného ovlivnění není znám.
- Údaje Q_a a Q_m denní byly vypracovány pro reprezentativní období 1931 až 1980.
- Platnost hydrologických dat doporučujeme ověřit maximálně za 5 let ode dne vydání.
- Plocha povodí je stanovena z mapy = 1: 25 000.
- Údaje předané v rámci dodávky nesmí být využívány k jinému, než Vámi uvedenému účelu a nesmí být poskytovány jiným organizacím a osobám ke komerčnímu využití.

Jiné údaje a poznámky:

Vliv pramenů a manipulací na toku není znám. Průtok při kulminaci povodně v r. 2002 není znám.

Za tyto práce Vám účtujeme: 5 720,-- Kč

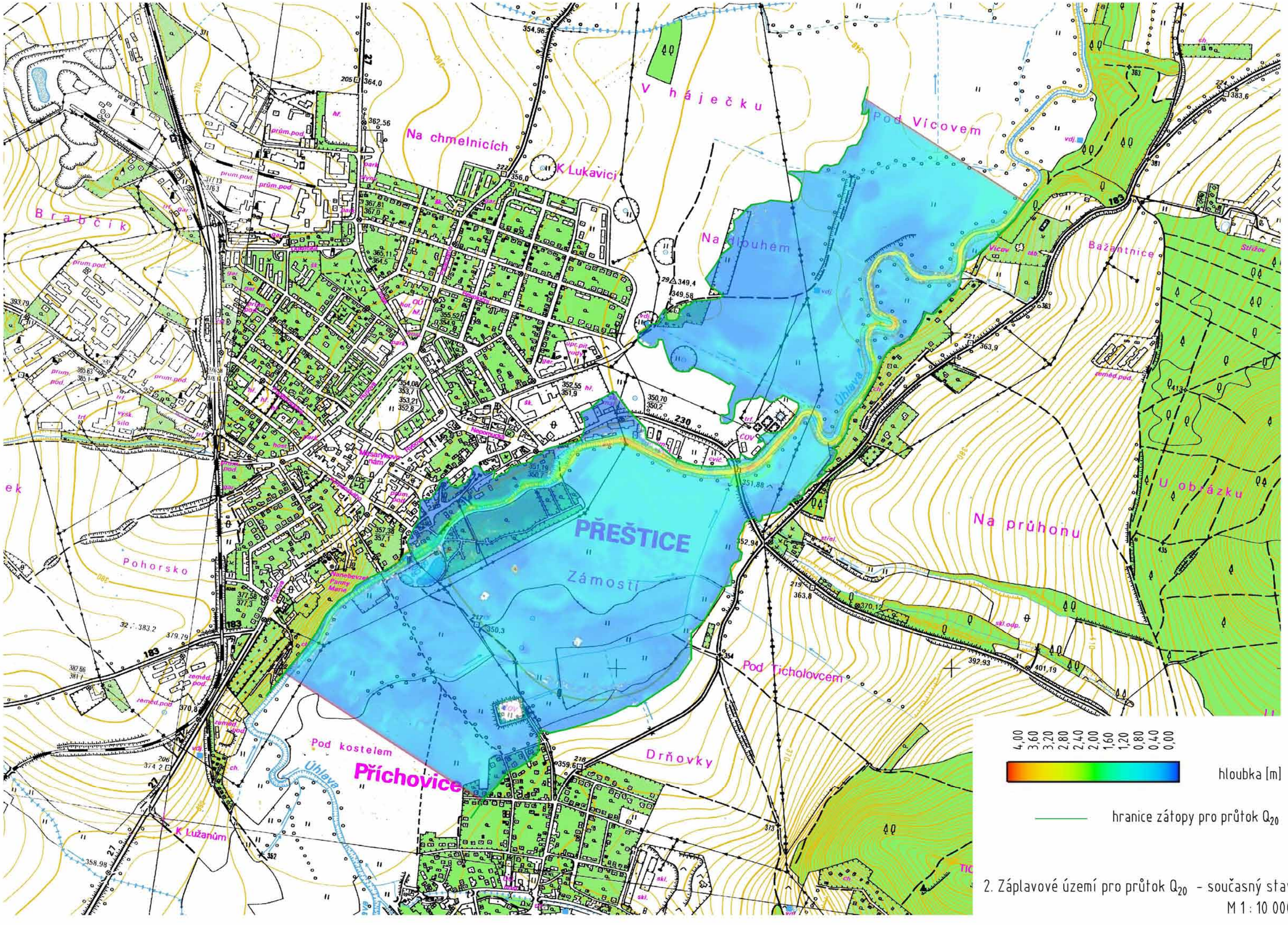
Slovy: pěttisícsedmsetdvacet korun českých

Přílohy: faktura

ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV
Pobočka Plzeň
oddělení hydrologie
323 00 PLZEŇ, Mozartova 41

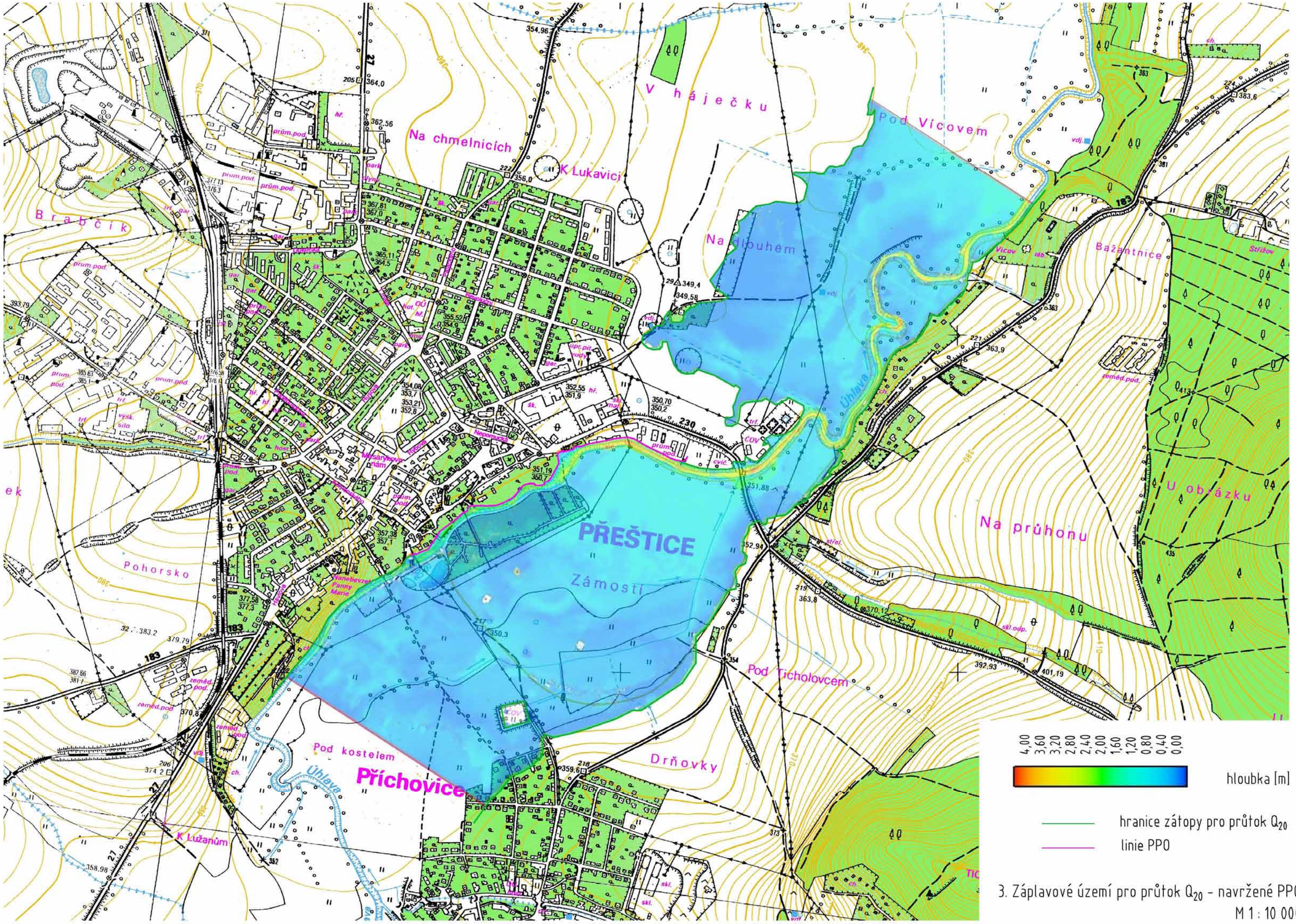
Ing. Jiřina Grünwaldová
vedoucí oddělení hydrologie

Vypracoval: Mgr. Melichar
telefon: 377256648
fax: 377237444



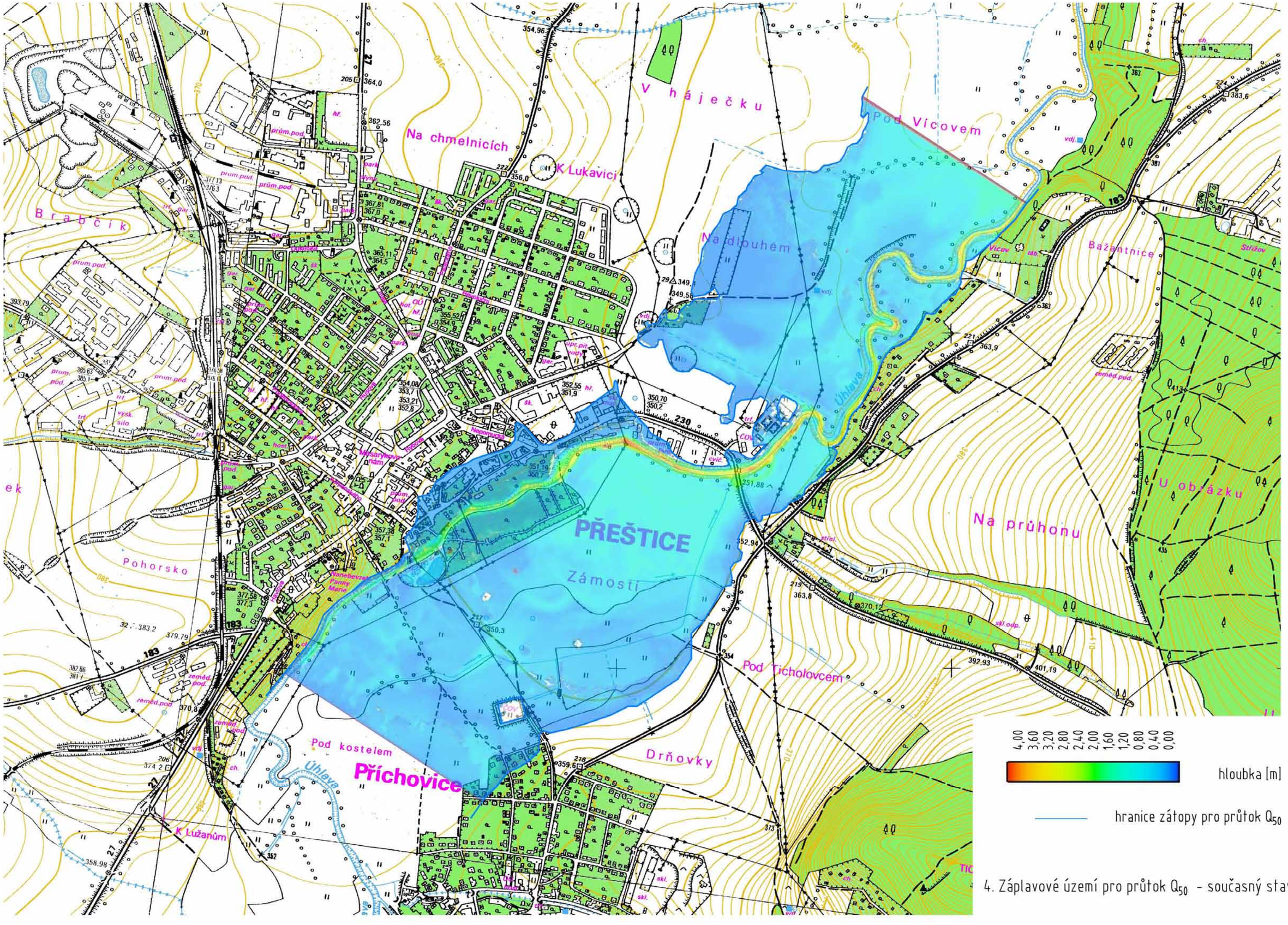
2. Záplavové území pro průtok Q_{20} - současný stav

M 1 : 10 000

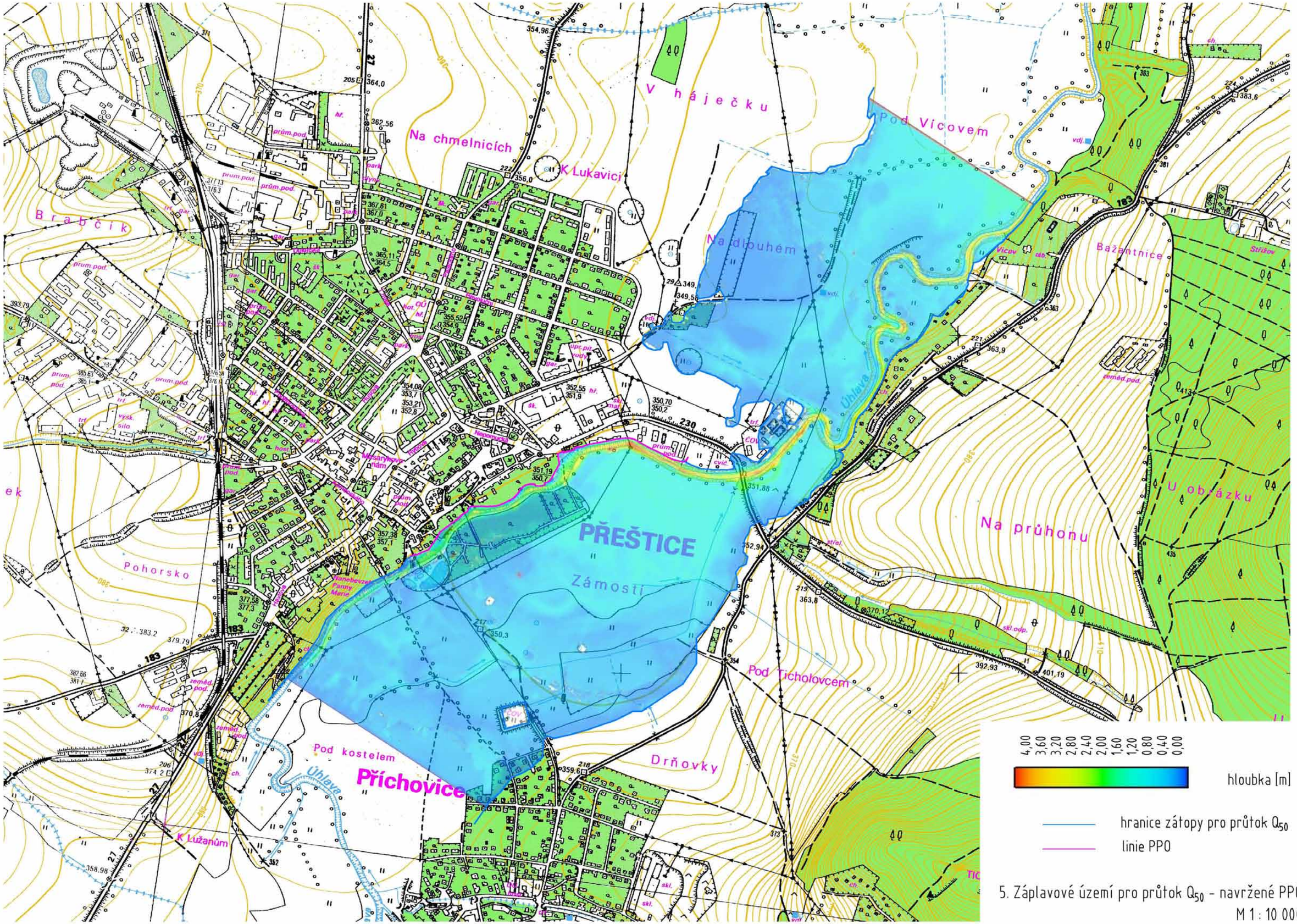


3. Záplavové území pro průtok Q_{20} – navržené PPO

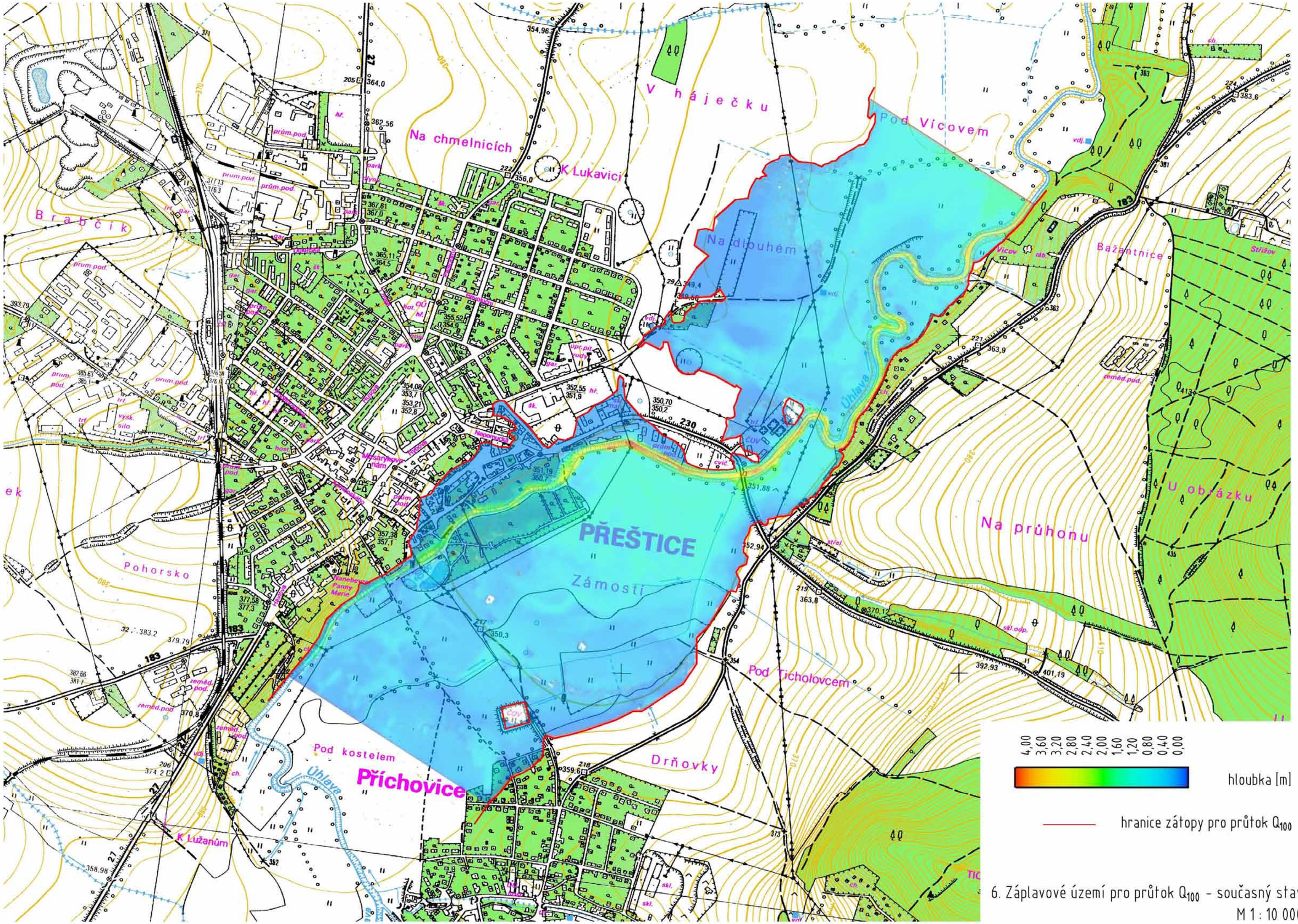
M 1 : 10 000



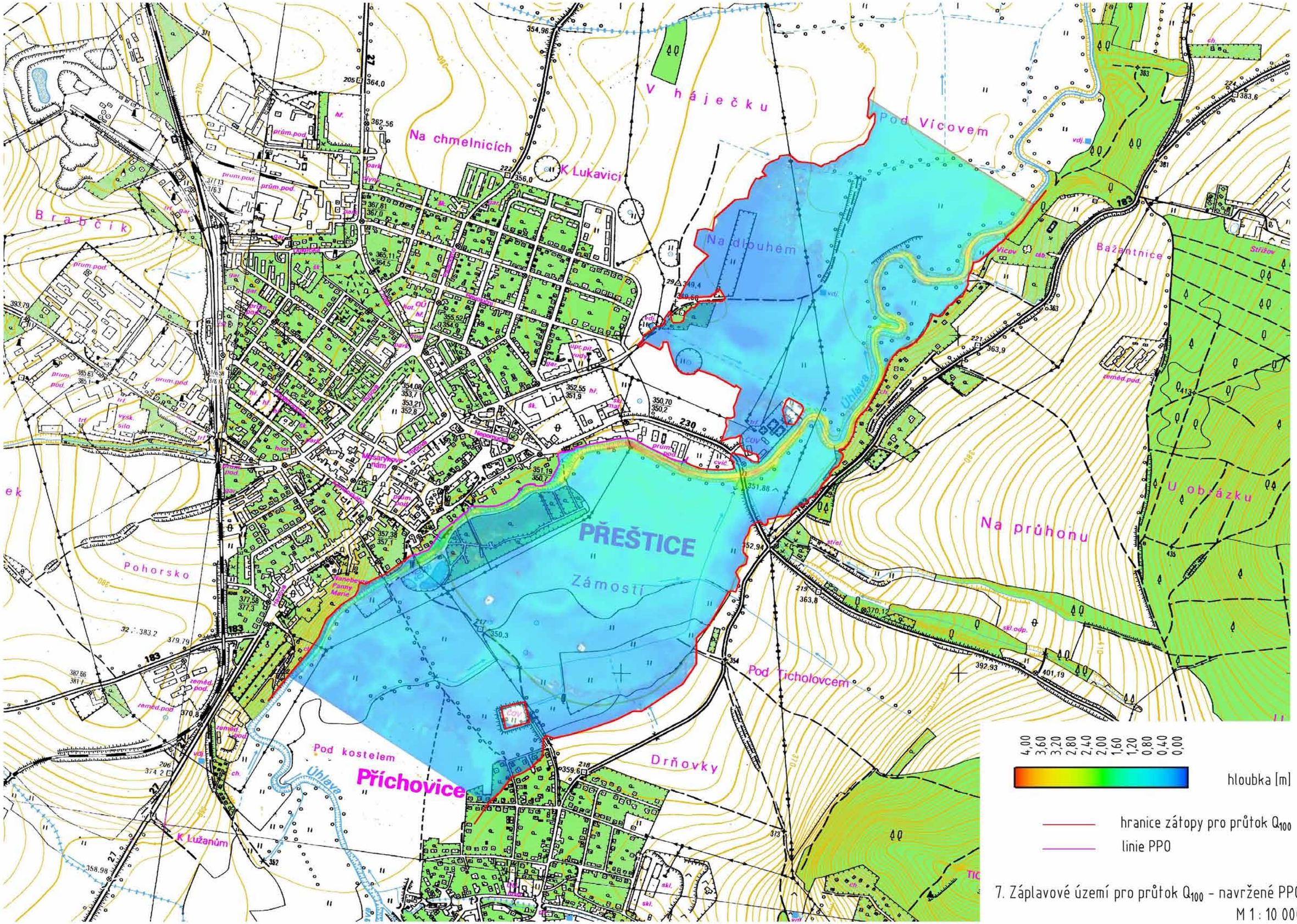
4. Záplavové území pro průtok Q_{50} - současný stav



5. Záplavové území pro průtok Q_{50} - navržené PPO
M 1 : 10 000



6. Záplavové území pro průtok Q_{100} – současný stav
M 1 : 10 000



7. Záplavové území pro průtok Q_{100} - navržené PPO

M 1 : 10 000