Vodohospodářský uzel Lužnice – Nová řeka – Nežárka – posouzení efektu navrhovaných a potenciálně možných retenčních kapacit na hydraulické charakteristiky Lužnice a Nežárky

ZÁVĚREČNÁ ZPRÁVA

ČERVENEC 2011

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

České vysoké učení technické v Praze
Fakulta stavební
Thákurova 7, 166 29 Praha 6

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

tel: 257 110 354, fax : 257 319 398
e-mail: holecek@vrv.cz

Vodohospodářský uzel Lužnice – Nová řeka – Nežárka –

Posouzení efektu navrhovaných a potenciálně možných retenčních kapacit na hydraulické charakteristiky Lužnice a Nežárky

Zpracoval : Ing. Miroslav Holeček, Ph.D.

Schválil : Ing. Jan Cihlář
ředitel divize 02

V Praze, dne 29.7.2011

1 Obsah

1 Obsah 1
1.A Seznam obrázků 2
1.B Seznam tabulek 3
2 Úvod 5
2.A identifikační údaje 5
2.B Základní údaje 5
2.C Seznam zkratek 5
2.D Předmět a cíle předkládané dokumentace 6
2.E Seznam podkladů 6
3 Popis řešeného území 9
3.A Vodohospodářský uzel Lužnice – Nežárka – Nová řeka 10
3.B Rybník Rožmberk 11
3.B.1 Hráz vodního díla 12
3.B.2 Stávající a nově navržené kapacity vodního díla 13
3.B.3 Charakteristika nádrže 13
3.B.4 Základové výpusti 14
3.B.4.a Hlavní základová výpust 14
3.B.4.b Vedlejší základová výpust Adolfka 15
3.B.4.c Vedlejší základová výpust Samice 15
3.B.5 Malá vodní elektrárna 15
3.B.6 Bezpečnostní přeliv 16
3.B.6.a Stávající bezpečnostní přeliv 16
3.B.6.b Nově navrhované opatření na bezpečnostním přelivu 16
3.C Nová řeka a Novořecké splavy 18
3.C.1 Nová řeka a Novořecká hráz 19
3.C.2 Novořecké splavy 20
3.D Veselí nad Lužnicí 20
3.E Ostatní sídla na Lužnici pod Veselím nad Lužnicí 22
3.F VD Krkavec 24
3.F.1 Přehradní profil (hráz) 25
3.F.2 Zátopa (nádrž) 27
3.F.3 Základová výpust 29
3.F.4 Bezpečnostní přeliv 32
3.F.5 Územní střety 33
3.F.5.a Varianta A 35
3.F.5.b Obec Val - místní část Hamr 36
3.F.5.c Varianta B 37
3.G Přírodě blízká protipovodňová opatření v povodí Nežárky 37
4 Hydrologické podklady a charakteristika povodí 38
4.A Teoretické (návrhové) povodňové vlny 38
4.B N-leté průtoky 40
4.C Soutok Lužnice a Nežárky 41
4.D Odvozené hydrologické podklady 42
4.E Historické povodně 44
4.F Historický vývoj návrhových hydrologických podkladů 47
4.G Možnosti hydrologické předpovědi v povodí 48
5 Manipulační pravidla na vodních dílech 50
5.A VD Rožmberk 50
5.A.1 Stávající stav 50
5.A.2 Nově navrhovaný stav (zvýšení retence) 51

5.B Suchá retenční nádrž Krkavec 53
5.C Novořecké splavy 54
6 Metodika řešení 56
6.A Obecně k povodňovému řízení nádrží 56
6.A.1 Transformace povodňové vlny 56
6.A.2 Ochranný prostor nádrže ve vztahu k hydrologickým podkladům 58
6.B Vodohospodářský uzel Lužnice – Nežárka – Nová řeka 59
6.C Definice návrhových scénářů 60
6.D Simulační nástroj HEC – ResSim 62
7 Výsledky řešení 64
7.A Návrh potřebného retenčního prostoru 64
7.B Transformace povodňových vln 65
7.C Vyhodnocení přítoků do Veselí nad Lužnicí pro definované scénáře 70
7.C.1 Scénář 1.b (stávající stav) 70
7.C.2 Scénář 2 (Rožmberk zvýšený V_r, Nežárka stávající) 72
7.C.3 Scénář 3a (Rožmberk stávající V_r, Krkavec var. A) 73
7.C.4 Scénář 3b (Rožmberk stávající V_r, Krkavec var. B) 75
7.C.5 Scénář 4a (Rožmberk zvýšený V_r, Krkavec var. A) 76
7.C.6 Scénář 4b (Rožmberk zvýšený V_r, Krkavec var. B) 77
7.D Diskuze výsledků posuzovaných scénářů 78
7.E Posouzení dopadů řešených scénářů pro další sídla na Lužnici 81
8 Závěry a doporučení 83
9 Přílohy 84

1.A Seznam obrázků

Obr. 1 Povodí Lužnice 9
Obr. 2 Schéma VH uzlu na podkladě základní vodohospodářské mapy 1: 50 000 11
Obr. 3 Charakteristika nádrže VD Rožmberk [3] 14
Obr. 4 Souhrnná konsumční křivka funkčních objektů (výpusti + MVE) [3] 16
Obr. 5 Konsumční křivka stávajícího bezpečnostního přelivu dle [2] 18
Obr. 6 Konsumční křivka nově navrženého přelivu [2] 19
Obr. 7 Novořecké splavy – souhrnná konsumční křivka [7] – vyhrazené klapky. Červeně vyznačen max. odtok do Nové řeky s ohledem na bezpečnost Novořecké hráze (viz kap. 5.C). 20
Obr. 8 PPO Veselí nad Lužnicí [4] 21
Obr. 9 Ostatní sídla na Lužnici pod Veselím nad lužnicí 23
Obr. 10 PPO Dráchov [33] 23
Obr. 11 PPO Soběslav [33] 23
Obr. 12 PPO Planá nad Lužnicí [33] 24
Obr. 13 PPO Sezimovo Ústí dle koncepce Jihočeského kraje [36] 24
Obr. 14 PPO Tábor [33] 24
Obr. 15 PPO Bechyně – Zářečí [33] 24
Obr. 16 Výhledové nádrže dle SVHP ČSR [28] 25
Obr. 17 SN Krkavec - přehradní profil a jeho okolí 27
Obr. 18 SN Krkavec – čára zatopených ploch 28
Obr. 19 SN Krkavec – čára zatopených objemů 29
Obr. 20 Výpočtového schéma pro dimenzování základové výpusti (HEC-RAS) 31
Obr. 21 SN Krkavec – konsumční křivka základové výpusti (var. A,B,C) 32
Obr. 22 SN Krkavec – zátopa a širší okolí (DMR 4G) 35

Obr. 23 Místní část Hamr - zátopa SN Krkavec (DMR 4G) 36
Obr. 24 Záplavová území Nežárky - místní část Hamr [12] 37
Obr. 25 Porovnání 100-letých teoretických vln dle ČHMÚ (modrý odstín - profily na Nežárce, červený odstín - profily na Lužnici). Na svislé ose průtok [m^3/s], na vodorovné ose čas [dny] 39
Obr. 26 Porovnání 20-letých teoretických vln dle ČHMÚ (modrý odstín - profily na Nežárce, červený odstín - profily na Lužnici). Na svislé ose průtok [m^3/s], na vodorovné ose čas [dny] 39
Obr. 27 Teoretické PV pro N = 100, 50, 20, 5 dle studie [2] a odvozené povodňové vlny 43
Obr. 28 Porovnání PV20 dle ČHMÚ a odvozené PV z PV100 44
Obr. 29 Teoretické PV pro N = 100, 20 dle ČHMÚ a odvozené povodňové vlny 45
Obr. 30 Srpnová povodeň 2002 – vyhodnocení dle projektu VaV SM/2/57/05 [36] (vlevo) a dle podkladů PVL (vpravo) 47
Obr. 31 Jarní povodeň 2006 – vyhodnocení dle projektu VaV SM/2/57/05 [36] (vlevo) a dle podkladů PVL (vpravo) 47
Obr. 32 Rozdíl mezi původní $PV_{100,Hamr}$ a aktualizovanou $PV_{100,Krkavec}$ 48
Obr. 33 Úspěšnost předpovědi objemu hydrogramu povodně [36] 49
Obr. 34 Úspěšnost předpovědi kulminace hydrogramu povodně [36] 49
Obr. 35 Maximální časový předstih termínové hydrologické předpovědi [36] 49
Obr. 36 Základní přístupy řešení VH uzlu. Šipkou jsou naznačeny stěžejní vstupní hydrologické podklady (povodňové vlny) 59
Obr. 37 Transformace PV v prostředí ResSim – transformace návrhové teoretické PV_{100} při průchodu VD Rožmberk po zvýšení retence 63
Obr. 38 Odhad zabezpečenosti povodňové funkce – pravděpodobná doba nepřekročení neškodného odtoku 65
Obr. 39 Transformace teoretické PV_{100} – Krkavec var. A 67
Obr. 40 Transformace teoretické $PV_{50,odvozené}$ – Krkavec var. A 67
Obr. 41 Transformace teoretické PV_{20} – Krkavec var. A 68
Obr. 42 Transformace jarní povodně 2006 – Krkavec var. A 68
Obr. 43 Transformace teoretické PV_{100} – Krkavec var. B 69
Obr. 44 Transformace jarní povodně 2006 – Krkavec var. B 69
Obr. 45 Transformace teoretické $PV_{200,odvozené}$ – Krkavec var. B 70

1.B Seznam tabulek

Tab. 1 Rožmberk – stávající a po zvýšení retence [6] 12
Tab. 2 Charakteristika nádrže VD Rožmberk [3] 13
Tab. 3 Souhrnná konsumční křivka funkčních objektů (výpusti + MVE) [3] 15
Tab. 4 Konsumční křivka stávajícího bezpečnostního přelivu [2] 17
Tab. 5 Manipulace na nově navrženém přelivu – prostřední 2 mezipilířová pole [6] 18
Tab. 6 Konsumční křivka nově navrženého přelivu [2] 18
Tab. 7 Návrhové průtoky PPO ve Veselí nad Lužnicí [4] 21
Tab. 8 Ostatní sídla na Lužnici pod Veselím nad lužnicí 22
Tab. 9 Údaje o N-letých průtocích sídel na Lužnici dle [11] 22
Tab. 10 Geologický profil vrtu NP-1 26
Tab. 11 Parametry hráze SN Krkavec 26
Tab. 12 Parametry hráze VN Krkavec dle [27] 26
Tab. 13 Charakteristika SN Krkavec. Červeně vyznačeny hodnoty pro var. A (h_{max} = 416 m n.m.), fialově pro var. B (h_{max} = 420 m n.m.) 28
Tab. 14 Základní charakteristiky VN Krkavec [27] 29
Tab. 15 SN Krkavec – konsumční křivka základové výpusti a Nežárky pod hrází 31

Tab. 16 SN Krkavec – rozměry bezpečnostní přelivu 33
Tab. 17 Rekapitulace N – letých průtoků 40
Tab. 18 Aritmetický rozdíl N-letých průtoků Lužnice nad Novou řekou a Lužnice pod Novou řekou (Kazdovna) 41
Tab. 19 Kombinace průtoků s ohledem na N-letý průtok pod soutokem. Průtok N=200 odhadnut extrapolací, ostatní "mezilehlé" průtoky interpolací (viz kapitola 3D. 41
Tab. 20 N-leté přítoky z mezipovodí (rozdíl profilů) 42
Tab. 21 Interpolace (extrapolace) N-letých průtoků 42
Tab. 22 Odvozené doby trvání povodní 44
Tab. 23 Historické povodně v povodní Lužnice a Nežárky {36]. Hvězdičkou jsou označeny povodně, o kterých byly zveřejněny podrobnější informace 45
Tab. 24 Rozdíly mezi kulminačními průtoky vyhodnocených v rámci projektu VaV SM/2/57/05 [36] a poskytnutých zadavatelem 47
Tab. 25 Odhad dělení průtoků při teoretickém vyhrazení klapek o 10 cm (435,7 m n.m.) ..... **Chyba! Záložka není definována.**
Tab. 26 Kontrolní porovnání výsledků transformace povodňových vln 62
Tab. 27 Objemy teoretických a vybraných pozorovaných povodňových vln nad neškodným odtokem $O_{neš.}$ (dolní index "o" označuje odvozenou PV). 65
Tab. 28 Výsledky transformace PV: maximální odtok z VD Rožmberk O_{max} [m^3/s]. * h_{max} dosažena na sestupné větvi povodně (potom odtok = přítok) 66
Tab. 29 Výsledky transformace PV: maximální odtok z posuzovaného VD Krkavec O_{max} [m^3/s]. *Hodnoty odtoků jsou uvedeny při překročení h_{max}, při dodržení $h_{max} \rightarrow O_{max} = Q_N$; ** H_{max} dosažena na sestupné větvi povodně (potom odtok ≈ aktuální přítok) 66
Tab. 30 Očekávané přítoky do Veselí nad Lužnicí. Scénář 1.b (kap. 6.C), Q_{100} 72
Tab. 31 Očekávané přítoky do Veselí nad Lužnicí. Scénář 1.b (kap. 6.C), Q_{50} 72
Tab. 32 Očekávané přítoky do Veselí nad Lužnicí. Scénář 1.b (kap. 6.C), Q_{20} 72
Tab. 33 Očekávané přítoky do Veselí nad Lužnicí. Scénář 2 (kap. 6.C), Q_{100} 73
Tab. 34 Očekávané přítoky do Veselí nad Lužnicí. Scénář 2 (kap. 6.C), Q_{50} 73
Tab. 35 Očekávané přítoky do Veselí nad Lužnicí. Scénář 2 (kap. 6.C), Q_{20} 73
Tab. 36 Očekávané přítoky do Veselí nad Lužnicí. Scénář 3a (kap. 6.C), Q_{100} 74
Tab. 37 Očekávané přítoky do Veselí nad Lužnicí. Scénář 3a (kap. 6.C), Q_{50} 74
Tab. 38 Očekávané přítoky do Veselí nad Lužnicí. Scénář 3a (kap. 6.C), Q_{20} 74
Tab. 39 Očekávané přítoky do Veselí nad Lužnicí. Scénář 3b (kap. 6.C), Q_{100} 75
Tab. 40 Očekávané přítoky do Veselí nad Lužnicí. Scénář 3b (kap. 6.C), Q_{50} 75
Tab. 41 Očekávané přítoky do Veselí nad Lužnicí. Scénář 3b (kap. 6.C), Q_{20} 75
Tab. 42 Očekávané přítoky do Veselí nad Lužnicí. Scénář 4a (kap. 6.C), Q_{100} 76
Tab. 43 Očekávané přítoky do Veselí nad Lužnicí. Scénář 4a (kap. 6.C), Q_{50} 76
Tab. 44 Očekávané přítoky do Veselí nad Lužnicí. Scénář 4a (kap. 6.C), Q_{20} 76
Tab. 45 Očekávané přítoky do Veselí nad Lužnicí. Scénář 4b (kap. 6.C), Q_{100} 77
Tab. 46 Očekávané přítoky do Veselí nad Lužnicí. Scénář 4b (kap. 6.C), Q_{50} 77
Tab. 47 Očekávané přítoky do Veselí nad Lužnicí. Scénář 4b (kap. 6.C), Q_{20} 77
Tab. 48 Rekapitulace očekávaného snížení přítoků: Veselí nad Lužnicí 78
Tab. 49 Výsledky očekávaných přítoků do Veselí nad Lužnicí při souběhu teoretických PV_{100} 80
Tab. 50 Odhadované snížení přítoků: Dráchov 81
Tab. 51 Odhadované snížení přítoků: Soběslav 82
Tab. 52 Odhadované snížení přítoků: Planá nad Lužnicí 82
Tab. 53 Odhadované snížení přítoků: Tábor 82
Tab. 54 Odhadované snížení přítoků: Bechyně 82

2 Úvod

2.A identifikační údaje

Název akce:	Vodohospodářský uzel Lužnice – Nová řeka – Nežárka – posouzení efektu navrhovaných a potenciálně možných retenčních kapacit na hydraulické charakteristiky Lužnice a Nežárky
Kraj:	Jihočeský
Vodní tok:	Lužnice, Nežárka, Nová řeka
Objednatel:	Povodí Vltavy, státní podnik
Stupeň projektové dokumentace:	studie
Zpracovatel:	VRV, a.s., ČVUT v Praze (subdodavatel)

2.B Základní údaje

Předložený materiál je zpracován na základě uzavřené smlouvy o dílo[1] mezi objednatelem (Povodí Vltavy, státní podnik) a zhotovitelem (Vodohospodářský rozvoj a výstavba, a.s). Předmětem smlouvy je zpracování studie Vodohospodářský uzel Lužnice – Nová řeka – Nežárka – posouzení efektu navrhovaných a potenciálně možných retenčních kapacit na hydraulické charakteristiky Lužnice a Nežárky.

2.C Seznam zkratek

BP	bezpečnostní přeliv
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
ČHP	číslo hydrologického pořadí
ČUZK	Český úřad zeměměřický a katastrální
ČVUT	České vysoké učení technické
ČR	Česká republika
ČZÚ	Česká zemědělská univerzita
DUR	dokumentace pro územní řízení
DSP	dokumentace pro stavební povolení
FLAMIS	Flood Assessment and Mitigation on the Lužnice River in South Bohemia
KPV	kontrolní povodňová vlna
LB	levý břeh (vodního toku)
MŘ	manipulační řád
MVE	malá vodní elektrárna
ORP	obec s rozšířenou působností
PB	pravý břeh (vodního toku)
PD	projektová dokumentace
PPO	protipovodňová opatření, protipovodňová ochrana
PV	povodňový vlna
PVL	Povodí Vltavy, státní podnik

[1] číslo zhotovitele: 02-O-1924-2333/11, číslo objednatele: 47/2011

ř. km	říční kilometr (ústí do jiného toku = ř. km 0,0)
SN	suchá nádrž
SOD	smlouva o dílo
TBD	technicko bezpečnostní dohled
TPE	technicko-provozní evidence
VD	vodní dílo
VH	vodohospodářský
VN	vodní nádrž
VRV	Vodohospodářský rozvoj a výstavba a.s. (VRV, a.s.)
VT	vodní tok
VÚV	Výzkumný ústav vodohospodářský

2.D Předmět a cíle předkládané dokumentace

Dle uzavřené SOD předmětná studie posoudí dopady vybraných navrhovaných opatření v povodí Lužnice a Nežárky na hydraulické charakteristiky (průtok, hloubky zaplavení, a rychlost proudění.) řeky Lužnice pod soutokem s Nežárkou, se zaměřením na město Veselí nad Lužnicí, případně další sídla níže na toku (zejména Soběslav a Planá nad Lužnicí). Posuzovány budou kombinace opatření uvedených zejména v následujících podkladech:

- Projekt FLAMIS
- Studie využití retenčních schopností rybníka Rožmberk pro transformaci povodňových průtoků v řece Lužnici
- Podkladová analýza vybraných přírodě blízkých protipovodňových opatření v povodí Nežárky
- Veselí nad Lužnicí PPO - dokumentace pro stavební povolení
- Další podklady (zejména dokumentace PPO sídel níže na toku - Dráchov, Soběslav, Planá nad Lužnicí, Sezimovo Ústí, Tábor, Bechyně)

Zpracování studie je možné rozdělit na tyto etapy:

- Zajištění a analýza podkladů;
- Definice posuzovaných scénářů;
- Posouzení scénářů pro město Veselí nad Lužnicí a případně další sídla.

2.E Seznam podkladů

Převážnou část podkladů byla pro účely studie poskytnuta popř. zprostředkována (např. od Jihočeského kraje) objednatelem studie.

[1] Projekt FLAMIS – Final Report. ČVUT Praha, ČHMÚ, PVL, Ecole Polytechnique Fédérale, Lausanne, Praha a Lausanne, 2006.

[2] Studie využití retenčních schopností rybníka Rožmberk pro transformaci povodňových průtoků v řece Lužnici. VODNÍ DÍLA – TBD, a.s., Praha, 2008

[3] Studie využití retenčních schopností rybníka Rožmberk pro transformaci povodňových průtoků v řece Lužnici - doplněk. VODNÍ DÍLA – TBD, a.s., Praha, 2009

[4] Podkladová analýza vybraných přírodě blízkých protipovodňových opatření v povodí Nežárky. VRV, a.s., Praha, 2011

[5] Protipovodňová opatření města Veselí nad Lužnicí - DSP. VH - TRES, s.r.o., České Budějovice, 2011

[6] Protipovodňová opatření Rožmberk – DUR, Hydroprojekt, a.s, Praha, 2010

[7] Manipulační řád pro Novořecké splavy na Lužnici – návrh (vodoprávně neschválen). VODNÍ DÍLA – TBD, a.s., Praha, 2010

[8] Technicko provozní evidence Lužnice. Povodí Vltavy, státní podnik (objednatel TPE)

[9] Technicko provozní evidence Nežárka. Povodí Vltavy, státní podnik (objednatel TPE)

[10] Technicko provozní evidence Nová řeka. Povodí Vltavy, státní podnik

[11] Záplavová území Lužnice od soutoku s Vltavou po Novořecké splavy (ř. km 0,0 – 109,568) včetně Nežárky a Degárky ve Veselí nad Lužnicí. HYDRO Expert, s.r.o., Praha, 2006.

[12] Záplavová území Nežárky od železničního mostu ve Veselí nad Lužnicí po soutok Kamenice a Žírovnice (ř. km 2,38 – 55,932). HYDRO Expert, s.r.o., Praha, 2007.

[13] Záplavová území Nové řeky od ústí do Nežárky po odbočení z Lužnice u Novořeckých splavů (ř. km 0,0 – 13,497). HYDRO Expert, s.r.o., Praha, 2007.

[14] Souhrnné zprávy o povodních[2], Povodí Vltavy, státní podnik.

[15] Využití generátoru srážek v teorii nádrží a vodohospodářských soustav. Habilitační práce. ČVUT Praha, Fošumpaur, 2009.

[16] Řízení nádrží a vodohospodářských soustav při povodňových situacích. Doktorská disertační práce. ČVUT Praha, Holeček, 2010.

[17] Optimalizace operativního řízení vodohospodářských soustav v souvislosti s hydrologickými extrémy. Doktorská disertační práce. ČZÚ Praha, Sovina, 2009.

[18] Řízení ochranné funkce nádrží Stanovice a Březová. Diplomová práce. ČVUT Praha, Jirsáková, 2007

[19] HEC–RAS (River Analysis System), Version 4.1.0. US Army Corps of Engineers – Hydrologic Engineering Center, USA – Davis, 2010

[20] HEC-RAS, River Analysis System Hydraulic Reference Manual, USACE – HEC, USA – Davis, Brunner G.W., 2010

[21] HEC-ResSim (Reservoir System Simulation), Version 3.0. Revision 3.0.10. USACE – HEC, USA – Davis, 2007 (Pozn.: na webu lze stáhnout neoficiální verzi 3.1 z roku 2009)

[22] HEC-5 Simulation and Flood Control and Conservation Systems. User's manual, Version 8. USACE – HEC, USA – Davis, 1998.

[23] HEC-ResSim Reservoir System Simulation. User's manual. USACE – HEC, USA – Davis, Klipsch J.D., 2010

[24] HEC-DssVue (Data Storage System Visual Utility Engine), version 2.0. USACE – HEC, USA – Davis, 2010

[25] HEC-DssVue (Data Storage System Visual Utility Engine. User's manual. USACE – HEC, USA – Davis, Klipsch J.D. , 2009

[2] http://www.pvl.cz/hydrologicke-informace/zpravy-povoden

[26] Studie proveditelnosti revitalizace Lužnice ř. km 79,000 – 91,000. VRV, a.s., Praha, 2009

[27] 1-07-03-079 Státní vodohospodářský plán – Krkavec na Nežárce. VRV Praha, 1970.

[28] Směrný vodohospodářský plán ČSR – Výhledové vodní nádrže. Ministerstvo lesního a vodního hospodářství ČSR, Praha, 1985, 1988.

[29] Bočné priepady pri vodných nádržiach, VÚV Bratislava, Komora J., 1962

[30] Hydraulika 10, 20. Havlík V., Marešová, Vydavatelství ČVUT, Praha, 1. vydání, 1994.

[31] Nádrže a vodohospodářské soustavy 10. Patera A., Nacházel K., Fošumpaur P, Vydavatelství ČVUT, Praha, 2002

[32] Problematika automatického řízení nádrží v povodňových situacích. Nacházel, K. Journal of Hydrology and Hydromechanics. Bratislava, SAV, 2009, 57-2, pp. 73-87.

[33] Vybrané části projektových dokumentací sídel pod soutokem Lužnice a Nežárky:
- Dráchov – DSP (VH – TRES, s.r.o.),
- Soběslav – DSP (Hydroprojekt, a.s),
- Planá nad Lužnicí DSP (Pöyry Environment a.s.),
- Tábor (VRV, a.s.),
- Bechyně DSP (VH – TRES, s.r.o.),

[34] Hydrologické podklady:
- základní hydrologická data a teoretické návrhové povodňové vlny pro profily Krkavec (Nežárka), nad Novou řekou (Nežárka), nad Novou řekou (Lužnice) a Veselí nad Lužnicí. ČHMÚ, České Budějovice, 2011,
- evidenční listy3 hlásných profilů Klenovice, Frahelž, Kazdovna, Hamr (Lužnice), Hamr, Lásenice (Nežárka), Mláka (Nová řeka),
- hydrogramy pozorovaných povodních za období 2002 – 2010 pro vybrané profily. Povodí Vltavy, státní podnik, Praha, 2011.

[35] Mapové podklady:

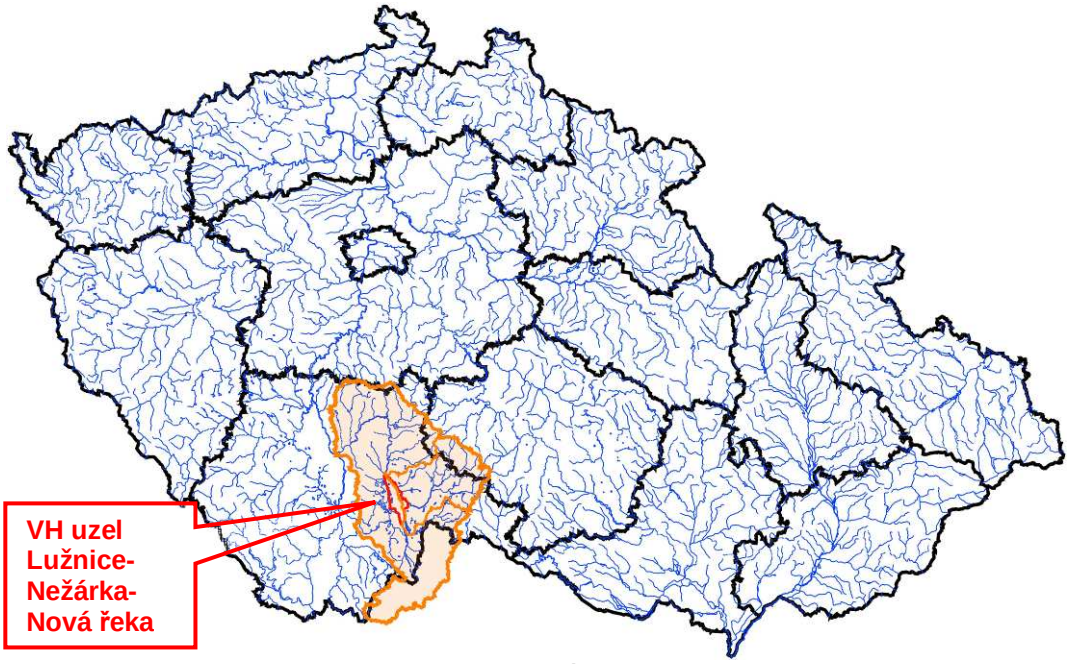
- Digitální model reliéfu České republiky 4. generace – DMR 4G (ČUZK), ZVH50, ZABAGED, letecké snímky, katastrální mapy

[36] Další důležité a užitečné podklady:
- Zákon 254/2001 Sb., o vodách a související legislativa
- Koncepce protipovodňové ochrany na území Jihočeského kraje[4]
- České technické a odvětvové normy
- Odborné knihy, skripta a publikace
- Terénní průzkum a fotodokumentace
- Internetové stránky a portály geofondu, ČÚZK, veřejné správy, AOPK, ÚHUL, České geologické služby, ČHMÚ, VÚV, VÚMOP, IZGARD, CENIA, Wikipedie a dalších
- Atlas povodní v povodí Vltavy po Orlík (katedra fyzické geografie a geoekologie přírodovědecké fakulty University Karlovy v Praze)[5]
- Souhrnné vyhodnocení hydrologické předpovědi. ČHMÚ[6].

[3] http://hydro.chmi.cz/hpps/hpps_main.php?kat=HLPRF
[4] http://www.kraj-jihocesky.cz/index.php?par%5Bid_v%5D=1247&par%5Blang%5D=
[5] http://floodserv.natur.cuni.cz/atlas/
[6] http://www.chmi.cz/files/portal/docs/poboc/CB/pruvodce/vyhodnoceni.htm

3 Popis řešeného území

Řešené území (viz Obr. 1) se nachází v povodí významného vodního toku Lužnice, která je pravostranným přítokem Vltavy, do které ústí v jejím ř. km 206,05 u Neznašova ve vodní nádrži Kořensko v nadmořské výšce cca 348,25. Horní část povodí se nachází v Rakousku, celková délka toku je 197,9 km (délka se dle různých zdrojů liší[7]). Plocha povodí je cca 3 526 km^2. Identifikátor vodního toku Lužnice: TOK_ID = 116920000100. Identifikátor toku dle vyhlášky 470/2001 Sb., v platném znění: 10100007, číslo hydrologického pořadí 1-07-01-001.



Obr. 1 Povodí Lužnice

Největším přítokem Lužnice je významný vodní tok Nežárka, která do Lužnice ústí v ř. km 75,31 v nadmořské výšce cca 471,7 m n. m. Celková délka Nežárky je cca 56 km, řeka vzniká soutokem Kamenice a Žirovnice v Jarošově nad Nežárkou. Plocha povodí je cca 1 000 km^2. Identifikátor vodního toku Nežárky: TOK_ID = 117740000100. Identifikátor toku dle vyhlášky 470/2001 Sb., v platném znění: 10100050, číslo hydrologického pořadí 1-07-03-025.

Povodí je svým charakterem unikátní (v první řadě jeho jižní část – okolí Třeboňska), nachází se zde nejvyšší koncentrace historických rybníků v ČR a významné (národní) kulturní památky (např. Zlatá stoka, památné stromořadí na rybníku Rožmberk, Rožmberská rybniční soustava a další.).

Oblast je významná i z pohledu ochrany přírody a krajiny, nalézá se zde množství maloplošných chráněných území (např. přírodní rezervace: Výtopa Rožmberka, Farářský rybník, Novořecké močály, Meandry Lužnice; národní přírodní rezervace: Velký a Malý Tisý, Stará řeka, Ruda; přírodní památka: Slepičí vršek, Kozí vršek), oblasti NATURA 2000 (Evropsky významné lokality: Lužnice a Nežárka, Nadějská soustava, Malý Horusický rybník; Ptačí oblast: Třeboňsko). Významná část povodí spadá do velkoplošného chráněného území – Chráněné krajinné oblasti Třeboňsko.

[7] Zde uváděné informace (Lužnice i Nežárka) jsou převzaty ze stránek VÚV - Charakteristiky toků a povodí ČR (http://www.dibavod.cz/index.php?id=24)

3.A Vodohospodářský uzel Lužnice – Nežárka – Nová řeka

Vodohospodářský uzel Lužnice – Nežárka – Nová řeka (dále jen VH uzel) představuje 'pomyslný trojúhelník', vymezený těmito úseky vodních toků:

- významný vodní tok Lužnice od Novořeckých splavů (odbočení Nové řeky) po město Veselí nad Lužnicí (soutok s Nežárkou), ř. km cca 109,6 – 75,3 (cca 34,3 km).
- významný vodní tok Nežárka od zaústění Nové řeky (do Nežárky) po město Veselí nad Lužnicí (ústí do Lužnice), ř. km cca 25,1 – 0,0 (cca 25,1 km)
- významný vodní tok Nová řeka ř. km cca 13,5 – 0,0 (cca 13,5 km – celý VT). Identifikátor toku dle vyhlášky 470/2001 Sb., v platném znění: 10100587, číslo hydrologického pořadí 1-07-03-058.

Z významnějších přítoků do řeky Lužnice v uvedeném úseku ústí zleva:

- Miletínský (Tisý) potok (cca 1 km před obcí Frahelž, povodí cca 113,2 km^2),
- Ponědrážský potok (cca 1,5 km za obcí Frahelž, povodí cca 64,5 km^2),
- Bukovský potok (cca 2 km před městem Veselí nad Lužnicí, povodí cca 61,6 km^2).

Do Nežárky ústí v uvedeném úseku zprava (významnější přítoky):

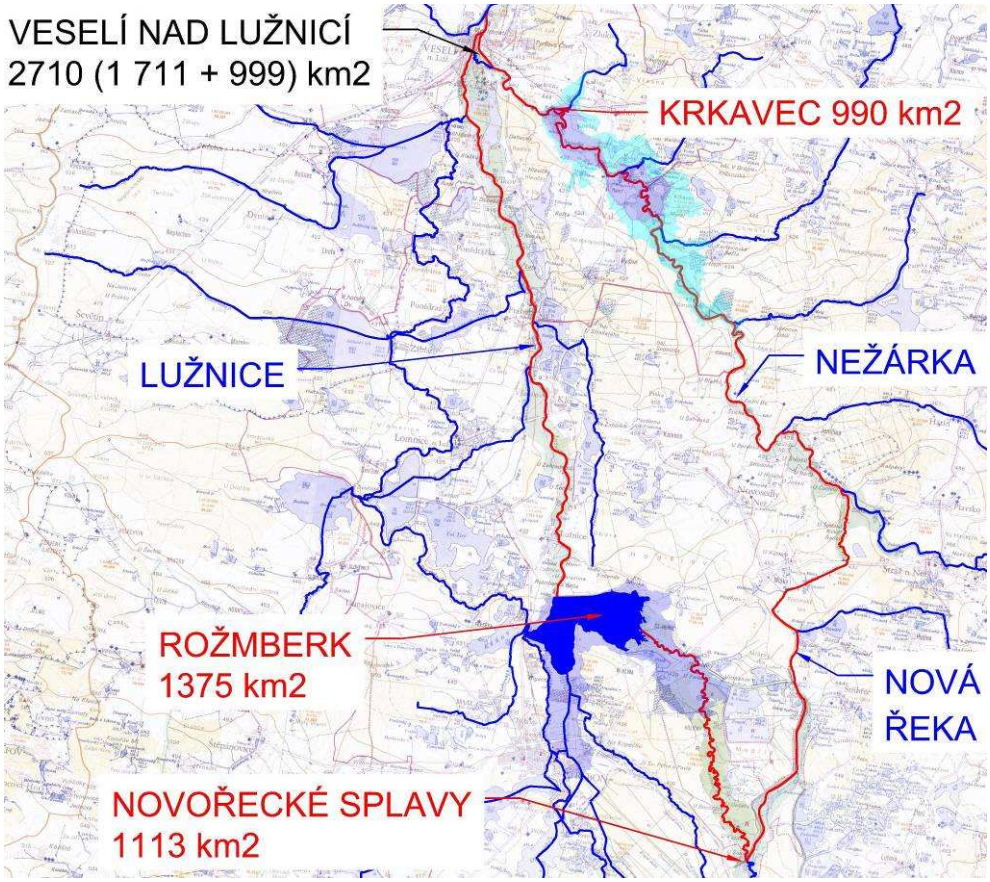
- Holenský potok (ř. km cca 16,5; povodí cca 36,7 km^2),
- Řečice (ř. km cca 12,7, povodí cca 66,7 km^2).

Mimo tyto ústí do předmětných toků i drobnější vodní toky a vedle těchto též množství umělých vodních kanálů, který byly vybudovány s ohledem na zásobování vodou (napájení rybníků). Nejvýznamnějším z těchto kanálů je národní kulturní památka Zlatá stoka, která propojuje významnou část ostatních kanálů. Délka tohoto unikátního vodního díla je cca 50 km (výstavba proběhla dle návrhu Štěpánka Netolického). Schéma předmětného VH uzlu včetně vyznačení významných objektů uvádí Obr. 2.

Celkem se jedná o cca 73 km. Předmětem detailního posouzení hydraulickým 2D-modelem ve Veselí nad Lužnicí (viz příloha 1) jsou i části navazujících úseky vodních toků (Lužnice pod soutokem, část Bechyňského potoka, VT Degárka).

S ohledem na celkový rozsah řešeného území a jeho charakter se na předmětných vodních tocích nachází velké množství objektů (mosty, lávky, jezy, stupně a další), v okolí se nacházejí četné rybníky, které jsou často součástí rybničních soustav. Mezi největší rybníky jsou to vedle Rožmberka (viz dále) např. Horusický rybník (cca 4,4 km^2, 3. největší v ČR za Rožmberkem a Bezdrevem poblíž Hluboké nad Vltavou), rybník Dvořiště (cca 3,9 km^2), Velký Tisý rybník a Záblatský rybník (oba cca 3,1 km^2). V těsné blízkosti zámeckého areálu státního zámku Třeboň se nachází rybník Svět (cca 2,1 km^2) a jižně od tohoto rybníka Opatovický rybník (1,6 km^2). Oba tyto rybníky byly před povodní v roce 1611 jedinou vodní plochou – rybníkem Nevděk (cca 3,8 km^2). Detailní přehled o stávajících objektech na tocích lze nalézt v [8], [9], [10].

Z hlediska cílů této práce je významný rybník Rožmberk, který disponuje nezanedbatelným ochranným objemem, objekt Novořeckých splavů, který umožňuje dělit průtoky (povodňové) do Staré (Lužnice) a Nové řeky. Z posuzovaných opatření se jedná o vodní nádrž (suchou VN) Krkavec na Nežárce.



Obr. 2 Schéma VH uzlu na podkladě základní vodohospodářské mapy 1: 50 000

3.B Rybník Rožmberk

Největší z českých rybníků („jihočeské moře, král českých rybníků“) se nachází v blízkosti ORP Třeboň (hráz je situována cca 5 km vzdušnou čarou od historického centra města). Vlastníkem a správcem vodního díla je Rybářství Třeboň a.s. Byl navržen rožmberským regentem Jakubem Krčínem z Jelčan a Sedlčan a postaven v letech 1584 až 1590.

V současnosti probíhá projektová příprava na poměrně rozsáhlé práce v souvislosti se zvýšením protipovodňové funkce této nádrže včetně zajištění požadované bezpečnosti vodního díla (dle Vyhlášky 590/2002 Sb., o technických požadavcích na vodní díla, v platném znění). Hydraulické výpočty, variantní návrhy, geodetické zaměření ad. byly předmětem zpracované studie [2], [3]. V rámci DUR byla mimo jiné přešetřena stabilita návodního svahu a došlo k rozpracování vybrané varianty dle studie [6]. Co se vlastních návrhů týká jedná se o úpravy [6]:

- SO 01: vlastní hráze Rožmberka (drén u patního líce, přitěžovací lavice, podzemní těsnící prvek, opevnění návodního svahu a přeložka stávajícího kabelu NN),
- SO 02; PS 01:rekonstrukce bezpečnostního přelivu (vlastního přelivu, úprava skluzu a koryta od BP, přípojka NN a motorový rozvod; sklopné desky a stavidla BP),
- SO 03: úprava v zavázání hráze na levém břehu,
- SO 04, SO 05, PS 04, PS 05: ochranné hráze v Nové a Staré Hlíně,
- SO 06: opatření související s osadou Hvízdalka (demolice, nová výstavba),
- SO 07, PS 07: PPO města Třeboň,

- SO 08; PS 02: úpravy na spodní výpusti (stání pro kontejner, přípojka NN, motorový rozvod; čistící stroj a transport spláví),
- SO 09, PS 09: PPO usedlosti Hamr,
- SO 10: měrné profily na tocích v Třeboni.

Z hlediska této studie jsou důležité zejména údaje týkající se vodní nádrže (charakteristika nádrže), hydraulických vlastností funkčních objektů a manipulace při povodních. Níže uvedené údaje v následujících kapitolách jsou čerpány zejména ze „Studie zvýšení retence rybníka Rožmberk pro transformaci povodňových průtoků“ (zpracovala společnost VODNÍ DÍLA TBD, a.s. pro Jihočeský kraj), viz kap. 2.E Seznam podkladů [2], [3] a „Protipovodňová opatření Rožmberk“ – DUR (zpracovala společnost HYDROPROJEKT Praha, a.s. pro Jihočeský kraj za podpory projektu LABEL), viz kap. 2.E Seznam podkladů [6].

3.B.1 Hráz vodního díla

Hráz je zemní, sypaná z místních (jílovito-písčitých materiálů). Návodní svah je v některých místech poměrně strmý (cca 1:1 – 1:3) a je opevněný kamenným opevněním (rovnaninou) po kótu cca 430 m n.m. Hráz je porostlá vegetací, zejména duby letními (památné stromořadí). Na koruně hráze vede cca 350 m dlouhá asfaltové cesta, dále (směrem k bezp. přelivu) vede cesta s krytem z kameniva. Šířka koruny hráze je 5 – 12,5 m, max. převýšení hráze nad terénem je cca 11 m. Sklon vzdušného líce je neopevněný, místy je rovněž strmý (cca 1:1,3 – 1:3). Na výstavbu hráze (1584 až 1590) bylo použito cca 0,75 mil. m^3 materiálu (zeminy).

V rámci DUR [6] je mimo jiné navrženo opatřit hráz štětovnicovou stěnou nepropustnou stěnou až do nepropustného podloží, toto opatření bylo navrženo s ohledem na výsledky hydrogeologického a inženýrskogeologického průzkumu a stabilitních výpočtů (4G consite s.r.o., 2010).

Tab. 1 Rožmberk – stávající a po zvýšení retence [6]

Parametr	Stávající stav	Navrhovaný stav
Maximální výška hráze nad terénem	11 m	11 m
Délka hráze	2 432 m	2 432 m
Kóta hladiny při průchodu Q_{100}	428,63 m n. m.	429,15 m n. m.
Kóta hladiny při průchodu $Q_{10\,000}$	_	431,30 m n. m.
Objem retenčního prostoru	13,572 mil m3	29,468 mil m3
Zatopená plocha při plném retenčním objemu	7,556 mi m2	12,203 mil m2
Transformace povodně s průtokem Q_{100}	120 m3s-1	40 m3s-1
Délka hrany bezpečnostního přelivu	57 m	138,4 m
Kóta hrany bezpečnostního přelivu	427,20 m n. m.	428,85 m n. m.
Kóta koruny hráze (min.)	430,66 m n. m..	431,30 m n. m.

3.B.2 Stávající a nově navržené kapacity vodního díla

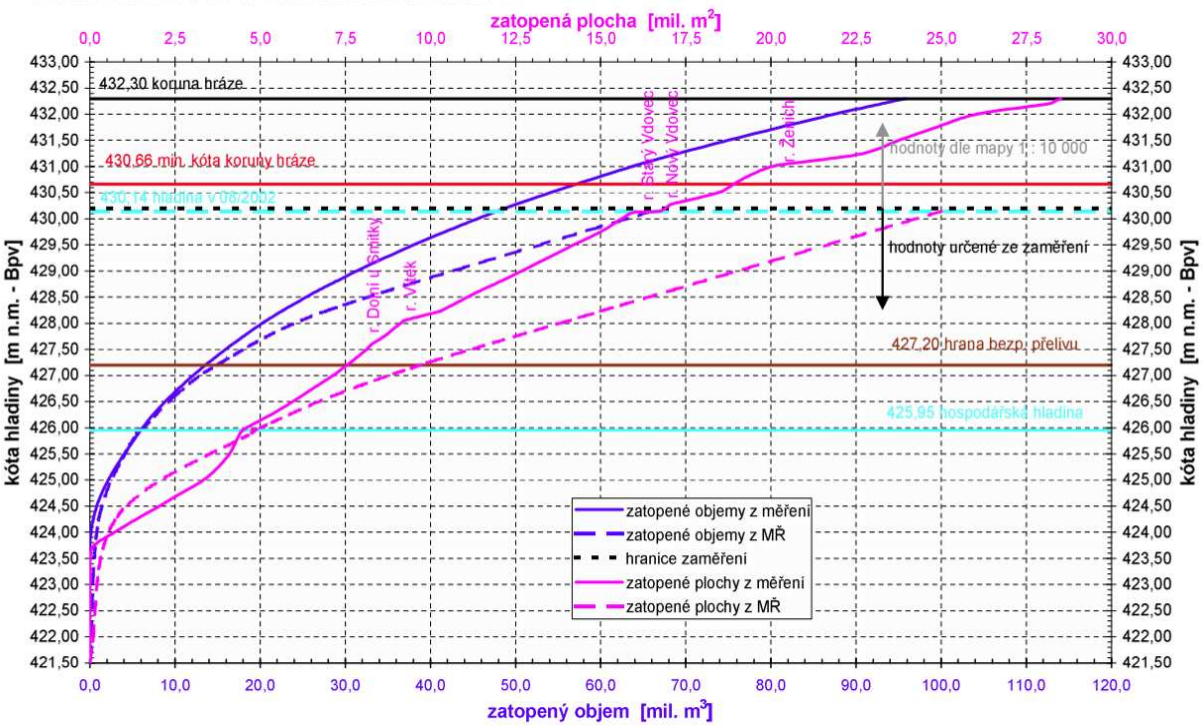
Tab. 1 uvádí základní charakteristiky vodního díla před a po zvýšení retence [6]. Mimo to bylo navrženo zvýšení hodnoty neškodného odtoku $O_{neš}$ z 30 m^3/s na 40 m^3/s, s ohledem na pročištění koryta pod VD Rožmberk a ověření jeho kapacity. Maximální hladina ovladatelného ochranného prostoru byla stanovena s ohledem na VH řešení a je rovna cca hladině při průchodu návrhové teoretické stoleté povodňové vlny PV_{100} – 429,15 m n.m.

3.B.3 Charakteristika nádrže

Charakteristika nádrže byla aktualizována po úroveň 430,14 m n.m. (cca úroveň hladiny při povodni 2002) v rámci zpracování studie zvýšení retence – doplňku [3]. Nad touto úrovní byla charakteristika extrapolována s využitím výškopisu (vrstevnic) základní mapy 1:10 000. Byly zjištěny poměrně významné odchylky od charakteristiky nádrže uvedené ve stávajícím manipulačním řádu (VODOINVEST s.r.o., 2004). Tabelárně a graficky jsou údaje uvedeny pro rozmezí hladin nad vrchní úrovní zásobního prostoru 426 m n.m. (úroveň hladiny na začátku VH řešení, viz dále) v Tab. 2 a na Obr. 3.

Tab. 2 Charakteristika nádrže VD Rožmberk [3]

Poznámka	Kóta hladiny [m n.m.]	Zatopená plocha [mil. m^2]	Zatopený objem [mil. m^3]
Max. kóta zásobního prostoru	426.00	4.58998	6.17940
	426.25	5.31447	7.41698
	426.50	5.95706	8.82905
	426.75	6.54302	10.38890
	427.00	7.13218	12.10388
Přelivná hrana ze zaměření a z projektu opravy přelivu	427.20	7.55610	13.57196
Přelivná hrana z posudku	427.24	7.63680	13.87583
	427.50	8.12270	15.92438
r. Dolní u Smitky - průleh v koruně	427.60	8.27636	16.74444
	427.75	8.63948	18.02153
	428.00	9.12491	20.23923
r. Vítek - nehrazený přeliv	428.05	9.22974	20.69806
Hladina při Q_{100} dle MPŘ	428.23	10.28899	22.50044
	428.25	10.34917	22.70682
	428.50	11.09155	25.38958
Lávka u česlí bezp. přelivu	428.65	11.54707	27.08692
	428.75	11.88522	28.25792
	429.00	12.67991	31.32954
	429.25	13.44486	34.59544
	429.50	14.20672	38.05195
	429.75	14.99883	41.70555
	430.00	15.61719	45.53464
r. Starý Vdovec - $H_{norm.}$	430.12	15.97100	47.43272
Hladina při povodni 08/2002	430.14	16.70117	47.76621
Charakteristika stanovena dle ZM 1:10 000	430.25	17.00347	49.61985
r. Nový Vdovec - nehrazený přeliv ($h_{norm.}$)	430.28	17.08430	50.13118
	430.50	18.46219	54.12672
Min. kóta koruny v levém konci hráze (rostlý terén)	430.66	18.90625	57.11653



Obr. 3 Charakteristika nádrže VD Rožmberk [3]

3.B.4 Základové výpusti

Souhrnné informace o kapacitách (konsumční křivky) základových výustí a malé vodní elektrárny dle [3] viz Tab. 3 a Obr. 1.

3.B.4.a Hlavní základová výpust

Hlavní základovou výpust tvoří 2 štoly o rozměrech 1,6 x 2,2 – 2,6 m (výška se směrem k výtoku zvyšuje) při celkové délce 41,8 m, kóta vtoku resp. výtoku je 421,52 resp. 421,08 (průměrný sklon 1,05 %). Obě výpusti jsou samostatně hrazeny ocelo-litinovou tabulí ovládanou šroubovým táhlem. Vtok je chráněn česlemi, které jsou navrženy k rekonstrukci.

Oproti údajům uvedených ve stávajícím MŘ bylo zjištěno [3], že plocha vtoku je snížena příčným opěrným trámcem o 0,65 m (na 1,55 m, cca o 30 % méně než uvádí MŘ). Konsumční křivka byla aktualizována s ohledem na tyto nově zjištěné skutečnosti a verifikována v rámci zpřesnění údajů odtokové limnigrafické stanice pro hladinu v nádrži 426,00 m n.m.[8] Kapacita obou základových výpustí dle aktualizované konsumční křivky činí cca 34 m^3/s při max. hladině 429,15 m n.m (nově navržená úroveň ovladatelného retenčního prostoru) a 24,76 m^3/s při spodní hladině ochranného prostoru 426 m n.m. Z této skutečnosti vyplývá, že pouze hlavními základovými výpustmi nelze v průběhu povodňových stavů vypouštět nově navržený neškodný odtok $O_{neš}$ = 40 m^3/s.

[8] Zpracovatelé studie výslednou konsumční křivku stanovili na základě předpokladu „vyloučení tlakového režimu proudění“. Tento předpoklad je na straně bezpečnosti. Z hlediska teorie proudění v propustcích pro jistou hladinu vody před propustkem dochází k přechodu ze zahlceného proudění o volné hladině k tlakovému proudění i v případě zúženého vtoku a výtoku neovlivněným spodní vodou. Příkladem může být případ, kdy se sklon propustku/výpusti blíží k nule.

Tab. 3 Souhrnná konsumční křivka funkčních objektů (výpusti + MVE) [3]

H	SV 2 x $Q_{DN\ 2,2x1,6}$	Adolfka 3 x Q_{DN800}		MVE	SV + MVE	SV + MVE + Adolfka
[m n.m.]	[m^3/s]	[m^3/s]		[m^3/s]	[m^3/s]	[m^3/s]
425.00	20.96	4.29	4.29	2.96	23.92	28.21
425.50	22.93	4.96	4.96	3.77	26.70	31.66
426.00	24.76	5.55	5.55	4.58	29.34	34.89
426.50	26.47	6.09	6.09	5.39	31.86	37.95
427.00	28.06	6.56	6.56	6.00	34.06	40.62
427.50	29.59	7.02	7.02	6.00	35.59	42.61
427.70	30.17	7.30	7.30	6.00	36.17	43.47
428.00	31.03	*7.55*	0.00	6.00	37.03	37.03
428.50	32.39	*7.83*	0.00	6.00	38.39	38.39
429.00	33.71	*8.22*	0.00	6.00	39.71	39.71
429.50	34.98	*8.58*	0.00	6.00	40.98	40.98
430.00	36.21	*8.94*	0.00	6.00	42.21	42.21
430.50	37.39	*9.27*	0.00	6.00	43.39	43.39
431.00	38.53	*9.60*	0.00	6.00	44.53	44.53
431.50	39.64	*9.93*	0.00	6.00	45.64	45.64
432.00	40.74	*10.23*	0.00	6.00	46.74	46.74

3.B.4.b Vedlejší základová výpust Adolfka

Vedlejší výpust Adolfka slouží k napájení Nadějské rybniční soustavy. Základovou výpust tvoří ocelová potrubí DN 800 délky 46,6 m. Vtok je uzavíratelný šoupátky[9]. Max. kapacita Adolfky je cca 7 m^3/s. Praktická využitelnost je však omezená hladinou 427,7 m n. m. (zatopení ovládací plošiny). Z těchto důvodů není při vyšších hladinách její kapacita uvažována, předpokládá se uzavření výpusti při hladině (tak, aby při větších povodních nezvyšovala odtok z nádrže) – viz Tab. 3 [3].

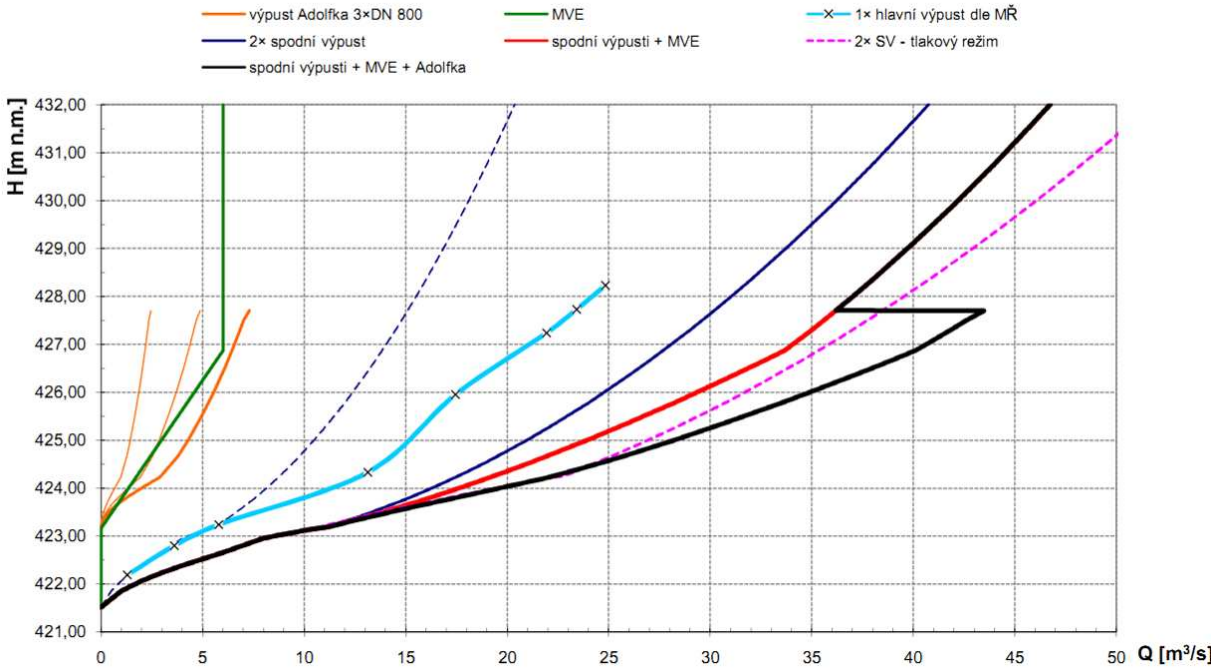
3.B.4.c Vedlejší základová výpust Samice

V minulosti byla vlevo od současné hlavní základové výpusti umístěna též vedlejší výpust Samice, která je však v současnosti zrušena (vtokový objekt této výpusti se na návodním líci stále nachází).

3.B.5 Malá vodní elektrárna

MVE je umístěna v blízkosti hlavní základové výpusti. Vtok je umístěn ve společném kamenném sdruženém objektu hlavní základové výpusti a je proveden jako zděný kanál 2,6 x 2,6 m. Na tento kanál navazuje ocelolitinové potrubí DN 2000 délky 49 m, které je obetonováno 30 cm vrstvou betonu. Vtok je chráněn česlemi. Maximální hltnost turbin je 2 x 3 m^3/s. Odtok na MVE lze využít spolu s hlavní výpustí (popř. i vedlejší výpustí) při manipulacích během povodní.

[9] DUR [6] uvádí o Adolfce odlišné informace. Dle tohoto podkladu Adolfku tvoří 4x dřevěné potrubí eliptického průřezu 30 x 60 cm



Obr. 4 Souhrnná konsumční křivka funkčních objektů (výpusti + MVE) [3]

3.B.6 Bezpečnostní přeliv

3.B.6.a Stávající bezpečnostní přeliv

Bezpečnostní přeliv je umístěn na východním konci hráze v místech zavázání hráze do pravého břehu. Koruna přelivné hrany je na kótě 427,17 [2], DUR [6] uvádí kótu 427,24 o délce 57 m. Přelivná hrana je opevněna lomovým kamenem, pod přelivem následuje opevněný skluz a zdrsněný vývar. Odpadní koryto je v délce cca 40 m opevněno záhozem. Cca 50 m před přelivnou hranou je předsunuta česlová stěna o celkové délce cca 160 m (včetně pilířů). 6 polí ve střední části je sklopných. [2], [6].

3.B.6.b Nově navrhované opatření na bezpečnostním přelivu

V rámci studie zvýšení retence [2] byly přepočítány kapacity stávajícího bezpečnostního přelivu s využitím programového prostředku HEC-RAS, výpočet byl proveden pro stávající stav, kdy vegetací porostlé předpolí zdrsňuje přítok k vlastnímu přelivu, a pro stav předčištěného předpolí. Konsumční křivky pro oba tyto stavy uvádí Tab. 4.

Dalším z výstupů studie zvýšení retence jsou variantní možnosti řešení bezpečnostního přelivu VD s ohledem na prověřovanou možnost zvýšení ochranného prostoru nádrže (5 variant: 1. Jamborův práh, 2. klapka, 3. gumotextilní vak, 4. rozplavitelné hrázky, 5. sklopné tabule).

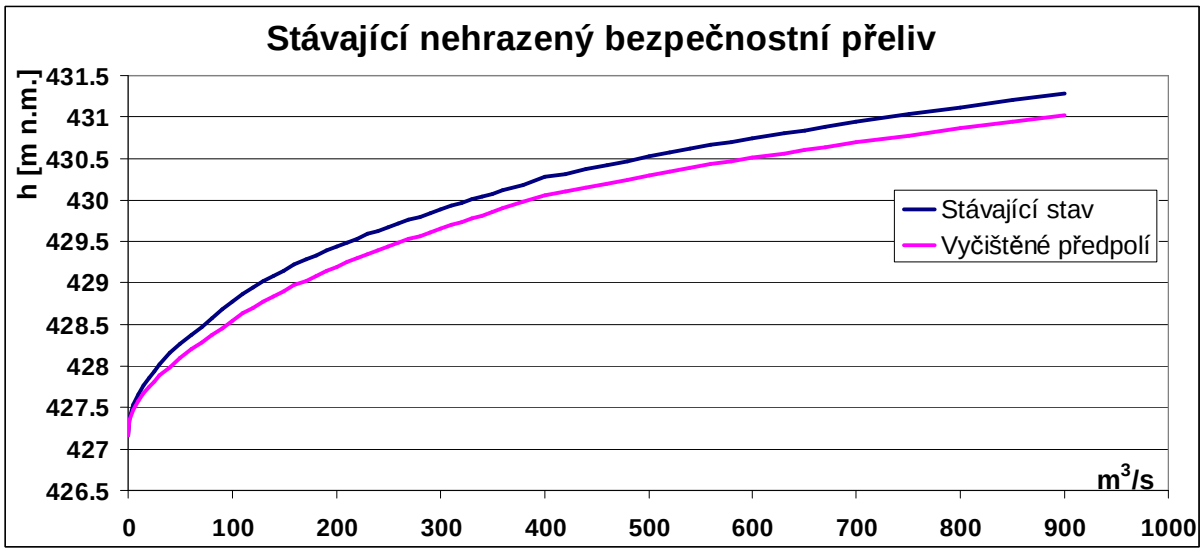
Výsledným hodnocením, které bylo zpracováno objektivně dle hodnocení významných dotčených subjektů byla pro zadání navazující DUR doporučena varianta sklopných tabulí. V rámci studie byla pro tuto variantu (i pro ostatní) stanovena konsumční křivka přelivu, v rámci DUR byla tato převzata a doplněna vyčíslením vlivu netěsnosti a možnosti manipulace na středních ovladatelných polích. Tento návrh představuje zásadní rekonstrukci stávající česlové stěny, kdy ve stávající půdorysné linii česlové stěny budou zvýšeny pilíře o 0,9 m (429,45 m n.m.) včetně ocelové lávky na koruně pilířů. Lávka bude sloužit jako opora

česlím, situovaných na návodní straně (vrchní hrana česlí je navržena v úrovni nově navrhované maximální hladiny h_{max} = 429,15 m n.m.), i novým hradícím konstrukcím – sklopným tabulím situovaných na povodní straně. Celková délka nových hradících prvků je 138,4 m, přelivná hrana tabulí je na kótě 428,85 m n.m. (30 cm pod max. hladinou 429,15 m n.m.). Při přepadovém součiniteli μ=0,626 je přepad přes sklopné tabule při max. hladině v nádrži (přepadový paprsek h=0,3 m) 42 m^3/s. S ohledem na netěsnosti tabulové stěny (cca 5 m^3/s lze celkový průtok přes zahrazenou tabulovou stěnu při hladině 429,15 m n.m. (nově navrhovaná maximální hladina v nádrži) vyčíslit na 47 m^3/s.

Tab. 4 Konsumční křivka stávajícího bezpečnostního přelivu [2]

Stávající stav						Předčištěné předpolí					
h	Q	h	Q	h	Q	h	Q	h	Q	h	Q
[m n.m.]	[m^3/s]	[m n.m.]	[m^3/s]	[m n.m.]	[m^3/s]	[m n.m.]	[m^3/s]	[m n.m.]	[m^3/s]	[m n.m.]	[m^3/s]
427.17	0	429.28	170	430.19	380	427.17	0	429.03	170	429.98	380
427.36	1	429.34	180	430.27	400	427.35	1	429.09	180	430.06	400
427.53	5	429.39	190	430.31	420	427.48	5	429.14	190	430.10	420
427.66	10	429.44	200	430.37	440	427.59	10	429.19	200	430.15	440
427.77	15	429.49	210	430.42	460	427.68	15	429.25	210	430.20	460
427.86	20	429.54	220	430.47	480	427.75	20	429.30	220	430.25	480
427.94	25	429.59	230	430.52	500	427.82	25	429.35	230	430.30	500
428.02	30	429.63	240	430.57	520	427.89	30	429.39	240	430.34	520
428.15	40	429.68	250	430.61	540	427.99	40	429.44	250	430.38	540
428.27	50	429.72	260	430.66	560	428.10	50	429.48	260	430.43	560
428.38	60	429.76	270	430.70	580	428.20	60	429.53	270	430.47	580
428.47	70	429.80	280	430.74	600	428.28	70	429.57	280	430.51	600
428.58	80	429.85	290	430.80	630	428.37	80	429.61	290	430.56	630
428.68	90	429.89	300	430.84	650	428.45	90	429.66	300	430.60	650
428.78	100	429.93	310	430.88	670	428.54	100	429.70	310	430.64	670
428.87	110	429.97	320	430.94	700	428.63	110	429.74	320	430.69	700
428.95	120	430.01	330	431.03	750	428.70	120	429.78	330	430.78	750
429.02	130	430.04	340	431.12	800	428.77	130	429.82	340	430.86	800
429.09	140	430.08	350	431.20	850	428.84	140	429.86	350	430.94	850
429.15	150	430.12	360	431.28	900	428.90	150	429.90	360	431.20	900
429.22	160					428.97	160				

Hradící konstrukce DUR navrhuje ve dvojím provedení. Prostřední 2 mezipilířová pole, které jsou opatřeny třemi shodnými nezávisle ovladatelnými stavidly, lze dle potřeby vyhradit a opětovně zahradit. Tímto je umožněna manipulace v rozpětí průtoků až do hodnoty 97,5 m^3/s (viz Tab. 5). V případě, že je nutné vypouštět z nádrže vyšší odtok (hladina vody v nádrži dosáhne h_{max} = 429,15 m n.m., přítoky do nádrže jsou vyšší než 97,5 m^3/s => je třeba vypouštět odtok rovný přítoku tak, aby hladina dále nestoupala), je možné ke zvýšení průtoku využít ostatní mezipilířová pole – ručně sklápěné desky (tabule). Zpětná manipulace na těchto polích je ovšem možná až po průchodu povodně [6]. Souhrnná konsumční křivka nově navrženého viz Tab. 6 a Obr. 6.



Obr. 5 Konsumční křivka stávajícího bezpečnostního přelivu dle [2]

Tab. 5 Manipulace na nově navrženém přelivu – prostřední 2 mezipilířová pole [6]

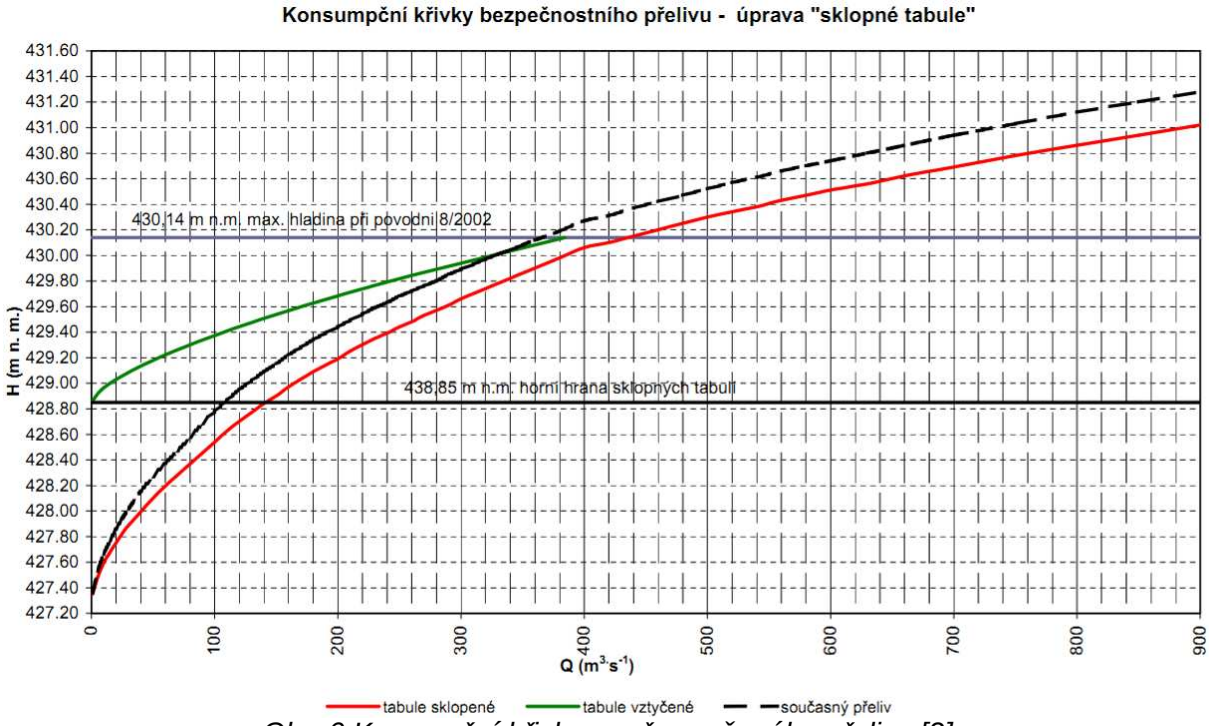
Počet otevřených stavidel	1	2	3	4	5	6
Hladina na pevném přelivu	428.36	428.46	428.55	428.63	428.7	428.75
Průtok otevřenými stavidly	12.2	23.3	33.1	41.7	49.3	55.9
Celkový průtok přes přeliv	58.3	68.5	77.5	85.1	91.8	97.5

Tab. 6 Konsumční křivka nově navrženého přelivu [2]

h	Q	h	Q	h	Q	h	Q	h	Q
[m n.m.]	[m^3/s]	[m n.m.]	[m^3/s]	[m n.m.]	[m^3/s]	[m n.m.]	[m^3/s]	[m n.m.]	[m^3/s]
428.80	0	429.39	240	429.78	330	430.25	480	430.64	670
428.90	8	429.44	250	429.82	340	430.30	500	430.69	700
429.00	24	429.48	260	429.86	350	430.34	520	430.78	750
429.10	43	429.53	270	429.90	360	430.38	540	430.86	800
429.14	190	429.57	280	429.98	380	430.43	560	430.94	850
429.19	200	429.61	290	430.06	400	430.47	580	431.02	900
429.25	210	429.66	300	430.10	420	430.51	600		
429.30	220	429.70	310	430.15	440	430.56	630		
429.35	230	429.74	320	430.20	460	430.60	650		

3.C Nová řeka a Novořecké splavy

Níže uvedené údaje jsou čerpány zejména z manipulačního řádu pro Novořecké splavy, který zpracovala společnost VODNÍ DÍLA TBD, a.s. [7]. Manipulační řád nebyl doposud vodoprávně schválen, dle dostupných informací jsou předmětem diskuze manipulace při běžných a nízkých průtocích.



Obr. 6 Konsumční křivka nově navrženého přelivu [2]

3.C.1 Nová řeka a Novořecká hráz

Nová řeka byla vybudována v letech 1583 - 1585 jako další z vodních děl rožmberského regenta a stavitele Jakuba Krčína z Jelčan a Sedlčan. Hlavním účelem tohoto uměle vybudovaného vodního toku byla a je ochrana hráze rybníka Rožmberk před velkými povodněmi. Mimo to slouží jako přívodní kanál k zásobování soustavy rybníků u Vitmanova. Nová řeka je schopna převést do Nežárky cca 100 m^3/s (přibližně 1/3 stoleté povodně). Během uplynulých staletí tento umělý kanál splynul s přírodou, Nová řeka a její okolí je v současnosti chráněna dle zákona 114/1992 (o ochraně přírody), v platném znění, jako přírodní rezervace. Plocha povodí je cca 74,1 km^2, celková délka toku je cca 13,5 km, Průměrný sklon je přibližně 0,07 %.

Na levém břehu Nové řeky byla spolu s Novou řekou zhotovena s ohledem na konfiguraci terénu ochranná hráz dlouhá cca 7 km (Novořecká hráz). Hráz byla během průchodu velkých vod několikrát poškozena (1670, 1730, 1890, 2002). Poslední protržení hráze při povodni 2002, kdy došlo k významnému zatížení a prověření rybníka Rožmberk, vedlo k její celkové opravě. Došlo k utěsnění hráze štětovou stěnou popř. jílocementovou tryskovou injektáží v místech kolize s chráněnými druhy dubů, byla vyrovnána koruna a zpevněna komunikace, došlo k dosypání svahů. Hráz je sypaná homogenní (nesoudržné písky) šířky v koruně min. 3 m, průměrná výška hráze jsou 3 m. Sklon návodního svahu je cca 1:1,3 – 1:2,1, sklon vzdušného svahu je cca 1:1,9 – 1:2,7. Kóta nivelety hráze při km 0,0 (u obslužného domku) je 436,94 m n.m.

Při staničení km 1,85 ochranné hráze se nachází mostek u Novořecké bašty, jehož součástí je i Dušákovský splávek. Hrazený přelivný objekt (stavidlové tabule o třech polích) slouží k převedení povodňových průtoků do inundačního území Staré řeky. Průtočná kapacita při úplném vyhrazení, horní hladině 435,96 m n.m. (cca 40 cm pod korunou vozovky na hrázi) a předpokladu nezatopeného přepadu byla stanovena na 36,9 m^3/s.

3.C.2 Novořecké splavy

VD Novořecké splavy jsou určeny k dělení přítoku do Nové řeky (umělý vodní kanál, převádějící vodu do Nežárky, viz výše) a Staré řeky (původní meandrující koryto Lužnice nad rybníkem Rožmberk). Původní objekt novořeckých splavů byl shledán na základě průchodu povodní (zejména povodeň 2002) jako nevyhovující a bylo přistoupeno k jeho celkové rekonstrukci (2008 – 2010).

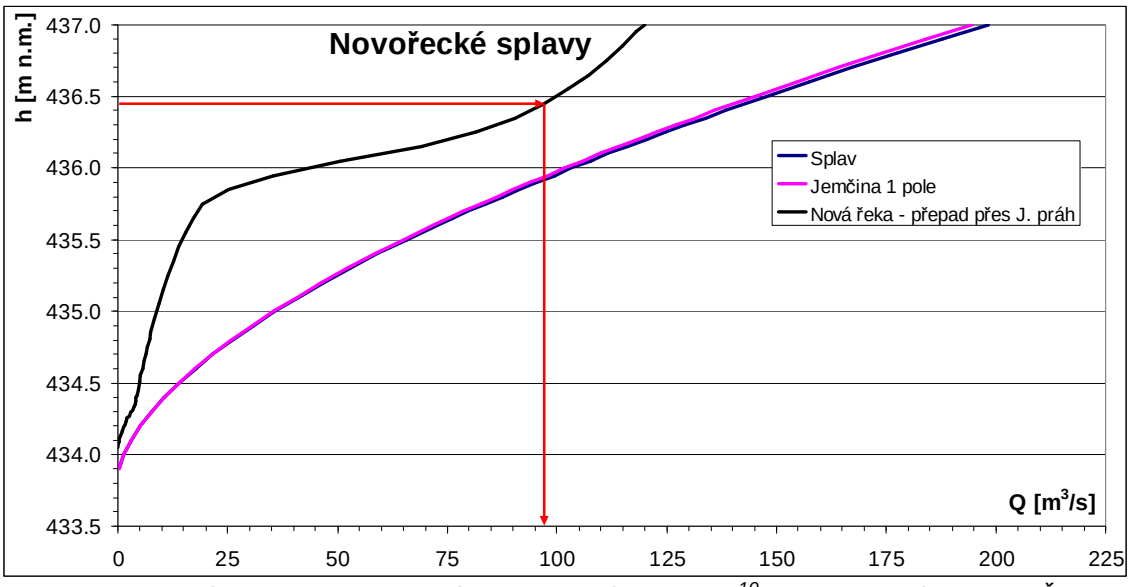
Hlavní objekty Novořeckých splavů co se manipulace s vodu týká představují:

1. pevný práh s nasazeným Jamborovým prahem na vtoku do Nové řeky

   Koruna prahu je na kótě 434,05 m n.m., délka prahu je 14,95 m (včetně propusti a rybího přechodu). Kóta dna pod resp. nad prahem je 433,25 resp. 433,40 m n.m.

2. jez Splav (jedno jezové pole hrazené klapkou)
3. jez Jemčina (dvě jezová pole hrazené klapkami)

Hradící konstrukce jezů Jemčina i Splav jsou shodné. Pod jezy se nachází skluz a vývar. Koruna pevného jezového prahu jezů je na kótě 433,85 m n.m., vrchní úroveň vztyčené klapky je 435,8 m n.m. Vrchní úroveň koruny bočních zdí je 437 m n.m., dno vývaru má kótu 432,3 m n.m. Souhrnná křivka jednotlivých objektů Novořeckých splavů viz Obr. 7.

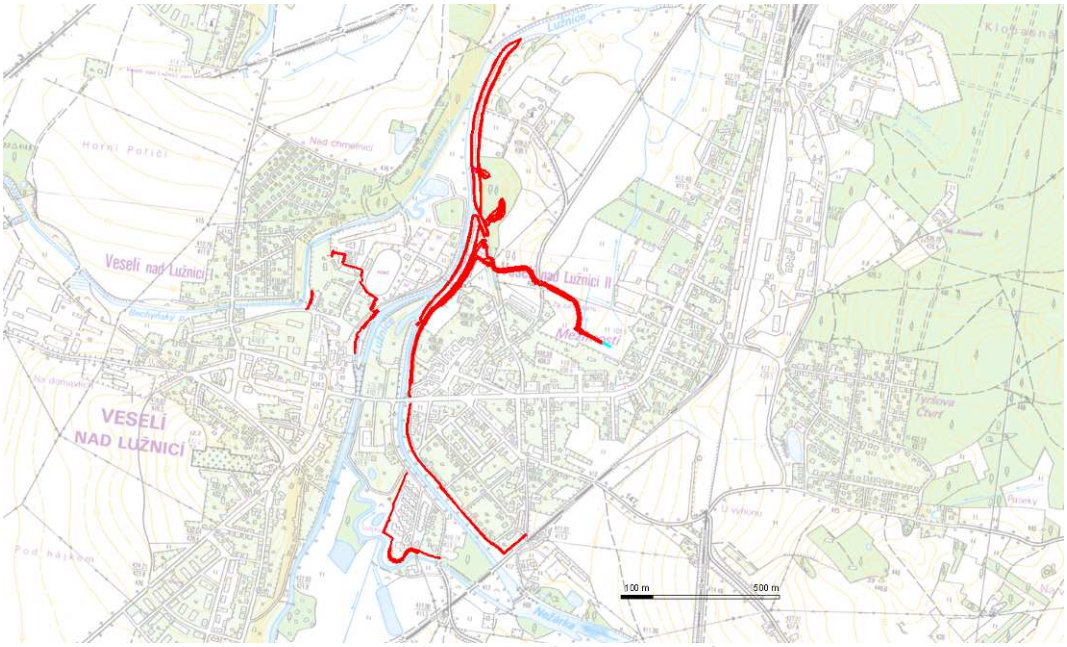


Obr. 7 Novořecké splavy – souhrnná konsumční křivka [7][10] – vyhrazené klapky. Červeně vyznačen max. odtok do Nové řeky s ohledem na bezpečnost Novořecké hráze (viz kap. 5.C).

3.D Veselí nad Lužnicí

Město Veselí nad Lužnicí má cca 6,5 tis. obyvatel. Nachází se na soutoku Lužnice a Nežárky, pod soutokem ústí do Lužnice Bechyňský potok. Tyto skutečnosti jsou příčinou značného povodňového ohrožení města.

[10] Průběh přepadu přes Jamborův práh zde má komplikovanější průběh než je standardní průběh konsumční křivky přepadu $Q=f(h^{1,5})$, v rámci studie nebyl z časových důvodů a s ohledem na cíle této práce zjišťován důvod.



Obr. 8 PPO Veselí nad Lužnicí [4]

Studie [4] uvádí, že v rámci koncepce protipovodňové ochrany na území Jihočeského kraje je město vyhodnoceno jako ohrožené s návrhovým stupněm ochrany Q_{50} (stupeň ochrany je v souladu s Plánem hlavních povodí ČR). Dále je město zařazeno do Plánu oblasti povodí Horní Vltavy, do programu opatření (list opatření VH200004), čili realizace protipovodňového opaření se má uskutečnit do konce roku 2012. Dále byly v rámci Koncepce protipovodňové ochrany na území Jihočeského kraje pro komplexní analýzu ohroženosti intravilánů povodněmi určeny intravilány obcí a objekty nacházející se v záplavovém území Q_{100}. Výsledkem analýzy je, že v záplavovém území Nežárky při Q_{100} je celkem ohroženo 435 objektů, 535 bytových jednotek a 1270 obyvatel.

Tab. 7 Návrhové průtoky PPO ve Veselí nad Lužnicí [4]

	Označení varianty			
Vodní tok	Q_{50}_N	Q_{50}_L	Q_{100}_N	Q_{100}_L
Lužnice nad soutokem	56	124	82	160
Nežárka	198	130	234	156
Lužnice pod soutokem	254	254	316	316
Lužnice pod Bechyňským potokem	268	268	329	329

K vybřežení Nežárky v intravilánu města Veselí nad Lužnicí dochází již při Q_2 = 74 m^3/s. Požadavkem vedení města na protipovodňovou ochranu, který byl stanoven na projednání při místním šetření, je zamezení přítoku vod do intravilánu města větších než Q_{50} a eliminování možného soutoku velkých vod v Nežárce a Lužnici [4].

Město navrhlo v rámci dotačního programu „Podpora prevence před povodněmi II“ protipovodňová opatření. V dubnu 2011 byla zpracována DSP (viz Obr. 8) [5], v současnosti je tato projednávána. Protipovodňová opatření jsou navržena na Q_{50}, touto hodnotou je myšlena hodnota dle ČHMÚ vztažená k profilu pod soutokem Nežárky a Lužnice. Před soutokem jsou PPO navržena s ohledem na hladiny vypočítané projektem FLAMIS a to na

limitní hodnoty povodně s kulminací Q_{50} na jednom toku, kdy zároveň na druhém toku se předpokládá povodeň s doplňkovým kulminačním průtokem (viz. Tab. 7). V případě Nežárky je tedy PPO schopné převést průtoky až do hodnoty Q_{50} = 198 m^3/s, což je i požadavek města vznesený v rámci projednání výše studie [4] - zamezení přítoku vod do intravilánu města větších než Q_{50} dle ČHMÚ. Převýšení ochranných hrází a zdí bylo navrženo v předpokládané úrovni hladiny Q_{100} dle stejných zásad.

3.E Ostatní sídla na Lužnici pod Veselím nad Lužnicí

Informace o dalších sídlech po směru toku Lužnice (pod Veselím nad Lužnicí) spolu s vybranými údaji o fázi projektové přípravy jsou uvedeny v Tab. 8. Rozsahy navržených PPO jsou znázorněny na Obr. 10 - Obr. 15. S ohledem na původně předpokládaný rozsah PPO dle koncepce PPO JK [36] došlo k určitým změnám rozsahu (např. s ohledem na možnosti zajištění financování, připomínky různých subjektů atd.).

Tab. 8 Ostatní sídla na Lužnici pod Veselím nad lužnicí

	Obyvatel	**$A_{povodí}$ [km^2]**	**PPO** (fáze přípravy)	**$N_{ochrana}$**	**Q_N**[1]
Veselí nad Lužnicí	6 569	2 710[2]	DSP	50	254
Dráchov	238	2 850	DSP (DVZ)	50	273
Soběslav	7 286	3 130	DSP	50	312
Skalice	469	3 160			
Roudná	510	3 170			
Planá nad Lužnicí	3 227	3 280	DSP	50	339
Sezimovo Ústí	7 375	3 300	koncepce Jihočeského kraje		
Tábor	36 013	3 530	DSP	100[3]	454
Bechyně	5 695	3 800	DSP	20	381

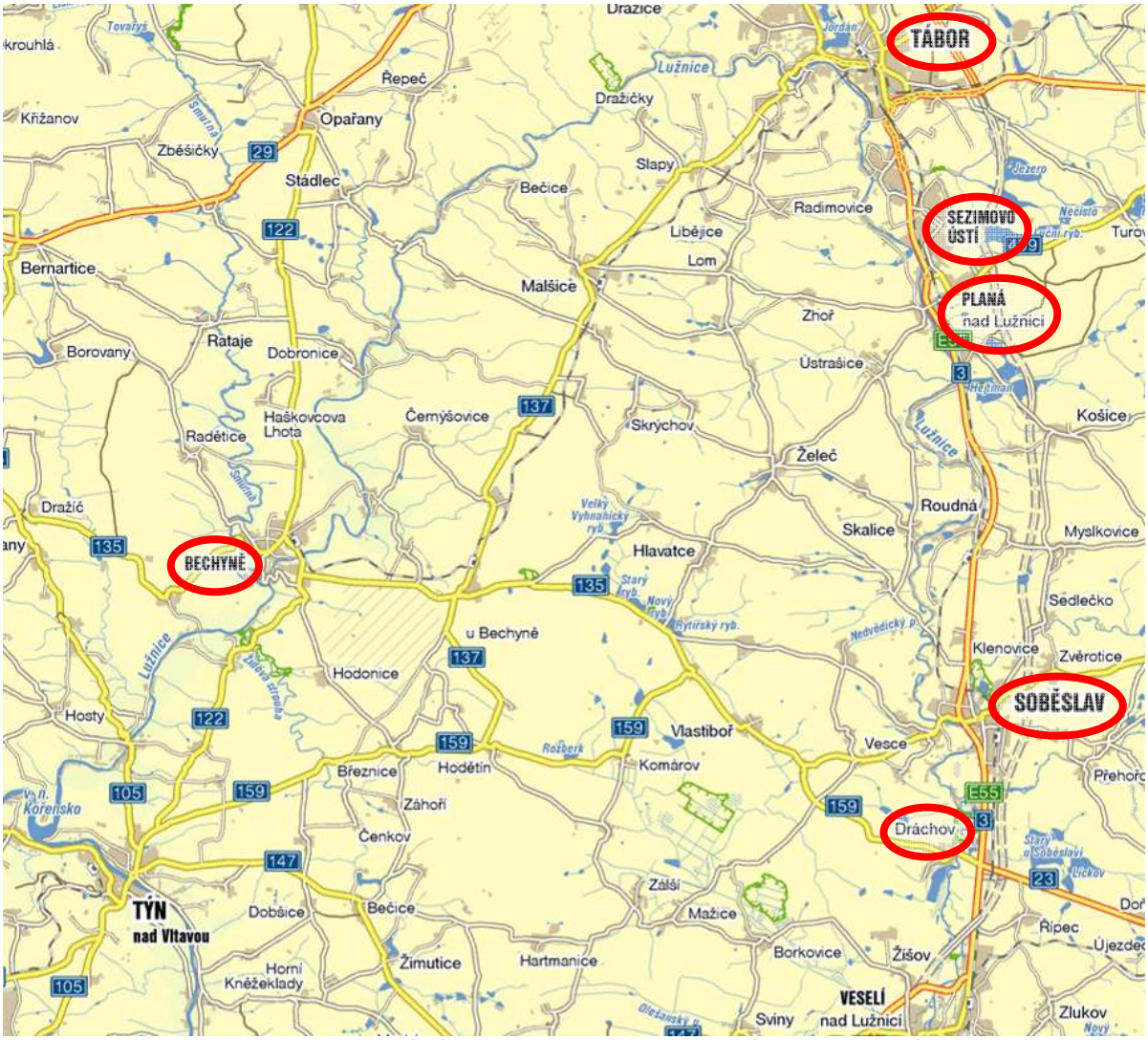
[1] Vztaženo k profilu pod soutokem vodotečí, jsou-li v sídle přítomny. Hydrologické údaje převzaty ze záplavových území Lužnice [11] (s výjimkou Veselí nad Lužnicí).

[2] Z toho Nežárka 999 km^2

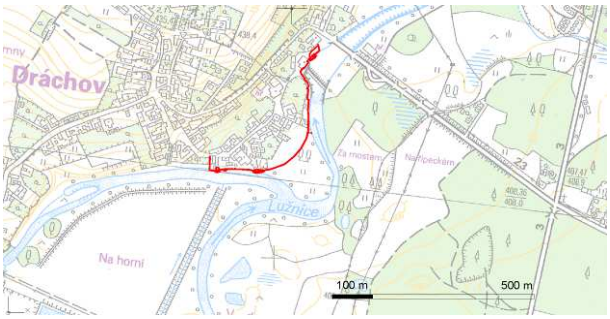
[3] Z důvodu požadavků památkové péče navrženo pouze min. převýšení 0,1 m nad h_{Q100}

Tab. 9 Údaje o N-letých průtocích sídel na Lužnici dle [11]

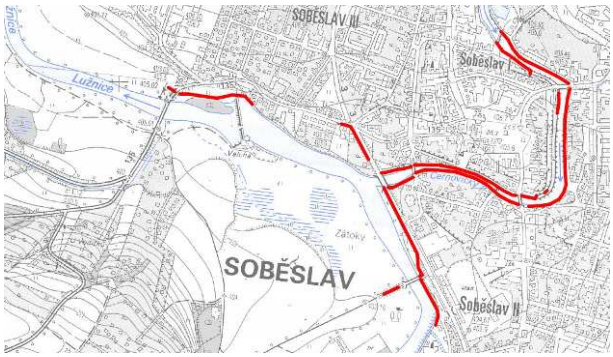
Sídlo	Označení profilu dle zápl. území [11]	**Q_1**	**Q_2**	**Q_5**	**Q_{10}**	**Q_{20}**	**Q_{50}**	**Q_{100}**
Dráchov	nad Dírenským potokem	67	89	126	163	205	273	333
Soběslav	pod Černovickým potokem	76	104	150	192	240	312	374
Planá n.L.	pod Maršovským potokem	81	113	165	211	262	339	404
Sezimovo Ústí	nad (Kozským) potokem	82	114	167	213	265	342	407
Tábor	pod Košínským potokem	94	134	197	252	313	402	478
Bechyně	pod Smutnou (Bechyně)	111	162	241	308	381	488	577



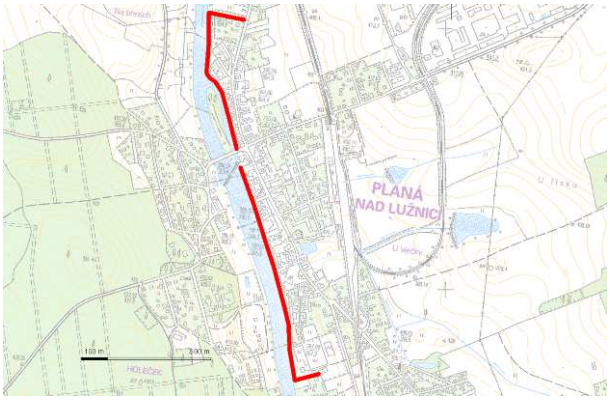
Obr. 9 Ostatní sídla na Lužnici pod Veselím nad lužnicí



Obr. 10 PPO Dráchov [33]

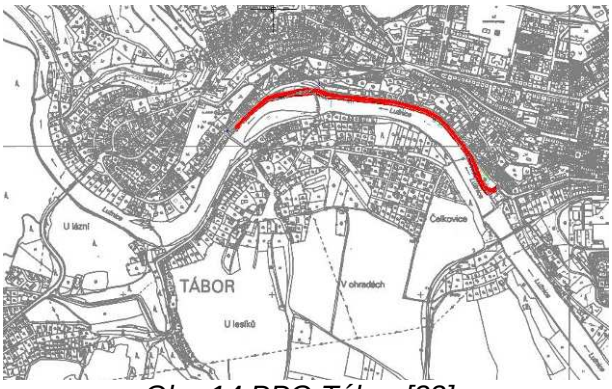


Obr. 11 PPO Soběslav [33]

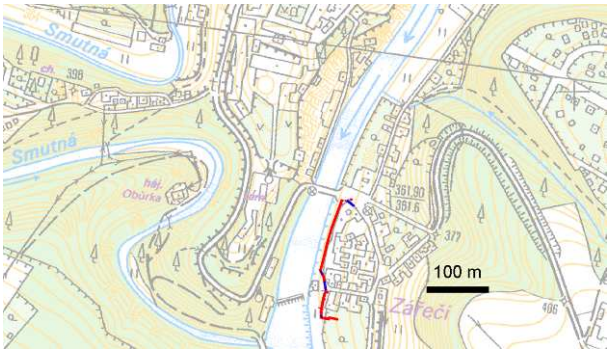


Obr. 12 PPO Planá nad Lužnicí [33]

Obr. 13 PPO Sezimovo Ústí dle koncepce Jihočeského kraje [36]



Obr. 14 PPO Tábor [33]



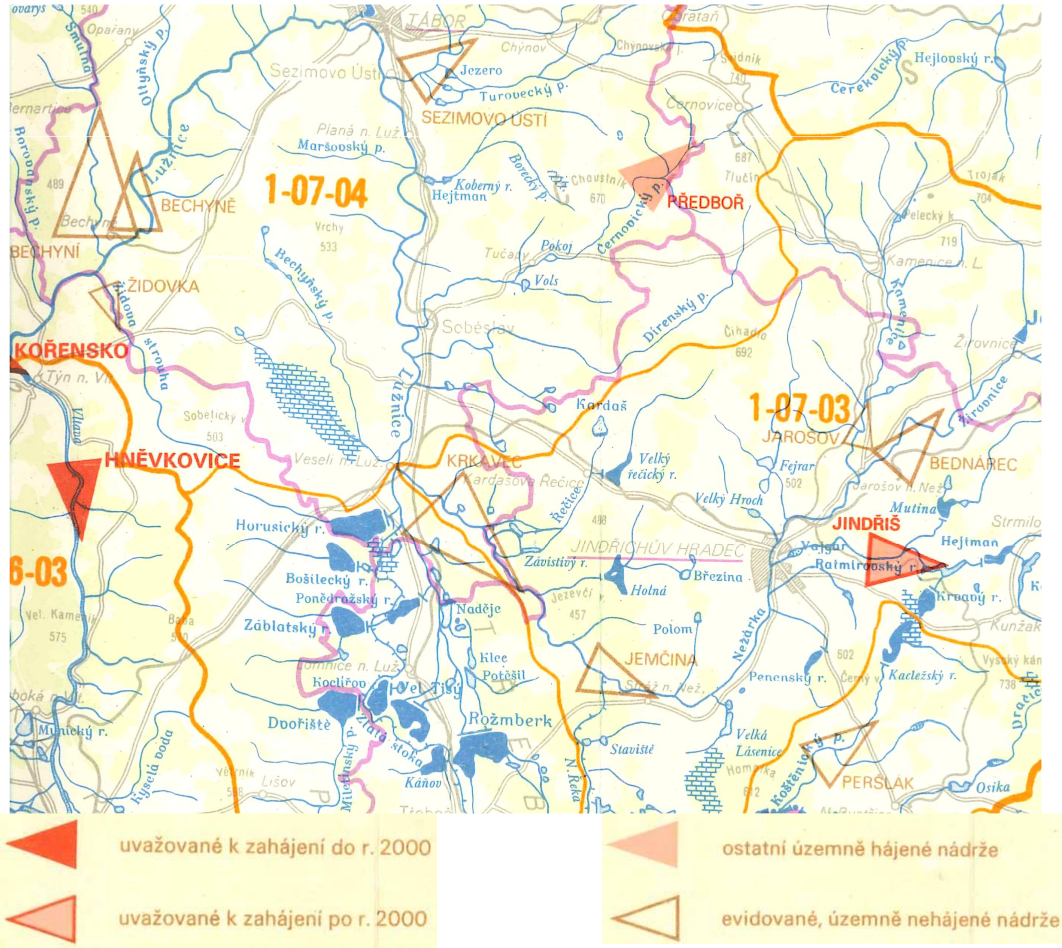
Obr. 15 PPO Bechyně – Zářečí [33]

3.F VD Krkavec

V roce 1985 byla zpracována grafická příloha „Výhledové vodní nádrže“ jako součást v roce 1988 vydaného Směrného vodohospodářského plánu [28]. Zde jsou vyznačeny územně hájené i nehájené nádrže pro území celé ČR (viz Obr. 16). Mimo VN Krkavec (nehájená VN na Nežárce, kategorie V = 50 – 200 mil. m^3), která je v rámci této studie podrobněji řešena a níže popsána, jsou v předmětném povodí vyznačeny dále tyto vodní nádrže:

- Jemčina (nehájená VN na Nežárce pod soutokem s Novou řekou, 10 – 50 mil. m^3)
- Bednárec (nehájená VN na Žirovnici, 10 – 50 mil. m^3)
- Jindřiš (hájená VN na Hamerském potoku, 10 – 50 mil. m^3)
- Peršlák (nehájená VN na Koštěnickém potoku, 10 – 50 mil. m^3)

První návrhy na vybudování vodní nádrže Krkavec na Nežárce se datují do 60. popř. 70. let 20. století. V roce 1970 zpracovala společnost VRV Praha technicko – ekonomické vyhodnocení jako součást podkladů Státního vodohospodářského plánu, vydaného Ministerstvem lesního a vodního hospodářství České socialistické republiky [27]. Tento materiál předkládá variantní návrhy potenciální výstavby poměrně významné vodní nádrže včetně souvisejících vyvolaných opatření, obsahuje základní podklady (hydrologické, hydrografické, klimatické, geologické. Tento materiál je jedním z podkladů popisu lokality, který je uveden dále v textu.



Obr. 16 Výhledové nádrže dle SVHP ČSR [28]

V rámci mezinárodního projektu FLAMIS [1], na kterém se vedle ČVUT v Praze, ČHMÚ a PLA podílela též švýcarská univerzita École Polytechnique Fédérale de Lausanne, byla myšlenka na výstavbu VD Krkavec oživena. Nikoliv však vodní nádrže, ale suché retenční nádrže (součást protipovodňových opatření na Nežárce resp. Lužnici, zejména ochrana města Veselí nad Lužnicí). V rámci projektu řešitelé (ČVUT) provedli vodohospodářské řešení ve dvou variantách:

- **varianta A („malý Krkavec“), max. hladina v nádrži 416 m n.m. (V_r = 7,8 mil. m^3)**
- **varianta B („velký Krkavec“), max. hladina v nádrži 420 m n.m. (V_r = 36,5 mil. m^3)**

Tyto dvě základní varianty byly shodně použity i v této studii. Výsledky a informace projektu FLAMIS byly spolu s výše uvedeným technicko - ekonomickým vyhodnocením využity jako důležité vstupní podklady pro tuto práci, některé z informací jsou uváděny dále v textu.

3.F.1 Přehradní profil (hráz)

Přehradní profil suché retenční nádrže Krkavec (dále jen SN Krkavec) je situován cca v ř. km 3,5 (3,6) v místě poměrně úzkého údolí (poblíž pily Krkavec, cca 2 km jihovýchodně od města Veselí nad Lužnicí (Obr. 17).s

Dle [27] je skalní podklad v místě přehradního profilu tvořen biotitickou pararulou silně migmatitisovanou, s několika centimetrovými a metrovými proniky biotitických granodioritů. Sondáží byla ověřena mocnost štěrkových údolních náplavů, která se většinou pohybovala

okolo 1 m, maximálně byla zjištěna hloubka 2,5 m. Svahové sedimenty na levém břehu nejsou vyvinuty souvisle a nepřesahují několik dm. Mají charakter hlinito-kamenitých sutí krytých vrstvou lesního humusu. Mocnost pokryvu na pravém, poněkud povolnějším svahu může dosáhnout lokálně při patě svahu až několik metrů. Materiál pro stavbu hráze byl navržen získat z písčitých terasových sedimentů Nežárky nebo Lužnice, které se těžilo mezi Veselím nad Lužnicí a Vlkovem. V zájmovém území se nepředpokládala možnost získat kvalitní přirozený těsnící materiál, uvažovalo se s asfaltobetonovým těsněním.

Archiv geofondu (vrtná prozkoumanost) eviduje nejbližší vrt cca 0,15 km východně - mezi korytem Nežárky a odpadním korytem od pily Krkavec (arch. číslo zprávy: GF P063849, název vrtu: NP-1, hloubka 60 m, 1998), viz Obr. 17. Výtah některých informací z archívu geofondu je uveden v přílohách na konci zprávy. Zastižené geologické poměry viz Tab. 10.

Tab. 10 Geologický profil vrtu NP-1

0,0 m – 2,0 m	šedohnědé písky se štěrkem (Kvartér)
2,0 m – 3,5 m	Šedozelené štěrkopísky (Kvartér)
3,5 m – 4,0 m	Písčité eluvium s úlomky rul (Moldanubikum)
4,0m – 12,0 m	Navětralé šedozelené ruly s úlomky křemene (Moldanubikum)
12 m – 34 m	Šedé jemnozrnné pevné ruly

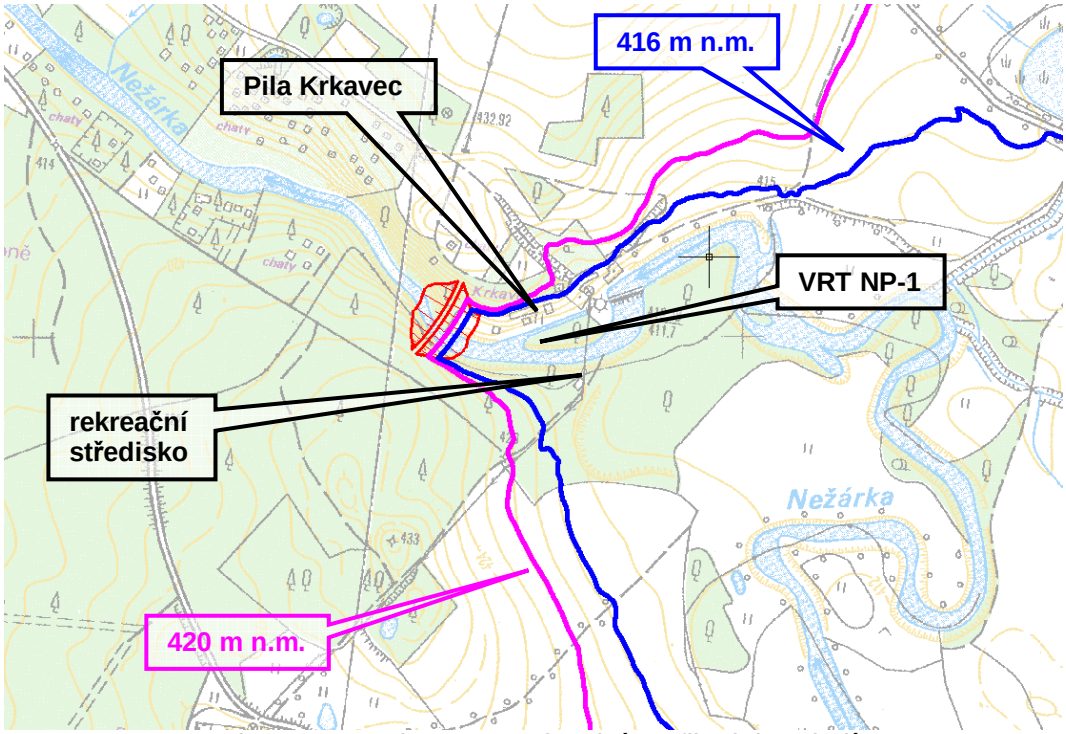
Tab. 11 uvádí základní charakteristiky hráze pro variantní úroveň koruny hráze a šířky koruny 6,5 m a 8 m.. V Tab. 12 jsou pro porovnání uvedeny základní údaje hráze dle technicko ekonomického vyhodnocení [27]. Profil byl v tomto stupni zvolen orientačně, při dalším rozpracování bude vhodné posoudit umístění hráze detailně vzhledem k minimalizaci zemních prací (do nejužšího profilu údolí) a s ohledem na dispoziční řešení funkčních objektů. Při uvážení morfologie území v zátopě (rozvodnice je ve dvou místech o něco nižší než 420 m n.m. – viz Obr. 22) bylo v rámci [27] uvažováno s výstavbou jedné popř. i dvou bočních ochranných hrází. Rovněž v případě SN Krkavec varianty B („velká“, $h_{max.}$ = 420 m n.m.) je třeba tuto skutečnost zohlednit.

Tab. 11 Parametry hráze SN Krkavec

Varianta	a	b	c	d	e	f
Kóta koruny hráze [m n.m.]	425	425	422	422	419	419
Max. výška hráze [m]	17	17	14	14	11	11
Délka v koruně [m]	120	120	108	108	95	95
Šířka v koruně [m]	8	6.5	8	6.5	8	6.5
Sklon návodního líce	1:3	1:3	1:3	1:3	1:3	1:3
Sklon vzdušního líce	1:2,5	1:2,5	1:2,5	1:2,5	1:2,5	1:2,5
Kubatura nadzemní části hráze [m^3]	57 500	55 700	36 700	35 400	20 900	19 900
Plocha zemního tělesa na styku s terénem [m^2]	7 800	7 700	6 100	6 000	4 500	4 400

Tab. 12 Parametry hráze VN Krkavec dle [27]

Varianta	A	B	C
Kóta koruny hráze [m n.m.]	422	424	426
Max. výška hráze [m]	14	16	18
Délka v koruně [m]	80	91	106
Šířka v koruně [m]	8	8	8
Vyrovnaný sklon návodního líce	1:3	1:3	1:3
Vyrovnaný sklon vzdušního líce	1:2,5	1:2,5	1:2,5
Kubatura hráze [m^3]	35 000	46 500	60 400



Obr. 17 SN Krkavec - přehradní profil a jeho okolí

3.F.2 Zátopa (nádrž)

Charakteristika nádrže byla určena nezávisle dle 2 podkladů:

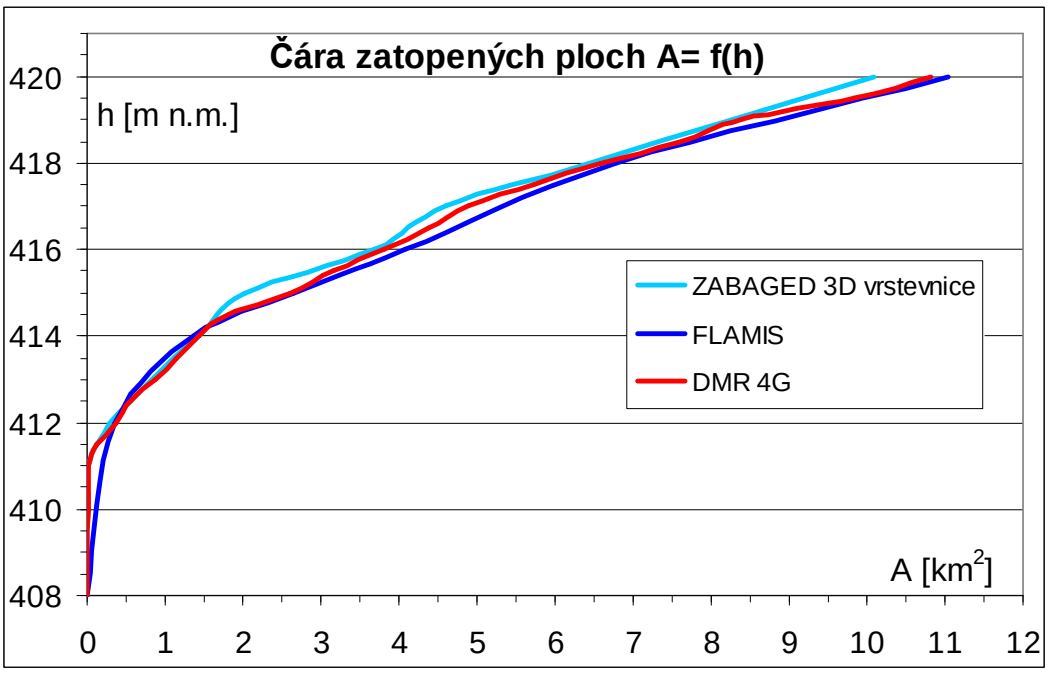
1. Základní báze geografických dat České republiky (ZABAGED®) - výškopis - 3D vrstevnice. Z těchto dat byl vytvořen digitální model terénu a mezilehlé vrstevnice (krok 1 m) byly interpolovány.
2. Digitální model reliéfu České republiky 4. generace (DMR 4G)

   ČÚZK uvádí úplnou střední chybu pořadnice Z (výškopis) 0,3 m v odkrytém terénu a 1 m v zalesněném terénu.

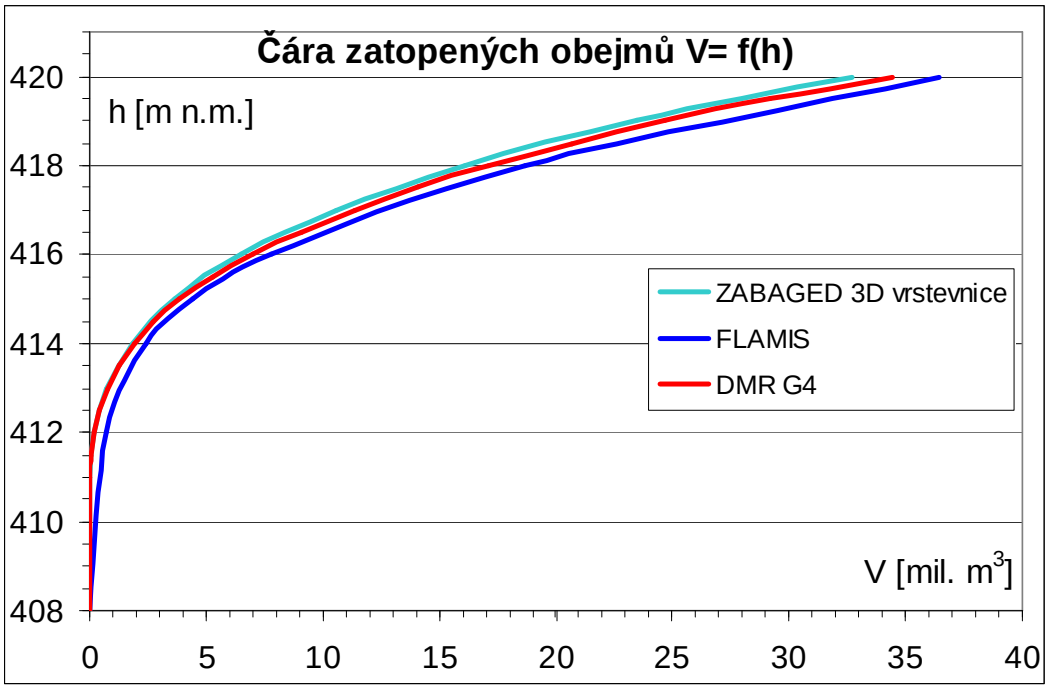
Souhrnné výsledku porovnání obou metod včetně charakteristiky uvedené v projektu FLAMIS [1] uvádí Tab. 13, Obr. 18 a Obr. 19. Pro úplnost Tab. 14 uvádí základní charakteristiky VN Krkavec dle variant A,B,C (shodně s Tab. 12) dle [27]. Jako podklad pro vodohospodářské řešení byla dále ve všech případech uvažována charakteristika nádrže stanovená dle DMR G4. Celková situace zátopy v obou základních variantách (maximální hladina 416 m n.m. resp. 420 m.n.m. ve variantě A resp. variantě B) je uvedena na Obr. 22. Délka vzdutí při maximální hladině 416 m n.m. je cca 8,1 km (ř. km 3,5 - 11,6), při hladině 420 m n.m. cca 14 km (ř. km 3,5 - 17,5). Dno nádrže je v obou variantách shodně cca 408 m n.m (stejně tak i pro původní VN Krkavec dle [27].

Tab. 13 Charakteristika SN Krkavec. Červeně vyznačeny hodnoty pro var. A (h_{max} = 416 m n.m.), fialově pro var. B (h_{max} = 420 m n.m.)

DMR 4G			ZABAGED - 3D vrstevnice			FLAMIS		
h [m n.m.]	A [km^2]	ΣV [mil. m^3]	h [m n.m.]	A [km^2]	ΣV [mil. m^3]	H [m n.m.]	A [km^2]	ΣV [mil. m^3]
408	0.00	0.00	408	0.00	0.00	408	0.00	0.00
409	0.00	0.00	409	0.00	0.00			
410	0.02	0.01	410	0.01	0.01			
411	0.02	0.03	411	0.02	0.03			
411.5	0.12	0.06						
412	0.37	0.18	412	0.29	0.18	412	0.35	0.71
412.5	0.56	0.41						
413	0.88	0.77	413	0.84	0.75			
413.5	1.15	1.28						
414	1.45	1.93	414	1.43	1.89	414	1.37	2.44
414.5	1.82	2.75						
415	2.60	3.85	415	2.03	3.62	415	2.66	4.44
415.5	3.17	5.30						
416	**3.81**	**7.04**	416	3.69	6.48	416	4.09	7.81
416.5	4.37	9.09						
417	4.90	11.41	417	4.59	10.62			
417.5	5.72	14.06						
418	6.57	17.14	418	6.43	16.13	418	6.76	18.66
418.5	7.57	20.67						
419	8.39	24.66	419	8.29	23.49			
419.5	9.83	29.22						
420	**10.82**	**34.38**	420	10.08	32.68	420	11.03	36.46



Obr. 18 SN Krkavec – čára zatopených ploch



Obr. 19 SN Krkavec – čára zatopených objemů

Tab. 14 Základní charakteristiky VN Krkavec [27]

Varianta	A	B	C
Stálý objem nádrže V_s [mil. m^3]	7.5	7.5	7.5
Zásobní objem nádrže V_z [mil. m^3]	31.4	55.7	89.0
Celkový objem nádrže V_c [mil. m^3]	38.9	63.2	96.5
Zatopená plocha při V_s [km^2]	4.0	4.0	4.0
Zatopená plocha při V_z [km^2]	10.7	13.7	19.6
Kóta dna nádrže [m n.m.]	408.0	408.0	408.0
Kóta hladiny stál. nadržení [m n.m.]	416.0	416.0	416.0
Kóta hladiny zásobního prostoru [m n.m.]	420.0	422.0	424.0
Střední hloubka nádrže Vc/S_{Vc} [m]	3.7	4.6	4.9
Délka vzdutí při V_z [km]	8.5	10.5	13.0

3.F.3 Základová výpust

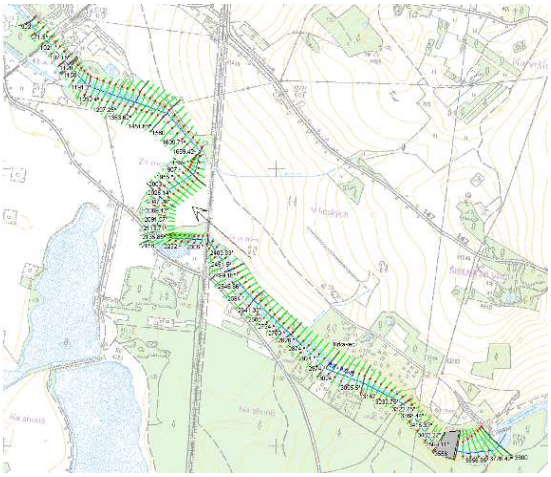
Aby mohla SN Krkavec plnit svou funkci, je třeba vhodně navrhnout funkční objekty. V první řadě se jedná o návrh základové výpusti, tak, aby se retenční nádrž začala plnit až od jistého zvoleného průtoku a zároveň aby nedošlo při řízení nádrže k jeho překročení (až do naplnění nádrže). Tato skutečnost je jedním ze základních rozdílů v porovnání s požadavky na návrh výpustných zařízení vodních nádrží, kdy jsou navrhovány zpravidla menší dimenze (vztaženo k hydrologickým podkladům).

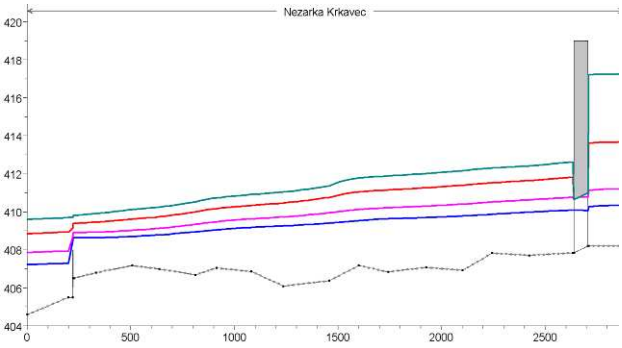
Z výše uvedeného vyplývá, že základová výpust musí mít takové rozměry, aby bylo možné průtoky do jisté hodnoty (neškodného odtoku $O_{neš}$) vypouštět bez toho, aby se nádrž začala plnit (resp. začala významněji plnit). Rovněž je třeba, aby byly výpusti ovladatelné (hrazené) – při zvyšující se hladině v nádrži je nutné uzávěry zavírat, aby mohl být udržován odtok rovný (blízký) $O_{neš}$. Dle zpracované charakteristiky nádrže (viz kap. 3.F.2) lze tuto skutečnost

kvantifikovat tak, že je třeba převést zvolený neškodný odtok při hladině v nádrži cca 412 m n.m., limitně pak 412,5 m n.m., kdy je objem vody v nádrži rovný 0,37 mil. m^3 resp. 0,56 mil. m^3. V případě varianty A to znamená cca 5 % resp. 8 % naplnění ochranného objemu nádrže a tato skutečnost je tedy bezezbytku jednou z limit (v porovnání s objemem návrhové povodně PV_{100}, viz dále hydrologické podklady, je již v takto ochranný objem relativně nízký). Druhou limitou je velikost výpustných zařízení - ty jsou funkcí (vedle konsumční křivky spodního koryta) v první řadě energetické výšky před vtokem do výpusti (propustku), nižší hladina by vedla k ještě větším rozměrů již tak značných rozměrů průtočné plochy výpustí.

Limitními hodnotami neškodného odtoku $O_{neš}$ z SN Krkavec, vzhledem ke vzdálenosti hráze od města Veselí nad Lužnicí a zanedbatelnou velikost mezipovodí, jsou ve smyslu skutečností uvedených v kapitole 3.D) hodnoty 74 m^3/s (stávající stav, cca Q_2) a 198 m^3/s (při realizaci PPO, cca Q_{50}).

Návrh dimenze a konsumční křivky výpustného objektu byl proveden s využitím výpočetního programu HEC-RAS (výpočtové schéma viz Obr. 20). Hydraulika proudění propustky je poměrně komplikovaná záležitost, podrobný popis možných variant lze nalézt v [20]. Výpočet konsumční křivky dolní vody vychází z příčných profilů technicko provozní evidence Nežárky [9]. Vytvořený model byl kalibrován s ohledem na úroveň hladiny Q_5, rovněž uvedené v TPE. Dno vodního toku bylo uvažováno dle zaměření, ve výpočtu nebyl uvažován železniční most ř. km 2,38 který dle podélného profilu disponuje dostatečnou kapacitou (spodní hrana mostovky je zde téměř 3 m nad hladinou. Byly provedeny návrhy pro tři varianty neškodného odtoku $O_{neš,}$ (90 m^3/s (resp. 74 m^3/s), 120 m^3/s, 165 m^3/s). Při výpočtech bylo rozlišováno, jedná-li se o var. A „malý Krkavec“ nebo var. B „velký Krkavec“ (délka základové výpusti). V případě delší výpusti ve var. B bylo zjištěno, že se nejedná o významné rozdíly v konsumčních křivkách (hladina v nádrži je pro daný průtok je v případě var. B o jednotky cm výše). Konsumční křivka varianty je uvedena v Tab. 15 a graficky na Obr. 21, uvedena je i k. křivka spodního koryta. Uvažovány jsou 2 výpusti (b x h) 4,8 m x 2,8 m ($O_{neš}$ = 90 m^3/s), 3 výpusti 4,5 m x 2,8 m ($O_{neš}$ = 120 m^3/s) resp. 4 výpusti 5 m x 3 m ($O_{neš}$ = 165 m^3/s). Je zřejmé, že se jedná o otvory značných rozměrů (zejména var. $O_{neš}$ = 165 m^3/s pro možnost vypouštět $O_{neš}$ bez významnějšího zaplnění ochranného prostoru) – a to i vzhledem ke skutečnosti, že výpusti je nutné opatřit vhodným hradícím prvkem a dalšími konstrukčními prvky (např. zařízení pro omezení podtlaků při částečném zahrazení apod., tlumení kinetické energie apod.). V případě var. A „malého Krkavce“ je tento způsob pravděpodobně jedinou variantou, jak co nejúčelněji využít relativně malý objem ochranného prostoru. Spolehlivému návrhu dimenzí základových výpustí a souvisejících problémů bude třeba při dalším rozpracování technického řešení SN Krkavec věnovat pozornost. Podkladem by mělo být podrobnější zaměření Nežárky pod hrází (včetně inundačního území, které je v TPE zaměřeno pouze částečně) pro ověření konsumční křivky spodního koryta (ta ovlivňuje hydrauliku propustku – zatopený resp. nezatopený vtok), variantní návrh rozměrů (vyšší počet menších otvorů, relace šířky a výšky, možnosti spolehlivého hrazení atd.). S ohledem na velikost a lokalizaci díla by měla být správnost výsledného návrhu funkčních objektů (výpust, přeliv) ověřena na fyzikálním modelu.

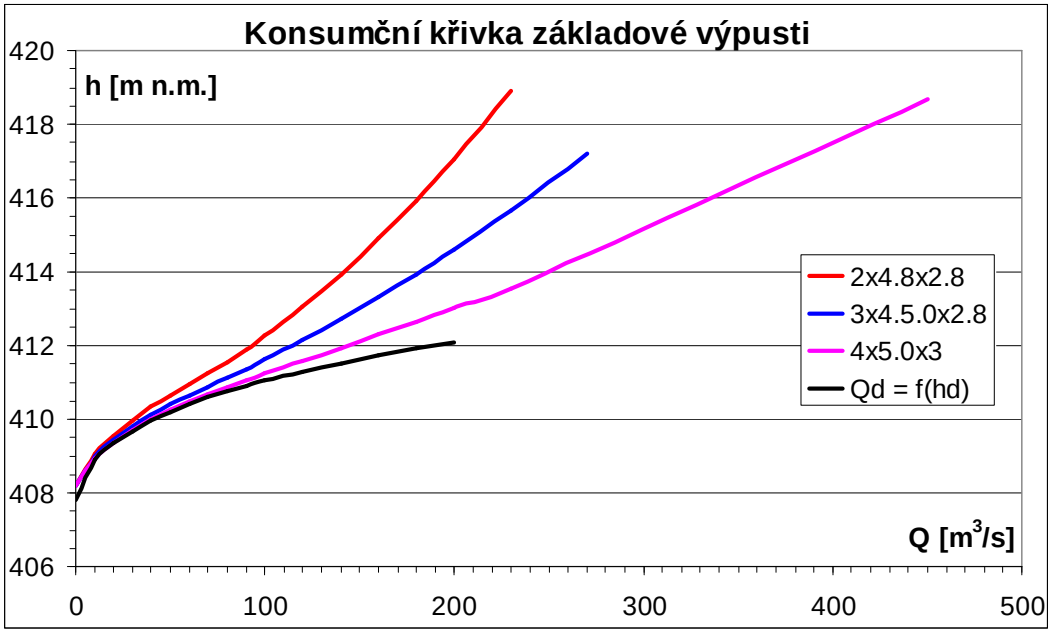




Obr. 20 Výpočtového schéma pro dimenzování základové výpusti (HEC-RAS)

Tab. 15 SN Krkavec – konsumční křivka základové výpusti a Nežárky pod hrází

h	$Q_{n=1}$	$Q_{n=2}$	h	$Q_{n=1}$	$Q_{n=3}$	h	$Q_{n=1}$	$Q_{n=4}$	h_d	Q (h_d)
[m]	[m^3/s]	m^3/s	[m]	[m^3/s]	m^3/s	[m]	[m^3/s]	m^3/s	[m]	[m^3/s]
4,8 m x 2,8 m			4,5 m x 2,8 m			5 m x 3 m				
408.20	0.00	0	408.20	0.00	0	408.20	0.00	0	407.83	0
409.04	5.00	10	408.97	3.33	10	408.93	2.50	10	408.92	10
409.55	10.00	20	409.43	6.67	20	409.37	5.00	20	409.34	20
409.96	15.00	30	409.80	10.00	30	409.72	7.50	30	409.67	30
410.33	20.00	40	410.12	13.33	40	410.01	10.00	40	409.95	40
410.65	25.00	50	410.40	16.67	50	410.26	12.50	50	410.19	50
410.95	30.00	60	410.65	20.00	60	410.49	15.00	60	410.40	60
411.23	35.00	70	410.88	23.33	70	410.69	17.50	70	410.59	70
411.53	40.00	80	411.12	26.67	80	410.87	20.00	80	410.75	80
411.88	45.00	90	411.37	30.00	90	411.05	22.50	90	410.91	90
412.26	50.00	100	411.63	33.33	100	411.23	25.00	100	411.05	100
413.07	60.00	120	412.17	40.00	120	411.58	30.00	120	411.30	120
413.94	70.00	140	412.72	46.67	140	411.94	35.00	140	411.52	140
414.89	80.00	160	413.31	53.33	160	412.29	40.00	160	411.73	160
415.93	90.00	180	413.93	60.00	180	412.65	45.00	180	411.92	180
417.05	100.00	200	414.59	66.67	200	413.01	50.00	200	412.09	200
418.90	115.00	230	415.65	76.67	230	413.56	57.50	230		
			417.21	90.00	270	418.69	112.50	450		



Obr. 21 SN Krkavec – konsumční křivka základové výpusti (var. A,B,C)

3.F.4 Bezpečnostní přeliv

Bezpečnostní přeliv je druhým z důležitých objektů, který ovlivňuje velikost vypouštěného odtoku při povodních. Podobně jako základová výpust, přeliv může být ovladatelný (hrazený) nebo neovladatelný. V případě hrazeného přelivu jsou možnosti povodňového řízení větší, nehrazený přeliv je konstrukčně jednodušší.

Koncepční návrh bezpečnostního přelivu vycházel v první řadě z podmínky, aby hladina v nádrži při průchodu návrhové stoleté povodně nepřekročila maximální hladinu h_{max}. S ohledem na velkou kapacitu (konsumční křivky) základových výpustí, kdy, kromě varianty návrhu 2x4.8x2.8 pro $O_{neš}$=90 (74) m^3/s, je možné převést návrhovou stoletou povodeň PV_{100} při hladině 416 m n. m. v případě var. A „malého Krkavce“ pouze základovými výpustmi (viz. Obr. 21), návrh bezpečnostního přelivu teoreticky „není nutný“. V případě varianty základových výpustí 2x4,8mx2,8m je kapacita zákl. výpustí při hladině 416 m n.m. cca 190 m^3/s, bezpečnostním přelivem zbývá tedy převést 234 - 190 = cca 45 m^3/s.

Z hlediska bezpečnosti vodního díla (viz další odstavec) je však nutné vybavit vodní dílo bezpečnostním přelivem a průchod kontrolní povodně posoudit s ohledem na Vyhlášku 590/2002 Sb. o technických požadavcích na vodní díla), v platném znění a TNV 75 2935 (Posuzování bezpečnosti vodních děl při povodních). Předběžně lze usuzovat, že parametry přehradního profilu umožní KPV bezpečně převést. (korunu hráze lze v případě potřeby umístit více než 5 m nad maximální hladinu ve variantě B „velkého Krkavce“. To reálně znamená možnost návrhu vyššího převýšení koruny nad korunou bezpečnostního přelivu a vyššího přepadového paprsku při průchodu kontrolní povodně, kterou bude v tomto případě s ohledem na město Veselí nad Lužnicí s největší pravděpodobností kontrolní povodňová vlna *N* = 10 000 let (tu poskytuje na objednávku ČHMÚ formou hydrologické studie). Kulminační průtok kontrolní povodňové vlny se stanovuje hlubší analýzou hydrologických charakteristik předmětného povodí a v tuto chvíli je možné jej pouze řádově odhadovat (popř. velmi hrubě extrapolovat z řady N - letých průtoků).

Pro porovnání, pro hráz rybníka Rožmberk, kdy Q_{100} = 210 m^3/s činí letní $Q_{10\,000}$ = 970 m^3/s (4,6 násobek), zimní $Q_{10\,000}$ = 440 m^3/s (2,1 násobek). Plocha povodí je 1 387 km^2. Pro profil Krkavce bylo stanoveno Q_{100} = 234 m^3/s při ploše povodí cca 996 km^2, povodí je ovšem

ovlivněno převodem vody z Lužnice Novou řekou (její kapacita je pro úroveň levobřežní ochranné hráze cca 120 m^3/s, viz Obr. 7). Na základě těchto úvah lze očekávat $Q_{10\,000}$ obdobných velikostí (ačkoliv charakteristika povodí Nežárky se od ostatních povodí odlišuje - dle informací a zkušeností ČHMÚ pobočky České Budějovice - Ing. Lett).

Mimo vlastní bezpečnostní přeliv, jehož hydraulické charakteristiky jsou dány jeho tvarem (součinitelem přepadu), délkou přelivné hrany a výškou přepadového paprsku, je třeba dále navrhnout související objekty, zejména skluz a tlumení kinetické energie. Návrh těchto objektů může v jistých případech (při vysokých průtocích) zpětně ovlivnit kapacitu BP ovlivněním spodní vodou (zatopením). Tyto návrhy nejsou cílem této práce (i z výše uvedených důvodů vysoké kapacity základových výpustí), mimo to k podrobnějšímu dispozičnímu návrhu bezpečnostního přelivu a navazujících objektů bude třeba zajistit podrobnější podklady (zaměření profilu hráze a jeho okolí, geologické podklady, průběh kontrolní povodně).

Pro VH řešení bezpečnostní přeliv definován délkou přelivné hrany, kótou přelivné hrany a součinitelem přepadu (viz Tab. 16). Součinitel přepadu m byl uvažován zjednodušeně jako konstanta shodně pro všechny posuzované varianty hodnotou m = 0,45 (ve skutečnosti je funkcí přepadové výšky, tvaru koruny apod.). Návrh délky přelivné hrany a kóty koruny bezpečnostního přelivu byl přizpůsoben kapacitě základové výpusti a požadavku nepřekročit maximální hladinu v nádrži při Q_{100}. Větší kapacita bezpečnostního přelivu pro danou úroveň hladiny v nádrži znamená převedení KPV s nižší hladinou, což klade menší nároky na výšku hráze a menší potřebu sypaniny a těsnícího materiálu pro její výstavbu. Kapacita přelivu pro danou hladinu v nádrži je funkcí úroveň přelivu (přepadová výška) a délka přelivné hrany. Údaje uvedené v Tab. 16 bude třeba při podrobnějším návrhu revidovat a případně upravit (jak bylo uvedeno, vzhledem k vlastnostem KPV a posouzení bezpečnosti vodního díla při povodních).

Tab. 16 SN Krkavec – rozměry bezpečnostní přelivu

	úroveň BP [m n.m.]	délka přelivné hrany [m]	Kapacita při h_{max} (nezatopený přepad) [m^3/s]
Var. A "Krkavec malý", $O_{neš}$ = 74; 90 m^3/s	414.1	45	234
Var. A "Krkavec malý", $O_{neš}$ = 120 m^3/s	414.4	55	221
Var. A "Krkavec malý", $O_{neš}$ = 165 m^3/s	414.7	60	177
Var. B "Krkavec velký", $O_{neš}$ = 74; 90;120 m^3/s	417.8	45	292

Dispozičně se bude jednat s největší pravděpodobností o boční bezpečnostní přeliv, umístěný na jedné ze stran údolí, kdy skluz od přelivu bude možné zhotovit v dostatečné šířce a v co největším rozsahu v rostlém terénu. Rozměry skluzu (šířka, výška, sklon, zakřivenost) budou dalším parametrem, který bude třeba zvážit.

3.F.5 Územní střety

Zatopení pozemků při povodních představuje územní střety pro obě varianty SN Krkavec. Při maximální hladině dojde k zatopení cca 380 ha ve variantě A „malého Krkavce“ resp.1080 ha ve var. B „velkého Krkavce“. Jedná se o minimálně tyto územní střety:

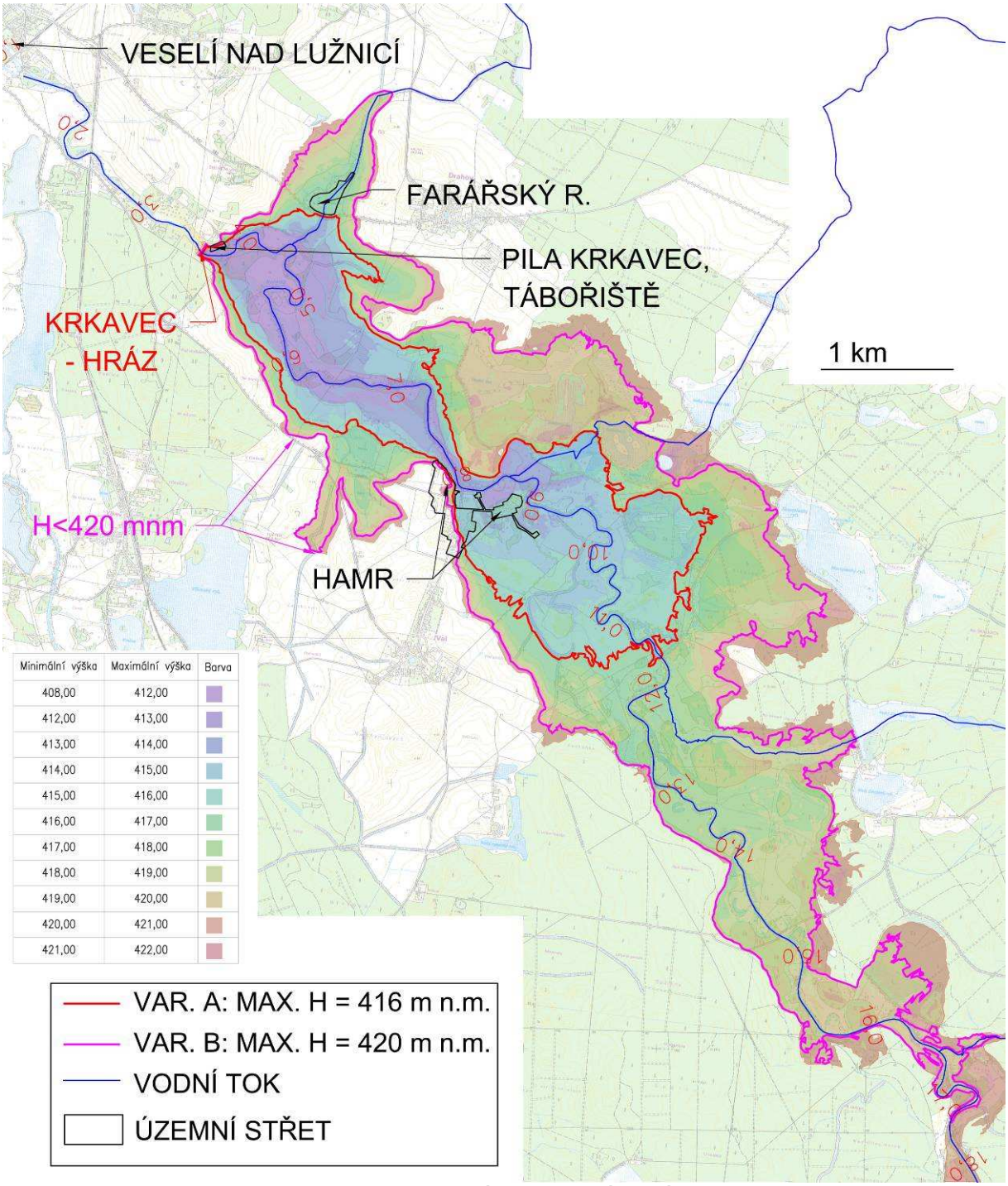
1. Sídla a stavby (usedlosti):
    - Obec Val - místní část Hamr
    - Mlýn Krkavec

- Rekreační středisko Al & Pa Jez Krkavec (tábořiště)
- Usedlosti poblíž jezu Metel: 1) mlýn Metel (ř. km cca 11,5 na pravém břehu), 2) háj Metel cca 0,5 km SSV od jezu Metel
- Další usedlosti (pravděpodobně vesměs chatového charakteru)
  - PB ř. km 7,1 (dle map ZABAGED)
  - LB ř. km 12,8, 15,7
  - PB ř. km 13,9 (Kramářka), 15,4, 16,5

2. Ochrana přírody a krajiny.
   - Farářský rybník (přírodní památka) a jeho ochranné pásmo (kód ÚSOP 1072), ochrana ojedinělých nalezišť leknínu bílého
   - Lokalita je součástí chráněné krajinné oblasti Třeboňsko (kód ÚSOP 32)
   - Lokalita se dotýká evropsky významné lokality Lužnice a Nežárka (kód ÚSOP 2662)
   - zátopa zasahuje do ptačí oblasti Třeboňsko (KOD N2000 CZ0311033)
   - případně i další (např. památné duby u mlýna Metel)
3. Vedení dopravní a technické infrastruktury (např. vedení vysokého napět 22 kV: ř. km 6,45, přívod do obce Hamr, 11,5 poblíž jezu Metel)
4. Zatopení rybníků:
   - Hluboký u Hamru
   - ve var. B mimo Farářského dále Hladov, Šípov (levý břeh Nežárky), Přední Sax, Hluboký Sax, Smíchov I, Smíchov II,
5. Nadmořská výška rozvodnice < 420 m n.m. (nutno ověřit geodetickým zaměřením)
   - silnice III/00352 Veselí n.L. - Val poblíž lokality „U vlčí jámy“ (ZABAGED), cca 200 m před rozcestím Val - Hamr,
   - poblíž lokality „Kužalovi“ (ZABAGED), silnice III/00352 za rozcestím Hamr - Val v místech drobného vodního toku (odvodňovací strouhy - údolnice)

Celková situace zátopy s vyznačením nejzávažnějších územních střetů ukazuje Obr. 22., situace v místní části Hamr je detailněji znázorněna na Obr. 23.

Výše uvedený výčet nemusí být kompletní, tímto tématem se bude nutné při případném rozpracování jedné z variant detailněji zabývat v první řadě s ohledem na katastrální situaci (majetkoprávní poměry), dále i s ohledem na chráněné a hájené zájmy dalších subjektů (dotčené orgány státní správy, vlastníci technick0 a dopravn9 infrastruktury apod.).



Obr. 22 SN Krkavec – zátopa a širší okolí (DMR 4G)

3.F.5.a Varianta A

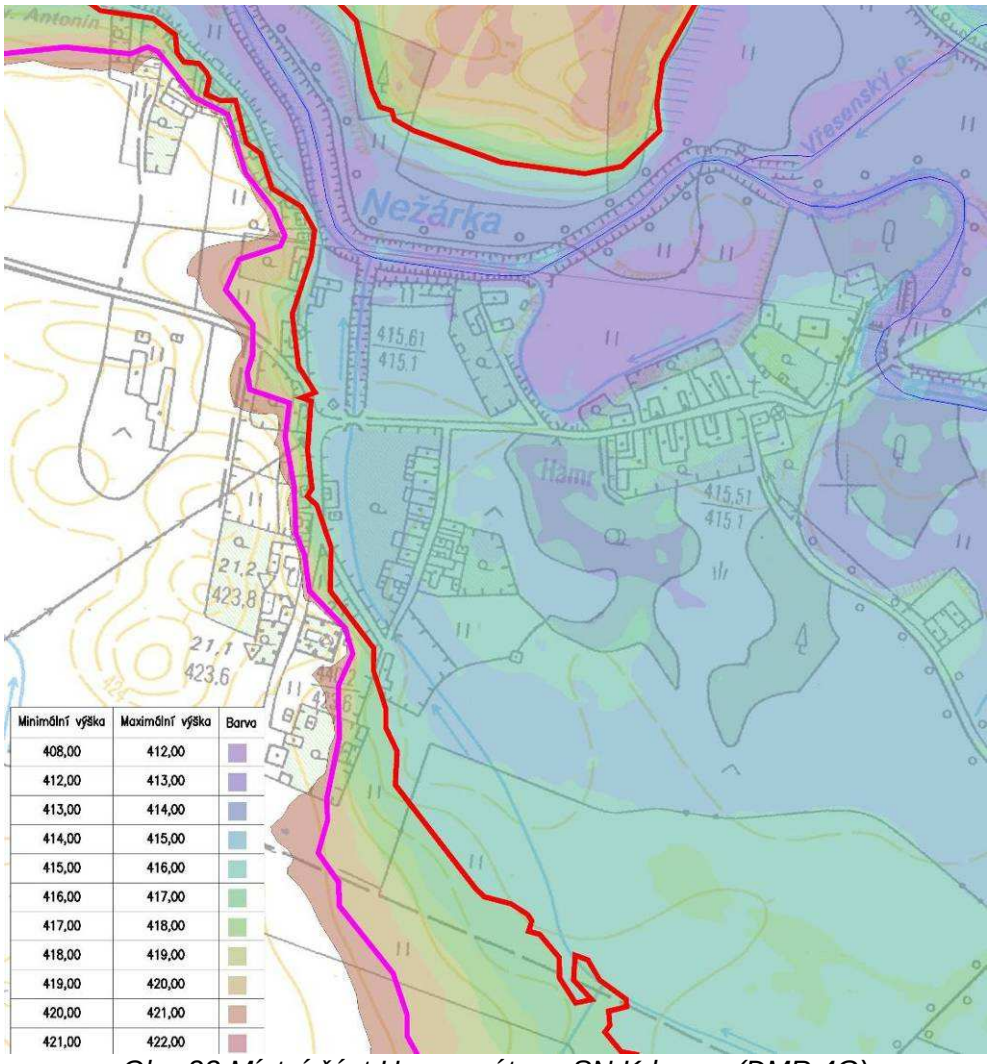
Při potenciální realizaci Var. A („malý Krkavec, maximální hladina 416 m n.m.) bude z výše uvedených střetů při naplněné suché nádrži zatopen Mlýn Krkavec, Rekreační středisko (tábořiště), usedlost na PB při ř. km 7,1, vedení 22 kV ř. km 6,45 a rybník Hluboký u Hamru. Farářský rybník by v tomto případě neměl být zatopen (pouze jeho ochranné pásmo, je nutné posoudit dle skutečného geometrického zaměření). Bez realizace protipovodňových

opatření místní části Hamr dojde k rozlivům do zastavěné části obce již při vzestupu hladiny vody na 414,5 - 415 m n.m. (1,5 - 1 m pod úrovní max. hladiny). - viz. Obr. 23.

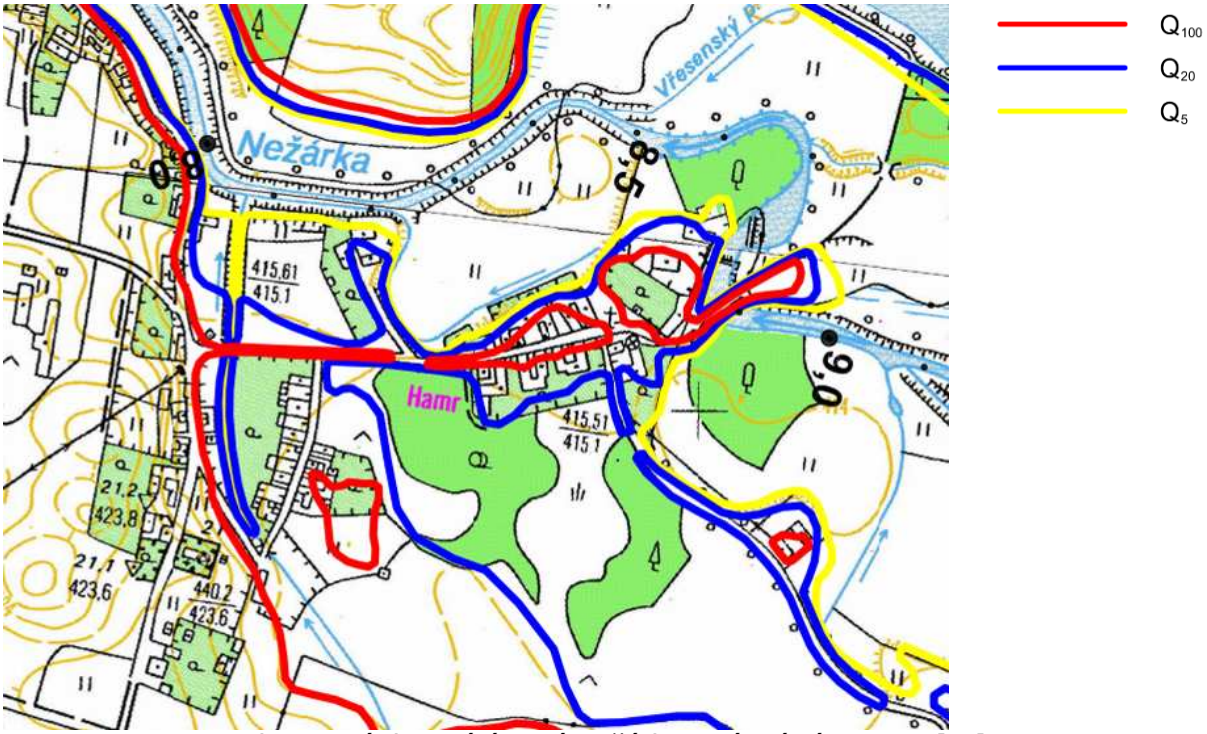
3.F.5.b Obec Val - místní část Hamr

Významná je skutečnost, že místní část Hamr již v současnosti leží v záplavovém území Nežárky (viz Obr. 24) a při průchodu povodní je Hamr již v současnosti postižen. Studie [4] uvádí, že v rámci Koncepce protipovodňové ochrany na území Jihočeského kraje [36] je obec vyhodnocena jako ohrožená s návrhovým stupněm ochrany Q_{20} (stupeň ochrany je v souladu s Plánem hlavních povodí ČR pro rozptýlenou nebo rekreační zástavbu v obcích) Obec je zařazena do Plánu oblasti povodí Horní Vltavy, jejíž návrh protipovodňového opatření patří mezi opatření ostatní (list opatření VH200104). Dále byly v rámci Koncepce protipovodňové ochrany na území Jihočeského kraje pro komplexní analýzu ohroženosti intravilánů povodněmi určeny intravilány obcí a objekty nacházející se v záplavovém území Q_{100}. Výsledkem analýzy je, že v záplavovém území Nežárky při Q_{100} je celkem 30 objektů, 26 bytových jednotek a 40 ohrožených obyvatel.

Případnou realizací PPO by tedy mohl být vyřešeno stávající povodňové ohrožení a jeden z nejvýznamnějších územních střetů.



Obr. 23 Místní část Hamr - zátopa SN Krkavec (DMR 4G)



Obr. 24 Záplavová území Nežárky - místní část Hamr [12]

3.F.5.c Varianta B

Ve variantě B dojde ke všem v úvodu kapitoly 3.F.5 uvedeným územním střetům. S ohledem na hloubku zatopení (cca 5 m) nebude možné realizovat případná PPO obce Hamr (reálně to znamená nutnost přesídlení velké části obce). Z těchto důvodů, jakkoliv by se jednalo o vhodnější řešení z hlediska povodňového řízení, lze očekávat nízkou pravděpodobnost proveditelnosti této varianty

3.G Přírodě blízká protipovodňová opatření v povodí Nežárky

V roce 2011 byla dokončena studie návrhů různých typů opatření zaměřená na povodí Nežárky.

Cílem studie byl návrh přírodě blízkých protipovodňových opatření na části Nežárky, horního toku Kamenice, Žirovnice a Hamerského potoka a na drobných tocích v povodí Nežárky, která by vedla ke snížení povodňových průtoků, respektovala zájmy ochrany životního prostředí, majetkoprávní vztahy a ekonomickou efektivitu navržených opatření. Navrhovaná opatření spočívají ve vytvoření retenčních prostorů, zpomalení povrchového odtoku a vytvoření podmínek pro neškodný přirozený rozliv toků.

Důraz studie byl kladen na přírodě blízká opatření, dle jejich povahy je lze rozdělit na tyto kategorie:

- *Zlepšení retenčních schopností povodí.* Jedná se o podporu rozlivů do niv v úsecích toků mimo zastavěná území. Tímto opatřením dochází obecně ke zpomalení průchodu povodňové vlny – ke zvýšenému efektu transformace povodňové vlny úseky říčních koryt.

- *Opatření na vodních tocích.* Do této kategorie patří odstranění překážek v korytech vodních toků, zvýšení kapacity koryta v intravilánech, návrh ochranných hrází, zdí, mobilních hrazení, úprava jezů.
- *Retenční prostory.* Zde se jedná o možnost návrhu nádrží s vymezeným ochranným prostorem a návrh suchých nádrží.
- *Opatření ke snížení erozní ohroženosti území*. Např. zatravnění, organizační opatření na zemědělských pozemcích apod.

Navržená opatření jsou z pohledu současné koncepce vodního hospodářství správné a je nutné je podporovat. Co se týká možnosti snížení povodňových přítoků do Veselí nad Lužnicí, navržená opatření budou mít spíše lokální význam (lze pochybovat, že dojde k realizaci všech doporučovaných opatření). Povodí Nežárky k profilu Veselí nad Lužnicí má cca 1 000 km^2, Objem povodňové vlny nad dlouhodobým průměrným průtokem Q_a = 12,3 m^3/s je značný (95,7 mil. m^3), k čemuž přispívá významnou měrou i převod vody z povodí Lužnice Novou řekou. Důležité je si též uvědomit, že ačkoliv rozlivy do údolních niv mají tlumící efekt (zpomalení), stále zde dochází k proudění vody a tedy postupu povodňové vlny. V případě povodní extrémních i rozlivy (do inundačního území) v řádů milionů m^3 mohou být nevýznamné.

Závěry zpracované studie jsou sepsány v podobném smyslu – protože se Veselí nad Lužnicí nachází na soutoku Nežárky a Lužnice a protože je málo pravděpodobné, že by došlo k realizaci všech navržených opatření, lze předpokládat pouze minimální protipovodňový efekt navržených přírodě blízkých opatření.

V kombinaci se všemi dalšími opatřeními v povodí Nežárky (Lužnice) je žádoucí každé i zdánlivě málo významné opatření podporovat – celkový efekt všech dílčích zdánlivě nevýznamných opatření již může znamenat nezanedbatelný vliv na průběh povodní a snížení povodňového ohrožení.

4 Hydrologické podklady a charakteristika povodí

Hydrologické podklady představují okrajové podmínky a základní podklad pro řešení vodohospodářských úloh, v tomto případě se jedná zejména o povodňové řízení nádrží (transformace povodňové vlny). Pro tyto případy je nutné znát průběh hydrogramů povodní, tedy nikoliv pouze údaje o průtocích s danou dobou opakování N. Ty jsou postačující, pokud je ochranný objem nádrže v porovnání s objemem povodně zanedbatelný (dimenzování bezp. přelivu – zanedbatelný nebo nulový transformační účinek), lze je využít např. pro odhad přítoku z mezipovodí nebo při řešení stacionárních úloh. Protože je předmětem zájmu soutok dvou významných vodních toků (s řádově podobnými hodnotami N-letých průtoků i objemů), důležité jsou údaje o N-letých průtocích zejména před a pod soutokem Lužnice s Nežárkou.

S ohledem na specifika povodí (velké množství rybníků a vodních ploch) a při uvážení vlivu Nové řeky, která převádí jednosměrně významnou část vody z povodí Lužnice do povodí Nežárky) , je z hydrologického hlediska povodí komplikované. To ostatně potvrzuje i pobočka ČHMÚ České Budějovice, která pro obě řeky zpracovává hydrologické podklady, a která dodala základní hydrologické podklady i pro tuto práci.

4.A Teoretické (návrhové) povodňové vlny

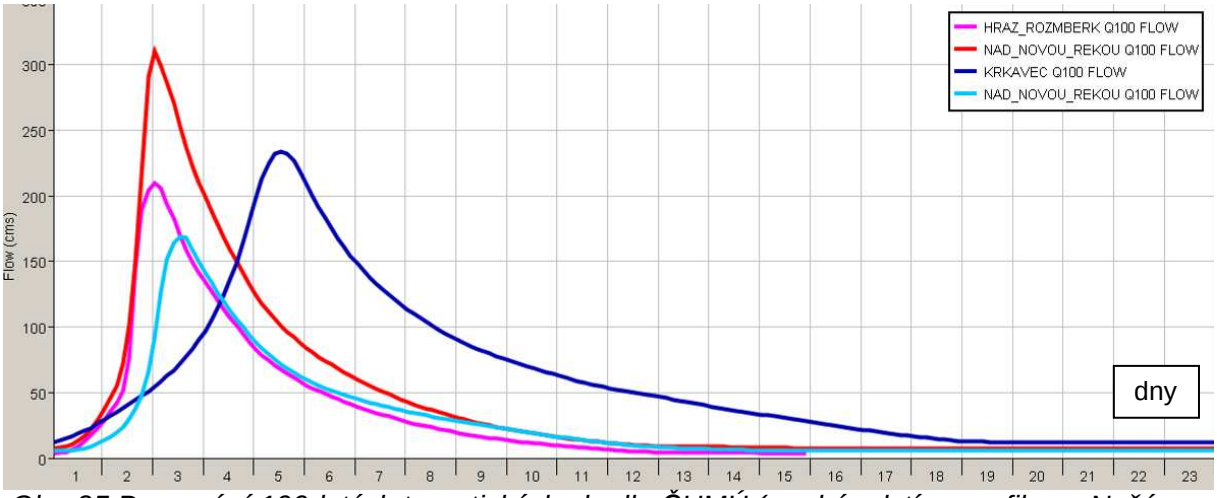
Pro potřeby povodňového řízení suché retenční nádrže Krkavec byla jako návrhová povodňová vlna objednána a použita teoretická povodňová vlna s dobou opakování 100 let

(PV_{100} pro profil Krkavec). Vedle této PV byla rovněž objednána PV_{20} z důvodu odhadu průběhu dalších povodňových vln (N = 10,50,200 a další).

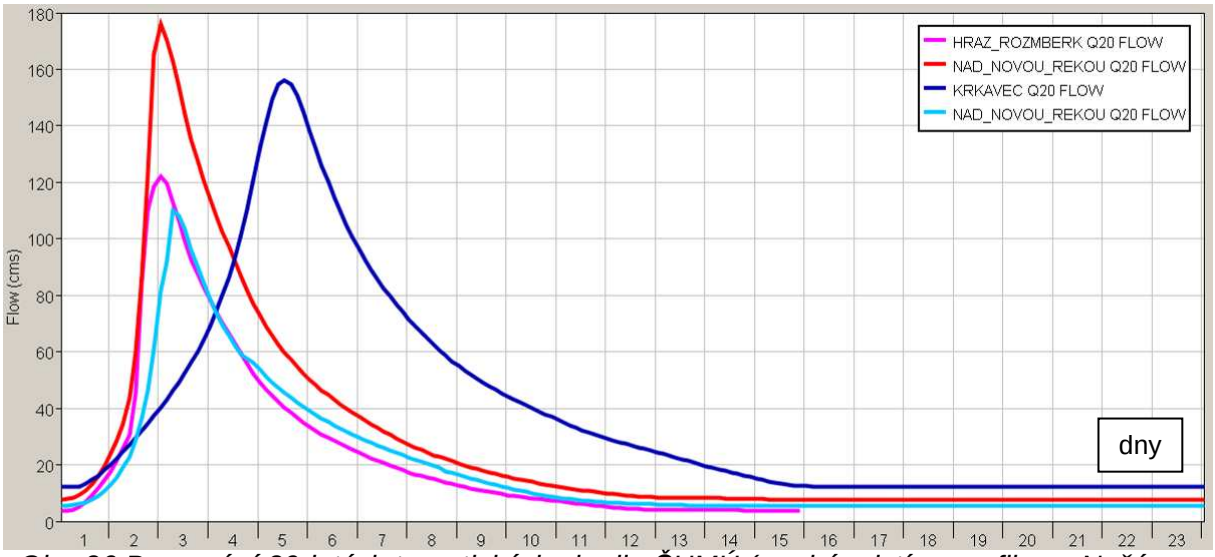
V případě rybníka Rožmberk byly převzaty hydrologické podklady z práce [2]. V rámci této práce byl transformační účinek Rožmberka detailně řešen, výsledky byly v této práci převzaty resp. použity k srovnání simulací provedených výpočetním prostředkem HEC ResSim. Průběh teoretických povodňových vln je v tomto případě vztažen rovněž k hrázi vodního díla. Jako návrhový hydrologický podklad byla rovněž zvolena povodňová vlna s dobou opakování 100 let.

Mimo tyto povodňové vlny byly objednány od ČHMÚ průběhy povodňových vln nad soutokem Nové řeky a Nežárky a nad Novořeckými splavy (N = 20,100).

Vliv Nové řeky na průběhy hydrogramů v profilech pod Novou řekou je zohledněn (viz Obr. 25 a Obr. 26). Hydrogram teoretické povodňové vlny v profilu rybníka Rožmberk má menší kulminační průtok a je méně objemný než hydrogram nad Novou řekou, v případě Nežárky je to naopak. Kopie poskytnutých dat jsou přiloženy na konci zprávy v části 9 (Přílohy).



Obr. 25 Porovnání 100-letých teoretických vln dle ČHMÚ (modrý odstín - profily na Nežárce, červený odstín - profily na Lužnici). Na svislé ose průtok [m^3/s], na vodorovné ose čas [dny]



Obr. 26 Porovnání 20-letých teoretických vln dle ČHMÚ (modrý odstín - profily na Nežárce, červený odstín - profily na Lužnici). Na svislé ose průtok [m^3/s], na vodorovné ose čas [dny]

4.B N-leté průtoky

Nedílnou součástí objednávky teoretických povodňových vln jsou i údaje o N – letých průtocích. Mimo v předchozí kapitole uvedené profily byly objednány N-leté průtoky pro město Veselí nad Lužnicí (pod soutokem a pro Lužnici nad soutokem. Předpokládá se, že Nežárka nad soutokem má s ohledem na nevýznamné mezipovodí cca stejné hodnoty jako pro profil Krkavec.

Mimo tyto nejnověji aktualizované údaje bylo v rámci provedeného řešení a analýz využito i údajů z dalších prací, zejména je to již zmíněná studie [2], dále pak informace uváděné na stránkách ČHMÚ (pro předpovědní profily, údaje uvedené v podkladech [4] až [13]. Rekapitulaci uvádí Tab. 17, s výjimkou profilů uvedených v předchozí kapitole a informací uváděných na stránkách ČHMÚ mají ostatní hodnoty informativní (neaktualizovaný) charakter. V případě nutnosti je třeba objednat u ČHMÚ aktualizovaná data.

N-leté průtoky zohledňují převod vody Novou řekou i snížení průtoků vlivem Rožmberka. Jedná se o statisticky zpracované údaje, které nemohou zohledňovat změny manipulací na vodních dílech. Z těchto důvodů je zřejmé, že podrobné řešení transformačního účinku VD Rožmberk dává jiné výsledky, než statisticky zpracované N-leté průtoky nad a pod hrází vodního díla.

Tab. 17 Rekapitulace N – letých průtoků

		Q_1	Q_2	Q_5	Q_{10}	Q_{20}	Q_{50}	Q_{100}
Nežárka	Lásenice	34	48	69	87	107	136	160
	nad Novou řekou	37	50	70	89	110	142	169
	pod Novou řekou	51	67	93	116	141	179	211
	Hamr	56	*73*	100	124	*152*	194	230
	Krkavec	56	74	103	128	156	198	234
	nad soutokem s Lužnicí	56	74	103	129	157	198	234
Lužnice	Pilař	33	*51*	84	115	*153*	215	270
	nad Novou řekou	38	59	96	132	176	246	310
	Kazdovna	14	27	50	74	103	156	203
	Rožmberk	15	27	60	89	122	169	210
	pod Rožmberkem	9	16	30	45	63	92	120
	nad Miletínským potokem	9.4	17	31	46	65	96	126
	Frahelž	16	21	34	48	68	106	145
	nad soutokem s Nežárkou	23	31	48	65	87	124	160
	pod soutokem s Nežárkou	65	80	111	143	183	251	315
	pod soutokem s Bechyňským potokem	67	87	123	158	200	268	329
	Klenovice	76	104	151	193	240	313	374
Nová řeka	Novořecké splavy	32	45	61	73	84	99	110
	Mláka	34	47	64	76	87	102	113
Bechyňský p.	nad soutokem s Lužnicí	9	16	20	26	32	42	50

Co se týká Novořeckých splavů a dělení průtoků do Staré a Nové řeky, za pozornost stojí, že hodnoty N-letých přítoků k Novořeckým splavům (Lužnice nad Novou řekou) nejsou rovny součtu N-letých průtoků v profilu Kazdovna (Lužnice pod Novou řekou) a profilu Novořecké splavy (Nová řeka) – viz Tab. 18.

Tab. 18 Aritmetický rozdíl N-letých průtoků Lužnice nad Novou řekou a Lužnice pod Novou řekou (Kazdovna)

N	1	2	5	10	20	50	100
Q	24	32	46	58	72	90	107

4.C Soutok Lužnice a Nežárky

V případě soutoku dvou srovnatelně vodných vodních toků (obecně jakéhokoliv soutoku 2 nebo i více vodních toků) je statistické vyjádření velikosti povodně (doba opakování popř. četnost výskytu – periodicita) poněkud složitější. N-letý průtok pod soutokem je vždy menší než součet N-letých průtoků nad soutokem (viz Tab. 17, např. pro 100-leté průtoky 234 m^3 + 160 m^3/s = 394 m^3/s >315 m^3/s). Tato skutečnost je dána vlastnostmi srážko-odtokového procesu. V případě (modelovém), kdy je zasaženo pouze povodí jednoho z vodních toků, intenzita deště (úhrn) dané doby trvání a periodicity je vyšší, než v případě (opět modelovém), kdy jsou zasažena povodí obou vodních toků. Ačkoliv doba opakování průtoku obecně není shodná s dobou opakování srážky (transformaci srážka → průtok ovlivňuje řada dalších faktorů), existuje zde silná korelace. Při zjednodušeném předpokladu, že doba opakování deště způsobí průtok v závěrovém profilu povodí stejné doby opakování, je zřejmé, že srážka doby opakování N vypadnuvší na povodí obou vodních způsobí odtok pod soutokem stejné doby opakování. Protože je intenzita této srážky nižší, než intenzita srážky vypadnuvší pouze na jednom z obou povodí (intenzita klesá se vzrůstající plochou, viz výše), nad soutokem bude mít kulminační průtok kratší dobu opakování než pod soutokem.

Z výše uvedeného rozboru mimo jiné vyplývá, že kulminační průtok pod soutokem dané doby opakování mohou způsobit kombinace různých průtoků obou řek nad soutokem. Mimo jiné zde záleží na časovém průběhu resp. souběhu povodní. Protipovodňová opatření v intravilánech sídel jsou zpravidla dimenzována na stacionární stav – kulminační průtok povodně (nejvyšší dosaženou hladinu). Z těchto důvodů lze přistoupit ke zjednodušení problematiky a situaci řešit schematizací, kdy se předpokládá střet kulminačních průtoků povodní na soutoku Lužnice a Nežárky ve Veselí nad Lužnicí. N-letý průtok pod soutokem je určen součtem různých kombinací průtoků obou řek nad soutokem. Tab. 19 znázorňuje příklady kombinace hydrologických stavů pro doby opakování kulminačního průtoku pod soutokem N = 20, 50, 100 (let). I v tomto případě se jedná o schematizaci, je málo pravděpodobné, že na jedné z řek se vyskytne extrémní povodeň a na druhé řece je malá povodeň (podmíněná pravděpodobnost resp. četnost výskytu bude v tomto případě nízká, narozdíl od případu srovnatelných povodní vyskytnuvších se současně na obou vodních tocích).

Tab. 19 Kombinace průtoků s ohledem na N-letý průtok pod soutokem. Průtok N=200 odhadnut extrapolací, ostatní "mezilehlé" průtoky interpolací (viz kapitola 3D.

Q [m^3/s], N [roky]	Q	N	Q	N	Q	N	Q	N	Q	N	Q	N
Pod soutokem (Q_{100})	315	100	315	100	315	100	315	100	315	100	315	100
Nežárka nad soutokem	234	100	198	50	273	200	155	20	191	43	113	7
Lužnice nad soutokem	81	17	117	43	42	4	160	100	124	50	202	200

Tab. 19 - pokračování

Q [m^3/s], N [roky]	Q	N	Q	N	Q	N	Q	N	Q	N	Q	N	Q	N
Pod soutokem (Q_{50})	251	50	251	50	251	50	251	50	251	50	251	50	251	50
Nežárka nad soutokem	198	50	234	100	156	20	127	10	91	3	164	24	49	<1
Lužnice nad soutokem	53	7	17	<1	95	25	124	50	160	100	87	20	202	200

Tab. 19 - pokračování

Q [m^3/s], N [roky]	Q	N	Q	N	Q	N	Q	N	Q	N
Pod soutokem (Q_{20})	183	20	183	20	183	20	183	20	183	20
Nežárka nad soutokem	156	20	128	10	103	5	23	<1	96	4
Lužnice nad soutokem	27	1	55	7	80	16	160	100	87	20

4.D Odvozené hydrologické podklady

Pro potřeby zhodnocení definovaných scénářů s ohledem na modelové hydrologické situace, kdy bylo třeba pro danou doplňkovou povodeň odhadnout N-letost této povodně, byly diskrétní hodnoty řady N-letých průtoků po zlogaritmování nahrazeny spojitou funkcí (polynom 3. stupně). Potom již bylo možné interpolovat, resp. i extrapolovat (odhad průtoku s dobou opakování 200 let). Rovnice těchto aproximací uvádí Tab. 21. V této tabulce je uveden i odhad přítoku z mezipovodí pro danou N-letost povodně na Lužnici. Tyto hodnoty byly určeny jako rozdíl řad N – letých průtoků v profilu Lužnice nad soutokem s Nežárkou a profilu Lužnice – pod rybníkem Rožmberk (viz Tab. 17, Tab. 20). Studie [2] (část A. Souhrnná zpráva, str. 13) uvádí, že "na základě zkušeností provozovatele rybniční soustavy pod. r. Rožmberk se velikost ovlivněného přítoku z mezipovodí pod r. Rožmberk nad zaústěním Nežárky při stoleté povodni odhaduje na 15 $m^3.s^{-1}$". To je o 25 m^3/s méně, než přítok z mezipovodí odhadnutý výše popsaným způsobem.

Tab. 20 N-leté přítoky z mezipovodí (rozdíl profilů)

N	1	2	5	10	20	50	100
Přítok z mezipovodí Rožmberk - Veselí nad Lužnicí [m^3/s]	14	15	18	20	24	32	40

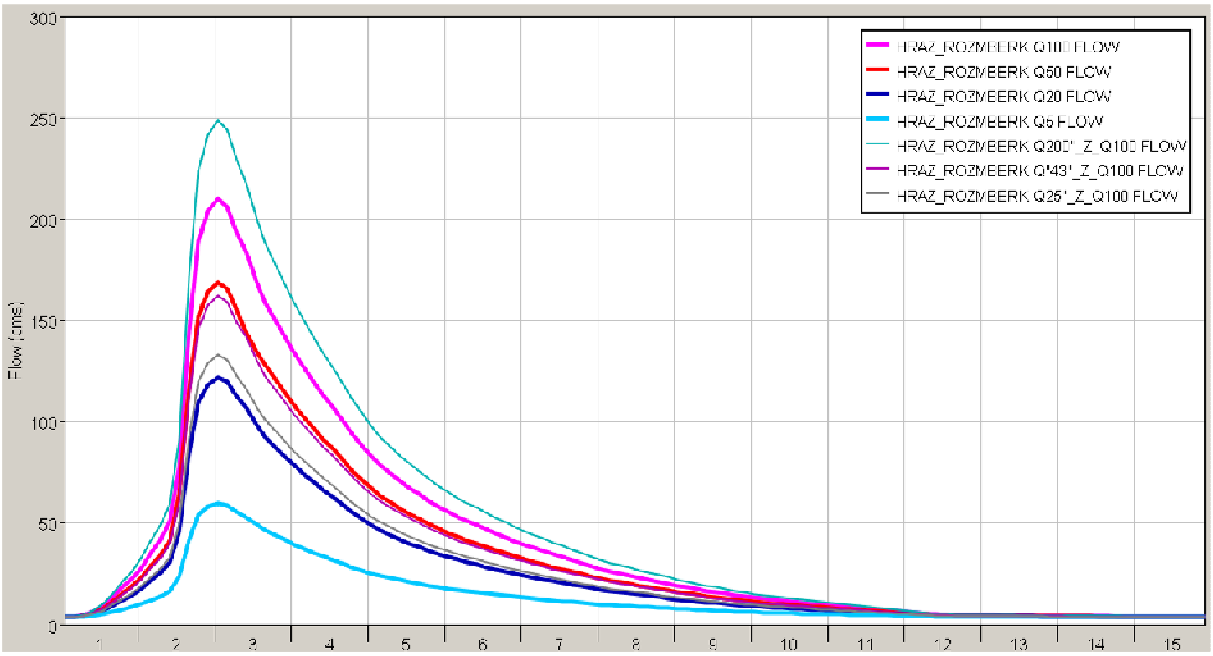
Tab. 21 Interpolace (extrapolace) N-letých průtoků

Profil	Rovnice
Pod soutokem	$Q_N = 0{,}454*LN^3(N) + 5{,}.754*LN^2(N) + 18{,}167*LN(N) + 64{,}8$
Lužnice nad soutokem	$Q_N = 0{,}324*LN^3(N) + 2{,}739*LN^2(N) + 10{,}261*LN(N) + 22{,}8$
Nežárka nad soutokem	$Q_N = 0{,}065*LN^3(N) + 2{,}759*LN^2(N) + 24{,}577*LN(N) + 55{,}9$
Lužnice-hráz Rožmberka	$Q_N = -0{,}584*LN^3(N) + 8{,}450*LN^2(N) + 15{,}848*LN(N) + 14{,}1$
Přítok z mezipovodí	$Q_N = 0{,}194*LN^3(N) – 0{,}070*LN^2(N) + 1{,}568*LN(N) + 13{,}9$

S ohledem na povodňové řízení – úlohu transformaci povodňové vlny v nádrži – byly mimo N-leté průtoky odvozeny i povodňové vlny. V případě rybníka Rožmberk v rámci řešení studie [2] byly od ČHMÚ objednány teoretické povodňové vlny dob opakování N = 5, 20, 50, 100 let. Tyto povodňové vlny se vyznačují geometrickou podobností (povodňové vlny mají shodnou dobu trvání a průběh) – povodňovou vlnu doby opakování N lze odvodit z povodňové vlny N=100 podle vztahu:

$$Q_{N,i} = \frac{(Q_N - Q_a)}{(Q_{100} - Q_a)} \cdot (Q_{100,i} - Q_a) + Q_a ,$$

kde $Q_{N,i}$ je hledaná pořadnice hydrogramu N-leté teoretické povodně, Q_a je dlouhodobý průtok (3,6 m^3/s), $Q_{100,i}$ je známá pořadnice 100-leté povodně, Q_{100} je kulminace povodňové vlny (průtok s dobou opakování N = 100). Hydrogramy viz Obr. 27.



Obr. 27 Teoretické PV pro N = 100, 50, 20, 5 dle studie [2] a odvozené povodňové vlny

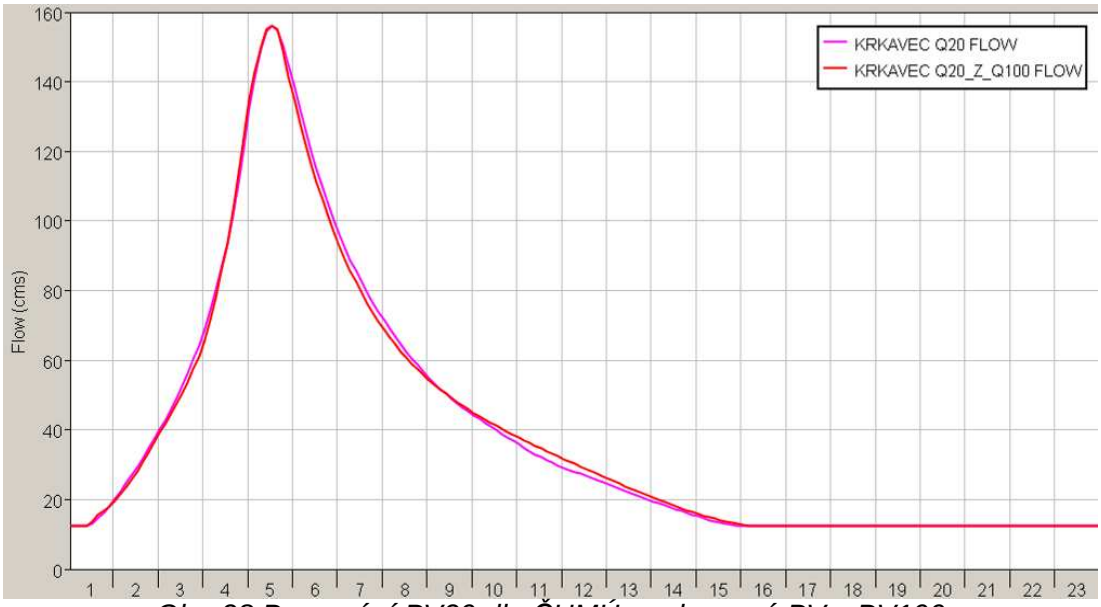
V případě povodňových vln v profilu Krkavce byly objednány teoretické povodňové vlny s dobou opakování N = 100 a 20. 100-letá povodňová vlna je uvažována jako návrhová povodňová vlna (*design flood*). V tomto případě je časová základna100-leté povodně delší než povodně 20-leté. Odvození povodňových vln bylo provedeno tak, aby tuto skutečnost respektovalo.

Odvození povodňových vln bylo provedeno v těchto krocích:

1. Odvození N-leté povodňové vlny bez respektování rozdílné časové základny povodně (shodně s výše uvedeným postupem pro profil rybníka Rožmberk)
2. Modifikace povodně odvozené v předchozím kroku s ohledem na odvozené doby trvání vzestupné resp. sestupné větve (t_{vz}, t_{ses}). Tyto hodnoty byly odvozeny jako funkční závislost t_{celk} resp. $t_{ses.}$ = f(LN(N)) lineární interpolací (viz Tab. 22). V tomto kroku dochází ke změně časových pořadnice hydrogramu odvozeného v bodě 1), a to na základě poměrů časových základen vzestupné a sestupné povodně.
3. V dalším kroku byly pro potřeby simulačního modelu (transformace povodňové vlny v programovém prostředku HEC-ResSim) dopočteny pořadnice průtoků v celých časových intervalech (3-hodinových).
4. Výše uvedeným způsobem je získán hydrogram o stejném kulminačním průtoku, avšak nižšího objemu (zjištěno referenčním porovnáním odvozené PV20 a skutečné PV 20 dle ČHMÚ). Poměrem (vyčísleným pro vzestupnou i sestupnou větev PV) těchto rozdílů byly pořadnice hydrogramů dle kroku 3 zvýšeny – k pořadnicím byly přičteny postupně vzrůstající hodnoty DQ (celkový objem se rovná výše uvedenému rozdílu).
5. Způsobem uvedeným v bodě 4) došlo ke zvýšení kulminačního průtoku a sousedních nejvyšších pořadnic. Posledním krokem byla jejich redukce na hodnotu Q_N (ručně). Porovnání PV 20 dle ČHMÚ a odvozené PV 20 ukazuje Obr. 28.

Tab. 22 Odvozené doby trvání povodní

N	1	2	5	7	10	20	24	43	50	100	200
$t_{vz.}$	83	87	92	94	96	**99**	101	104	105	**108**	113
$t_{ses.}$	114	150	196	213	231	**264**	276	306	313	**345**	384
$t_{celk.}$	197	237	288	307	327	**363**	377	410	418	**453**	497



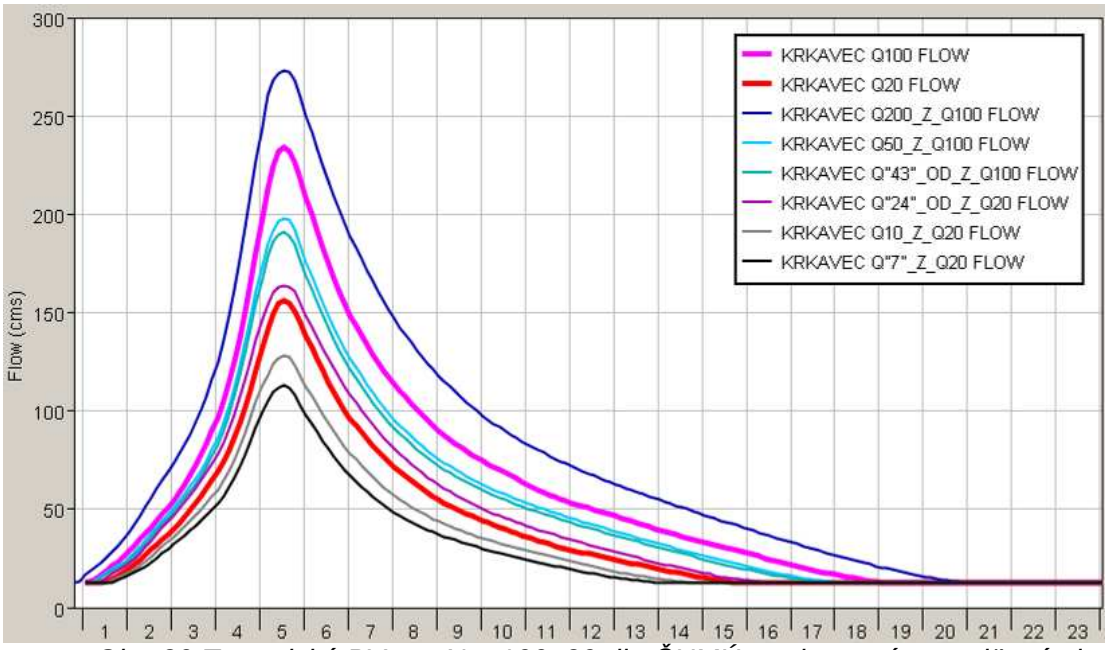
Obr. 28 Porovnání PV20 dle ČHMÚ a odvozené PV z PV100

Uvedený postup lze považovat pro potřeby studie jako dostačující[11], odvozené PV viz Obr. 29.

4.E Historické povodně

Historické povodně představují nezastupitelný hydrologický podklad. Z historických pozorování jsou odvozovány teoretické návrhové podklady, rekapitulací povodně lze získat cenné informace o průběhu povodně a o vlastnostech povodí. Pro případné navazující práce jsou níže uvedeny zjištěné hydrologické podklady. Samotné vodohospodářské řešení je v této studii postaveno na teoretických povodňových vlnách (viz kapitola 7), mimo to byly možnosti transformačního účinku posuzované suché retenční nádrže Krkavec ověřeny na jarní povodni 2006, pro kterou zadavatel studie poskytl časový průběh povodně, a kterou lze především svým objemem řadit mezi velmi významné povodně. Povodňová vlna 2002 v profilu Hamr (dle stejného zdroje – PVL; dle ČHMÚ byla povodeň 2002 N = 50 -100, viz dále nesoulad hydrologických podkladů), jejíž kulminační průtok byl jen o málo nižší (188,4 m^3/s x 173,6 m^3/s) je i objemem srovnatelná s teoretickými povodněmi (viz Tab. 26).

[11] Reálné povodňové vlny shodné popř. podobné kulminace se od teoretické povodně mohou i značně odlišovat, mimo to je třeba uvažovat typ povodně (letní, zimní) apod. Tuto skutečnost vystihl např. např. Huber, Dickinson, Barnwell, (1992): „*A synthetic design event is one that ‚never really happened.‘* " (teoretická návrhová povodeň se nikdy skutečně nevyskytne.



Obr. 29 Teoretické PV pro N = 100, 20 dle ČHMÚ a odvozené povodňové vlny

V rámci výzkumného projektu VaV SM/2/57/05 (Dlouhodobé změny poříčních ekosystémů v nivách toků postižených extrémními záplavami) byl publikován na stránkách udržovaných katedrou fyzické geografie a geoekologie přírodovědecké fakulty University Karlovy v Praze tzv. " Atlas povodní v povodí Vltavy po Orlík". Zde jsou publikovány údaje o historických povodních mezi lety 1961 až 2007 pro povodí Lužnice a Nežárky (mimo další). Mimo to jsou pro vybrané významné historické povodně publikovány i podrobnější informace (kulminační průtoky a hydrogramy v profilech provozovaných ČHMÚ, údaje o srážkách ad.). Výčet povodní, kdy se na některém ze sledovaných profilů vyskytl alespoň dvouletý průtok je uveden v Tab. 23.

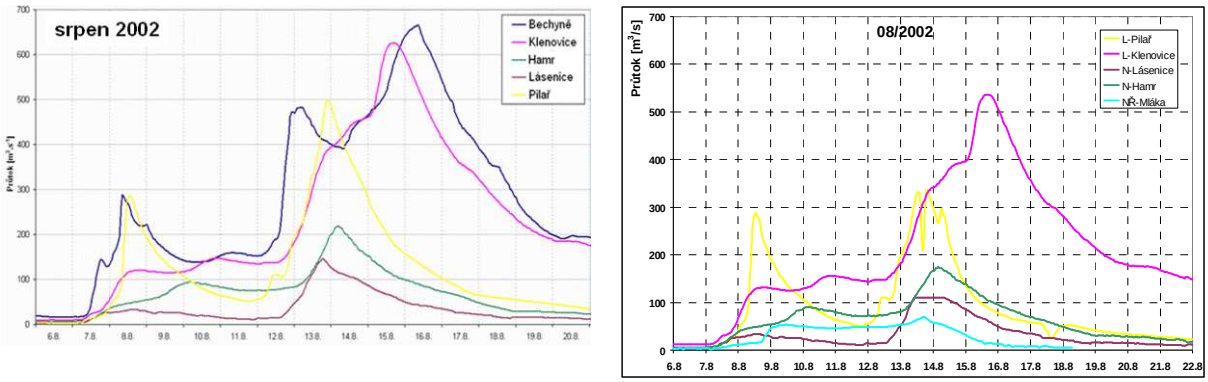
Tab. 23 Historické povodně v povodní Lužnice a Nežárky {36]. Hvězdičkou jsou označeny povodně, o kterých byly zveřejněny podrobnější informace

Datum	Pilař	Kazdovna	Frahelž	Klenovice	Lásenice	Hamr	Mláka
IX.1890*	20-50			50			
X.1915*	20			10-20		10-20	
IV.1917*	10			5		10-20	
I.1920*	2-5			5-10		5-10	
VIII.1925*	20-50			5			
V.1962	5		1	2	1	2	5
X.1964	2						1
III.1965	2		2	2	2	5	5
IX.1964			2			2	2
X.1964	5		2	2	5	2	5
XI.1965*	10		10	5	2	5	5
XII.1965	2		2	2	5	2	1
VIII.1966	2		2		2	2	5
IX.1966	2		2	2		2	2
II.1967				2	2	2	
VI.1967	5	2	2	2		2	5

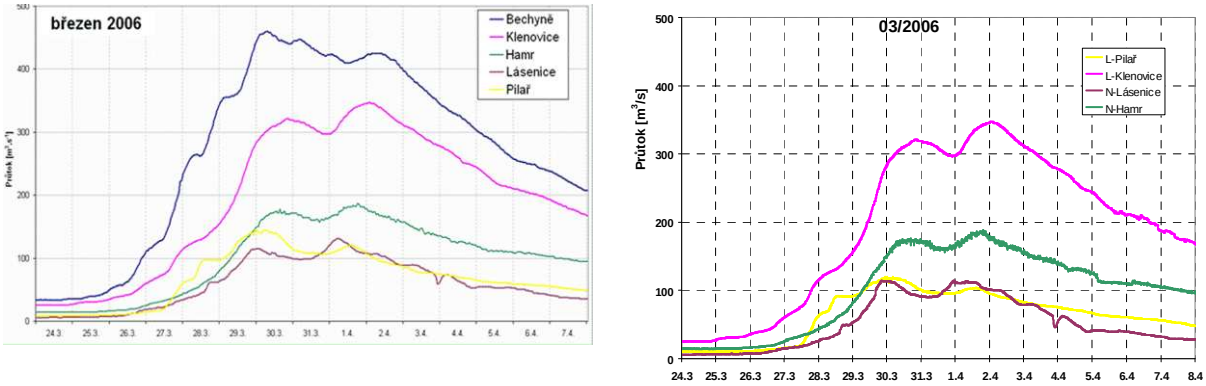
Datum	Pilař	Kazdovna	Frahelž	Klenovice	Lásenice	Hamr	Mláka
I.1968	1		2	2	2	2	2
III.1970	2	1		2	1	2	
XI.1970	2	1					
IV.1972					2		
VI.1972	2	1					
VII.1974	2	1	2	1		1	1
XII.1974	2	2		2			5
XII.1975			5		5		
I.1976	1			2	2	2	
XI.1976		2					
II.1977	2		2	2	1	5	
III.1977	2	5	2	2		2	2
VIII.1977	1			2		5	
XII.1977			2				
IV.1979	1	2	5	2		2	1
IV.1980	1			2		1	
V.1980			5				1
XI.1980		2					
III.1981					2	2	
II.1982					2		
VI.1986					5	1	1
III.1987					5	10	2
IV.1987			2				
VII.1987	2	1	2		5	2	1
III.1988*	2-5		2	10	2-5	10	5
VIII.1991	2						1
III.1993	2			1	1	1	
IV.1996	2			1		2	2
V.1996	5	5	5	2		2	5
VII.1997	2					1	1
III.1999				2	1	1	
III.2002	1		2	2		2	1
VIII.2002*	>100	100	100	>100	50-100	50-100	10
IX.2002			2	2			
X.2002	2		5	5		2	2
I.2003				2	1		
III.2005	2			5	5	2	
III.-IV.2006*	20	20	20	50-100	20-50	20-50	
IV.2006							
V.2006*	<1			2	1	1	
VII.2006	10-20			5	1	2-5	
VIII.2006*	10			2		2	
IX.2007	2						

Zadavatel studie mimo jiných podkladů poskytl hydrogramy povodňových událostí z posledního desetiletí. Pro povodňové řízení jsou důležité významnější povodně (2002, 2006). Analýzou obou těchto podkladů byly zjištěny odlišnosti v hydrogramech některých profilů. Tyto rozdíly jsou ukázkou problematiky vyhodnocení povodní (obzvláště těch katastrofálně velkých), kdy např. může dojít k selhání měřícího zařízení (to je

pravděpodobně případ srpnové povodně 2002, limnigraf v profilu Pilař dle podkladů PVL – viz Obr. 30, měrné křivky mohou být mimo rozsah své platnosti, v rámci vyhodnocování povodní dochází k aktualizaci údajů apod. Tuto problematiku ukazuje Obr. 30, Obr. 31 a Tab. 24 z kterých jsou zřejmé rozdíly mezi výše uvedenými podklady.



Obr. 30 Srpnová povodeň 2002 – vyhodnocení dle projektu VaV SM/2/57/05 [36] (vlevo) a dle podkladů PVL (vpravo)



Obr. 31 Jarní povodeň 2006 – vyhodnocení dle projektu VaV SM/2/57/05 [36] (vlevo) a dle podkladů PVL (vpravo)

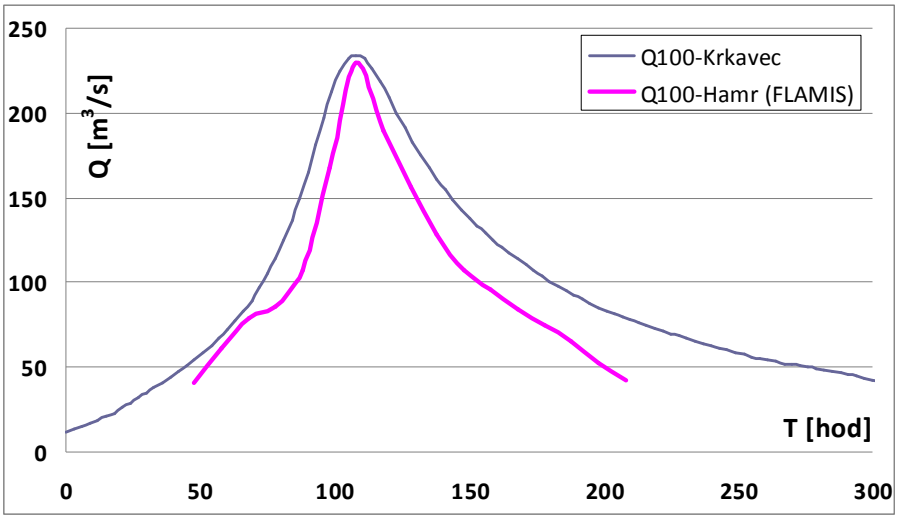
Tab. 24 Rozdíly mezi kulminačními průtoky vyhodnocených v rámci projektu VaV SM/2/57/05 [36] a poskytnutých zadavatelem

Událost / profil	Pilař	Lásenice	Hamr	Klenovice
Srpen 2002 [36]	498	147	220	625
Srpen 2002 PVL	336	110	174	537
Jaro 2006 [36]	146	131	187	347
Jaro 2006 PVL	120	114	188	347

4.F Historický vývoj návrhových hydrologických podkladů

Historickým vývojem prochází samozřejmě i poskytované teoretické podklady (ČHMÚ), a to na základě zejména nově se vyskytnuvších povodňových epizod, na základě kterých mohou být poskytované základní hydrologické podklady i významně změněny (aktualizovány). Hydrogram teoretické povodňové stoleté povodně (resp. i ostatních povodní daných dob opakování) v profilu Hamr, jež byl použit pro VH řešení suché nádrže Krkavec v rámci výzkumného projektu FLAMIS [1], došel významné aktualizace s ohledem na objemnou

povodňovou událost z jara 2006. Teoretická stoletá povodňová vlna, která byla objednána pro profil Krkavec (pouze nevýznamný rozdíl oproti profilu Hamr, $Q_{100,Hamr}$ = 230 m^3/s, $Q_{100,Krkavec}$ = 234 m^3/s) je významně objemnější než původní vlna pro profil Hamr. To ukazuje



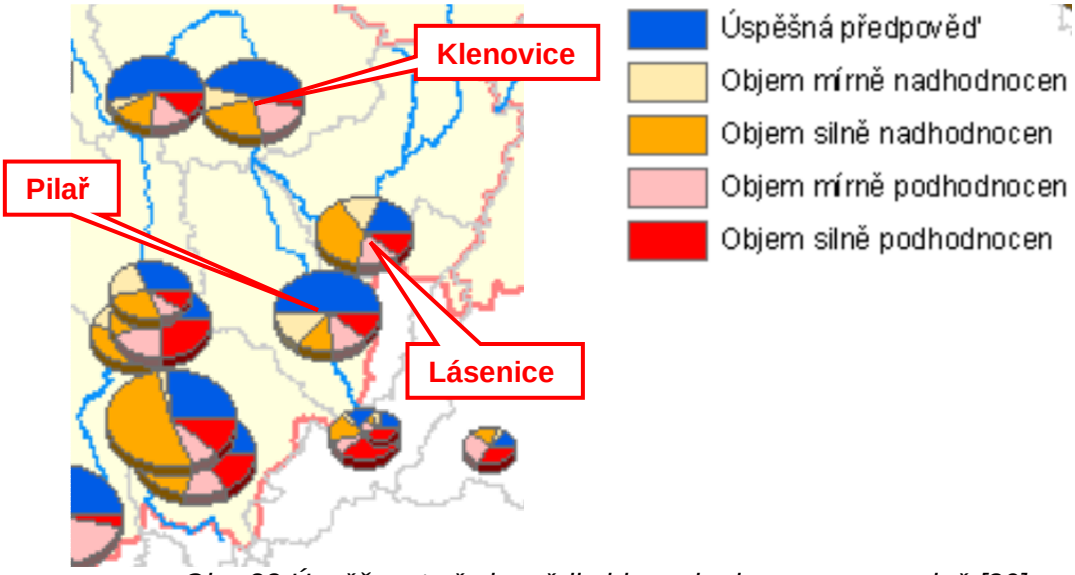
Obr. 32 Rozdíl mezi původní $PV_{100,Hamr}$ a aktualizovanou $PV_{100,Krkavec}$

4.G Možnosti hydrologické předpovědi v povodí

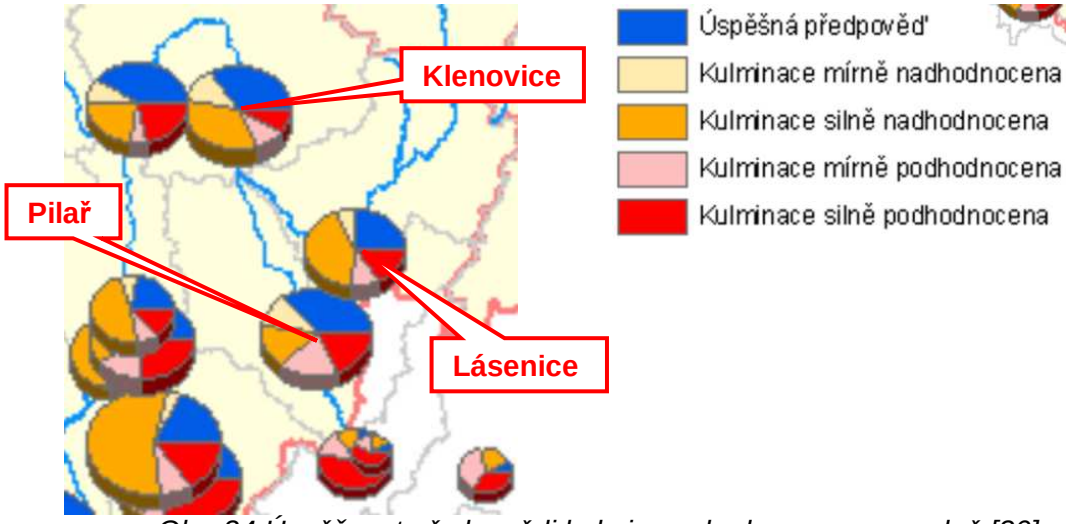
Základní údaje o možnostech hydrologické předpovědi v povodí lze nalézt na stránkách ČHMÚ. Řešitelé (Vlasák, Daňhelka) v rámci řešení projektu vyhodnotili úspěšnosti hydrologických předpovědí pro sledované profily v povodí Labe pro různé sledované parametry (hodnocení předpovědí objemu odtoku, hodnocení předpovědí max. průtoku, Nash Sutcliffe lead time atd.). Na Obr. 33 - Obr. 35 jsou uvedeny 3 druhy možných vyhodnocení. V případě vyhodnocení úspěšnosti objemu popř. kulminace (Obr. 34, Obr. 35) jsou za úspěšnou předpověď považovány odchylky do ± 20 %, za mírně nadhodnocenou resp. podhodnocenou předpověď odchylky ± (20 – 40) %. Pro hodnocení možností časového předstihu předpovědi je možné využít tzv. Nash-Sutcliffe koeficient N_r, který je definován jako:

$$N_r = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{N}\left(Q_{sim,i} - Q_{poz,i}\right)^2}{\sum_{i=1}^{N}\left(Q_{poz,i} - \overline{Q_{poz}}\right)^2}$$

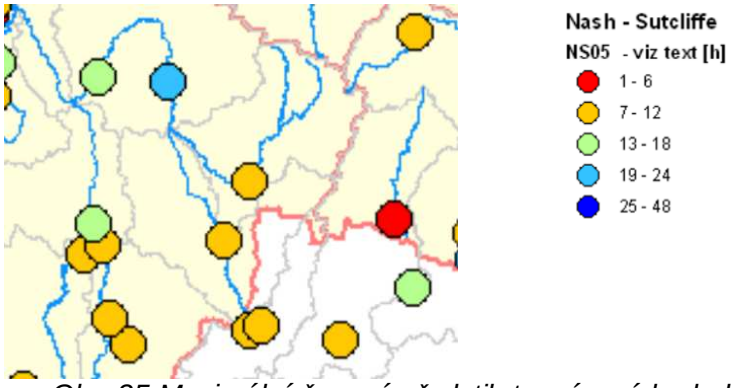
kde $Q_{sim,i}$ je *i*-tá pořadnice simulovaného (předpovídaného) průtoku, $Q_{poz,i}$ je *i*-tá pořadnice pozorovaného průtoku a $\overline{Q_{poz}}$ je střední hodnota pozorované řady. Součinitel N_r se pohybuje v intervalu (-∞;1>, v případě teoretické úplné shody mezi porovnávanými hydrogramy je součinitel rovný jedné. Obr. 35 zobrazuje maximální časový předstih termínové předpovědi, u kterého hodnocení pomocí koeficientu N_r je větší než 0.5. Pro profil Pilař a Lásenice je to 7 – 12 hodin. S ohledem na vzdálenost Rožmberka i Krkavce od těchto profilů lze očekávat obdobné časové možnosti předpovědi.



Obr. 33 Úspěšnost předpovědi objemu hydrogramu povodně [36]



Obr. 34 Úspěšnost předpovědi kulminace hydrogramu povodně [36]



Obr. 35 Maximální časový předstih termínové hydrologické předpovědi [36]

5 Manipulační pravidla na vodních dílech

Manipulace na vodních dílech (zejména na nádržích) při povodních ovlivňují průběh a efektivitu povodňového řízení. Možnosti povodňového řízení předurčuje vztah ochranného prostoru (resp. objemu, v kterém je možno objem povodňové vlny zachytit), objemu povodňové vlny a odtoku (neškodného) z nádrže v průběhu jejího plnění (viz kapitola 6.A.2).

V průběhu povodně lze budoucí vývoj situace pouze odhadovat. Řízení nádrží a VH soustav je příkladem řízení v podmínkách stochastické neurčitosti. Nejčastějším způsobem manipulace je v našich podmínkách (s ohledem právě na výše uvedenou neurčitost) udržování neškodného odtoku ($O_{neš}$) z nádrže až do naplnění ochranného prostoru (resp. dokud voda nevystoupí do vodoprávně projednané maximální hladiny v nádrži h_{max}). Potom je třeba vypouštět odtok tak, aby se hladina dále nezvyšovala (teoreticky náhle zvýšit velikost odtoku na hodnotu rovnou přítoku, prakticky s ohledem na rázovou vlnu postupné zvyšovat odtok, a to zpravidla ještě před tím, než hladina dosáhne h_{max}). Obecně může $O_{neš}$ nabývat různých hodnot (např. s ohledem na výšku hladiny a velikost přítoku do nádrže, vegetační období apod.), nejčastěji $O_{neš}$ = konst. Tyto obecné hlavní zásady manipulačních pravidel jsou shodné s manipulací na stávajícím i nově navrhovaném VD Rožmberk a stejně tak jsou základem vodohospodářského řešení suché retenční nádrže Krkavec.

5.A VD Rožmberk

Způsob řízení nádrže při povodni stanovuje současný manipulační řád (VODOINVEST s.r.o., 2004). Studie [2] tyto pravidla souhrnně rekapituluje.

5.A.1 Stávající stav

V současnosti se na vodním díle manipuluje při povodních dle těchto zásad:

- Hranici zásobního (hospodářského) prostoru V_z a ochranného (retenčního) prostoru V_r představuje úroveň 426,00 m n.m.
- Při příchodu povodně se nejprve plní V_z, k vypouštění odtoku se přednostně využije odtok na MVE.
- pokud hladina v nádrži dosáhne úrovně 426,00 m n.m. a přítoky do nádrže jsou vyšší než kapacita MVE, otevírá se hlavní základová výpust až do hodnoty $O_{neš}$ = 30 m^3/s (současná vodoprávně odsouhlasená hodnota neškodného odtoku).

  Pozn.: Dle dodatku studie [3] je kapacita hlavní základové výpusti při hladině 426,00 m n.m. 2x12,38 m^3/s = 24,76 m^3/s < 30 m^3/s < $O_{neš}$. Hodnotu $O_{neš}$ = 30 m^3/s dosáhne výpust až při dosažení 427,65 m n.m (viz Tab. 3). Spolu s odtokem na MVE je při hladině 426 m n.m. možné vypouštět 29,34 m^3/s, V případě využití i vedlejší výpusti Adolfky je možné vypouštět při hladině 426 m n.m. celý neškodný odtok $O_{neš}$ = 30 m^3/s.
- po dosažení kóty 427,17 m n.m. (úroveň koruny pevného bezpečnostního přelivu, dle [6] 427,20 m n.m.) začne voda přepadat přes bezpečnostní přeliv. Základové výpusti se postupně uzavírají tak, aby odtok z nádrže nepřesáhl $O_{neš}$ = 30 m^3/s. Jako poslední se uzavírá MVE.
- Po úplném uzavření zákl. výpustí nastává neovladatelný stav – voda odtéká z nádrže pouze neovladatelným bezpečnostním přelivem, velikost odtoku je funkcí hladiny

vody v nádrži a kapacity přelivu (viz Tab. 4. – dle nově vypočtené konsumční křivky dle [2] se jedná o hladinu v nádrži 428,02 m n.m. a vyšší).

- Vystoupí-li hladina až na kótu 428,45 m n.m. a přítoky do nádrže mají stále stoupající tendenci, provádí se postupné sklápění střední části česlových polí.
- Při poklesu průtoku na bezpečnostním přelivu pod 30 m^3/s se výpusti opět otevírají (přednostně MVE).

5.A.2 Nově navrhovaný stav (zvýšení retence)

Vodohospodářské řešení ochranné funkce v rámci studie [2], [3] předpokládá níže popsaná manipulační pravidla (z mnoha variant rekonstrukce bezpečnostního přelivu byla vybrána úprava přelivu se sklopnými tabulemi).

- Hranici zásobního (hospodářského) prostoru V_z a ochranného (retenčního) prostoru V_r představuje stejně jako v předchozím případě úroveň 426,00 m n.m.
- Nově navrhovaná maximální hladina v nádrži je navrhována na úrovni h_{max} = 429,15 m n.m.
- Nově navrhovaný neškodný odtok z nádrže je navržen resp. uvažován jako Oneš = 40 m3/s (po prověření vlastností území pod Rožmberkem).
- Úprava bezpečnostního přelivu je navrhnuta jako rekonstrukce stávající předsazené česlové stěny. Dojde ke zvýšení pilířů, sklopných česlí, lávky a nově budou instalovány sklopné tabule (za česlovou stěnou).)Vrchní okraj sklopných tabulí je na kótě 428,85 m n.m. Až do této úrovně je odtok bezpečnostním teoreticky nulový. Prakticky je nutné očekávat odtok vlivem netěsností. Ten byl dle [6] odhadnut na cca 5 m^3/s při nově navrhované maximální hladině v nádrži h_{max} = 419,15 m n.m. Celkový odtok zahrazeným bezpečnostním přelivem je dle [6] 42 m^3/s (přepad přes zahrazené tabule, délka přepadové hrany 138,4 m, přepad. paprsek 0,3 m) + 5 m^3/s (netěsnosti) = 47 m^3/s. Tato hodnota je o 7 m^3/s vyšší než je navržený neškodný odtok $O_{neš}$ = 40 m^3/s.
- Návrh prostředních 2 polí (celkem 6 tabulí) představuje osazení motoricky ovladatelných tabulí, které je možné vyhradit a opět zahradit. To umožňuje regulaci průtoků při h_{max} = 429,15 m n.m. v rozmezí 47 m^3/s (neovladatelný přepad přes tabule + netěsnosti) až 97,5 m^3/s (vyhrazených 6 tabulí, zbytek zahrazený) [6].
- S ohledem na nově stanovenou konsumční křivku hlavní základové výpusti dle [3] není fyzicky možné prázdnit nádrž hodnotou neškodného odtoku (viz Tab. 3). V případě využití MVE i Adolfky k prázdnění nádrže je při hladině 426,00 m n.m. možné vypouštět max. 34,89 m^3/s. Jak bylo uvedeno v kap. 3.B.4.b, ovládací plošina vedlejší základové výpusti Adolfka se při zvýšení hladiny v nádrži na kótu 427,7 m n.m. zatopí a není dále možno s toto manipulovat. Proto je její kapacita uvažována pouze do této hodnoty (odtok z výpusti by při vyšších povodních neovladatelně zvyšoval odtok z nádrže).
- Při uvážení výše uvedených skutečnostech jsou zásady manipulace při povodňových průtocích následující:
    - Hranici zásobního (hospodářského) prostoru V_z a ochranného (retenčního) prostoru V_r představuje úroveň 426,00 m n.m.
    - Při příchodu povodně se nejprve plní Vz, k vypouštění odtoku se přednostně využije odtok na MVE.

- pokud hladina v nádrži dosáhne úrovně 426,00 m n.m. a přítoky do nádrže jsou vyšší než kapacita MVE, otevírá se hlavní základová výpust popř. i vedlejší základová výpust Adolfka až do hodnoty maximální kapacity těchto výpustí (max. kapacita je nižší než $O_{neš}$ = 40 m^3/s).
- Při rostoucích přítocích a rostoucí hladině v nádrži je udržován odtok výpustmi tak, aby nepřekročil $O_{neš}$ = 40 m^3/s (cca při hladině 426, 88 m n.m. dosáhne kapacita hlavní spodní výpusti + MVE + Adolfky cca 40 m^3/s, nad hladinou 427, 17 m n.m mimo to může docházet k prvním průsakům na bezp. přelivu vlivem netěsností).
- Pokud dosáhne hladina hodnoty 427,7 m n.m. a přítoky do nádrže mají rostoucí tendenci, uzavírá se základová výpust Adolfka (kapacita MVE a hlavní zákl. výpusti je od tohoto okamžiku cca 37 m^3/s a je nižší než $O_{neš}$ = 40 m^3/s).
- Při trendu rostoucích přítoků do nádrže (hladina 427,7 – 428,85 m n.m.) se manipuluje na hlavní výpusti a MVE tak, aby odtok z nádrže nepřekročil $O_{neš}$ = 40 m^3/s (s uvážením odtoku bezpečnostním přelivem vlivem bezpečností).
- Po dosažení hladiny 428,85 m n.m. a jejím překročení začíná voda přepadat přes vztyčené tabule bezpečnostního přelivu. Na funkčních objektech VD se manipuluje tak, aby odtok z nádrže nepřekročí $O_{neš}$ = 40 m^3/s. Prakticky to znamená nejprve postupné uzavírání hlavní základové výpusti, po té i přítok na MVE.
- Dosáhne-li hladina vody v nádrži hodnoty 429,15 m n.m. jsou již výpusti uzavřeny a voda je vypouštěna pouze bezpečnostním přelivem (cca hodnotou $O_{neš}$ = 40 m^3/s, dle [6] při uvážení netěsností je odtok roven 47 m^3/s)
- Pokud dochází i nadále k vyšším přítokům do nádrže než je velikost $O_{neš}$, aby hladina dále nestoupala, je manipulovat následovně:
  - znovu otevřít základovou výpust a přítok na vodní elektrárnu (kapacita obou funkčních objektů je při hladině 429,15 m n.m.cca 40 m^3/s)
  - sklopit ovladatelných 6 tabulí (celkový průtok přes bezp. přeliv při hladině 429,15 m n.m. je 97,5 m^3/s)
  - pokud jsou přítoky vyšší než 40 + 97,5 = 137,5 m^3/s (součet kapacit výpustí a přelivu), je třeba postupně sklápět i další tabulová pole (ty jsou pouze jednostranně ovladatelné) tak, aby hladina v nádrži dále nestoupala. Při hladině při hladině 429,15 m n.m. je dle konsumční křivky [2] kapacita přelivu při všech vyhrazených tabulích cca 190 m^3/s.
  - Nesmí dojít k situaci, aby přítok do nádrže byl nižší než odtok z nádrže
- Pokud jsou přítoky do nádrže i po vyhrazení všech výše uvedených funkčních objektů vyšší než 40 +190 m^3/s = 230 m^3/s, nejde zabránit dalšímu zvyšování hladiny. Odtok z nádrže je neovladatelný a děje se všemi otevřenými funkčními objekty (s výjimkou výpusti Adolfka)

- Při ústupu povodně (sestupná větev povodně) se manipuluje takto (je nutné počítat i se situací, kdy má povodeň dvě kulminace, a to na základě hydrologické předpovědi):
  - Pokud hladina v nádrži nepřekročila h_{max} = 429,15 m n.m., prázdní se nádrž neškodným odtokem $O_{neš}$ = 40 m^3/s (s tím, že v blízkosti max. hladiny je odtok na přelivu o něco vyšší – cca 47 m^3/s, viz výše).
  - V rozmezí hladin 428,85 m n.m. – 429,15 m n.m. je výpustmi vypouštěn doplňkový průtok k odtoku bezpečnostním přelivem.

- V rozmezí hladin 426 m n.m. – 428,85 m n.m. je nádrž prázdněna odtokem $O_{neš}$ = 40 m^3/s resp. max. kapacitou základových výpustí (ty jsou nižší než $O_{neš}$, viz výše). Po poklesu hladiny pod kótu 427,7 m n.m. je možné znovu otevřít základovou výpust spodní výpusti Adolfka.
- V případě extrémních povodní, kdy dojde k překročení h_{max}, ale přítoky do nádrže jsou již nižší než 137,5 m^3s/s (a dále se snižují), je z nádrže vypouštěn odtok rovný přítoku (hladina setrvává na kótě h_{max} = 429,15 m n.m. V tomto případě jsou postupně znovu vztyčovány ovladatelné 2 pole (6 tabulí) bezp. přelivu.
- V případě extrémních povodní, kdy dojde k překročení h_{max} a přítoky leží v intervalu 137,5 m^3/s – 230 m^3/s dojde při manipulaci k vyhrazení tabulových polí, které jsou pouze jednostranně vyhraditelné. Při klesající tendenci průtoků tyto pole není možné znovu zahradit a proto bude docházet k větším odtokům bezpečnostním přelivem než je $O_{neš}$ i při hladině nižší, než je h_{max}, a to úměrně počtu vyhrazených polí.

  Pro návrh manipulačního řádu zde bude nutné sestrojit konsumční křivky bezp. přelivu při všech možných počtech vyhrazených polích (s tím, že střední 2 pole budou zahrazeny).
- V extrémním případě, kdy dojde k dosažení h_{max} a přítoky do nádrže převyšují 230 m^3/s, dojde ke sklopení všech polí přelivu. Odtok z nádrže potom bude i při hladinách nižších než h_{max} podobně jako v předchozím případě vyšší než je $O_{neš}$.

  Tomuto stavu bude odpovídat pro potřeby manipulačního řádu mezní konsumční křivka všech vyhrazených polí, avšak při zahrazených středních polích.

Manipulační pravidla výše uvedená nejsou v materiálech [2], [3], [6] popsaný do zde uvedené podrobnosti (a v konečném návrhu MŘ se mohou mírně odlišovat). Konečné zásady manipulací budou předmětem návrhu manipulačního řádu schváleného vodoprávním úřadem.

5.B Suchá retenční nádrž Krkavec

V případě posuzovaného Krkavce jsou v tomto stupni PD navržena pouze rámcová pravidla při průběhu povodní, které respektují zásady popsané na začátku kap. 5.

Ve variantě A se předpokládá následující manipulace na VD:

- suchá (retenční) nádrž disponuje pouze ochranným prostorem. Dno nádrže je cca v úrovni 408 m n.m.
- Maximální hladina v nádrži h_{max} je uvažována hodnotou 416 m n.m. (varianta A) resp. 420 m n.m. (var. B) – viz kapitola 3.F.
- Při povodňových (i běžných) situacích se ze suché nádrže vypouští odtok rovný přítoku do té doby, než přítoky do nádrže překročí hodnotu $O_{neš}$ (ta je uvažována variantně, a to v rozmezí 74 m^3/s – 165 popř. 198 m^3/s). Hladina v nádrži v těchto případech vystoupí cca na hodnotu 412 – 412,3 m n.m. tak, aby došlo pouze k nevýznamnému zaplnění ochranného prostoru. Zajištění neškodného odtoku při nižší

hladině by vedlo k nutnosti zvětšení průřezové plochy navržených, již v současnosti značně rozměrných základových výpustí (viz Tab. 15), které musí být mimo to ovladatelné (možnost částečného popř. úplného uzavření).

- V případech, kdy přítok na nádrže překročí hodnotu $O_{neš}$, dochází k plnění nádrže při současném udržování odtoku na hodnotě $O_{neš}$ (postupném uzavírání výpustí).
- Pokud hladina vystoupí na úroveň koruny bezpečnostního přelivu (ten je v této práci navržen jako neovladatelný, jeho úroveň je navržena variantně, viz Tab. 16), začíná neovladatelný přepad. Na uzávěrech základových výpustí se (teoreticky) manipuluje tak, aby součet odtoku bezpečnostním přelivem a základovou výpustí nepřekročil $O_{neš}$.
- Pokud přítoky do nádrže stále stoupají a hladina vody v nádrži dosáhne max. hladiny h_{max}, je nutné otevřít (v praxi postupně, pro zabránění rázové vlny) uzávěry zákl. výpustí tak, aby hladina dále nestoupala (přítok do nádrže se rovná odtoku).
- V případech extrémních povodní, kdy je přítok do nádrže větší než součet odtoku bezpečnostním přepadem a otevřenými základovými výpustmi, nelze zabránit dalšímu zvyšování hladiny (v těchto případech je nutné provést zvláštní opatření s ohledem na bezpečnost vlastního vodního díla).

5.C Novořecké splavy

Manipulační zásady na nově rekonstruovaném objektu Novořeckých splavů nebyly doposud schváleny vodoprávním úřadem. Dle neoficiálních informací existuje nesoulad v požadavcích dotčených uživatelů na manipulace při běžných popř. nízkých (nepovodňových) průtocích v Lužnici. Lze se tedy domnívat, že manipulační zásady pro vysoké průtoky uvedené v návrhu MŘ [7] budou schváleny. Za zvýšených průtoků se manipuluje dle pravidel kapitoly C.3, odstavec C.3.3 se odkazuje na kap. C.1.4, kde jsou specifikována pravidla dělení přítoku; za zvýšených průtoků se manipuluje s ohledem na:

a) bezpečnost Novořecké hráze,

b) zachování co největšího retenčního objemu v rybníku Rožmberk,

c) hladinu v rybníku Rožmberk: průtok do Staré řeky bude řízen tak, aby při dosažení hladiny 5 cm pod stanovenou úrovní ovladatelného ochranného prostoru VD Rožmberk se přítok do rybníka rovnal odtoku (dojde k ustálení hladiny v rybníku),

d) zachování průtoku ve Veselí nad Lužnicí v hodnotě do 105 m^3/s (součet průtoků na Nežárce a Lužnici),

e) zachování neškodného průtoku Starou řekou ve Staré Hlíně (do 30 m^3/s),

f) bezpečnost jezové hradící konstrukce (nejvýše přípustný přepadový paprsek přes vztyčené klapky je 10 cm).

Návrh MŘ neuvádí prioritu jednotlivých bodů. Přílohou MŘ jsou měrné křivky všech objektů (pro různé hodnoty hladin před a pod jezy apod., přílohy G.01.01 - G.01.06).

Další zásady manipulací při povodních:

g) Dle ustanovení kap. C.2.1.3 MŘ: Přítok Lužnicí nad 10 m^3/s se podle zásad v ustanovení C.1.4 s tím, že pokud je to možné, je do Staré řeky převáděn průtok do 6 m^3/s.

h) Dle ustanovení kap. C.3.5: Dosáhne-li hladina v Nové řece úrovně 436,44 m n.m. (0,5 m pod korunu hráze) je třeba sklápět klapky na jezech Splav a Jemčina tak, aby hladina v Nové řece dále nestoupala.

i) Dle ustanovení kap. C.3.6: Dosáhne-li hladina v Nové řece úrovně 436,54 m n.m. (0,4 m pod korunu hráze) je třeba vyhradit stavidla Dušákovského splávku.

j) Dle C.3.7: Po úplném sklopení klapek nastává neovladatelný stav, velikost průtoku starou řekou již nelze regulovat. Tento stav vznikne při povodňovém průtoku, kdy je průtok jezy vyšší než cca 300 m^3/s.

Kap. D.3.1 MŘ (Manipulace za povodní překračující návrhové parametry vodních děl) uvádí: "Za povodňovou situaci, překračující návrhové parametry jezů Splav a Jemčina se pokládá dosažení odtoku do Staré řeky ve výši 310 m^3/s (Q_{100}).".

- Dle výše uvedeného pravidla f) odpovídá přepadový paprsek max. 10 cm přes vztyčené klapky kótě 435,9 m n.m. (vrch vztyčených klapek je na kótě 435,8 m n.m.). Při této hladině je tedy nutné sklápět klapky (při teoretickém zahrazení všech jezových polí). Tato hladina odpovídá hodnotě přepadu přes Jamborův práh do Nové řeky cca průtoku $Q_{NŘ} \approx 30\ m^3/s$ (viz Obr. 7) a přepad přes vztyčené klapky $Q_{SŘ} = 3 \times 0,77 = 2,3\ m^3/s$. Z této podmínky vyplývá, že první manipulace (začátek vyhrazení klapek v teoretickém případě jejich zahrazení) na VD se při vztyčených klapkách děje při přítoku cca 32 m^3/s. Tento případ může nastat např. při naplněném ochranném prostoru VD Rožmberk (při ohrožení bezpečnosti VD), kdy je nutné v max. míře zamezit přítoku do Rožmberka (co možná nejrychlejší vyprázdnění VD).
- Pravidlo g) lze při průtocích vyšších než 10 m^3/s a jejich rostoucí tendenci dodržet při postupné manipulaci na jezech. V případě zahrazených dvou polích (jez Jemčina) a vyhrazeném 1 poli (jez Splav) je nutné první manipulaci (zahrazení uzávěru) na klapce provést (při předpokladu dokonalého přepadu) při hladině horní vody cca 434,25 m n.m. (průtok vyhrazeným jezovým polem dle měrné křivky je cca 6 m^3/s, přepad do Nové řeky je cca 2 m^3/s). Při všech vyhrazených polích je teoretický začátek vztyčování klapek při nižší hladině (cca 434,04 m n.m.).
- Pravidlo e) požaduje, aby byl ve Staré řece (Stará Hlína) zachován $O_{neš} = 30\ m^3/s$. Tato hodnota je zároveň rovna současnému $O_{neš}$ pod hrází rybníka Rožmberk a je tedy možné tento průtok z VD Rožmberk neškodně vypouštět, aniž by došlo k plnění jeho retenčního prostoru. Manipulace dle tohoto pravila (e) je tedy v souladu s pravidlem b) i pravidlem c). S přihlédnutím k pravidlu g) je nutné odtok do Staré řeky v rozmezí průtoků 6 – 30 m^3/s řídit dle aktuální povodňové situace na celém povodí, tedy vzhledem k přítokům Lužnice do Veselí nad Lužnicí a vzhledem k vývoji situace na Nežárce. Při předpokladu dokonalého přepadu je odtok do Staré řeky $Q_{SŘ} = 30\ m^3/s$ docílen při hladině horní vody cca 434,9 m n.m. (jedno vyhrazené pole, potom $Q_{NŘ} \approx 8\ m^3/s$, přítok k Novořeckým splavům $Q = 38\ m^3/s$) resp. cca 434,38 m n.m. (všechny pole vyhrazená, potom $Q_{NŘ} \approx 4\ m^3/s$, přítok k Novořeckým splavům $Q = 34\ m^3/s$).
- Pravidlo a) je konkretizováno pravidly h) a i). Při hladině 436,44 resp. 436,54 m n.m. je přepad přes Jamborův práh roven $Q_{NŘ} \approx 96\ m^3/s$ resp. $Q_{NŘ} \approx 102\ m^3/s$. To je hodnota limitního regulovatelného odtoku (odlehčení Lužnice) do povodí Nežárky (Hladině 436,44 m n.m. odpovídá při vyhrazených klapkách a dokonalém přepadu odtok do Nové řeky cca 420 m^3/s. V tomto případě dochází pravděpodobně již k nedokonalému přepadu a kapacita jezů je nižší – viz výše ustanovení kapitoly D.3.1 MŘ).

- řízení Novořeckých splavů dle pravidla d) je možné pouze pro nižší povodně (105 m^3/s pod soutokem Nežárky a Lužnice je nižší než Q_5), přičemž snížení povodně je možné pouze využitím retenčního prostoru VD Rožmberk.

6 Metodika řešení

Řešení studie je založeno v první řadě na těchto vodohospodářských úlohách:

1. Povodňové řízení soustavy dvou nádrží na sousedních vodních tocích (kdy jeden tok ústí do druhého).
2. Hydraulické 2D modelování (soutok Lužnice a Nežárky ve městě Veselí nad Lužnicí se zahrnutím projektovaných protipovodňových opatření) – viz samostatná příloha č. 1)

Vybrané výstupy povodňového řízení nádrží představují vstupy do hydraulického 2D modelu. Hydraulický 2D model je popsán samostatně (řešitelem je ČVUT Fakulta stavební, katedra hydrotechniky).

6.A Obecně k povodňovému řízení nádrží

6.A.1 Transformace povodňové vlny

Základním prvkem vodohospodářských soustav jsou jednotlivé nádrže, které mají vymezený ochranný prostor pro možnost zachycení části (popř. celé) objemu povodňové vlny nad jistým (neškodným) odtokem. Složitější řízení vodohospodářských soustav vychází z optimalizace řízení jednotlivých nádrží, obecně i dalších regulačních prvků (regulátorů – v tomto případě se jedná zejména o Novořecké splavy).

Funkci povodňového řízení odtoku lze vyjádřit jako [31]:

$$f\left(O_{neš}, V_{\mathrm{r}}, P_{O_{neš}}\right) = 0\,,$$

kde $O_{neš}$ je velikost neškodného odtoku [$m^3.s^{-1}$], V_r je objem ochranného prostoru [m^3] a $P_{Oneš}$ je zabezpečenost ochrany před povodněmi, která se vyjadřuje např. jako pravděpodobnost překročení neškodného odtoku [-,%]. Dva z parametrů rovnice jsou známy a hledá se třetí. Při návrhu nádrže je hledanou hodnotou velikost ochranného prostoru V_r pro známý neškodný odtok $O_{neš}$ a požadovanou zabezpečenost. Druhou úlohu představuje hledání velikosti neškodného odtoku pro zadaný retenční objem a požadovanou zabezpečenost. Při přehodnocení ochranného účinku nádrže při aktualizaci hydrologických podkladů nebo při změně hodnoty neškodného odtoku $O_{neš}$ (např. zvýšení kapacity koryta pod nádrží) je neznámou hodnotou zabezpečenost $P_{Oneš}$ (popř. míra ochrany území pod nádrží vyjádřená jako doba opakování povodně, při jejíž transformaci ještě nedojde k překročení $O_{neš}$). Rovnice se zpravidla řeší pomocí simulačních modelů, pro které je charakteristický podrobný popis modelované skutečnosti, a které jsou řešeny opakovaně ve variantách při změně návrhových a řídících parametrů. Transformace povodně nádrží je popsána diferenciální rovnicí, vyjadřující zákon zachování hmoty (rovnici kontinuity):

$$\frac{A \cdot \mathrm{d}h}{\mathrm{d}t} = \frac{\mathrm{d}V}{\mathrm{d}t} = I(t) - O(t)\,,$$

kde V je objem vody v nádrži [m^3], I je přítok do nádrže [$m^3.s^{-1}$], O je odtok z nádrže [$m^3.s^{-1}$], A je zatopená plocha [m^2] a h je hladina vody v nádrži [m, m n. m.]. Pro praktické použití se rovnice převádí na diferenční tvar. Odtok z neovladatelného prostoru je funkcí hladiny vody v nádrži (přepadového paprsku přelivu a tlakové výšky základových výpustí). Relace hladiny vody a aktuálního objemu vody je popsána charakteristikou nádrže. V minulosti se k řešení této rovnice používaly např. Visentiniho graficko-početní metoda nebo Bratránkova přibližná metoda. Dnes jsou používané numerické Runge-Kuttovy metody (RK4). Při dostatečně krátkém výpočetním kroku (v řádu sekund) při běžném využití výpočetní techniky je možné s výhodou a bez větších nepřesností považovat hodnoty přítoku i odtoku během řešeného intervalu za konstantní a transformaci řešit bilančně (vstupní časové řady přítoků jsou interpolovány, odtok neovladatelnými objekty je vyčíslen dle hladiny na začátku intervalu):

$$\Delta V = Q_P \cdot \Delta t - O \cdot \Delta t ,$$

V případě použití numerických metod Runge-Kutta se diferenční rovnice převádí dále na tvar:

$$\frac{\Delta V}{\Delta t} = P(t) - O(V(t)) = F(t,V(t)) \quad => \Delta V = \Delta t \cdot \left[P(t) - O(V(t))\right] = \Delta t \cdot F(t,V(t))$$

Změna objemu nádrže je dána pravou stranou rovnice, tzv. směrovou funkcí F(t,V(t)). Nejjednodušší aproximací je Eulerova metoda (RK 1.řádu):

$$V(t+\Delta t) = V(t) + \Delta V = V(t) + \Delta t \cdot F(t,V(t)) = V(t) + k$$

$$k = \Delta t \cdot [P(t) - O(V(t))] \qquad k = \Delta V$$

V případě Eulerovy metody je aproximace funkce v časovém kroku t+Δt počítána pouze z jedné směrnice (derivace) řešené funkce v bodě [t,V(t)]. Vynásobením této směrnice výpočetním krokem se získá součinitel k, který je v případě Eulerovy metody roven změně objemu ΔV a je dopočtena hodnota neznámé funkce (zde objem) v bodě t+Δt. Výpočte se v dalších časových krocích opakuje. Metoda je názorná, co do přesnosti ale nevyhovuje.

Nejčastěji se používají metody Runge-Kutta 4. řádu (čtyřbodová metoda RK4). Počítají se 4 směrnice (jedna na začátku, dvě uprostřed a jedna na konci řešeného intervalu). Princip je obdobný Eulerově metodě s tím, že jsou počítány 4 aproximace ΔV (k_1 k_2, k_3, k_4) dle těchto vztahů:

$$k_1 = \Delta t \cdot [P(t) - O(h(t))] \qquad k_2 = \Delta t \cdot [P(t + \frac{\Delta t}{2}) - O(h(t) + \frac{k_1}{2})]$$

$$k_3 = \Delta t \cdot [P(t + \frac{\Delta t}{2}) - O(h(t) + \frac{k_2}{2})] \qquad k_4 = \Delta t \cdot [P(t + \Delta t) - O(h(t) + k_3)]$$

Hledaný objem vody v nádrži na konci časového intervalu je potom:

$$V(t+\Delta t) = V(t) + \Delta V = V(t) + \frac{k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4}{6}$$

6.A.2 Ochranný prostor nádrže ve vztahu k hydrologickým podkladům

Odhad ochranného účinku nádrže lze vyjádřit pomocí tzv. součinitele ovladatelnosti $k_{ovl.}$ [16], [32]:

$$k_{ovl} = \frac{V_{O_{neš}}}{V_r + \Delta V_Z}$$

Součinitel ovladatelnosti k_{ovl} [-] vyjadřuje míru ovladatelnosti povodňové vlny nádrží a vypovídá o možnostech transformačního účinku nádrže při povodňovém řízení. $V_{Oneš}$ je objem povodňové vlny nad neškodným odtokem [m^3, mil. m^3], V_r je celkový ochranný prostor nádrže [m^3, mil. m^3], ΔV_z je aktuálně povyprázdněný zásobní prostor [m^3, mil. m^3], tato hodnota při návrzích do řešení zpravidla nevstupuje. Hodnota neškodného odtoku $O_{neš}$ může být obecná funkce (nejčastěji je konstantní, ale odtok může být při nízkých hladinách např. omezen kapacitou funkčních objektů). Dle hodnoty součinitele koeficientu k_{ovl} lze popsat odtok z nádrže jako:

$$k_{ovl} \leq 1 \Rightarrow \max(O) = O_{neš}$$

Povodeň je nádrží zachycena aniž by došlo k překročení neškodného odtoku. Čitatel (objem povodně nad neškodným odtokem) je v tomto případě menší než jmenovatel (objem, který je k dispozici pro zachycení povodně při současném vypouštění neškodného odtoku). Pokud:

$$k_{ovl} \geq \frac{V_{O_{neš}}}{V_{vz,O_{neš}}} \Rightarrow \max(O) \rightarrow I_{\max}$$

kde I_{max} je kulminační průtok povodně na přítoku do nádrže [$m^3.s^{-1}$] a $V_{vz,Oneš}$ je objem vzestupné větve hydrogramu povodně [m^3, mil. m^3]. V tomto případě dojde k naplnění ochranného prostoru nádrže (dosažení h_{max}) ještě před kulminací na přítoku. Aby hladina dále nestoupala, je nutné vypouštět odtok rovný přítoku (umožňuje-li to kapacita funkčních objektů). Transformační účinek nádrže se z těchto důvodů co do velikosti snížení kulminace blíží teoreticky k nule (k určité transformaci vlivem neovladatelného prostoru dojde i v tomto případě).

$$k_{ovl} \in \left(1; \frac{V_{O_{neš}}}{V_{vz,O_{neš}}}\right) \Rightarrow \max(O) \in \left(O_{neš}; I_{\max}\right)$$

K naplnění nádrže dojde na sestupné větvi povodně, kdy přítoky stále překračují hodnotu neškodného odtoku. Čím blíže se součinitel k_{ovl} blíží jedné, tím lepší je transformační účinek nádrže a naopak, v případě $k_{ovl} \rightarrow V_{Oneš} / V_{vz,Oneš}$ je transformační účinek zanedbatelný.

Okrajovou podmínkou řešení (výchozím podkladem) povodňové funkce je obecně soubor všech povodňových vln (různých průběhů, nikoliv pouze jediná, tzv. návrhová povodňová vlna; teoretická N-letá PV popř. historická PV). Při hledání potřebné velikosti ochranného

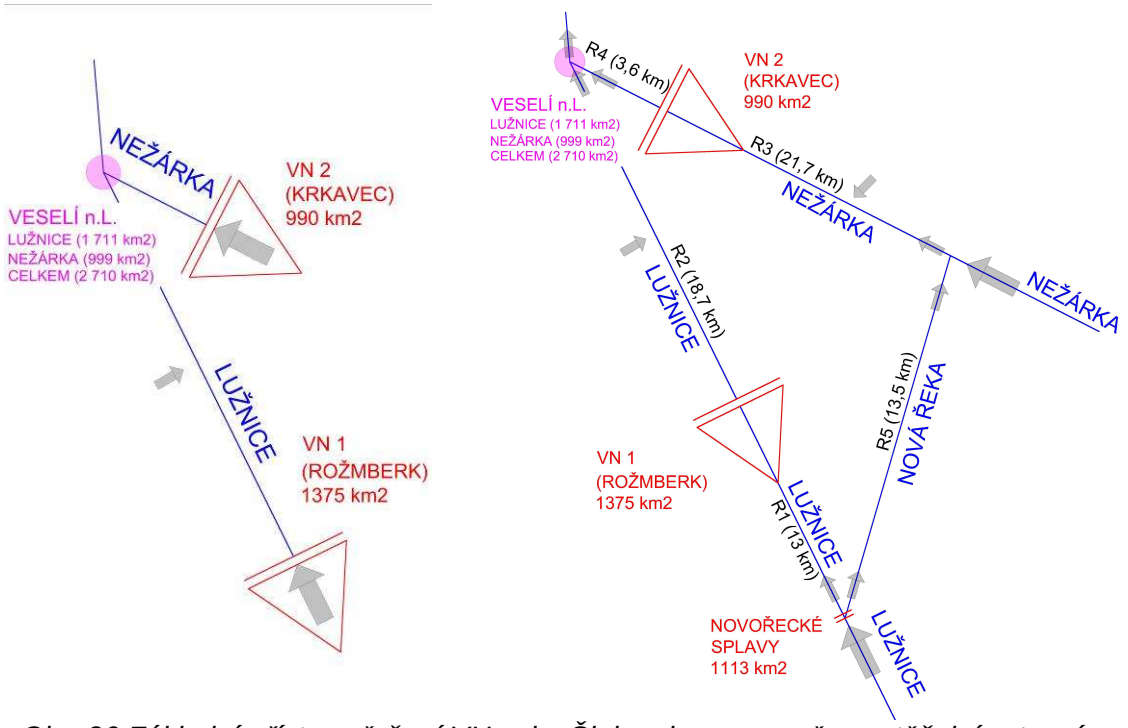
prostoru V_r při daném neškodném odtoku je třeba statisticky zpracovat (proložit vhodným rozdělením pravděpodobnosti) soubor objemů povodňových vln nad neškodným odtokem $V_{Oneš}$. Potřebný retenční objem nádrže s požadovanou mírou ochrany (zabezpečenost nepřekročení neškodného odtoku) lze potom odečíst v sestrojené čáře překročení objemů povodní nad neškodným odtokem $V_r = V_{Oneš} = f(P_{Oneš}, O_{neš})$ [15].

Výše uvedený soubor povodňových vln zpravidla není k dispozici, k sestrojení výše uvedené čáry překročení lze zjednodušeně využít teoretické N-leté povodňové vlny. V případě, kdy je požadováno navrhnout velikost retenčního prostoru nádrže tak, aby při transformaci návrhové povodňové vlny došlo k transformaci přítoku na neškodný odtok v okamžiku naplnění nádrže (retenčního prostoru), je hodnota součinitele ovladatelnosti k_{ovl} právě rovna jedné a potřebná velikost retenčního prostoru je v tomto případě přibližně rovna objemu návrhové povodně nad neškodným odtokem (povyprázdněný zásobní prostor se uvažuje rovný nule).

6.B Vodohospodářský uzel Lužnice – Nežárka – Nová řeka

V rámci postupujících prací a v souvislosti se zpracováním jednotlivých etap studie (analýza podkladů, rozvaha o definici posuzovaných scénářů a účelnosti jejich posouzení) byly posouzeny tyto dva základní přístupy k řešení VH soustavy:

1. Řešení VH soustavy 2 nádrží Rožmberk – Krkavec na podkladě hydrologických podkladů (povodňových vln) vztažených k profilu hrází těchto nádrží, viz Obr. 36 vlevo.
2. Řešení celé VH soustavy Rožmberk – Krkavec – Nová řeka (Novořecké splavy), viz Obr. 36 vpravo.



Obr. 36 Základní přístupy řešení VH uzlu. Šipkou jsou naznačeny stěžejní vstupní hydrologické podklady (povodňové vlny)

Pro VH řešení v této práci bylo jako směrodatné vybráno řešení ad 1), a to zejména z těchto důvodů:

- Teoretické povodňové vlny, zpracované Českým hydrometeorologickým ústavem, zohledňují (statisticky) funkci Novořeckých splavů (převod části povodňových průtoků z Lužnice do Nežárky).
- S ohledem na rozbor manipulačních pravidel na Novořeckých splavech odpadá nutnost zabývat se částečnou nejednoznačností definovaných pravidel (viz poznámky v závěru kapitoly 5.C).
- Odpadá nutnost rozvahy časového postupu povodňových vln – s ohledem na vstupy do hydraulického 2D modelu lze uvažovat nejnepříznivější variantu střetu transformovaných maximálních odtoků z Rožmberka i Krkavce ve Veselí nad Lužnici.
- Jediné významné mezipovodí, které je třeba zahrnout do řešení, je mezipovodí "hráz VD Rožmberk – Veselí nad Lužnicí". To lze zahrnout do řešení (viz předchozí bod) zvýšením hodnoty maximálního odtoku z Rožmberka o max. přítok z mezipovodí (stanovený jako rozdíl N-letých průtoků v profilu "Lužnice nad soutokem s Nežárkou" a "Lužnice pod Rožmberkem " – viz Tab. 17).
- Celkově se jedná o jednodušší scénář vzhledem k tomu, že není třeba podrobně řešit:
    - postupivost povodní,
    - transformaci povodňových vln říčními úseky
    - přítoky z mezipovodí (v případě detailního výpočtu je vstupem do modelu hydrogram přítoků),
    - časový průběh hydrogramů povodní na Lužnici, na Nežárce i přítoků z mezipovodí (různá příčinná srážka způsobí různé časové rozložení průtoků – nejnepříznivějším scénářem je souběh povodňových vln),
    - důsledkem výše uvedených skutečností jsou i významně nižší časové nároky na sestavení modelu, výsledky jsou porovnatelné s návrhovými podklady ostatních prací (návrh PPO ve Veselí apod.)

6.C Definice návrhových scénářů

Na základě zvoleného přístupu řešení dle předchozí kapitoly je možné definovat tyto scénáře (kombinace stávajících a navrhovaných opatření – nádrží):

1. Stávající stav
    a. statistický přístup (transformační účinek Rožmberka i přítoky do Veselí nad Lužnicí jsou dány vyhodnocenými N-letými průtoky Lužnice a Nežárky nad soutokem). Přítok do Veselí nad Lužnicí je zde přímo roven stanovenému N-letému průtoku. Tento scénář je tedy „vyřešen“ (viz Tab. 19) a slouží jako referenční.
    b. Výpočet transformačního účinku současného Rožmberka (V_r = 13,6 mil. m^3). Dle provedených analýz studie [2] lze uvažovat dále variantně bezpečnostní přeliv a) v současné podobě, b) s předčištěným předpolím). Studie [2] doporučuje v každém případě předpolí přelivu vyčistit a zvýšit kapacitu bezp. přelivu (rychlejší prázdnění => vyšší odtok odtoky z nádrže).
2. VD Rožmberk při zvýšení retenčního objemu (V_r = 29,5 mil. m^3), Nežárka stávající.

3. Současný VD Rožmberk (vyhodnocen na základě VH Řešení) v kombinaci se suchou retenční nádrží Krkavec
    a. Varianta A: "Malý krkavec" (V_r = 7,0 mil. m^3)
    b. Varianta B: "Velký krkavec" (V_r = 34,4 mil. m^3)
4. VD Rožmberk při zvýšení retenčního objemu (V_r = 29,5 mil. m^3) v kombinaci se suchou retenční nádrží Krkavec (podobně jako ve scénáři č. 3, scénář 4a "Malý Krkavec" a scénář "4b "Velký Krkavec").

Pro tyto definované scénáře je třeba provést hydrologickou rozvahu možných kombinací přítoků do města Veselí nad Lužnicí – danému N-letému průtoku pod soutokem Nežárky a Lužnice odpovídají různé kombinace průtoků na Nežárce a Lužnici nad soutokem, viz kapitola 4.C, Tab. 19. S ohledem na velké množství kombinací průtoků je účelné provést selekci hydrologických scénářů (Tab. 19), a to vzhledem k:

- Projektovaným kapacitám PPO. Dle DSP [5] (viz Tab. 7) je navržena PPO na Q_{50} pod soutokem, a zároveň na Q_{50} vždy pouze na jednom z vodních toků nad soutokem současně při doplňkové povodni k hodnotě Q_{50} pod soutokem na druhém z vodních toků (nikoliv na současný příchod Q_{50} na obou vodních tocích současně).
- Ačkoliv daný N-letý průtok pod soutokem (např. N=100) může teoreticky způsobit kombinace průtoků, kdy na jednom z vodních toků dosáhnou průtoky vyšší N-letosti (např. N=200, viz Tab. 19) a na druhém vodním toku doplňková povodeň, tento scénář je nepravděpodobný (existence podmíněné pravděpodobnosti popř. i možnosti částečného dělení přítoku na Novořeckých splavech). Mimo to v případě překročení daného N-letého průtoku na kterémkoliv z vodních toků nad soutokem znamená výskyt povodně s delší dobou opakování. Tyto kombinace jsou z možných scénářů vyloučeny. Pro nepřekročení dané N-letosti povodně tedy musí současně platit:
    - $Q_{max,Lužnice\ nad\ soutokem} \leq Q_{N,Lužnice\ nad\ soutokem}$
    - $Q_{max,Nežárka} \leq Q_{N,Nežárka}$
    - $Q_{max,Lužnice\ pod\ soutokem} \leq Q_{N,Lužnice\ pod\ soutokem}$
- Povodně s dobou opakování N > 100 jsou řešeny pro obě nádrže pouze „izolovaně“ na základě odvozených povodňových vln. Jedná se o nestandardní hydrologická data, pro jejichž stanovení se zpravidla zpracovává hydrologická studie, jejíž časové nároky jsou neslučitelné s chronologickým postupem této práce. Mimo to je dále ukázáno, že v případě VD Rožmberk transformované přítoky na Lužnici překročí návrhovou povodeň PPO ve Veselí nad Lužnicí (Q_{50}), viz kapitola 7.D2).
- je účelné uvažovat pouze kombinace průtoků, kdy se na jednom z toků vyskytne povodeň standartní délky opakování (10, 20, 50, 100). Na druhém toku je pak příslušná hodnota doplňkového kulminačního průtoku dopočítána interpolací (viz Tab. 19). V případě Lužnice a řešení transformačního účinku VD Rožmberk je třeba pro mezilehlé hodnoty odvodit ještě přítoky z mezipovodí Rožmberk – Veselí nad Lužnicí.

Tabulkové výstupy a konkrétní uvažované návrhové situace jsou uvedeny ve výsledcích (viz kapitola 7.C).

6.D Simulační nástroj HEC – ResSim

Pro výpočet úlohy transformace povodňové vlny v nádrži byl použit programový prostředek HEC – ResSim[12] (Hydrologic Engineering Center – Reservoir Simulation) americké USACE (US Army Corps of Engineers) [21], [23]. Program je pokračovatelem původního programu HEC-5 psaného pro MS DOS [22].

Cílem vývoje tohoto programového prostředku není pouze řešení jedné izolované nádrže, ale je možné studovat chování i rozsáhlejších vodohospodářských soustav. V České republice tento program využila ve své diplomové práci Jirsáková [18], disertační práci, jejímž jedním z cílů bylo ověřit použitelnost tohoto produktu (v ČR), zpracoval Sovina [17]. Před vlastní simulací je třeba:

- sestrojit schematizaci VH soustavy. Vedle nádrží (viz níže) je třeba schematizovat jejich propojení říčními úseky popř. definovat i další prvky (např. převody vody, dále výpočetní body a uzle).
- definovat fyzické vlastnosti nádrže(í): charakteristiku nádrže a měrné (konsumční) křivky jednotlivých objektů. V případě nehrazeného přelivu je možné zadat délku přelivné hrany a součinitel přepadu. Je možné zadat údaje o průsaku a výparu (v případě povodňového řízení jsou zanedbatelné).
- definovat pravidla řízení (program nabízí poměrně široké možnosti, ačkoliv definice nejsou prozatím bezproblémové, viz dále)
- definovat okrajové podmínky – hydrologické podklady, počáteční stavové veličiny (odtok z nádrže, hladiny v nádrži apod.). Hydrologické podklady je nutné přiřadit prostřednictvím databáze HEC-DSSVue (HEC Data Storage System Visual Utility Engine) [24], [25].

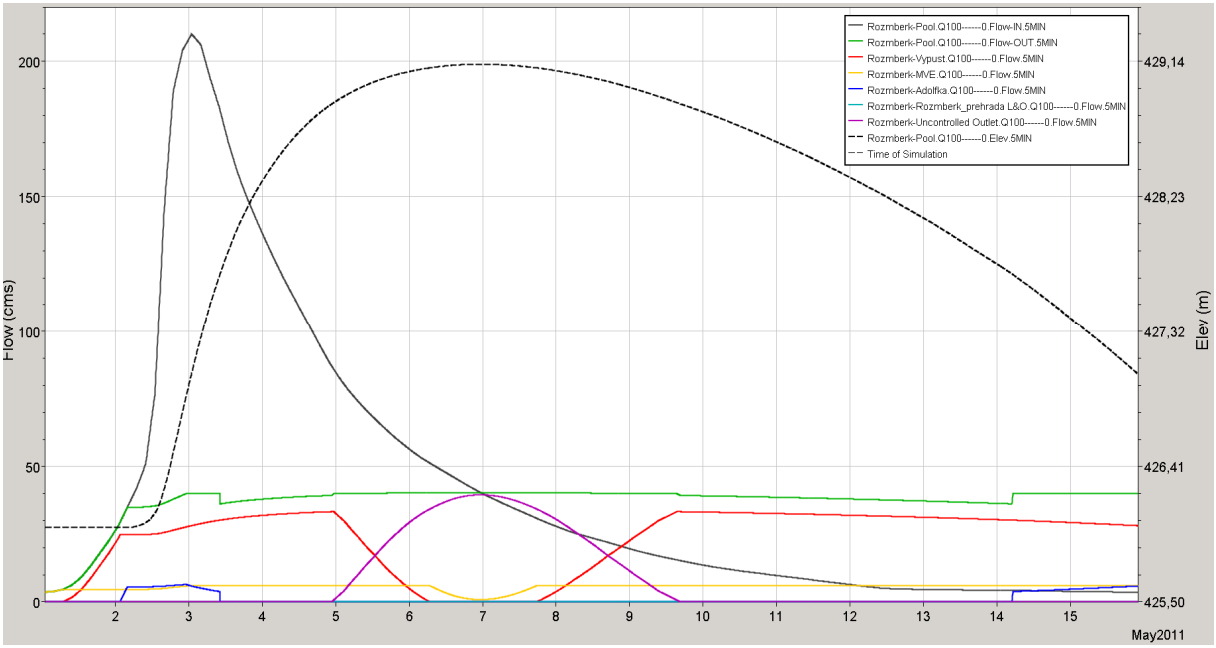
Na obr. je řešená soustava znázorněna v prostředí ResSim-u. Pro větší přehlednost je možné vkládat podklady, nejlépe ve formátu ESRI (shp: říční soustavu, vodní plochy, hydrologická povodí, vrstevnice apod.), k vlastnímu modelování to ovšem není nutné a VH soustavu je možné schematizovat podobně jako na Obr. 36.

V současnosti není k dispozici "technical reference manual", jako např. v případě známějších a produktů z dílny stejných autorů (HEC-RAS, HEC-HMS). V dokumentu "user manual" [23] není uvedena metodiky použitá k výpočtu transformace povodňové vlny. V obdobném dokumentu pro předchůdce programu (HEC-5) [22] rovněž chybí matematický popis řešení (je zde pouze zmínka o iteračním výpočtu, který dává podobné výsledky jako metoda "modified puls"). Proto byl program v první fázi "testován", aby bylo možné určit případnou odchylku, a to i s ohledem na jisté numerické obtíže při simulacích (viz dále). K těmto účelům dobře posloužily výsledky studie VD TBD [2], [3] – porovnány byly výsledky transformací povodňových vln rybníkem Rožmberk (stávající, varianta předčištěného přelivu). Výsledky maximálních odtoků a maximální dosažené hladiny ukazuje Tab. 25 (výpočty byly provedeny pro oficiální verzi ResSim 3.0, která umožňuje provést výpočty v nejkratším intervalu 15 minut a pro neoficiální verzi ResSim 3.1, která umožňuje provést výpočty v nejkratším intervalu 5 minut). Ačkoliv existují ve výsledcích určité odchylky (které lze přisoudit numerické schematizaci problému, např. interpolace konsumčních křivek, zaokrouhlování apod.), s ohledem na daleko větší neurčitost např. hydrologických podkladů lze konstatovat, že program je vhodný pro řešení úlohy transformace povodňové vlny. Ukázka výstupu programu viz

Tab. 25 Kontrolní porovnání výsledků transformace povodňových vln

[12] http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ressim/

	Runge (VD TBD)		ResSim 3.0		ResSim 3.1	
	O_{max}	h_{max}	O_{max}	h_{max}	O_{max}	h_{max}
PV_{100}	85.52	428.63	85.47	428.63	86.14	428.64
PV_{50}	60.13	428.36	59.11	428.37	59.62	428.38
PV_{20}	30	427.88	30.3	427.88	30.1	427.91



Obr. 37 Transformace PV v prostředí ResSim – transformace návrhové teoretické PV_{100} při průchodu VD Rožmberk po zvýšení retence

V rámci řešení studie byly při použití ResSimu shledány některé problémy:

1. V případě požadavku na udržování požadovaného odtoku z nádrže ($O_{neš}$) dochází při simulaci odtoku k určitým (přijatelným) nepřesnostem (vesměs k překročení $O_{neš}$). Tyto nepřesnosti vznikají, pokud se odtok děje přes neovladatelný funkční objekt (zde bezpečnostní přeliv). Při vyšším odtoku přes přeliv se tyto nepřesnosti zvyšují.
2. V případě naplnění nádrže (dosažení h_{max}) a požadavku na zamezení dalšího zvyšování hladiny (pravidlo je definováno jako přítok = odtok, umožňuje-li to kapacita funkčních objektů) dochází k numerické nestabilitě výpočtu (odtok pulzuje). Řešením je zde použití tzv. funkce "override", kde jsou hodnoty odtoku přepsány. Tímto se ovšem do značné míry ztrácí elegance simulace.
3. V rámci prověření možností programu při modelování celé soustavy (viz Obr. 36 vpravo) je možné pro modelování manipulací na Novořeckých splavech využít objekt "diversion" – odklonění odtoku, pro který lze nadefinovat pravidla. Zde se objevují problémy s vyústěním do sousedního vodního toku (ústí Nové řeky do Nežárky). Nepodařilo se zde vygenerovat výpočetní bod ("computation point"), ačkoliv uživatelský manuál toto bez obtíží předpokládá.
4. Při spuštění simulace výpočet někdy poprvé selže. Podruhé již proběhne v pořádku (při neznalosti může být příčinou značných časových ztrát – hledání chyby, která neexistuje).
5. V rámci simulace je třeba nastavit datum (definovat časové simulace od do) v US formátu (např. 01May2011). Nestačí pouze správně zadaný formát, je třeba mít v

místním nastavení operačního systému (MS Windows) vybraný jazyk odpovídající jazykové verzi programu, tedy Angličtina (Spojené státy).

7 Výsledky řešení

Níže uvedené výsledky vodohospodářského řešení jsou provedeny na základě metodiky a předpokladů uvedených v předchozí kapitole 6 a s ohledem na poznámky k hydrologické problematice soutoku dvou významných vodních toků (kap. 4.C), na základě které byly odvozeny další nestandartní hydrologické podklady (kap. 4.D). V kapitole 5 jsou uvedeny (stručně):

- Kap. 6.A: Obecný popis problematiky povodňového řízení: transformace povodňové vlny, vztah mezi velikostí ochranného objemu V_r, objemu povodňové vlny nad neškodným $V_{Oneš}$ a pravděpodobnou dobou opakování neškodného odtoku $N_{Oneš}$.
- Kap. 6.B: Uvedení 2 alternativ k řešení VH soustavy a zdůvodnění výběru zvolené alternativy.
- Kap. 6.C: Definice návrhových scénářů s ohledem na kombinaci nádrží (stávající a nově navrhovaný Rožmberk, 2 varianty SN Krkavec), zdůvodnění selekce hydrologických scénářů (s ohledem na 4.D).
- Kap. 6.D: Stručný popis modelu HEC-ResSim (transformace povodňové vlny).

7.A Návrh potřebného retenčního prostoru

V případě, že není k dispozici soubor pozorovaných povodňových vln (viz kap. 6.A), který by mohl být podroben statistickému zpracování (ten nejčastěji k dispozici není, s ohledem na délku pozorování a evidenci průběhu povodňových vln), je možné k analýze relace $V_r – V_{Oneš} – N_{Oneš}$ použít teoretické povodňové vlny.

Pro různé hodnoty neškodného odtoku $O_{neš}$ byl vypočten objem povodně nad neškodným odtokem $V_{Oneš}$. Analýza byla provedena pro profil Krkavce na Nežárce (nově posuzovaná nádrž) na základě teoretických povodňových vln dle ČHMÚ (PV_{100}, PV_{20}) a odvozených teoretických povodňových vln (viz kap. 4.D).

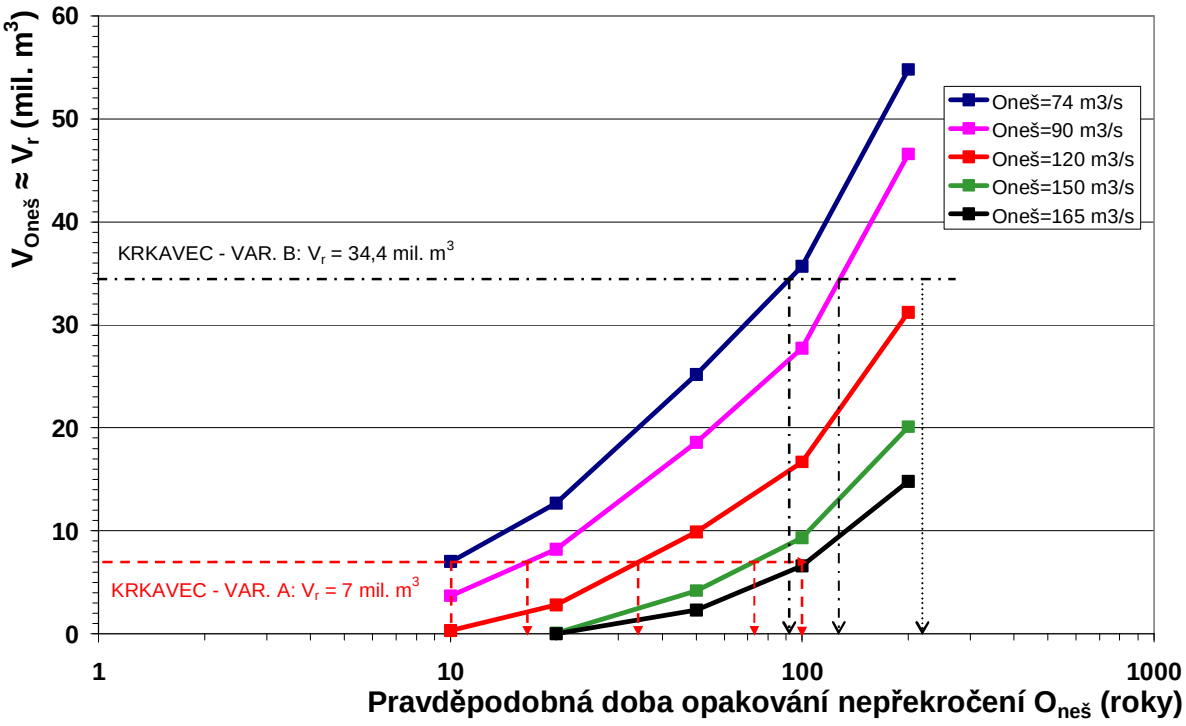
Manipulace na VD Krkavec (obě varianty) předpokládají teoretickou manipulaci udržování $O_{neš}$ až do naplnění nádrže (dosažení max. hladiny h_{max}, viz kap. 5.B). Daná povodňová vlna tedy bude teoreticky nádrží transformována na $O_{neš}$ právě tehdy, když ochranný objem V_r nádrže bude právě roven velikosti objemu povodňové vlny nad neškodným odtokem $V_{Oneš}$. Odvozené hodnoty $V_{Oneš}$ uvádí Tab. 26.

Při zpracování studie [4] byla oslovena obec Veselí nad Lužnicí, dle zkušeností s povodněmi se Nežárka začíná vylévat z koryta při průtocích cca Q_2 = 74 m^3/s. V případě, že budou realizována navržená PPO, tyto jsou navržena na převedení průtoků až do Q_{50} = 198 m^3/s (za předpokladu, že přítoky na Lužnici budou menší než 56 m^3/s; to odpovídá době opakování 5 – 10 let, viz Tab. 7). Toto rozmezí hodnot (74 – 190) cca odpovídá hodnotám uvedeným v Tab. 26.

Na obrázku Obr. 38 jsou výsledky znázorněny graficky – pro danou hodnotu $O_{neš}$ a daný objem V_r (dvě limitní varianty suché retenční nádrže Krkavec) lze odečíst odhadovanou zabezpečenost povodňové funkce, vyjádřenou jako pravděpodobnou dobu opakování nepřekročení neškodného odtoku z nádrže. Je vhodné připomenout, že neškodný odtok resp. manipulace na nádržích mohou mít i jiný (nekonstantní) průběh. Situace je potom složitější.

Tab. 26 Objemy teoretických a vybraných pozorovaných povodňových vln nad neškodným odtokem $O_{neš.}$ (dolní index "o" označuje odvozenou PV).

N	10	20	50	100	200	PV_{2002} (N=20-50	PV_{2006} (N=20-50)
LN(N)	2.30	3.00	3.91	4.61	5.30		
$O_{neš}$	$V_{Oneš}$						
12.32	41.4	53.5	78.7	95.7	130.4	71.7	135.2
50	14.7	22.6	39.2	52.1	79.2	33.2	87.2
74	7	12.7	25.2	35.7	54.8	16.8	59.7
90	3.7	8.2	18.6	27.7	46.6	10.7	42.9
120	0.3	2.8	9.9	16.7	31.2	4.6	20.9
150		0.1	4.2	9.3	20.1	1.0	6.6
165		0.0	2.3	6.6	14.8	0.2	1.9
190			0.3	3.1	9.8	0.0	0.0



Obr. 38 Odhad zabezpečenosti povodňové funkce – pravděpodobná doba nepřekročení neškodného odtoku

7.B Transformace povodňových vln

Úloha transformace povodňové vlny byla řešena dle informací uvedených v předchozím textu. V Tab. 27 a Tab. 28 jsou uvedeny hodnoty transformovaných maximálních odtoků O_{max} z obou nádrží (Rožmberk, Krkavec) pro standartní doby opakování teoretických povodňových popř. teoretických odvozených vln (kap. 4.D) a dále též hodnoty odvozených povodňových vln dle analýzy provedené v kap. 4.C. V případě VD Rožmberk bylo ukázáno, že při daných předpokladech jsou výsledky obdobné (viz kap. 6.D – Tab. 25) jako ve studii [2], [3]. V případě Rožmberka při zvýšené retenci je max. odtok O_{max} při průchodu návrhové teoretické PV_{100} cca roven 41 m^3/s, což představuje zohlednění průsaků dle DUR [6] (hladina

při transformaci dosahuje kóty 429,12 m n.m., tomu odpovídá přepad přes bezpečnostní přeliv 36 m^3/s + 5 m^3/s – netěsnosti, viz kap. 3.B.6.b). Transformace vybraných povodňových vln (včetně průběhů hladiny) jsou uvedeny na Obr. 39 až Obr. 45.

*Tab. 27 Výsledky transformace PV: maximální odtok z VD Rožmberk O_{max} [m^3/s]. * h_{max} dosažena na sestupné větvi povodně (potom odtok = přítok)*

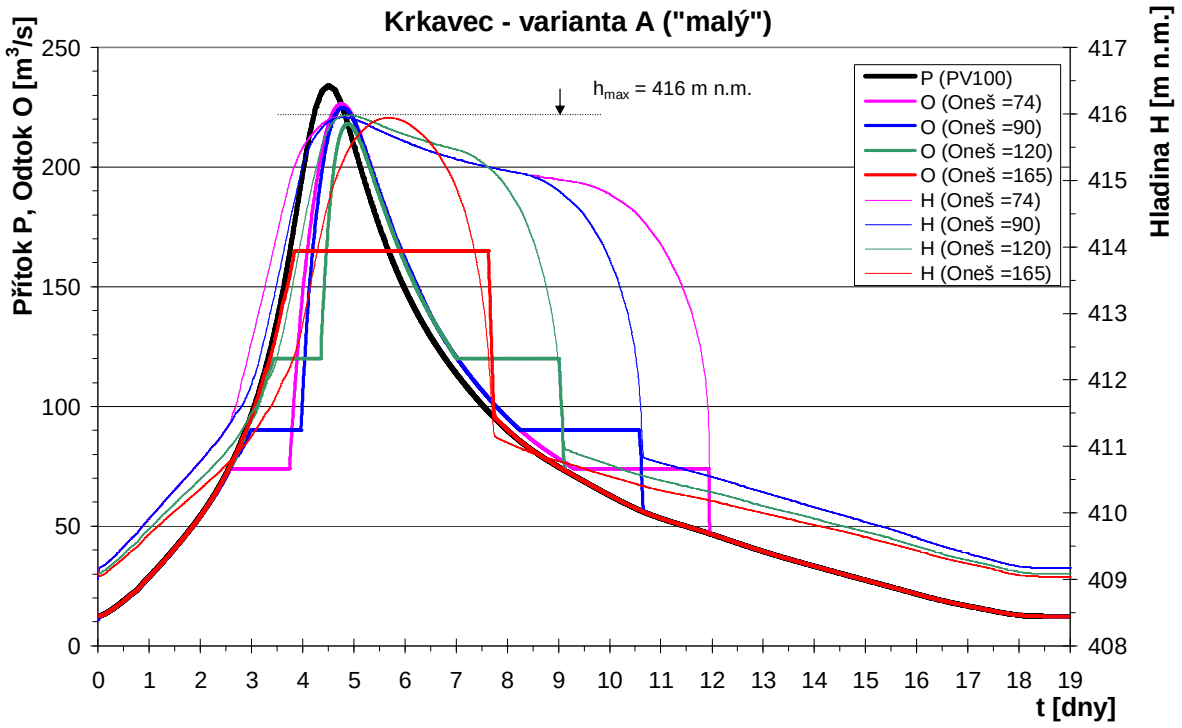
Rožmberk N_{PV} [roky]	100	50	20	5	200o	43o	25o
Q_N [m^3/s]	210	169	122	60	249	162	133
Rožmberk stávající	85	59	30	30	109	55	35
Rožmberk stávající - předpolí přelivu vyčištěno	95	67	30	30	121	63	42
Rožmberk - zvýšená retence	41	40	40	37	121*	40	40

*Tab. 28 Výsledky transformace PV: maximální odtok z posuzovaného VD Krkavec O_{max} [m^3/s]. *Hodnoty odtoků jsou uvedeny při překročení h_{max}, při dodržení $h_{max} \rightarrow O_{max} = Q_N$; ** H_{max} dosažena na sestupné větvi povodně (potom odtok ≈ aktuální přítok)*

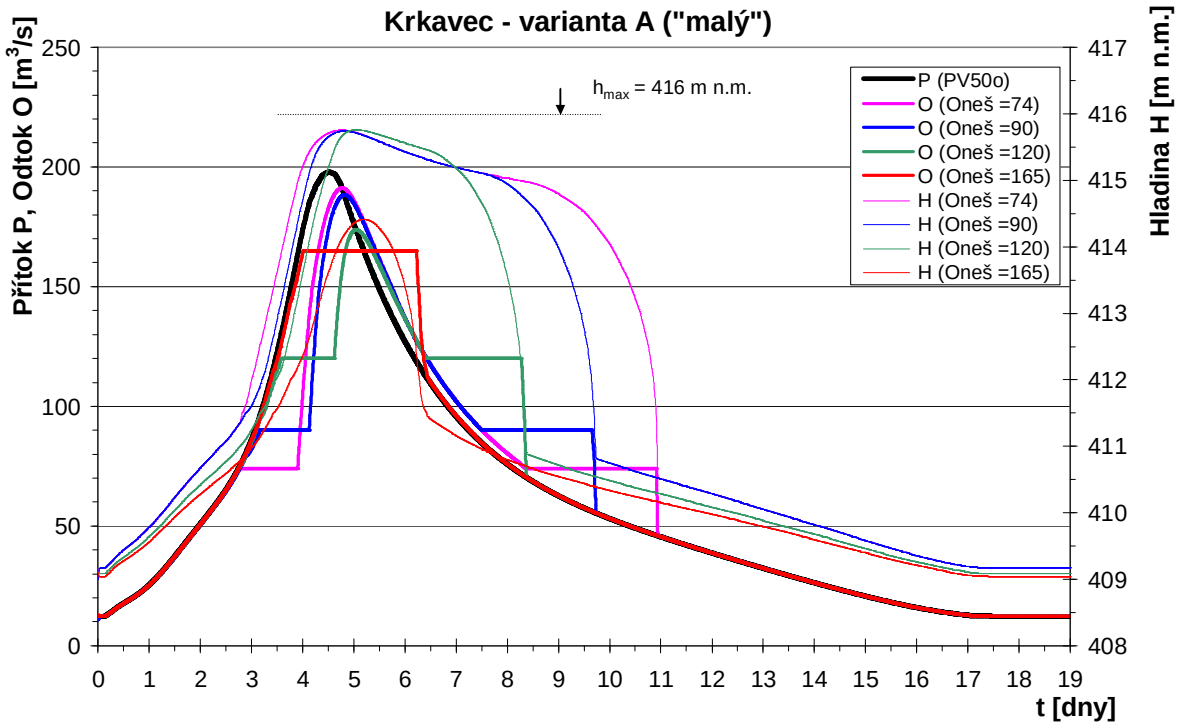
Krkavec N_{PV} [roky]	100	20	200o	50o	43o	24o	10o	PV_{2006}
Q_N [m^3/s]	234	156	273	198	191	164	128	188
Krkavec var. A, $O_{neš}$=74 m^3/s	226	145		191			109	
Krkavec var. A, $O_{neš}$ =90 m^3/s	225	136	267*	188	180	152	90	182
Krkavec var. A, $O_{neš}$ =120 m^3/s	214	120	260*	174	165	125	120	181
Krkavec var. A, $O_{neš}$ =165 m^3/s	165	156	250*	165	165	164	128	165
Krkavec var. B, $O_{neš}$ =74 m^3/s	108	74	220**	74	74	74	74	140
Krkavec var. B, $O_{neš}$ =90 m^3/s	90	90	175**	90	90	90	90	129
Krkavec var. B, $O_{neš}$ =120 m^3/s	120	120	120	120	120	120	120	120

Uvedené výsledky řešení transformace povodňové vlny pro obě nádrže samostatně jsou základem pro zhodnocení přítoků do města Veselí nad Lužnicí. V případech, kdy je hodnota kulminačního průtoku nižší než hodnota neškodného odtoku, je předpokládám odtok shodný s přítokem (předpokládá se neznalost budoucího vývoje povodně a tedy i manipulace v souladu s návrhovou (stoletou) povodní).

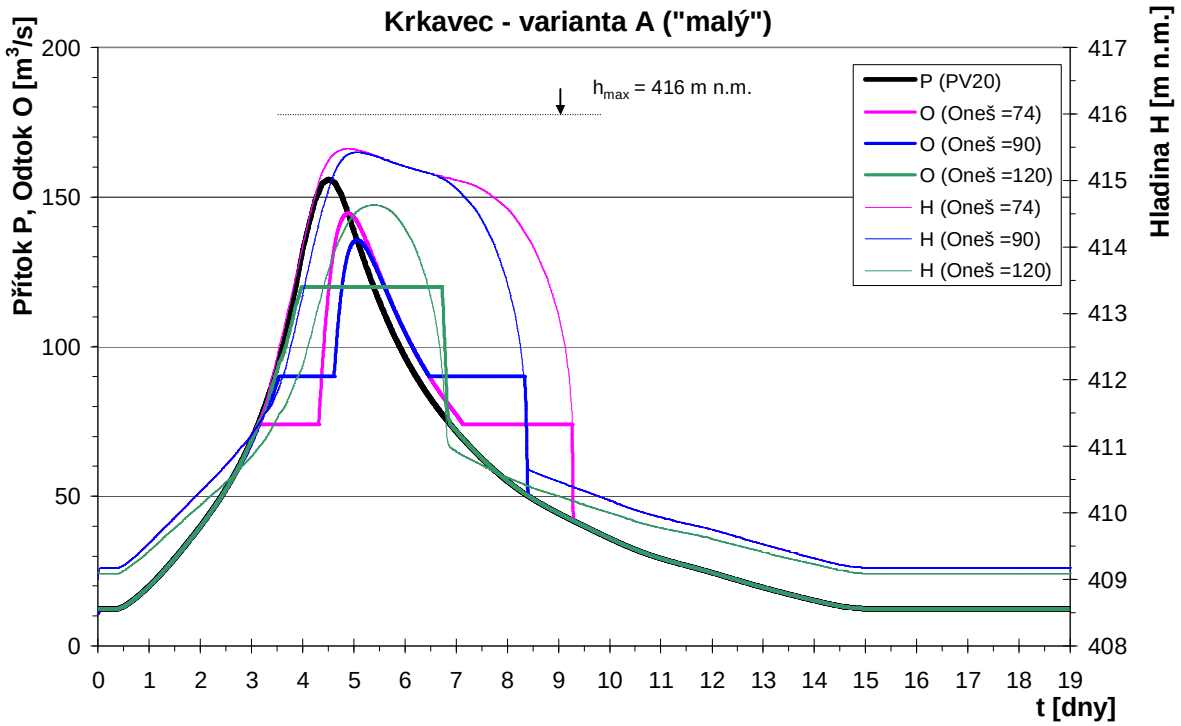
V Tab. 28 jsou vedle maximálních odtoků po transformaci teoretických povodňových vln uvedeny i výsledky transformace zimní povodňové vlny (březen – duben 2006). Hydrogram povodně poskytl zadavatel studie. V porovnání s výsledky transformace teoretické PV_{100} je zřejmé, že tato mimořádně objemná povodňová vlna klade vyšší nároky na ochranný objem nádrže, ačkoliv je doba opakování kulminačního průtoku povodně kratší (menší než Q_{50}). To je dáno skutečností, že průběh povodní dané doby opakování kulminačního průtoku může být různý (s ohledem na příčinné faktory, sezóna, časoprostorové rozložení srážek, nasycenost atd.).



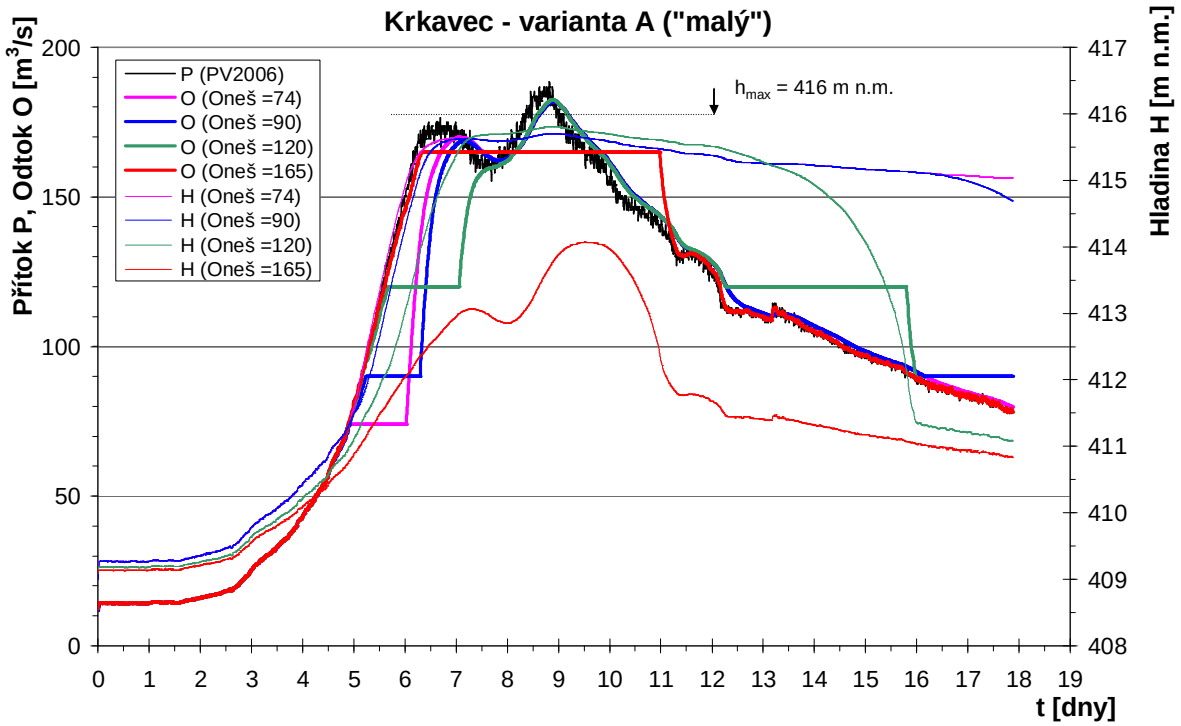
Obr. 39 Transformace teoretické PV_{100} – Krkavec var. A



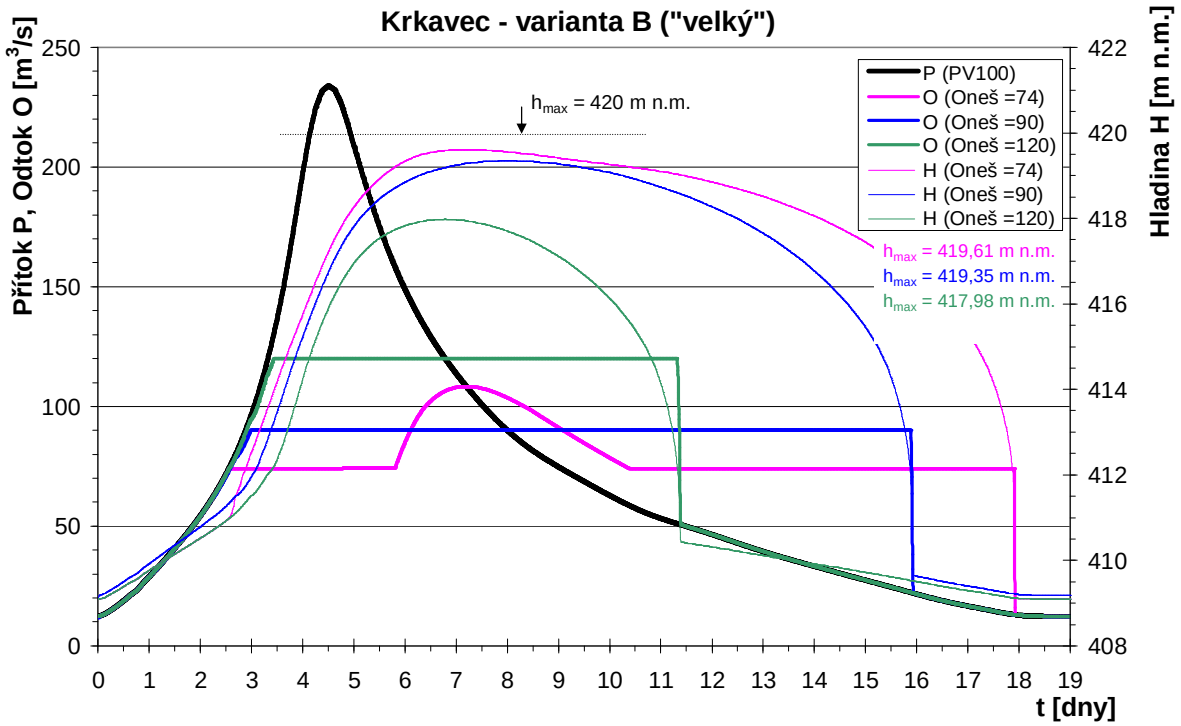
Obr. 40 Transformace teoretické $PV_{50,odvozené}$ – Krkavec var. A



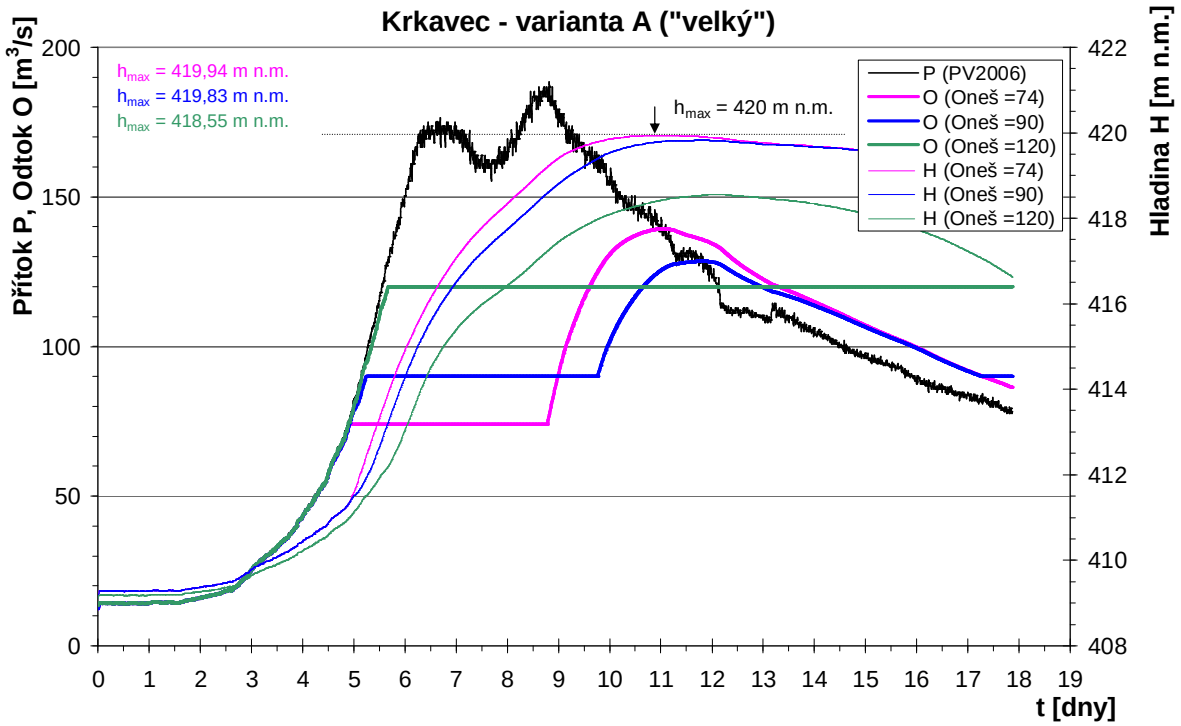
Obr. 41 Transformace teoretické PV_{20} – Krkavec var. A



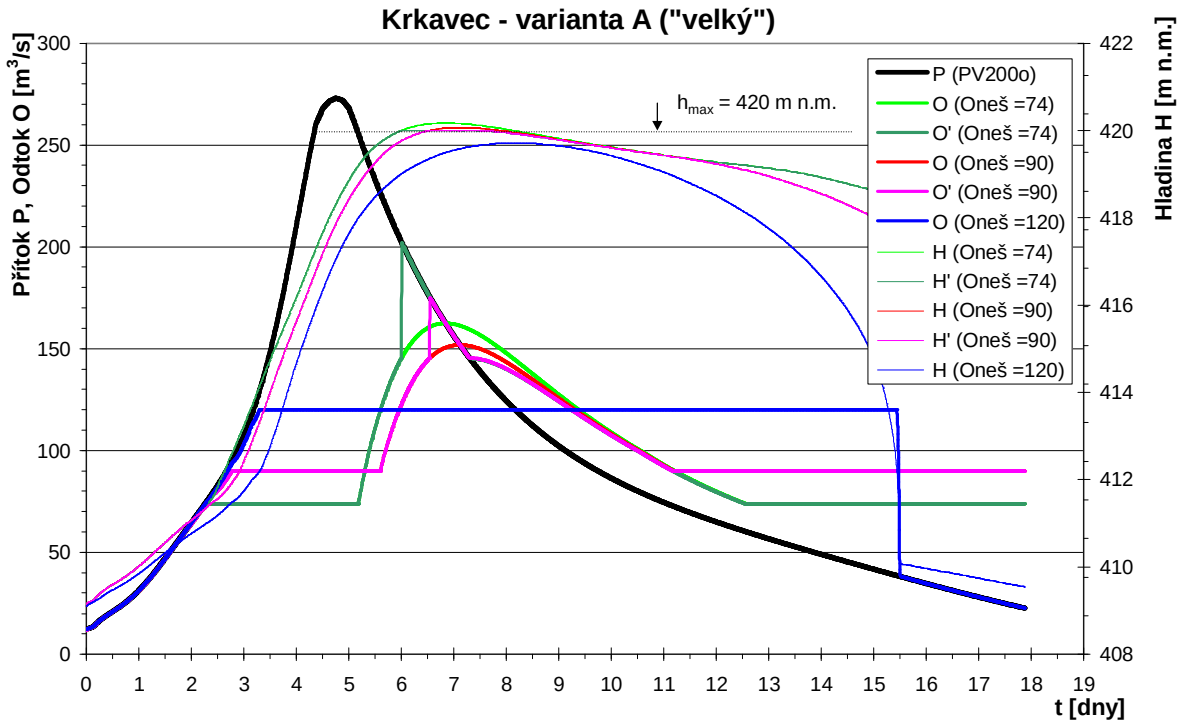
Obr. 42 Transformace jarní povodně 2006 – Krkavec var. A



Obr. 43 Transformace teoretické PV_{100} – Krkavec var. B



Obr. 44 Transformace jarní povodně 2006 – Krkavec var. B



Obr. 45 Transformace teoretické $PV_{200,odvozené}$ – Krkavec var. B

7.C Vyhodnocení přítoků do Veselí nad Lužnicí pro definované scénáře

V následujícím textu je uvedeno souhrnné vyhodnocení různých hydrologických kombinací N = 20, 50 a 100 let (N-letosti Lužnice pod soutokem) dle scénářů definovaných v kap. 6.C. Cílem studie je předně zhodnocení posuzovaných nádrží s ohledem na projektované PPO ve Veselí nad Lužnicí, které jsou navrženy na N ≈ 50, viz kapitola 3.D. Zde by teoreticky mělo smysl řešit pouze hydrologické kombinace pro N > 50 let. V případě, že z nějakého důvodu nebudou PPO realizovány, o případných efektech a očekávaných výsledcích transformovaných přítoků mají i ostatní scénáře s nižší N-letostí.

Kombinace povodní pro N = 200 let, které byly řešeny na základě extrapolace (odvozené povodňové vlny - odhady) uváděny nejsou, neboť se ukázalo, že nelze očekávat zvýšení protipovodňové ochrany města Veselí nad Lužnicí na N = 200 let ani při realizaci všech posuzovaných opatření v max. (limitující jsou přítoky po Lužnici).

V dalších samostatně číslovaných kapitolách jsou uváděny výsledky vyhodnocení přítoků do Veselí nad Lužnicí

7.C.1 Scénář 1.b (stávající stav)

V tabulkách Tab. 29 - Tab. 31, jsou uvedeny výsledky očekávaných přítoků do Veselí nad Lužnicí pro vybrané hydrologické kombinace. Vzhledem ke kap. 6.C má smysl uvádět pouze stávající stav s vyhodnocením transformačního účinku rybníka Rožmberk – scénář 1.b. Protože je dle studie [2], [3] doporučeno předčistit předpolí bezpečnostního přelivu i v případě, že nedojde k realizaci souboru opatření vedoucích ke zvýšení retence, z obou možností je uváděna pouze tato varianta. Zvýšením kapacity bezpečnostního přelivu reálně dojde k vyšším odtokům z VD Rožmberk a tedy i k vyšším přítokům do Veselí nad Lužnicí. Pro VD Rožmberk toto opatření přispěje ke zvýšení bezpečnosti vodního díla, pro město

Veselí nad Lužnicí se teoreticky jedná o určité zhoršení odtokových poměrů z povodí. V obou případech je však transformační účinek Rožmberka vyšší než statisticky vyhodnocené snížení odtoku z Rožmberka dle ČHMÚ (viz Tab. 17, Tab. 27, kap. 6.C). Např. pro stoletou povodeň je hodnota Q_{100} pod Rožmberkem vyhodnocena dle ČHMÚ na 120 m^3/s, transformovaný odtok z Rožmberka dle VH řešení je 85 m^3/s resp. 95 m^3/s pro stávající přeliv resp. při předčištěném předpolí přelivu.

V jednotlivých řádcích jsou uvedeny tyto informace:

1. N – letý průtok (100, 50, 20) pod soutokem Lužnice a Nežárky dle ČHMÚ – referenční hodnota (současný stav) + pořadí (označení) hydrologické kombinace ($Q_{100,i}$).
2. Veličiny a jednotky.
3. N – letý průtok Nežárky nad soutokem dle ČHMÚ – referenční hodnota (současný stav). Protože v tomto scénáři není uvažováno žádné významné opatření na Nežárce (VD Krkavec), pro potřeby bilance (řádek 9) se jedná o netransformovaný přítok do Veselí nad Lužnicí (vyznačeno silně).
4. N – letý průtok Lužnice nad soutokem dle ČHMÚ – referenční hodnota (současný stav).
5. Statisticky vyhodnocené přítoky z mezipovodí pro danou N – letost (rozdíl dvou řad N – letých průtoků).
6. N – letý průtok Lužnice v profilu hráze rybníka Rožmberk pro danou N-letost (řádky 4, 5, 6 mají vždy shodnou hodnotu doby opakování).
7. Transformovaný odtok z VD Rožmberk (dle Tab. 27).
8. Ovlivněný přítok do Veselí n. L. – Lužnice nad soutokem (porovnání s referenčním stavem – vyznačeno silně).
9. Ovlivněný průtok pod soutokem Nežárky a Lužnice (porovnání s referenčním stavem – vyznačeno silně).
10. Snížení kulminačního průtoku na Lužnici pod soutokem

V závorkách jsou uvedeny operace mezi řádky. Červeně zvýrazněné hodnoty označují nevyhovující velikost průtoku s ohledem na návrh PPO ve Veselí nad Lužnicí. Aby PPO ve Veselí při daném hydrologickém scénáři vyhověla, ovlivněné přítoky musí být nižší než Q_{50} samostatně na obou vodních tocích (přítok na Lužnici Q_{50} = 124 m^3/s a na Nežárce Q_{50} = 198 m^3/s) a současně i pod soutokem (Q_{50} = 256 m^3/s). Ve skutečnosti je situace poněkud komplikovanější – v případě krajních hydrologických kombinací značně odlišné doby opakování na obou vodních docích lze očekávat odlehčení z jednoho toku do druhého a tedy o něco lepší výsledky. To ovšem podmiňuje zachování průtočnosti inundačního území (a Degárky). Fialově jsou vyznačeny kombinace, kdy je odvozený přítok do Veselí vyšší než referenční hodnota (řádek č.8 je větší než řádek č. 4). Tato situace nastává v případech, kdy je na Lužnici posuzována povodeň s krátkou dobou opakování. Statisticky odvozená data dle ČHMÚ i v těchto případech uvažují snížení N-letého průtoku pod hrází. Pro potřeby studie se předpokládá, že je zásobní prostor nádrže zaplněn a maximální odtok se rovná max. přítoku (nulová transformace Rožmberkem). V tomto případě je třeba uvažovat přítok do Veselí na Lužnicí rovný N-letému průtoku dle ČHMÚ.

Tab. 29 Očekávané přítoky do Veselí nad Lužnicí. Scénář 1.b (kap. 6.C), Q_{100}

1.Lužnice pod soutokem: **Q_{100} = 315 m³/s**	$Q_{100,1}$		$Q_{100,2}$		$Q_{100,3}$		$Q_{100,4}$	
2. Q [m³/s], N [roky]	Q	N	Q	N	Q	N	Q	N
3. **Nežárka nad soutokem** dle ČHMÚ (1-4)	234	100	198	50	155	20	191	43
4. Lužnice nad soutokem dle ČHMÚ (1-3)	81	17	117	43	160	100	124	50
5. Přítok z mezipovodí Rožmberk - Veselí n.L.	23	17	30	43	40	100	32	50
6. Lužnice-hráz Rožmberk (kulminace PV_N):	114	17	162	43	210	100	169	50
7. Transformovaný odtok z Rožmberka (VH řešení)	30		63		95		67	
8. **Lužnice nad soutokem** (7+5)	53		93		135		99	
9. **Lužnice pod soutokem** (8+3)	287		291		290		290	
10. Snížení průtoku pod soutokem [m³/s,%] (9-1)	28	*8.9*	24	*7.6*	25	*7.9*	25	*7.9*

Tab. 30 Očekávané přítoky do Veselí nad Lužnicí. Scénář 1.b (kap. 6.C), Q_{50}

1.Lužnice pod soutokem: **Q_{50} = 251 m³/s**	$Q_{50,1}$		$Q_{50,2}$		$Q_{50,3}$		$Q_{50,4}$	
2. Q [m³/s], N [roky]	Q	N	Q	N	Q	N	Q	N
3. **Nežárka nad soutokem** dle ČHMÚ (1-4)	198	50	156	20	127	10	164	24
4. Lužnice nad soutokem dle ČHMÚ (1-3)	53	6	95	25	124	50	87	20
5. Přítok z mezipovodí Rožmberk - Veselí n.L.	18	6	26	25	32	50	24	20
6. Lužnice-hráz Rožmberk (kulminace PV_N):	66	6	133	25	169	50	122	20
7. Transformovaný odtok z Rožmberka (VH řešení)	30		42		67		30	
8. **Lužnice nad soutokem** (7+5)	48		68		99		54	
9. **Lužnice pod soutokem** (8+3)	246		224		226		218	
10. Snížení průtoku pod soutokem [m³/s,%] (9-1)	5	*2.0*	27	*10.8*	25	*10.0*	33	*13.1*

Tab. 31 Očekávané přítoky do Veselí nad Lužnicí. Scénář 1.b (kap. 6.C), Q_{20}

1.Lužnice pod soutokem: **Q_{20} = 183 m³/s**	$Q_{20,1}$		$Q_{20,2}$		$Q_{20,3}$	
2. Q [m³/s], N [roky]	Q	N	Q	N	Q	N
3. **Nežárka nad soutokem** dle ČHMÚ (1-4)	156	20	128	10	96	4
4. Lužnice nad soutokem dle ČHMÚ (1-3)	27	1.5	55	7	87	20
5. Přítok z mezipovodí Rožmberk - Veselí n.L.	15	1.5	19	7	24	20
6. Lužnice-hráz Rožmberk (kulminace PV_N):	22	1.5	73	7	122	20
7. Transformovaný odtok z Rožmberka (VH řešení)	22		30		30	
8. **Lužnice nad soutokem** (7+5)	37		49		54	
9. **Lužnice pod soutokem** (8+3)	183		177		150	
10. Snížení průtoku pod soutokem [m³/s,%] (9-1)	0	*0.0*	6	*3.3*	33	*18.0*

7.C.2 Scénář 2 (Rožmberk zvýšený V_r, Nežárka stávající)

V Tab. 32, Tab. 33 a Tab. 34 jsou uvedeny výsledky očekávaných přítoků do Veselí nad Lužnicí pro vybrané hydrologické kombinace. Význam jednotlivých řádků i barevných označení je popsán v předchozí kapitole.

Tab. 32 Očekávané přítoky do Veselí nad Lužnicí. Scénář 2 (kap. 6.C), Q_{100}

1.Lužnice pod soutokem: **Q_{100} = 315 m³/s**	$Q_{100,1}$		$Q_{100,2}$		$Q_{100,3}$		$Q_{100,4}$	
2. Q [m³/s], N [roky]	Q	N	Q	N	Q	N	Q	N
3. **Nežárka nad soutokem** dle ČHMÚ (1-4)	234	100	198	50	155	20	191	43
4. Lužnice nad soutokem dle ČHMÚ (1-3)	81	17	117	43	160	100	124	50
5. Přítok z mezipovodí Rožmberk - Veselí n.L.	23	17	30	43	40	100	32	50
6. Lužnice-hráz Rožmberk (kulminace PV_N):	114	17	162	43	210	100	169	50
7. Transformovaný odtok z Rožmberka (VH řešení)	40		40		41		40	
8. **Lužnice nad soutokem** (7+5)	63		70		81		72	
9. **Lužnice pod soutokem** (8+3)	297		268		236		263	
10. Snížení průtoku pod soutokem [m³/s,%] (9-1)	18	*5.7*	47	*14.9*	79	*25.1*	52	*16.5*

Tab. 33 Očekávané přítoky do Veselí nad Lužnicí. Scénář 2 (kap. 6.C), Q_{50}

1.Lužnice pod soutokem: **Q_{50} = 251 m³/s**	$Q_{50,1}$		$Q_{50,2}$		$Q_{50,3}$		$Q_{50,4}$	
2. Q [m³/s], N [roky]	Q	N	Q	N	Q	N	Q	N
3. **Nežárka nad soutokem** dle ČHMÚ (1-4)	198	50	156	20	127	10	164	24
4. Lužnice nad soutokem dle ČHMÚ (1-3)	53	6	95	25	124	50	87	20
5. Přítok z mezipovodí Rožmberk - Veselí n.L.	18	6	26	25	32	50	24	20
6. Lužnice-hráz Rožmberk (kulminace PV_N):	66	6	133	25	169	50	122	20
7. Transformovaný odtok z Rožmberka (VH řešení)	37		40		40		40	
8. **Lužnice nad soutokem** (7+5)	55		66		72		64	
9. **Lužnice pod soutokem** (8+3)	251		222		199		228	
10. Snížení průtoku pod soutokem [m³/s,%] (9-1)	0	*0.0*	29	*11.6*	52	*20.7*	23	*9.2*

Tab. 34 Očekávané přítoky do Veselí nad Lužnicí. Scénář 2 (kap. 6.C), Q_{20}

1.Lužnice pod soutokem: **Q_{20} = 183 m³/s**	$Q_{20,1}$		$Q_{20,2}$		$Q_{20,3}$	
2. Q [m³/s], N [roky]	Q	N	Q	N	Q	N
3. **Nežárka nad soutokem** dle ČHMÚ (1-4)	156	20	128	10	96	4
4. Lužnice nad soutokem dle ČHMÚ (1-3)	27	1.5	55	7	87	20
5. Přítok z mezipovodí Rožmberk - Veselí n.L.	15	1.5	19	7	24	20
6. Lužnice-hráz Rožmberk (kulminace PV_N):	22	1.5	73	7	122	20
7. Transformovaný odtok z Rožmberka (VH řešení)	22		37		40	
8. **Lužnice nad soutokem** (7+5)	37		56		64	
9. **Lužnice pod soutokem** (8+3)	183		183		160	
10. Snížení průtoku pod soutokem [m³/s,%] (9-1)	0	*0.0*	0	*0.0*	23	*12.6*

7.C.3 Scénář 3a (Rožmberk stávající V_r, Krkavec var. A)

Dle analýz kap. 7.A a výsledků uvedených v Tab. 28 (transformace povodňových vln při různém neškodném odtoku) je zřejmé, že Krkavec ve variantě A (malý Krkavec) je schopen snížit PV_{100} na hodnotu neškodného průtoku při hodnotách $O_{neš}$ ≥ 165 m³/s. Pro souhrnné zhodnocení je zde uváděna pouze tento scénář neškodného odtoku (výsledky přítoků pro nižší hodnoty $O_{neš}$ lze případně snadno odvodit záměnou řádku 9 níž uvedených tabulek s příslušnou hodnotou dle Tab. 28).

V tabulkách Tab. 35, Tab. 36 a Tab. 37 jsou uvedeny výsledky očekávaných přítoků do Veselí nad Lužnicí pro vybrané hydrologické kombinace. S ohledem na vysvětlující text uvedený v kap. 7.C.1 jsou tabulky doplněny o řádek 9, kde je uveden transformovaný odtok z Krkavce (pro výše zdůvodněný neškodný odtok $O_{neš}$ = 165 m^3/s). V případě povodní kratších dob opakování (kulminační průtok povodně nižší než 165 m^3/s) je odtok z Krkavce rovný přítoku. Význam ostatních řádků je shodný s předchozími kapitolami (kap. 7.C.1, 7.C.2).

Tab. 35 Očekávané přítoky do Veselí nad Lužnicí. Scénář 3a (kap. 6.C), Q_{100}

1.Lužnice pod soutokem: **Q_{100} = 315 m^3/s**	$Q_{100,1}$		$Q_{100,2}$		$Q_{100,3}$		$Q_{100,4}$	
2. Q [m^3/s], N [roky]	Q	N	Q	N	Q	N	Q	N
3. Nežárka nad soutokem dle ČHMÚ (1-4)	234	100	198	50	155	20	191	43
4. Lužnice nad soutokem dle ČHMÚ (1-3)	81	17	117	43	160	100	124	50
5. Přítok z mezipovodí Rožmberk - Veselí n.L.	23	17	30	43	40	100	32	50
6. Lužnice-hráz Rožmberk (kulminace PV_N):	114	17	162	43	210	100	169	50
7. Transformovaný odtok z Rožmberka (VH řešení)	30		63		95		67	
8. **Lužnice nad soutokem** (7+5)	53		93		135		99	
9. **Transf. odtok z Krkavce** (=přítok do Veselí n.L.)	165		165		155		165	
10. **Lužnice pod soutokem** (8+9)	218		258		290		264	
11. Snížení průtoku pod soutokem [m^3/s,%] (10-1)	97	*30.8*	57	*18.1*	25	*7.9*	51	*16.2*

Tab. 36 Očekávané přítoky do Veselí nad Lužnicí. Scénář 3a (kap. 6.C), Q_{50}

1.Lužnice pod soutokem: **Q_{50} = 251 m^3/s**	$Q_{50,1}$		$Q_{50,2}$		$Q_{50,3}$		$Q_{50,4}$	
2. Q [m^3/s], N [roky]	Q	N	Q	N	Q	N	Q	N
3. **Nežárka nad soutokem** dle ČHMÚ (1-4)	198	50	156	20	127	10	164	24
4. Lužnice nad soutokem dle ČHMÚ (1-3)	53	6	95	25	124	50	87	20
5. Přítok z mezipovodí Rožmberk - Veselí n.L.	18	6	26	25	32	50	24	20
6. Lužnice-hráz Rožmberk (kulminace PV_N):	66	6	133	25	169	50	122	20
7. Transformovaný odtok z Rožmberka (VH řešení)	30		42		67		30	
8. **Lužnice nad soutokem** (7+5)	48		68		99		54	
9. **Transf. odtok z Krkavce** (=přítok do Veselí n.L.)	165		156		127		164	
10. **Lužnice pod soutokem** (8+9)	213		224		226		218	
11. Snížení průtoku pod soutokem [m^3/s,%] (10-1)	38	*15.1*	27	*10.8*	25	*10.0*	33	*13.1*

Tab. 37 Očekávané přítoky do Veselí nad Lužnicí. Scénář 3a (kap. 6.C), Q_{20}

1.Lužnice pod soutokem: **Q_{20} = 183 m^3/s**	$Q_{20,1}$		$Q_{20,2}$		$Q_{20,3}$	
2. Q [m^3/s], N [roky]	Q	N	Q	N	Q	N
3. **Nežárka nad soutokem** dle ČHMÚ (1-4)	156	20	128	10	96	4
4. Lužnice nad soutokem dle ČHMÚ (1-3)	27	1.5	55	7	87	20
5. Přítok z mezipovodí Rožmberk - Veselí n.L.	15	1.5	19	7	24	20
6. Lužnice-hráz Rožmberk (kulminace PV_N):	22	1.5	73	7	122	20
7. Transformovaný odtok z Rožmberka (VH řešení)	22		30		30	
8. **Lužnice nad soutokem** (7+5)	37		49		54	
9. **Transf. odtok z Krkavce** (=přítok do Veselí n.L.)	156		128		96	
10. **Lužnice pod soutokem** (8+9)	183		177		150	
11. Snížení průtoku pod soutokem [m^3/s,%] (10-1)	0	*0.0*	6	*3.3*	33	*18.0*

7.C.4 Scénář 3b (Rožmberk stávající V_r, Krkavec var. B)

Podobně jako v předchozí kapitole je souhrnné zhodnocení (Tab. 38 – Tab. 40) uvedeno pouze pro jednu velikost neškodného odtoku z Krkavce. Suchá retenční nádrž Krkavec je ve variantě B ("velký Krkavec") schopna transformovat teoretickou povodňovou vlnu PV_{100} na neškodný odtok 90 m^3/s. Proto byla zvolena tato hodnota $O_{neš}$ pro souhrnné zhodnocení přítoků do Veselí nad Lužnicí. Význam jednotlivých řádků je uveden v kap. 7.C.1, 7.C.2.

Tab. 38 Očekávané přítoky do Veselí nad Lužnicí. Scénář 3b (kap. 6.C), Q_{100}

1.Lužnice pod soutokem: **Q_{100} = 315 m^3/s**	$Q_{100,1}$		$Q_{100,2}$		$Q_{100,3}$		$Q_{100,4}$	
2. Q [m^3/s], N [roky]	Q	N	Q	N	Q	N	Q	N
3. Nežárka nad soutokem dle ČHMÚ (1-4)	234	100	198	50	155	20	191	43
4. Lužnice nad soutokem dle ČHMÚ (1-3)	81	17	117	43	160	100	124	50
5. Přítok z mezipovodí Rožmberk - Veselí n.L.	23	17	30	43	40	100	32	50
6. Lužnice-hráz Rožmberk (kulminace PV_N):	114	17	162	43	210	100	169	50
7. Transformovaný odtok z Rožmberka (VH řešení)	30		63		95		67	
8. **Lužnice nad soutokem** (7+5)	53		93		135		99	
9. **Transf. odtok z Krkavce** (=přítok do Veselí n.L.)	90		90		90		90	
10. **Lužnice pod soutokem** (8+9)	143		183		225		189	
11. Snížení průtoku pod soutokem [m^3/s,%] (10-1)	172	*54.6*	132	*41.9*	90	*28.6*	126	*40.0*

Tab. 39 Očekávané přítoky do Veselí nad Lužnicí. Scénář 3b (kap. 6.C), Q_{50}

1.Lužnice pod soutokem: **Q_{50} = 251 m^3/s**	$Q_{50,1}$		$Q_{50,2}$		$Q_{50,3}$		$Q_{50,4}$	
2. Q [m^3/s], N [roky]	Q	N	Q	N	Q	N	Q	N
3. **Nežárka nad soutokem** dle ČHMÚ (1-4)	198	50	156	20	127	10	164	24
4. Lužnice nad soutokem dle ČHMÚ (1-3)	53	6	95	25	124	50	87	20
5. Přítok z mezipovodí Rožmberk - Veselí n.L.	18	6	26	25	32	50	24	20
6. Lužnice-hráz Rožmberk (kulminace PV_N):	66	6	133	25	169	50	122	20
7. Transformovaný odtok z Rožmberka (VH řešení)	30		42		67		30	
8. **Lužnice nad soutokem** (7+5)	48		68		99		54	
9. **Transf. odtok z Krkavce** (=přítok do Veselí n.L.)	90		90		90		90	
10. **Lužnice pod soutokem** (8+9)	138		158		189		144	
11. Snížení průtoku pod soutokem [m^3/s,%] (10-1)	113	*45.0*	93	*37.1*	62	*24.7*	107	*42.6*

Tab. 40 Očekávané přítoky do Veselí nad Lužnicí. Scénář 3b (kap. 6.C), Q_{20}

1.Lužnice pod soutokem: **Q_{20} = 183 m^3/s**	$Q_{20,1}$		$Q_{20,2}$		$Q_{20,3}$	
2. Q [m^3/s], N [roky]	Q	N	Q	N	Q	N
3. **Nežárka nad soutokem** dle ČHMÚ (1-4)	156	20	128	10	96	4
4. Lužnice nad soutokem dle ČHMÚ (1-3)	27	1.5	55	7	87	20
5. Přítok z mezipovodí Rožmberk - Veselí n.L.	15	1.5	19	7	24	20
6. Lužnice-hráz Rožmberk (kulminace PV_N):	22	1.5	73	7	122	20
7. Transformovaný odtok z Rožmberka (VH řešení)	22		30		30	
8. **Lužnice nad soutokem** (7+5)	37		49		54	
9. **Transf. odtok z Krkavce** (=přítok do Veselí n.L.)	90		90		90	
10. **Lužnice pod soutokem** (8+9)	117		139		144	
11. Snížení průtoku pod soutokem [m^3/s,%] (10-1)	66	*36.1*	44	*24.0*	39	*21.3*

7.C.5 Scénář 4a (Rožmberk zvýšený V_r, Krkavec var. A)

V Tab. 41, Tab. 42 a Tab. 43 jsou uvedeny výsledky očekávaných přítoků do Veselí nad Lužnicí pro vybrané hydrologické kombinace. Význam jednotlivých řádků je uveden v kap. 7.C.1, 7.C.2.

Tab. 41 Očekávané přítoky do Veselí nad Lužnicí. Scénář 4a (kap. 6.C), Q_{100}

1.Lužnice pod soutokem: **Q_{100} = 315 m³/s**	$Q_{100,1}$		$Q_{100,2}$		$Q_{100,3}$		$Q_{100,4}$	
2. Q [m³/s], N [roky]	Q	N	Q	N	Q	N	Q	N
3. Nežárka nad soutokem dle ČHMÚ (1-4)	234	100	198	50	155	20	191	43
4. Lužnice nad soutokem dle ČHMÚ (1-3)	81	17	117	43	160	100	124	50
5. Přítok z mezipovodí Rožmberk - Veselí n.L.	23	17	30	43	40	100	32	50
6. Lužnice-hráz Rožmberk (kulminace PV_N):	114	17	162	43	210	100	169	50
7. Transformovaný odtok z Rožmberka (VH řešení)	40		40		41		40	
8. **Lužnice nad soutokem** (7+5)	63		70		81		72	
9. **Transf. odtok z Krkavce** (=přítok do Veselí n.L.)	165		165		155		165	
10. **Lužnice pod soutokem** (8+9)	228		235		236		237	
11. Snížení průtoku pod soutokem [m³/s,%] (10-1)	87	*27.6*	80	*25.4*	79	*25.1*	78	*24.8*

Tab. 42 Očekávané přítoky do Veselí nad Lužnicí. Scénář 4a (kap. 6.C), Q_{50}

1.Lužnice pod soutokem: **Q_{50} = 251 m³/s**	$Q_{50,1}$		$Q_{50,2}$		$Q_{50,3}$		$Q_{50,4}$	
2. Q [m³/s], N [roky]	Q	N	Q	N	Q	N	Q	N
3. **Nežárka nad soutokem** dle ČHMÚ (1-4)	198	50	156	20	127	10	164	24
4. Lužnice nad soutokem dle ČHMÚ (1-3)	53	6	95	25	124	50	87	20
5. Přítok z mezipovodí Rožmberk - Veselí n.L.	18	6	26	25	32	50	24	20
6. Lužnice-hráz Rožmberk (kulminace PV_N):	66	6	133	25	169	50	122	20
7. Transformovaný odtok z Rožmberka (VH řešení)	37		40		40		40	
8. **Lužnice nad soutokem** (7+5)	55		66		72		64	
9. **Transf. odtok z Krkavce** (=přítok do Veselí n.L.)	165		156		127		164	
10. **Lužnice pod soutokem** (8+9)	218		222		199		228	
11. Snížení průtoku pod soutokem [m³/s,%] (10-1)	33	*13.1*	29	*11.6*	52	*20.7*	23	*9.2*

Tab. 43 Očekávané přítoky do Veselí nad Lužnicí. Scénář 4a (kap. 6.C), Q_{20}

1.Lužnice pod soutokem: **Q_{20} = 183 m³/s**	$Q_{20,1}$		$Q_{20,2}$		$Q_{20,3}$	
2. Q [m³/s], N [roky]	Q	N	Q	N	Q	N
3. **Nežárka nad soutokem** dle ČHMÚ (1-4)	156	20	128	10	96	4
4. Lužnice nad soutokem dle ČHMÚ (1-3)	27	1.5	55	7	87	20
5. Přítok z mezipovodí Rožmberk - Veselí n.L.	15	1.5	19	7	24	20
6. Lužnice-hráz Rožmberk (kulminace PV_N):	22	1.5	73	7	122	20
7. Transformovaný odtok z Rožmberka (VH řešení)	22		37		40	
8. **Lužnice nad soutokem** (7+5)	37		56		64	
9. **Transf. odtok z Krkavce** (=přítok do Veselí n.L.)	156		128		96	
10. **Lužnice pod soutokem** (8+9)	183		183		160	
11. Snížení průtoku pod soutokem [m³/s,%] (10-1)	0	*0.0*	0	*0.0*	23	*12.6*

7.C.6 Scénář 4b (Rožmberk zvýšený V_r, Krkavec var. B)

V Tab. 41, Tab. 42 a Tab. 43 jsou uvedeny výsledky očekávaných přítoků do Veselí nad Lužnicí pro vybrané hydrologické kombinace. Význam jednotlivých řádků je uveden v kap. 7.C.1, 7.C.2.

Tab. 44 Očekávané přítoky do Veselí nad Lužnicí. Scénář 4b (kap. 6.C), Q_{100}

1.Lužnice pod soutokem: **Q_{100} = 315 m³/s**	$Q_{100,1}$		$Q_{100,2}$		$Q_{100,3}$		$Q_{100,4}$	
2. Q [m³/s], N [roky]	Q	N	Q	N	Q	N	Q	N
3. Nežárka nad soutokem dle ČHMÚ (1-4)	234	100	198	50	155	20	191	43
4. Lužnice nad soutokem dle ČHMÚ (1-3)	81	17	117	43	160	100	124	50
5. Přítok z mezipovodí Rožmberk - Veselí n.L.	23	17	30	43	40	100	32	50
6. Lužnice-hráz Rožmberk (kulminace PV_N):	114	17	162	43	210	100	169	50
7. Transformovaný odtok z Rožmberka (VH řešení)	40		40		41		40	
8. **Lužnice nad soutokem** (7+5)	63		70		81		72	
9. **Transf. odtok z Krkavce** (=přítok do Veselí n.L.)	90		90		90		90	
10. **Lužnice pod soutokem** (8+9)	153		160		171		162	
11. Snížení průtoku pod soutokem [m³/s,%] (10-1)	162	*51.4*	155	*49.2*	144	*45.7*	153	*48.6*

Tab. 45 Očekávané přítoky do Veselí nad Lužnicí. Scénář 4b (kap. 6.C), Q_{50}

1.Lužnice pod soutokem: **Q_{50} = 251 m³/s**	$Q_{50,1}$		$Q_{50,2}$		$Q_{50,3}$		$Q_{50,4}$	
2. Q [m³/s], N [roky]	Q	N	Q	N	Q	N	Q	N
3. **Nežárka nad soutokem** dle ČHMÚ (1-4)	198	50	156	20	127	10	164	24
4. Lužnice nad soutokem dle ČHMÚ (1-3)	53	6	95	25	124	50	87	20
5. Přítok z mezipovodí Rožmberk - Veselí n.L.	18	6	26	25	32	50	24	20
6. Lužnice-hráz Rožmberk (kulminace PV_N):	66	6	133	25	169	50	122	20
7. Transformovaný odtok z Rožmberka (VH řešení)	37		40		40		40	
8. **Lužnice nad soutokem** (7+5)	55		66		72		64	
9. **Transf. odtok z Krkavce** (=přítok do Veselí n.L.)	90		90		90		90	
10. **Lužnice pod soutokem** (8+9)	143		156		162		154	
11. Snížení průtoku pod soutokem [m³/s,%] (10-1)	108	*43.0*	95	*37.8*	89	*35.5*	97	*38.6*

Tab. 46 Očekávané přítoky do Veselí nad Lužnicí. Scénář 4b (kap. 6.C), Q_{20}

1.Lužnice pod soutokem: **Q_{20} = 183 m³/s**	$Q_{20,1}$		$Q_{20,2}$		$Q_{20,3}$	
2. Q [m³/s], N [roky]	Q	N	Q	N	Q	N
3. **Nežárka nad soutokem** dle ČHMÚ (1-4)	156	20	128	10	96	4
4. Lužnice nad soutokem dle ČHMÚ (1-3)	27	1.5	55	7	87	20
5. Přítok z mezipovodí Rožmberk - Veselí n.L.	15	1.5	19	7	24	20
6. Lužnice-hráz Rožmberk (kulminace PV_N):	22	1.5	73	7	122	20
7. Transformovaný odtok z Rožmberka (VH řešení)	22		37		40	
8. **Lužnice nad soutokem** (7+5)	37		56		64	
9. **Transf. odtok z Krkavce** (=přítok do Veselí n.L.)	90		90		90	
10. **Lužnice pod soutokem** (8+9)	117		145		154	
11. Snížení průtoku pod soutokem [m³/s,%] (10-1)	66	*36.1*	38	*20.8*	29	*15.8*

7.D Diskuze výsledků posuzovaných scénářů

Návrh PPO ve Veselí nad Lužnicí byl proveden na průtok Q_{50}. Protože se jedná o soutok dvou významných toků, aby PPO vyhověla, je nutné současně:

- přítoky z Lužnice jsou nižší než $Q_{50,\text{Lužnice nad soutokem}}$ = 124 m^3/s,
- přítoky z Nežárky jsou nižší než $Q_{50,\text{Nežárka}}$ = 198 m^3/s,
- součet přítoků z Lužnice a z Nežárky je nižší než $Q_{50,\text{Lužnice pod soutokem}}$ = 251 m^3/s.

Vzhledem k PPO tedy základní otázkou je, do jaké míry mohou posuzovaná opatření (nádrže) ovlivnit (zvýšit) protipovodňovou ochranu města Veselí nad Lužnicí. Pokud by se z nějakého důvodu PPO nerealizovala, výsledky podávají i v tomto případě představu o možnostech zmírnění povodňových přítoků do města Veselí nad Lužnicí.

V předchozí kapitole 7.C byly uvedeny očekávané přítoky (resp. jejich snížení) do Veselí nad Lužnicí pro řešené scénáře a řešené kombinace hydrologických událostí (N = 20, 50, 100). Uvedené tabelární výstupy mimo jiné obsahují i očekávané snížení přítoku s ohledem na N-letý průtok pod soutokem Lužnice a Nežárky. Rozpětí snížených přítoků (Lužnice + Nežárka) ΔQ je uvedeno v Tab. 47. V tabulce jsou označeny dvě referenční varianty (současný stav). Scénář 1a představuje statisticky vyhodnocené hodnoty N-letých průtoků (včetně transformačního účinku VD Rožmberk, Q_{100} je dle údajů ČHMÚ sníženo z 210 m^3/s na 120 m^3/s), scénář 1b představuje stávající stav, kdy je transformační účinek VD Rožmberk zohledněn na základě VH řešení transformace povodňové vlny (viz Tab. 27, transformační účinek Rožmberku je nezanedbatelně vyšší než dle údajů ČHMÚ – reálně se ovšem **nejedná** o žádné zlepšení současného stavu, jde pouze o vyhodnocení přítoků do Veselí nad Lužnicí na základě dvou odlišných přístupů). Z tohoto důvodu je nutné porovnávat dosažené výsledky s referenčním scénářem 1b (referenční scénář II).

Tab. 47 Rekapitulace očekávaného snížení přítoků: Veselí nad Lužnicí

Scénář	Q_{20} = 183 m^3/s		Q_{50} = 251 m^3/s		Q_{100} = 315 m^3/s	
	ΔQ [m^3/s]	ΔQ [%]	ΔQ [m^3/s]	ΔQ [%]	ΔQ [m^3/s]	ΔQ [%]
1a (referenční: I)	0	0	0	0	0	0
1b (referenční: II)	**0 - 33**	**0 - 18.0**	**5 - 33**	**2.0 - 13.1**	**24 - 28**	**7.6 - 8.9**
2	0 - 23	0 - 12.6	0 - 52	0 - 20.7	18 - 79	5.7 - 25.1
3a	0 - 33	0 - 18.0	25 - 38	10.0 - 15.1	25 - 97	7.9 - 30.8
3b	39 - 66	21.3 - 36.1	62 - 113	24.7 - 45.0	90 - 172	28.6 - 54.6
4a	0 - 23	0 - 12.6	23 - 52	9.2 - 20.7	78 - 87	24.8 - 27.6
4b	29 - 66	15.8 - 36.1	89 - 108	35.5 - 43.0	144 - 162	45.7 - 51.4

S ohledem na zjištěné výsledky lze formulovat tyto závěry:

1. Řešením transformačního účinku stávajícího VD Rožmberk při průchodu stoleté povodně PV_{100} a po zohlednění přítoků z mezipovodí (rozdíl N-letých průtoků dle údajů ČHMÚ) bylo zjištěno, že přítoky do Veselí nad Lužnicí překročí průtok 124 m^3/s. V případě zkapacitnění bezpečnostního přelivu (předčištěné předpolí, které je doporučeno k realizaci i v případě, že nedojde ke zvýšení retence vodního díla) je očekávaný přítok do Veselí nad Lužnicí 135 m^3/s. Při současném stavu bezpečnostního přelivu je očekávaný přítok do Veselí nad Lužnicí 85 + 40 = 125 m^3/s (srovnatelný popř. mírně vyšší průtok než návrhový průtok PPO).

   Z výše uvedeného tedy plyne, že při současných kapacitách VD Rožmberk nelze očekávat zvýšení ochrany města Veselí nad Lužnicí po realizaci PPO na ochranu N = 100 let.

V případě statisticky odvozených hydrologických dat je transformační účinek Rožmberka ještě menší (přítoky do Veselí pak odpovídají N-letým průtokům) – viz výše Tab. 47.

V případě realizace Krkavce ve velké variantě (var. B) dojde k významné redukci přítoků po Nežárce (z 315 m^3/s na 225 m^3/s < 251 m^3/s). V tomto případě by za určitých okolností mohlo dojít k přetoku části přítoku z Lužnice do Nežárky. Realizace „velkého Krkavce“ je v současnosti krajně nepravděpodobná, proto tento scénář nebyl 2D modelem blíže zkoumán. Mimo to se ukazuje, že předpoklad zajištění přetoku povodní z jednoho toku do druhého je problematický – tato problematika by měla být v každém případě předmětem návrhu vhodných organizačních opatření, implementovaných do povodňového plánu města (a ukázněné chování v inundačním území by mělo být ze strany města popř. správce toku vynucováno za podpory vhodných legislativních popř. i motivačních prostředků).

2. Řešením transformačního účinku VD Rožmberk po navrhovaném zvýšení retenčního účinku při průchodu odvozené dvousetleté povodně $PV_{200,O}$ bylo zjištěno, že odtok z Rožmberka dle manipulací popsaných v kap. 5.A.2 dosáhne hodnoty 121 m^3/s. Po zohlednění přítoků z mezipovodí (extrapolovaný přítok z mezipovodí $Q_{200,mezipovodí}$ = 51 m^3/s) lze očekávat přítoky do Veselí nad Lužnicí cca 170 m^3/s > 124 m^3/s (návrhový průtok PPO).

   Z tohoto vyplývá, že VD Rožmberk po zvýšení jeho retenční schopnosti nezajistí redukci přítoků z nádrže při očekávané PV_{200} tak, aby byly tyto přítoky nižší než návrhový průtok PPO. Řešení celé soustavy na průchod povodně s dobou opakování N = 200 let není z tohoto důvodu řešeno (přítoky do Veselí na Lužnici nevyhoví).

3. VD krkavec byl řešen ve dvou variantách a pro několik hodnot neškodného odtoku $O_{neš}$. V případě var. A („malý Krkavec“) bylo zjištěno, že k teoreticky maximálnímu využití ochranného prostoru V_r = 7 mil. m^3 dojde při neškodném odtoku $O_{neš}$ = 165 m^3/s – při průchodu stoleté teoretické povodňové vlny PV_{100} dojde k naplnění nádrže právě v okamžiku, kdy na sestupné větvi povodně poklesnou přítoky do nádrže na hodnotu cca 165 m^3/s (=$O_{neš}$). Při tomto scénáři je tedy Krkavec ve var. A teoreticky schopen transformovat přítok Q_{100} = 234 m^3/s na 165 m^3/s.

   Tomuto neškodnému odtoku odpovídají značné rozměry otvorů základových výpustí, které musí být mimo to regulovatelné (nezvyšování odtoku při stoupající hladině). Mimo to dochází k několika územním střetům, které bude třeba řešit.

4. VD Krkavec ve var. B („velký Krkavec“) disponuje téměř 5x větším ochranným prostorem než Krkavec ve var. A. Jak ukazuje Tab. 28, v případě neškodného odtoku $O_{neš}$ = 74 m^3/s (cca současný neškodný průtok Veselím nad Lužnicí) není ani při těchto parametrech VD schopno transformovat PV_{100} na $O_{neš}$ = 74 m^3/s (odtok z nádrže je 108 m^3/s). V případě transformace objemné jarní povodně 2006 dochází dokonce k ještě vyššímu odtoku (140 m^3/s). V případě $O_{neš}$ = 90 m^3/s je již stoletá teoretická PV_{100} transformována na neškodný odtok, při transformaci PV_{2006} stále dochází k odtoku vyššímu než je $O_{neš}$ (129 m^3/s). Až při hodnotě odtoku $O_{neš}$ = 120 m^3/s je transformována na $O_{neš}$ i jarní povodeň 2002 a mimo to i odvozená dvousetletá povodeň $PV_{200,O}$.

   Jakkoliv tato varianta představuje významné opatření pro regulaci odtoků z povodí Nežárky, zatopením (likvidací) místní části Hamr (obec Val) a s uvážením dalších územních střetů je její realizace s největší pravděpodobností v současnosti nereálná.

5. S ohledem na výše formulované závěry a vzhledem k výsledkům kap. 7.C vyplývá, že zvýšení PPO na N = 100 ve Veselí nad Lužnicí je možné v řešených scénářích 4a (Rožmberk při zvýšení retence + „malý Krkavec“ při $O_{neš}$ = 165 m^3/s) a 4b (Rožmberk při zvýšení retence + „velký Krkavec“).

Jak bylo uvedeno v bodě 1), nelze vyloučit zvýšení ochrany na N = 100 i v případě scénáře 3b (Rožmberk stávající + „velký Krkavec“), pouze však za podmínky zajištění komunikace (přetoku) povodňových přítoků z Lužnice do Nežárky (Degárka, inundační území). Protože je daleko pravděpodobnější realizace zvýšení retence VD Rožmberk, nebyla tato varianta předmětem detailního posouzení. Zajištění diskutovaných organizačních opatření je problematika doposud nedořešená (přítomnost vegetace, skladovaný materiál v inundaci apod.).

V případě scénáře 4a jsou nádrže (s ohledem na návrhové průtoky PPO) schopny zajistit stoletou ochranu i v případě souběhu dvou teoretických stoletých povodní, viz Tab. 48 (246 m^3/s < 251 m^3/s => "těsně"). Tento mezní scénář byl podrobně vyhodnocen v rámci detailního posouzení 2D modelem ve Veselí nad lužnicí (viz příloha č. 1).

6. Z uvedených výsledků (kap. 7.C, Tab. 27, Tab. 47) je zřejmé, že zvýšením neškodného odtoku z VD Rožmberk z 30 m^3/s na 40 m^3/s dochází při povodňových situacích N = 5 až 20 (Lužnice v profilu VD) ke zvýšenému odtoku z nádrže a tedy ke zhoršení odtoků s ohledem na přítoky do Veselí nad Lužnicí. Stávající Rožmberk transformuje tyto povodně na 30 m^3/s, zatímco nově navržený Rožmberk transformuje tyto povodně na 40 m^3/s. Tato skutečnost se může projevit i pro povodeň stoletou (vztaženo k profilu pod soutokem) –v případě stoleté povodně $Q_{100,1}$ (Q_{100} na Nežárce a doplňkové povodně na Lužnici, viz Tab. 35 a Tab. 41). V případě spolehlivé hydrologické předpovědi by řešením bylo stanovit manipulačním řádem možnost nižších odtoků v situacích, kdy je odůvodněné předpokládat, že nedojde k naplnění nádrže VD Rožmberk při snížených odtocích (povodně s větší četností výskytu). Současné hydrologické předpovědi jsou však stále zatíženy značnou nejistotou (řízení nádrží je příkladem řízení v podmínkách stochastické neurčitosti).
7. V případě VD Krkavec je v předchozím bodu popsaná problematika ještě zřetelnější. Při průchodu povodní s dobou opakování N < 20, kdy je kulminační průtok povodně nižší než neškodný odtok (např. Q_{20} = 156 m^3/s < 165 m^3/s = $O_{neš}$), se předpokládá (z důvodu neznalosti budoucího vývoje povodňové situace) že je z nádrže vypouštěn přítok rovný odtoku. Transformační účinek nádrže je v tomto případě prakticky nulový. I v tomto případě by bylo teoreticky vhodné stanovit např. dvě hodnoty neškodného odtoku s ohledem na různé povodňové situace. I transformace povodně na Nežárce s kratší dobou opakování (zachycení části objemu v Krkavci) může do určité míry přispět ke zlepšení povodňové situace níže v povodí (další sídla na Lužnici, popř. příspěvek ke snížení objemu povodně na Vltavě). Na druhou stranu tato manipulace představuje riziko v případě výskytu "větší" povodně.

Tab. 48 Výsledky očekávaných přítoků do Veselí nad Lužnicí při souběhu teoretických PV_{100}

1.Lužnice pod soutokem: **$Q_? = 394\ m^3/s$**	$Q_{100,1}$	
2. Q [m^3/s], N [roky]	Q	N
3. Nežárka nad soutokem dle ČHMÚ (1-4)	234	100
4. Lužnice nad soutokem dle ČHMÚ (1-3)	160	100
5. Přítok z mezipovodí Rožmberk - Veselí n.L.	40	100
6. Lužnice-hráz Rožmberk (kulminace PV_N):	210	100
7. Transformovaný odtok z Rožmberka (VH řešení)	41	
8. **Lužnice nad soutokem** (7+5)	81	
9. **Transf. odtok z Krkavce** (=přítok do Veselí n.L.)	165	
10. **Lužnice pod soutokem** (8+9)	246	
11. Snížení průtoku pod soutokem [m^3/s,%] (10-1)	148	*37.6*

7.E Posouzení dopadů řešených scénářů pro další sídla na Lužnici

V kapitole 3.E jsou uvedeny základní informace o plánovaných protipovodňových opatřeních, návrhových a N-letých průtocích pro další sídla na Lužnici pod soutokem Nežárky a Lužnice. Níže v Tab. 49 - Tab. 53 jsou uvedeny odhady vlivu jednotlivých scénářů na tato sídla. Při kvantifikaci vlivu se vychází ze zjednodušené úvahy, že snížení průtoku způsobené transformačním účinkem nádrží je konstantní dále po celém toku (údaje ve sloupku "ΔQ [m^3/s]" jsou proto nezměněny). Obdobný přístup byl použit v rámci řešení projektu FLAMIS [1]. Ve skutečnosti je problematika složitější, pro základní odhad lze ovšem tento přístup akceptovat. Obecně platí:

- Účinek nádrží se snižuje se vzrůstající plochou povodí.

  V těchto případech je např. více pravděpodobné, že kritická srážka zasáhne povodí pod nádržemi a nádrže tuto událost neovlivní. S ohledem na charakter povodí je málo pravděpodobné, že by tato hydrologická situace vyvolala odezvu srovnatelnou s povodněmi, které vzniknou v horním povodí obou řek. Vyloučit tuto situaci samozřejmě nelze.

- Účinek nádrží se snižuje se vzrůstajícím vypouštěným (neškodným) odtokem z nádrží.

  Jak bylo naznačeno v předchozí kapitole 7.D (bod 6 a 7), v případě nižších povodní obzvláště v případě posuzovaného VD Krkavec ve var. A ("malý Krkavec", $O_{neš}$ = 165 m^3/s) se dle zvolených (tradičních) manipulačních pravidel (viz kap. 5.B) udržuje z nádrže pokud možno odtok rovný přítoku až do hodnoty neškodného odtoku (zde značně vysoké hodnoty). Povodně s kulminací nižší než je $O_{neš}$ (N < 20) tyto povodně nádrží "projdou" bez ovlivnění.

- Účinek nádrží se zvyšuje se vzrůstajícím ochranným prostorem.

  Tato skutečnost je zřejmá, viz výsledky transformačních účinků VD Rožmberk (stávající x zvýšená retence) resp. Krkavec (var. A x var. B).

Tab. 49 Odhadované snížení přítoků: Dráchov

Scénář	Q_{20} = 205 m^3/s		Q_{50} = 273 m^3/s		Q_{100} = 333 m^3/s	
	ΔQ [m^3/s]	ΔQ [%]	ΔQ [m^3/s]	ΔQ [%]	ΔQ [m^3/s]	ΔQ [%]
1a (referenční: I)	0	0	0	0	0	0
1b (referenční: II)	**0 - 33**	**0 - 16.1**	**1.8 - 12.1**	**2.0 - 13.1**	**24 - 28**	**7.2 - 8.4**
2	0 - 23	0 - 11.2	0 - 19.0	0 - 20.7	18 - 79	5.4 - 23.7
3a	0 - 33	0 - 16.1	9.2 - 13.9	10.0 - 15.1	25 - 97	7.5 - 29.1
3b	39 - 66	19 - 32.2	22.7 - 41.4	24.7 - 45.0	90 - 172	27 - 51.7
4a	0 - 23	0 - 11.2	8.4 - 19.0	9.2 - 20.7	78 - 87	23.4 - 26.1
4b	29 - 66	14.1 - 32.2	32.6 - 39.6	35.5 - 43.0	144 - 162	43.2 - 48.6

Tab. 50 Odhadované snížení přítoků: Soběslav

Scénář	Q_{20} = 240 m^3/s		Q_{50} = 312 m^3/s		Q_{100} = 374 m^3/s	
	ΔQ [m^3/s]	ΔQ [%]	ΔQ [m^3/s]	ΔQ [%]	ΔQ [m^3/s]	ΔQ [%]
1a (referenční: I)	0	0	0	0	0	0
1b (referenční: II)	**0 - 33**	**0 - 13.8**	**1.8 - 12.1**	**1.6 -10.6**	**24 - 28**	**6.4 - 7.5**
2	0 - 23	0 - 9.6	0 - 19.0	0 - 16.7	18 - 79	4.8 - 21.1
3a	0 - 33	0 - 13.8	9.2 - 13.9	8 - 12.2	25 - 97	6.7 - 25.9
3b	39 - 66	16.3 - 27.5	22.7 - 41.4	19.9 - 36.2	90 - 172	24.1 - 46.0
4a	0 - 23	0 - 9.6	8.4 - 19.0	7.4 -16.7	78 - 87	20.9 - 23.3
4b	29 - 66	12.1 - 27.5	32.6 - 39.6	28.5 - 34.6	144 - 162	38.5 - 43.3

Tab. 51 Odhadované snížení přítoků: Planá nad Lužnicí

Scénář	Q_{20} = 262 m^3/s		Q_{50} = 339 m^3/s		Q_{100} = 404 m^3/s	
	ΔQ [m^3/s]	ΔQ [%]	ΔQ [m^3/s]	ΔQ [%]	ΔQ [m^3/s]	ΔQ [%]
1a (referenční: I)	0	0	0	0	0	0
1b (referenční: II)	**0 - 33**	**0 - 12.6**	**1.8 - 12.1**	**1.5 - 9.7**	**24 - 28**	**5.9 - 6.9**
2	0 - 23	0 - 8.8	0 - 19.0	0 - 15.3	18 - 79	4.5 - 19.6
3a	0 - 33	0 - 12.6	9.2 - 13.9	7.4 - 11.2	25 - 97	6.2 - 24.0
3b	39 - 66	14.9 - 25.2	22.7 - 41.4	18.3 - 33.3	90 - 172	22.3 - 42.6
4a	0 - 23	0 - 8.8	8.4 - 19.0	6.8 - 15.3	78 - 87	19.3 - 21.5
4b	29 - 66	11.1 - 25.2	32.6 - 39.6	26.3 - 31.9	144 - 162	35.6 - 40.1

Tab. 52 Odhadované snížení přítoků: Tábor

Scénář	Q_{20} = 313 m^3/s		Q_{50} = 402 m^3/s		Q_{100} = 48 m^3/s	
	ΔQ [m^3/s]	ΔQ [%]	ΔQ [m^3/s]	ΔQ [%]	ΔQ [m^3/s]	ΔQ [%]
1a (referenční: I)	0	0	0	0	0	0
1b (referenční: II)	**0 - 33**	**0 - 10.5**	**1.8 - 12.1**	**1.2 - 8.2**	**24 - 28**	**5.0 - 5.9**
2	0 - 23	0 - 7.3	0 - 19.0	0 - 12.9	18 - 79	3.8 - 16.5
3a	0 - 33	0 - 10.5	9.2 - 13.9	6.2 - 9.5	25 - 97	5.2 - 20.3
3b	39 - 66	12.5 - 21.1	22.7 - 41.4	15.4 - 28.1	90 - 172	18.8 - 36.0
4a	0 - 23	0 - 7.3	8.4 - 19.0	5.7 - 12.9	78 - 87	16.3 - 18.2
4b	29 - 66	9.3 - 21.1	32.6 - 39.6	22.1 - 26.9	144 - 162	30.1 - 33.9

Tab. 53 Odhadované snížení přítoků: Bechyně

Scénář	Q_{20} = 381 m^3/s		Q_{50} = 488 m^3/s		Q_{100} = 577 m^3/s	
	ΔQ [m^3/s]	ΔQ [%]	ΔQ [m^3/s]	ΔQ [%]	ΔQ [m^3/s]	ΔQ [%]
1a (referenční: I)	0	0	0	0	0	0
1b (referenční: II)	**0 - 33**	**0 - 8.7**	**1.8 - 12.1**	**1.0 - 6.8**	**24 - 28**	**4.2 - 4.9**
2	0 - 23	0 - 6.0	0 - 19.0	0 - 10.7	18 - 79	3.1 - 13.7
3a	0 - 33	0 - 8.7	9.2 - 13.9	5.1 - 7.8	25 - 97	4.3 - 16.8
3b	39 - 66	10.2 - 17.3	22.7 - 41.4	12.7 - 23.2	90 - 172	15.6 - 29.8
4a	0 - 23	0 - 6.0	8.4 - 19.0	4.7 - 10.7	78 - 87	13.5 - 15.1
4b	29 - 66	7.6 - 17.3	32.6 - 39.6	18.2 - 22.1	144 - 162	25.0 - 28.1

8 Závěry a doporučení

Cílem zpracované studie bylo posouzení možných přínosů významných stávajících a potenciálních retenčních kapacit k protipovodňové ochraně. S ohledem na charakteristiky povodní (velký objem) byl v rámci studie posuzován VD Rožmberk (s významným vodoprávně vymezeným ochranným objemem, který by měl být v budoucnu více než 2x zvýšen) a VD Krkavec (potenciální významná nádrž na Nežárce).

Výsledky byly diskutovány v kap. 7.D, tyto lze stručně shrnout do těchto bodů:

1. Projektovaná protipovodňová opatření ve městě Veselí nad Lužnicí jsou navržena na padesátiletou ochranu. Zvýšení na stoletou ochranu je podmíněno jednak realizaci zvýšením retenční schopnosti VD Rožmberk (zvýšení ochranného prostoru), tak i realizací vhodně navržené suché retenční nádrže Krkavec ve variantě A ("malý Krkavec"), a to při neškodném odtoku 165 m^3/s. V této kombinaci by, dle zvolených výpočtových schémat, PPO ve Veselí nad Lužnicí vyhověla i příchodu dvou stoletých povodní na obou řekách.
2. Suchá retenční nádrž Krkavec ve variantě B ("velký Krkavec") má cca 5x větší retenční prostor a tedy mnohem vyšší možnosti povodňového řízení. Jeho realizace však naráží na závažné územní střety.
3. Vysoký neškodný odtok z nádrže může v určitých situacích snížit efektivitu povodňového řízení (viz kap. 7.D bod 6,7). V případě povodní s kratší dobou opakování (cca N < 20) je teoreticky účelné vypouštět z nádrží nižší odtok než neškodný odtok. Hlavním problémem je zde možnost hydrologické (popř. hydrometeorologické) předpovědi charakteristik příchozí povodně (kulminace, objem).
4. Realizace zvýšené retenční schopnosti Rožmberka je důležitým krokem ke zlepšení povodňových situacích na Lužnici, s ohledem na poměrně nízkou kapacitu Lužnice ve Veselí nad Lužnicí (viz příloha 1 – 2D modelování).
5. S ohledem na značnou nejistotu vstupních podkladů řešení (hydrologická data, geodetická data, schematizace reálných procesů apod.) lze doporučit každé opatření, které povede ke snížení odtoků z povodí.

   Ze stejných důvodů je nezbytné důsledné dodržování organizačních opatření v inundačním území Veselí nad Lužnicí (údržba popř. i redukce vegetace, informovanost obyvatel o zákazu skladování materiálu, nepovolovat stavby ani jakékoliv rekonstrukce, které by zhoršily komunikaci obou řek v průběhu povodní a další) – je nutné zajistit možnost komunikace Lužnice i Nežárky při povodních. Numerické 2D modelování je na tomto předpokladu postaveno, omezení popř. v krajním případě zamezení průtočnosti inundačního území vede k vyšší hladině při průchodu povodně pro daný průtok. Důsledkem toho je potřeba vyšších bariér a tedy i významně vyšších nákladů na realizaci PPO.

   I v případě povodně srovnatelné s povodní návrhovou je třeba bdělosti a opatrnosti (i s ohledem např. na možné poruchy bariér apod.).
6. Vliv posuzovaných nádrží lze očekávat i pro níže situovaná sídla, efekt je přímo úměrný velikosti ochranného prostoru a nepřímo úměrný velikosti povodí a velikosti vypouštěného odtoku z nádrží (neškodného odtoku).

7. Řešení je postaveno na podkladě teoretických povodňových vln. Bylo prokázáno, že v případě reálných povodňových vln (viz jarní povodeň 2006) s větším objemem nad neškodným odtokem bude účinek nádrží nižší. Povodňové situace jsou též odvislé od reálných manipulací na Novořeckých splavech.

Pokud bude rozhodnuto o pokračování projektové přípravy suché retenční nádrže Krkavec, lze doporučit tyto kroky:

1. Projednání záměru realizace Krkavce s orgány místní samosprávy (Veselí nad Lužnicí, Val) a dalšími důležitými subjekty (dotčenými orgány státní správy), zejména se jedná o orgány ochrany přírody a krajiny (CHKO Třeboňsko, OŽP ORP Soběslav, OŽP Jihočeského kraje), o orgány územního plánování a o správce vodního toku a povodí z hlediska zájmů hájených vodním zákonem.
2. Posouzení proveditelnosti protipovodňových opatření místní části Hamru (obec Val) ve var. A.
3. Posouzení majetkoprávních poměrů a řešení dalších územních střetů (viz kap. 3.F.5).
4. Podrobnější technický návrh vodního díla – v první řadě se jedná o posouzení proveditelnosti značně rozměrných ovladatelných základových výpustí, dále je třeba řešit dispoziční návrh hráze vodního díla a bezpečnostního přelivu i ve smyslu posouzení bezpečnosti vodního díla při průchodu kontrolní povodně (zde pravděpodobně kontrolní povodňová vlna doby opakování 10 000 let), předběžné průzkumy (inženýrsko-geologický ale i např. biologický průzkum apod.).

9 Přílohy

Příloha 1: Detailní 2D numerické modelování ve městě Veselí nad Lužnicí.

Příloha A: Summary (Stručná závěrečná zpráva v anglickém jazyce).

Příloha B: Hydrologická data.

Příloha C: Poptávka (e-mail) ČHMÚ České Budějovice o možnostech a dostupnosti hydrologických podkladů pro potřeby vyhodnocení objemů povodňových vln.

Příloha D: Kopie informací z archivu geofondu vrtu NP-1.

Příloha E: Fotodokumentace

Vodohospodářský uzel Lužnice – Nová řeka – Nežárka – posouzení efektu navrhovaných a potenciálně možných retenčních kapacit na hydraulické charakteristiky Lužnice a Nežárky

Příloha 1 - posouzení scénářů 2D modelem

ČERVENEC 2011

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

České vysoké učení technické v Praze
Fakulta stavební
Thákurova 7, 166 29 Praha 6

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

Vodohospodářský uzel Lužnice – Nová řeka – Nežárka

posouzení efektu navrhovaných a potenciálně možných retenčních kapacit na hydraulické charakteristiky Lužnice a Nežárky

Příloha 1 - Posouzení scénářů 2D modelem

Objednatel

Vodohospodářský rozvoj a výstavba, a.s.
Divize 02
150 56 Praha 5 - Smíchov, Nábřežní 4

Zpracovatel

České vysoké učení technické v Praze
Fakulta stavební
Thákurova 7
166 29 Praha 6

Praha, červenec 2011

OBSAH

1.	IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE	1
2.	ÚVOD A SPECIFIKACE PRACÍ	2
3.	NÁVAZNOST NA PŘEDCHOZÍ STUDIE	2
4.	METODIKA ŘEŠENÍ – 2D MODEL	3
5.	CHARAKTERISTIKA 2D MODELU VESELÍ NAD LUŽNICÍ	6
6.	AKTUALIZACE A VERIFIKACE MODELU	8
7.	MODELOVANÉ VARIANTY	10
8.	GRAFICKÉ VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ MODELOVÁNÍ	12
9.	DISKUSE VÝSLEDKŮ, ZÁVĚRY A DOPORUČENÍ	12
	LITERATURA	14
	SEZNAM PŘÍLOH	15
	GRAFICKÉ PŘÍLOHY	20 A4

1. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Objednatel: Vodohospodářský rozvoj a výstavba, a.s.
Divize 02
Nábřežní 4
150 56 Praha 5

Zpracovatel: České vysoké učení technické v Praze
Fakulta stavební
Thákurova 7
166 29 Praha 6

Řešitelé: doc. Ing. Petr Valenta, CSc.
Ing. Jana Valentová, CSc.

2. ÚVOD A SPECIFIKACE PRACÍ

Předmětem díla je posouzení scénářů pro město Veselí nad Lužnicí v rámci spolupráce na zpracování zakázky „Vodohospodářský uzel Lužnice – Nová řeka – Nežárka – posouzení efektu navrhovaných a potenciálně možných retenčních kapacit na hydraulické charakteristiky Lužnice a Nežárky“. Práce byly provedeny na základě smlouvy o dílo č. 130080 mezi objednatelem (Vodohospodářský rozvoj a výstavba, a.s) a zhotovitelem (České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební), koncovým uživatelem studie je Povodí Vltavy, státní podnik. Cílem posouzení je zhodnocení objednatelem specifikovaných průtokových variant ve Veselí nad Lužnicí formou výpočtů proudění vody hydrodynamickým dvourozměrným modelem a stanovení základních hydraulických charakteristik pro tyto stavy. Hlavním cílem studie je posouzení dopadů vybraných navrhovaných opatření v povodí Lužnice a Nežárky na hydraulické charakteristiky (průtok, úrovně hladin, hloubky zaplavení a rychlost proudění) vodních toků Lužnice a Nežárky se zaměřením na město Veselí nad Lužnicí.

3. NÁVAZNOST NA PŘEDCHOZÍ STUDIE

Výpočty byly zpracovány v návaznosti na výstupy projektu FLAMIS, řešeného na Stavební fakultě ČVUT v letech 2003 až 2006 a na doplňkové výstupy z tohoto projektu, zpracované v roce 2007 pro město Veselí nad Lužnicí.

Zpracování studie navazuje na předchozí výzkumné aktivity zpracovatele v zájmové oblasti, zejména na řešení společného česko-švýcarského projektu FLAMIS zaměřeného na návrh a ověření obecně použitelné metodiky pro hodnocení povodňových rizik, návrh a posuzování účinnosti protipovodňových opatření, jehož součástí bylo i zpracování konkrétní studie protipovodňových opatření ve zvoleném úseku řeky Lužnice.

Projekt FLAMIS rozpracovává a demonstruje metodiku pro hodnocení a řízení povodňového rizika formou případových studií v povodí řeky Lužnice, především v oblasti měst Veselí nad Lužnicí, Soběslav, Planá nad Lužnicí, Sezimovo Ústí a Tábor. Vznik projektu byl iniciován extrémními povodňovými situacemi, které v roce 2002 postihly Českou republiku. Projekt byl financován organizací Swiss Humanitarian Aid Unit (SHA), Swiss Agency for Development and Cooperation (SDC), Berne ze Švýcarska. Hlavními nositeli projektu byly Ecole Polytechnique Fédérale Lausanne na švýcarské straně a Stavební Fakulta ČVUT v Praze na straně české. Na řešení projektu FLAMIS se dále podíleli další spoluřešitelé z České republiky, zejména Český hydrometeorologický ústav a Povodí Vltavy. S ohledem na předpokládané konkrétní prakticky využitelné výstupy projektu byl projekt FLAMIS řešen v těsné spolupráci s Povodím Vltavy a s orgány místní samosprávy. Hlavní cíle a výstupy řešení projektu FLAMIS na ČVUT je možno shrnout do následujících tří bodů:

- Zpracování a ověření metodiky pro zpracování map záplavového území a vyhodnocení podmínek průchodu povodní a souvisejícího povodňového ohrožení ve zvolených oblastech založené na detailním numerickém modelování povodňových situací
- Zpracování a ověření podrobné metodiky pro vyhodnocení zranitelnosti a stanovení povodňových rizik metodou rizikové analýzy založené na aplikaci geografického informačního systému (GIS)
- Vytipování, návrh a vyhodnocení účinnosti příslušných protipovodňových opatření na úrovni technických opatření v zájmových lokalitách a opatření v povodí s využitím výše uvedených metodických výstupů.

Pro vyhodnocení podmínek průchodu povodní zájmovým územím a ke zpracování map záplavových území byly aplikovány numerické modely, umožňující stanovení primárních charakteristik proudění vody při povodňových situacích (průběhy hladin, rychlostí proudění, hloubek vody). Přitom byly kombinovány jednorozměrné (1D) modely v oblastech s relativně jednoduchou geometrií s detailními modely dvourozměrnými (2D), které byly aplikovány v geometricky složitých podmínkách urbanizovaného inundačního území. Dosažená podrobnost sestavených numerických modelů umožnila podrobně modelovat proces proudění vody při simulovaných povodňových situacích a získat tak informaci o základních charakteristikách a parametrech proudění.

Sestavené numerické modely byly kalibrovány s využitím veškerých dostupných informací o průběhu povodně v roce 2002. Při kalibraci byly modely vystaveny průtokům odpovídajícím kulminačním průtokům uvedené povodně s cílem ověřit shodu numericky modelovaných výsledků s konkrétní reálnou situací. Na základě výsledků kalibrace bylo konstatováno, že sestavené modely prokázaly schopnost s odpovídající přesností reprodukovat simulovanou reálnou povodeň a jsou tedy reprezentativní pro další využití ve výzkumných i praktických úlohách.

Výsledky řešení projektu byly shrnuty v podrobné závěrečné výzkumné zprávě “Flood Analysis and Mitigation on the Lužnice River in South Bohemia, Final Report”, která byla poskytnuta Povodí Vltavy, a v zúžené české verzi i orgánům místní samosprávy a dalším zainteresovaným subjektům jako podklad pro navazující studie související s volbou koncepce a návrhem protipovodňových opatření v zájmové oblasti.

Na základě opakujících se povodňových událostí přikročilo město Veselí nad Lužnicí v roce 2007 k zadání zpracování přípravné projektové dokumentace protipovodňových opatření ve Veselí nad Lužnicí. V souvislosti s tím byly na základě smlouvy o dílo č. 70019 mezi Městem Veselí nad Lužnicí (navrhovatel protipovodňových opatření) a ČVUT v Praze, Fakultou stavební (zpracovatel hydrotechnických výpočtů) zpracovány doplňkové výstupy z projektu FLAMIS obsahující numerické simulace povodňových situací pro zadavatelem specifikovanou variantu protipovodňových opatření a pro různé průtokové stavy specifikované objednatelem studie.

4. METODIKA ŘEŠENÍ – 2D MODEL

Pro dvourozměrné numerické modelování byl použit model FAST2D, který umožňuje podrobné numerické modelování povodňových situací v reálných geometrických podmínkách otevřených koryt a inundačních územích včetně urbanizovaných oblastí. Aktuální verze modelu (Valenta, 2004) koncepčně vychází z původní verze modelu vyvinutého v Institutu pro hydrodynamiku univerzity Karlsruhe (Wenka, Valenta, Rodi, 1991), který uvádějí Wenka a Valenta (1991). Uvedený 2D model je u nás opakovaně používán pro řešení aktuálních úloh vodohospodářské praxe i výzkumu – viz např. Valenta a Valentová, 2001 a 2003, v posledních letech především v souvislosti s problematikou ochrany proti povodním.

Matematický základ modelu představuje soustava svisle integrovaných Reynoldsových rovnic, která bývá v odborné literatuře někdy označována jako ‘shallow water equations’ (rovnice mělké vody). Při odvození rovnic je použit předpoklad, že místní svislá zrychlení jsou zanedbatelná v porovnání se zrychlením gravitačním a že tlak vody se mění podle hydrostatického rozdělení. Z objemových sil je do řešení zahrnuta gravitační síla a vliv rotace Země. Rovnice jsou s ohledem na výchozí předpoklady vhodné pro případy, kdy půdorysné rozměry oblasti, v níž voda proudí, výrazně přesahují hloubku.

Řídící rovnice lze psát ve tvaru:

$$\frac{\partial u_i}{\partial t} + u_j \frac{\partial u_i}{\partial x_j} = -g \frac{\partial}{\partial x_i}\left(h + z_b\right) + \frac{1}{\rho h}\frac{\partial}{\partial x_j}\left(hT_{ij}\right) + S_i \; ; \quad i, j = 1,2$$

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial (h u_i)}{\partial x_i} = 0$$

Jde o dvě pohybové rovnice ve směrech x_1 a x_2 a rovnici kontinuity. V rovnicích značí h hloubku vody [m], z_b je svislá souřadnice polohy dna [m], ρ je hustota vody [kg.m^{-3}], g gravitační zrychlení [m.s^{-2}] a t je čas [s]. V rovnicích se kromě hloubky h vyskytují jako neznámé složky průměrných svislicových rychlostí u_1 a u_2 [m.s^{-1}], které jsou definovány jako

$$u_i = \frac{1}{h}\int_{z_b}^{z_b+h} u_i^z \, dz$$

kde u_i^z je vektor rychlosti [m.s^{-1}] v úrovni z.

Po výšce průměrované složky tenzoru efektivních napětí jsou popsány vztahy

$$T_{ij} = \frac{1}{h}\int_{z_b}^{z_b+h} (\tau_{ij}^l + \tau_{ij}^t + \tau_{ij}^d) \, dz$$

$$\tau_{ij}^l = \nu\rho\left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i}\right)$$

$$\tau_{ij}^t = -\rho\overline{u_i' u_j'}$$

$$\tau_{ij}^d = -\rho(u_i - u_i^z)(u_j - u_j^z)$$

Jednotlivé výrazy popisující tenzor efektivních napětí vyjadřují v uvedeném pořadí napětí vznikající vlivem viskozity, turbulentní Reynoldsova napětí a napětí vlivem nerovnoměrnosti rychlostních profilů ve svislici. Člen S_i [m.s^{-2}] v pohybových rovnicích zahrnuje obecně působení vnějších sil a napětí, jakými jsou např. tečné napětí na dně τ_b [Pa], tečné napětí na hladině vlivem větru τ_w [Pa] a Coriolisovo zrychlení f_c [m.s^{-2}]:

$$S_i = \frac{1}{\rho h}(\tau_{w,i} - \tau_{b,i}) + f_{c,i}$$

Efektivní napětí jsou modelována podle principu turbulentní (resp. efektivní) viskozity ν_t [m^{2}s^{-1}], podle kterého lze turbulentní napětí vyjádřit s využitím turbulentní viskozity ze vztahu

$$\tau_{ij}^t = -\rho\overline{u_i' u_j'} = \nu_t\rho\left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i}\right)$$

V modelu je implementována svisle průměrovaná varianta dvourovnicového k -ε modelu turbulence. Turbulentní viskozita je vyjádřena pomocí turbulentní kinetické energie k [m^{2}s^{-2}] a disipace ε [m^{2}s^{-3}]

$$\nu_t = c_\mu \frac{k^2}{\varepsilon}$$

Zavedením uvedeného principu se rozšiřuje systém řídících rovnic o další dvě transportní rovnice. Na rozdíl od jednodušších modelů pro dvourozměrné proudění, které turbulenci buď zcela zanedbávají nebo určují turbulentní viskozitu pomocí jednoduchých algebraických vztahů, jsou v modelu FAST2D řešeny navíc dvě diferenciální přenosové rovnice pro turbulentní kinetickou energii k a disipaci ε.

Model FAST2D používá k numerickému řešení soustavy řídících rovnic metodu konečných objemů, která tvoří přechod mezi metodou sítí a metodou konečných prvků. Princip metody vychází ze skutečnosti, že parciální diferenciální rovnice popisující řešený fyzikální jev, vyjadřují bilanci sledované veličiny v nekonečně malém objemu. Řešená oblast je nejprve rozdělena na malé podoblasti – konečné objemy – čtyřúhelníkového tvaru. Na rozdíl od přímé diskretizace, používané v metodě sítí, jsou řešené diferenciální rovnice nejprve v každém konečném objemu formálně integrovány a převedeny na integrály po hranicích konečného objemu. Od požadavku splnění bilance v nekonečně malém objemu se tak přechází k požadavku jejího splnění v konečném objemu, tedy v makroskopickém měřítku.

Předmětem řešení je celkem pět neznámých veličin, definovaných ve středu každého konečného objemu – dvě složky průměrných svislicových rychlostí u a v, poloha hladiny h, turbulentní kinetická energie k a disipace ε. Těchto pět neznámých je určováno jako řešení soustavy pěti nelineárních parciálních diferenciálních rovnic – dvou pohybových rovnic, rovnice kontinuity a přenosových rovnic pro k a ε.

Základní vstupní data modelu FAST2D zahrnují:

- geometrická data definující výpočetní síť,
- geometrická data popisující morfologii terénu,
- data definující obtékané překážky proudění (budovy, hráze, násypy komunikací),
- rozložení parametrů drsnosti povrchu území,
- okrajové podmínky.

Při praktické aplikaci modelu je řešená oblast nejprve pokryta křivočarou výpočetní sítí, která je zadávána pomocí souřadnic x a y rohových uzlů jednotlivých konečných objemů. Při konstrukci sítě je přitom vhodné využít možností dané metody a hlavní linie sítě přizpůsobit obrysům hranic a eventuelně významným vnitřním překážkám uvnitř modelované oblasti, jakými jsou například příčné a podélné usměrňovací stavby, linie významné zástavby, linie oddělující oblasti s různými drsnostmi dna (terénu), atd. V další fázi je třeba doplnit souřadnice konečných objemů o informaci o nadmořské výšce terénu ve všech bodech výpočetní sítě a vytvořit tak digitální model terénu. Pro každý konečný objem je dále třeba definovat odpovídající hodnotu drsnostního součinitele podle charakteru dna, resp. povrchu zaplavovaného terénu. Plošné rozložení drsností a odhad jejich velikosti je předmětem kalibrace modelu.

Součástí tvorby modelu terénu je zohlednění zástavby, eventuelně dalších prvků, které představují úplné nebo částečné překážky proudění. Postup při modelování těchto překážek závisí na výšce překážky, to jest, zda se jedná o překážku přelévanou (pod hladinou vody) nebo obtékanou. Překážky prvního typu lze zahrnout do modelu terénu pomocí lokálních úprav nadmořské výšky povrchu terénu, překážky druhého typu se modelují vynecháním odpovídajících bloků konečných objemů a zavedením vnitřních okrajových podmínek, definujících příslušné úseky sítě jako nepropustné stěny. Třetí možností, používanou při modelování shluků velmi malých přelévaných překážek, je aplikace vysokých hodnot součinitele drsnosti, vystihujícího skutečnou makrodrsnost v odpovídající podoblasti.

Na hranicích (vnějších i vnitřních) zvolené řešené oblasti je nutné zadat příslušné okrajové podmínky. Model umožňuje použít na jednotlivých částech hranice následující typy okrajových podmínek:

- zadání rychlostního profilu včetně směrů proudění,
- zadání rozdělení průtoků podél vstupního profilu,
- zadání polohy hladiny,
- zadání parametrů turbulence,
- zadání nepropustné hranice s uvažováním tření,
- zadání nepropustné hranice bez tření (ev. zadání osy symetrie).

Výsledkem numerické simulace jsou složky rychlostí proudění a poloha hladiny spolu s charakteristikami turbulence proudění ve středech všech konečných objemů v řešené oblasti. Dostupná grafická vyhodnocení výsledků zahrnují výstupy v podobě tématických map hladin, hloubek a rychlostí či vyhodnocení proudových poměrů ve formě proudnic a vektorových polí rychlostí proudění vody.

5. CHARAKTERISTIKA 2D MODELU VESELÍ NAD LUŽNICÍ

Modelovaná oblast

Dvourozměrný model Veselí nad Lužnicí slouží k simulaci proudových poměrů při povodňových situacích, které lze charakterizovat jako mimořádně složité. Důvodem je soutok dvou významných toků přímo uprostřed urbanizovaného území města, který je příčinou velice složitých podmínek proudění vody při povodni. Situace je dále ztížena existencí silničního obchvatu pod městem a násypem železniční trati (nad městem), které značně ovlivňují přirozené podmínky proudění.

Nežárka ústí do Lužnice v ř. km 75,20 zprava a další významný přítok – Bechyňský potok přitéká z levé strany v ř. km 74,58. Koryta Lužnice a Nežárky jsou propojena umělým tokem – Degárkou, na níž je v km 0,963 postaven stavidlový jez. Na Lužnici se v rozsahu modelu nachází několik hydrotechnických objektů - ocelový most v ř. km 76,76; železniční most, km 76,711; lávka pro pěší, km 76,360; lávka pro pěší, km 75,785; silniční most, km 75,672; jez na Lužnici (původně válcový, nyní klapkový), km 75,555; most pro pěší, km 75,158; most pro pěší 74,411 a silniční most na silničním obchvatu, km 74,380. Několik hydrotechnických objektů se nachází také na Nežárce – pevný jez v říčním km 1,145; železniční most, km 1,015; a silniční most, km 0,391.

Modelovaná oblast zahrnuje prostor mezi říčním km 77,4 a 71,7 (viz příloha 1). Vtoková hranice je situována nad železničním násypem, který kříží tok obou řek Lužnice a Nežárky. Přímá délka modelu je 4,5 km (5,7 km měřeno podél osy toku), průměrná šířka je 1,5 km. Boční ohraničení modelu bylo zvoleno tak, aby tvořilo plynulou linii představující obalovou křivku k předpokládanému rozsahu zátopy při modelovaných povodních - přitom se vycházelo zejména z informací o povodni v červenci 2002.

Výpočetní síť

Výpočetní síť tvoří 2500 x 740 = 1,85 milionů konečných objemů, což umožnilo aplikovat značně malé rozměry výpočetní buňky – 2 x 1,8 m a vystihnout tak dostatečně tvar terénu, koryt vodních toků a dalších podrobností. Půdorysné schéma topologie modelu je uvedeno na příloze 1, prostorová vizualizace numerického modelu společně s vypočítanou polohou hladiny při povodni 2002 se nachází na příloze 2.

Model terénu

Pro tvorbu digitálního modelu terénu bylo v rozsahu zájmové oblasti k dispozici vyhodnocené fotogrammetrické zaměření inundačního území ve formě bodového pole a terénních hran, které bylo kombinováno s pracovní projektovou dokumentací, poskytnutou projektantem protipovodňových opatření.

Pro konstrukci numerického modelu byla využita data z leteckého snímkování záplavového území Lužnice a Nežárky, která byla pořízena v rámci řešení projektu FLAMIS. Měřítko pořízených barevných leteckých snímků bylo 1 : 7000. Na základě fotogrammetrického vyhodnocení leteckých snímků (Geovap Pardubice, 2003/2004) byl následně pro účely numerického modelování vytvořen digitální model terénu (DMT) celého zájmového území. Deklarovaná přesnost fotogrammetrického vyhodnocení činila 0,5 m pro polohopis a +/- 0.25 m pro výškopisné údaje. Geometrická data byla vyhodnocena v pravidelném rastru 3D bodů s krokem 30 m, který byl doplněn vyhodnocením významných terénních hran v podobě 3D linií.

Výše uvedená digitální data bylo zapotřebí doplnit v některých oblastech (především vodoteče) klasickým geodetickým zaměřením. Pro modelování koryt bylo využito zaměření příčných profilů Lužnice a Nežárky. Zaměření Nežárky a Degárky poskytlo Povodí Vltavy ze svých archivních materiálů, v případě Lužnice bylo provedeno v rámci projektu FLAMIS podrobné doplňkové zaměření nové sady příčných profilů. Protipovodňová opatření byla modelována na základě podkladů poskytnutých objednatelem a projektantem.

Kalibrace modelu

Pro kalibraci modelu byly využity údaje o povodňových značkách povodně z července 2002. Modelované území bylo na základě mapových podkladů, leteckých snímků a terénního průzkumu rozděleno na dílčí podoblasti, charakterizované různými typy povrchu. Jednotlivým typům povrchu pak byly přiřazeny příslušné charakteristiky drsnosti, které byly dále postupně zpřesňovány na základě opakovaných simulací povodně s kulminačním stavem odpovídajícím velikostem kulminačních průtoků při povodni v roce 2002 s následným porovnáním výsledků s dostupnými údaji o povodňových značkách.

Výsledky kalibračních výpočtů jsou podrobně dokumentovány v závěrečné zprávě projektu FLAMIS. Průměrná absolutní chyba mezi pozorovanými a simulovanými hladinami činila 0,18 m, průměrný rozdíl mezi pozorovanou a simulovanou hodnotou byl 0,04 m.

Okrajové podmínky

Na vstupních hranicích modelu byly zadávány příslušné hodnoty přítoku do modelované oblasti v závislosti na konkrétní řešené variantě. Jako okrajová podmínka pro model turbulence bylo v místě obou přítoků uvažováno plně rozvinuté turbulentní proudění, s rovnováhou mezi produkcí turbulentní kinetické energie a disipací.

Na dolní výstupní hranici byla použita volná okrajová podmínka, odpovídající volnému výtoku z modelované oblasti při předepsané poloze hladiny. Okrajová podmínka zde byla numericky realizována tak, že v jednom bodě byla fixována hladina, v ostatních bodech bylo předepsáno rozdělení měrného průtoku dle Chezyho rovnice v závislosti na hloubce vody a drsnosti povrchu zaplavovaného území. Při specifikaci polohy hladiny na dolním okraji modelu se vycházelo z výsledků 1D modelu zpracovaného v rámci projektu FLAMIS.

6. AKTUALIZACE A VERIFIKACE MODELU

Aktualizace modelu

Dvourozměrný model Veselí nad Lužnicí byl před zpracováním výpočtů aktualizován na základě nově dostupných podkladů. Jednalo se o aktuální návrh protipovodňových bariér podle poskytnutých podkladů z projektové dokumentace (zpracovatel VH TRES spol. s r.o.). Navrhované technické řešení zahrnuje vybudování ochranného hrazení v kombinaci s kompenzačním rozšířením koryta Lužnice pod soutokem s Nežárkou. Protipovodňová hrazení jsou přednostně navržena jako stabilní, tvořená buď zemními hrázemi nebo betonovými zídkami s obkladem. Ve vybraných lokalitách jsou použita dočasná protipovodňová hrazení tvořená mobilními hradícími prvky. Dispoziční uspořádání návrhové varianty je zřejmé ze situační přílohy 4, která vychází z podkladů převzatých od projektanta. Ochranné bariéry byly do modelu zavedeny v podobě výškově neomezených svislých neprůtočných stěn v dispozičním uspořádání dle přílohy 4.

Kompenzační rozšíření koryta Lužnice spočívá v rozšíření koryta řeky v úseku 74,3 až 75,4, tj. od mostu na silničním obchvatu až po soutok Lužnice s Nežárkou. Rozšíření je navrženo v podobě pravobřežní snížené bermy o šířce cca 20 m, úprava navazuje na úpravu Nežárky v prostoru pod Foglarovým nábřežím. Kompenzační rozšíření koryta Lužnice bylo do modelu zavedeno v podobě příslušných úprav digitálního modelu terénu, přitom se vycházelo ze situačního plánu a příčných profilů úpravy (podklady projektanta). Do modelu byly zavedeny i navrhované revitalizační úpravy (revitalizace původního meandru na pravém břehu koryta Lužnice.

Model byl dále aktualizován v souvislosti s navrhovanými úpravami hydrotechnických objektů, jejichž potřeba byla vyvolána návrhem kompenzačního rozšíření koryta Lužnice. Jedná se o úpravu stávajících mostních objektů lávek v úseku úpravy. U pěší lávky blíže přemostění obchvatu je ke stávající lávce navrženo nové mostní pole, překračující rozšiřující bermu. Stávající lávka odstaveného parovodu má být demontována a pilíře ubourány do obrysu příčného řezu koryta v daném místě. Stávající lávka u zimního stadionu má být demontována a nahrazena novou pěší lávkou v profilu dále po proudu. Provedené úpravy modelu korespondují s těmito navrženými změnami.

Model byl dále modifikován v souvislosti s geodetickými podklady, které sloužily projektantovi jako podklad pro projektové práce na návrhu protipovodňové ochrany. Jednalo se především o data v grafické podobě tachymetrického plánu města (situace s nadmořskými výškami v textovém vyjádření). Tento podklad byl dále doplněn lokálními doměrky pořízenými v rámci projektových prací. Důvodem k provedené aktualizaci modelu byly zjištěné výškové rozdíly mezi původním datovým podkladem modelu (letecká fotogrammetrie) a tímto plánem, které byly místy zanedbatelné, místy však poměrně výrazné (v průměru 20 až 30 cm) a představující vesměs zvýšení terénu oproti původním datům. Vzhledem k tomu, že nová data nebyla k dispozici v podobě digitálního modelu terénu, bylo nutno úpravy terénu do stávajícího modelu selektivně zapracovat ruční editací a omezit se přitom na oblasti s největšími zjištěnými rozdíly výškových kót a s nejvyšším předpokládaným dopadem na průběhy hladin.

V souvislosti s aktualizací modelu je třeba zmínit i změny, ke kterým došlo v zájmovém území v období po ukončení projektu FLAMIS. Jedná se o výstavbu nového mostu přes koryto Lužnice náhradou za starý poškozený most a dále o rekonstrukci jezu na Lužnici (náhrada válcového jezu jezem klapkovým). U nového mostu lze (s výjimkou extrémních průtoků spojených s přeléváním silniční komunikace) předpokládat pozitivní vliv na průběh hladin v důsledku odstranění pilíře a zvýšení dolní hrany mostovky. U rekonstrukce jezu jsou předpoklady ovlivnění hladin nejednoznačné (oproti válci shora neomezený průtočný profil, naproti tomu zvýšení prahu klapky a doplnění středového pilíře). K detailnímu zavedení

těchto úprav do modelu nebylo v době vymezené ke zpracování studie dostatek podkladů a do modelu byly proto zavedeny pouze přibližně. Vzhledem k účelu studie (vzájemné porovnání průtokových variant povodňových situací) tento přístup není na závadu, z hlediska konkrétního posouzení hladin ve vztahu k protipovodňové ochraně by bylo zapotřebí model v tomto směru dále zpřesnit.

Verifikace modelu

Zatímco pro kalibrační výpočty pro povodeň z roku 2002 bylo k dispozici relativně rozsáhlé množství poměrně přesných dat, pro nižší průtoky nebyly v průběhu řešení projektu FLAMIS (tj. před výskytem povodně 2006) v podstatě žádné další informace. Teprve v samém závěru projektu FLAMIS byly jeho řešiteli shromážděny podklady o povodňových značkách jarní povodně z roku 2006.

Shromáždění a vyhodnocení povodňových značek po jarní povodni 2006 poskytlo potřebná data pro provedení verifikace numerických modelů užitých pro hydraulickou analýzu v rámci projektu FLAMIS. Vzhledem ke skutečnosti, že nové kalibrační podklady z jarní povodně 2006 byly k dispozici až v samotném závěru projektu, bylo z časových důvodů možno verifikaci provést pouze pro celkový 1D model Lužnice a v podobě prosté verifikace (to jest bez provedení případných změn v modelu na základě jeho rekalibrace). Vzhledem k tomu, že verifikační výsledky 1D modelu byly relativně velmi dobré (podrobněji viz zpráva projektu FLAMIS) a dále s ohledem na to, že pozorované polohy hladiny při povodních 2002 a 2006 byly ovlivněny sezónními vlivy (v případě povodně 2002 se jednalo o případ letní povodně, u které lze při plné vegetaci očekávat obecně vyšší úrovně hladiny než u povodní odpovídajících jarní povodni 2006), bylo rozhodnuto ponechat model ve stavu získaném při kalibraci na povodeň 2002. Stejné rozhodnutí bylo učiněno i pro dvourozměrné modely.

V rámci zpracování zde prezentované studie byla provedena obdobná verifikace pro 2D model Veselí nad Lužnicí. Při verifikaci se pro zadání přítoků do modelu vycházelo z vyhodnocených kulminačních průtoků povodně 2006 ve stanicích Hamr na Nežárce a Frahelž na Lužnici. Data uvedená v tabulce byla převzata z publikace "Souhrnná zpráva o vyhodnocení jarní povodně 2006 na území ČR" (Vodohospodářský ústav T. G. Masaryka, ČHMÚ, 2006).

Tok	**Vodočet**	**Plocha povodí** [km^2]	**Datum**	**Kulminační průtok** [m^3s^{-1}]	**Doba opakování** [roky]
Lužnice	Pilař	942.3	30.3. 2006	146.0	20
Lužnice	Kazdovna	1123.0	30.3. 2006	122.0	20–50
Lužnice	Frahelž	1536.6	2.4. 2006	94.0	20–50
Lužnice	Klenovice	3152.0	2.4. 2006	347.0	50–100
Lužnice	Bechyně	4055.1	30.3. 2006	460.0	50
Nežárka	Rodvínov	297.2	1.4. 2006	71.1	20–50
Nežárka	Lásenice	683.8	1.4. 2006	131.0	50
Nežárka	Hamr	982.4	1.4. 2006	187.0	50
Nová řeka	Mláka	70.6	30.3. 2006	83.3	10–20

Kulminační průtoky ve vybraných vodočtech v povodí Lužnice a Nežárky

Vyhodnocenými kulminačními průtoky byl zatížen aktualizovaný model upravený do stavu bez protipovodňových opatření (bez protipovodňových barier a bez kompenzačního rozšíření koryta Lužnice). Výsledky verifikačního výpočtu jsou uvedeny na příloze 3 v podobě zjištěných diferencí mezi počítanými hodnotami polohy hladiny a povodňovými značkami.

Vypočtené hladiny jsou vesměs vyšší, než pozorované, s průměrnou odchylkou 0,19 m. Z vyhodnocení lze při uvážení výše uvedených sezónních vlivů učinit obdobné závěry, jaké byly učiněny na základě výsledků verifikace 1D modelu v rámci projektu FLAMIS. Ponechání drsností v modelu v hodnotách odpovídajících kalibračnímu stavu povodně ze srpna 2002 vede v případě simulace jarní povodně 2006 k mírnému nadhodnocení úrovní hladin, je však ve prospěch bezpečnosti a zohledňuje možnost výskytu povodně ve vegetačním období.

7. MODELOVANÉ VARIANTY

Řešení studie je v souhrnu založeno na dvou navazujících vodohospodářských úlohách:

1. povodňové řízení soustavy dvou nádrží na sousedních vodních tocích (kdy jeden tok ústí do druhého),
2. hydraulické 2D modelování soutoku Lužnice a Nežárky ve městě Veselí nad Lužnicí se zahrnutím projektovaných protipovodňových opatření.

Vybrané výstupy povodňového řízení nádrží (viz text závěrečné zprávy) představují vstupy do hydraulického 2D modelu. Posouzení předpokládaných pozitivních účinků opatření v povodí Lužnice a Nežárky na proudové poměry ve městě 2D modelem bylo založeno na simulaci a porovnání dvou skupin povodňových stavů ve Veselí nad Lužnicí. Všechny modelované případy předpokládaly stav po realizaci plánovaných protipovodňových opatření, lišily se vzájemně velikostmi a vzájemnými poměry uvažovaných průtoků Lužnicí a Nežárkou na vtoku do modelu.

První skupina průtokových variant (varianty 1 a 2) sloužila jako referenční povodňové stavy, které odpovídají návrhovým stavům protipovodňové ochrany ve Veselí nad Lužnicí. Tyto stavy jsou definovány tak, že v obou variantách dochází ke vzniku průtoku s dobou opakování padesát let (Q_{50}) pod soutokem Lužnice s Nežárkou. Tento celkový průtok je pak v rámci modelovaného stavu dán součtem průtoků na obou vodních tocích, tj. na Lužnici a na Nežárce (a přítokem z Bechyňského potoka).

Z velkého množství možných kombinací průtoků na Lužnici a Nežárce, které mohou vést ke vzniku padesátiletého průtoku pod soutokem, byly vybrány dva mezní případy. Každý z nich uvažuje výskyt návrhové padesátileté povodně na jednom z obou vodních toků (na Lužnici či na Nežárce) v kombinaci s odpovídajícím doplňkovým průtokem z druhého vodního toku tak, aby byl dodržen průtok Q_{50} pod soutokem. Varianta 1 odpovídá případu s průtokem Q_{50} na Lužnici, varianta 2 případu s průtokem Q_{50} na Nežárce. Z uvedeného je zřejmé, že referenční návrhové varianty nezahrnují teoretický extrémní stav případného současného souběhu padesátiletých povodní na obou vodních tocích, či možné kombinace s průtokem Q_{50} na jednom z toků a vyšším doplňkovým průtokem z druhého toku, které obecně vedou k vyššímu celkovému průtoku pod soutokem s dobou opakování vyšší, než odpovídá návrhové době opakování 50 let.

Druhá skupina variant (varianty 3 a 4) reprezentuje vybrané průtokové stavy, kterých lze na základě analýzy transformací povodňových vln, provedené v prvním kroku řešení, dosáhnout realizací zkoumaných opatření na tocích Lužnice a Nežárky nad Veselím nad Lužnicí. Z řady zkoumaných variant opatření a jejich kombinací byly pro posouzení 2D modelem vybrány dva reprezentativní případy, které lze slovně charakterizovat následujícím způsobem (v podrobnostech odkazujeme na text závěrečné zprávy).

Varianta 3 odpovídá limitnímu případu výskytu povodňových vln s dobou opakování 100 let (PV 100) na obou tocích (souběh povodní) při jejich současné transformaci upraveným Rožmberkem (zvýšení retence) a nádrží Krkavec („malá“ varianta). Transformace vlny na rybníku Rožmberk v této variantě snižuje kulminační průtok Q_{100} z hodnoty 210 m^3/s (přítok

do nádrže) na hodnotu 41 m^3/s (odtok), což při uvážení přítoků z mezipovodí v hodnotě 40 m^3/s vede ke snížení přítoku do Veselí nad Lužnicí řekou Lužnicí ze statistické hodnoty Q_{100} = 160 m^3/s na hodnotu Q_{trans} = 81 m^3/s. Přítok do města Nežárkou klesá v důsledku transformace vlny v nádrži Krkavec z hodnoty Q_{100} = 234 m^3/s na hodnotu Q_{trans} = 165 m^3/s. Uvedená kombinace transformovaných průtoků vede k průtokovému stavu Q_{50} pod soutokem Lužnice a Nežárky, ovšem poměry mezi hodnotami přítoků Lužnicí a Nežárkou jsou jiné, než v referenčních variantách 1 a 2.

Varianta 4 odpovídá předpokladu výskytu povodně s dobou opakování 100 let pouze na Lužnici nad Rožmberkem, na Nežárce je předpokládána povodeň doplňková s kulminačním průtokem ve výši 155 m^3/s, který v součtu se statistickou hodnotou Q_{100} na Lužnici nad soutokem odpovídá statistické hodnotě Q_{100} pod soutokem. Varianta 4 tedy neřeší souběh stoletých povodní jako varianta předchozí. Rybník Rožmberk je uvažován ve stávajícím stavu bez úprav, transformace povodňové vlny PV 100 v prostoru nádrže vede k teoretickému snížení kulminačního průtoku (210 m^3/s) na hodnotu 85 m^3/s. V součtu s předpokládaným přítokem z mezipovodí (40 m^3/s) činí transformovaný přítok Lužnicí do Veselí nad Lužnicí Q_{trans} = 125 m^3/s, což je hodnota nižší, než statisticky určený průtok Q_{100} pro Lužnici nad soutokem s Nežárkou (160 m^3/s) a odpovídá zhruba statistické hodnotě Q_{50} Tento rozdíl je dán pouze odlišným teoretickým přístupem ke stanovení kulminačního průtoku pod Rožmberkem (statistický, resp. v tomto případě aplikovaný hydrologicko-hydraulický přístup) a nepředstavuje samozřejmě ve skutečnosti žádné faktické zlepšení oproti současnému stavu.

Rovněž z hlediska přítoku Nežárkou tato varianta žádná zlepšení oproti současnému stavu nepřináší, neboť předpokládaná kapacita objektů na Krkavci umožňuje převedení uvažovaného doplňkového průtoku 155 m^3/s (cca PV 20) prakticky bez transformace a i zde tedy uvažovaný stav vlastně odpovídá stavu současnému. Z uvedeného je zřejmé, že v případě varianty 4 se jedná o teoretickou variantu, které je primárně určena ke zhodnocení potenciálních transformačních účinků Rožmberka za současného stavu a to při použití shodné metody řešení, jaká byla použita u varianty 3 a u ostatních řešených variant transformací povodňových vln v nádržích Rožmberk a Krkavec (viz text závěrečné zprávy).

Uvedená kombinace průtoků ve variantě 4 vede při použitém hydrologicko-hydraulickém přístupu pod soutokem obou toků ke stavu, který je (vyjádřeno statisticky) nižší než Q_{100}, avšak vyšší než Q_{50}.

Kombinace průtoků, uvažované na Lužnici a Nežárce v jednotlivých variantách řešených 2D modelem jsou uvedeny v následující tabulce. Přítok Bechyňským potokem byl u všech variant uvažován jako rozdíl průtoků Lužnice nad a pod potokem podle N-letých průtoků dle ČHMÚ, nejedná se tedy o řešení extrémních povodňových stavů na přítoku (neuvažuje se současnost N-letých povodní).

Vodní tok	Označení varianty			
	1	**2**	**3**	**4**
Lužnice nad soutokem	124	53	81	125
Nežárka	127	198	165	155
Lužnice pod soutokem	251	251	246	280
Lužnice pod Bechyň. p.	265	265	260	294

Průtokové stavy použité v simulacích 2D modelem (m^3s^{-1})

8. GRAFICKÉ VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ MODELOVÁNÍ

Výsledky výpočtů jednotlivých variant byly graficky vyhodnoceny. Kompletní vyhodnocení výsledků jednoho výpočtu standardně zahrnuje následující čtyři grafické přílohy :

- půdorysné zobrazení prostorového průběhu hladiny,
- proudové pole s půdorysným průběhem proudnic,
- hloubky vody v modelované oblasti,
- rozdělení modelované oblasti podle rychlostí proudění.

V daném případě byly pro všechny modelované případy vyhodnoceny tři základní charakteristiky proudění – hladiny, hloubky vody a průměrné svislicové rychlosti proudění. Vyhodnocení je provedeno ve formě plošných map znázorňujících prostorový průběh hladiny, resp. rychlostí proudění vody. Vyhodnocené mapové výstupy jsou obsahem příloh 7 až 20.

Na grafických přílohách s vyhodnocením hladin jsou barevnými plochami rozlišeny oblasti s různými nadmořskými výškami hladiny, rozhraní mezi jednotlivými barvami představují vrstevnice hladiny. Krok barevné palety a vrstevnic je 0,2 metru. Pro snadnou orientaci jsou ve výkresu vždy některé vrstevnice okótovány s uvedením konkrétní nadmořské výšky hladiny. Vyhodnocení průměrných svislicových rychlostí proudění vody a hloubek vody je provedeno obdobným způsobem, barevná stupnice má v tomto případě nepravidelný krok. V případě vyhodnocení varianty 4, která z hlediska protipovodňové ochrany nevyhověla, je třeba upozornit na použitý způsob modelování bariér pomocí výškově neomezené svislé stěny. Možné přelití bariér je indikováno zvýšenou úrovní hladiny, ale přelití bariér a proudění v zatopeném prostoru není ve skutečnosti modelováno.

Vyhodnocení proudových polí bylo provedeno souhrnně v podobě grafického znázornění hlavních směrů proudění, které jsou pro dva odlišné mezní případy povodňových epizod (varianty 1 a 2) znázorněny šipkami na přílohách 5 a 6.

Kromě vyhodnocení charakteristik proudění bylo při porovnávání zkoumaných variant 3 a 4 s referenčními variantami 1 a 2 použito diferenční vyjádření hladin, kdy byly vyhodnoceny vzájemné rozdíly hladin. Jako referenční základ přitom byla brána horní obálka průběhů hladin ve variantách 1 a 2 (pokud se v daném místě hladiny obou variant liší, je brána jako směrodatná referenční hodnota vyšší z obou hodnot). Hladiny jsou tak porovnávány s návrhovým stavem Q_{50}, definovaným jako kombinace dvou mezních případů (Q_{50} na Nežárce a Lužnici pod soutokem, resp. Q_{50} na Lužnici nad a pod soutokem). Uvedený způsob vyhodnocení je použit na příloze 19 (varianta 3 versus obálka Q_{50}) a příloze 20 (varianta 4 versus obálka Q_{50}).

9. DISKUSE VÝSLEDKŮ, ZÁVĚRY A DOPORUČENÍ

Výsledky výpočtů pro varianty 1 a 2 byly vyhodnoceny na přílohách 5 až 12. Jedná se o varianty, které ve své kombinaci představují zvolený návrhový stav pro návrh protipovodňových bariér ve Veselí nad Lužnicí. Návrhovému stavu odpovídá výskyt průtoku Q_{50} pod soutokem Lužnice s Nežárkou, při průtoku Q_{50} buď na jednom, či na druhém vodním toku. Jednotlivé kombinace průtoků související s definicí návrhového stavu jsou uvedeny podrobněji v odstavci 7.

Z vyhodnocení hlavních směrů proudění v přílohách 5 a 6 jsou zřejmé mimořádně komplikované proudové poměry v zájmové oblasti při modelovaných průtokových scénářích, což bylo i hlavním důvodem aplikace dvourozměrného numerického modelu pro řešení. Z vyhodnocených proudových poměrů je zřejmé, že na převádění povodňových průtoků se kromě obou vodních toků podílí významným způsobem nechráněné inundační území mezi

oběma toky a umělý vodní tok Degárka, kdy v závislosti na poměru průtoků na Lužnici a Nežárce dochází k významným přetokům mezi oběma řekami.

Při dominantním přítoku vody Nežárkou (varianta 2, Q_{50} na Nežárce, příloha 6) dochází k přetékání vody z Nežárky do Lužnice korytem Degárky a přilehlou inundací, část průtoku se pak v důsledku omezené kapacity Lužnice vrací zpět do Nežárky inundačním prostorem přes prostor sádek a jeho okolí (dochází k obtékání bariér). Směr proudění v Degárce přitom odpovídá směru proudění za běžných průtokových stavů.

Zcela odlišná situace nastává ve druhém modelovaném mezním případě (varianta 1, Q_{50} na Lužnici, příloha 5). V důsledku omezené kapacity Lužnice a existujících objektů (lávka, most, jez) dochází naopak k přetékání vody z Lužnice do Nežárky, které je navíc spojeno s otočením směru proudění vody Degárkou, tak jak ukazuje příloha 5. Na základě uvedeného lze usuzovat na podstatný vliv těchto přetoků na výsledné průběhy hladin, kdy i částečná eliminace možnosti přetékání může vyústit ve zvýšení povodňových hladin.

Numerické 2D modelování i návrh protipovodňových opatření z předpokladu existence možnosti přetoků vody vycházejí, omezení popř. v krajním případě zamezení průtočnosti inundačního území by vedlo k výrazně vyšší hladině při průchodu povodně pro daný průtok. Důsledkem toho by byla potřeba vyšších bariér a tedy i významně vyšších nákladů na realizaci protipovodňových opatření.

Numerické modelování povodňových situací je obecně zatíženo řadou nejistot vyplývajících z limitů samotných numerických modelů a zejména jejich vstupních podkladů (geometrická data, kalibrační data, hydrologické údaje a další), které ovlivňují přesnost dosažených výsledků, zejména v obdobně komplikovaných proudových poměrech. Jednotlivé druhy nejistot včetně kvantitativního odhadu nepřesností jsou diskutovány ve zprávě o doplňkových výstupech z projektu FLAMIS (FSv, 2007). V daném případě se citlivost modelu na vstupní data projevila zvýšením hladin (v maximu o cca 20 cm) ve výsledcích aktualizovaného modelu oproti původním výpočtům z projektu FLAMIS. Zvýšení hladin souvisí především s vyššími kótami terénu v oblasti přetoku z Lužnice do Nežárky oproti původním datům, což potvrzuje i fakt, že ke změnám došlo především u varianty 1 s výrazným přetokem vody z Lužnice do Nežárky. Zvýšené teoretické hladiny nepřesahují předpokládané úrovně bezpečnostních barier dle projektových podkladů, zvýšení je v rozsahu uvažovaného bezpečnostního převýšení.

Z diferenčního vyhodnocení varianty 3 (příloha 19) vyplývá, že průběhy hladin vychází o něco nižší, než u referenčních variant 1 a 2. V prostoru pod železničním mostem se jedná o snížení do 10 cm, snížení souvisí s nepatrně nižším celkovým průtokem a rovnoměrnějším rozložením průtoků oproti referenčním variantám. Z vyhodnocení lze učinit závěr, že v případě realizace opatření uvažovaných v této variantě (zvýšení retenčního účinku Rožmberka a „malá“ varianta suché retenční nádrže Krkavec) lze dosáhnout zvýšení míry protipovodňové ochrany ve městě teoreticky až pro případ současného výskytu Q_{100} nad uvedenými vodními díly.

V případě varianty 4 již obdobný závěr neplatí, výsledné hladiny stanovené 2D modelem převyšují o cca 15 cm obálku hladin referenčních variant (příloha 20) a varianta tedy již z hlediska protipovodňových opatření ve městě nevyhovuje.

S ohledem na značnou nejistotu vstupních podkladů řešení (hydrologická data, geodetická data, schematizace reálných procesů apod.), které se zčásti projevily i při provedené aktualizaci modelu, lze jednoznačně doporučit každé opatření, které povede ke snížení přítoků do Veselí nad Lužnicí, a to jak z hlediska potenciálního zvýšení míry ochrany, tak i z hlediska snížení vlivu existujících nejistot. Zvýšení míry ochrany lze na základě provedených výpočtů dosáhnout pouze v kombinaci opatření na obou vodních tocích, podrobnější zhodnocení je provedeno v textu závěrečné zprávy. Z hlediska zvýšení bezpečnosti navrhované protipovodňové ochrany ve městě se jeví jako podstatné především

zvýšení retence na rybníku Rožmberk, které by eliminovalo extrémní přítoky po Lužnici a tím zamezilo vzniku povodňových událostí s velkými přetoky z Lužnice do Nežárky, které představují jednu z hlavních nejistot řešení.

Ze stejných důvodů jsou nezbytné čištění a údržba Degárky včetně břehové vegetace a dále důsledné dodržování organizačních opatření v inundačním území Veselí nad Lužnicí, jakými jsou provádění údržby a průběžné redukce vegetace, zákaz skladování materiálu, zamezení provádění staveb jakéhokoli rozsahu, budování oplocení včetně živých plotů, zvyšování úrovní komunikací či úrovní břehů koryt a vyloučení jakýchkoli dalších činností či procesů, které nepříznivě ovlivňují komunikaci obou řek v průběhu povodní. S ohledem na relativně malé hloubky proudění v tomto smyslu rozhodně nelze podceňovat ani malé změny výškových úrovní nebo vliv neudržované vegetace v některých lokalitách, který může být zejména ve vegetačním období rovněž zásadní.

Oblasti s primárním významem pro umožnění přetoku vody jsou zřejmé z vyhodnocených hlavních směrů proudění. Jedná se o Degárku, prostor mezi Lužnicí a Degárkou včetně břehových partií obou toků, prostor mezi Degárkou a Nežárkou pod železničním mostem, prostor mezi Degárkou a Nežárkou pod barierami Na Štěpnici včetně prostoru sádek. Výše uvedené zásady by měly být samozřejmě dodržovány i v ostatních oblastech nechráněného inundačního území včetně úseku pod soutokem.

LITERATURA

[1] Město Veselí nad Lužnicí (2006): Studie proveditelnosti pro návrh opatření programu 129 120 Podpora prevence před povodněmi.

[2] EPFL Lausanne, FSv ČVUT (2006): Floods Analysis and Mitigation on the Lužnice River in South Bohemia, Final Report.

[3] FSv ČVUT (2007): Projekt FLAMIS – Závěrečná zpráva.

[4] ČVUT (2007): Zpracování doplňkových výstupů z projektu FLAMIS, výpočty pro navrhovaná protipovodňová opatření.

[5] VÚV TGM, ČHMÚ (2003): Vyhodnocení katastrofální povodně v srpnu 2002

[6] VÚV TGM, ČHMÚ (2006): Souhrnná zpráva o vyhodnocení jarní povodně 2006 na území ČR

[7] Valenta P. (2004): Dvourozměrné numerické modelování proudění vody v otevřených korytech a inundačních územích. Habilitační práce. ČVUT, Fakulta stavební, Praha.

[8] Valenta, P a kol. (2000): Klasifikace inundačních území a předpovídání povodňových škod na bázi dvourozměrného matematického modelování povodňových situací. In: Workshop 2000 - Extrémní hydrologické jevy v povodích, ČVUT Praha

[9] Valenta, P., Valentová, J. (2001): Dvourozměrné matematické modelování proudění vody v inundačních územích jako podklad pro územní plánování. In: Konference Orlice 2001, Jablonné nad Orlicí, Orlická hydrogeologická společnost

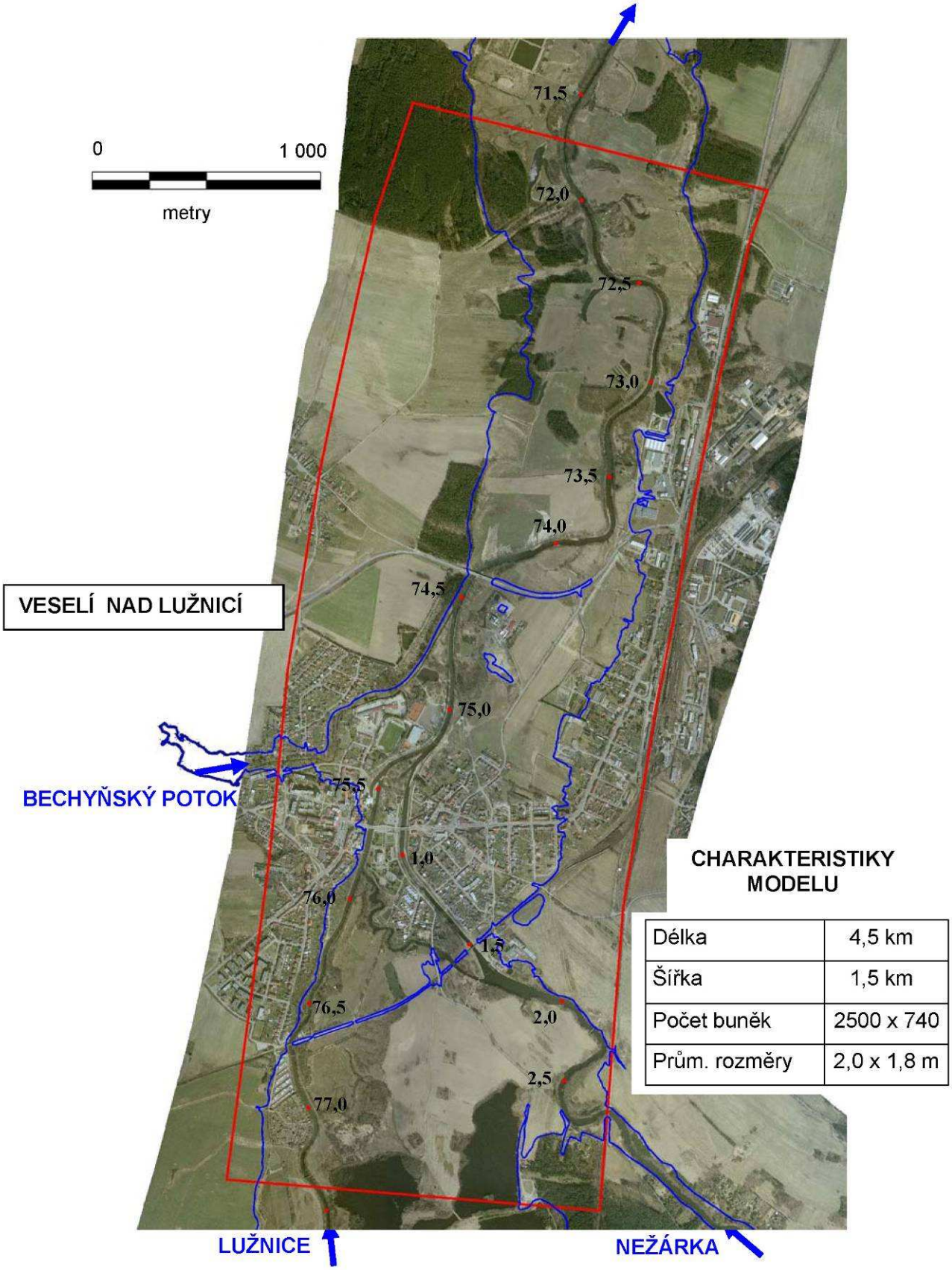
[10] Valenta P., Valentová J. (2003): Detailed Numerical Modeling of Flood Flow in Floodplains with Complex Geometry. Acta Polytechnica 3/2003, 43, 55 – 60.

[11] Wenka, T.- Valenta, P.- Rodi, W. (1991): Depth - Average Calculation of Flood Flows in a River with Irregular Geometry. Proc. XXIV IAHR Congress, Madrid.

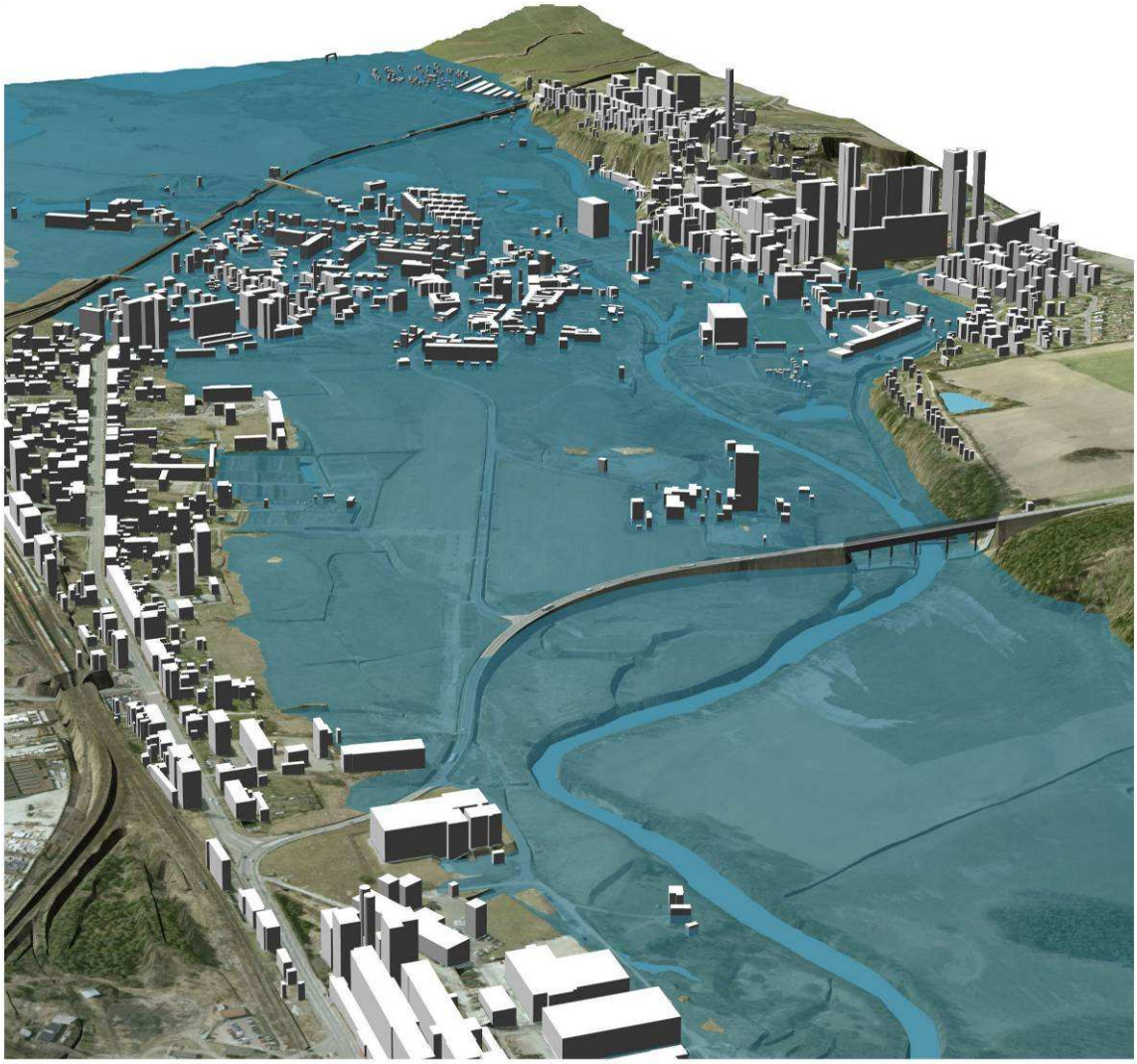
[12] Wenka, T.- Valenta, P. (1991): Entwicklung und Austesten einer tiefengemittelten Version des FAST 2D Computer Programms. Universität Karlsruhe.

SEZNAM PŘÍLOH

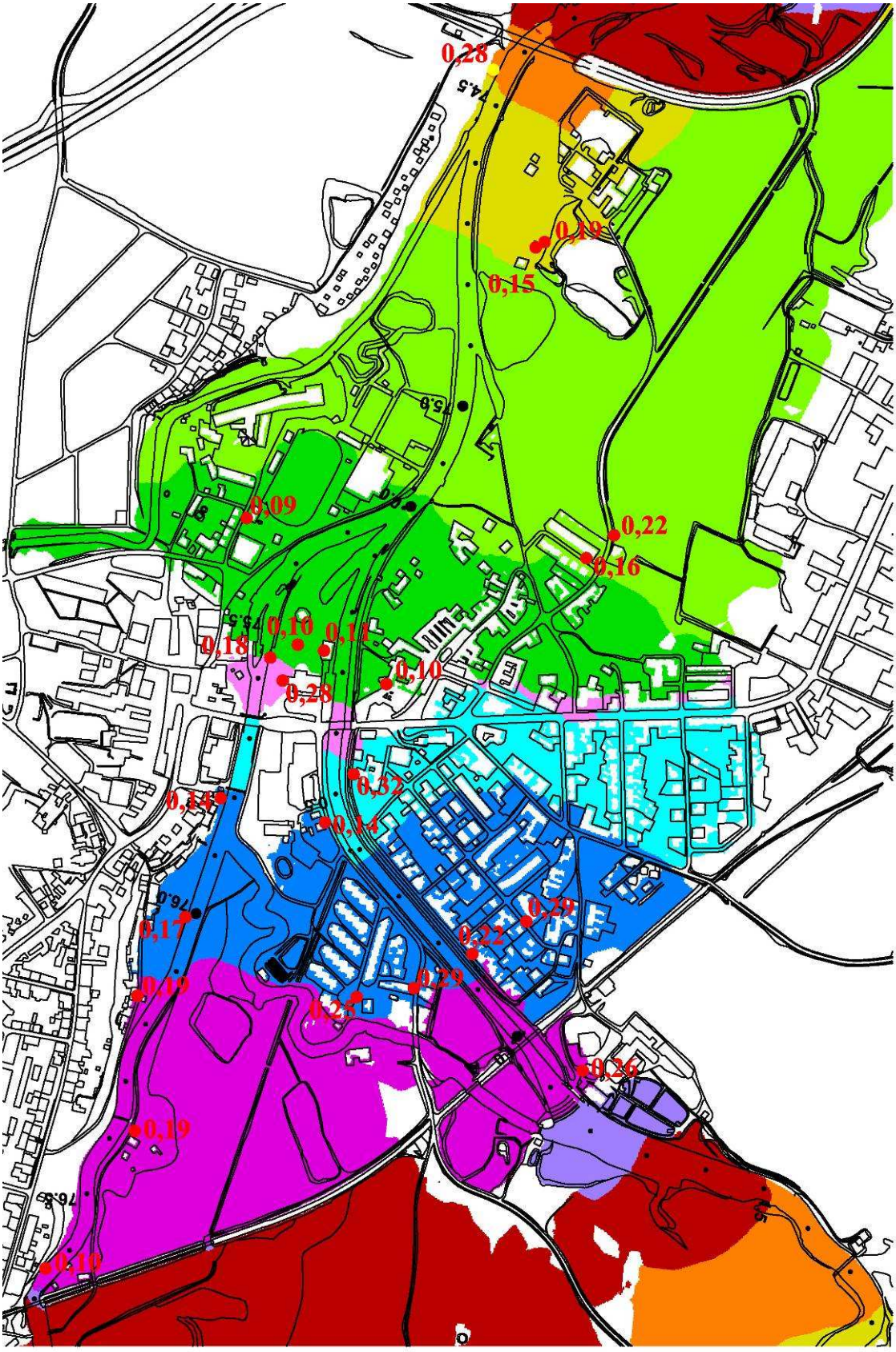
1. Schéma 2D modelu Veselí nad Lužnicí
2. 3D vizualizace modelu Veselí nad Lužnicí (povodeň 2002)
3. Výsledky verifikace modelu – povodeň 2006
4. Situace protipovodňových bariér
5. Hlavní směry proudění pro průtok Q_{50} na Lužnici
6. Hlavní směry proudění pro průtok Q_{50} na Nežárce
7. Průběh hladiny – varianta Q_{50} Lužnice
8. Hloubky vody – varianta Q_{50} Lužnice
9. Rychlosti proudění – varianta Q_{50} Lužnice
10. Průběh hladiny – varianta Q_{50} Nežárka
11. Hloubky vody – varianta Q_{50} Nežárka
12. Rychlosti proudění – varianta Q_{50} Nežárka
13. Průběh hladiny – varianta 3
14. Hloubky vody – varianta 3
15. Rychlosti proudění – varianta 3
16. Průběh hladiny – varianta 4
17. Hloubky vody – varianta 4
18. Rychlosti proudění – varianta 4
19. Diference hladin – varianta 3 versus obálka Q_{50}
20. Diference hladin – varianta 4 versus obálka Q_{50}



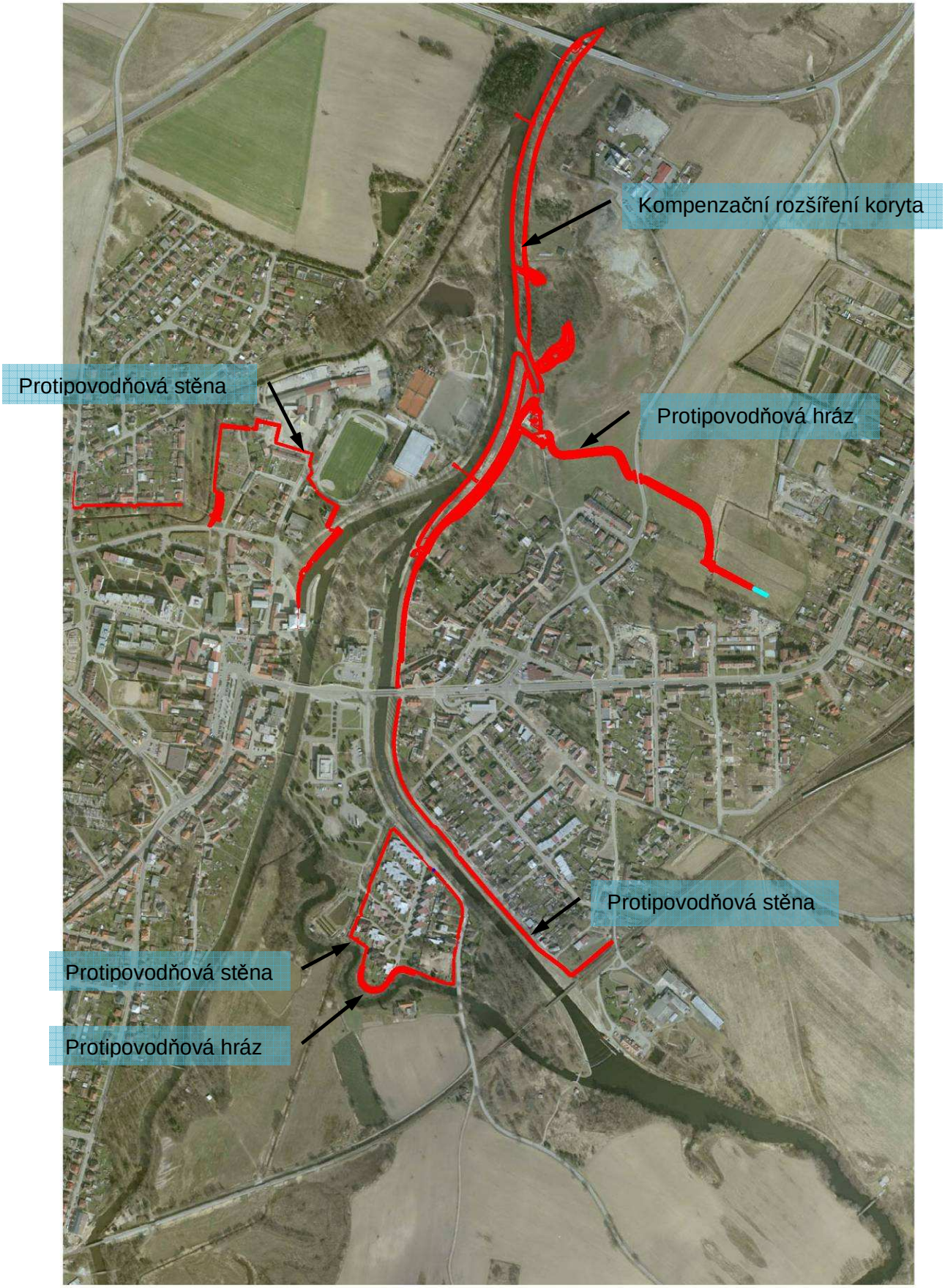
Příloha 1: Schéma 2D modelu Veselí nad Lužnicí



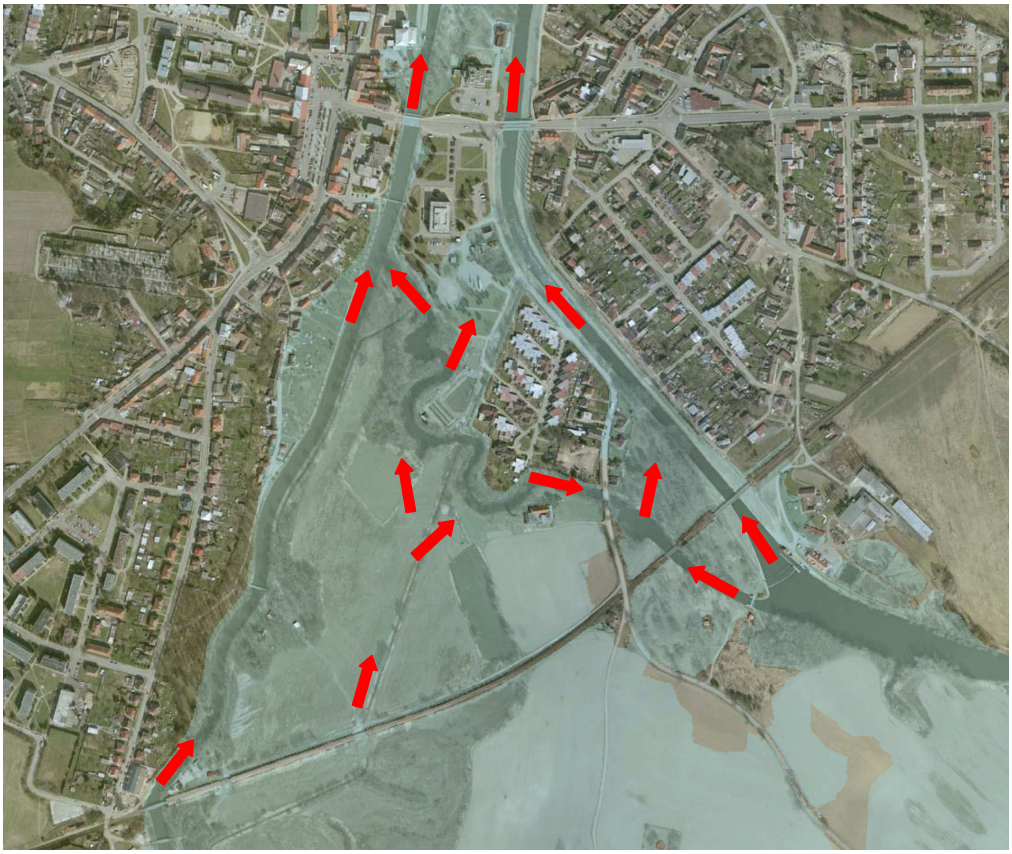
Příloha 2: 3D vizualizace modelu Veselí nad Lužnicí (povodeň 2002)



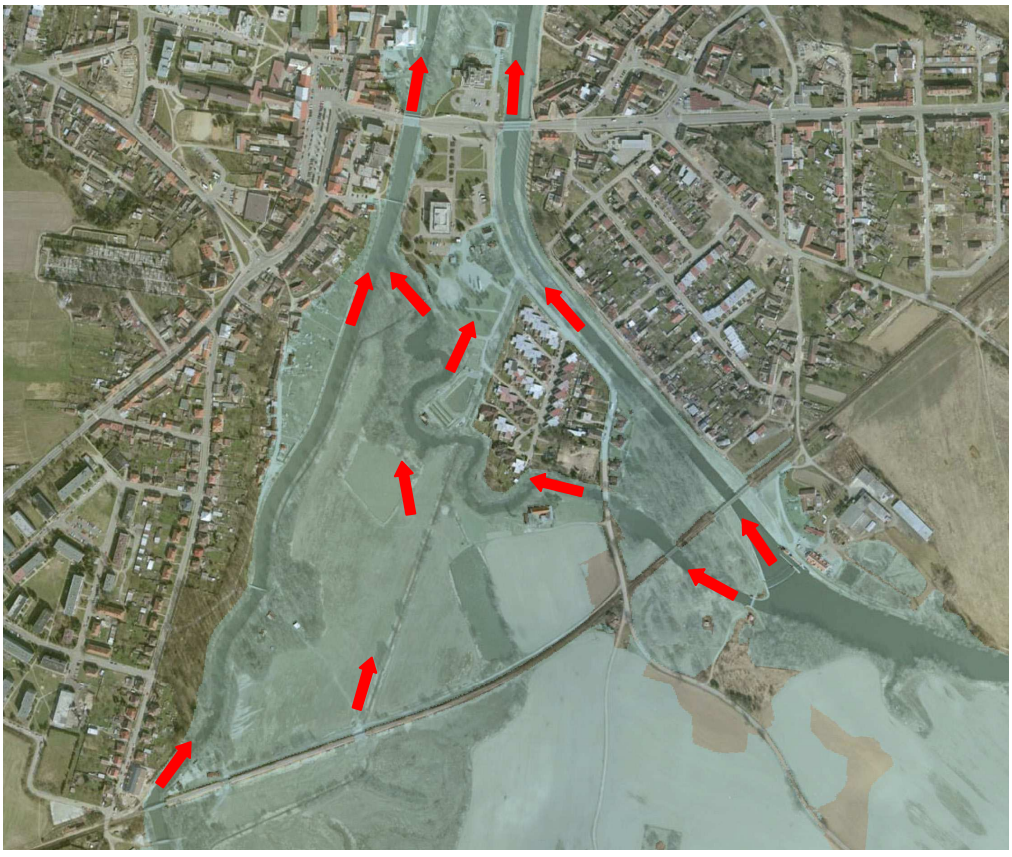
Příloha 3: Výsledky verifikace modelu – povodeň 2006



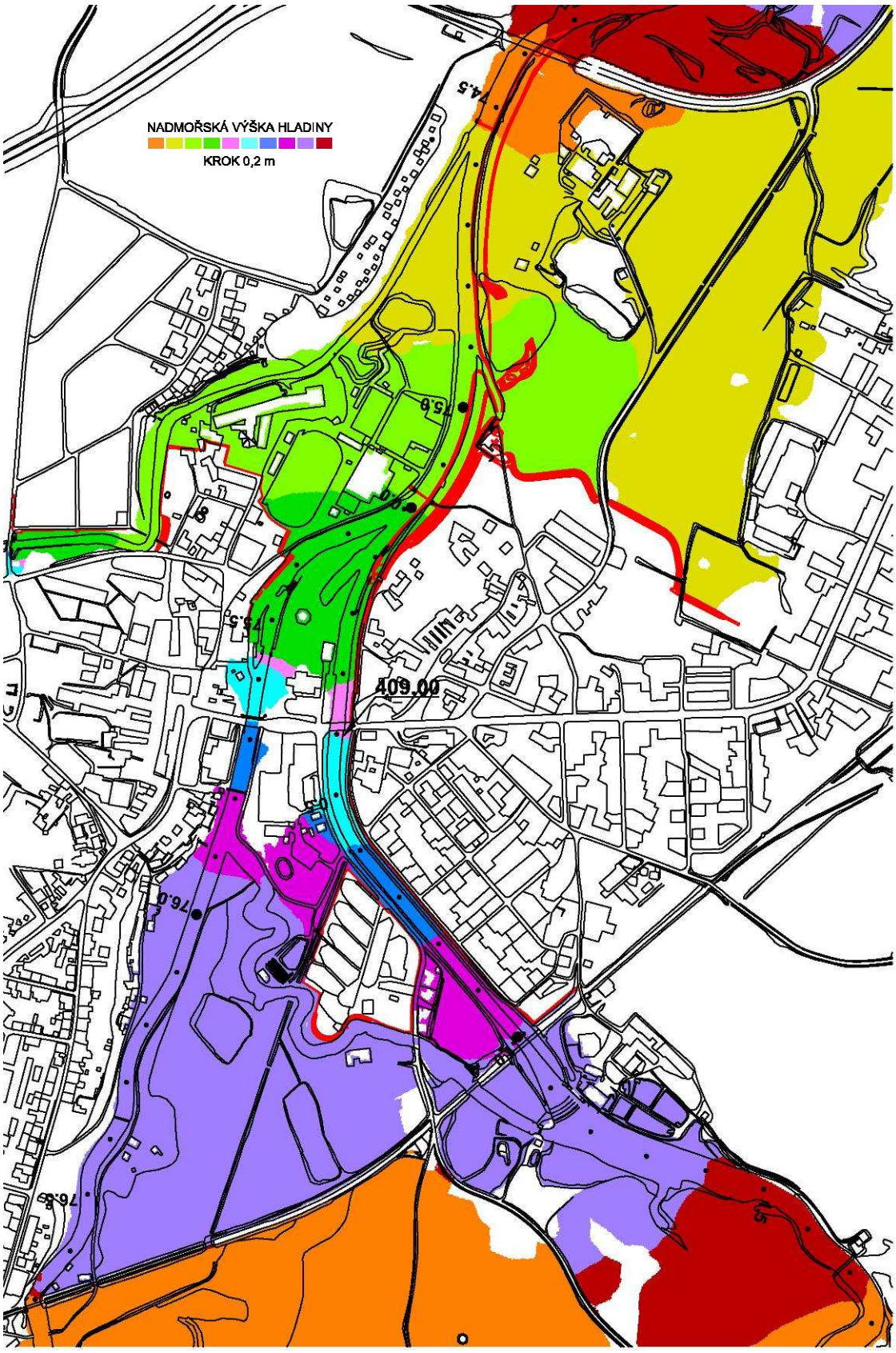
Příloha 4: Situace protipovodňových bariér



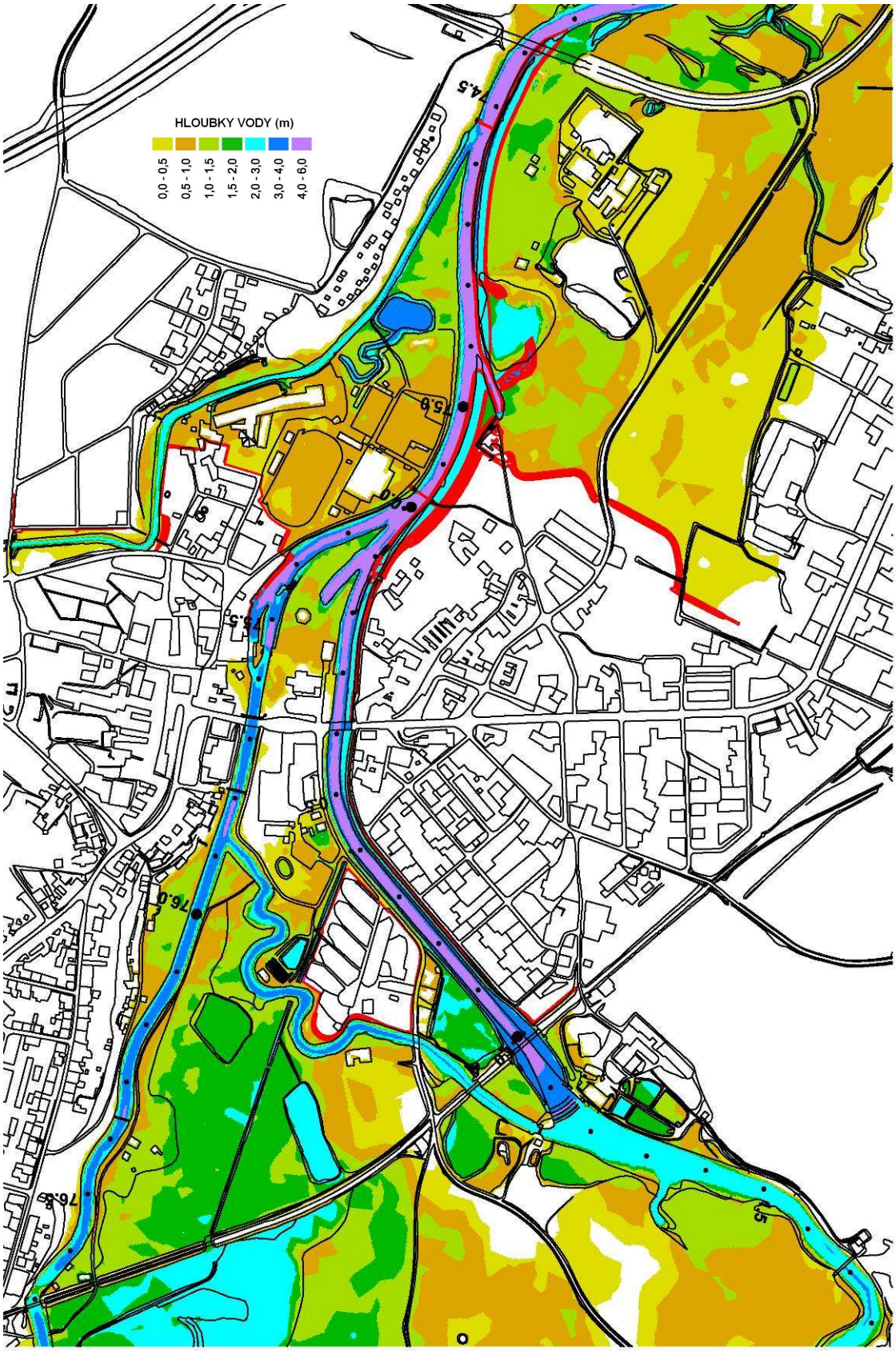
Příloha 5: Hlavní směry proudění pro průtok Q_{50} na Lužnici



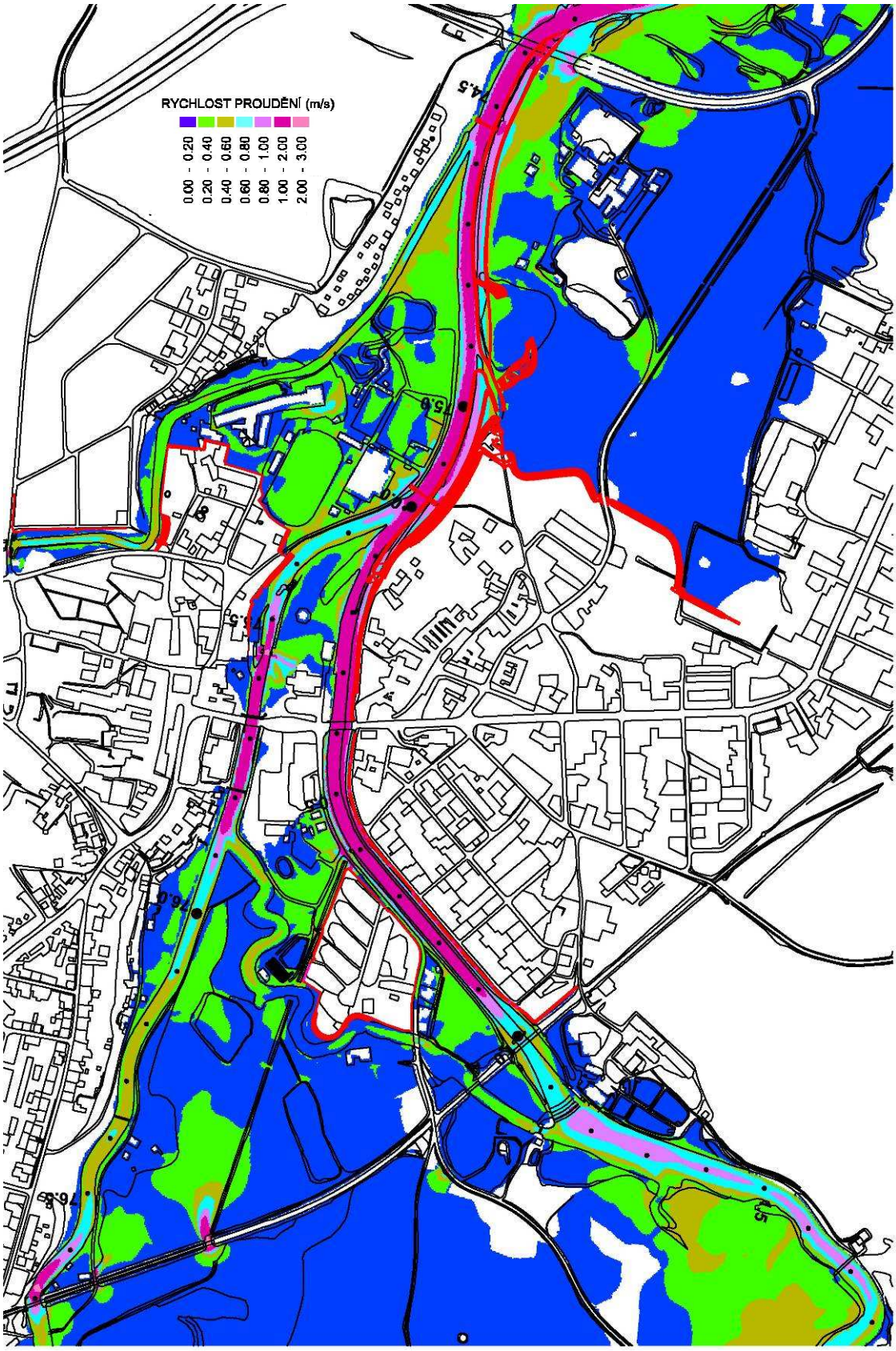
Příloha 6: Hlavní směry proudění pro průtok Q_{50} na Nežárce



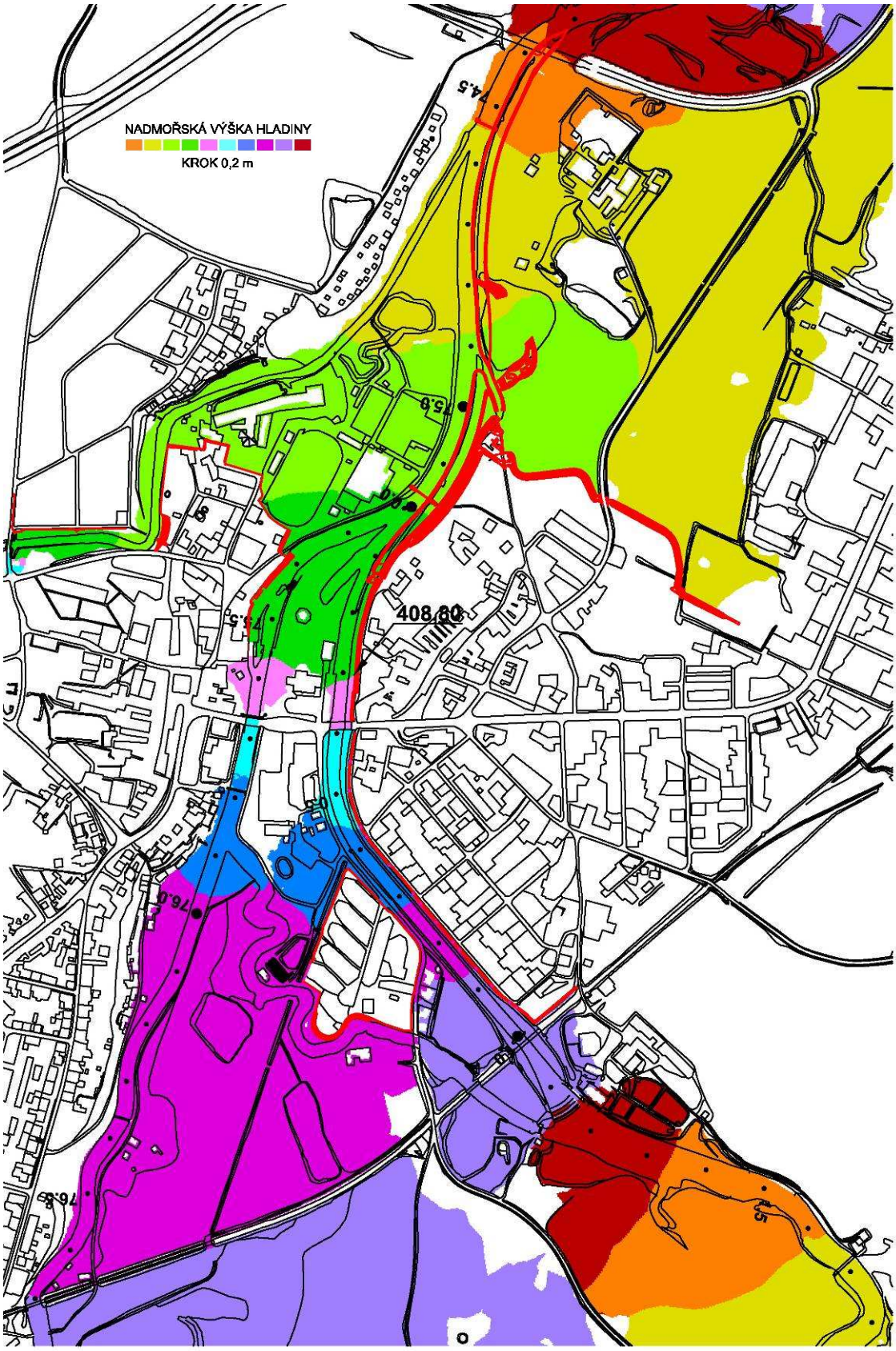
Příloha 7: Průběh hladiny – varianta Q_{50} Lužnice



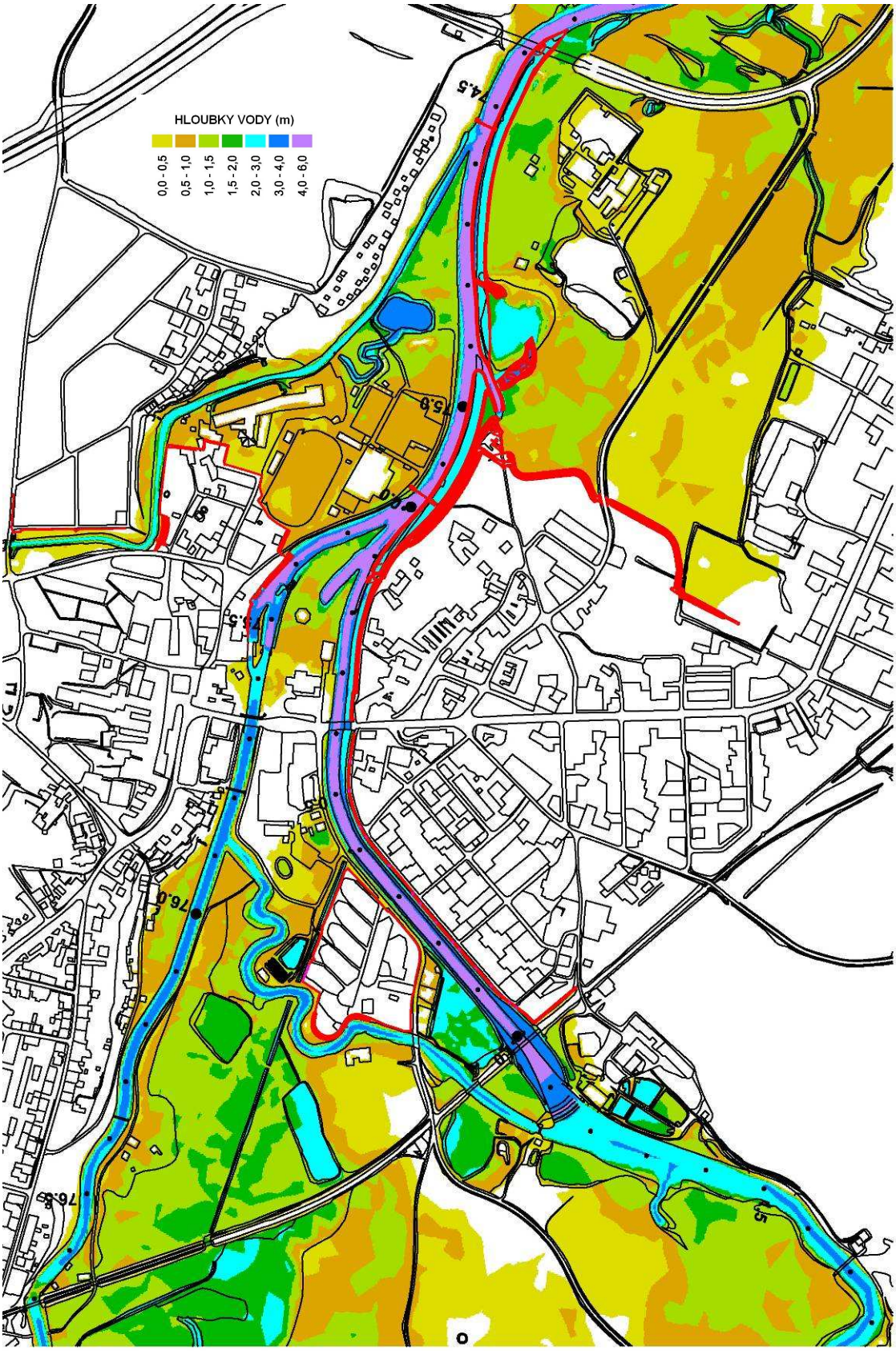
Příloha 8: Hloubky vody – varianta Q_{50} Lužnice



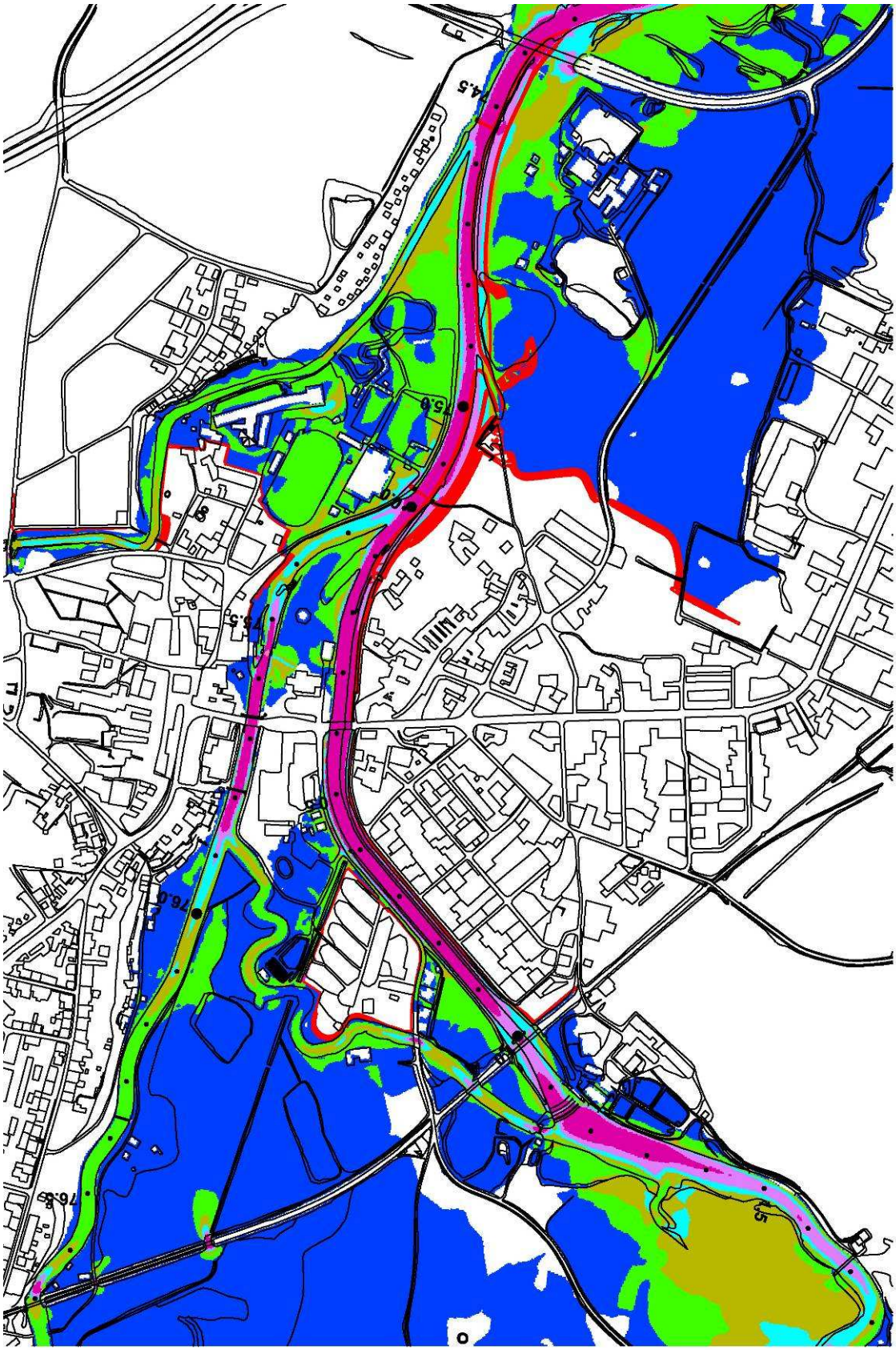
Příloha 9: Rychlosti proudění – varianta Q_{50} Lužnice



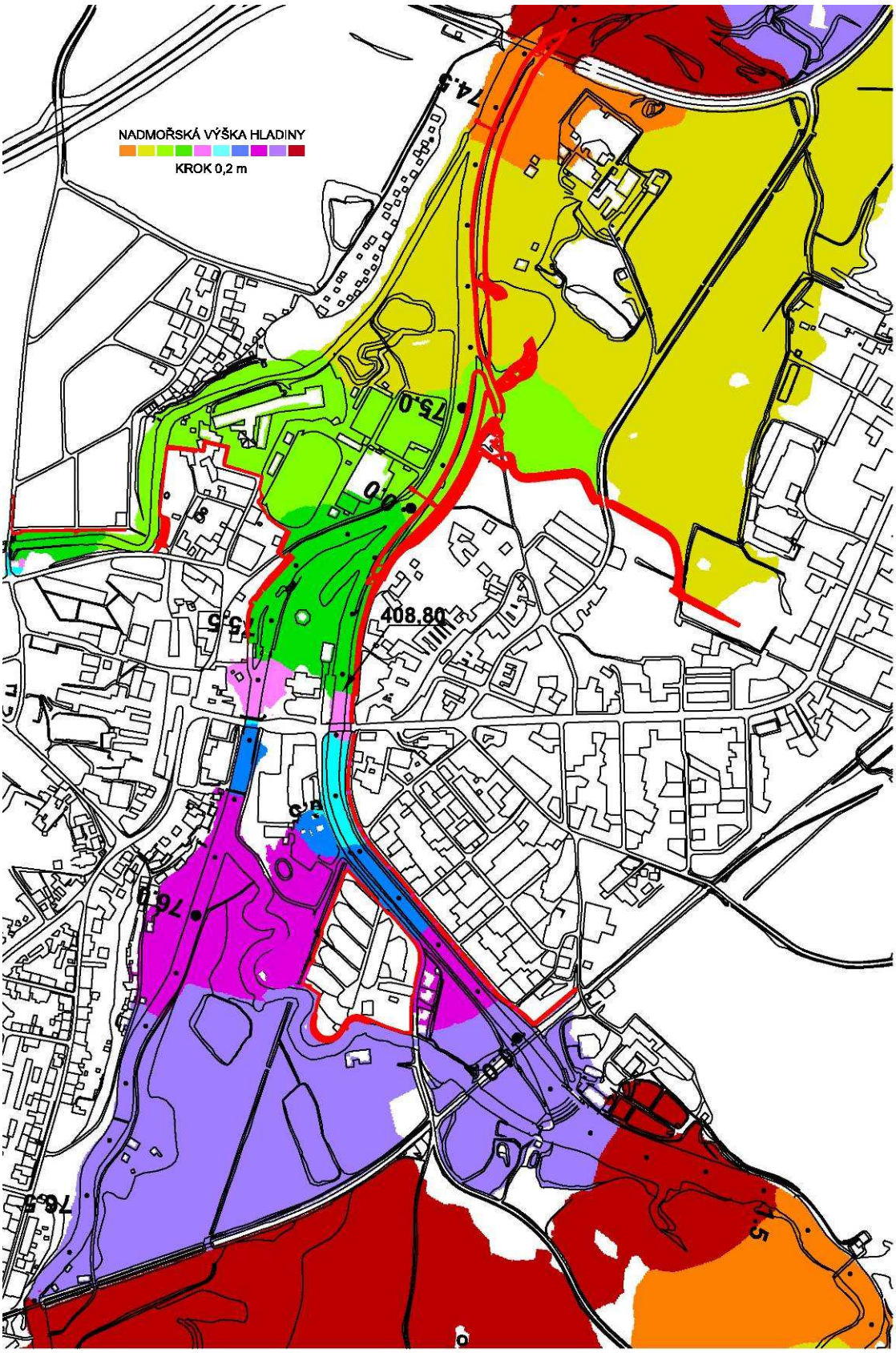
Příloha 10: Průběh hladiny – varianta Q_{50} Nežárka



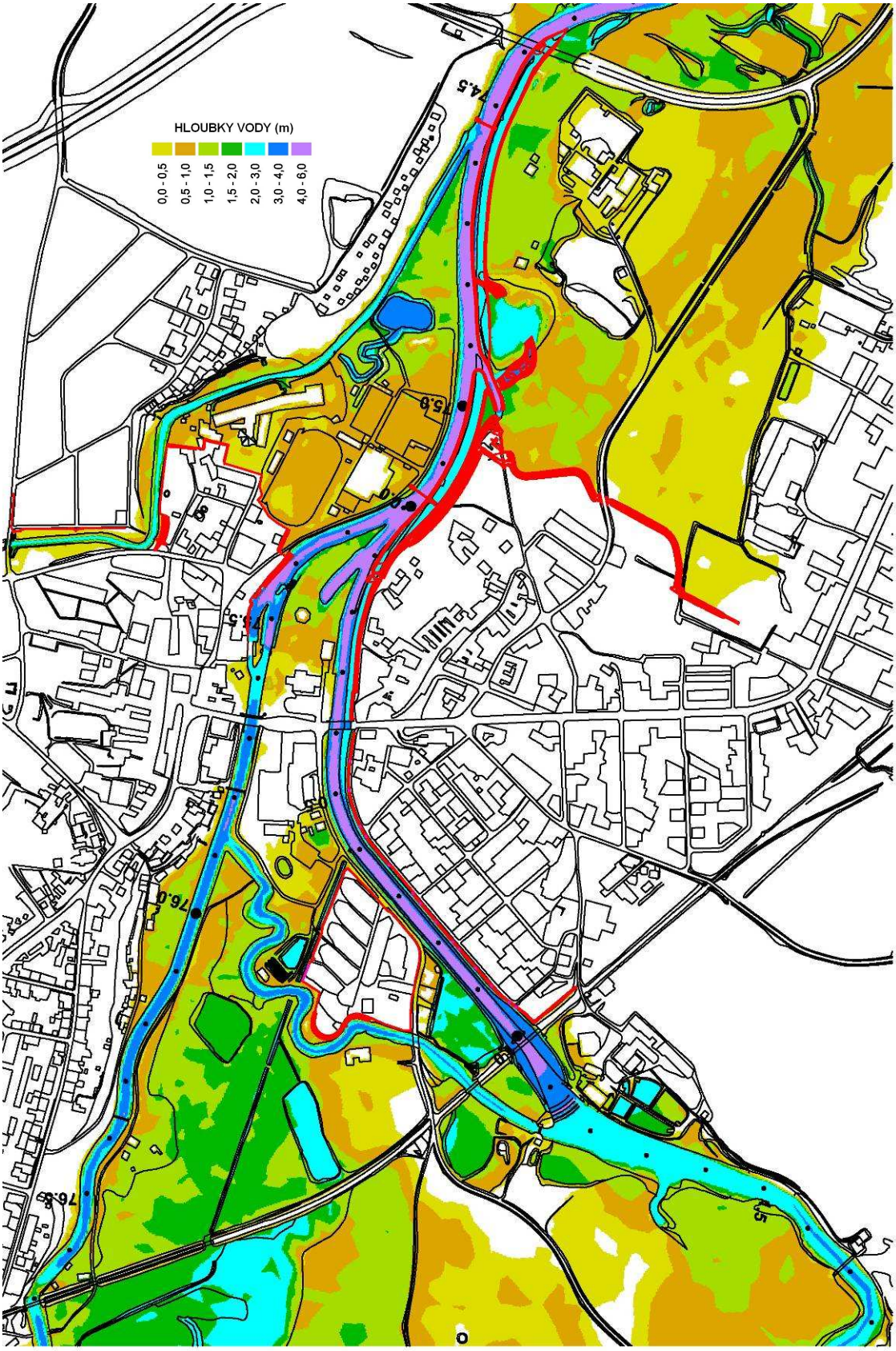
Příloha 11: Hloubky vody – varianta Q_{50} Nežárka



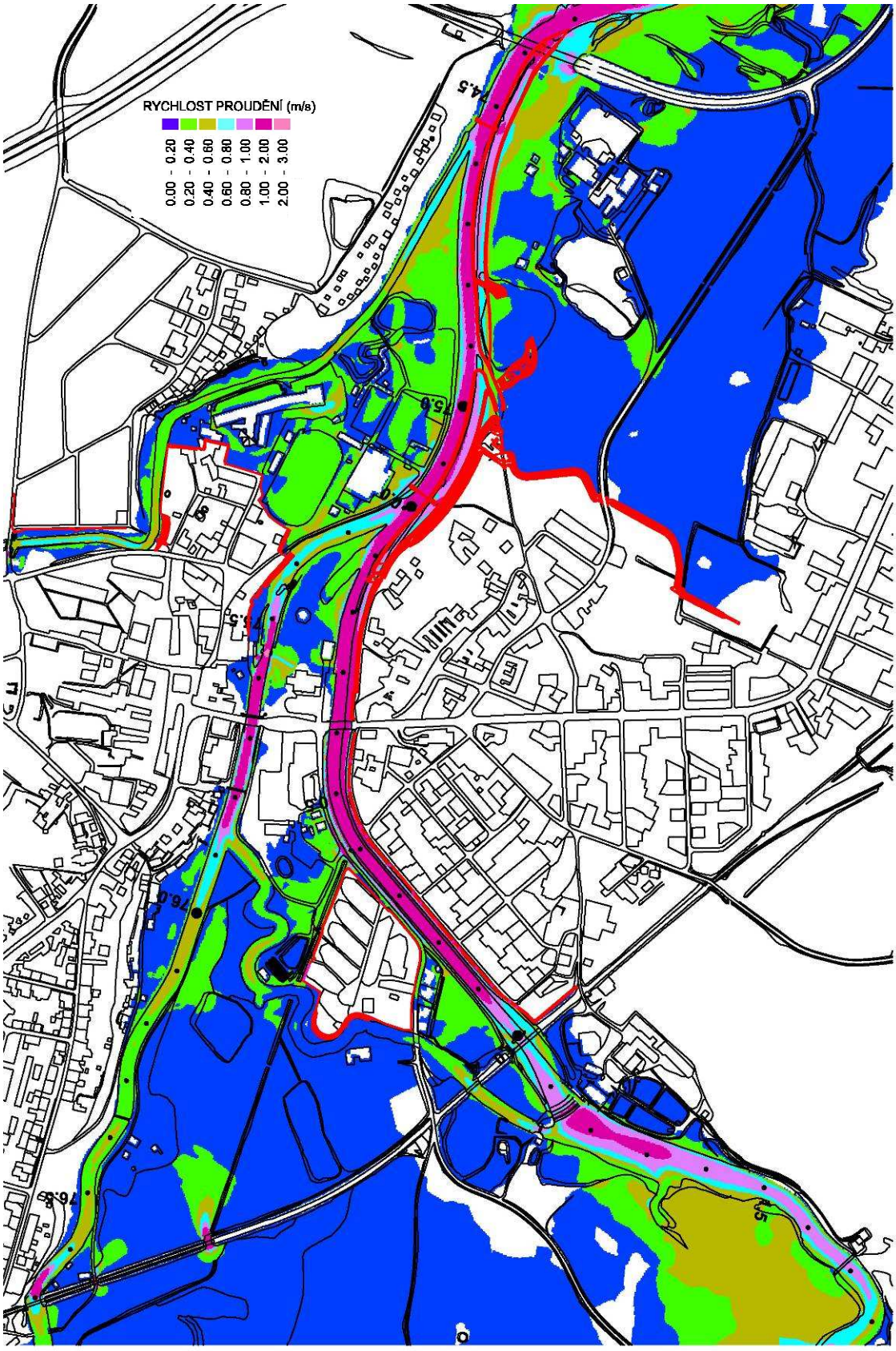
Příloha 12: Rychlosti proudění – varianta Q_{50} Nežárka



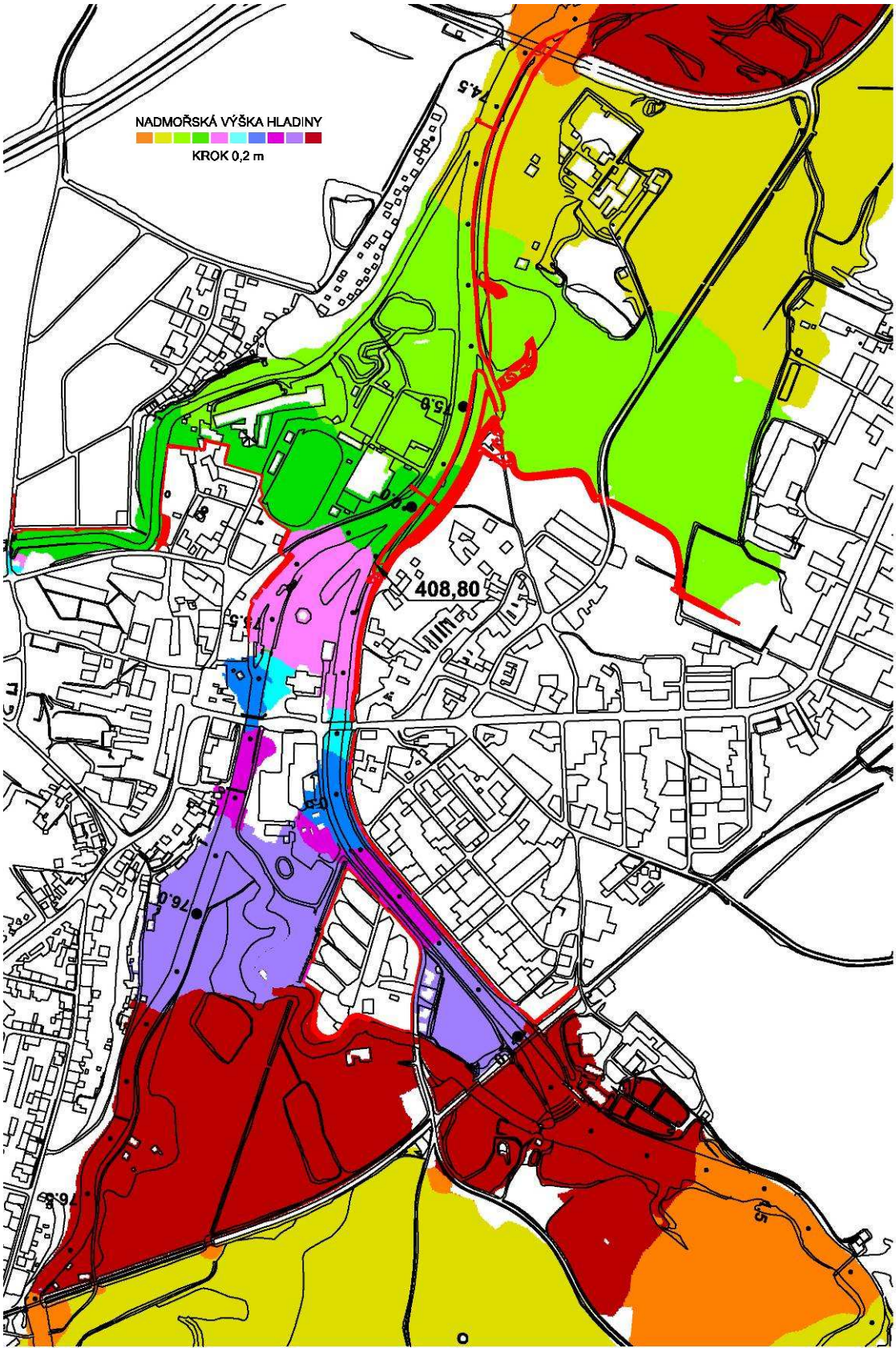
Příloha 13: Průběh hladiny – varianta 3



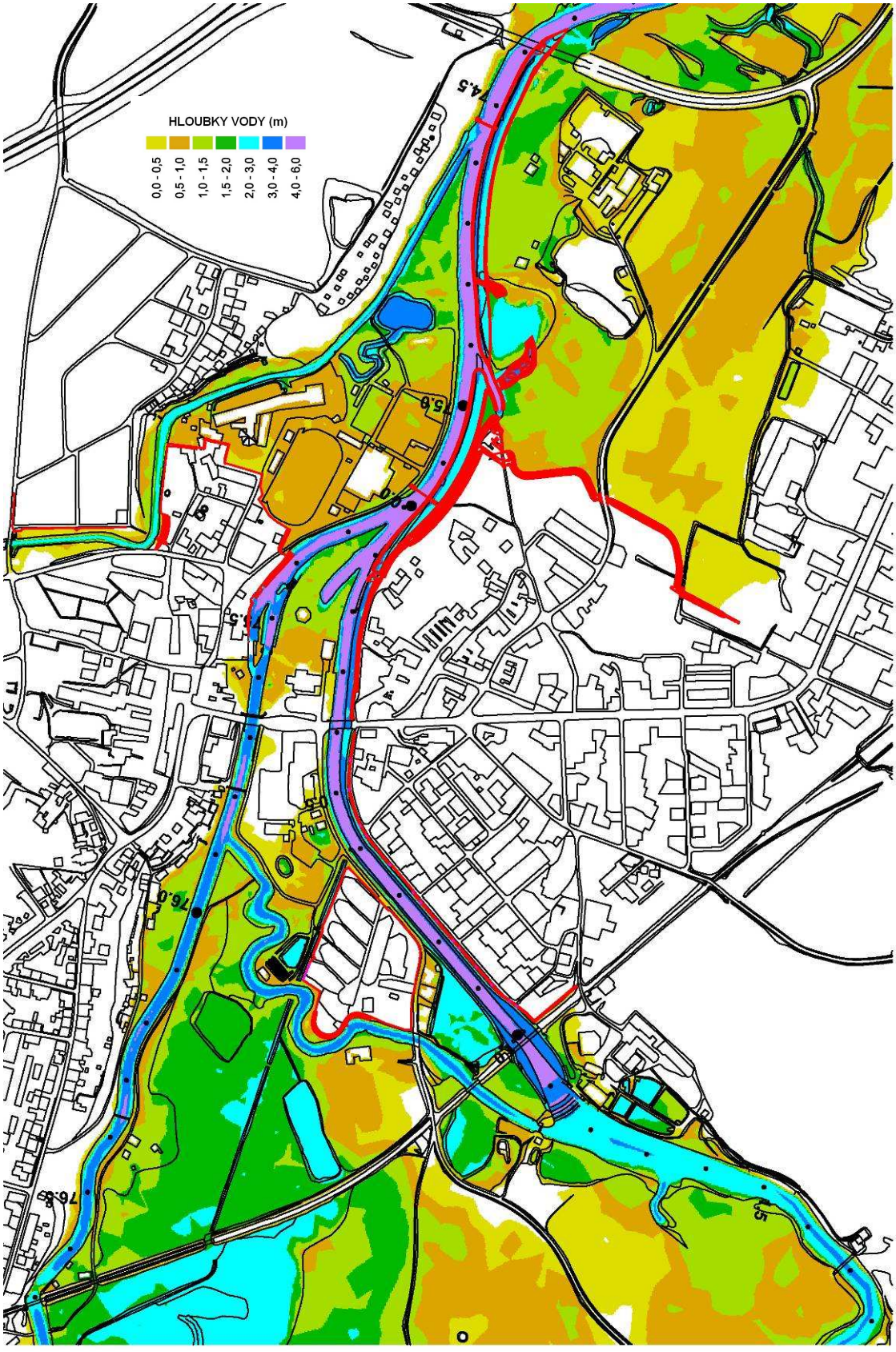
Příloha 14: Hloubky vody – varianta 3



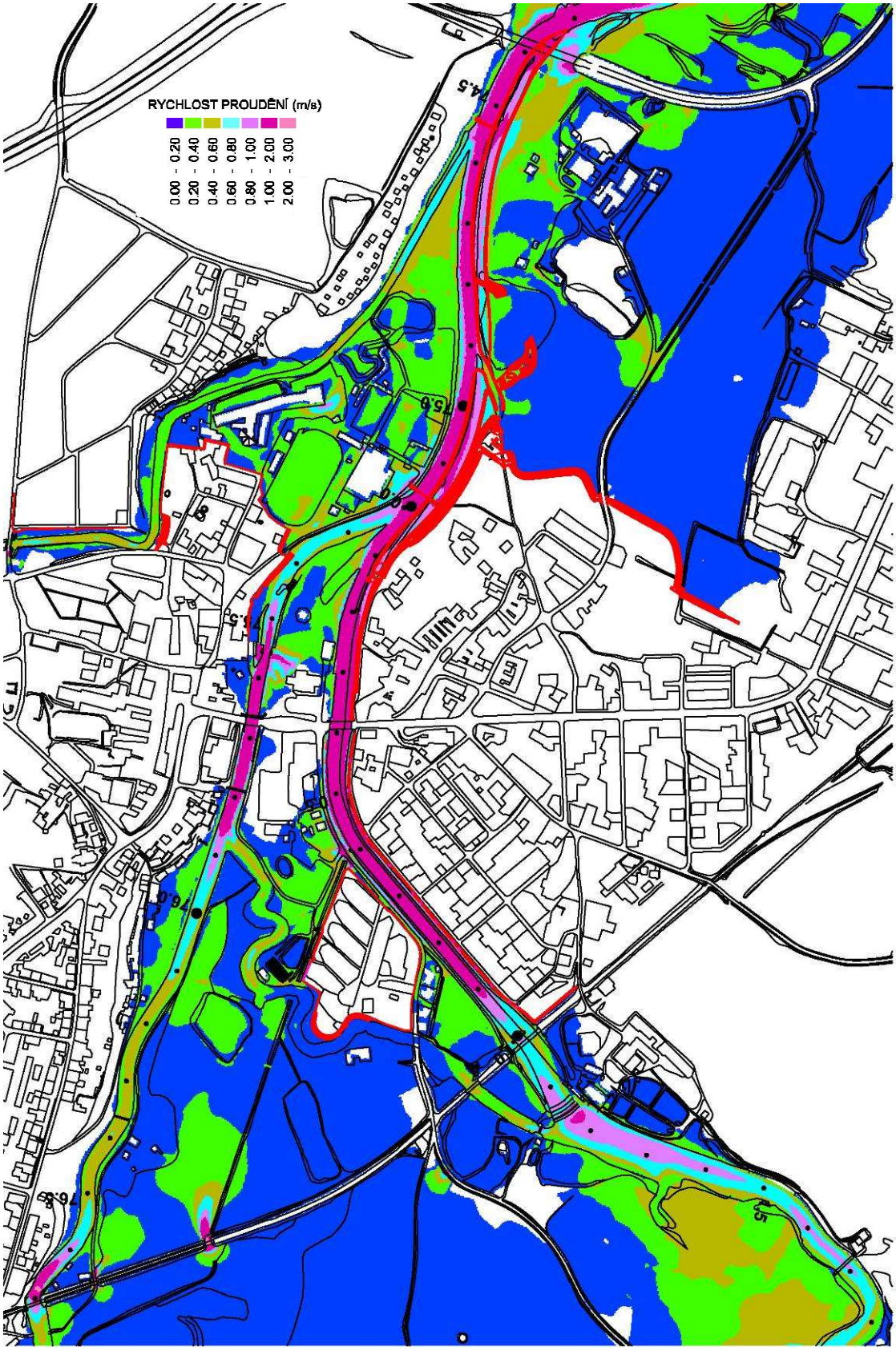
Příloha 15: Rychlosti proudění – varianta 3



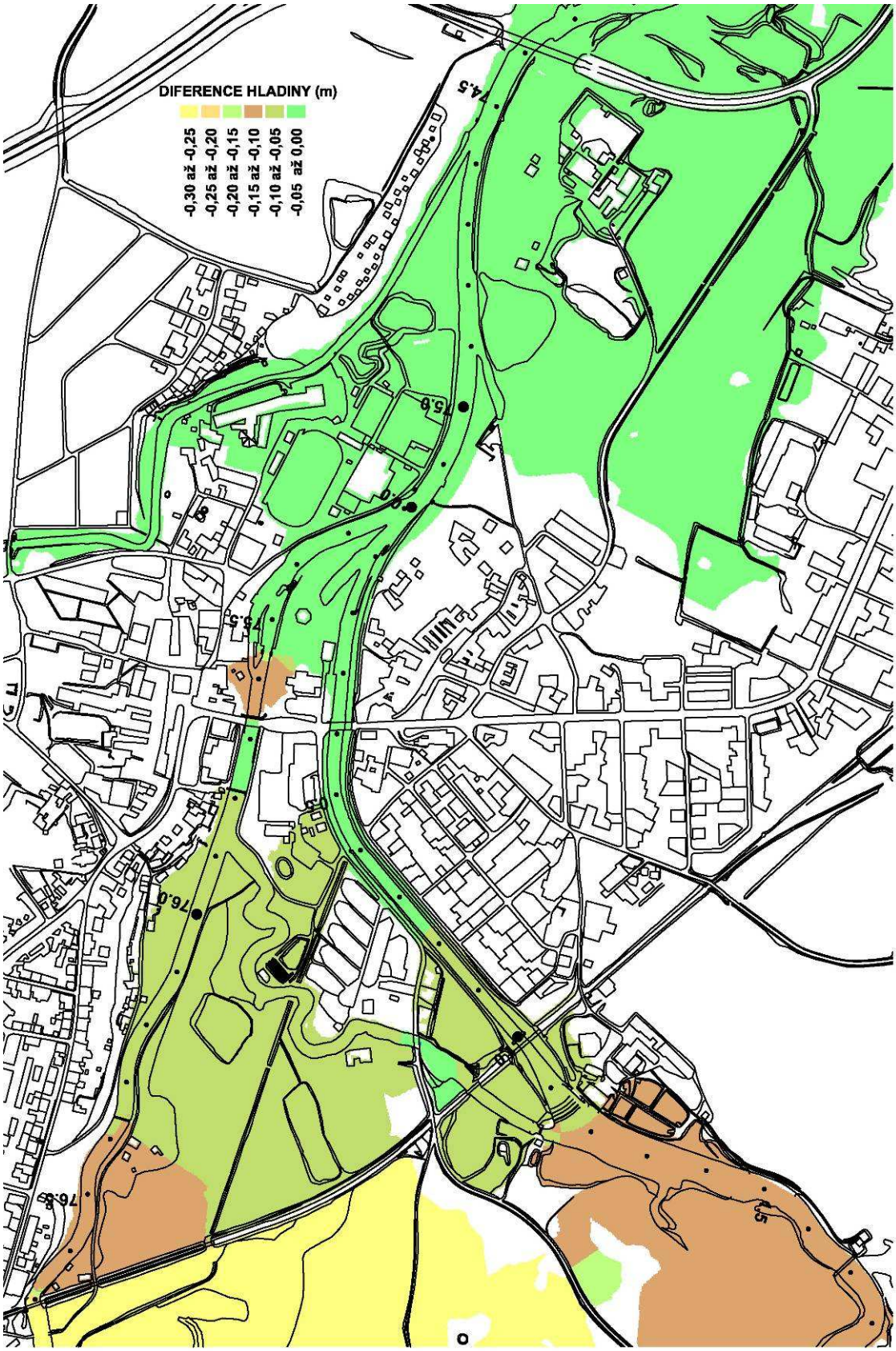
Příloha 16: Průběh hladiny – varianta 4



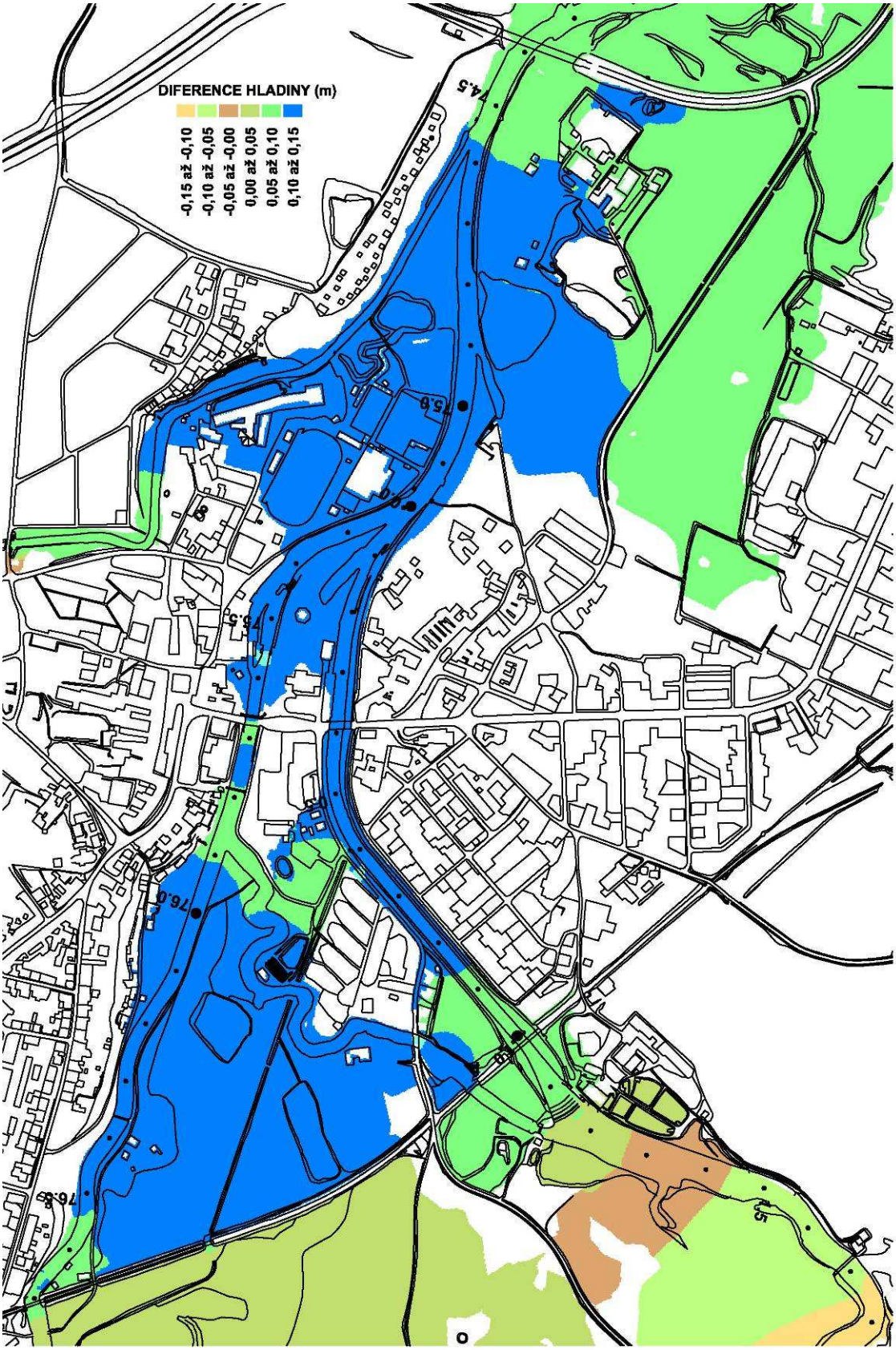
Příloha 17: Hloubky vody – varianta 4



Příloha 18: Rychlosti proudění – varianta 4



Příloha 19: Diference hladin – varianta 3 versus obálka Q_{50}



Příloha 20: Diference hladin – varianta 4 versus obálka Q_{50}

1CE037P3 INTERREG IVB Project Central Europe

LABEL

Project activity 3.3.4

LUŽNICE – NOVÁ ŘEKA – NEŽÁRKA WATER MANAGEMENT JUNCTION

ASSESSMENT OF THE EFFECTS OF DESIGNED AND POSSIBLE RETENTION MEASURES ON HYDRAULIC CHARACTERISTICS OF THE LUŽNICE AND NEŽÁRKA RIVERS

PP18 – Povodí Vltavy, státní podnik

Authors – VRV, a.s. **ČVUT Praha**

Introduction

Historical events show that natural disasters are parts of the earth's processes. In the region of the Czech Republic, floods play the most important role. It is desirable to increase the flood protection of endangered urban areas.

One possible way for mitigating flood damage accentuates is effective reservoirs and water management systems flood control (if there is adequate flood control storage present). In conjunction with other measures such as flood control measures within urban areas (preferably nature friendly) or various landscape measures (increase or recovery of retention capacity, soil conservation measures, proper agricultural management) it is often possible to reduce economic damage significantly or even save lives.

This study was contracted by Povodí Vltavy, state enterprise. The study is one of the works supported by the LABEL international project (LABE-ELBE Adaptation to flood risk).

Area of interest

The area of interest is located in the upper part of the Lužnice River basin (Fig. 1). More specifically, the water management junction is delimited by the section of the Lužnice River watercourse from the Novořecké splavy hydraulic structure to the junction with the Nežárka River, the section of the Nežárka River watercourse from the mouth of the Nová řeka watercourse to the junction with the Lužnice River, and finally the entire Nová řeka artificial watercourse. The length of this imaginary triangle is approx. 73 kilometers. The town of Veselí nad Lužnicí, which is located just on the junction of the Lužnice and the Nežárka River courses, is subject to detailed assessment of flow characteristics. Other urban areas (i.e. Dráchov, Soběslav, Planá nad Lužnicí, Sezimovo Ústí, Tábor, Bechyně) are subject to the expertise of investigated measures. The area of the water management junction is located within the Třeboňsko protected landscape area, the region was declared a UNESCO biosphere reserve, it is part of the Natura 2000 system. In terms of water management, the area is unique by the highest density of ponds in the Czech Republic.

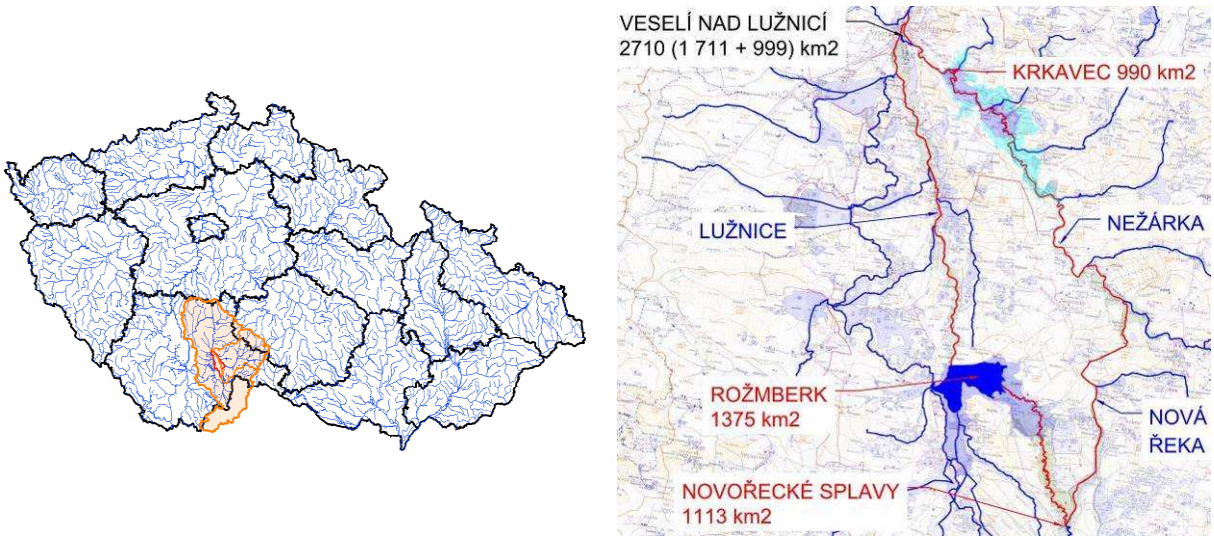


Fig. 1: The Area of interest

It is not surprising that Rožmberk Pond, the greatest Czech pond, is located there. This important reservoir (sometimes called "the Southern Bohemian Sea" or "The king of Czech ponds") was built up on the Lužnice River in the 16th century. Among other interesting facts, respectable 750 000 m^3 of material were used for the construction of the earth dam body. The present flood control storage (hereinafter referred to as "V_r") of Rožmberk Pond equals 13,6 mil. m^3. With respect to recent floods

experience (especially the disastrous August 2002 flood) it was decided to investigate the possibility of increasing V_r to 29,5 mil. m^3 without the need for decreasing the conservation storage of Rožmberk Pond.

The Novořecké splavy hydraulic structure and the 13,5 km. long Nová řeka artificial watercourse is the second important structure in terms of flood control. It was built up together with Rožmberk Pond. The main purpose of the structure is the possibility of diversion of the flow to the Nová řeka River and thus partial flood protection of Rožmberk Pond. The structure was recently reconstructed (new gated weir); the main reason for the reconstruction was a better possibility of regulating the flow in the Nová řeka diversion. In addition, a 6,9 km long levee was constructed on the left bank of the Nová řeka River. During the August 2002 flood, the levee collapsed and Rožmberk was endangered. In the next years, the levee was reconstructed. The water transfer capacity is up to 96 m^3/s according to newly proposed handling regulations (for comparison, the flow with a 100-year return period equals 310 m^3/s in the Novořecké splavy profile).

The town of Veselí nad Lužnicí was significantly affected by recent floods in the last years (2002, 2006, 2009, 2010). That was the reason for beginning the preparation of flood control measures within the built-up area of the town. Designated areas will be protected up to flows with a 0.02 occurrence probability (50-year flood) in the case of the implementation of these measures [3].

Beside the proposed flood control measures, it is desirable to investigate other ways of the mitigation of flood discharges with respect to the endangered town of Veselí nad Lužnicí and other urban areas below the junction of Nežárka and Lužnice Rivers. On the contrary to the Lužnice River, where there are possibilities for affecting the course of floods to some extent (Rožmberk and the Novořecké splavy hydraulic structure), the management of flood events in the Nežárka River basin is currently not possible. There does not exist any control element such as a reservoir with flood control storage. That was the reason to study and assess the Krkavec flood release basin (hereinafter referred to as "Krkavec") and its capability for additional flood protection. The concept of setting up a water reservoir for water supply purposes at the Krkavec dam site (approx. 2 km. away from Veselí nad Lužnicí) firstly appeared about forty years ago. The idea of the Krkavec flood release basin then emerged within the solution of the international FLAMIS project [1]. The results of this project were an important source of information for this work. Krkavec was solved in two basic variants: Variant A (V_r=7 mil. m^3) and Variant B (V_r=34,4 mil. m^3).

Aims of the study

The objectives of the study could be divided into three phases. Firstly, basic data and related works were gathered and processed (ihe list of the most important works is attached). Secondly, the definition of scenarios with respect to the combinations of Rožmberk and Krkavec (the existing and the proposed Rožmberk, two variants of Krkavec), together with hydrological considerations, followed. Note that the peak flow of the given return period under the junction could be caused by various combinations of flows on the Nežárka and the Lužnice Rivers (up to the given period, with the conservation law obeyed). Thirdly and finally, flood control of the defined scenarios was solved. The results of these simulations are inflows (reduced) to the town of Veselí nad Lužnicí. The selected scenarios of inflows are the subject for a detailed hydraulic evaluation of flow characteristics with respect to designed flood control measures within Veselí nad Lužnicí.

Solution

The methodology of the solution of the third phase is based on flood control of two reservoirs situated on adjacent watercourses and on the use of detailed numerical 2D modeling.

The analysis of the relation of the storage V_r, harmless discharge (i.e. the flow when the first more significant flood damage occurs, hereinafter referred to as "D_h") and the estimated return period of exceeding the harmless discharge (i.e. if the outflow from the reservoir must be higher than D_h, hereinafter referred to as "N_{Dh}") is essential within the solution of flood control. Hydrological data represent boundary conditions; these are the most common theoretical design floods of a selected return period and/or major historical floods (if available). The solution of flood routing (flood wave transformation in a reservoir) is affected by the reservoir operations, the characteristics of both the pool and the outlets. Simulating models are typically repeatedly used here. In this study, the HEC

ResSim (Hydrologic Engineering Center – Reservoir Simulation) model was used. The flood routing is based on the storage (continuity) equation.

If a new reservoir is designed, it is useful to analyze the relation of hydrological data, the harmless discharge D_h and the volume of the storage V_r (or generally the volume available for flood routing). When there is a sufficient number of flood hydrographs available for a given catchment, a set of volumes of floods above the harmless discharge D_h (i.e. parts of volumes of floods when flows exceed D_h) can be derived. It is worth mentioning that two floods with similar peak flows can differ in volume remarkably. The set of volumes can be statistically processed then (i.e. fitted with a suitable probability distribution). Since the volume above D_h (V_{Dh}) approximately equals the necessary volume of V_r, the dependence of the necessary magnitude of V_r with respect to the estimated return period of exceeding the harmless discharge N_{Dh} can be determined. Thus, for the given volume of V_r , it is possible to assess the expected return period N_{Dh}. The availability of a sufficient number of flood hydrographs is very rare for applying the described technique. The above mentioned dependence can be at least estimated with a straightforward utilization of theoretical flood waves with different return periods, for example (see Fig. 2).

A detailed hydraulic evaluation of flow characteristics for the selected scenarios with a reduced inflow to Veselí nad Lužnicí was performed with the aid of a detailed two-dimensional model because of the complexity of the flooded area and complicated flood flow conditions. The FAST 2D two-dimensional numerical model was used as the simulation tool. The model enables the simulation of a free surface steady water flow in domains with a complex geometry.

The FAST2D model is based on the set of depth-averaged Reynolds equations often called ‘shallow water equations’, which can be derived by the integration of the Reynolds equations for a three-dimensional flow over the depth of the water layer. The partial differential equations are solved numerically with a finite volume procedure. The method employs non-orthogonal curvilinear grids.

During the practical application of the model the domain of interest first has to be covered with the computational grid, which is described by the Cartesian coordinates of the grid cell corners. FAST2D uses non-orthogonal curvilinear computational grids, which enable the model boundaries to be fitted to the shape of the modeled territory, or occasionally also the internal grid lines to be fitted to the shapes of the main obstacles (dams, roads, etc.).

In the second step of the model building procedure, it is necessary to specify the terrain elevation for all the grid points in the model and to create the final numerical representation of the modeled domain. The primary data can be cross sections and/or digital terrain model (DTM) data defined as data sets containing the coordinates of 3D points and 3D lines. For every control volume, a roughness value must be further defined. The distribution and the adjustment of the roughness coefficients is the main task of the calibration phase of the model design.

The method used for modeling the flow obstacles depends on the height of the obstacles relative to the water depth. Overflowed shapes are modeled using local terrain elevation modifications, higher obstacles are taken into account by blocking off the corresponding control volumes in the computational grid (vertical wall). A third possible method of an obstacle modeling simply uses very high values of roughness coefficients in the affected regions and simulates the influence of clusters of small overflowed obstacles that cannot be resolved with the coarser computational grid.

On the model boundaries (external, sometimes also internal), the corresponding boundary conditions have to be specified.

Together with other outputs of the flood control solution, the relationship of the volume V_r and the expected return period N_{Dh} was derived for the Krkavec flood release basin (theoretical flood waves were utilized here, see Fig. 2). The boundary values of harmless discharges D_h for Krkavec were considered as D_h in the town of Veselí nad Lužnicí on the Nežárka River: in the present state (74 m^3/s ≈ Q_2) and after the designed flood control measures (198 m^3/s ≈ Q_{50}). It was found out that Krkavec in Variant A (V_r = 7 mil. m^3) is able to maintain D_h = 165 m^3/s when flood routing a theoretical design flood with a 100-year return period (the peak flow of the flood equals 234 m^3/s, the volume of the flood above the mean discharge 12,3 m^3/s equals 95.7 mil. m^3). It is necessary here that the flow up to D_h is released downstream without or with insignificant filling of V_r as well as maintaining D_h while V_r is filling (rising water level and energy head before the entrance of outlets). This leads to the necessity of sizable gated bottom outlets.

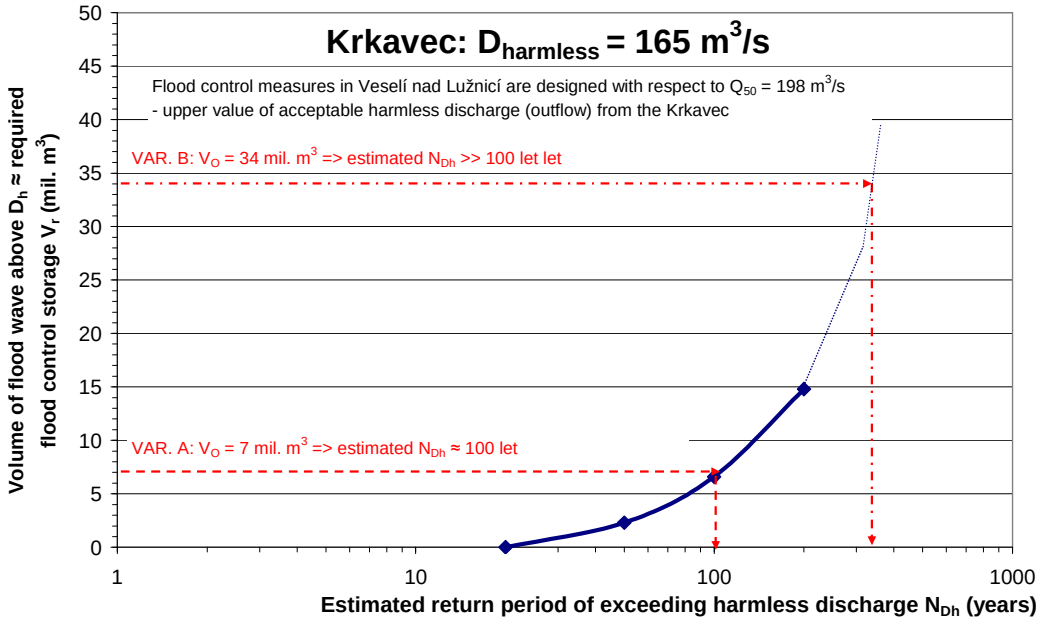


Fig. 2: Estimated return period of exceeding harmless discharge N_{Dh}

Rožmberk Pond had been subject to a flood control analysis in the work [2] already, the results of this work were used in this study. Rožmberk Pond will be able to maintain $D_h \approx 40$ m^3/s when flood routing a theoretical design flood with a 100-year return period (the peak flow of the flood equals 210 m^3/s, the volume of flood above the mean discharge 3,6 m^3/s equals 53,9 mil. m^3) assuming the proposed increase of Rožmberk's V_r becomes operative. The inflow from the Rožmberk – Veselí nad Lužnicí interbasin must be taken into account when evaluating the inflow to the town of Veselí nad Lužnicí (on the contrary the Krkavec – Veselí nad Lužnicí interbasin is small – Fig. 1).

When evaluating the feasibility of Krkavec flood retention pond, although Variant B offers much wider possibilities in regulating outflows, there are important territorial collisions. Probably the most momentous collision is flooding of the village of Val – its local part Hamr. The area is flooded even in Variant A, in this case, however, a possibility of designing flood control measures is real.

The effect of flood protection of the evaluated reservoirs for other urban areas downstream of the town of Veselí nad Lužnicí decreases with the increasing catchment area and the magnitude of the released outflow (harmless discharge).

The HEC ResSim program (used within the study for flood routing) appears as a promising tool for studying reservoir and/or water management systems. Some numerical problems which occurred during simulations will probably be fixed up in future versions.

The performed flood control analysis and flood routing simulations led to the assessment of inflows to the town of Veselí nad Lužnicí for the whole range of defined scenarios. Several scenarios (see below) were selected as the most informative ones for the detailed assessment of hydraulic characteristics in the town of Veselí nad Lužnicí.

The results of numerical hydraulic modeling constitute an extremely large amount of digital data, which can be analyzed using visualization and analyzing tools. A possible graphical evaluation of simulation results includes streamlines, water elevation maps, water depth maps and flow velocities maps. An example of such an evaluation is given in Fig. 3.

In this study, we have continued with the model of Veselí nad Lužnicí that was developed in the framework of the international FLAMIS project. The existing model was slightly modified by the inclusion of supplementary geodetic data improving the information about terrain elevations in the flooded area and the primary model calibration based on the flood situation in 2002 was successfully

verified using new calibration simulations and the comparison of the results with known high water marks from the flood in 2006. The designed geometry of the proposed flood control measures in Veselí nad Lužnicí was further implemented into the modified model and several variants of theoretical flood events were analyzed based on the model simulation results.

Tab.1 Selected scenarios for detailed assessment by numerical 2D modeling (RP...return period)

Scenario		Unaffected flow [m^3/s]	Flood routed flow	Remark
1	Below junction	251 (RP=50)	251	
	Nežárka	198 (RP=50)	198	
	Lužnice	53 (RP=5-10)	53	
2	Below junction	251 (RP=50)	251	
	Nežárka	127 (RP≈10)	127	
	Lužnice	124 (RP=50)	124	
3	Below junction	394 (RP>100)	246 (RP<50)	165 m^3/s + 81 m^3/s
	Nežárka	234 (RP=100)	165 (RP>20)	Flood routing by Krkavec var. A, D_h = 165 m^3/s
	Lužnice	160 (RP=100)	41+40=81 (RP <20)	Flood routing by Rožmberk V_r=29.5 mil. m^3 plus inflow from interbasin
4	Below junction	315 (RP=100)	280 (RP=50-100)	155 m^3/s + 125 m^3/s
	Nežárka	155 (RP=20)	155	Flood routing by Krkavec var. A, D_h = 165 m^3/s → assumption that flood is unaffected
	Lužnice	160 (RP=100)	85+40=125 (RP≈50)	Flood routing by Rožmberk V_r=13.5 mil. m^3 plus inflow from interbasin

The simulated cases included two different states (with and without the influence of the flood mitigation effects resulting from the improvement of flood control storage) and selected combinations of discharges at the inflow to Veselí nad Lužnicí and at the junction of the Lužnice and Nežárka Rivers:

- Scenario 1 – uninfluenced state, discharges with a 50-year return period on the Nežárka and the Lužnice Rivers under the junction
- Scenario 2 – uninfluenced state, discharges with a 50-year return period on the Lužnice River and the Lužnice River under the junction
- Scenario 3 – influenced state (Rožmberk with the increased volume V_r, Krkavec in Variant A: D_h = 165 m^3/s), transformed discharges with a 100-year return period on both the rivers
- Scenario 4 – influenced state (Rožmberk with the present volume V_r, Krkavec in Variant A: D_h = 165 m^3/s => flood is not routed, see Tab. 1), transformed discharge with a 100-year return period on the Lužnice River, untransformed complementary discharge with an approx. 20-year return period on the Nežárka River(155 m^3/s).

Scenarios 1 and 2 correspond to the design flood scenarios that have been used as the basis for the project of flood control measures in Veselí nad Lužnicí. The simulation results for these scenarios have therefore been used as reference values for the evaluation of flood mitigation effects expected in scenarios 3 and 4.

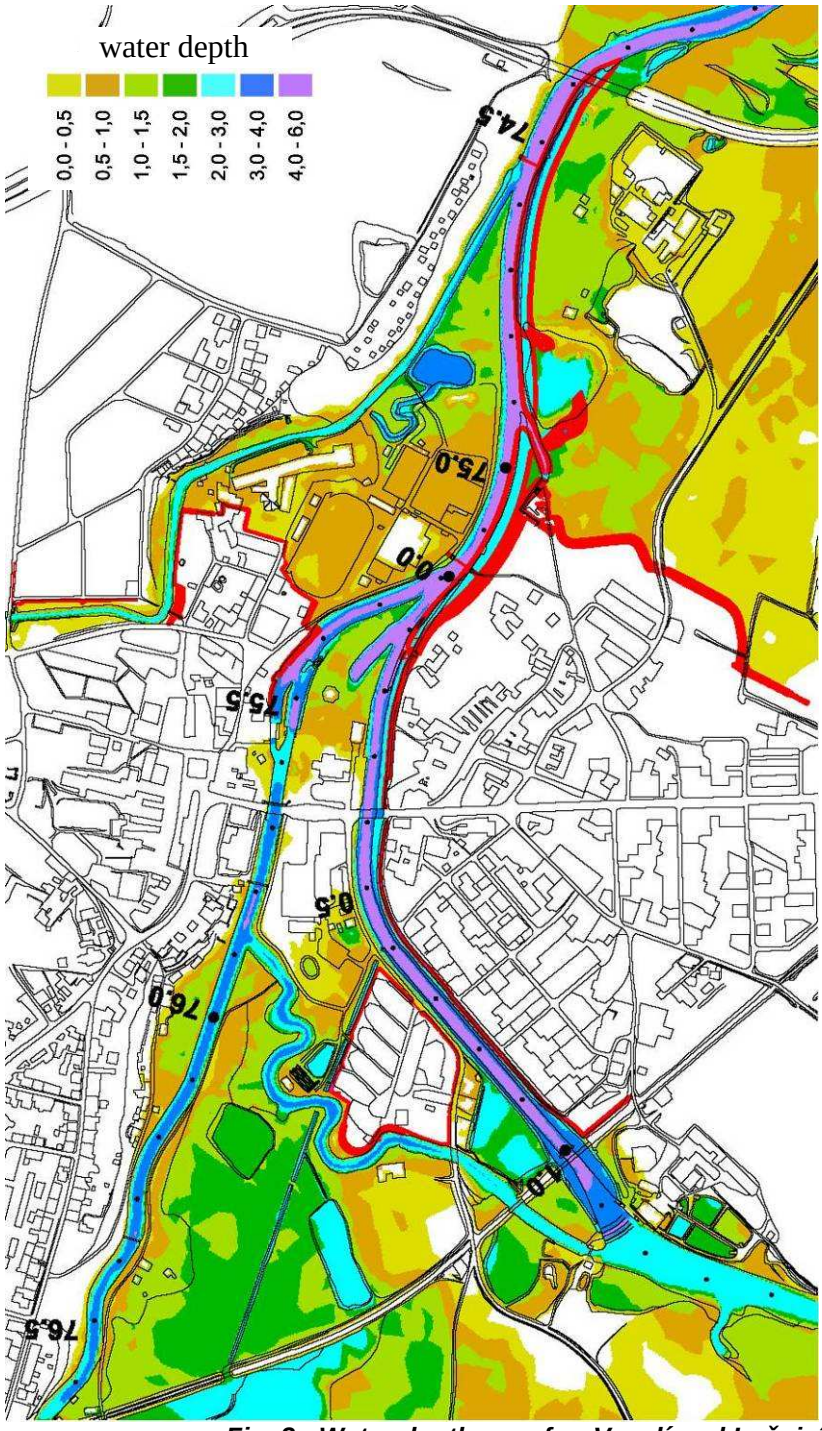


Fig. 3: Water depth map for Veselí nad Lužnicí – scenario 1

The comparison of the results for scenario 3 with the reference results has shown that this scenario leads to similar water elevations in the flooded area. It can be considered that the implementation of the flood discharge mitigation measures can theoretically lead to a reasonable increase in the flood protection rate up to floods with a 100-year return period (coming simultaneously on both the rivers). On the contrary, the reservoir flood routing in scenario 4 appeared as insufficient because the simulated water elevations exceeded the reference water level values.

The study has confirmed considerable sensitivity of numerical modeling to the quality and accuracy of geometry data. The modification and improvement of the digital terrain model based on complementary geodetic information has led by itself to a slight increase in simulated water elevations in the reference variants. Numerical modeling of flood flow events has generally unavoidable uncertainties resulting from the limitations of input data and other sources such as model schematization and the approximation of real processes. The uncertainty factor rises with the increasing complexity of the flood flow conditions, which is surely the case of the problem studied here. In this context, every flood discharge mitigation measure resulting in the reduction of the inflow to Veselí nad Lužnicí (even for design flood states) is highly advisable and definitely increases the safety of the planned flood control measures.

Results

- If Krkavec is designed properly (Variant A requires a high value of harmless discharge) and if the increase of Vr on Rožmberk occurs, the flood protection rate in Veselí nad Lužnicí will have theoretically increased up to floods with a 100-year return period (coming simultaneously on both the rivers).
- Variant B of Krkavec offers much wider possibilities in flood control but at the cost of probably unacceptable territorial collisions.
- Although Krkavec in Variant A has relatively small flood control storage with respect to the design flood, it constitutes the counterpart to Rožmberk Pond. Additional optimization of both the waterworks together with the Novořecké splavy hydraulic structure (with respect to continuously improving hydrological forecast for example) is possible.
- The designed increase of Rožmberk's flood control storage is an important and recommended measure in flood protection.
- With regard to the complexity of flood conditions and all other uncertainties (hydrologic, geodetic, numerical, approximation of real processes etc.), every measure which leads to the reduction of inflows to Veselí nad Lužnicí is advisable.
- A flood mitigating effect of both the reservoirs can be expected downstream of the junction. Generally, the effect increases with higher flood control storages and decreases with increasing both the catchment area and the harmless discharges. With regard to hydrological complexity, an additional evaluation is suitable for proper enumeration.

Suggested next steps

- Discussions of the willingness for the implementation of the Krkavec flood release basin with municipalities (the town of Veselí nad Lužnicí, the village of Val) and other important organizations (CHKO Třeboňsko, Povodí Vltavy, state enterprise, South Bohemian regional office etc.).
- Investigation of the feasibility of flood control measures in the village of Val, local part of Hamr
- Evaluation of property rights and possibilities in the mitigation of other territorial collisions.
- More detailed investigation of the Krkavec flood release basin (dam site, design and layout of outlets, assessment of dam safety, preliminary surveys etc.).

The most important references

[1] FLAMIS Project – Final Report. ČVUT Praha, ČHMÚ, PVL, Ecole Polytechnique Fédérale, Lausanne, Praha and Lausanne, 2006.

[2] Rožmberk Pond – the study of increasing its flood control capacity. VODNÍ DÍLA – TBD, a.s., Praha, 2008.

[3] Flood control measures of the town of Veselí nad Lužnicí. VH - TRES, s.r.o., České Budějovice, 2011.

ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV
pobočka ČHMÚ České Budějovice
A. Staška 32, 370 07

V R V, a.s.
Nábřežní 4

150 56 Praha 5 - Smíchov

Váš dopis značky: 02-O-73/11 Naše značka: 2308/11 Vyřizuje: Ing.L.Lettová Datum: 28.4.2011
Telefon: 386 102 243

Věc: **HYDROLOGICKÁ DATA**

Na Vaši žádost ze dne 1.4.2011 Vám zasíláme požadované základní hydrologické údaje podle ČSN 751400 pro

vodní tok: Nežárka
číslo hydrologického pořadí: 1-07-03-057
v profilu: ř.km 25,2 (nad Novou řekou)

1. Plocha povodí (A) v km^2 741.83

2. Dlouhodobá průměrná roční výška srážek na povodí (Pa) v mm

3. Dlouhodobý průměrný průtok (Qa) v m^3.s^{-1} (třída -)

4. M-denní průtoky (Q_{Md}) v m^3.s^{-1} (třída -)

M	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	355	364
Q_M													

5. N-leté průtoky (Q_N) v m^3.s^{-1} (třída II.)

N	1	2	5	10	20	50	100
Q_N	37	50	70	89	110	142	169

Doplňující informace:

Údaje N-letých průtoků jsou odvozeny z řad za maximální dostupné období pozorování a dle nových poznatků může dojít k jejich změnám.

Norma ČSN 75 1400 doporučuje ověřování platnosti dat po pěti letech.

Způsob a rozsah případného antropogenního ovlivnění dat není znám.

Za tyto práce Vám účtujeme na základě zákona č. 526/1990 Sb. o cenách a v souladu s výměry MF ČR, kterými se vydává seznam zboží s regul. cenami dle přiložené faktury.

položka	množství	cena za jedn.	částka Kč
743011	1	13060,-	13060,-
celkem:			13060,-
slovy:			třináctisícšedesátkorun

Přílohy: faktura, objem a průběh PV100, PV20

Ing. P.Polcar
ředitel pobočky

ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV
52

ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV
pobočka ČHMÚ České Budějovice
A. Staška 32, 370 07

V R V, a.s.
Nábřežní 4

150 56 Praha 5 - Smíchov

Váš dopis značky: 02-O-73/11 Naše značka: 2308/11 Vyřizuje: Ing.L.Lettová Datum: 28.4.2011
Telefon: 386 102 243

Věc: **HYDROLOGICKÁ DATA**

Na Vaši žádost ze dne 1.4.2011 Vám zasíláme požadované základní hydrologické údaje podle ČSN 751400 pro

vodní tok: Nežárka
číslo hydrologického pořadí: 1-07-03-079
v profilu: ř.km 3,6 ("Krkavec")

1. Plocha povodí (A) v km^2 997.99

2. Dlouhodobá průměrná roční výška srážek na povodí (Pa) v mm

3. Dlouhodobý průměrný průtok (Qa) v $m^3.s^{-1}$ (třída -)

4. M-denní průtoky (Q_{Md}) v $m^3.s^{-1}$ (třída -)

M	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	355	364
Q_M													

5. N-leté průtoky (Q_N) v $m^3.s^{-1}$ (třída II.)

N	1	2	5	10	20	50	100
Q_N	56	74	103	128	156	198	234

Doplňující informace:

Údaje N-letých průtoků jsou odvozeny z řad za maximální dostupné období pozorování a dle nových poznatků může dojít k jejich změnám.

Norma ČSN 75 1400 doporučuje ověřování platnosti dat po pěti letech.

Způsob a rozsah případného antropogenního ovlivnění dat není znám.

Za tyto práce Vám účtujeme na základě zákona č. 526/1990 Sb. o cenách a v souladu s výměry MF ČR, kterými se vydává seznam zboží s regul. cenami dle přiložené faktury.

položka	množství	cena za jedn.	částka Kč
743011	1	13060,-	13060,-
celkem:			13060,-
slovy:			třináctisícšedesátkorun

Přílohy: faktura. objem a průběh PV100, PV20.

Ing. P.Polcar
ředitel pobočky

ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV
52

ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV
pobočka ČHMÚ České Budějovice
A. Staška 32, 370 07

V R V, a.s.
Nábřežní 4

150 56 Praha 5-Smíchov

Váš dopis značky: 02-O-73/11 Naše značka: 2308/11 Vyřizuje: Ing.L.Lettová Datum: 27.4.2011
Telefon: 386 102 243

Věc: **HYDROLOGICKÁ DATA**

Na Vaši žádost ze dne 1.4.2011 Vám zasíláme požadované základní hydrologické údaje podle ČSN 751400 pro

vodní tok: Lužnice
číslo hydrologického pořadí: 1-07-02-030
v profilu: ř.km 109,0 (nad Novou řekou)

1. Plocha povodí (A) v km^2 1121.75

2. Dlouhodobá průměrná roční výška srážek na povodí (Pa) v mm

3. Dlouhodobý průměrný průtok (Qa) v m^3.s^{-1} (třída -)

4. M-denní průtoky (Q_{Md}) v m^3.s^{-1} (třída -)

M	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	355	364
Q_M													

5. N-leté průtoky (Q_N) v m^3.s^{-1} (třída II.)

N	1	2	5	10	20	50	100
Q_N	38	59	96	132	176	246	310

Doplňující informace:

Údaje N-letých průtoků jsou odvozeny z řad za maximální dostupné období pozorování a dle nových poznatků může dojít k jejich změnám.

Norma ČSN 75 1400 doporučuje ověřování platnosti dat po pěti letech.

Způsob a rozsah případného antropogenního ovlivnění dat není znám.

Za tyto práce Vám účtujeme na základě zákona č. 526/1990 Sb. o cenách a v souladu s výměry MF ČR, kterými se vydává seznam zboží s regul. cenami dle přiložené faktury.

položka	množství	cena za jedn.	částka Kč
743011	1	13060,-	13060,-
celkem:			13060,-
slovy:			třináctisícšedesátkorun

Přílohy: faktura, objem a průběh PV100, PV20

Ing. P.Polcar
ředitel pobočky

ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV
52

ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV
pobočka ČHMÚ České Budějovice
A. Staška 32, 370 07

V R V a,s,
Nábřežní 4

150 56 Praha 5 - Smíchov

Váš dopis značky: 02-O-73/11 Naše značka: 2308/11 Vyřizuje: Ing.L.Lettová Datum: 27.4.2011
Telefon: 386 102 243

Věc: **HYDROLOGICKÁ DATA**

Na Vaši žádost ze dne 1.4.2011 Vám zasíláme požadované základní hydrologické údaje podle ČSN 751400 pro

vodní tok: Lužnice
číslo hydrologického pořadí: 1-07-02-078
v profilu: ř.km 74,6 (nad Nežárkou)

1. Plocha povodí (A) v km^2 1717.33

2. Dlouhodobá průměrná roční výška srážek na povodí (Pa) v mm

3. Dlouhodobý průměrný průtok (Qa) v m^3.s^{-1} (třída -)

4. M-denní průtoky (Q_{Md}) v m^3.s^{-1} (třída -)

M	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	355	364
Q_M													

5. N-leté průtoky (Q_N) v m^3.s^{-1} (třída II.)

N	1	2	5	10	20	50	100
Q_N	23	31	48	65	87	124	160

Doplňující informace:

Údaje N-letých průtoků jsou odvozeny z řad za maximální dostupné období pozorování a dle nových poznatků může dojít k jejich změnám.

Norma ČSN 75 1400 doporučuje ověřování platnosti dat po pěti letech.

Způsob a rozsah případného antropogenního ovlivnění dat není znám.

Za tyto práce Vám účtujeme na základě zákona č. 526/1990 Sb. o cenách a v souladu s výměry MF ČR, kterými se vydává seznam zboží s regul. cenami dle přiložené faktury.

položka	množství	cena za jedn.	částka Kč
743011	1	2860,-	2860,-
celkem:			2860,-
slovy:			dvatisíceosmsetšedesátkorun

Přílohy: faktura

Ing. P.Polcar
ředitel pobočky

ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV
52

ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV
pobočka ČHMÚ České Budějovice
A. Staška 32, 370 07

V R V a.s.
Nábřežní 4

150 56 Praha 5 - Smíchov

Váš dopis značky: 02-O-73/11 Naše značka: 2308/11 Vyřizuje: Ing.L.Lettová Datum: 27.4.2011
Telefon: 386 102 243

Věc: **HYDROLOGICKÁ DATA**

Na Vaši žádost ze dne 1.4.2011 Vám zasíláme požadované základní hydrologické údaje podle ČSN 751400 pro

vodní tok: Lužnice
číslo hydrologického pořadí: 1-07-04-001
v profilu: ř.km 74,4 (pod Nežárkou)

1. Plocha povodí (A) v km^2 2717.48

2. Dlouhodobá průměrná roční výška srážek na povodí (Pa) v mm

3. Dlouhodobý průměrný průtok (Qa) v $m^3.s^{-1}$ (třída -)

4. M-denní průtoky (Q_{Md}) v $m^3.s^{-1}$ (třída -)

M	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	355	364
Q_M													

5. N-leté průtoky (Q_N) v $m^3.s^{-1}$ (třída II.)

N	1	2	5	10	20	50	100
Q_N	65	80	111	143	183	251	315

Doplňující informace:

Údaje N-letých průtoků jsou odvozeny z řad za maximální dostupné období pozorování a dle nových poznatků může dojít k jejich změnám.

Norma ČSN 75 1400 doporučuje ověřování platnosti dat po pěti letech.

Způsob a rozsah případného antropogenního ovlivnění dat není znám.

Za tyto práce Vám účtujeme na základě zákona č. 526/1990 Sb. o cenách a v souladu s výměry MF ČR, kterými se vydává seznam zboží s regul. cenami dle přiložené faktury.

položka	množství	cena za jedn.	částka Kč
743011	1	2860,-	2860,-
celkem:			2860,-
slovy:			dvatisíceosmsetšedesátkorun

Přílohy: faktura

Ing. P.Polcar
ředitel pobočky

ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV
52

ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV
Antala Staška 32, České Budějovice, 370 07

Vodohospodářský rozvoj a výstavba a.s. Divize 02
Nábřežní 4
Praha 5
150 56

Váš dopis značky: 02-O-73/11 Naše značka: 2308/11 Vyřizuje: Ing. Lett Datum: 28.4.2011
Telefon: 38 61 02 252

Věc:

Návrhová povodňová vlna

Na Vaši žádost ze dne 1.4.2011 Vám zasíláme požadované parametry návrhové povodňové vlny pro

tok: Lužnice
číslo hydrologického pořadí: 1-07-02-030
v profilu: ř.km 109,0 (nad Novou řekou)

Doba opakování (N) kulminačního průtoku povodňové vlny: **100 let**
Objem povodňové vlny: 69 **750 000 m3**

Průběh návrhové povodňové vlny: (čas T v hodinách, průtoky Q v $m^3 . s^{-1}$)

T	Q	T	Q	T	Q	T	Q	T	Q	T	Q
0	7.70	93	132.45	186	33.49	279	9.58	372	7.70	465	7.70
3	8.06	96	124.75	189	32.07	282	9.37	375	7.70	468	7.70
6	8.84	99	117.88	192	30.70	285	9.22	378	7.70	471	7.70
9	10.45	102	111.77	195	29.39	288	9.12	381	7.70	474	7.70
12	13.23	105	106.25	198	28.16	291	9.06	384	7.70	477	7.70
15	17.35	108	101.15	201	27.00	294	9.00	387	7.70	480	7.70
18	22.73	111	96.41	204	25.90	297	8.94	390	7.70	483	7.70
21	29.17	114	91.98	207	24.86	300	8.88	393	7.70	486	7.70
24	36.53	117	87.85	210	23.86	303	8.82	396	7.70	489	7.70
27	44.94	120	84.02	213	22.91	306	8.76	399	7.70	492	7.70
30	55.47	123	80.47	216	22.00	309	8.70	402	7.70	495	7.70
33	72.32	126	77.17	219	21.14	312	8.64	405	7.70	498	7.70
36	101.69	129	74.08	222	20.31	315	8.58	408	7.70	501	7.70
39	149.25	132	71.20	225	19.50	318	8.53	411	7.70	504	7.70
42	214.31	135	68.30	228	18.70	321	8.47	414	7.70	507	7.70
45	290.63	138	65.46	231	17.89	324	8.40	417	7.70	510	7.70
48	**310.00**	141	62.73	234	17.08	327	8.32	420	7.70	513	7.70
51	299.69	144	60.14	237	16.30	330	8.21	423	7.70	516	7.70
54	286.27	147	57.69	240	15.58	333	8.11	426	7.70	519	7.70
57	270.45	150	55.36	243	14.95	336	8.00	429	7.70	522	7.70
60	252.86	153	53.10	246	14.42	339	7.91	432	7.70	525	7.70
63	236.86	156	50.90	249	13.95	342	7.84	435	7.70	528	7.70
66	222.75	159	48.73	252	13.51	345	7.78	438	7.70	531	7.70
69	210.24	162	46.61	255	13.05	348	7.74	441	7.70	534	7.70
72	198.83	165	44.58	258	12.57	351	7.71	444	7.70	537	7.70
75	188.16	168	42.66	261	12.07	354	7.70	447	7.70	540	7.70
78	178.06	171	40.88	264	11.55	357	7.70	450	7.70	543	7.70
81	168.38	174	39.25	267	11.05	360	7.70	453	7.70	546	7.70
84	158.99	177	37.75	270	10.60	363	7.70	456	7.70	549	7.70
87	149.80	180	36.32	273	10.20	366	7.70	459	7.70	552	7.70
90	140.87	183	34.91	276	9.86	369	7.70	462	7.70		

ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV
Pobočka České Budějovice
370 07 ČESKÉ BUDĚJOVICE, A. Staška 32

ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV
Antala Staška 32, České Budějovice, 370 07

Vodohospodářský rozvoj a výstavba a.s. Divize 02
Nábřežní 4
Praha 5
150 56

Váš dopis značky: 02-O-73/11 Naše značka: 2308/11 Vyřizuje: Ing. Lett Datum: 28.4.2011
Telefon: 38 61 02 252

Věc:

Návrhová povodňová vlna

Na Vaši žádost ze dne 1.4.2011 Vám zasíláme požadované parametry návrhové povodňové vlny pro

tok: Lužnice
číslo hydrologického pořadí: 1-07-02-030
v profilu: ř.km 109,0 (nad Novou řekou)

Doba opakování (N) kulminačního průtoku povodňové vlny: **20 let**
Objem povodňové vlny: 38 **830 000 m3**

Průběh návrhové povodňové vlny: (čas T v hodinách, průtoky Q v $m^3 . s^{-1}$)

T	Q	T	Q	T	Q	T	Q	T	Q	T	Q
0	7.70	93	77.15	186	22.06	279	8.75	372	7.70	465	7.70
3	7.90	96	72.86	189	21.27	282	8.63	375	7.70	468	7.70
6	8.34	99	69.04	192	20.50	285	8.55	378	7.70	471	7.70
9	9.23	102	65.64	195	19.77	288	8.49	381	7.70	474	7.70
12	10.77	105	62.56	198	19.09	291	8.45	384	7.70	477	7.70
15	13.07	108	59.73	201	18.44	294	8.42	387	7.70	480	7.70
18	16.07	111	57.09	204	17.83	297	8.39	390	7.70	483	7.70
21	19.65	114	54.62	207	17.25	300	8.35	393	7.70	486	7.70
24	23.75	117	52.32	210	16.70	303	8.32	396	7.70	489	7.70
27	28.43	120	50.19	213	16.17	306	8.29	399	7.70	492	7.70
30	34.29	123	48.21	216	15.66	309	8.26	402	7.70	495	7.70
33	43.67	126	46.37	219	15.18	312	8.22	405	7.70	498	7.70
36	60.03	129	44.65	222	14.72	315	8.19	408	7.70	501	7.70
39	86.51	132	43.05	225	14.27	318	8.16	411	7.70	504	7.70
42	122.73	135	41.43	228	13.82	321	8.13	414	7.70	507	7.70
45	165.22	138	39.86	231	13.37	324	8.09	417	7.70	510	7.70
48	**176.00**	141	38.34	234	12.92	327	8.04	420	7.70	513	7.70
51	170.26	144	36.89	237	12.49	330	7.98	423	7.70	516	7.70
54	162.79	147	35.53	240	12.09	333	7.92	426	7.70	519	7.70
57	153.98	150	34.23	243	11.74	336	7.87	429	7.70	522	7.70
60	144.19	153	32.98	246	11.44	339	7.82	432	7.70	525	7.70
63	135.28	156	31.75	249	11.18	342	7.78	435	7.70	528	7.70
66	127.43	159	30.54	252	10.93	345	7.75	438	7.70	531	7.70
69	120.46	162	29.36	255	10.68	348	7.72	441	7.70	534	7.70
72	114.11	165	28.23	258	10.41	351	7.70	444	7.70	537	7.70
75	108.17	168	27.16	261	10.13	354	7.70	447	7.70	540	7.70
78	102.54	171	26.17	264	9.84	357	7.70	450	7.70	543	7.70
81	97.16	174	25.26	267	9.57	360	7.70	453	7.70	546	7.70
84	91.93	177	24.43	270	9.31	363	7.70	456	7.70	549	7.70
87	86.81	180	23.63	273	9.09	366	7.70	459	7.70	552	7.70
90	81.84	183	22.85	276	8.90	369	7.70	462	7.70		

ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ
Pobočka České Budějovice
370 07 ČESKÉ BUDĚJOVICE, A. St...

ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV
Antala Staška 32, České Budějovice, 370 07

Vodohospodářský rozvoj a výstavba a.s. Divize 02
Nábřežní 4
Praha 5
150 56

Váš dopis značky: 02-O-73/11 Naše značka: 2308/11 Vyřizuje: Ing. Lett Datum: 28.4.2011
Telefon: 38 61 02 252

Věc:

Návrhová povodňová vlna

Na Vaši žádost ze dne 1.4.2011 Vám zasíláme požadované parametry návrhové povodňové vlny pro

tok: Nežárka
číslo hydrologického pořadí: 1-07-03-057
v profilu: ř.km 25.2 (nad Novou řekou)

Doba opakování (N) kulminačního průtoku povodňové vlny: **100 let**
Objem povodňové vlny: 44 021 000 **m3**

Průběh návrhové povodňové vlny: (čas T v hodinách, průtoky Q v $m^3 . s^{-1}$)

T	Q	T	Q	T	Q	T	Q	T	Q	T	Q
0	5.41	93	94.07	186	29.76	279	9.21	372	5.42	465	5.41
3	5.64	96	88.80	189	28.88	282	8.88	375	5.41	468	5.41
6	5.90	99	83.94	192	28.02	285	8.59	378	5.41	471	5.41
9	6.17	102	79.46	195	27.19	288	8.32	381	5.41	474	5.41
12	6.67	105	75.37	198	26.37	291	8.08	384	5.41	477	5.41
15	7.57	108	71.63	201	25.57	294	7.86	387	5.41	480	5.41
18	9.06	111	68.23	204	24.79	297	7.66	390	5.41	483	5.41
21	10.88	114	65.14	207	24.02	300	7.48	393	5.41	486	5.41
24	13.21	117	62.33	210	23.26	303	7.31	396	5.41	489	5.41
27	15.83	120	59.77	213	22.52	306	7.16	399	5.41	492	5.41
30	19.36	123	57.43	216	21.78	309	7.01	402	5.41	495	5.41
33	23.55	126	55.28	219	21.05	312	6.87	405	5.41	498	5.41
36	29.44	129	53.30	222	20.33	315	6.73	408	5.41	501	5.41
39	37.35	132	51.46	225	19.61	318	6.60	411	5.41	504	5.41
42	47.49	135	49.74	228	18.90	321	6.47	414	5.41	507	5.41
45	66.26	138	48.13	231	18.20	324	6.35	417	5.41	510	5.41
48	92.71	141	46.61	234	17.50	327	6.22	420	5.41	513	5.41
51	126.38	144	45.17	237	16.81	330	6.10	423	5.41	516	5.41
54	151.72	147	43.80	240	16.13	333	5.99	426	5.41	519	5.41
57	164.43	150	42.48	243	15.46	336	5.89	429	5.41	522	5.41
60	**169.00**	153	41.22	246	14.80	339	5.79	432	5.41	525	5.41
63	167.76	156	40.00	249	14.17	342	5.71	435	5.41	528	5.41
66	159.09	159	38.83	252	13.55	345	5.64	438	5.41	531	5.41
69	150.49	162	37.70	255	12.95	348	5.58	441	5.41	534	5.41
72	141.16	165	36.60	258	12.37	351	5.53	444	5.41	537	5.41
75	133.90	168	35.54	261	11.83	354	5.50	447	5.41	540	5.41
78	125.62	171	34.50	264	11.31	357	5.47	450	5.41	543	5.41
81	119.01	174	33.50	267	10.83	360	5.45	453	5.41	546	5.41
84	112.14	177	32.53	270	10.37	363	5.44	456	5.41	549	5.41
87	105.79	180	31.58	273	9.95	366	5.43	459	5.41	552	5.41
90	99.73	183	30.65	276	9.56	369	5.42	462	5.41		

ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV
Pobočka České Budějovice
370 07 ČESKÉ BUDĚJOVICE, A. Staška 32

ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV
Antala Staška 32, České Budějovice, 370 07

Vodohospodářský rozvoj a výstavba a.s. Divize 02
Nábřežní 4
Praha 5
150 56

Váš dopis značky: 02-O-73/11 Naše značka: 2308/11 Vyřizuje: Ing. Lett Datum: 28.4.2011
Telefon: 38 61 02 252

Věc:

Návrhová povodňová vlna

Na Vaši žádost ze dne 1.4.2011 Vám zasíláme požadované parametry návrhové povodňové vlny pro

tok: Nežárka
číslo hydrologického pořadí: 1-07-03-057
v profilu: ř.km 25.2 (nad Novou řekou)

Doba opakování (N) kulminačního průtoku povodňové vlny: **20 let**
Objem povodňové vlny: 25 570 000 **m3**

Průběh návrhové povodňové vlny: (čas T v hodinách, průtoky Q v $m^3 . s^{-1}$)

T	Q	T	Q	T	Q	T	Q	T	Q	T	Q
0	5.41	93	56.28	186	17.68	279	6.19	372	5.41	465	5.41
3	5.64	96	53.69	189	17.03	282	6.11	375	5.41	468	5.41
6	5.88	99	51.34	192	16.40	285	6.03	378	5.41	471	5.41
9	6.15	102	49.18	195	15.78	288	5.96	381	5.41	474	5.41
12	6.64	105	47.20	198	15.16	291	5.89	384	5.41	477	5.41
15	7.50	108	45.36	201	14.56	294	5.82	387	5.41	480	5.41
18	8.95	111	43.65	204	13.98	297	5.76	390	5.41	483	5.41
21	10.73	114	42.04	207	13.40	300	5.70	393	5.41	486	5.41
24	12.99	117	40.53	210	12.84	303	5.65	396	5.41	489	5.41
27	15.53	120	39.09	213	12.29	306	5.60	399	5.41	492	5.41
30	18.96	123	37.73	216	11.76	309	5.55	402	5.41	495	5.41
33	23.03	126	36.43	219	11.26	312	5.52	405	5.41	498	5.41
36	28.75	129	35.19	222	10.77	315	5.49	408	5.41	501	5.41
39	36.44	132	34.00	225	10.30	318	5.47	411	5.41	504	5.41
42	46.29	135	32.85	228	9.87	321	5.45	414	5.41	507	5.41
45	60.81	138	31.75	231	9.46	324	5.44	417	5.41	510	5.41
48	81.64	141	30.69	234	9.07	327	5.43	420	5.41	513	5.41
51	99.20	144	29.66	237	8.72	330	5.42	423	5.41	516	5.41
54	**110.00**	147	28.68	240	8.39	333	5.42	426	5.41	519	5.41
57	108.15	150	27.72	243	8.10	336	5.41	429	5.41	522	5.41
60	103.14	153	26.80	246	7.83	339	5.41	432	5.41	525	5.41
63	96.24	156	25.91	249	7.58	342	5.41	435	5.41	528	5.41
66	89.88	159	25.05	252	7.36	345	5.41	438	5.41	531	5.41
69	84.07	162	24.21	255	7.17	348	5.41	441	5.41	534	5.41
72	78.79	165	23.40	258	7.00	351	5.41	444	5.41	537	5.41
75	74.01	168	22.62	261	6.84	354	5.41	447	5.41	540	5.41
78	69.69	171	21.86	264	6.70	357	5.41	450	5.41	543	5.41
81	65.80	174	21.12	267	6.58	360	5.41	453	5.41	546	5.41
84	62.29	177	20.40	270	6.47	363	5.41	456	5.41	549	5.41
87	59.13	180	19.69	273	6.37	366	5.41	459	5.41	552	5.41
90	5.41	183	19.01	276	17.68	369	5.41	462	5.41		

ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV
Pobočka České Budějovice
370 07 ČESKÉ BUDĚJOVICE, A. Staška 32

ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV
Antala Staška 32, České Budějovice, 370 07

Vodohospodářský rozvoj a výstavba a.s. Divize 02
Nábřežní 4
Praha 5
150 56

Váš dopis značky: 02-O-73/11 Naše značka: 2308/11 Vyřizuje: Ing. Lett Datum: 28.4.2011
Telefon: 38 61 02 252

Věc:

Návrhová povodňová vlna

Na Vaši žádost ze dne 1.4.2011 Vám zasíláme požadované parametry návrhové povodňové vlny pro

tok: Nežárka
číslo hydrologického pořadí: 1-07-03-079
v profilu: ř.km 3,6 („Krkavec")

Doba opakování (N) kulminačního průtoku povodňové vlny: **100 let**
Objem povodňové vlny: 95 730 000 **m3**

Průběh návrhové povodňové vlny: (čas T v hodinách, průtoky Q v $m^3 . s^{-1}$)

T	Q	T	Q	T	Q	T	Q	T	Q	T	Q
0	12.32	93	181.03	186	94.99	279	49.04	372	24.54	465	12.32
3	13.31	96	197.60	189	92.36	282	48.21	375	23.81	468	12.32
6	14.97	99	212.74	192	89.87	285	47.36	378	23.08	471	12.32
9	16.87	102	224.59	195	87.54	288	46.49	381	22.34	474	12.32
12	18.97	105	231.89	198	85.36	291	45.59	384	21.61	477	12.32
15	21.25	108	**234.00**	201	83.32	294	44.69	387	20.88	480	12.32
18	23.71	111	232.14	204	81.40	297	43.78	390	20.18	483	12.32
21	26.33	114	226.44	207	79.60	300	42.88	393	19.50	486	12.32
24	29.07	117	218.31	210	77.89	303	41.98	396	18.86	489	12.32
27	31.92	120	208.91	213	76.25	306	41.10	399	18.25	492	12.32
30	34.86	123	199.98	216	74.67	309	40.24	402	17.68	495	12.32
33	37.88	126	191.20	219	73.12	312	39.40	405	17.13	498	12.32
36	40.99	129	182.83	222	71.60	315	38.58	408	16.61	501	12.32
39	44.18	132	174.95	225	70.10	318	37.77	411	16.09	504	12.32
42	47.50	135	167.61	228	68.61	321	36.98	414	15.58	507	12.32
45	50.95	138	160.81	231	67.13	324	36.21	417	15.05	510	12.32
48	54.59	141	154.50	234	65.65	327	35.45	420	14.52	513	12.32
51	58.45	144	148.65	237	64.19	330	34.70	423	14.00	516	12.32
54	62.59	147	143.21	240	62.75	333	33.96	426	13.52	519	12.32
57	67.06	150	138.14	243	61.34	336	33.22	429	13.12	522	12.32
60	71.93	153	133.40	246	59.97	339	32.49	432	12.81	525	12.32
63	77.27	156	128.96	249	58.65	342	31.75	435	12.60	528	12.32
66	83.16	159	124.79	252	57.40	345	31.02	438	12.47	531	12.32
69	89.69	162	120.85	255	56.22	348	30.29	441	12.39	534	12.32
72	96.98	165	117.11	258	55.13	351	29.56	444	12.35	537	12.32
75	105.16	168	113.55	261	54.12	354	28.84	447	12.34	540	12.32
78	114.37	171	110.14	264	53.18	357	28.12	450	12.33	543	12.32
81	124.75	174	106.86	267	52.29	360	27.40	453	12.32	546	12.32
84	136.49	177	103.70	270	51.46	363	26.69	456	12.32	549	12.32
87	149.78	180	100.67	273	50.65	366	25.97	459	12.32	552	12.32
90	164.74	183	97.76	276	49.85	369	25.26	462	12.32		

ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV
Pobočka České Budějovice
370 07 ČESKÉ BUDĚJOVICE, A. Staška 32

ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV
Antala Staška 32, České Budějovice, 370 07

Vodohospodářský rozvoj a výstavba a.s. Divize 02
Nábřežní 4
Praha 5
150 56

Váš dopis značky: 02-O-73/11 Naše značka: 2308/11 Vyřizuje: Ing. Lett Datum: 28.4.2011
Telefon: 38 61 02 252

Věc:

Návrhová povodňová vlna

Na Vaši žádost ze dne 1.4.2011 Vám zasíláme požadované parametry návrhové povodňové vlny pro

tok: Nežárka
číslo hydrologického pořadí: 1-07-03-079
v profilu: ř.km 3,6 („Krkavec“)

Doba opakování (N) kulminačního průtoku povodňové vlny: **20 let**
Objem povodňové vlny: 53 490 000 **m3**

Průběh návrhové povodňové vlny: (čas T v hodinách, průtoky Q v $m^3 . s^{-1}$)

T	Q	T	Q	T	Q	T	Q	T	Q	T	Q
0	12.32	93	120.78	186	58.52	279	26.21	372	12.32	465	12.32
3	12.32	96	132.39	189	56.68	282	25.63	375	12.32	468	12.32
6	12.32	99	141.08	192	54.94	285	25.04	378	12.32	471	12.32
9	12.32	102	149.40	195	53.30	288	24.42	381	12.32	474	12.32
12	13.18	105	154.52	198	51.76	291	23.80	384	12.32	477	12.32
15	14.64	108	**156.00**	201	50.33	294	23.17	387	12.32	480	12.32
18	16.29	111	154.69	204	48.98	297	22.53	390	12.32	483	12.32
21	18.13	114	150.70	207	47.70	300	21.90	393	12.32	486	12.32
24	20.12	117	144.99	210	46.50	303	21.28	396	12.32	489	12.32
27	22.27	120	138.39	213	45.34	306	20.66	399	12.32	492	12.32
30	24.55	123	132.23	216	44.22	309	20.06	402	12.32	495	12.32
33	26.95	126	126.13	219	43.13	312	19.47	405	12.32	498	12.32
36	29.44	129	120.30	222	42.06	315	18.89	408	12.32	501	12.32
39	32.01	132	114.79	225	41.00	318	18.32	411	12.32	504	12.32
42	34.65	135	109.64	228	39.96	321	17.77	414	12.32	507	12.32
45	37.36	138	104.85	231	38.92	324	17.22	417	12.32	510	12.32
48	40.16	141	100.41	234	37.88	327	16.69	420	12.32	513	12.32
51	43.05	144	96.29	237	36.86	330	16.16	423	12.32	516	12.32
54	46.07	147	92.45	240	35.85	333	15.64	426	12.32	519	12.32
57	49.25	150	88.88	243	34.87	336	15.13	429	12.32	522	12.32
60	52.62	153	85.54	246	33.91	339	14.62	432	12.32	525	12.32
63	56.23	156	82.41	249	32.99	342	14.14	435	12.32	528	12.32
66	60.14	159	79.47	252	32.12	345	13.68	438	12.32	531	12.32
69	64.39	162	76.69	255	31.30	348	13.28	441	12.32	534	12.32
72	69.05	165	74.06	258	30.53	351	12.95	444	12.32	537	12.32
75	74.20	168	71.55	261	29.81	354	12.70	447	12.32	540	12.32
78	79.90	171	69.15	264	29.15	357	12.53	450	12.32	543	12.32
81	86.27	174	66.84	267	28.52	360	12.42	453	12.32	546	12.32
84	93.42	177	64.63	270	27.93	363	12.36	456	12.32	549	12.32
87	101.47	180	62.50	273	27.35	366	12.34	459	12.32	552	12.32
90	110.53	183	60.46	276	26.79	369	12.33	462	12.32		

ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV
Pobočka České Budějovice
370 07 ČESKÉ BUDĚJOVICE, A. Staška 32

Evidenční list hlásného profilu č.98

Stanice kategorie : A

Tok :	**Lužnice**	Stanice :	**Pilař**		
Kraj :	**Jihočeský kraj**	ORP :	**Třeboň**	Obec :	**Majdalena**

Provozovatel stanice : **ČHMÚ České Budějovice**

Centrum automatického sběru dat : **RPP ČHMÚ České Budějovice**

Staničení :	**116.40 [km]**	Číslo hydrologického pořadí :	**1-07-02-017**
Plocha povodí :	**942,28 [km2]**	Zeměpisné souřadnice :	**145254 v.d. 485704 s.š.**
Nula vodočtu :	**437,23 [m.n.m.] B**	Procento plochy povodí toku :	**22,1**

Stupně povodňové aktivity :	[cm]	[m3.s-1]	Platnost SPA pro úsek toku :
bdělost	**300**	**36,1**	**Suchdol nad Lužnicí - Novořecké splavy**
pohotovost	**350**	**51,0**	Kritické místo :
ohrožení	**400**	**95,0**	**Suchdol nad Lužnicí, Majdalena**
extrémní ohrožení	**450**	**95,0**	

				Q1	Q5	Q10	Q50	Q100
Průměrný roční stav :	**175**	**[cm]**	N-leté průtoky :	**33,0**	**84,0**	**115**	**215**	**270**
Průměrný roční průtok :	**6,21**	**[m3s-1]**	[m3s-1]					

Odesilatel zpráv :

Četnost hlášení SPA :

I.	**1 x denně**
II.	**2 x denně**
III.	**3 x denně**

Odesilatel podá zprávu : Spojení na adresáta : Příjemce dále vyrozumí :

Nejvyšší zaznamenané vodní stavy :

[cm]	V. - XI.	[cm]	XII. - IV.
485	**13.08.2002**	**382**	**14.03.1988**
448	**09.07.1954**		
438	**11.05.1951**		
425	**19.07.1941**		
423	**14.08.1960**		
421	**07.06.1965**		
418	**23.05.1945**		
416	**15.05.1996**		

Popis umístění profilu :
cca 150 m po proudu od silničního mostu Majdalena - Hamr, levý břeh

Mapa v měřítku 1:50 000 :

[AKTUALIZACE : září 2006]

©Český hydrometeorologický ústav, Hlásná a předpovědní povodňová služba.
Aplikace byla vyrobena firmou Hydrosoft Veleslavín s.r.o.

Evidenční list hlásného profilu č.100

Stanice kategorie : B

Tok :	**Lužnice**	Stanice :	**Kazdovna**		
Kraj :	**Jihočeský kraj**	ORP :	**Třeboň**	Obec :	**Majdalena**

Provozovatel stanice : **ČHMÚ České Budějovice**

Centrum automatického sběru dat : **RPP ČHMÚ České Budějovice**

Staničení :	**107.10 [km]**	Číslo hydrologického pořadí :	**1-07-02-031**
Plocha povodí :	**1123,02 [km2]**	Zeměpisné souřadnice :	**145039 v.d. 485943 s.š.**
Nula vodočtu :	**430,92 [m.n.m.] B**	Procento plochy povodí toku :	**26,4**

Stupně povodňové aktivity :	[cm]	[m3.s-1]	Platnost SPA pro úsek toku :
bdělost	**200**	**12,5**	**Novořecké splavy - Rožmberk**
pohotovost	**220**	**31,0**	Kritické místo :
ohrožení	**240**	**66,0**	
extrémní ohrožení	**265**	**66,0**	

Průměrný roční stav :	**96**	**[cm]**	N-leté průtoky :	Q1	Q5	Q10	Q50	Q100
Průměrný roční průtok :	**2,26**	**[m3s-1]**	[m3s-1]	**14,0**	**50,0**	**74,0**	**156**	**203**

Odesilatel zpráv :

Četnost hlášení SPA :

I.	**1 x denně**
II.	**2 x denně**
III.	**3 x denně**

Odesilatel podá zprávu :

Spojení na adresáta :

Příjemce dále vyrozumí :

Nejvyšší zaznamenané vodní stavy :

[cm]	V. - XI.	[cm]	XII. - IV.
310	**14.08.2002**	**236**	**11.12.1974**
226	**24.11.1970**	**212**	**24.03.1973**
226	**15.06.1974**	**206**	**29.03.1970**
224	**02.07.1987**	**196**	**16.03.1969**
211	**16.07.1972**		

Popis umístění profilu :
lávka pro pěší

Mapa v měřítku 1:50 000 :

[AKTUALIZACE : březen 2006]

©Český hydrometeorologický ústav, Hlásná a předpovědní povodňová služba.
Aplikace byla vyrobena firmou Hydrosoft Veleslavín s.r.o.

Evidenční list hlásného profilu č.101

Stanice kategorie : B

Tok :	**Lužnice**	Stanice :	**Frahelž**		
Kraj :	**Jihočeský kraj**	ORP :	**Třeboň**	Obec :	**Frahelž**

Provozovatel stanice : **ČHMÚ České Budějovice**

Centrum automatického sběru dat : **RPP ČHMÚ České Budějovice**

Staničení :	**83.50 [km]**	Číslo hydrologického pořadí :	**1-07-02-059**
Plocha povodí :	**1536,62 [km2]**	Zeměpisné souřadnice :	**144424 v.d. 490718 s.š.**
Nula vodočtu :	**412,35 [m.n.m.] B**	Procento plochy povodí toku :	**36,1**

Stupně povodňové aktivity :	[cm]	[m3.s-1]	Platnost SPA pro úsek toku :
bdělost	**170**	**29,2**	**Rožmberk - Veselí nad Lužnicí**
pohotovost	**200**	**39,0**	Kritické místo :
ohrožení	**240**	**61,4**	
extrémní ohrožení	**277**	**61,4**	

Průměrný roční stav :	**60**	**[cm]**	N-leté průtoky :	Q1	Q5	Q10	Q50	Q100
Průměrný roční průtok :	**4,21**	**[m3s-1]**	[m3s-1]	**16,0**	**34,0**	**48,0**	**106**	**145**

Odesilatel zpráv :

Četnost hlášení SPA :

I.	**1 x denně**
II.	**2 x denně**
III.	**3 x denně**

Odesilatel podá zprávu :

Spojení na adresáta :

Příjemce dále vyrozumí :

Nejvyšší zaznamenané vodní stavy :

[cm]	V. - XI.	[cm]	XII. - IV.
444	**15.08.2002**	**179**	**15.12.1975**
319	**04.09.1890**	**128**	**30.03.1970**
244	**12.07.1954**		
174	**05.07.1987**		
162	**24.07.1974**		
150	**13.06.1965**		

Popis umístění profilu :
silniční most ve Frahelži, levý břeh

Mapa v měřítku 1:50 000 :

[AKTUALIZACE : unor 2007]

©Český hydrometeorologický ústav, Hlásná a předpovědní povodňová služba.
Aplikace byla vyrobena firmou Hydrosoft Veleslavín s.r.o.

Evidenční list hlásného profilu č.109

Stanice kategorie : A

Tok :	**Lužnice**	Stanice :	**Klenovice**		
Kraj :	**Jihočeský kraj**	ORP :	**Soběslav**	Obec :	**Klenovice**

Provozovatel stanice : **ČHMÚ České Budějovice**

Centrum automatického sběru dat : **RPP ČHMÚ České Budějovice**

Staničení :	**59.70 [km]**	Číslo hydrologického pořadí :	**1-07-04-040**
Plocha povodí :	**3152,01 [km2]**	Zeměpisné souřadnice :	**144207 v.d. 491654 s.š.**
Nula vodočtu :	**396,51 [m.n.m.] B**	Procento plochy povodí toku :	**74,4**

Stupně povodňové aktivity :	[cm]	[m3.s-1]	Platnost SPA pro úsek toku :
bdělost	**190**	**66,5**	**Veselí nad Lužnicí - Tábor**
pohotovost	**240**	**97,5**	Kritické místo :
ohrožení	**300**	**164**	**Soběslav, Roudná, Sezimovo Ústí chaty**
extrémní ohrožení	**384**	**164**	

			N-leté průtoky :	Q1	Q5	Q10	Q50	Q100
Průměrný roční stav :	**82**	**[cm]**						
Průměrný roční průtok :	**19,7**	**[m3s-1]**	[m3s-1]	**76,0**	**151**	**193**	**313**	**374**

Odesilatel zpráv :

OÚ Klenovice

Četnost hlášení SPA :

I.	**2 x denně**
II.	**3 x denně**
III.	**3 x denně**

Odesilatel podá zprávu :	Spojení na adresáta :	Příjemce dále vyrozumí :
HZS Jihočeského kraje, ÚO Tábor	38125221-3, 381411270, 725035502	
OÚ Roudná	381530016, 725031029	
RPP ČHMÚ České Budějovice	386460721, 386460383	VHD Povodí Vltavy České Budějovice

Nejvyšší zaznamenané vodní stavy :

[cm]	V. - XI.	[cm]	XII. - IV.
529	**15.08.2002**	**307**	**14.03.1988**
301	**11.06.1965**	**270**	**21.03.1947**
288	**14.08.1960**	**259**	**11.03.1941**
274	**17.05.1996**	**250**	**15.03.1940**
258	**24.08.1977**	**248**	**10.02.1948**
239	**10.07.1954**	**235**	**12.04.1944**

Popis umístění profilu :
u silničního mostu na trase Soběslav - Rybova Lhota, pravý břeh

Mapa v měřítku 1:50 000 :

[AKTUALIZACE : duben 2007]

©Český hydrometeorologický ústav, Hlásná a předpovědní povodňová služba.
Aplikace byla vyrobena firmou Hydrosoft Veleslavín s.r.o.

Evidenční list hlásného profilu č.105

Stanice kategorie : A

Tok : **Nežárka** Stanice : **Lásenice**

Kraj : **Jihočeský kraj** ORP : **Jindřichův Hradec** Obec : **Lásenice**

Provozovatel stanice : **ČHMÚ České Budějovice**

Centrum automatického sběru dat : **RPP ČHMÚ České Budějovice**

Staničení :	**35.00 [km]**	Číslo hydrologického pořadí :	**1-07-03-053**
Plocha povodí :	**683,79 [km2]**	Zeměpisné souřadnice :	**145758 v.d. 490427 s.š.**
Nula vodočtu :	**444,17 [m.n.m.] B**	Procento plochy povodí toku :	**68,5**

Stupně povodňové aktivity :	[cm]	[m3.s-1]	Platnost SPA pro úsek toku :
bdělost	**150**	**28,3**	**Jindřichův Hradec - soutok s Novou řekou**
pohotovost	**190**	**47,7**	Kritické místo :
ohrožení	**230**	**71,7**	**mlýny a rekreační objekty podél toku**
extrémní ohrožení	**299**	**71,7**	

Průměrný roční stav :	**71**	**[cm]**	N-leté průtoky :	Q1	Q5	Q10	Q50	Q100
Průměrný roční průtok :	**4,93**	**[m3s-1]**	[m3s-1]	**34,0**	**69,0**	**87,0**	**136**	**160**

Odesilatel zpráv :

Četnost hlášení SPA : I. **1 x denně**
II. **2 x denně**
III. **3 x denně**

Odesilatel podá zprávu : Spojení na adresáta : Příjemce dále vyrozumí :

Nejvyšší zaznamenané vodní stavy :

[cm]	V. - XI.	[cm]	XII. - IV.
307	**13.08.2002**	**258**	**14.03.1988**
272	**14.08.1960**	**238**	**08.12.1975**
270	**01.06.1949**	**211**	**05.02.1967**
268	**18.07.1965**		
243	**02.07.1987**		
226	**13.06.1986**		
214	**20.05.1972**		
211	**27.08.1966**		

Popis umístění profilu :
cca 300 m po proudu od mostu na silnici Lásenice - Vydří, levý břeh

Mapa v měřítku 1:50 000 :

[AKTUALIZACE : březen 2006]

©Český hydrometeorologický ústav, Hlásná a předpovědní povodňová služba.
Aplikace byla vyrobena firmou Hydrosoft Veleslavín s.r.o.

Evidenční list hlásného profilu č.107

Stanice kategorie : A

Tok :	**Nežárka**	Stanice :	**Hamr**		
Kraj :	**Jihočeský kraj**	ORP :	**Soběslav**	Obec :	**Val**

Provozovatel stanice : **ČHMÚ České Budějovice**

Centrum automatického sběru dat : **RPP ČHMÚ České Budějovice**

Staničení :	**8.00 [km]**	Číslo hydrologického pořadí :	**1-07-03-077**
Plocha povodí :	**982,4 [km2]**	Zeměpisné souřadnice :	**144541 v.d. 490929 s.š.**
Nula vodočtu :	**410,22 [m.n.m.] B**	Procento plochy povodí toku :	**98,2**

Stupně povodňové aktivity :	[cm]	[m3.s-1]	Platnost SPA pro úsek toku :
bdělost	**290**	**46,7**	**soutok s Novou řekou - Veselí nad Lužnicí**
pohotovost	**320**	**57,4**	Kritické místo :
ohrožení	**350**	**74,3**	
extrémní ohrožení	**463**	**74,3**	

Průměrný roční stav :	**157**	**[cm]**	N-leté průtoky :	Q1	Q5	Q10	Q50	Q100
Průměrný roční průtok :	**12,3**	**[m3s-1]**	[m3s-1]	**56,0**	**100**	**124**	**194**	**230**

Odesilatel zpráv :

Četnost hlášení SPA :

I.	**2 x denně**
II.	**3 x denně**
III.	**3 hodinové hlášení**

Odesilatel podá zprávu :	Spojení na adresáta :	Příjemce dále vyrozumí :
HZS Jihočeského kraje, ÚO Tábor	38125221-3, 381411270, 725035502	
MěÚ Veselí nad Lužnicí	381548100, 381548111	
RPP ČHMÚ České Budějovice	386460721, 386460383	VHD Povodí Vltavy České Budějovice

Nejvyšší zaznamenané vodní stavy :

[cm]	V. - XI.	[cm]	XII. - IV.
474	**14.08.2002**	**435**	**07.03.1915**
422	**08.10.1915**	**401**	**21.03.1947**
400	**10.07.1954**	**388**	**12.03.1941**
398	**11.06.1965**		
358	**03.07.1987**		

Popis umístění profilu :
v osadě Hamr (v místě přimknutí cesty k řece), levý břeh

Mapa v měřítku 1:50 000 :

[AKTUALIZACE : listopad 2007]

©Český hydrometeorologický ústav, Hlásná a předpovědní povodňová služba.
Aplikace byla vyrobena firmou Hydrosoft Veleslavín s.r.o.

Evidenční list hlásného profilu č.106

Stanice kategorie : B

Tok : **Nová řeka** Stanice : **Mláka**

Kraj : **Jihočeský kraj** ORP : **Třeboň** Obec : **Novosedly nad Nežárkou**

Provozovatel stanice : **ČHMÚ České Budějovice**

Centrum automatického sběru dat :

Staničení :	**2.30 [km]**	Číslo hydrologického pořadí :	**1-07-03-066**
Plocha povodí :	**70,64 [km2]**	Zeměpisné souřadnice :	**145228 v.d. 490403 s.š.**
Nula vodočtu :	**426,97 [m.n.m.] B**	Procento plochy povodí toku :	**96,2**

Stupně povodňové aktivity :	[cm]	[m3.s-1]	Platnost SPA pro úsek toku :
bdělost	**200**	**34,1**	
pohotovost	**240**	**45,6**	Kritické místo :
ohrožení	**280**	**58,3**	
extrémní ohrožení	**388**	**58,3**	

Průměrný roční stav :	**91**	**[cm]**	N-leté průtoky :	Q1	Q5	Q10	Q50	Q100
Průměrný roční průtok :	**5,75**	**[m3s-1]**	[m3s-1]	**34,0**	**64,0**	**76,0**	**102**	**113**

Odesilatel zpráv :

Četnost hlášení SPA : I. **1 x denně**
II. **2 x denně**
III. **3 x denně**

Odesilatel podá zprávu : Spojení na adresáta : Příjemce dále vyrozumí :

Nejvyšší zaznamenané vodní stavy :

[cm]	V. - XI.	[cm]	XII. - IV.
341	**13.08.2002**	**270**	**01.01.1925**
292	**08.06.1965**	**265**	**01.01.1919**
290	**15.10.1915**	**246**	**01.01.1948**
270	**10.07.1954**		
246	**15.08.1960**		

Popis umístění profilu :
silniční most na trase Mláka - Stráž nad Nežárkou, levý břeh

Mapa v měřítku 1:50 000 :

[AKTUALIZACE : březen 2006]

©Český hydrometeorologický ústav, Hlásná a předpovědní povodňová služba.
Aplikace byla vyrobena firmou Hydrosoft Veleslavín s.r.o.

Miroslav Holecek

Od: Petr Lett [lett@chmi.cz]

Odesláno: 21. července 2011 13:18

Komu: Miroslav Holecek

Předmět: RE: dotaz_podklady_objemy_povodni_nad_hodnotou prutoku

Vážený pane inženýre,

pro vaši možnou další práci na objemech povodní nad neškodným průtokem lze počítat z následujícími měřenými povodňovými vlnami ve stanici 1290 Hamr nad Nežárkou :
nejrychleji lze pro vás zpracovat případně povodňové vlny po roce 2004, tedy ze srpna 2002, z dubna 2006, z března 2005, srpna 2010, případně července a srpna 2006 a března 2005. Vlny mezi roky 1996 a 2004 jsou také poměrně neproblematicky dáti pro vás dohromady, i když už poněkud déle by to trvalo. V tomto období by byly k vaší práci patrně vhodné vlny z dubna a května 1996, března 1999, března 2002. Ze starších období, kdy bylo na tomto povodí také nemálo pro vás zajímavých vln, lze sice zpravidla také tyto vlny vyhledat, ale díky jejich způsobu uložení by se už jednalo o časově dosti náročnou činnost. Vše tedy do značné míry závisí na vašich potřebách, finančních a časových možností takovéto možné práce.
Ing. Letr Lett

-----Original Message-----
From: Miroslav Holecek [mailto:Holecek@vrv.cz]
Sent: Monday, June 27, 2011 12:01 PM
To: lett@chmi.cz
Subject: dotaz_podklady_objemy_povodni_nad_hodnotou prutoku

Vážený pane inženýre,

dle našeho telefonického rozhovoru Vás prosím o sdělení informací/možností týkající se zpracování hydrologických podkladů (studie) týkající se:

1) zhodnocení dostupnosti pozorovaných povodňových vln (dostatek empirického materiálu) pro profil Krkavec na Nežárce (resp. Hamr) pro odvození podkladu ad 2)
2) Sestavení čáry překročení objemu povodně nad určitým průtokem (který představuje cca řízený ovladatelný odtok z nádrže – neškodný odotk)

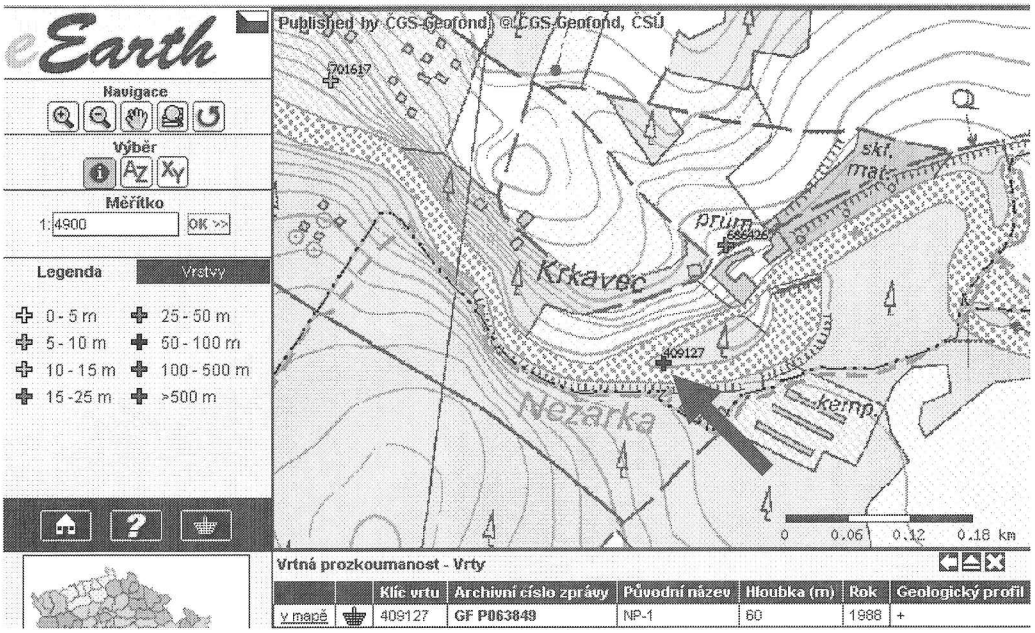
S ohledem na časové možnosti (termín ukončení studie „Vodohospodářský uzel Lužnice – Nová řeka – Nežárka – posouzení efektu navrhovaných a potenciálně možných retenčních kapacit na hydraulické charakteristiky Lužnice a Nežárky“ je konec července (neoficielně max. srpna)) bych rád Vámi poskytnuté informace zapracoval do studie.

Prosím Vás tedy o sdělení popř. o cenovou nabídku za tyto podklady. Je-li to možné, prosím též o informace, kolik by stál samostatně podklad (bod 1 – pozorované povodňové vlny).

V příloze přikládám pro názornější podložení mého požadavku postup, který jsem zvolil já. V případě nejasnosti mého požadavku se prosím ozvěte.

S pozdravem M. Holeček.

Ing. Miroslav Holeček, Ph.D. | oddělení říčních systémů
Vodohospodářský rozvoj a výstavba, a. s. | divize OII
Nábřežní 4, 150 56 Praha 5
tel.: (+420) 257 110 354 | (+420) 737 216 099 | fax: (+420) 257 319 398 | ID schránky:4gfgxx3
holecek@vrv.cz | www.vrv.cz



Vrtná prozkoumanost - Vrty

		Klíč vrtu	Archivní číslo zprávy	Původní název	Hloubka (m)	Rok	Geologický profil
v mapě		409127	**GF P063849**	NP-1	60	1988	+

63849

2. Přírodní poměry

2.1. Morfologie

Zájmové území leží na levém břehu řeky Nežárky cca 4 km jihovýchodně od Veselí nad Lužnicí v blízkosti mlýna Krkavce. Území je součástí jihočeské pahorkatiny v místech přechodu do dílčí kotliny - - Třeboňské pánve.

Terén je jen velmi mírně zvlněný se spádem k řece Nežárce, nadmořské výšky se pohybují kolem 410 m. Modelace reliéfu je podmíněna erozní a akumulační činností Nežárky, která je zároveň hydrografickou osou okolí a odvodňuje územní areál k severozápadu do řeky Lužnice.

2.2. Klimatické poměry

Po stránce klimatologické řadíme území do rajonu MT-10/podle Quitta/, který je charakteristický dlouhým létem teplým a mírně suchým, krátkým přechodným obdobím s mírně teplým jarem a podzimem, krátkou zimou velmi suchou a mírně teplou s krátkým trváním sněhové pokrývky.

Průměrné úhrny srážek v mm za období 1951 - - 1980 ze srážkoměrné stanice Lomnice nad Lužnicí v jednotlivých měsících jsou zaznamenány v následující tabulce :

63849

2.3. Geologické poměry

Na geologické stavbě širšího okolí se podílejí následující stratigrafické geologické jednotky:

1/ Kvartérní sedimenty zastoupené převážně štěrkopískovými akumulacemi terasového systému Nežárky a Lužnice
2/ Terciérní sedimenty miocenu, které tvoří převážnou část podloží kvartéru v pánvi
3/ Křídové sedimenty
4/ Centrální pluton
5/ Moldanubikum v podloží kvartérních akumulací v našem zájmovém prostoru.

ad 1/ Zájmové území zaujímá převážně prostor würmských kvartérních akumulací Nežárky. Tyto sedimenty mají nízký obsah živců, jsou hrubší a obsahují podíl úlomků rul, kvarcitů a žul. Sedimenty Nežárky menším opracováním svědčí o kratším transportu. Mocnost štěrkopísků může dosahovat hodnot až 9 m. Jsou-li přítomny písky bývají hrubozrnné a místy obsahují prolohy zpevnělé železitým tmelem.

ad 5/ Moldanubikum je zastoupeno horninami české větve a je zde reprezentováno převážně biotiticko-silimanitickými pararulami, které mohou přecházet v cordieritické ruly až nebulitické migmatity.

Horniny bývají v tomto území postiženy tektonickými poruchami směru SSV - JJZ a SZ - JV náležejícími k systému zlomů Blanické brázdy. Jde o řadu stupňovitých poklesů s poklesovou tendencí k východu.

63849

Soběslavský příkop, zasahující až k Veselí n/L je příčně dislokován ostatními zlomovými systémy, které jej člení na kusy o nestejném rozsahu a mocnosti neogenu. Podle těchto příčných zlomů z něho vybíhají tektonické deprese. Hlavní ráz tektonické stavby okolí Veselí n/L určují zlomy SZ - JV směru. V této oblasti představují omezení pánve a vytvářejí poklesovou stavbu.

Geologie zkoumaného území

Hydrogeologickým průzkumným vrtem NP - 1 byly zjištěny následující horniny :

0,00 - 2,00 m	Kvartér	šedohnědé písky se štěrkem
2,00 - 3,50 m		šedozelené štěrkopísky
3,50 - 4,00 m	Moldanubikum	písčité eluvium s úlomky rul
4,00 - 12,00 m		navětralé šedozelené ruly s úlomky křemene
12,00 - 34, 00 m		šedé jemnozrnné pevné ruly
34,00 - 36,00 m		šedé silně prokřemenělé ruly
36,00 - 40,00 m		šedozelené jemnozrnné ruly s křemenem a biotitem
40,00 - 50,00 m		šedé jemnozrnné ruly
50,00 - 60,00 m		tmavošedé biotitické ruly

Vrt zastihl moldanubické horniny/ ruly/, jak bylo v projektu předpokládáno.

63849

2.4. Hydrogeologická charakteristika

V zájmovém prostoru jsou zastoupeny jak průlinové, tak i puklinové podzemní vody.

Kvartérní sedimenty / průlinová propustnost / jsou na území LPT Napako zastoupeny písky, štěrkopísky a štěrky říčního původu. Dosahují mocností kolem 3,5 m. Dvě stávající studny v areálu tábora, které jímají vodu kvartérních sedimentů mají dostatečnou vydatnost, ale velmi špatnou kvalitu / železo, zápach po sirovodíku, bakteriální znečištění /.

Hydrogeologickým průzkumným vrtem NP - 1 jsme ověřovali zvodnění krystalinika / moldanubické ruly / ve kterém jsme předpokládali puklinovou propustnost. Tento předpoklad se vyplnil, jak dokumentují následující kapitoly.

Území je řazeno do hydrogeologického rajonu č. 121 , což jsou fluviální sedimenty Lužnice a Nežárky.

63849

5.2. Jakost vody

Objekt : NP-1

V průběhu čerpacích zkoušek byly odebrány vzorky vody v následujícím rozsahu a termínech :

17.3.1988 - CH
11.5.1988 - CH,BB
23.5.1988 - CH + BB
1.6.1988 - CH + BB+ stopové prvky, radioaktivita, tenzidy, fenoly, huminové látky, ropa

Charakteristika vody : slabě kyselá
pH : 6,6
Teplota : 9,2°C
Celková mineralizace : 253,23 $mg.l^{-1}$

Hodnocení podle ČSN 83 0611 /Pitná voda/[x]

A. Chemické a fysikální požadavky
- Závazné ukazatele : odpovídají normě s následujícími vyjímkami - oxidovatelnost, barva, zákal, ropné l.

Pozn.: přítomnost ropných látek je s největší pravděpodobností způsobena technickými pracemi.

Stanovené ukazatele : huminové látky, železo, mangan

B. Bakteriologické a biologické požadavky
- Závazné ukazatele : koliformní bakterie
- Stanovené ukazatele: odpovídají normě

Agresivita
- Pro dopravu ocelovým potrubím neodpovídá hodnota Langelierova indexu a obsah agresivního CO_2
- Na portlandský cement jeví voda agresivitu vyluhovací, kyselostní a uhličitou.

63849

Certifikáty jsou přiloženy ke zprávě.

x/ Poznámka: hodnotí se pouze vlastnosti a složky stanovené rozborem /viz přiložené certifikáty/

Objekt : řeka Nežárka

Na konci čerpací zkoušky byl odebrán vzorek vody z řeky Nežárky na chemický rozbor dne 1.6.1988.

Charakteristika vody	:	slabě alkalická
pH	:	7,4
Teplota	:	16,2°C
Celková mineralizace	:	198,67 $mg.l^{-1}$

Z výsledků rozborů je zřejmé, že při dlouhodobém čerpání dochází ke snížení obsahu železa, manganu, oxidovatelnosti, barvy i zákalu.

Proto doporučujeme před zahájením provozu LPT minimálně 1 měsíc čerpat nepřetržitě /bez přerušování/ vodu z vrtu a vypouštět do řeky Nežárky. Potom odebrat kontrolní vzorky vody na chemické a bakteriologicko-biologické rozbory. Před zahájením každé sezóny doporučujeme studnu vyčistit a desinfikovat např. roztokem Chloraminu.

Lužnice – Sezimovo ústí

Lužnice – Planá nad Lužnicí (pohled proti směru toku)

Lužnice – Soběslav – ústí Černovického potoka

Lužnice – Planá nad Lužnicí – klapkový jez

Lužnice pod soutokem s Nežárkou

Nežárka – Veselí nad Lužnicí – most přes ulici Československé armády (pohled proti směru toku)

Nežárka ve Veselí n.L. – železniční most (pohled proti směru toku)

Nežárka – Veselí nad Lužnicí – pevný jez pod Degárkou (pohled proti směru toku)

Degárka - odtok z Nežárky

Lužnice na přítoku do Veselí (vlevo ústí Degárky, pohled proti směru toku)

Lužnice – Veselí nad Lužnicí – most přes ulici Československé armády

Nežárka – lokalita Krkavec - pravý břeh

Nežárka – lokalita Krkavec - levý břeh

Nežárka – lokalita Krkavec - levý břeh

Nežárka – lokalita Krkavec – pravotočivý oblouk (pohled proti směru toku)

Nežárka – lokalita Krkavec – louka na pravém břehu (pohled proti směru toku)

Nežárka – lokalita Krkavec – pravotočivý oblouk

Nežárka – odpad z pily Krkavce (pohled proti směru toku)

Soutok Nežárky s odpadem z pily Krkavec

Přírodní rezervace Farářský rybník

Přírodní rezervace Farářský rybník – hráz u silnice II/147

Silniční most přes Nežárku v obci Val, místní část Hamr

Nežárka – obec Val, místní část Hamr (limnigraf)

Lužnice – železniční most na přítoku do Veselí nad Lužnicí

VD Rožmberk – v popředí bývalá výpust Samice

VD Rožmberk – hlavní základová výpust a vtok na MVE

VD Rožmberk – opevnění hráze

VD Rožmberk – výtok a objekt MVE

VD Rožmberk – odtok

VD Rožmberk – koruna hráze a objekt vlastníka (Rybářství Třeboň, a.s.)

VD Rožmberk – sdružený objekt základové výpusti a MVE

VD Rožmberk – odběr na MVE

VD Rožmberk – zátopa

VD Rožmberk – koruna hráze

VD Rožmberk – návodní svah

VD Rožmberk – návodní svah (pravá část)

VD Rožmberk – základový výpust Adolfka

VD Rožmberk – odtok od Adolfky

VD Rožmberk – koruna (poblíž bezp. přelivu)

VD Rožmberk – předsazené česle bezpečnostního přelivu

VD Rožmberk – přítok k bezp. přelivu

VD Rožmberk – bezpečnostní přeliv

VD Rožmberk – odtok od bezpečnostního přelivu

VD Rožmberk – bezpečnostní přeliv

Jez Pilař (obec Majdalena)

Novořecké splavy

Novořecké splavy (jez Jemčina)

Novořecké splavy (jez Jemčina)

Nová řeka a Novořecká hráz (oprava)

Nová řeka

Novořecká hráz a zamokřené podhrází (poblíž PR Novořecké močály)

Novořecké splavy (jez Splav)

Novořecké splavy – rybí přechod

Novořecké splavy – odtok do Staré řeky