

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta životního prostředí

**Katedra vodního hospodářství a environmentálního
modelování**



Diplomová práce

**Hydrotechnické posouzení objektů a vodního toku
Berounka na vybraném úseku**

Bc. Marek Uhlíř

© 2021 ČZU v Praze

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Marek Uhlíř

Krajinné inženýrství
Voda v krajině

Název práce

Hydrotechnické posouzení objektů a vodního toku Berounka na vybraném úseku

Název anglicky

Hydrotechnical assessment of objects and the Berounka watercourse in a selected section

Cíle práce

Charakteristika matematických modelů a výběr vhodného modelu.

Charakteristika zájmového povodí a popis objektů na vodním toku Berounka.

Sestavení hydrodynamického modelu.

Vykreslení záplavových čar pro průchod N-letých průtoků na vodním toku Berounka.

Metodika

Úvod

Hydrologické a hydrodynamické modely, povodně

Charakteristika povodí, objektů a odvození vstupních parametrů hydrodynamického modelu

Sestavení hydrodynamického modelu

Vykreslení záplavových čar pro N-letý průtok

Výsledky a diskuze výsledků

Závěr

Doporučený rozsah práce

cca 60 stran

Klíčová slova

HEC-RAS, povodeň, hydrodynamický model, průtok, vodní tok, hloubka

Doporučené zdroje informací

Brunner, Gary N., 2010: HEC-RAS River Analysis System User's Manual. Online:

ftp://ftp.usace.army.mil/pub/iwr-hec-web/software/ras/documentation/HEC-RAS_4.1_Users_Manual.pdf.

DUB O., NĚMEC J. (1969): Hydrologie, SNTL – Nakladatelství technické

KOVÁŘ M. (2004), Ochrana před povodněmi, Triton, Praha, 100 s.

Warner J. C., Brunner G. W., Wolfe B. C. et Piper S. S., 2010: HEC-RAS River Analysis System Applications Guide. Online: http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/documents/HEC-RAS_4.1_Applications_Guide.pdf.

Předběžný termín obhajoby

2020/21 LS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. Radek Roub, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

Elektronicky schváleno dne 17. 3. 2021

prof. Ing. Martin Hanel, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 18. 3. 2021

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 18. 03. 2021

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Hydrotechnické posouzení objektů a vodního toku Berounka na vybraném úseku" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 29.3.2021 _____

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval Ing. Radku Roubovi, Ph.D. za vedení diplomové práce a za cenné rady při jejím zpracovávání.

Hydrotechnické posouzení objektů a vodního toku Berounka na vybraném úseku

Abstrakt

Tato práce se zabývá hydrotechnickým posouzením vodních staveb a vodního toku a to konkrétně na vybraném úseku řeky Berounky. Jedná se o území, které je ohraničeno přívozem v Branově a končí soutokem výtokového kanálu z elektrárny v Roztokách u Křivoklátu. Na trase se nachází dva jezy, Nezabudický jez a jez v Roztokách u Křivoklátu, dále dva mosty v Roztokách u Křivoklátu, a to silniční a železniční most. Práce také obsahuje zpracovaná data digitálního modelu páté generace a N-leté průtoky v uzávěrném profilu území, který se nachází na soutoku řeky Berounky s výtokem z elektrárny v Roztokách u Křivoklátu. Pro zpracování dat byly použity programy ArcMap, Microsoft Excel a HecRas. Součástí práce je i rešeršní část, která popisuje jednotlivé hydrotechnické stavby a popis koryta v daném úseku, součástí je i kapitola, která se věnuje hydrologickým extrémům, jako jsou povodně a hydrologické sucho.

Klíčová slova: Hydrotechnické posouzení koryta, hydrotechnické posouzení vodních staveb, Berounka, hydrologické extrémy, hydrologické sucho, povodně, vodohospodářské objekty, jezy, mosty, modelování

Hydrotechnical assessment of objects and the Berounka watercourse in a selected section

Abstract

This thesis deals with the hydrotechnical assessment of water structures and water flow, specifically in a selected section of the river Berounka. This is an area that is bordered by a ferry in Branov and ends at the confluence of the outflow channel from the power plant in Roztoky u Křivoklátu. There are two weirs on the route, the Nezabudický weir and the weir in Roztoky u Křivoklátu, as well as two bridges in Roztoky u Křivoklátu, namely the road and railway bridge. Thesis also contains processed data of a digital model of the fifth generation and N-year flows in the closed profile of the area, which is located at the confluence of the river Berounka with the outlet from the power plant in Roztoky u Křivoklátu. Programs ArcMap, Microsoft Excel and HecRas were used for data processing. Part of the work is also a research part, which describes the individual hydrotechnical structures and the description of the riverbed in the section, there is also a chapter that deals with hydrological extremes, such as floods and hydrological drought.

Keywords: Hydrotechnical assessment of the riverbed, hydrotechnical assessment of water structures, Berounka, hydrological extremes, hydrological drought, floods, water management facilities, weirs, bridges, modeling

Obsah

1. Úvod.....	13
2. Cíl práce	14
3. Metodika	14
4. Vymezení území.....	15
1.1 Charakteristika řeky Berounky a jejího povodí	15
1.2 Řeka Berounka	16
1.2.1 Geomorfologie povodí řeky Berounky	17
1.2.2 Geologické poměry v povodí řeky Berounky	18
1.3 Pedologie.....	20
1.4 Krajinný ráz.....	22
1.5 Přírodní poměry	22
5. Technické objekty na toku	24
1.6 Jezy.....	24
1.6.1 Jednotlivé součásti jezu	25
1.6.2 Dělení jezů dle konstrukce.....	25
1.6.3 Výstavba jezu.....	26
1.6.4 Pevné jezy	26
1.6.5 Pohyblivé jezy.....	28
1.6.6 Stavidlové jezy.....	29
1.6.7 Klapkové jezy	30
1.6.8 Segmentové jezy	31
1.6.9 Válcové jezy	32
1.6.10 Hydrostatické jezy	33
1.6.11 Vakové jezy	34
1.7 Jez v Roztokách u Křivoklátu	35
1.8 Nezabudický jez	39
1.9 Mosty.....	42
1.9.1 Historie stavitelství mostů	42
1.9.2 Jednotlivé části mostu	42
1.9.3 Druhy mostů	43
1.9.4 Typy mostů	44
1.10 Silniční most Roztoky u Křivoklátu.....	46
1.10.1 Spodní část mostu	46
1.10.2 Nosná konstrukce mostu	46
1.10.3 Mostní svršek	46
1.10.4 Vybavení mostu	47
1.11 Železniční most v Roztokách u Křivoklátu.....	49

1.11.1	Nosné konstrukce:.....	50
1.12	Koryto řeky	51
6.	Extrémní hydrologické jevy	53
1.13	Povodně.....	53
1.14	Jednotlivé typy povodní	54
1.15	Významné povodně na řece Berounce	55
1.15.1	Největší povodeň 19. století.....	55
1.15.2	Povodeň roku 1981	55
1.15.3	Povodeň roku 1986	56
1.15.4	Povodeň roku 2002	56
1.15.5	Povodeň roku 2005	56
1.15.6	Povodeň roku 2006	56
1.16	Preventivní ochrana před povodněmi.....	57
1.17	Meteorologické a agronomické sucho	57
1.18	Hydrologické sucho	58
1.18.1	Ukazatelé sucha	58
7.	Hydrologické modely	59
1.19	Rozdělení hydrologických modelů	59
1.20	Klasifikace hydrologických modelů podle WMO (World Meteorological organization)	59
1.20.1	Rozdělení dle účelu aplikace	59
1.20.2	Klasifikace z hlediska typu systému.....	59
1.20.3	Klasifikace z hlediska typu hydrologického procesu	60
1.20.4	Deterministické modely	60
1.20.5	Deterministic, Hydrodynamic Laws	60
1.20.6	Deterministic Conceptual	60
1.20.7	Deterministic Black-box	60
1.20.8	Stochastické modely:	61
1.20.9	Klasifikace podle míry časové a prostorové diskretizace.....	61
1.21	Model HEC	62
8.	Vlastní práce	63
1.22	Fáze zpracování dat.....	63
1.23	Modelování v HEC-RAS	65
1.24	Vizualizace zaplavené oblasti	71
9.	Výsledky	72
10.	Závěr	84
11.	Citovaná literatura	85
12.	Přílohy.....	88

Seznam obrázků

Obrázek 1 mapa zájmového území (Mapy.cz, 2021)	15
Obrázek 2 povodí Berounky (Povodí Vltavy, 2009)	16
Obrázek 3 geologická mapa povodí řeky Berounky (Česká geologická služba, 2008)	19
Obrázek 4 geologická mapa zájmového území (Česká geologická služba, 2008)	20
Obrázek 5 mapa půdních typů (Ministerstvo životního prostředí, 2008)	22
Obrázek 6 pevný jez s kamenným obložním (Havlík, 2017).....	24
Obrázek 7 dočasný jez – práh z haťových válců (Havlík, 2017).....	25
Obrázek 8 půdorysné uspořádání pevných jezů (Havlík, 2017).....	25
Obrázek 9 dřevěný jez (Havlík, 2017).....	26
Obrázek 10 kamenný jez propustný - z kamenného záhozu (Havlík, 2017)	27
Obrázek 11 kamenný jez s betonovou korunou (Havlík, 2017)	27
Obrázek 12 schéma pevného jezu (Havlík, 2017)	27
Obrázek 13 další typy zděných a betonových jezů (Havlík, 2017)	28
Obrázek 14 základní schéma pohyblivých jezů (Havlík, 2017)	28
Obrázek 15 základní typy pohyblivých uzávěrů (Havlík, 2017)	29
Obrázek 16 jednoduchá stavidla (Havlík, 2017)	29
Obrázek 17 stavidla s klapkou (Havlík, 2017)	30
Obrázek 18 dvojdílná stavidla (Havlík, 2017).....	30
Obrázek 19 schéma klapky (Havlík, 2017)	30
Obrázek 20 základní typy segmentových jezů (Havlík, 2017).....	31
Obrázek 21 základní typy válcových jezů (Havlík, 2017).....	32
Obrázek 22 schéma hydrostatických jezů (Havlík, 2017)	33
Obrázek 23 schéma vakových jezů (Havlík, 2017)	34
Obrázek 24 půdorysný pohled na jez v Roztokách u Křivoklátu (Hladík, a další)	35
Obrázek 25 letecký snímek jezu v Roztokách u Křivoklátu (Hladík, a další).....	36
Obrázek 26 graf průtoků (Hladík, a další)	36
Obrázek 27 jez v Roztokách u Křivoklátu dolní pohled.....	37
Obrázek 28 jez v Roztokách u Křivoklátu horní pohled	37
Obrázek 29 vodní koryto	38
Obrázek 30 vtok do náhonu elektrárny v Roztokách u Křivoklátu	38
Obrázek 31 půdorysný pohled na Nezabudický jez (Hladík, a další).....	39
Obrázek 32 letecký snímek Nezabudického jezu (Mapy.cz, 2021).....	40

Obrázek 33 objekty na Nezabudickém jezu (Hladík, a další).....	40
Obrázek 34 graf průtoků (Hladík, a další)	40
Obrázek 35 Nezabudický jez (Holík, 2016)	41
Obrázek 36 schéma jednotlivých částí mostu (Karmazínová, a další)	43
Obrázek 37 geometrické uspořádání mostů (Karmazínová, a další)	44
Obrázek 38 jednotlivé typy závěsných mostů (Karmazínová, a další).....	45
Obrázek 39 rozdělení mostů podle umístění mostovky (Karmazínová, a další)	45
Obrázek 40 silniční most v Roztokách u Křivoklátu.....	47
Obrázek 41 podélný a příčný řez silničního mostu v Roztokách u Křivoklátu (BMS, 2004) ..	48
Obrázek 42 železniční most v Roztokách u Křivoklátu	50
Obrázek 43 koryto řeky u přívozu (začátek sledovaného území).....	51
Obrázek 44 koryto řeky v Roztokách u Křivoklátu.....	52
Obrázek 45 bodová vrstva DMT ve formě dlaždic.....	63
Obrázek 46 vytvořený TIN z jednotlivých bodů	64
Obrázek 47 vykreslení vodního toku, osa toku a příčné profily.....	64
Obrázek 48 program HEC-RAS hlavní nabídka.....	65
Obrázek 49 importovaná data v HEC-RAS	66
Obrázek 50 příčný profil při Q100 začátek zájmového území	66
Obrázek 51 příčný profil při Q1 začátek zájmového území	67
Obrázek 52 příčný profil při Q100 Nezabudický jez.....	68
Obrázek 53 příčný profil při Q100 jez v Roztokách.....	68
Obrázek 54 příčný profil při Q100 silniční most.....	69
Obrázek 55 příčný profil při Q100 železniční most	69
Obrázek 56 příčný profil.....	70
Obrázek 57 vizualizovaná 3D data HEC-RAS	70
Obrázek 58 vizualizovaná 3D data HEC-RAS detail	71
Obrázek 59 vizualizovaná oblast zátopy při Q100	71
Obrázek 60 oblast zátopy na mapovém podkladu při Q1	73
Obrázek 61 oblast zátopy na mapovém podkladu při Q2.....	73
Obrázek 62 oblast zátopy na mapovém podkladu při Q5.....	74
Obrázek 63 oblast zátopy na mapovém podkladu při Q10.....	74
Obrázek 64 oblast zátopy na mapovém podkladu při Q20.....	75
Obrázek 65 oblast zátopy na mapovém podkladu při Q50.....	75
Obrázek 66 oblast zátopy na mapovém podkladu při Q100.....	76

Obrázek 67 3D vizualizace v programu HEC-RAS (Q1).....	76
Obrázek 68 3D vizualizace v programu HEC-RAS (Q2).....	77
Obrázek 69 3D vizualizace v programu HEC-RAS (Q5).....	77
Obrázek 70 3D vizualizace v programu HEC-RAS (Q10).....	78
Obrázek 71 3D vizualizace v programu HEC-RAS (Q20).....	78
Obrázek 72 3D vizualizace v programu HEC-RAS (Q50).....	79
Obrázek 73 3D vizualizace v programu HEC-RAS (Q100).....	79
Obrázek 74 zaplavená oblast při průtoku Q1.....	80
Obrázek 75 zaplavená oblast při průtoku Q2.....	80
Obrázek 76 zaplavená oblast při průtoku Q5.....	81
Obrázek 77 zaplavená oblast při průtoku Q10.....	81
Obrázek 78 zaplavená oblast při průtoku Q20.....	82
Obrázek 79 zaplavená oblast při průtoku Q50.....	82
Obrázek 80 zaplavená oblast při průtoku Q100.....	83

Seznam tabulek

Tabulka 1 - základní parametry jezu v Roztokách u Křivoklátu	35
Tabulka 2 - základní parametry Nezabudického jezu.....	39
Tabulka 3 - základní parametry silničního mostu v Roztokách u Křivoklátu	47
Tabulka 4 - základní parametry železničního mostu v Roztokách u Křivoklátu.....	49

1. Úvod

V této diplomové práci se zabývám hydrotechnickým posouzením vodních staveb a vodního toku, konkrétně na vybraném úseku řeky Berounky. Zájmové území, které je ohraničeno přívozem v Branově a končí soutokem výtokového kanálu z elektrárny na výrobu elektrické energie v Roztokách u Křivoklátu. V tomto místě je i uzavěrný profil s N-letými průtoky. Zajímavé jsou také extrémní jevy, jako je hydrologické sucho a povodně. V rešeršní části jsou podrobně popsány jednotlivé vodní stavby: Nezabudický jez, jez v roztokách u Křivoklátu a silniční a železniční most v Roztokách u Křivoklátu, které jsou v zájmovém území. Zároveň také je podrobně popsáno rozdělení a klasifikace jednotlivých technických staveb, jako jsou mosty a jezy. V práci jsou podrobně popsány jak přírodní poměry zájmového území, tak i celého povodí řeky Berounky. Zpracování dat digitálního modelu bylo poměrně výpočetně náročné. Některé operace trvaly poměrně dlouhou dobu a byly náročné na výpočetní zařízení. První fáze zpracování dat bude probíhat v programu ArcMap, kde budu vizualizovat digitální model terénu, a poté ho budu převádět z bodové vrstvy na rastr. Dále budu data zpracovávat v programu HecRas, kde budu simulovat jednotlivé situace průtoků od Q1 až po Q100. Dále budu zpracovaná data (oblasti zátopy) vizualizovat opět v programu ArcMap.

2. Cíl práce

Cílem práce je posoudit stav objektů a stav vodního koryta na vybraném úseku řeky Berounky. Sledované území se nachází v oblasti mezi přívozem v Branově a výtokem z náhonu vodní elektrárny v Roztokách u Křivoklátu. Data, se kterými budu pracovat, jsou digitální model terénu páté generace, a N-leté průtoky Q1 až Q100. Cíl práce není jen posoudit stav, ale také vizualizovat zaplavené území, jak by vypadalo koryto řeky při Q1 až Q100.

3. Metodika

Ke zpracování dat budou použity programy Microsoft Excel, ArcMap, HEC-geoRAS, HEC-RAS. Nejprve budou data převedena z textového souboru do tabulky Excel, aby bylo možné data importovat do programu ArcMap, kde se budou data zpracovávat, aby mohly být poté použity v programu HEC-RAS, ve kterém budou modelovány samotné vodní stavy. Dále budou data opět převedena zpět do programu ArcMap, kde budou tato data vizualizována.

4. Vymezení území

Zájmové území se nachází na řece Berounce. Začátek se nachází u přívozu v Branově. Uzávěrný profil se nachází v Roztokách u Křivoklátku u výtoku náhonu z jezu poblíž železniční stanice. Jedná se o pěkně meandrující úsek řeky. Na trase se nacházejí dva jezy. První jez se jmenuje Nezabudický a je zde mlýn. Nachází se na 66.8 říčním kilometru řeky Berounky. Další jez se nachází v Roztokách a byl vybudován na 63.1 říčním kilometru. V zájmovém území se také nachází dva mosty, nachází se v Roztokách u Křivoklátku, jeden most je určen pro silniční dopravu a druhý pro železnici.



Obrázek 1 mapa zájmového území (Mapy.cz, 2021)

1.1 Charakteristika řeky Berounky a jejího povodí

Povodí řeky Berounky spadá mezi dílčí povodí řeky Vltavy. Povodí řeky Berounky najdeme v západních Čechách. Rozkládá se na území čtyř krajů, kterými jsou Plzeňský kraj, Karlovarský kraj, Středočeský kraj a Praha. Řeka Berounka nemá svůj vlastní pramen jako většina řek, ale vzniká v Plzni, kde se stékají čtyři západočeské řeky: řeka Radbuza, která je nejdelší, její délka je přibližně 110 km, pramen nalezneme nadmořské výšce 689 m n. m. na západním svahu Pivoňských hor, nedaleko obce Závist, což je součástí obce Rybník. V části Plzně, která se nazývá Doudlevec, se stéká s řekou Úhlavou, která měří přibližně 104 km. Pramen řeky Úhlavy nalezneme na západním svahu hory Pancíř 1140 metrů nad mořem.

Další řekou, která tvoří řeku Berounku je řeka Mže, která měří přibližně 106 km. Mže pramení nedaleko obce Mähring, okres v sousedním Německu v nadmořské výšce 726 metrů nad mořem. Soutokem řeky Radbuzy a řeky Mže oficiálně začíná řeka Berounka. Poslední je řeka Úslava, která měří přibližně 96 km, jejíž pramen se nachází u obce Lukoviště ve výšce 637 metrů nad mořem. (BOŘÍKOVÁ L, 2000). Dalším poměrně významným přítokem řeky Berounky je řeka Střela. Řeka Berounka je levostranným přítokem řeky Vltavy, řeka Berounka se vlévá do Vltavy v Praze v části obce Lahovice.



Obrázek 2 povodí Berounky (Povodí Vltavy, 2009)

1.2 Řeka Berounka

Jak bylo řečeno v předchozí kapitole, řeka Berounka vzniká v Plzni soutokem Radbuzy a Mže, avšak řeku vytváří ještě řeky Úhlava a Úslava. Průtoková vlna při povodni je zpravidla ovlivněná stavem na těchto pramenných přítocích: Mže, Radbuza, Úhlava a Úslava. Tyto řeky významně ovlivňují průtokovou situaci na uzávěrném profilu Bílá Hora. Uzávěrný profil v Liblíně je ovlivněn hlavně řekou Klabavou, což je pravostranný přítok a řekou Střelou, což je levostranný přítok. Dalším zdrojem vody je pravostranný přítok Litavky v Berouně. Hydrografy průtoků na řece Berounce jsou v podstatě tvořeny složením vln ze závěrových stanic vodní nádrže Hracholusky, vodní nádrže České Údolí a Štěnovice. Vlna z Úslavy ovlivňuje Berounku v profilu Bílá Hora při vyšších stavech zpětným vzduťím. Plocha povodí je 8860 km².

1.2.1 Geomorfologie povodí řeky Berounky

Povodí řeky Berounky zasahuje do sub provincie Poberounská soustava, Krušnohorská soustava, Šumavská soustava, ale i do Českomoravské soustavy. Do Poberounské soustavy spadá největší část povodí Berounky. Na základě morfologie a orogenetických poměrů můžeme zájmové území rozdělit na dvě části: na část Plzeňskou a na část Brdskou. Brdská část je tvořena centrální částí Barrandienu s okrajovou oblastí na severu až severovýchodě. Co se týče orografie, můžeme oblast rozdělit na Brdské oblasti Křivoklátska, Brdskou vrchovinu a Hořovickou pahorkatinu. Nejčlenitější částí území jsou jednoznačně hřebeny Brd s vrcholy Praha 862 m n. m. a Tok - 865 m n. m., které tvoří hřbet v barrandienském směru. Méně členitý reliéf je Lánská pahorkatina. Mezi vrcholy Brd a Zbirožskou vrchovinou se nachází Hořovická brázda, která lemují Karlštejnskou vrchovinu. Ta vznikala v silursko-devonských horninách. Úplně odlišný celek je Džbánsko, svažující se na východ do Pražské plošiny s rovinným reliéfem, který je tvořen denudačními zbytky z období křídly. Západní část Poberounské soustavy je složena z Plzeňské pahorkatiny, která se nachází převážně na proterozoických horninách Barrandienu a jeho permokarbonských pokryvech. Území tvoří na severu Plaská pahorkatina a na jihu Švihovská vrchovina. Na severu území do povodí Berounky vstupuje Jesenická pahorkatina.

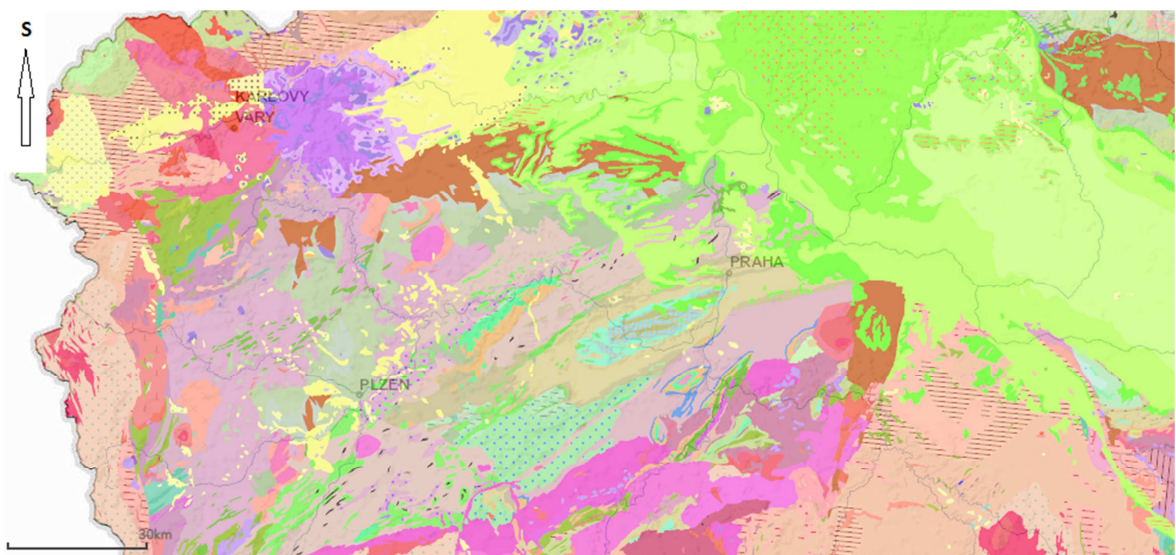
Šumavská soustava zasahuje do povodí řeky Berounky dvěma oblastmi. A to oblastí Českého lesa, která je tvořena geomorfologickým celkem Český les s podcelkem Přimdský les, Čerchovský les a Kateřinská kotlina. Dále se zde nachází Podčeskoleská pahorkatina s podcelkem Tachovská brázda a Chodská pahorkatina, celek Všerubská vrchovina, z jihu sem zasahují Šumavské hornatiny s podcelkem Železnorudnou hornatinou a Strážovská vrchovinou oblasti.

V území nalezneme také oblasti, které byly poddolovány, tato území nalezneme na Plzeňsku v okolí města Příbram a Rokycansku. Co se týče eroze, největší ohroženost je mapována v okolí Plas, na Plzeňsku a Berounsku. Druhá oblast Českého krasu je známa členitými tvary, které byly způsobeny krasovými jevy. Nejvýznamnější lokalitou budou Koněpruské jeskyně, Kodská jeskyně a Tetínská chodba. Také údolí řeky Berounky, u obce Srbsko a údolí Kačáku jsou významné lokality. Většina tvarů je tvořena silurským a devonským vápencem. (Charlton R., 2007) (Česká geologická služba, 2008)

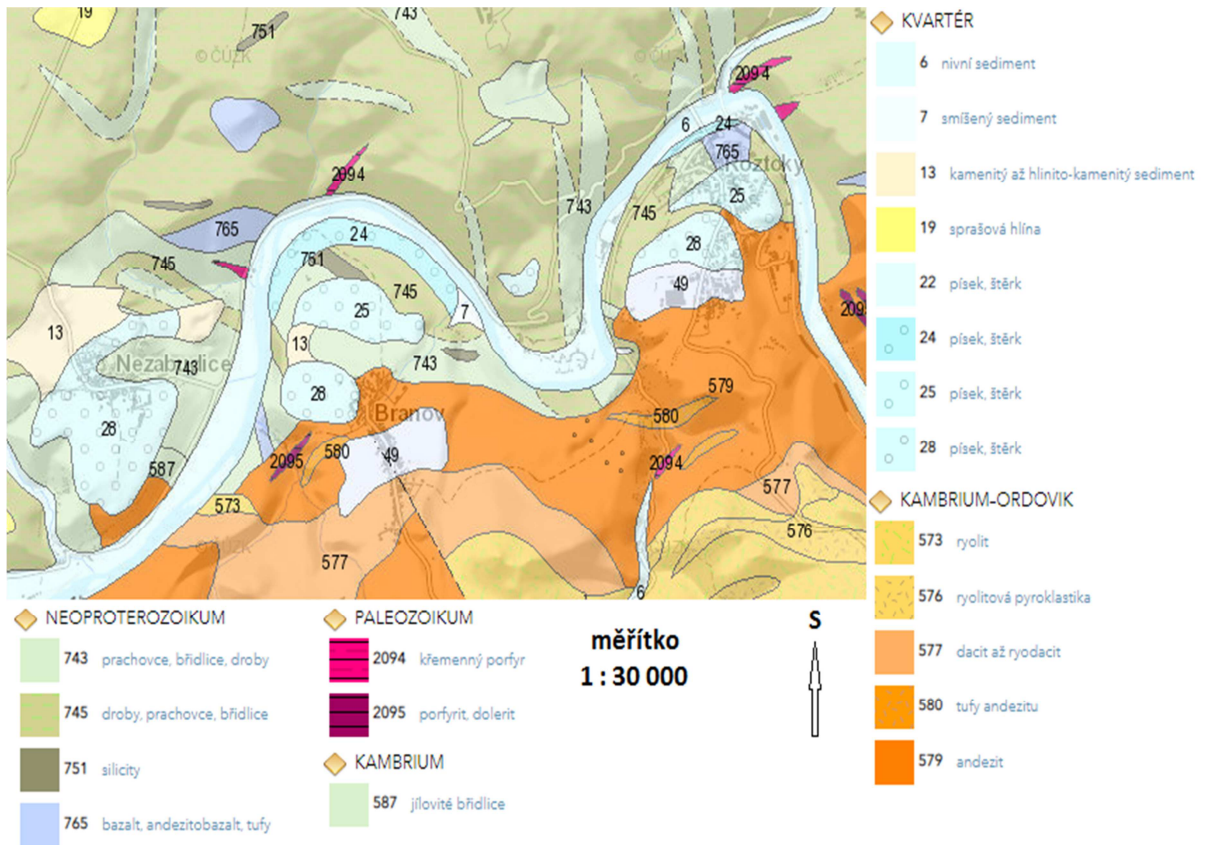
1.2.2 Geologické poměry v povodí řeky Berounky

Co se týče geologických poměrů, je povodí řeky Berounky zejména tvořeno krystalinikem. Spadá do nejstaršího prekambriického patra Českého masívu, na kterém se nejvíce projevil kadomské a variské vrásnění. Krystalinikum na povodí řeky Berounky je součástí moldanubika a středočeské oblasti. Jedna část je zastoupena moldanubikem Českého lesa a ojedinělými částmi granitoidních hornin, které náležejí zčásti západočeskému a zčásti středočeskému plutonu. Na východě je moldanubikum Českého lesa ohraničeno českým křemenným valem a severní hranici tvoří dyleňská jednotka krušnohorské oblasti. Na západě pak přechází do bavorského moldanubika. Oblast tepelsko-barrandienská je tvořena domažlickým a tepelským krystalinikem, proterozoikem a starším paleozoikem Barrandienu. Tato oblast je ale také tvořena západočeským bazickým magmatitem a izolovaným masívem granitoidů západočeského plutonu. Domažlické a tepelské krystalinikum je označeno jako složitý zvrásněný a metamorfovaný komplex hornin, který sousedí na severovýchodě s barrandienským svrchním proterozoikem. Domažlické krystalinikum je převážně tvořeno metamorfovanými horninami a bazickým a granitoidním plutonitem. Tepelské krystalinikum tvoří metapelity a metapsamity, což jsou fylity, ruly, svory. Proterozoikum Barrandienu je oblast, která do povodí řeky Berounky vystupuje mezi Kladnem a Horšovským Týnem. Z pohledu stratigrafie náleží svrchnímu proterozoiku, které prochází vývojem, kdy jsou horniny metamorfovány, ale i nemetamorfovány, mezi oběma částmi je plynutý přechod. Obojí proterozoikum vylézá na povrch. Tvoří ho hlavně jílovce, droby a slepence. Tyto horniny zabírají poměrně velkou část povodí Úslavy, Úhlavy, Radbuzy a Mže a také střední část povodí Berounky. Na dolní části povodí řeky Berounky se vyskytují zejména horniny staršího paleozoika Barrandienu, které se nachází s úhlovou diskordancí na svrchním proterozoiku. Sedimentární a vulkanické horniny staršího paleozoika jsou ve středočeské oblasti zachovány v rozsáhlém synklinoriu. Pánev příbramsko-jinecká je tvořena sedimentem spodního a středního kambria, jejichž mocnost je až 3000 metrů, dále jsou zastoupeny psamiticko-pelitické sedimenty, což jsou křemenné pískovce, slepence a jílovité břidlice. Během období kambria vznikaly oblasti, kde se nacházely vyvřelé horniny, například křivoklátsko-rokycanské a strašické, které jsou tvořeny z porfyritů, křemenných porfyrů a porfyritových aglomerátů. V období ordoviku vznikala pražská pánev. Sedimentární výplň ordovického až devonského stáří tvoří pelity a psamity a graptolitové břidlice, vulkanicko-karbonátové a karbonátové usazeniny z období siluru a devonu. Co se týče mladších pokryvných útvarů, máme zde zastoupení v podobě středočeského permo-karbonu, které se

nachází nejen v plzeňské pánvi, žihelské pánvi, rakovnické pánvi, ale i v dalších menších tektonických sníženinách, kde byl uchován před denudací. Jedná se o sedimenty karbonu a permu, které jsou uloženy na proterozoiku a paleozoiku oblasti tepelsko-barrandienské. Sedimenty plzeňské pánve byly postihnuty směrovými a příčnými zlomy, které měly poklesový charakter, byly rozděleny do jednotlivých soustav tektonicky izolovaných ker. Pánev má zachován celistvý sled vrstev od spodních šedých a červených přes svrchní šedé vrstvy až po svrchní červené vrstvy. Sediment pánve je budován v dolní části povodí Radbuzy a Mže. Křídové sedimenty jsou v jihozápadním křídle české křídové pánve. Spadají do období cenomanského, turonského, případně spodnosenonského. Neogenní sedimenty jsou zastoupeny pruhů štěrkopísku v linii Křivoklát, Rakovník, Měcholupy, dále také štěrků a jílovitých písků v denudačních reliktech v oblasti Plzeňska a Rakovnicka. V severní části do povodí Střely zasahuje okrajově neovulkanická výlevná hornina s pyroklastickými uloženinami. Co se týče kvartéru, je zde zastoupen různými typy svahovin, většinou příměsemi eolických hlín, relativně silnými eluviálními sedimenty kolem úpatí Českého lesa. Dále se také setkáváme se splachovým sedimentem v bočních údolích a depresních uzávěrech. Fluviální sedimenty jsou přítomny na vodním toku Úhlava, Radbuza a Mže, ale také na soutoku Berounky s Vltavou. V Českém krasu jsou fosilierní výplně krasových dutin a také pramenné vápence.



Obrázek 3 geologická mapa povodí řeky Berounky (Česká geologická služba, 2008)

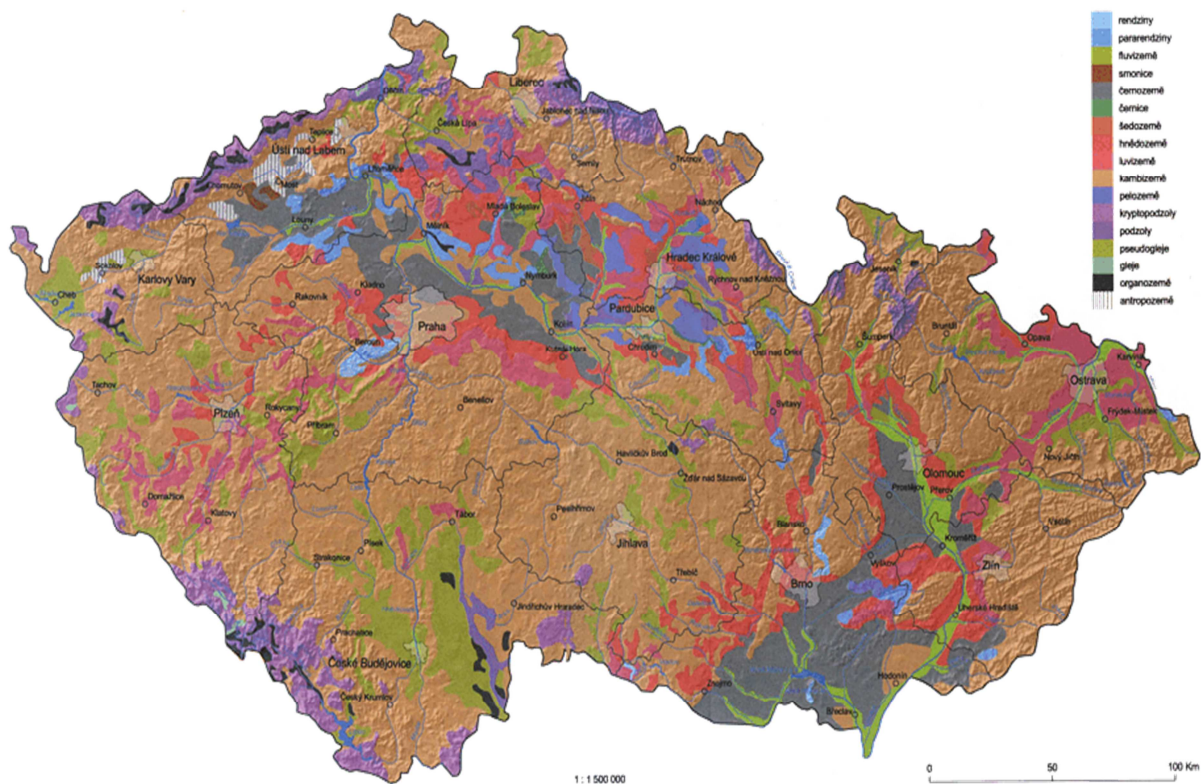


Obrázek 4 geologická mapa zájmového území (Česká geologická služba, 2008)

1.3 Pedologie

Půdní rozmanitost je dána zejména druhem podkladu, substrátem a stavem, v jakém je reliéf. V oblasti povodí řeky Berounky jsou půdní poměry celkem jednotvárné a to i přes to, že je zde přítomna celkem pestrá paleta horninových typů. Co se týče půdních typů, máme zde hnědé půdy nenasycené a lokálně hnědé půdy nenasycené, což jsou také okyselené rankery. Tyto půdy se tvoří na středně těžkých až lehčích zvětralinách hornin moldanubika. Nachází se na celcích Český les a Všerubská vrchovina, také na části Šumavy i Šumavského podhůří. V oblasti Kateřinské kotliny a části Přimdkého lesa se nachází hnědé půdy podzolové, nebo také rezivé půdy. Jsou vázány na lehčí zvětralinu hornin. Jsou zde také zastoupeny podzoly, hydromorfní a rašelinné půdy. Tento typ půdy je také rozšířen na horských plošinách Železnorudské hornatiny. Hnědé půdy kyselé se částečně také vyskytují v oblasti Čerchova zejména půdy podzolové, rezivé půdy, místně se zastoupením podzolů a rankerů. Na Všerubské vrchovině se vytvářely většinou na polygenetických hlínách a středně těžkých až těžkých půdních substrátech, pseudogleje, gleje, někdy dokonce i stagnogleje a rašelinné půdy. Tyto typy půd jsou také zastoupeny v Tachovské brázdě mezi řekami Radbuzou a

Úhľavkou. Velká rozmanitost půdních typů se nachází na Chodské pahorkatině (na horním toku řeky Radbuzy). Na území mezi obcemi Klenčím, Horšovským Týnem a Domažlicemi se mimo pseudoglejových půd vyskytují také hnědozemě a ilimerizované půdy, a to hlavně na spraších a sprašových hlínách a na sprašových a polygenetických hlínách. V Poberounské soustavě se nachází všechny typy půd kromě půd hnědých, výrazně nenasycených. V této oblasti převažují hlavně hnědé půdy nasycené a hnědé půdy nenasycené, lokálně i rankery. Hnědozemě, které jsou tvořeny na spraších a sprašových hlínách a ilimerizované půdy na sprašových a polygenetických hlínách, jsou hojně zastoupeny kolem Zubřiny. Táhnou se od Domažlic přes obec Staňkov a dále podél řeky Radbuzy až k obci Holýšovu a Stodu, podél Úhľavy od Klatov až k Plzni. Co se týče nivních půd, tak se vytvářejí v údolních nivách podél řek na dolních tocích řek Úslavy a Radbuzy, nivní půdy glejové se vytvořily v údolí řeky Úhľavy a obklopují tok řeky Úhľavy po celé délce toku od hranice Klatovské kotliny až k obci Přeštice. Převládajícím typem půd v teplých částech je oligotrofní hnědozem, která přechází do podzolových půd v různém stupni, od semipodzolů po výrazně železité a humusové podzoly ve vyšších nadmořských výškách. Horniny druhu proterozoika se rozpadají a zvětrávají na písčité hlíny až hlinité písky s kamenitým skeletem. Vytváří jednolitou parovinu. Obvyklým typem půd je oligotrofní hnědozem s velkým sklonem k podzolizaci. U půd, které spadají do těžších jílovitých půd, dochází většinou k vytvoření půd pseudoglejového typu. Paleozoické břidlice zvětrávají a také vytvářejí těžké jílovité půdy. Zvětraliny, kde se zejména nachází, fylity jsou většinou obdobné, jako na břidličném podloží, ale častěji jsou písčitéjší. Na fylitech se vytváří zpravidla mělké půdy, které bývají podzolovitější. Na porfyritovém substrátu s hlinitopísčítým rozpadem se vytváří středně výživné hnědozemě. Podzolové půdy a podzoly obecně jsou vázány, co se týče nadmořské výšky spíše na vrchoviny. Například Křivoklátsko, Brdská vrchovina a plošina v oblasti Džbánka. Rankery jsou zastoupeny vzácně v Brdech, kde tvoří celistvější pokryv jen na malé části, a to v nejvyšších polohách Brd. Rendziny a pararendziny vznikají na vápenci v oblastech barrandienského paleozoika. Hlavním půdním typem permokarbonského sedimentu je oligotrofní hnědozem, často jsou to také podzoly. U půd, kde je vyšší podíl jílu a nižší propustností vody, se tvoří mramorované pseudogleje. Co se týče nivních půd, tak se nachází nejčastěji na písčítých a šterkových uloženinách, hlavně v údolních nivách, a to prakticky všech větších vodních toků. Pokud se budeme bavit o půdních druzích, nejvíce rozšířené jsou jílovité, hlinité půdy a jílovitohlinité půdy. Kamenité půdy se nachází spíše ve vyšší nadmořské výšce, jako jsou například Brdy, Český les, nebo Šumava. (Česká geologická služba, 2008)



Obrázek 5 mapa půdních typů (Ministerstvo životního prostředí, 2008)

1.4 Krajinový ráz

Jedná se o částečně osídlenou krajinu, v horní části území na pravém břehu nachází orná půda. Levou stranu lemuje komunikace č. 201, dále je zde přítomen lesní porost a velmi příkrý svah. Dále po proudu na levém břehu se nachází oblast turisticky hojně využívaná v letních měsících, nachází se tam kemp Višňová. Na pravém břehu je přírodní rezervace U Eremita. Ve spodní části zájmového území se rozkládá obec Roztoky u Křivokláta a krajinový ráz je zde poměrně rozdílnější než v horní části. Jedná se o zastavěnou oblast.

1.5 Přírodní poměry

Zájmové území se rozkládá v mírném klimatickém pásmu, na severní polokouli, kde se pravidelně střídají čtyři roční období. S tím poměrně úzce souvisí roční chod teplot i srážek. Tuto oblast poměrně značně také ovlivňují jednotlivé přechody atmosférických front. Tyto fronty od sebe oddělují teplejší a studenější masy vzduchu a zároveň je tento jev zpravidla doprovázen srážkami. Co se týče nejvyšších měsíčních srážkových úhrnů, bývají nejčastěji v květnu až srpnu, nejnižší srážkové úhrny jsou pak v období únor až březen. V letních

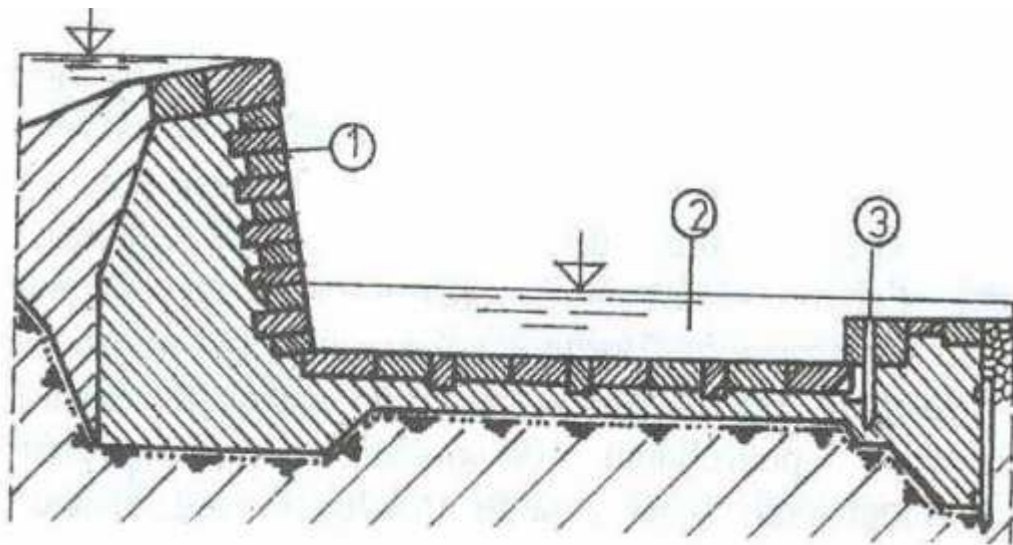
měsících se obvykle vyskytují vydatné srážky lokálního charakteru, které nazýváme bouřky. Zasahují zpravidla maloplošná území, avšak často s ničivým charakterem, kdy může docházet i ke krupobití. Celé zájmové území se nachází v oblasti, kde se průměrné roční srážky pohybují od 551 do 600 mm ročně. Co se týče teploty, jedná se o teplou oblast, průměrné roční teploty jsou v rozmezí 9 až 10 °C. Vegetační sezóna zde trvá mezi 191 až 195 dny v roce. V zájmovém území se nachází tři typy půd, v horní části se jedná o luvizemě a regozemě, ve spodní části o kambizemě.

5. Technické objekty na toku

Na vybraném úseku se nachází dva jezy, Nezabudický jez, který se zde nachází z důvodu přítomnosti Mlýna a jez v Roztokách, který byl vyhotoven s kombinací vodní dráhy pro slalom. V roztokách se také nachází dva mosty, jeden je součástí silniční sítě a druhý je určen pro železnici.

1.6 Jezy

Jezy jsou zařízení, která jsou vybudována na vodním toku a slouží k vzdouvání hladiny, ať už trvale nebo dočasně. Jezy mají více funkcí, například zajišťují dostatečnou hloubku pro zařízení, které odebírá vodu pro různé účely, například pro zemědělství, vodárenství, průmysl, ale také jako protipožární ochrana. Jezy také díky vzduť hladiny pomáhají při splavnosti takových vodních toků, kde by to již nebylo možné, zajišťují dostatečnou plavební hloubku, dále také regulují výšku podzemní vody a tím mohou přispět k lepší využitelnosti zemědělské půdy. Vyrovnávají spádové poměry a v neposlední řadě také plní estetickou funkci a rekreační využitelnost vodní plochy. (Jermář, 1959)



Obrázek 6 pevný jez s kamenným obložením (Havlík, 2017)

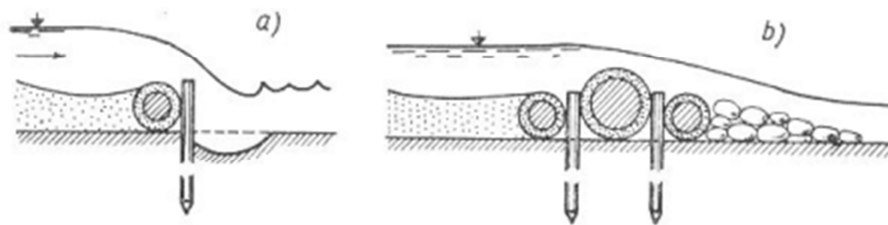
- | |
|---------------------|
| 1- pevná konstrukce |
| 2- vývar |
| 3- práh |

1.6.1 Jednotlivé součásti jezu

Kromě samotného vzdouvacího zařízení jsou u jezu také často přítomna zařízení, jako je například vodní elektrárna, plavební komora, šterková propust, sportovní propust, rybí přechod a další. Tyto stavby nám pomáhají využít k účelům, pro které byl celý objekt projektován a následně postaven. (Čábelka J., 1966)

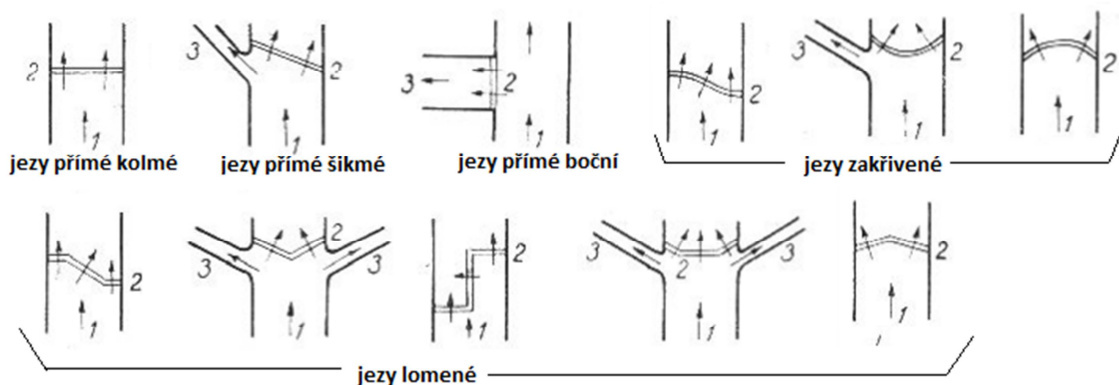
1.6.2 Dělení jezů dle konstrukce

Jezy dělíme dle konstrukce na pohyblivé a pevné. Pevné jezy bývají tvořeny stabilní hradící konstrukcí, většinou je použit materiál, jako je dřevo, beton nebo kámen. Výška vzduť se odvíjí od průtoku vody v korytě řeky. (Čábelka J., 1976)



Obrázek 7 dočasný jez – práh z haťových válců (Havlík, 2017)

Co se týče půdorysu, většinou jsou jezy přímé, šikmé, či jinak zakřivené. Na rozdíl od toho pohyblivé jezy se skládají ze dvou částí: pevné spodní části a pohyblivých uzávěrů, které jsou různě uspořádány. Vršek dolní pevné části bývá zarovnan se dnem nebo mírně přechuhuje. Výhoda pohyblivého jezu je v tom, že u tohoto typu jezu můžeme regulovat výšku vzduť. Další výhodou je, že když přijde velká voda, konstrukce se může sklopit a tím se umožní volný průběh velké vody. (Broža V., 1985)



Obrázek 8 půdorysné uspořádání pevných jezů (Havlík, 2017)

1.6.3 Výstavba jezu

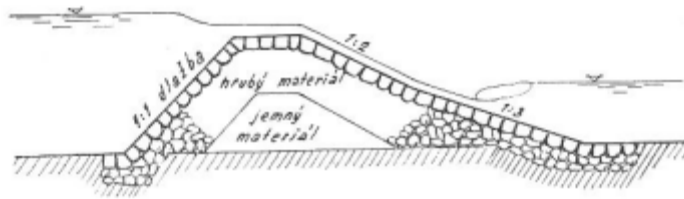
Při výstavbě jezu je nutné udělat geologický a hydrologický průzkum lokality. Také se musí provést podrobné zaměření objektu a navázat na státní nivelaci. Co se týče hydrologických údajů, zajímají nás M-denní a N-leté průtoky, dále také průběh povodňové vlny, režim splavenin, tvorba a transport ledu, klimatický faktor, teplota, chemické složení vod a další. V podjezí musíme zajistit útlum kinetické energie vody, která přepadá přes těleso hráze. Nejčastěji k tomuto účelu používáme takzvaný vývar, kde se kinetická energie utlumí, ale také můžeme použít různé usměrňovače nebo rozrážeče. Z důvodu, aby se nám dno pod jezem nevymílalo, je většinou opevněno kamenným záhozem. Jez se většinou zakládá na nepropustném podloží, pokud je ale v příliš velké hloubce, vytváří se pod jezem betonová těsnicí clona, která se váže na okolní terén. Břehové části se zpevňují opěrnou zdí či zpevňováním svahů (Šálek J, 2001)

1.6.4 Pevné jezy

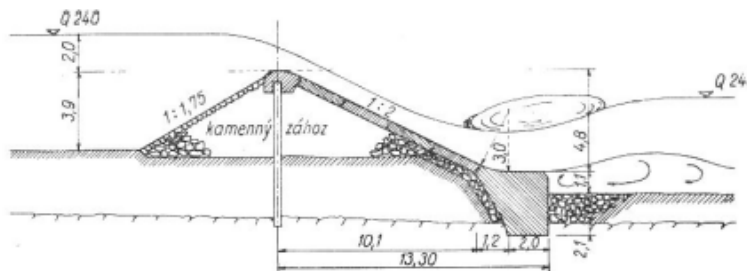
Pevné jezy dělíme podle materiálu, ze kterého jsou zhotovené, nebo podle jejich půdorysného uspořádání. Prvním typem jsou dřevěné jezy. Jsou to pravděpodobně nejstarší jezové konstrukce. Jejich největší nevýhodou je nízká životnost, a tak se v dnešní době již moc nevytváří, nanejvýš jako provizorní jez nebo na drobných tocích či bystřinách. Jez je tvořen srubovou konstrukcí, konstrukci vyplníme kameny a tím dosáhneme požadovaného statického účinku. Jez je propustný. Dalším typem je dřevěný jez s kamennou výplní, ten je tvořen dřevěnými štětovými stěnami a zaraženými piloty do podloží, které jsou spojeny kleštinami. Přelivovou hranu tvoří vodorovný dřevěný trám. Prostory mezi jednotlivými stěnami jsou vyplněny zeminou a kameny. Za vývařištem je potom kamenný zához, aby nemohl být jez podemletý. (Broža V., 1985)



Obrázek 9 dřevěný jez (Havlík, 2017)

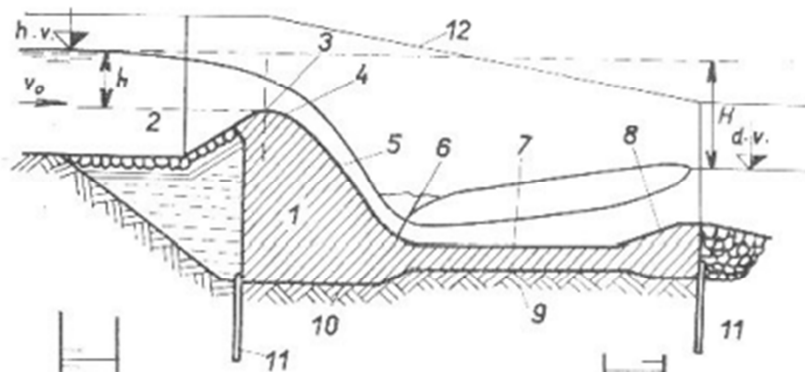


Obrázek 10 kamenný jez propustný - z kamenného záhozu (Havlík, 2017)



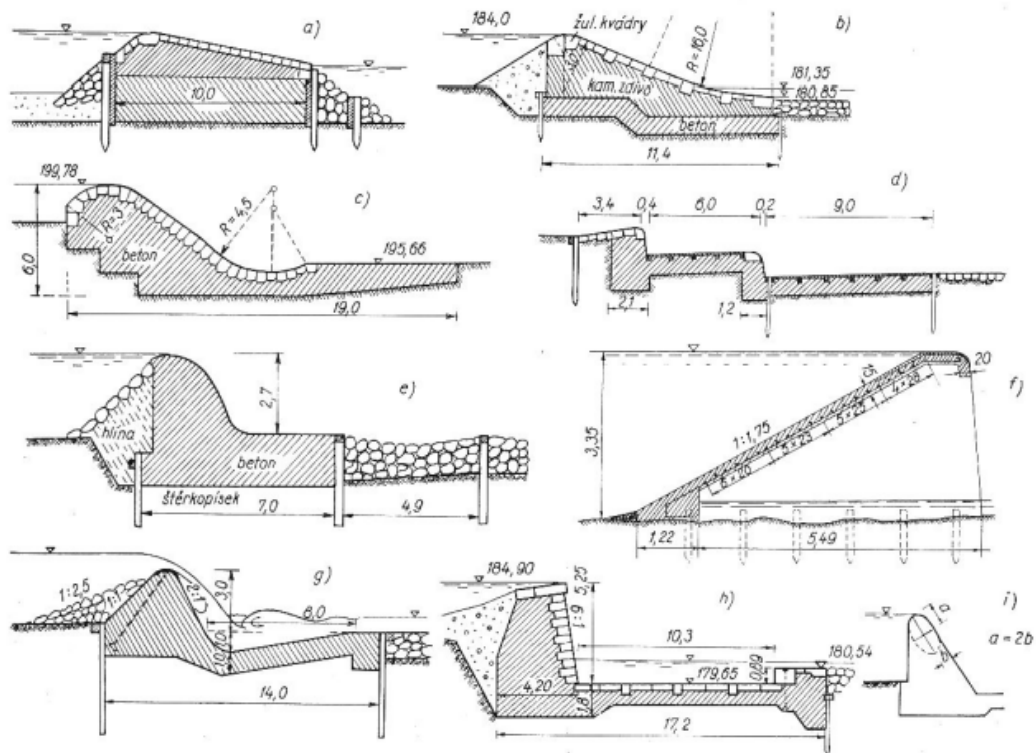
Obrázek 11 kamenný jez s betonovou korunou (Havlík, 2017)

Betonové a kamenné jezy jsou tvořeny betonem, železobetonem a lomovým kamenem, přelivná část jezu se zpevní opracovanou kamennou dlažbou.



- 1- jezové těleso
- 3- přelivná hrana
- 4- koruna jezu
- 5- přelivná plocha
- 7- plocha vývaru
- 8- práh vývaru
- 12- břehové pilíře

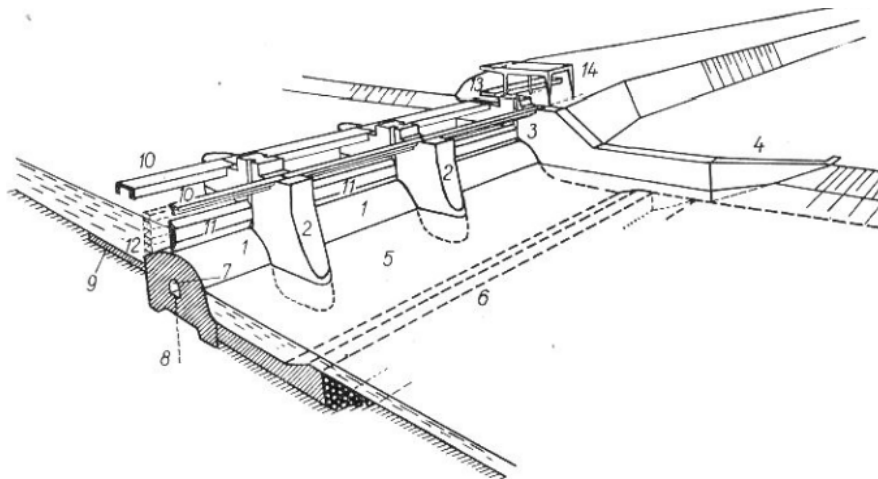
Obrázek 12 schéma pevného jezu (Havlík, 2017)



Obrázek 13 další typy zděných a betonových jezů (Havlík, 2017)

1.6.5 Pohyblivé jezy

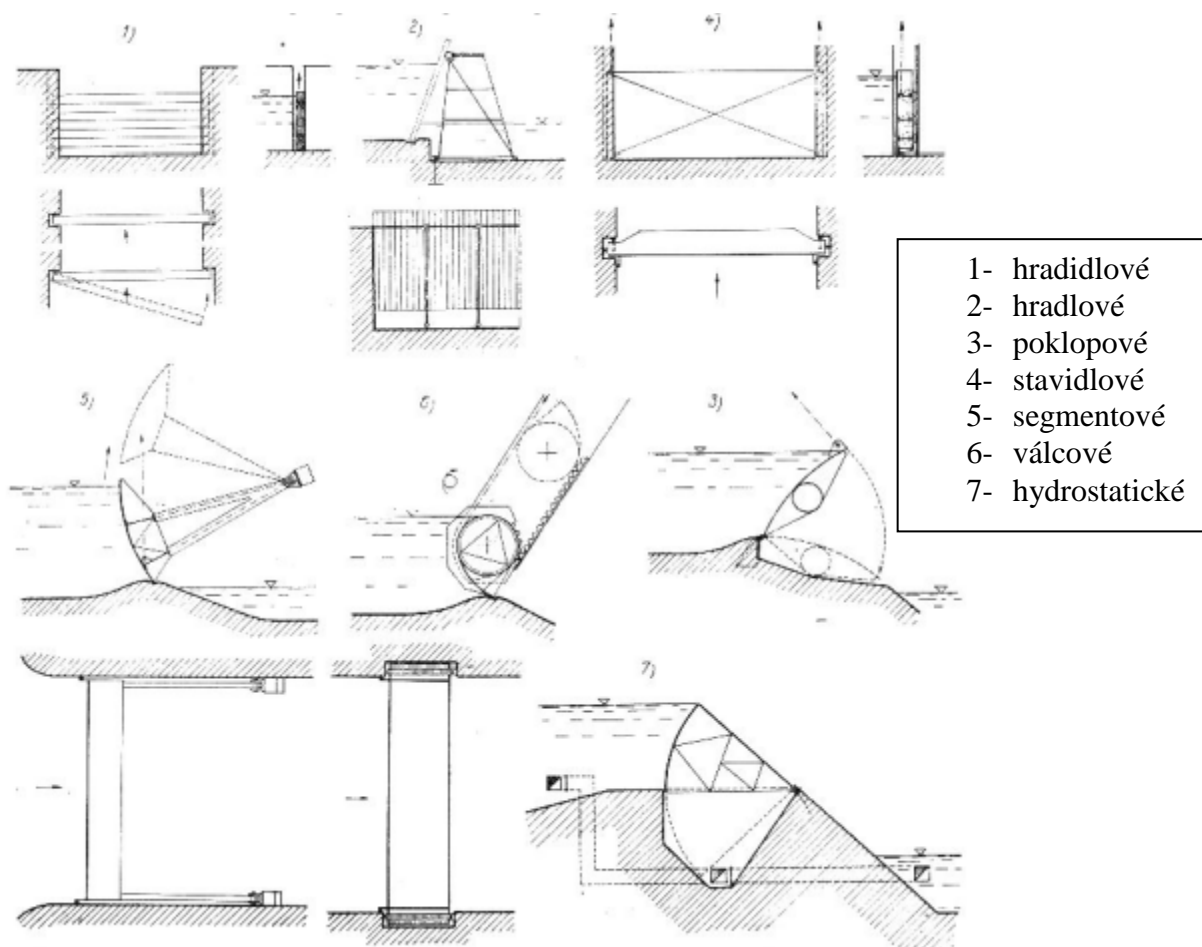
Pohyblivé jezy mají oproti pevným jezům výhodu v tom, že se dá plynule regulovat výška hladiny. Tyto jezy dělíme na stavidlové, hradlové, hradidlové, poklopové, klapkové, válcové, segmentové, válcové, vakové, hydrostatické a speciální. (Havlík, 2017)



Obrázek 14 základní schéma pohyblivých jezů (Havlík, 2017)

1- spodní stavba jezového prahu
2- střední pilíře
3- břehové pilíře
4- břehové křídlo
5- vývar
6- práh vývaru
7- kontrolní štola

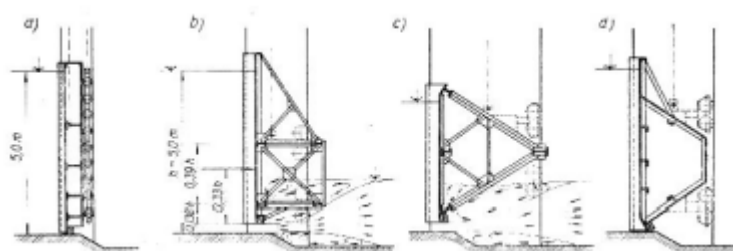
8- injekční štola
9- nepropustný koberec
10- komunikační lávka
11- provizorní hrazení
12- skládka provizorních hrazení
13- jeřáb



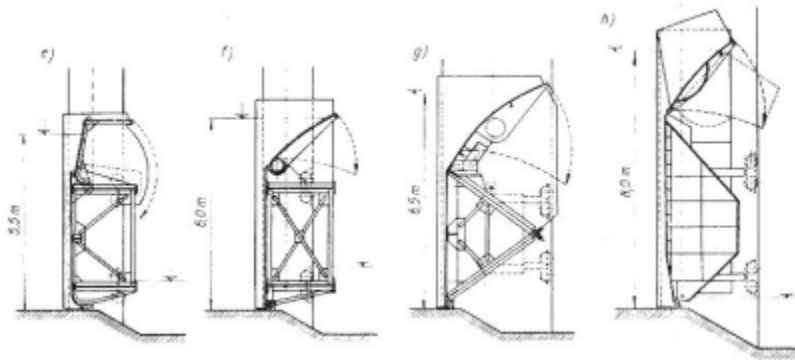
Obrázek 15 základní typy pohyblivých uzávěrů (Havlík, 2017)

1.6.6 Stavidlové jezy

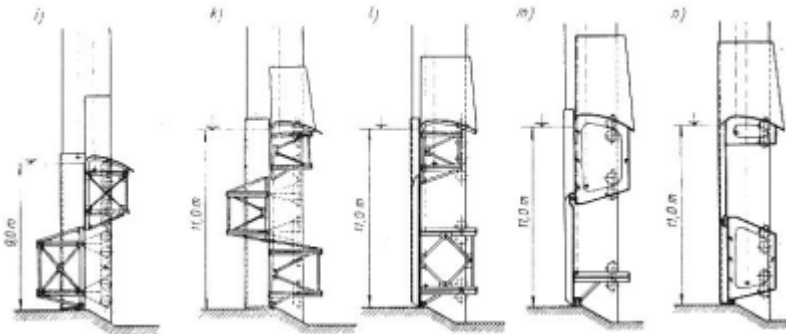
Stavidlové jezy dostaly svůj název podle jejich konstrukce, která je tvořena stavidly. Součástí jezu je stavidlová stěna, která je tvořena ocelovou tabulí. Ocelová tabule se pohybuje v drážce podle potřeby a jsou dvě možnosti: buď se zvedá nahoru nad stavbu, nebo se zasouvá. Pro větší výšku hladiny nad jezem můžeme použít i více stavidlových tabulí. Stavidlové jezy můžeme také rozdělit na jednoduchá stavidla, stavidla s klapkou a dvojdílná stavidla. (Havlík, 2017)



Obrázek 16 jednoduchá stavidla (Havlík, 2017)



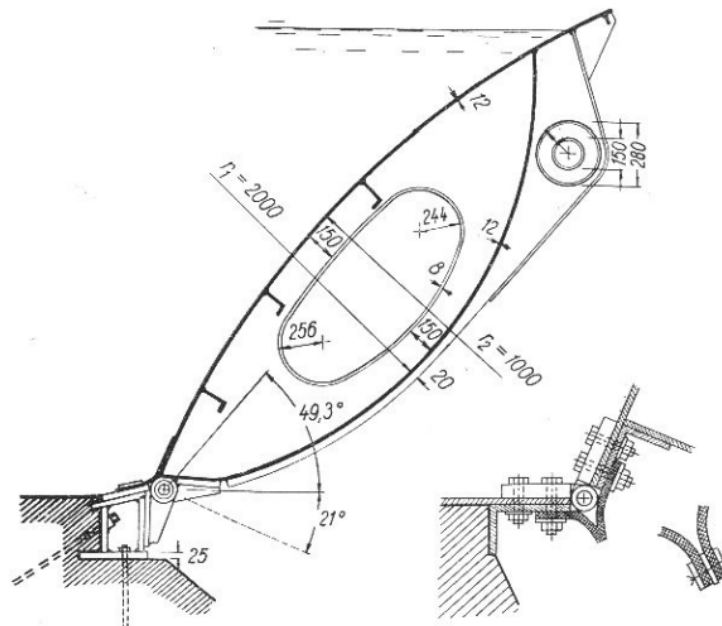
Obrázek 17 stavidla s klapkou (Havlík, 2017)



Obrázek 18 dvojdílná stavidla (Havlík, 2017)

1.6.7 Klapkové jezy

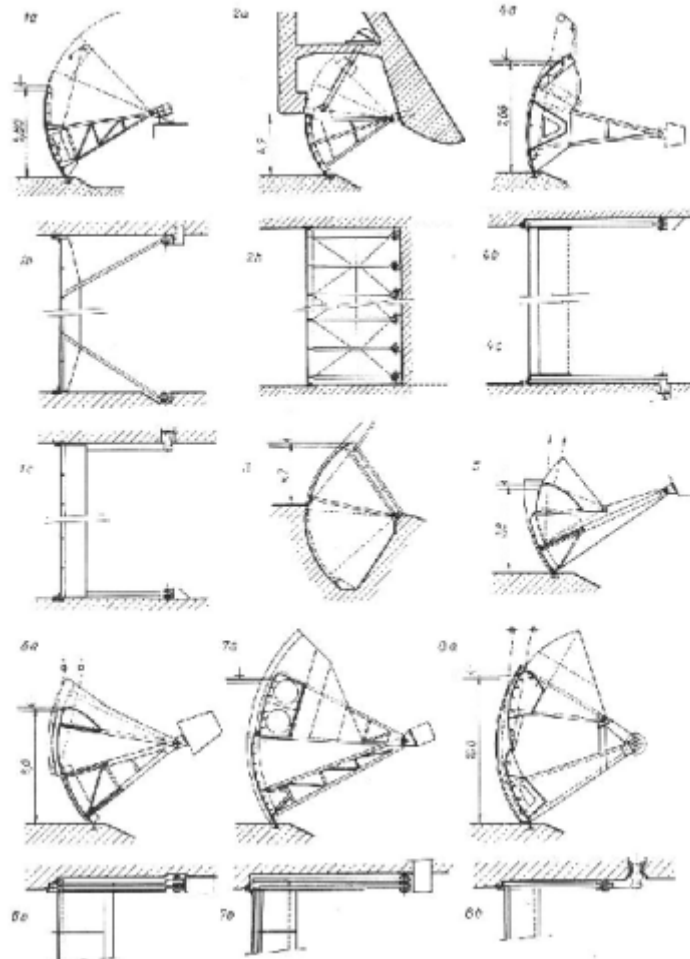
Klapkové jezy jsou regulovány klapkou, která je ovládána táhlem. Tato klapka se zasouvá do pouzdra v jezové konstrukci.



Obrázek 19 schéma klapky (Havlík, 2017)

1.6.8 Segmentové jezy

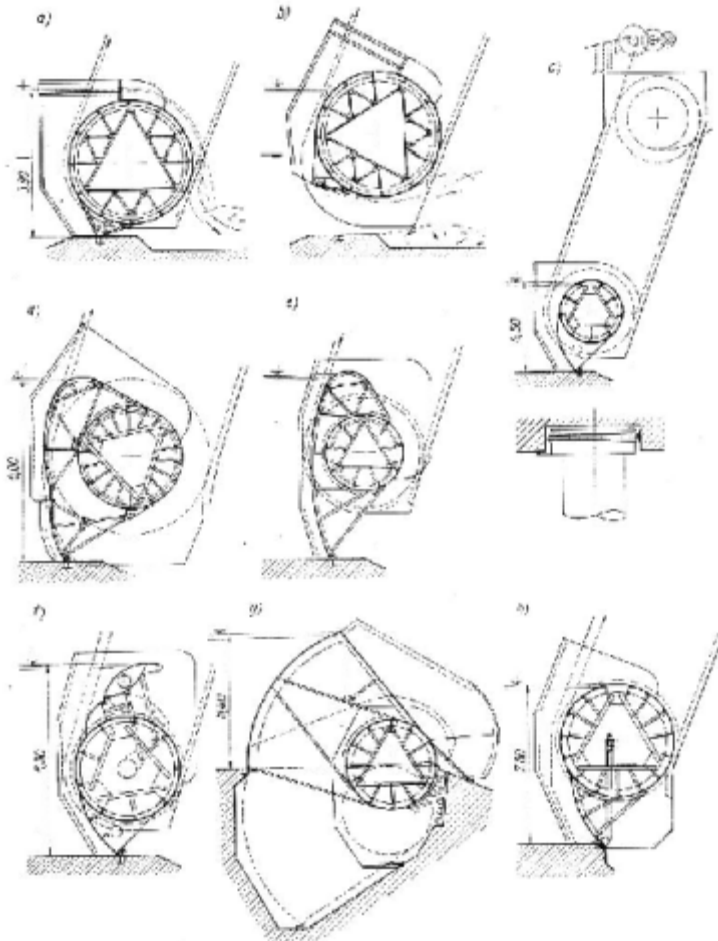
Segmentový jez používá ke hrazení ocelový segment. Tento segment je opřen o ložiska, která jsou osazena v pilřích konstrukce jezu. Celé zařízení je ovládáno mechanickým nebo hydraulickým ústrojím.



Obrázek 20 základní typy segmentových jezů (Havlík, 2017)

1.6.9 Válcové jezy

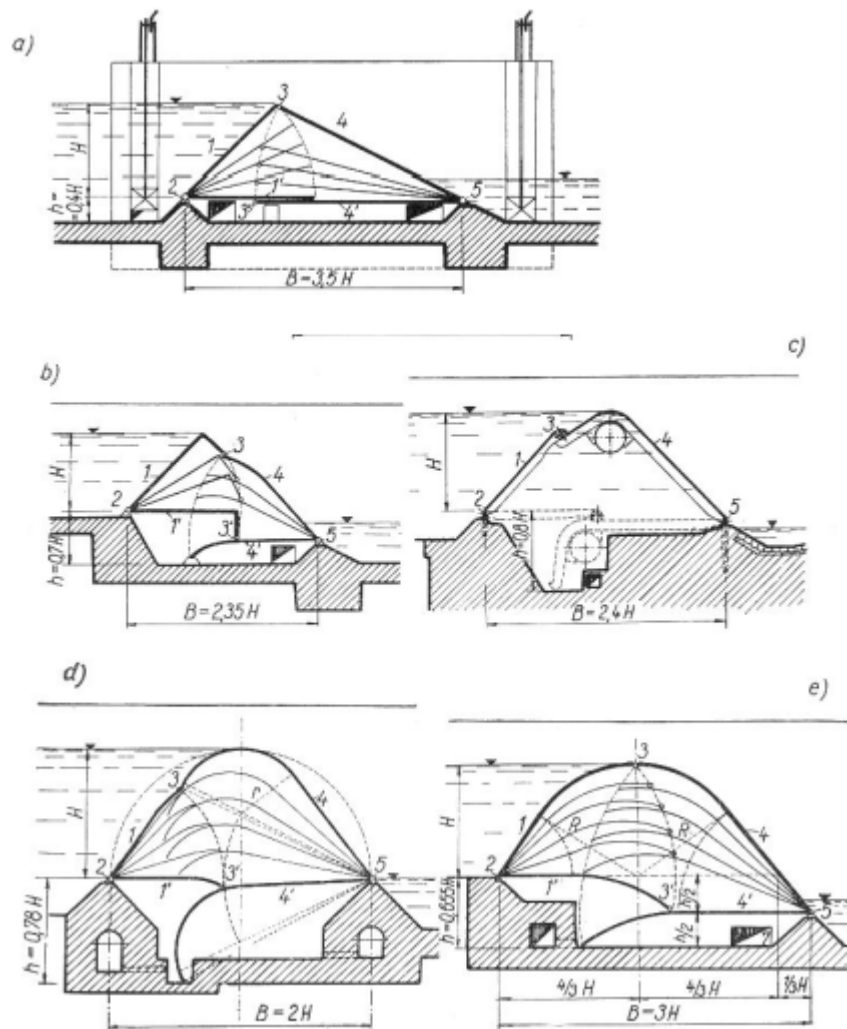
Válcové jezy se skládají z ocelového válce, který je uložen na kolech v kolejnicích. Výhodou této konstrukce je odolnost válce vůči splaveninám.



Obrázek 21 základní typy válcových jezů (Havlík, 2017)

1.6.10 Hydrostatické jezy

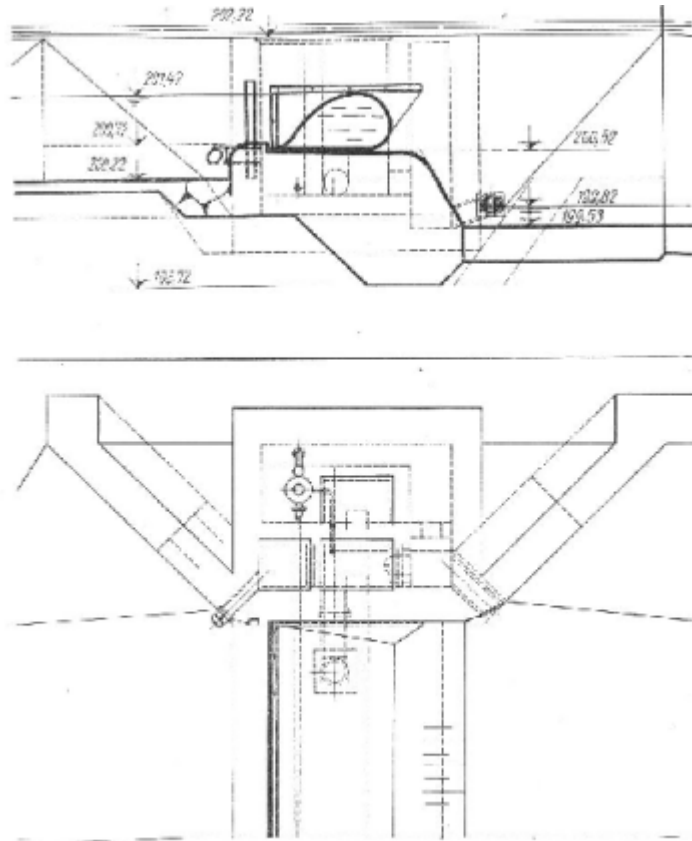
U hydrostatických jezů se k regulaci hladiny vody používá hydrostatický uzávěr. Tento uzávěr se zvedá přetlakem vody. K nejstarším konstrukcím tohoto typu patří pokloповý hydrostatický jez.



Obrázek 22 schéma hydrostatických jezů (Havlík, 2017)

1.6.11 Vakové jezy

U jezů tohoto typu se setkáme s takzvaným vakem, který je ukotven k jezové stavbě a výška hladiny se reguluje pomocí plnění vaku. Používá se spíše pro menší výšky vzdutí.



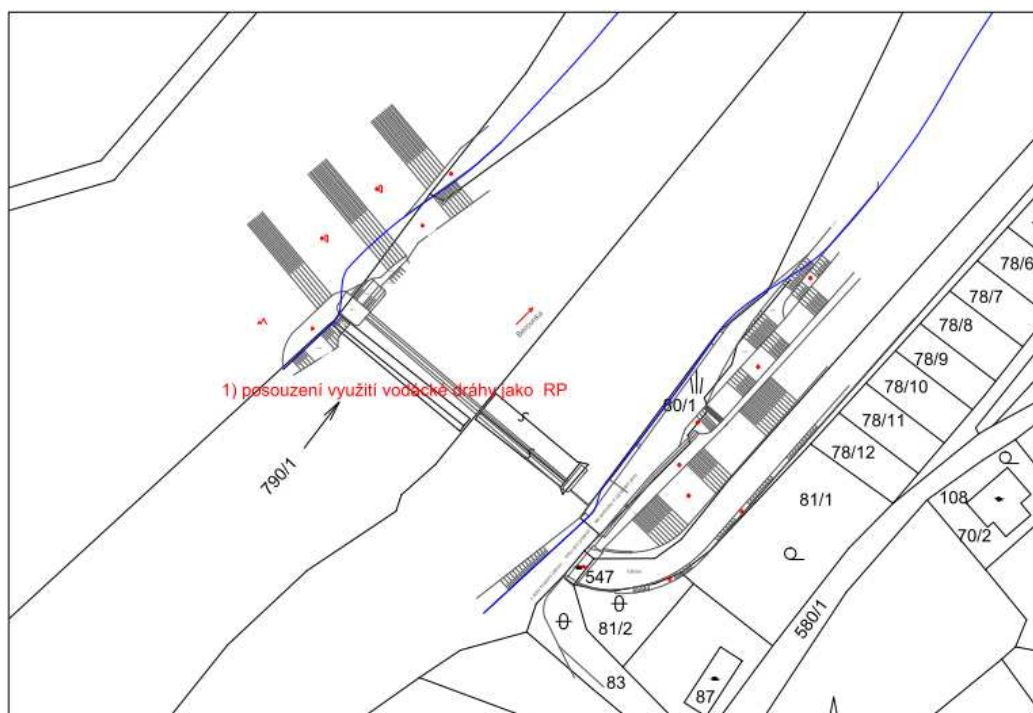
Obrázek 23 schéma vakových jezů (Havlík, 2017)

1.7 Jez v Roztokách u Křivoklátu

Jez v Roztokách u Křivoklátu je ve vlastnictví povodí Vltavy. Je to přímý pevný jez. Jez má spád 1.5 metru a délku 84 metrů, je kolmý na osu toku. V pravé části jezu se nachází slalomová trať pro vodáky a také je zde vtok do náhonu pro malou vodní elektrárnu. Tento náhon do malé vodní elektrárny je dlouhý přibližně 800 metrů. U elektrárny je jalová propust. Výtok z elektrárny je dlouhý necelý kilometr: přibližně 900 metrů a prochází areálem závodu. V areálu je zhruba 200 metrů dlouhý úsek zatrubněný. Na tuto elektrárnu je spád 3.5 metrů a Q_{max} 14.2 m³/s. Minimální zůstatkový průtok je stanoven na 5 m³/s.

Tabulka 1 - základní parametry jezu v Roztokách u Křivoklátu

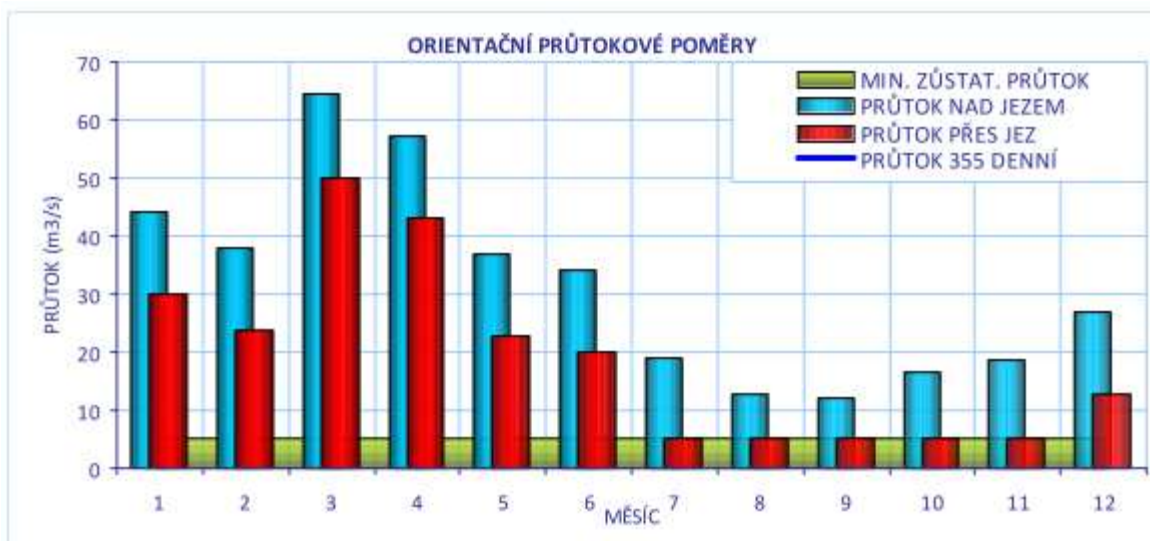
Druh	pevný
Tvar	přímý
Typ	se šikmou korunou
Vlastník	Povodí Vltavy
Spád [m]	1.49
Délka [m]	84.09
Číslo hydrologického poř.	1110221540
Útvar povrchových vod	13650000
Souřadnice X JTSK	-783528.57
Souřadnice Y JTSK	-1044194.53
Říční kilometr	63.081



Obrázek 24 půdorysný pohled na jez v Roztokách u Křivoklátu (Hladík, a další)



Obrázek 25 letecký snímek jezu v Roztokách u Křivokláta (Hladík, a další)



Obrázek 26 graf průtoků (Hladík, a další)



Obrázek 27 jez v Roztokách u Křivokláta dolní pohled



Obrázek 28 jez v Roztokách u Křivokláta horní pohled



Obrázek 29 vodní koryto



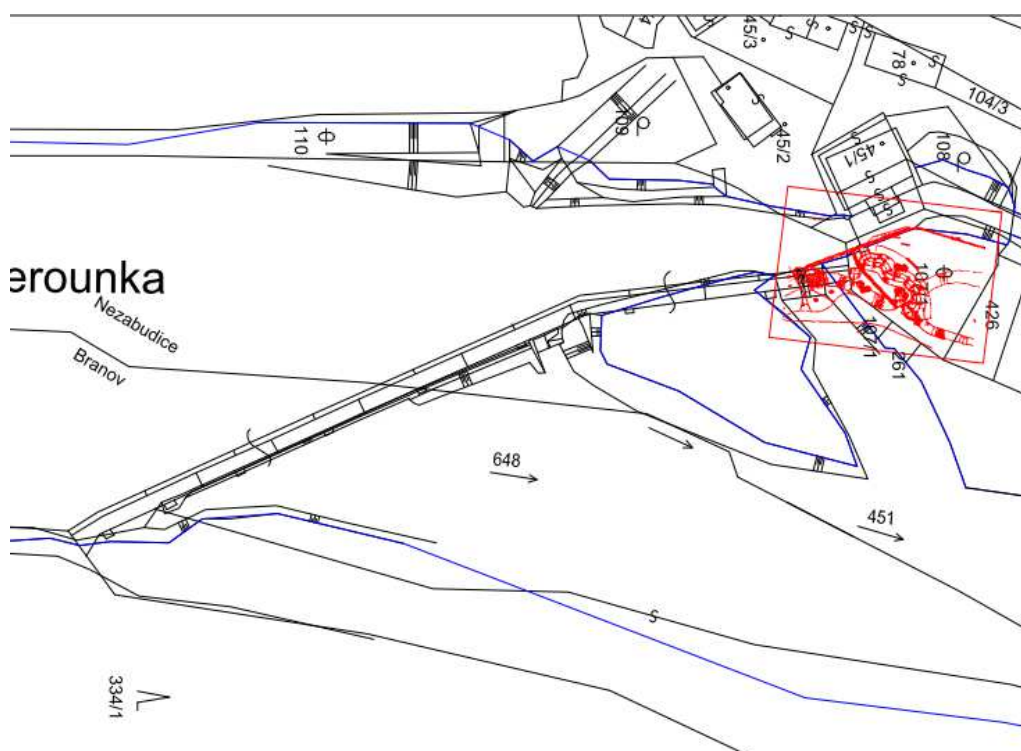
Obrázek 30 vtok do náhonu elektrárny v Roztokách u Křivoklátu

1.8 Nezabudický jez

Nezabudický jez je ve vlastnictví MVE Nezabudice s.r.o., p. Hobzing. Tento jez je pevný a je umístěn šikmo na osu toku. Má delší levý břeh v nadjezí. Spád na jezu je 0.8 metrů. Je zde vybudována malá vodní elektrárna, která se nachází na levém břehu. Náhon do elektrárny je přibližně 50 metrů dlouhý, výtok z elektrárny je asi 300 metrů dlouhý. Q_{max} je $13.6 + 4 \text{ m}^3/\text{s}$. Minimální zůstatkový průtok je stanoven na $4 \text{ m}^3/\text{s}$. Na jezu je vybudován rybí přechod typu bypas a u elektrárny je šterbinový rybí přechod.

Tabulka 2 - základní parametry Nezabudického jezu

Druh	pevný
Tvar	přímý
Typ	střechovitý
Vlastník	MVE Nezabudice s.r.o., p. Hobzig
Spád [m]	0.8
Délka [m]	115.3
Číslo hydrologického poř.	111021520
Útvar povrchových vod	13650000
Souřadnice X JTSK	-785604.99
Souřadnice Y JTSK	-1044194.53
Říční kilometráž [km]	66.8



Obrázek 31 půdorysný pohled na Nezabudický jez (Hladík, a další)



Obrázek 32 letecký snímek Nezabudického jezu (Mapy.cz, 2021)

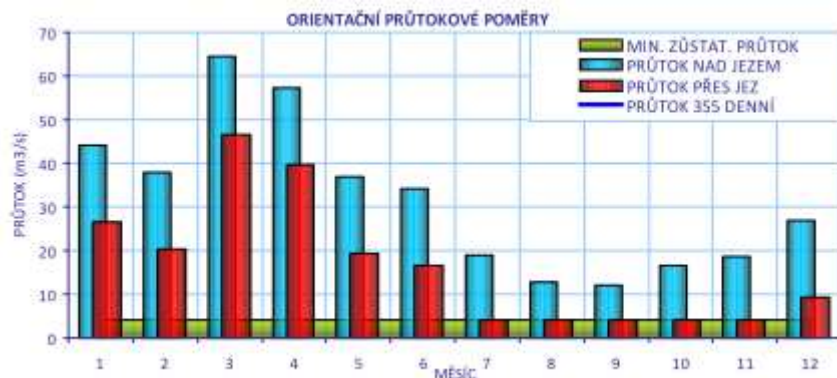
bypas jezu



štěrbinový rybí přechod



Obrázek 33 objekty na Nezabudickém jezu (Hladík, a další)



Obrázek 34 graf průtoků (Hladík, a další)



Obrázek 35 Nezabudický jez (Holík, 2016)

1.9 Mosty

Mosty jsou dopravní stavby, které usnadní překonání vodního toku nebo i jiné překážky, kterou je třeba vodní plocha, terénní nerovnost nebo jiný liniový prvek jako třeba komunikace. V současné době za most považujeme překlenutí překážky, která je delší než 2 metry. (Sýkora K., 1989) (Studniška J, 1994)

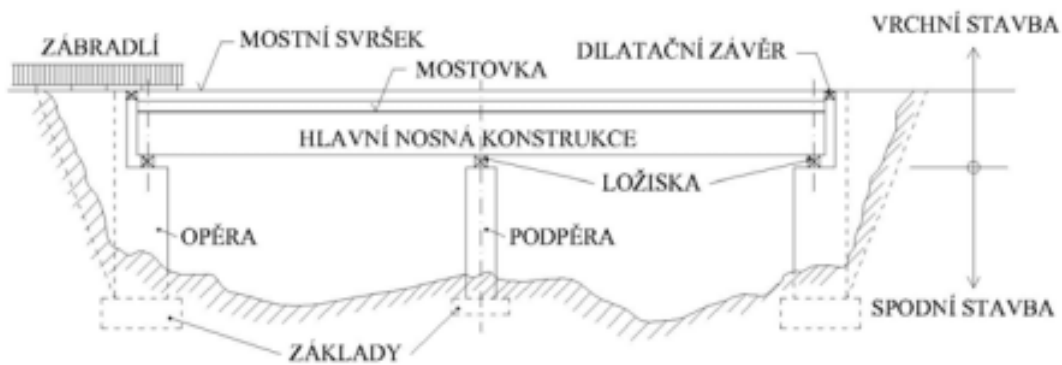
1.9.1 Historie stavitelství mostů

První mosty vznikají již ve starověku a většinou byly stavěny z kamene a dřeva. Zajímavé mostní konstrukce stavěli například Římané, kteří budovali nejen širokou síť cest, ale také různé akvadukty například Pont du Gard. U nás je pravděpodobně nejznámější most Karlův, přes řeku Vltavu, který se nachází v Praze a pochází z období středověku (1357- 1382). Mosty do konce 17. století se budovaly dle citu a zkušeností, bez nějakých výpočtů. Zlom ovšem nastal v 18. století, kdy byl zaznamenán výraznější pokrok a bylo založeno několik technických škol, které se začaly touto problematikou zabývat. Také se začaly budovat mosty kovové a v 19. století se začínají budovat mosty s betonovou konstrukcí. (Šimek J, 1980)

1.9.2 Jednotlivé části mostu

Většinu mostů můžeme rozdělit na dvě části: vrchní část a spodní část. Spodní část je složena z podpěr mostu a základů. Krajiní nebo také koncové podpěry nazýváme opěry. Podpěry rozdělujeme na několik druhů: podle tvaru a typu na sloupy, stěny, pilíře, stojky, bárky a další. Základy mostu dělíme na plošné a hlubinné. (Pavel, 1985)

Vrchní část je složena z nosné konstrukce a mostního svršku. Hlavní součásti nosné konstrukce jsou Mostovka, ložiska a klouby. Hlavní nosná konstrukce je ztužení a dilatační závěry. U některých mostů mohou být určité části spojeny v jednu. Mostní svršek se liší podle druhu využití mostu samotného. Skupina prvků jako jsou třeba svodidla, zábradlí, revizní zařízení, osvětlení atd. nazýváme mostní vybavení. Volné prostory mezi jednotlivými podpěrami nazýváme mostní otvor. Vzdálenost jednotlivých podpěr mostu nazýváme světlost mostního otvoru. Část mezi podpěrami nazýváme mostní pole. (Eichler J., 1979)



Obrázek 36 schéma jednotlivých částí mostu (Karmazínová, a další)

1.9.3 Druhy mostů

Mosty dělíme na různé druhy podle materiálu, druhu dopravy, podle překonávané překážky, podle doby používání, podle konstrukce nebo podle geometrie v půdorysu či průběhu trasy na mostě. (Janda Lubor, 1988)

Rozdělení podle druhu materiálu

- mosty dřevěné
- mosty kamenné
- mosty zděné
- mosty betonové
- mosty kovové
- mosty železobetonové

Rozdělení podle druhu dopravy

- mosty silniční
- mosty železniční
- mosty kombinované
- mosty pro chodce (lávky)
- mosty průmyslové
- mosty speciální (vodovodní, potrubní, průplavní)

Rozdělení podle druhu překonávané překážky

- nadjezdy (mosty které překonávají jinou komunikaci)
- mosty říční
- inundační mosty (mosty dočasné v době povodní)
- viadukty

Rozdělení podle doby používání

- mosty dočasné
- mosty trvalé

Rozdělení podle konstrukce

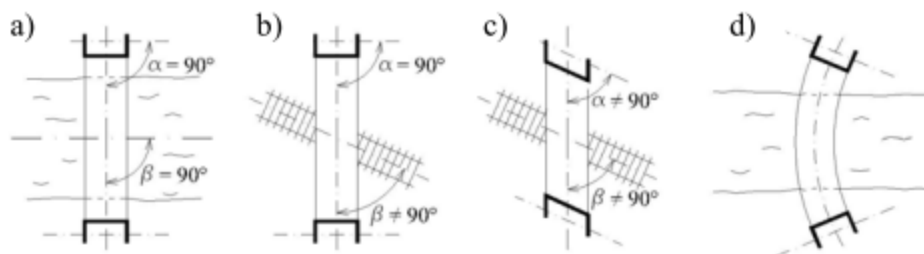
- mosty pevné
- mosty pohyblivé
- mosty plovoucí

Rozdělení podle geometrie v půdorysu

- mosty kolmé (a, b)
- mosty šikmé (c)

Rozdělení podle průběhu trasy

- mosty přímé (a, b, c)
- mosty zakřivené (d)



Obrázek 37 geometrické uspořádání mostů (Karmazínová, a další)

1.9.4 Typy mostů

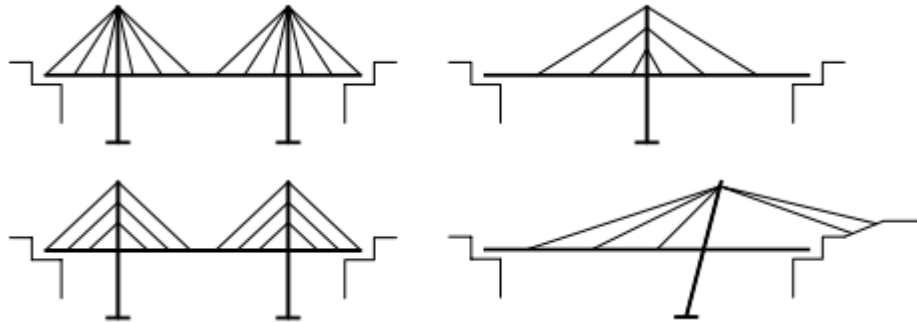
Rozdělení podle počtu jednotlivých polí

- mosty s jedním polem
- mosty s větším počtem polí

Mosty s více než jedním polem můžeme ještě rozdělit na mosty, které mají každé pole staticky samostatné, nebo může být celá konstrukce spojitá. Pokud budeme řešit přemostění většího počtu jednotlivých polí, je lepší řešení spojitých nosníků. Je to proto, že u soustavy jednotlivých nosníků dochází k lomu nivelety. V situaci, kdy je mostní konstrukce spojená, může probíhat plynulejší provoz a při stejném zatížení konstrukce dojde k menšímu průhybu. (Janda Lubor, 1988)

Podle statického působení konstrukce

- mosty deskové
- mosty trámové
- mosty obloukové
- mosty rámové
- mosty visuté
- mosty závěsné

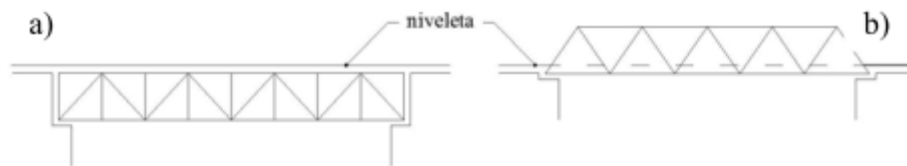


Obrázek 38 jednotlivé typy závěsných mostů (Karmazínová, a další)

podle umístění mostovky

- mosty s horní mostovkou
- mosty se zapařtěnou mostovkou
- mosty s mezilehlou mostovkou
- mosty s dolní mostovkou

U typu mostu s horní mostovkou je niveleta i mostovka výš, než je úroveň horní hranice nosné konstrukce. U varianty se zapařtěnou mostovkou se mostovka nachází mezi horní a dolní hranou hlavní nosné konstrukce, co se týče nivelety, tak ta je nad horní hranou. Stejný případ je i u konstrukce mostu s mezilehlou mostovkou, akorát niveleta je pod horní hranou nosné konstrukce. Mosty s dolní mostovkou jsou řešeny tak, že mostovka je v úrovni dolní hrany konstrukce. (Jiří Pechar, 1990)



Obrázek 39 rozdělení mostů podle umístění mostovky (Karmazínová, a další)

1.10 Silniční most Roztoky u Křivoklátu

Jedná se o most, který překonává vodní tok, ale i náhon do vodní elektrárny. Most se skládá ze čtyř polí: prvním polem protéká náhon do vodní elektrárny. Ve třetím poli se nachází koryto řeky Berounky, ve druhém a čtvrtém poli se nachází travnaté plochy takzvané bermy. Most překonává ostrov, který je lemován z jedné strany vodním tokem Berounka a z druhé strany náhonem do vodní elektrárny. Na ostrově se nachází cesta, která vede do tábořiště. Pata pilířů je chráněna záhozem z hrubého kamene. Svah i revizní lavice jsou zpevněny zatravnovacími tvárnicemi, které jsou opřené do monolitického základového prahu. Most se nachází na 62.7 říčního kilometru řeky Berounky.

1.10.1 Spodní část mostu

Most se skládá ze dvou krajních opěr a tří mezilehlých podpěr. Jsou tvořeny z železobetonu. Výška krajních opěr je 3.55 metrů, výška mezilehlých podpěr je 9.71 metrů. Délka krajních opěr je 11.1 metrů, délka mezilehlých podpěr je 12.5 metrů. Šířka krajních opěr je 1 metr a šířka mezilehlých podpěr je 2 metry. Co se týče druhu podpěr, tak u mezilehlých se jedná o masivní pilíř a u krajních se jedná o masivní opěru.

1.10.2 Nosná konstrukce mostu

Nosná konstrukce mostu je tvořena ze čtyř polí, které jsou vyrobeny z ocelových plnostěnných nosníků a železobetonu. Délka jednotlivých polí se liší. Dvě pole mají délku 33.7 metrů, jedno pole má 34 metrů a poslední nejdelší pole má 52 metrů a konstrukční výška je 2.2 metrů. Co se týče ložisek, jsou zde použita hrncová ložiska. Celá konstrukce v podélném směru tvoří jeden dilatační celek, který má uložení v pilíři P3. Každý nosník je na svém konci uložen na hrncovém ložisku a zároveň na každé podpěře v příčném směru je jedno ložisko pevné. Most je opatřen kobercovým závěrem s mezilehlými profily.

1.10.3 Mostní svršek

Vozovka je pokryta živičným povrchem o šířce 7 metrů. Na krajích jsou betonové chodníky o šířce dva metry a o ploše 339 m². Odvodnění je zde řešeno příčným spádem k obrubám, kde se nachází odvodňovače. Odvodňovače mají svislé svody, kterými pak voda padá volným pádem do vodního toku nebo do půdy pod mostem.

1.10.4 Vybavení mostu

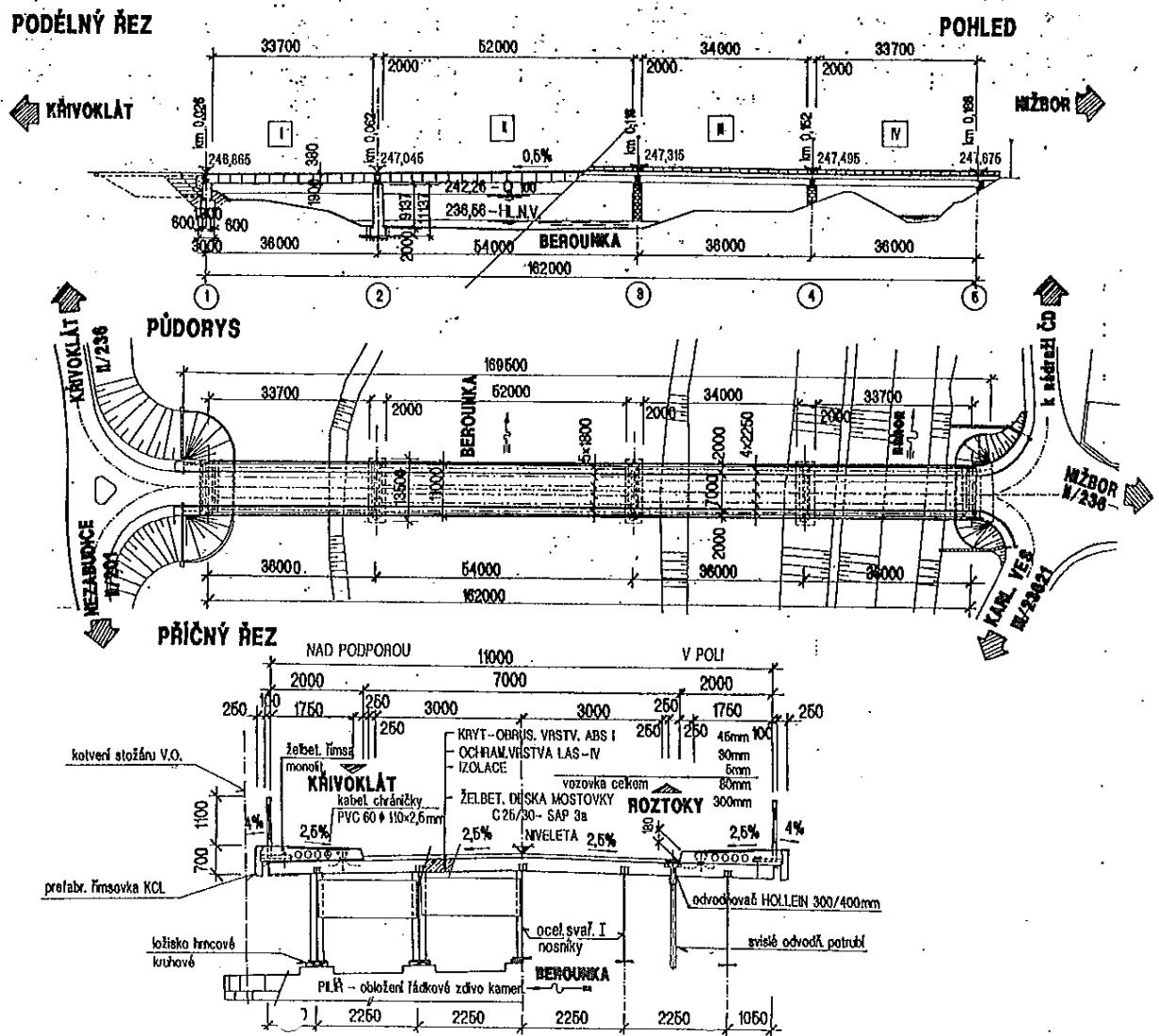
Na mostě se nachází stožáry veřejného osvětlení, most je vybaven chodníky o šířce 2 metry a v každém chodníku se nachází čtyři chráničky na kabely. Most je také opatřen ocelovým zábradlím, a to po obou stranách. Na mostě se nachází štítky s označením mostu a štítky s označením vodního toku. Je zde také přítomno dopravní značení. (BMS, 2004)

Tabulka 3 - základní parametry silničního mostu v Roztokách u Křivoklátu

Název	Most přes řeku Berounku a náhon v Roztokách
číslo silnice a mostu	236 - 005
předmět přemostění	vodní tok (Berounka)
výška mostu nad terénem [m]	6 až 12.5
Výška mostu nad hladinou při Q 100 [m]	2.5
Délka [m]	162
šířka [m]	11.7
plocha mostu [m2]	1895.4
délka přemostění [m]	159.4
hloubka vody [m]	1.8
označení šikmosti	kolmý
rok výstavby	1997



Obrázek 40 silniční most v Roztokách u Křivoklátu



Obrázek 41 podélný a příčný řez silničního mostu v Roztokách u Křivokláta (BMS, 2004)

1.11 Železniční most v Roztokách u Křivoklátu

Železniční most v Roztokách u Křivoklátu má 7 polí. První pole je tvořeno kamennou klenbou, druhé a třetí pole je postaveno z betonových trámů a horní mostovka je tvořena dvěma betonovými profily ve tvaru I. Jedná se pravděpodobně o železobeton. Čtvrté a páté pole se skládá z ocelových trámů, které tvoří dva hlavní nosníky. Ložiska jsou valivá, jsou zde přítomny klasické klouby. Šesté a sedmé pole je zhotoveno stejně jako druhé a třetí. Na prvním, druhém, třetím, šestém a sedmém poli se nachází průběžné kolejové lože. Čtvrté a páté pole je na mostnicích, Kolejnice jsou dilatované. Souřadnice středu objektu: GPS: 50°01'47.939"N, 13°52'00.936"E

Přemostěná překážka:

otvor č. 1 - silnice III. třídy

otvor č. 2 – volný terén

otvor č. 3 – trvalý vodní tok (vtok zleva) – vodní náhon

otvor č. 4 – trvalý vodní tok (vtok zleva) - Berounka

otvor č. 5 – trvalý vodní tok (vtok zleva) - Berounka

otvor č. 6 – inundace

otvor č. 7 – inundace

Tabulka 4 - základní parametry železničního mostu v Roztokách u Křivoklátu

Název	Železniční most v Roztokách
Počet nosných konstrukcí	7
předmět přemostění	vodní tok (Berounka)
výška mostu nad terénem [m]	14.2
Počet kolejí	1
Délka [m]	189.3
šířka [m]	6.1
plocha mostu [m ²]	1154.7
délka přemostění	161
Elektrizace	není
označení šikmosti	Šikmý
Úhel křížení:	85,20°

1.11.1 Nosné konstrukce:

Konstrukce K 01

- Kamenná (pravidelné řádkování - kámen pískovec), klenbová, segmentová, prostá, kolmá
- Rozměry NK: šířka - 6,10 m, délka – 10,00 m, rozpětí – 9,10 m

Konstrukce K 02

- Betonová trámová (beton B400), dvojice železobetonových dodatečně předpjatých nosníků skříňového průřezu, prostá, ukončení šikmé
- Rozměry NK: šířka - 6,10 m, délka – 16,15 m, rozpětí – 15,00 m, výška – 1,35 m

Konstrukce K 03

- Betonová trámová (beton B500), dvojice železobetonových dodatečně předpjatých nosníků skříňového průřezu, prostá, ukončení šikmé
- Rozměry NK: šířka - 6,10 m, délka – 22,50 m, rozpětí – 21,50 m, výška – 1,35 m

Konstrukce K 04 a K 05

- Ocelová, trámová plnostěnná, prostá, svařovaná s nýtovými spoji a montážními spoji s VP šrouby, mostovka dolní, ukončení šikmé
- Rozměry NK: šířka – 6,70 m, délka – 42,90 m, rozpětí – 42,00

Konstrukce K 06

- Betonová trámová (beton B500), dvojice železobetonových dodatečně předpjatých nosníků skříňového průřezu, prostá, ukončení šikmé
- Rozměry NK: šířka - 6,10 m, délka – 22,50 m, rozpětí – 21,50 m, výška – 1,35 m

Konstrukce K 07

- Betonová trámová (beton B400), dvojice železobetonových dodatečně předpjatých nosníků skříňového průřezu, prostá, ukončení šikmé
- Rozměry NK: šířka - 6,10 m, délka – 16,15 m, rozpětí – 15,00 m, výška – 1,35 m (Marek, 2003)



Obrázek 42 železniční most v Roztokách u Křivokláta

1.12 Koryto řeky

Koryto řeky Berounky ve sledovaném území je převážně přírodního charakteru. Na většině sledovaného úseku je písčité dno, ale v oblastech, kde se kumulují sedimenty, je dno spíše bahnitého charakteru. Co se týče břehů, jsou převážně hlinité a zatravněné, až na oblasti okolo jezů a v zastavěné oblasti, kde je koryto opevněno kamennou dlažbou. Na části toku v oblasti kempu Višňová se nachází písčité až štěrková pláž. V korytě se klasicky střídají brody a tůně, tak jak koryto vytvářela sama řeka. V oblastech, kde je hladina uměle vzduť jezy, se vytvořila vodní zdrž a v těchto místech dosahuje řeka největší hloubky, až několik metrů. Místy se v korytě tvoří menší ostrůvky, tyto ostrůvky jsou tvořeny naplaveninami a za každého vyššího vodního stavu se mění jejich velikost nebo zcela zanikají. Na březích a v okolí vodního toku se nachází keře a stromy.



Obrázek 43 koryto řeky u přívozu (začátek sledovaného území)



Obrázek 44 koryto řeky v Roztokách u Křivokláta

6. Extrémní hydrologické jevy

Pravděpodobně nejznámějším extrémním hydrologickým jevem budou povodně a záplavy. O něco méně známým extrémním jevem je pak hydrologické sucho, což je opak povodně. Toto hydrologické sucho nám způsobí, že poklesne hladina podzemní vody.

1.13 Povodně

Pokud potřebujeme definovat pojem povodeň, často se setkáme s mnoha vysvětleními. Všeobecně je povodeň definována jako stav, kdy objem vody, která proteče, překročí průtočnou kapacitu daného koryta na toku. (Langhammer, 2009) Zpravidla se jedná o zvýšení průtoku, který je způsoben z důvodu vydatnějších srážek nebo snížením průtočnosti daného koryta toku.

Podle zákona č. 254/2001 Sb. o vodách je povodeň stav, kdy se přechodně zvýší hladina vodního toku nebo i ostatních povrchových vod, kdy se voda vylije mimo koryto vodního toku a tím může způsobovat škody na majetku. Povodní nazýváme i jev, kdy voda škodí tím, že nemůže z nějakého důvodu přirozeně odtéct pryč a tím působí škody nebo dojde k záplavě území při soustředěném odtoku srážky. Povodeň je vyvolána buď přírodním jevem, většinou se jedná o tání sněhu nebo dešťovou srážku. Často se můžeme setkat také s povodní, která je způsobená putováním ledů po vodním toku a následném ucpání toku v nějakém užším místě (propustku, mostu, jezu), kde se led nahromadí a vytvoří ledovou bariéru, hladina vody začne stoupat a území se zaplavuje vodou. Další problém nastane, když se ledy uvolní a korytem začne proudit velké množství vody. Dalšími vlivy, které vyvolají povodeň, jsou havárie na nějakém vodním díle, například protržení hráze. Podle ČSN je povodeň, tedy přesněji, povodňová vlna vlnou průtokovou, s charakterem povodně. Průtoková vlna je dočasné navýšení a poté pokles průtoku a vodního stavu vyvolaným deštěm, jarním táním, ledem či jiným faktorem, který nám vyvolá náhlé zvýšení hladiny vody. (Brázdil R, 2005)

Můžeme se také setkat s pojmem zvláštní povodeň. Tento jev je definovaný jako povodeň, která je vyvolaná umělými vlivy, například při stavbě či rekonstrukci vodního díla nebo při poškození vodního díla, například pokud se poruší těleso hráze nebo hradidla atd. Často tento druh povodně bývá spojen i s klasickou přírodní povodní, která právě poničí objekt.

1.14 Jednotlivé typy povodní

Jednotlivé typy povodní se dělí podle toho, jak vznikají. Pro kategorizaci povodní existuje více různých přístupů. První možnost dělení povodní je dělení povodní na dešťové, sněhové, smíšené a ledové. (Brázdil R, 2005) Vyskytují se i povodně, které podle způsobu vzniku nejsme schopni zařadit ani do jedné ze zmíněných skupin. Z tohoto důvodu vymezujeme další skupinu, do které spadají povodně z ostatních příčin. Dále také dělíme povodně nejen podle intenzity, ale také podle doby trvání dešťové srážky. Dělíme tedy povodně na způsobené déle trvajících dešti. Typický příklad takových povodní byly povodně v roce 2002. Povodně v roce 2009 jsou příkladem přívalových srážek. Povodně, které jsou způsobeny déle trvajících dešti, bývají častěji ovlivněny regionálními podmínkami daného území. V první řadě můžeme uvést zesilování srážek způsobené orografií. V několika studiích bylo uvedeno, že pro území České republiky jsou již významné nadmořské výšky území, které se nachází mezi 200 až 800 metry nad mořem, kde se úhrn srážek průměrně navyšuje až o 3 mm. Při západních cyklonálních situacích může docházet k zesílení srážek v pohraničních oblastech až o 400–500 % ve srovnání se srážkovými úhrny ve středních Čechách. (Brázdil R, 1986) Povodně, které jsou způsobené déle trvajících dešti, mají výraznější odezvu, a to hlavně na dolní části vodních toků. Naopak povodně způsobené přívalovými dešti mají výraznější lokální dopad. Nejvýraznější projev mají většinou na povodích s příkřejší spádovou křivkou. Povodně způsobené jenom táním sněhu jsou u nás méně časté. Většinou pokud se bavíme o povodni způsobené táním sněhové pokrývky, je tento jev podpořen srážkovou činností. Jako příklad nám poslouží povodně v roce 2006. Typické pro sněhové povodně jsou většinou nejen vysoké teploty vzduchu, ale také delší doba slunečního svitu. Svou roli také hraje množství zásob vody, které se nachází ve sněhové pokrývce. Povodně způsobené táním sněhu také podporuje zamrzlé nebo plně nasycené podloží. Na území České republiky se většinou jedná o povodně smíšené, které bývají způsobené táním sněhové pokrývky a dešťovými srážkami. Tyto povodně většinou zasahují do podhůří, ale také do dolní části větších toků. (Langhammer J., 2008)

Ledové povodně vznikají ucpáním ledovými krami, koryto je pak neprůchodné a začne se navyšovat hladina. Tento druh povodně byl velmi častým důvodem zdvihu vodního stavu na vodním toku (Štěpánková R, 2004) Ledové povodně zpravidla vznikají při příchodu vyšších teplot po delším mrazivém období. Příkladem tohoto typu povodně byla událost v roce 1941 v Praze, kdy došlo zvednutí hladiny o 6 metrů. Důvodem bylo, že se vytvořil nápěch, který měl

objem přibližně 1,5 mil. m³. (NĚMEC J, 2006) Posledním typem povodní jsou povodně způsobené nějakou poruchou či porušením hydrotechnické stavby. (Langhammer, 2009)

1.15 Významné povodně na řece Berounce

Povodně řeku Berounku zaplavovaly pravidelně od nepaměti, máme dokonce zápisy z kronik o povodních i ze středověku, ale většinou se jedná jen o zápis, že se tato událost stala, případně kolik lidí zemřelo, kolik budov bylo smeteno a podobně.

1.15.1 Největší povodeň 19. století

Psal se 25. květen roku 1872, když začala největší povodeň 19. století. Povodeň byla způsobená výraznými srážkami a řeka Berounka se začala rozvodňovat. Nejdříve se voda začala rozlévat v Nové Huti pod Nižborem, dále ve Staré Huti a povodňová vlna putovala dále přes Strakonice a Hořovicko až k Berounsku, Rakovnícku a Praze. V Berouně hladina vody dosahovala do výšky 1,5 metru na vodní koryto. Lidé museli vylézt na střechy, aby se neutopili. Další den 26. 5. přišla další povodňová vlna a hladina vody dosahovala až 2 metry nad koryto řeky Berounky. V příkopech, které se táhnou kolem města, byla hladina až 5.7 metrů. Ve večerních hodinách hladina vody začala postupně klesat. Povodeň byla katastrofální, zničila přibližně 200 domů, 520 jich poškodila a 337 osob při ní přišlo o život.

1.15.2 Povodeň roku 1981

V pátek 17.7.1981 začalo na území Čech silně pršet, povodeň byla způsobená vydatnými srážkami, kdy koryto řek nebylo schopné pobrat tolik vody a odvést ji pryč. Tyto vydatné deště měly za následek, že se vylily z koryt řeky Otava, Klabava, Berounka, Jizera, Litavka a další řeky na území Čech. Stav ohrožení byl vyhlášen v okresech Písek, Strakonice, Rokycany, Mělník a Mladá Boleslav. Největší škody postihly řeku Berounku, kde hladina vody vystoupala až o 4,4 metru nad normální stav.

1.15.3 Povodeň roku 1986

29.12.1986 přišlo výrazné oteplení. Toto oteplení bylo způsobeno přívalem teplého vlhkého oceánského vzduchu. Důsledkem bylo masivní tání sněhové pokrývky, která začala postupně odtékat do řek a sytila půdu vodou. Zároveň začaly vypadávat silné srážky. Nejvíce deštivo bylo ve Východočeském a Středočeském kraji. 30.12.1986 se začaly rozvodňovat všechny české řeky Labe, Orlice, Cidlina, Jizera, Ploučnice, Ohře, Berounka, Litavka, Morava a Dyje.

1.15.4 Povodeň roku 2002

6.8.2002 začalo být počasí v Čechách ovlivňováno tlakovou níží, která se svým frontálním systémem postupovala směrem na východ. Velmi rychle silné srážky plnily většinu Českých řek. Ve čtvrtek 8.8.2002 na některých místech dosáhla povodeň svým rozsahem padesátiletou vodu. Situace se však začala uklidňovat a 9.8. přestalo pršet. Vltava v Praze dosahovala 1500 m³/s průtoku a pomalu začala klesat. 11.8. znovu začalo pršet. Nad jihozápadem Čech se setkaly dva výrazné frontální systémy, které se velmi pomalu posouvaly na severovýchod. Půda, která byla přesycená vodou z předešlých dešťových srážek, už nedokázala zadržovat vodu, a tak voda stékala do již naplněných koryt řek. Od 12. do 18. srpna Čechy postihla pětisetletá až tisíciletá povodeň. Hlavní příčinou záplav bylo velké množství nadprůměrných srážek, které zasáhly Čechy. První vlnu byly částečně schopné eliminovat přehradní nádrže, ale při druhé vlně, již nebylo možné jakkoliv regulovat průtok z toho důvodu, že nádrže byly přeplněné vodou a nedokázaly vodu dále zadržovat. Škody zaznamenaly téměř všechny řeky na území Čech. Okolí řeky Berounky bylo významně poznamenáno a poměrně dlouho se napravovaly škody.

1.15.5 Povodeň roku 2005

15. 3. 2005 Byla způsobená vydatnější dešťovou srážkou, jednalo se o pozvolnější povodeň, která měla pomalejší nárůst povodňové vlny. 17.3. dosáhla řeka Berounka hladiny 2,6 metru. a 18.3. dokonce 3.25 metru. Byl vyhlášen stav pohotovosti. 20.3. Berounka začala kulminovat a hladina vody se vrátila opět do svého koryta.

1.15.6 Povodeň roku 2006

28.5.2006 přišly výrazné přívalové srážky a řeka Berounka se velice rychle rozvodnila. Byl vyhlášený stav bdělosti a hladina stoupla na 2.6 metru. Dále hladina vody stoupala přibližně o

10 cm/h. Ve večerních hodinách byl vyhlášený stav pohotovosti a hladina dosáhla výšky 3.21 metru. 29.5. hladina Berounka dosáhla 4.03 metru a byl vyhlášen stav ohrožení. Berounka začala kulminovat a maximální stav byl 4,26 metru. 30.5. začíná znovu silně pršet a hladina řeky Berounky se až do 31. 5. drží okolo 3.3 metrů, je vyhlášen stav pohotovosti. 1. 6. začne Berounka ustupovat a je vyhlášen pouze stav bdělosti, který trvá do 3.6.

1.16 Preventivní ochrana před povodněmi

Základní dokument, který formuluje rámec konkrétních postupů opatření ke zlepšení ochrany proti povodním, je strategie ochrany před povodněmi, která nám říká, že povodně jsou přírodní jev, kterému se nedá zabránit. Jejich nepravidelnost, výskyt a variabilní rozsah škod velice ovlivňují vnímané riziko. Toto riziko přináší a značně komplikuje realizaci preventivních opatření. Povodně představují pro Českou republiku největší nebezpečí, co se týče kategorie přírodních katastrof. Mohou být i příčinou závrtných krizových situací, při kterých vznikají nejen rozsáhlé škody na majetku, ale také ztráty na životech obyvatel. Absolutní ochrana proti povodním není. Cílem těchto protipovodňových opatření může být tedy jen minimalizace škod po povodni, především snížení ztrát na lidských životech. Cíle protipovodňových opatření vytyčuje plán hlavních povodí České republiky. Vytyčuje ho v oblastech jako je legislativa a nástroje ekonomiky, příprava povodňových plánů, zdokonalování podkladů, finanční a pojišťovací politiky. Hlavní prioritou protipovodňové ochrany je hlavně naplňovat zásady ke zvýšení retenční kapacity povodí. Toto je však dlouhodobá záležitost, které je věnována větší pozornost, ať už v koncepčních materiálech jednotlivých resortů, tak v rámci trvale udržitelného rozvoje. (BARTÁK Z, 1995) (BOŘÍKOVÁ L, 2000)

1.17 Meteorologické a agronomické sucho

V kapitole 3.1.2.3 budeme mluvit o pojmech meteorologické a agronomické sucho, proto vysvětlím rozdíl. Meteorologické sucho si můžeme představit jako prvotní stav sucha, který vznikne za nepříznivého stavu atmosféry. Stav, kdy na daném území za delší časový úsek nepadne žádná srážka, nazýváme stav, kdy neprší. Často je tento stav charakterizován počtem dnů s nulovými nebo nedostatečnými srážkami. Může být také definován jako odchylka srážek od dlouhodobého normálu. (Tallaksen L. M., 2004)

Meteorologické sucho můžeme určit za pomoci klimatologických indexů. Nejčastěji používaný index je standardizovaný srážkový evapotranspirační index (SPEI) nebo standardní srážkový index (SPI). Často také přihlížíme k dalším faktorům, například teplota vzduchu,

rychlost větru nebo evapotranspiraci pojem agronomické sucho vzniká, pokud delší dobu působí meteorologického sucho, je to tedy další fáze při vývoji sucha. Agronomické sucho nastává, když půda nemá dostatek vláhy a nemůže vodu dále předávat rostlinám. Intenzita agronomického sucha závisí nejen na množství vody, ale i na konkrétních plodinách a na zemědělské technice. Zemědělství je většinou první místo, kde se agronomické sucho projeví. (NĚMEC J, 2006)

1.18 Hydrologické sucho

Druhým extrémem je takzvané hydrologické sucho. Hydrologické sucho je jev, který nastává tehdy, když je dlouhodobý deficit srážek a zároveň nadměrná evapotranspirace. Stav, kdy se prohlubuje meteorologické a agronomické sucho, tehdy nastává tzv. hydrologické sucho, které má za následek nejen pokles hladiny na vodním toku, ale i pokles hladiny podzemní vody. Hydrologické sucho se většinou vyskytuje s větším časovým odstupem, i když meteorologické a agronomické sucho odezní, ještě nějakou dobu trvá než se zásoba vody v toku i pod povrchem vrátí k normálnímu stavu. (Tallaksen L. M., 2004)

Jak rychle hydrologické sucho nastává je závislé zejména na retenční kapacitě povodí, která je odvozena od geomorfologických a půdních charakteristik. Díky vyšším teplotám se voda vypařuje a následně infiltruje do vodního koryta rychleji, což vede ke snižování hladiny podzemních vod. Také dojde ke snížení hladiny vody na vodních tocích, které je ovlivněno nedostatkem srážek v povodí. Tento deficit vody v tocích se většinou vytváří kratší dobu než v případě, že se snižuje zásoba podzemních vod. (Tallaksen L. M., 2004)

V posledních desetiletí je obvykle hydrologické sucho ovlivněné činností lidí. (Hladný J, 2009)

1.18.1 Ukazatelé sucha

Pro vyhodnocení hydrologického sucha můžeme vybrat několik ukazatelů. Prvním ukazatelem je hodnota Q355, což je průtok, který je dosažen nebo překročen 355 dnů v roce. Abychom mohli považovat odtokovou situaci za hydrologické sucho, musí být průtok nižší než hodnota Q355 minimálně 5 dnů po sobě. (Brázdil R, 2015)

Další ukazatel je index nízkého průtoku, nebo také Lowflow index. Lowflow index nám ukazuje podíl nejnižšího průměrného denního průtoku za rok, což je (Q_{min}) a průměrným denním průtokem během celého měřeného období (Q_a). Čím je hodnota indexu menší, tím větší bude záporná odchylka od dlouhodobého průměru v daném roce. (Olden J. D., 2003)

7. Hydrologické modely

S pojmem model se setkáme, pokud chceme zjednodušit skutečnou realitu. Reprezentuje fungování objektů či spojitých celků v nějakém prostoru a času. Je to realita, kterou převedeme do jednodušší formy, kterou snáz pochopíme, a lépe se nám simulují různé situace. Matematický model chápeme jako algoritmus, který řeší soustavy rovnic. Tyto soustavy rovnic popisují, jak se celý systém chová. (Clarke, 1973)

Hydrologický model můžeme definovat jako model srážko-odtokového procesu, který nám představuje zjednodušený vztah mezi veličinami vstupními a výstupními do určitého hydrologického systému. (Daňhelka Jan, 2003)

1.19 Rozdělení hydrologických modelů

Hydrologické modely můžeme rozdělit na srážko-odtokové a modely hydrodynamické. Srážko-odtokové modely aplikujeme v hydrologii, když jsou jako vstupní data, kromě stavových veličin, také údaje z radarů nebo také z meteorologických stanic. Oproti tomu modely hydrodynamické slouží hlavně pro dlouhodobější předpověď, například se používají pro řešení opatření proti povodním. Dále také pro umístování technických staveb na vodním toku a další. (Zbyněk Kulhavý, 2000)

Podrobnější klasifikaci a vývojem hydrologických modelů se ve svých pracích zabývalo v minulosti mnoho jmen: (Blöschl G., 2002) (Beven K. J., 2001) Z těchto prací vychází i dnešní podoba

1.20 Klasifikace hydrologických modelů podle WMO (World Meteorological organization)

1.20.1 Rozdělení dle účelu aplikace

- Modely používané v operativní hydrologii.
- Modely aplikované pro návrhovou a projekční činnost v oblasti vodního hospodářství.
- Modely využívané ve výzkumu.

1.20.2 Klasifikace z hlediska typu systému

- Elementární
- Komplexní

Elementární systém je tvořen hydrotopem (jednotka konstantní charakteristiky). Komplexní systém je tvořen velkými odtokovými plochami, povodím nebo systémem říčních sítí, nádrží a jezer.

1.20.3 Klasifikace z hlediska typu hydrologického procesu

- modely výpočtu půdní vlhkosti,
- evapotranspirace
- proudění podzemí vody
- proudění v korytě

1.20.4 Deterministické modely

Tyto modely jsou popsány vztahem závislých a nezávislých proměnných. Závislé proměnné jsou výstupní veličiny, nezávislé proměnné jsou vstupní veličiny. Je poměrně velké množství takových to modelů, které se liší strukturou, časovou a prostorovou diskreditací nebo fyzikálním přístupem. (Refsgaard J.C., 1996)

1.20.5 Deterministic, Hydrodynamic Laws

Deterministic, Hydrodynamic Laws, nebo také Deterministické modely jsou označovány, jako takzvaný white-box, tato skupina modelů je založena na fyzikálním popisu srážko-odtokového procesu a respektuje zákon zachování hmoty, energie a hybnosti. (Kulhavý Z, 2002)

1.20.6 Deterministic Conceptual

Deterministic Conceptual, nebo také koncepční modely jsou přístupy, které prezentují fyzikální zákony v zjednodušené formě a mohou obsahovat dávku empirických odvozených vztahů (Becker A, 1990). Tyto modely se snaží potlačit prostorovou složku. Řešením těchto modelů jsou diferenciální rovnice

1.20.7 Deterministic Black-box

Deterministic Black-box používá jen empiricky odvozený vztah mezi vstupními a výstupními veličinami. Nebere v úvahu řídicí zákony. Vnitřní procesy jsou skryté. Tyto modely jsou vhodnější na menší povodí. (Buchtele J, 2002)

1.20.8 Stochastické modely:

Stochastic Probabilistic, nebo také pravděpodobnostní modely, tyto modely jsou typické tím, že jednotlivé parametry jsou charakterizovány pravděpodobnostním rozdělením, jako je max. a min. průtok, vodní stav nebo hypodermický odtok.

Stochastic Timeseriesgeneration jsou modely, které nám generují časovou řadu. Tyto modely používáme při extrapolaci časových řad.

Stochastické modely jsou většinou vztaheny ke konkrétním bodům, stanicím, kde jsou data naměřena, na rozdíl od přístupů deterministických, kde se vztahují přímo k definovanému systému. Co se týče praxe, převládá deterministický přístup, ale se stochastickými modely se můžeme v operativní hydrologii, hlavně při dlouhodobých předpovědích a v projekčních činnostech vodohospodářských staveb. (Daňhelka Jan, 2003)

1.20.9 Klasifikace podle míry časové a prostorové diskretizace

Časová diskretizace, míra se určuje podle využití modelu, pro různé modelování jsou vhodnější různě dlouhé časové kroky, může to být hodina, den, týden, měsíc, nebo rok. Rozdělujeme modely kontinuální a epizodní. Kontinuální modely nám simulují delší období i více let. Většinou se tyto modely používají pro větší území. Epizodní modely používáme pro simulaci dílčí události jako třeba hydrologické sucho nebo povodeň, používáme spíše na menších povodích při simulaci přívalových srážek.

Prostorová diskretizace, pokud vybereme vhodný model, tak i tím vytváříme jeho topologii, máme dvě kategorie, distribuované a celistvé modely.

Celistvé modely nebo také lumped model. Parametry, které charakterizují dané povodí, se vztahují k celému povodí nebo k dílčímu povodí, bodově naměřené hodnoty například srážky měřené na meteorologické stanici jsou geostatistickou metodou převáděny na hodnoty plošné. Distribuované modely jsou modely, které jsou založeny na distribuovaných parametrech. Počítáme s prostorovou variabilitou vstupních parametrů. Povodí je následně rozděleno na mřížku nebo také grid a všechna políčka, mřížky mají také svou charakterovou hodnotu parametru.

Semi-distribuované modely jsou v podstatě kombinací celistvého a distribuovaného modelu.

1.21 Model HEC

Model HEC neboli The Hydrologic Engineering Center, založený roku 1964 jakožto centrum inženýrské ženíjní složky armády USA. Vznikl z důvodu nově vznikajícího odvětví hydrologického strojírenství a zabýval se zejména vývojem různých hydrologických softwarů. Asi nejznámější program je HEC-RAS. Jedná se o jednorozměrný hydrodynamický model, který umožňuje řešit stromové i okružní sítě přirozených i otevřených koryt, a to i příčných a podélných objektů na toku. Umožňuje také výpočet nerovnoměrného proudění jak v ustáleném, tak i v neustáleném režimu. Pomocí metody po úsecích. Výpočty proudění HEC-RAS vytváří pomocí Saint-Venantových rovnic neustáleného proudění. V HEC-RAS můžeme také nadefinovat odpor koryta na dílčím profilu. Díky tomu může mít profil proměnlivé drsnosti. Toto nám řeší Manningový součinitel drsnosti, nebo můžeme využít parametr zrnitosti (složení materiálu dna).

Program HECRAS umí řešit hydraulické funkce mostů a jezových konstrukcí různými metodami s několika scénáři hydraulického proudění. Tím může být volná hladina, volný výtok, tlakové proudění mostním profilem a přelévavý mostní objekt. Program HEC-RAS můžeme použít v kombinaci s programem HEC-GeoRAS. Tento program je nástrojovým rozšířením programu ArcGIS. Toto rozšíření nám umožní přípravu a export geodetických dat. HEC-RAS je volně ke stažení na webových stránkách US Army Corpsof Engineers (<http://www.hec.usace.army.mil/>).

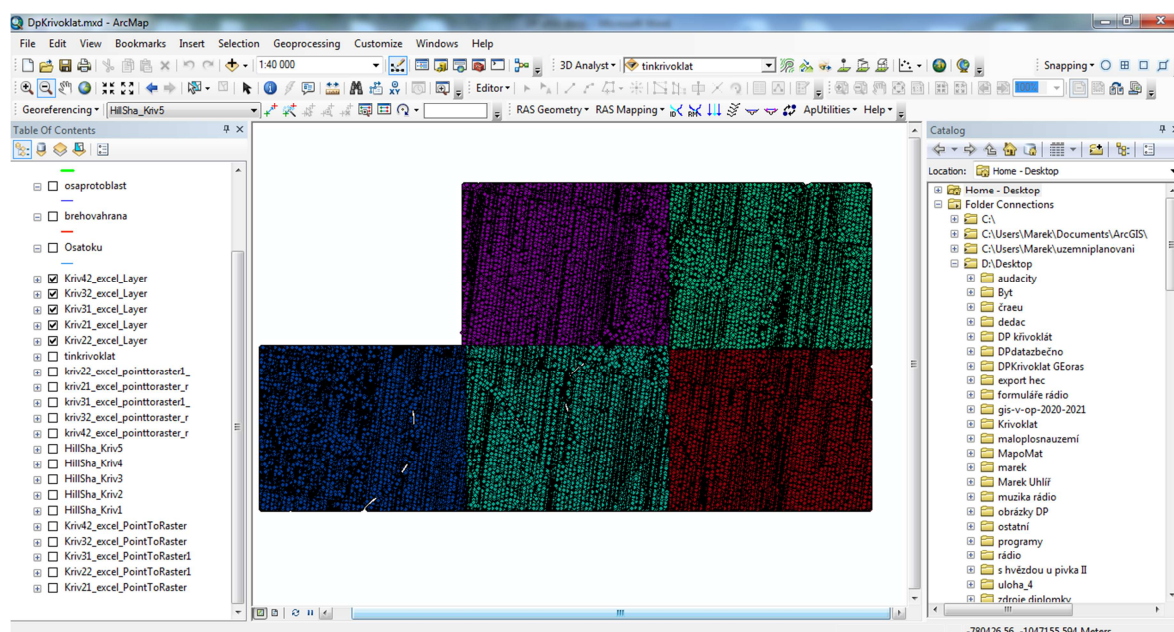
HEC-HMS neboli Hydrologic Modeling System, je asi nejvíc rozšířený srážko-odtokový model. HEC-HMS je hlavně celistvý model. Dokáže využít hodně metod, které se používají hydrologii, ale i hydraulice. Do srážko-odtokového modelu vstupují různé faktory, to stejné platí i u HEC-HMS. Vstupní hodnoty modelu bývají srážky, ty mohou být jak dešťové, tak ale i sněhové. Mohou být v různých formách například formou časových řad, nebo formou plošného úhrnu srážek, nebo také evapotranspirace, což je výpar, který se vztahuje k danému území, dále také intercepce, což je voda zachycena vegetací. Důležitý faktor je povrchový a hypodermický odtok vody z povodí. HEC-HMS popisuje také jednotlivé jevy srážko-odtokového procesu. Model objemu odtoku, meteorologický model, model podzemního odtoku, model přímého odtoku a korytový model. HEC-HMS můžeme doplnit, stejně jako HEC-RAS, o rozšíření HEC-GeoHMS, které slouží k přípravě vstupních dat. (Feldman A.D., 2000)

8. Vlastní práce

Celou práci bych rozdělil do několika kroků, jako první krok bylo zpracovat data. K dispozici jsem měl digitální model terénu páté generace a N-leté průtoky. Další fáze modelování v HEC-RAS. Poslední fáze vizualizace zaplavené oblasti.

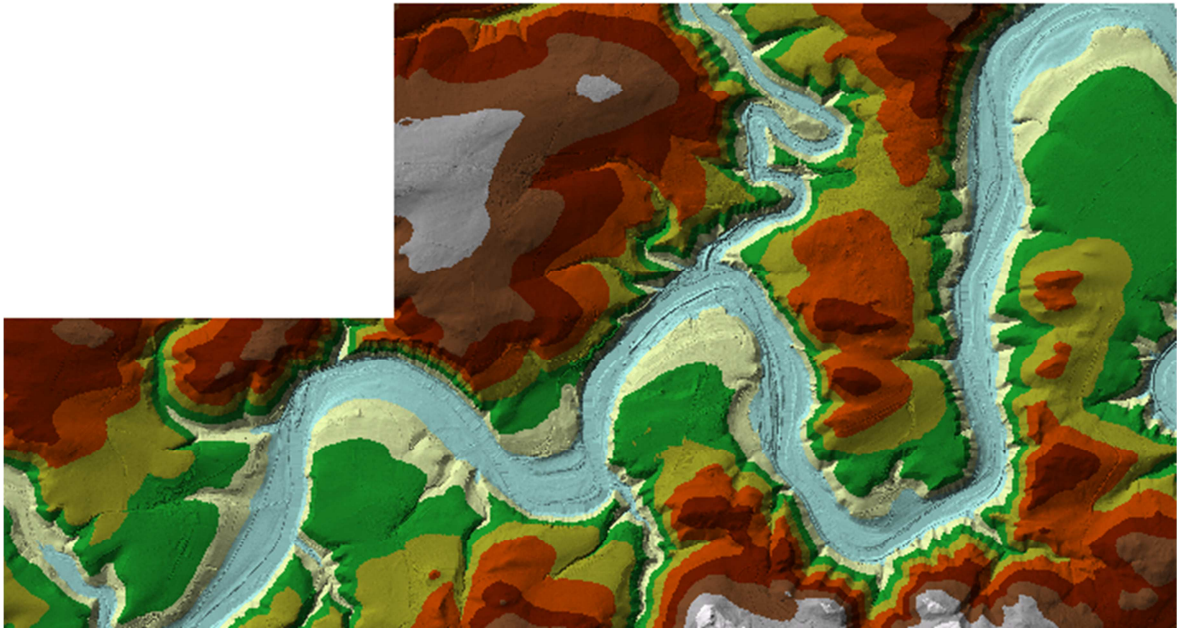
1.22 Fáze zpracování dat

Co se týče DMT, tak jsem ho získal v podobě textového souboru, který nejprve bylo nutné otevřít v programu Microsoft Excel, poté jsem soubor otevřel v programu ArcMap a vytvořil jsem z dat bodovou vrstvu. Data byla formou jednotlivých dlaždic.



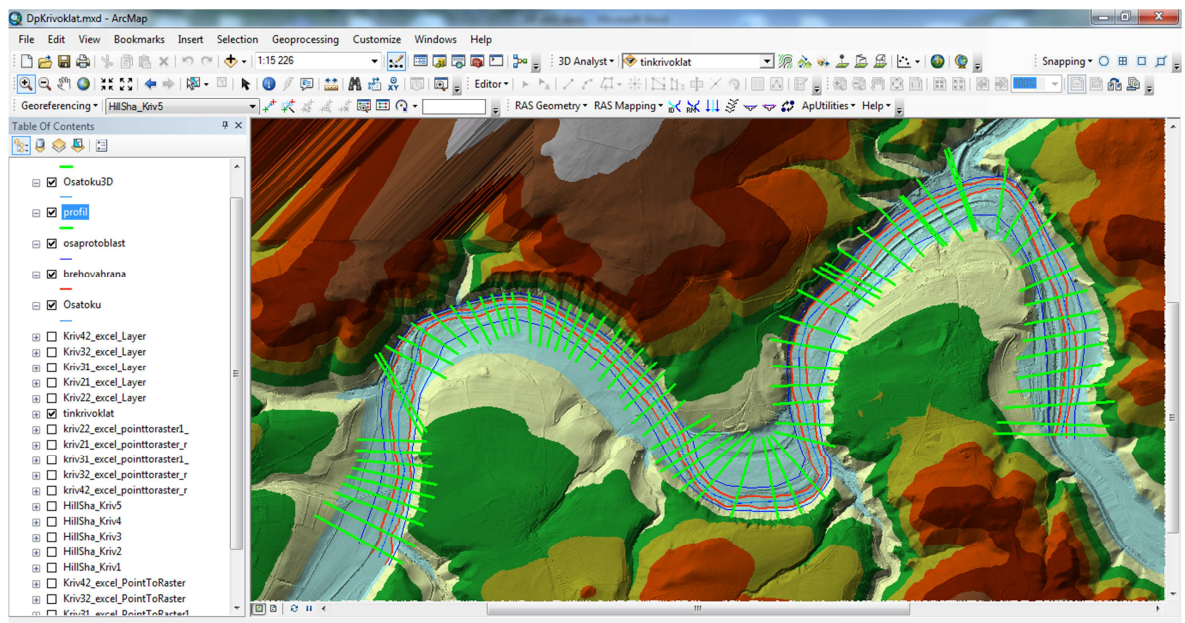
Obrázek 45 bodová vrstva DMT ve formě dlaždic

Dále jsem tuto bodovou vrstvu vizualizoval pomocí funkce TIN. Z jednotlivých dlaždic jsem vytvořil jednu celistvou vrstvu, která nám ukazuje, jak vypadá terén v záměrné oblasti.



Obrázek 46 vytvořený TIN z jednotlivých bodů

Poté jsem pomocí rozšířených funkcí HEC-geo RAS a pomocí editoru jsem vytvořil osu toku, hranice vodního toku a protékající oblast. Jako poslední jsem vytvořil příčné profily.

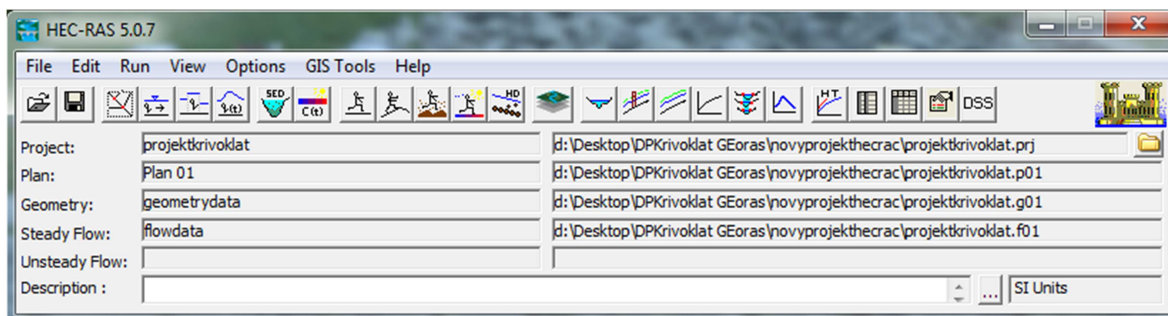


Obrázek 47 vykreslení vodního toku, osa toku a příčné profily

V nastavbě HEC-geoRAS jsem nastavil Layer jako je na obrázku, a v záložkách Stream centerline Attributes a XS cut line attributes jsem nastavil hodnoty a poté jsem vytvořil 3D

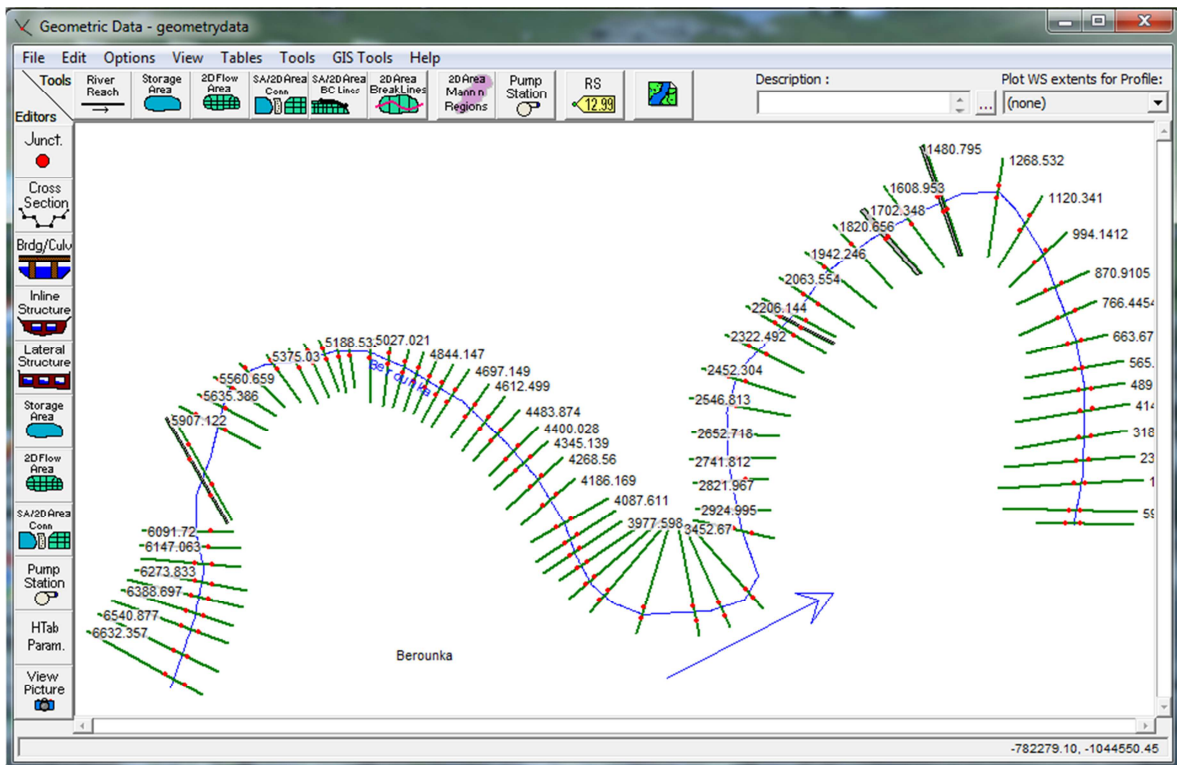
profily a 3D osu toku s hranicemi koryta. Tyto data jsem následně vyexportoval pro program HEC-RAS. A tím skončila první fáze.

1.23 Modelování v HEC-RAS



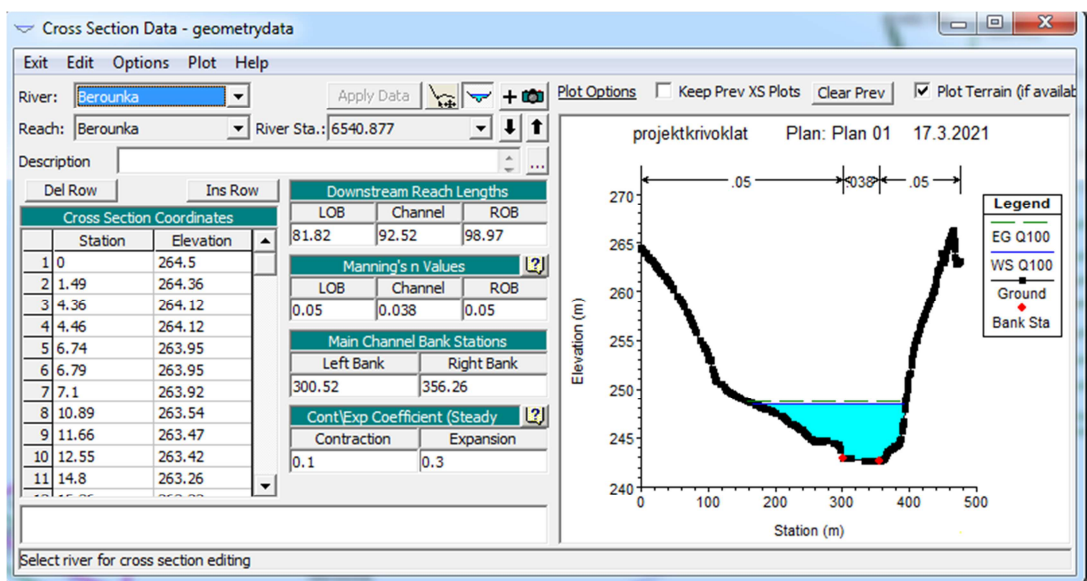
Obrázek 48 program HEC-RAS hlavní nabídka

Další část probíhala v programu HEC-RAS, kde nejprve bylo potřeba nastavit program, první jsem nastavil, aby byla místo desetinné čárky tečka, toto jsem provedl v ovládacích panelech počítače. Důležité je také nastavit jednotky na metrické v soustavě SI. Nastavení jednotek nalezneme v záložce options – convert project units a nastavíme jednotky. Vytvořil jsem nový projekt v záložce File – New project a uložil jsem ho do předem připravené složky. Po takto nastaveném programu můžeme přejít k samotnému importu dat, otevřeme si okno Edit/view geometric data – dále otevřeme záložku File – import geometry data – GIS format (z důvodu toho, že jsem data zpracovával v programu ArcMap). Dále jsem vybral data, která jsem si předtím zpracoval, nastavil jsem správné jednotky a potvrdil, nyní by se měla načíst data.

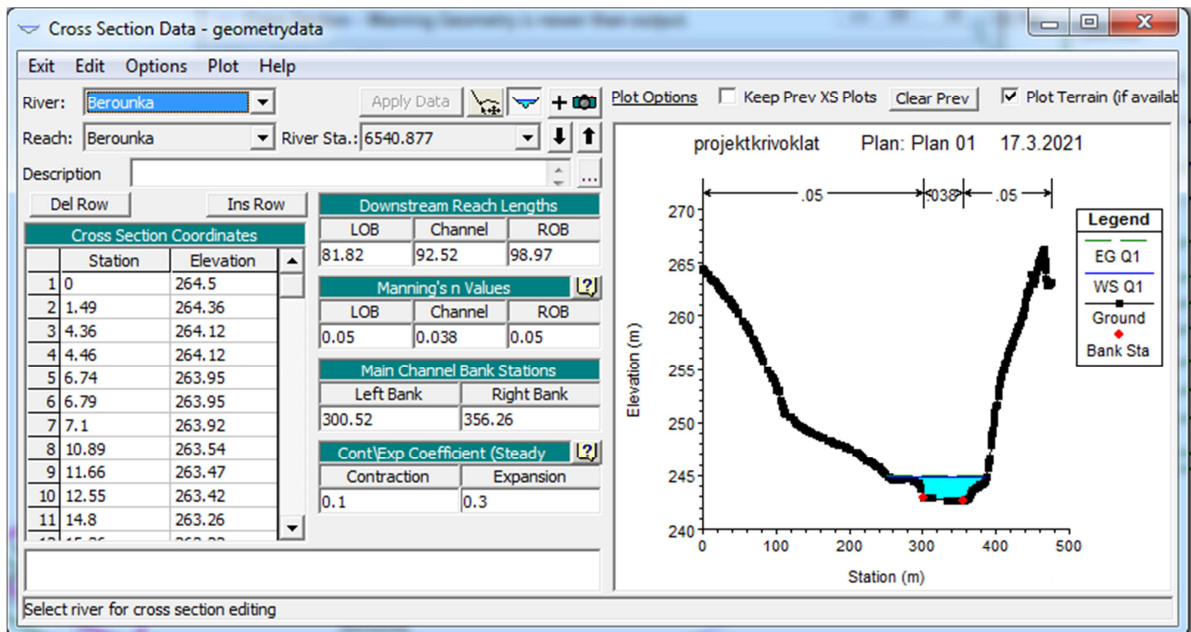


Obrázek 49 importovaná data v HEC-RAS

Po načtení těchto dat je nutné zadat koeficient drsnosti v záložce crosssection data. Já jsem koeficient drsnosti vzal z tabulkových hodnot a porovnal je s typem a stavem koryta, bral jsem v úvahu, že koryto je převážně písčité, ale břehy jsou zatravněné. V okolí řeky se nachází keře a stromy, které také snižují rychlost a zvyšují tření. Proto jsem koeficient drsnosti nastavil na 0.05, v korytě na 0.038. V místech, kde jsou břehy zpevněny a tam, kde se nachází jezy, jsem nastavil koeficient drsnosti na 0.03. Stav koryta je popsán v kapitole 1.12, kde jsou i fotografie (obrázek 43,44) z terénního průřezu zájmového území.

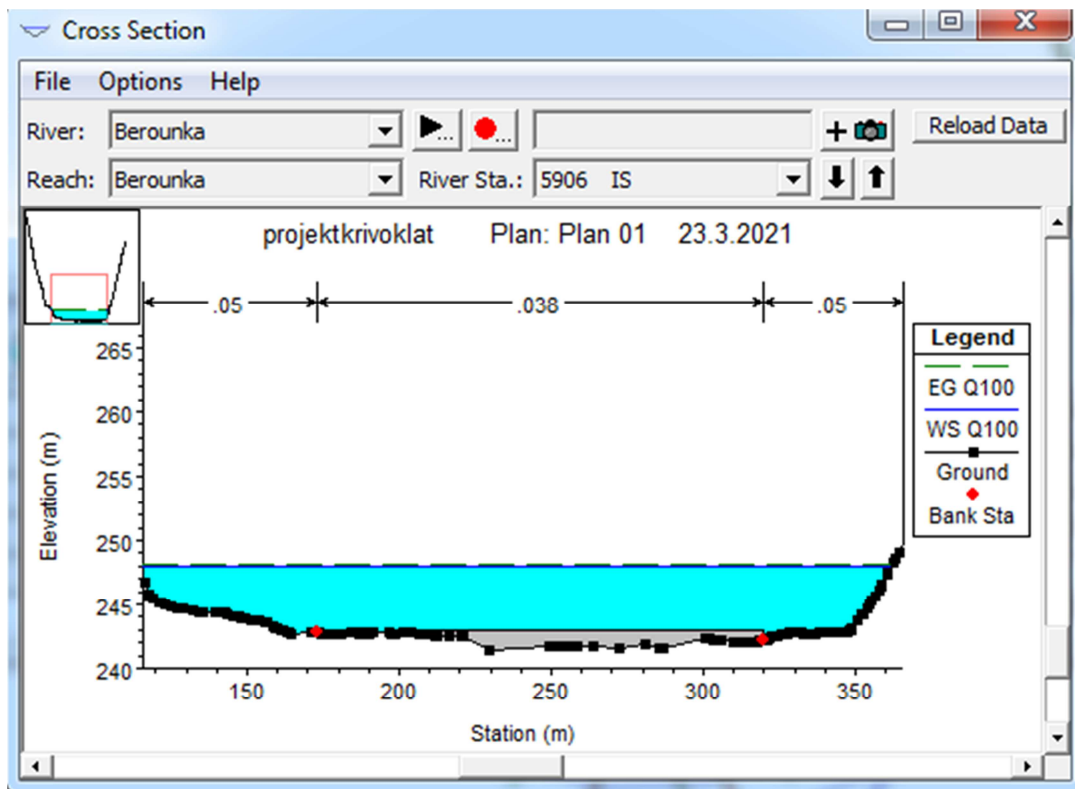


Obrázek 50 příčný profil při Q100 začátek zájmového území

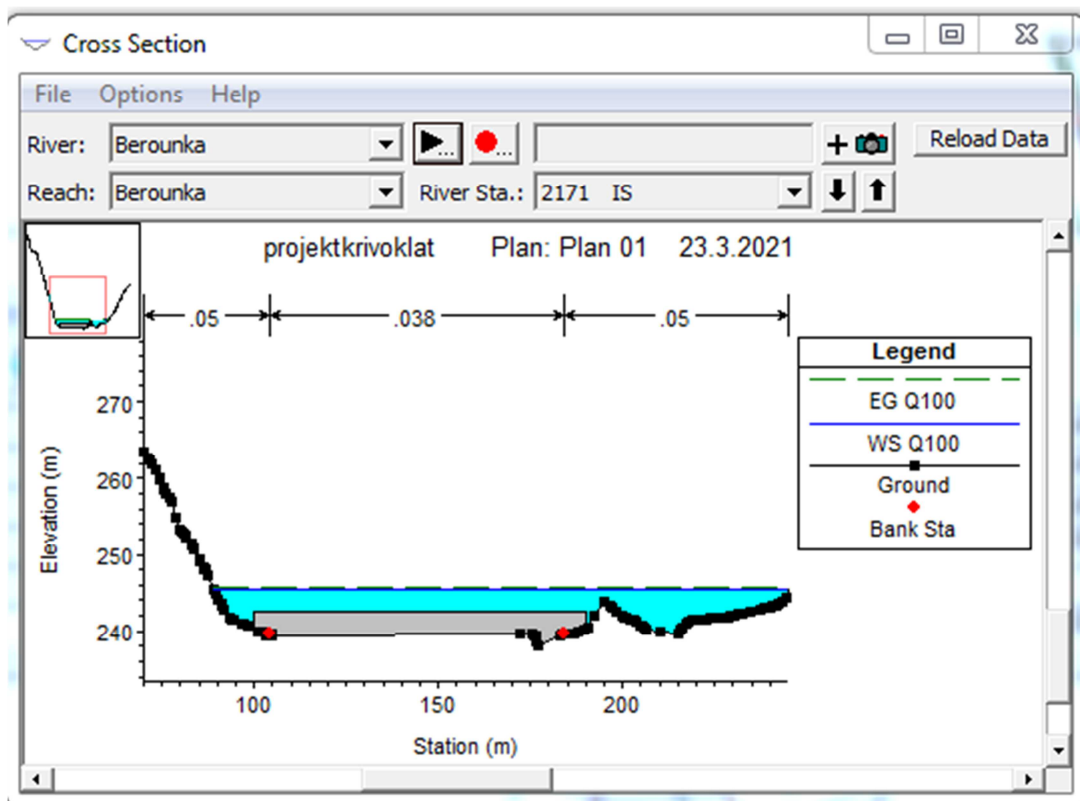


Obrázek 51 příčný profil při Q1 začátek zájmového území

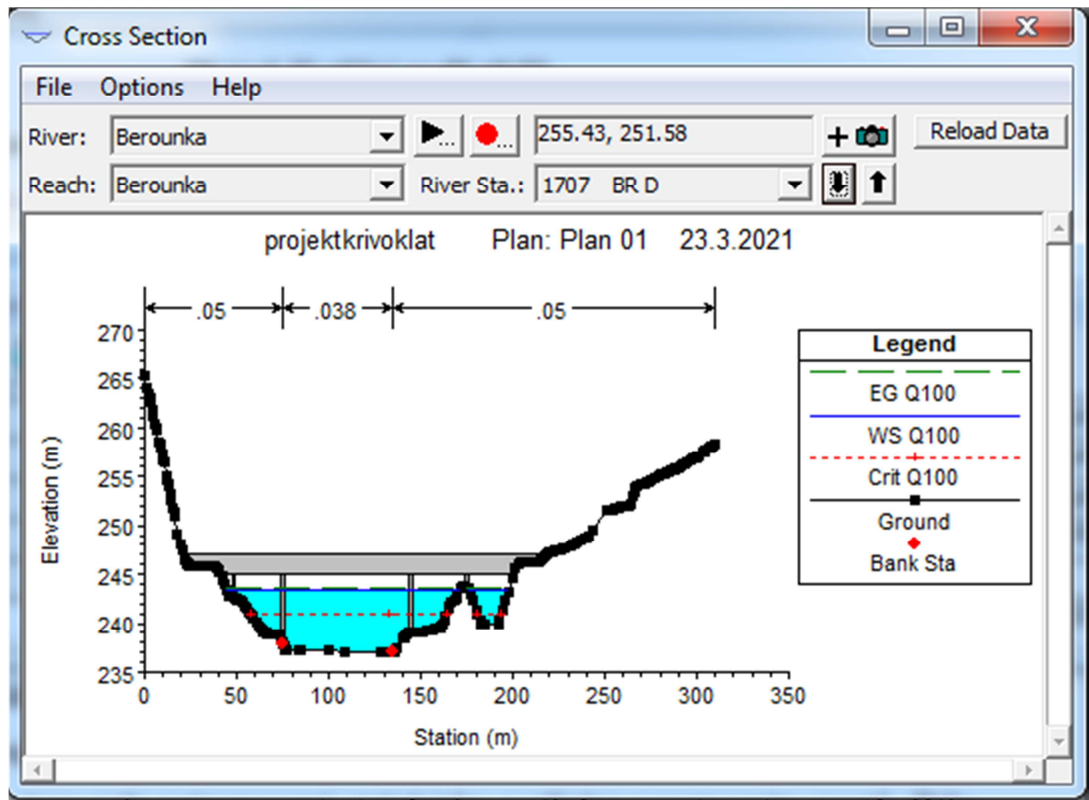
Dále je potřeba nastavit parametry jednotlivých příčných objektů. Já jsem měl v zájmovém území dva mosty a dva jezy. Mosty jsem nastavil v záložce Bridge culvert data, kde jsem nejprve nastavil parametry mostovky a poté jednotlivých podpěr. V záložce Deck/Roadway jsem nastavil takto, pole distance znamená vzdálenost od nejbližšího profilu nad objektem pole width značí šířku mostovky, pole Station je vodorovné staničení, které je vyznačeno na příčném profilu pole high chord je horní úroveň mostovky pole low chord je dolní úroveň mostovky. Tlačítkem Copy US to DS se dají kopírovat hodnoty do dolní části mostní konstrukce. V záložce Pier Data Editor se nastavují parametry jednotlivých podpěr pole, Pier nám ukazuje číslo, jakou podpěru nastavujeme, pole Add nám přidává další podpěru políčka, Centerline Station Upstream a Downstream nám udávají staničení osy pilíře. Do pole Pier Width jsem zadal šířku podpěry a do pole Elevation horní a dolní nadmořskou výšku podpěry. Podobně se nastavují i parametry jezů, akorát se to provádí v záložce Inline Structure Data – geometrydata, kde jsou pole pojmenovaná stejně jako v záložce s nastavením mostů. Dále jsem uložil geometrická data a přesunul jsem se nastavování průtoku a okrajových podmínek. Tedy do záložky Steady Flow Data, zde jsem nastavil okrajové podmínky, které se nastavují kliknutím na políčko Reach Boundary Conditions a zároveň jsem nastavil jednotlivé průtokové situace, které jsem pojmenoval Q1 až Q100. Přejmenování jednotlivých profilů se nastaví v záložce Options – Edit Profile Names.



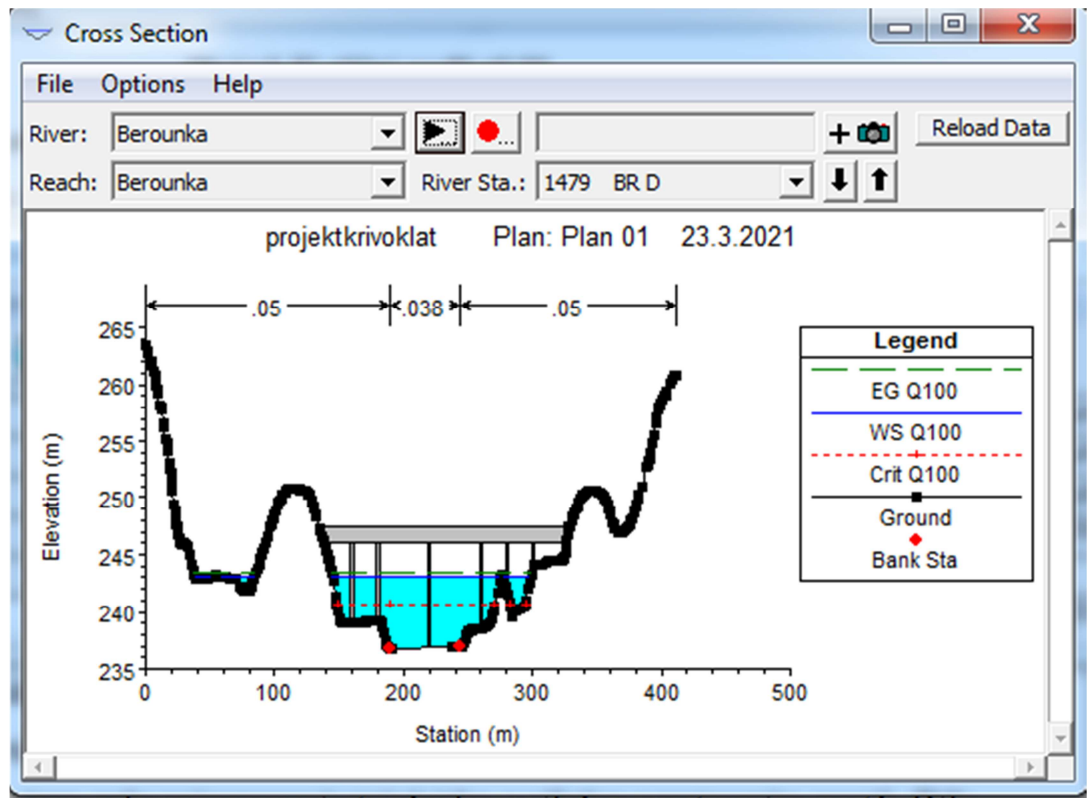
Obrázek 52 příčný profil při Q100 Nezabudický jez



Obrázek 53 příčný profil při Q100 jez v Roztokách

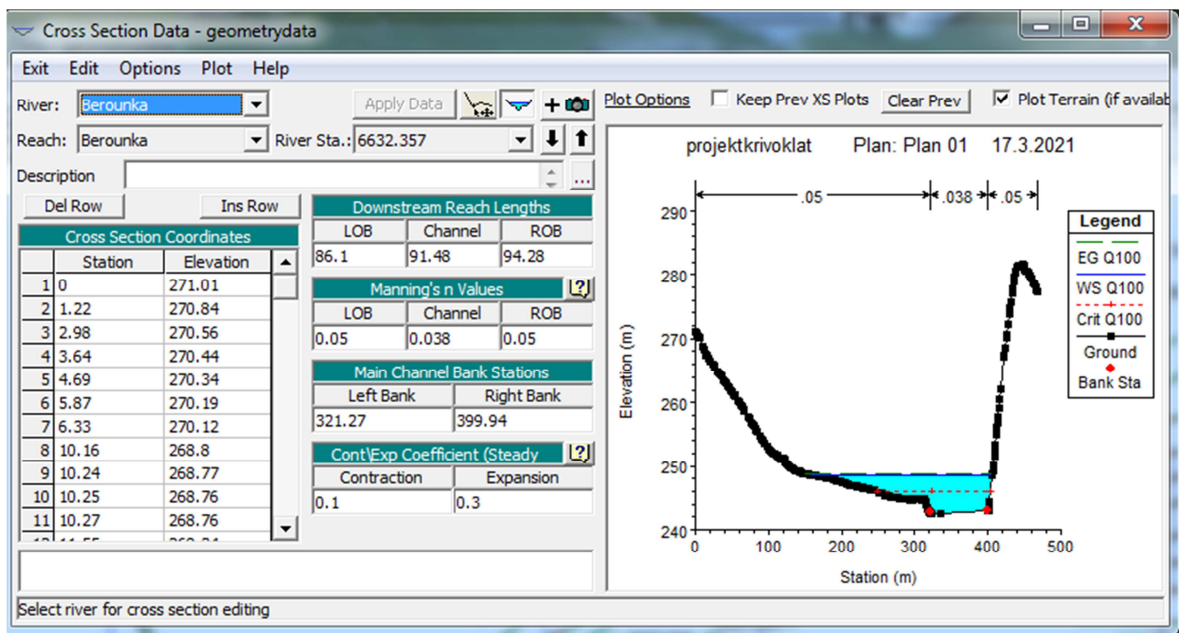


Obrázek 54 příčný profil při Q100 silniční most

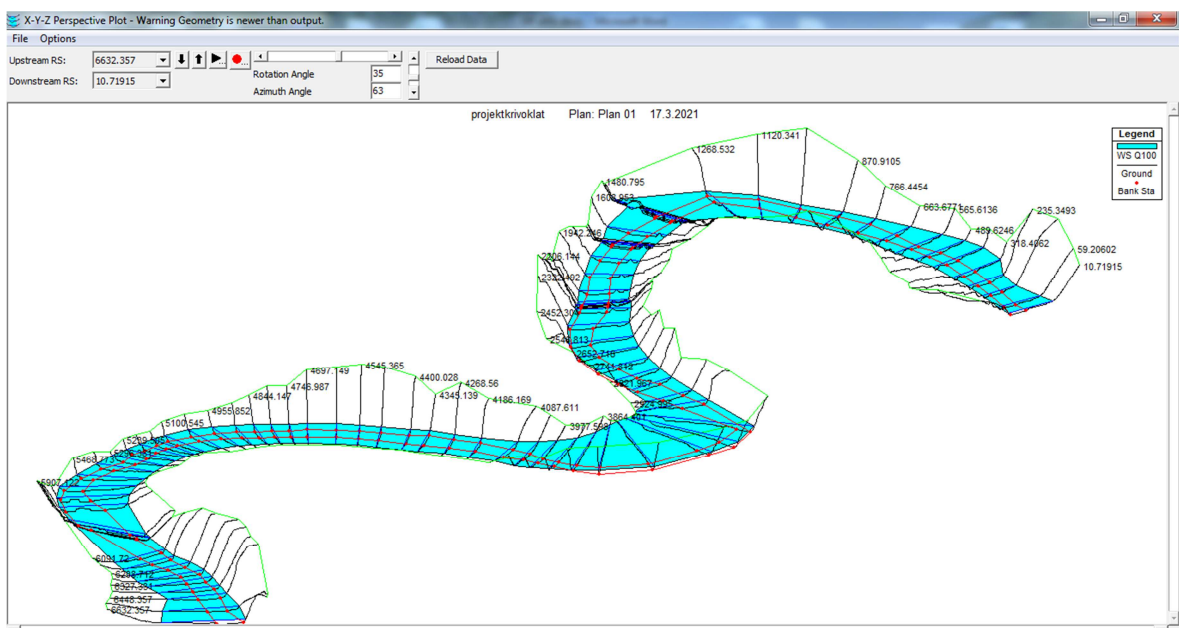


Obrázek 55 příčný profil při Q100 železniční most

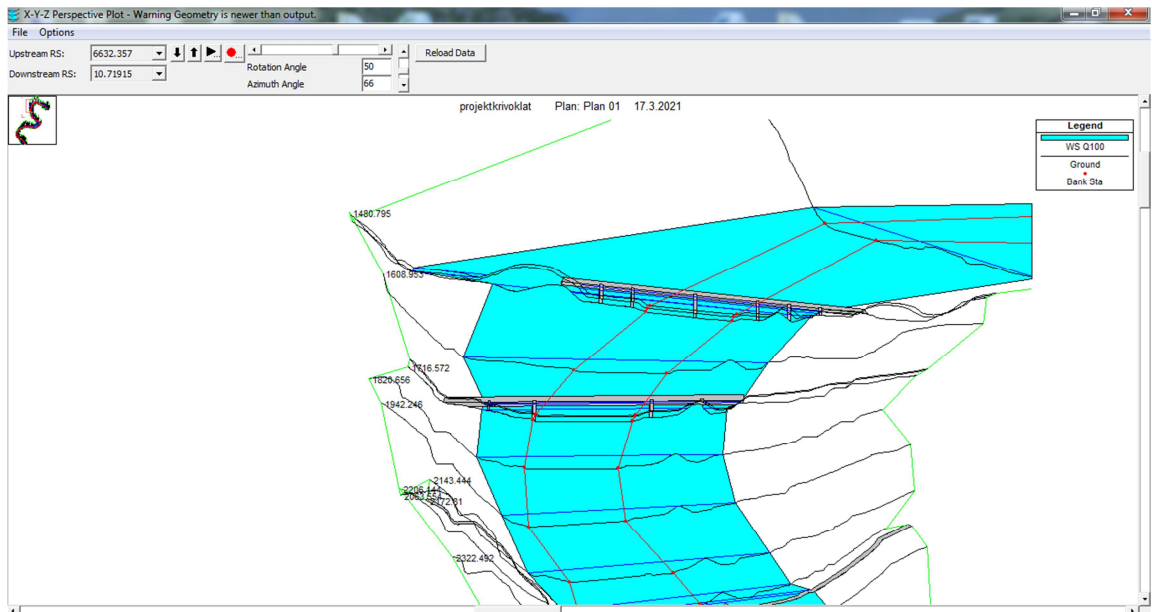
Po uložení tohoto nastavení můžeme přejít k samotnému výpočtu. Výpočet jsem provedl kliknutím na tlačítko Perform a steady flow simulation. Nyní se můžeme podívat na jednotlivé profily, nebo na celé zájmové území. Jednotlivé profily se nachází v záložce Wiewcrosssection a celé území můžeme zobrazit v záložce View 3D multiple crosssection plot. Takto zpracovaná data jsem exportoval pro program ArcMap. Exportování dat je v záložce File – Export GIS Data.



Obrázek 56 příčný profil



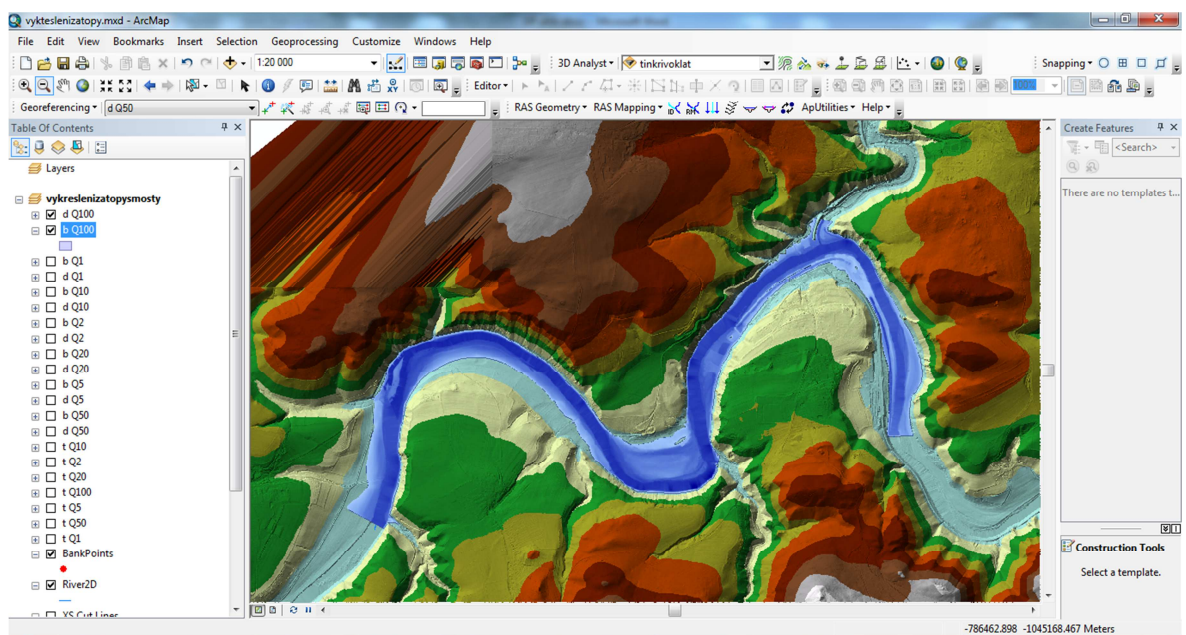
Obrázek 57 vizualizovaná 3D data HEC-RAS



Obrázek 58 vizualizovaná 3D data HEC-RAS detail

1.24 Vizualizace zaplavené oblasti

Data jsem nejprve převedl z formátu SDF na formát XML pomocí funkce Convert RAS Export SDF to XML. Pak jsem v záložce RAS Mapping nastavil Layer a importoval jsem data. Dále bylo nutné vytvořit plochu zátopy ve formě TIN. To jsem provedl pomocí RAS Mapping – Inundation Mapping – Water Surface Generation. Poté jsem z těchto dat vytvořil mapu hloubek, a to pomocí funkce RAS Mapping – Inundation Mapping – Floodplain Delineation – Grid Intersection. Výsledkem je 7 vrstev, Q1 Až Q100, které nám ukazují jednotlivé zátopy podle návrhových průtoků.

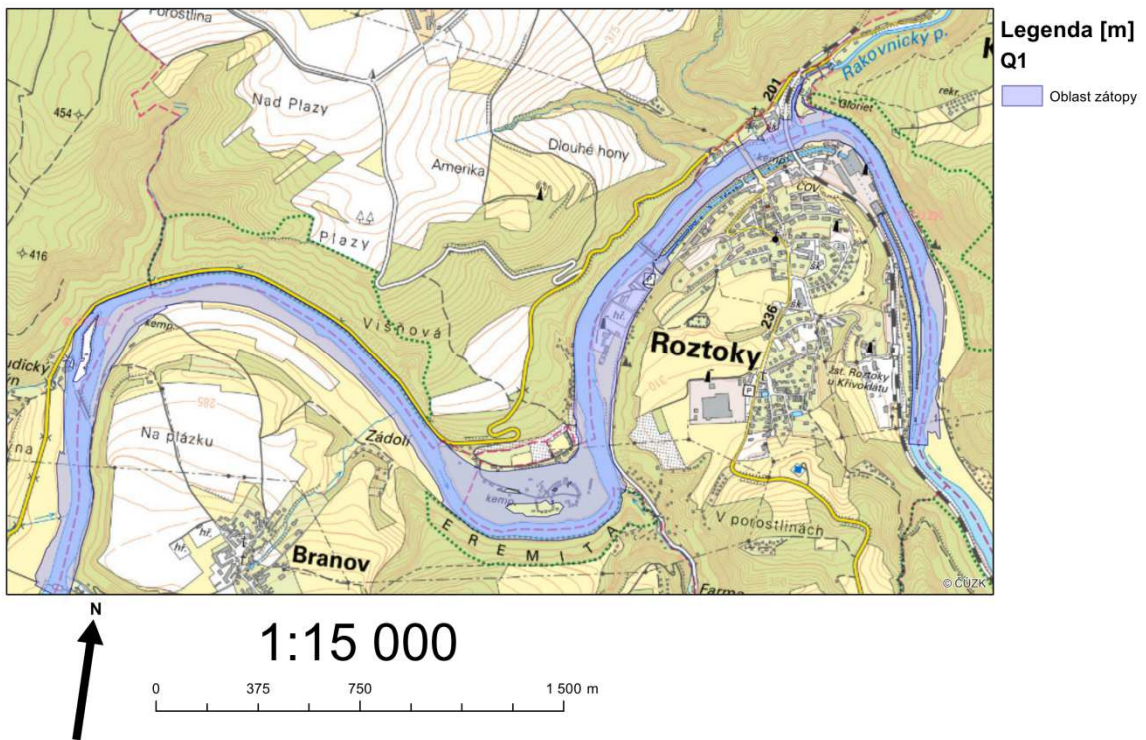


Obrázek 59 vizualizovaná oblast zátopy při Q100

9. Výsledky

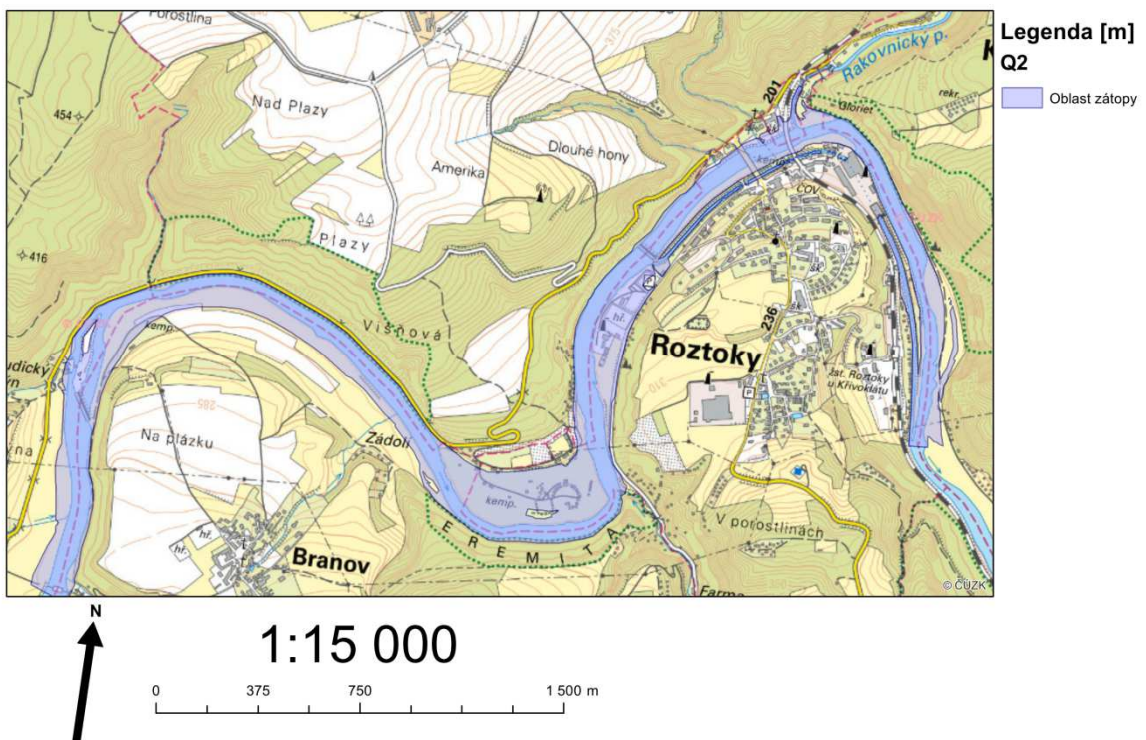
Díky vizualizaci výsledků jsem mohl mezi sebou porovnat jednotlivé průtoky. Na přiložených výstupech lze vidět, jak se mezi sebou liší jednotlivé průtoky. Největší rozdíly, co se týče zatopené plochy, se nachází v oblastech, kde je nejpozvolnější stoupání od koryta řeky. Na jednotlivých hladinách se postupně zaplavují různé ostrůvky, zejména v oblasti Nezabudického mlýna. Co se týče jednotlivých staveb na toku, řekl bych, že jsou vhodně navrženy například mosty. Ani při návrhovém průtoku Q100 se mostovka nedostala pod hladinu vody a most jako takový by taková to zátopa neměla ohrozit. Co se týče jezů, tak při zvýšeném stavu vodní hladiny, voda přetéká přes těleso jezu a místo, které je ohrožené, je pravděpodobně budova elektrárny. Samozřejmě je možné, že těleso by mohlo být poškozeno nějakou formou plavenin, například mrtvým dřevem a podobně, ale myslím si, že vodní stavby na vybraném úseku jsou poměrně ve slušné kondici, a tak by je neměl ani návrhový průtok Q100 ohrozit. Co se týče koryta řeky a jeho okolí, tak největší problém je v rekreační oblasti Višňová, která by při Q100 byla z větší části pod vodou. V této oblasti se nachází kemp s karavany a tábořiště. Jinak je oblast poměrně připravená a nehrozí zde nějaké větší škody na majetku, a to je pravděpodobně i z toho důvodu, že v minulosti v této oblasti měla být vyprojektována vodní nádrž, a tak se v blízkosti toku nepovolovali žádné stavby. Tato vodní nádrž měla regulovat případné povodně, ale místní obyvatelstvo nemělo zájem o vybudování. O něco horší situace se nachází v Obci Roztoky u Křivokláta. Budovy, které jsou bezprostředně u koryta řeky, jsou postupně zaplaveny. Při Q100 v podstatě zmizí náhon do elektrárny a celé údolí je jedno velké koryto řeky. V obci Roztoky, při Q100 bude zaplavené fotbalové hřiště, rekreační zařízení, průmyslový areál s elektrárnou, škola a budovy, které jsou v blízkosti koryta. Obyvatelé obce Roztoky jsou seznámeni s problematikou povodní, a v případě vyhlášení nějakého stupně povodňové aktivity se obyvatelé řídí svými pokyny, které mají minimalizovat škody způsobené povodní.

Zaplavená oblast při Q1



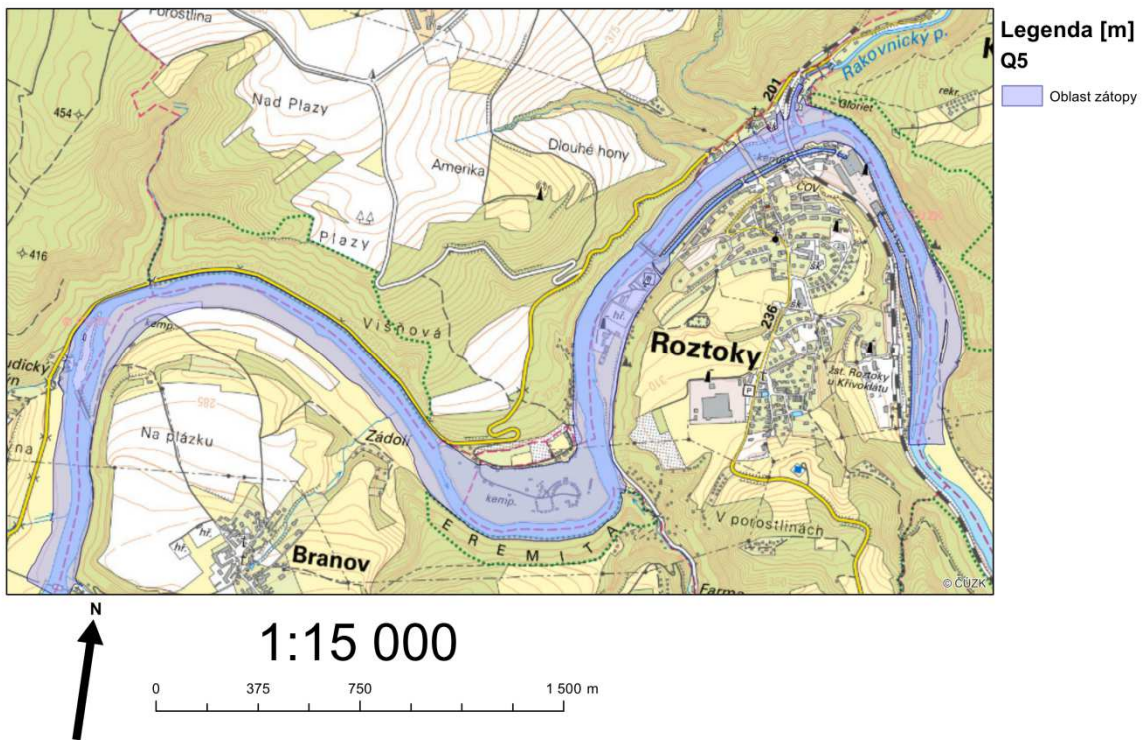
Obrázek 60 oblast zátopy na mapovém podkladu při Q1

Zaplavená oblast při Q2



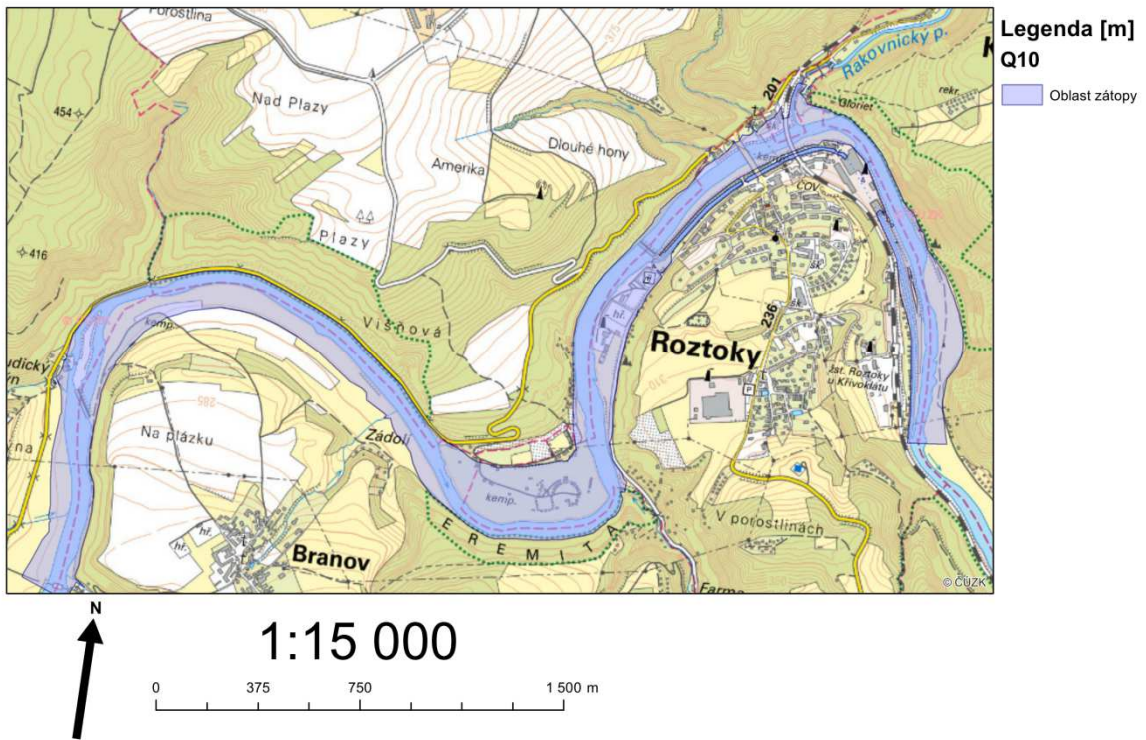
Obrázek 61 oblast zátopy na mapovém podkladu při Q2

Zaplavená oblast při Q5



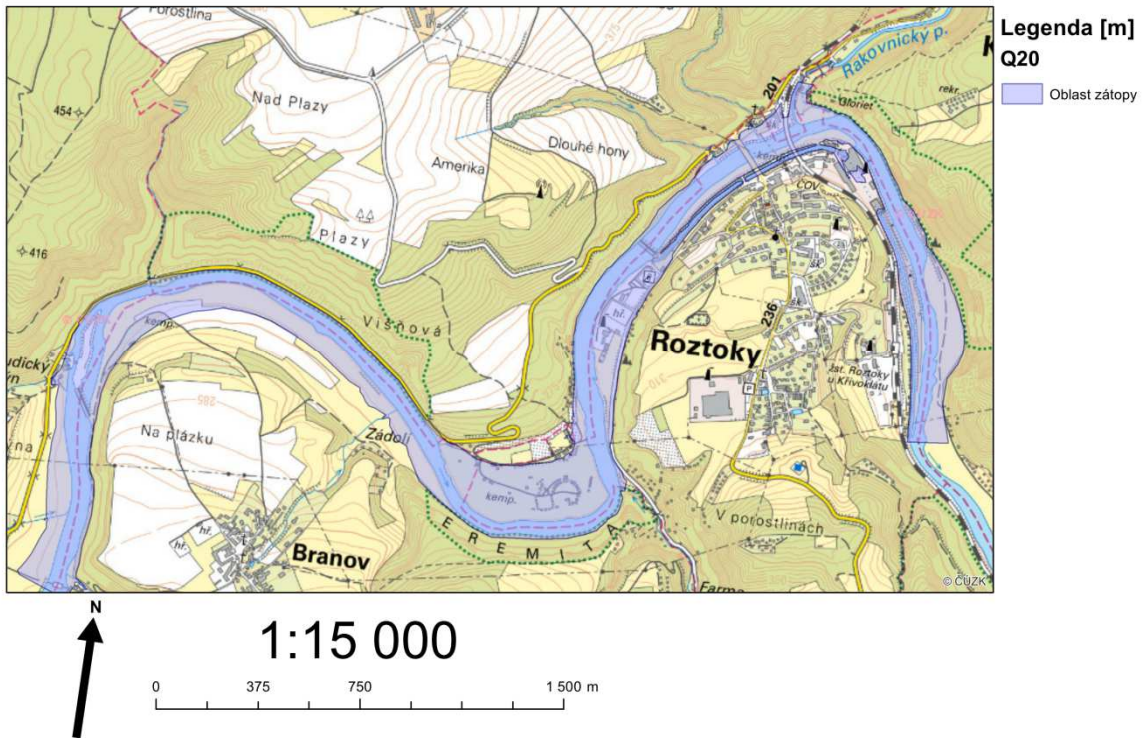
Obrázek 62 oblast zátopy na mapovém podkladu při Q5

Zaplavená oblast při Q10



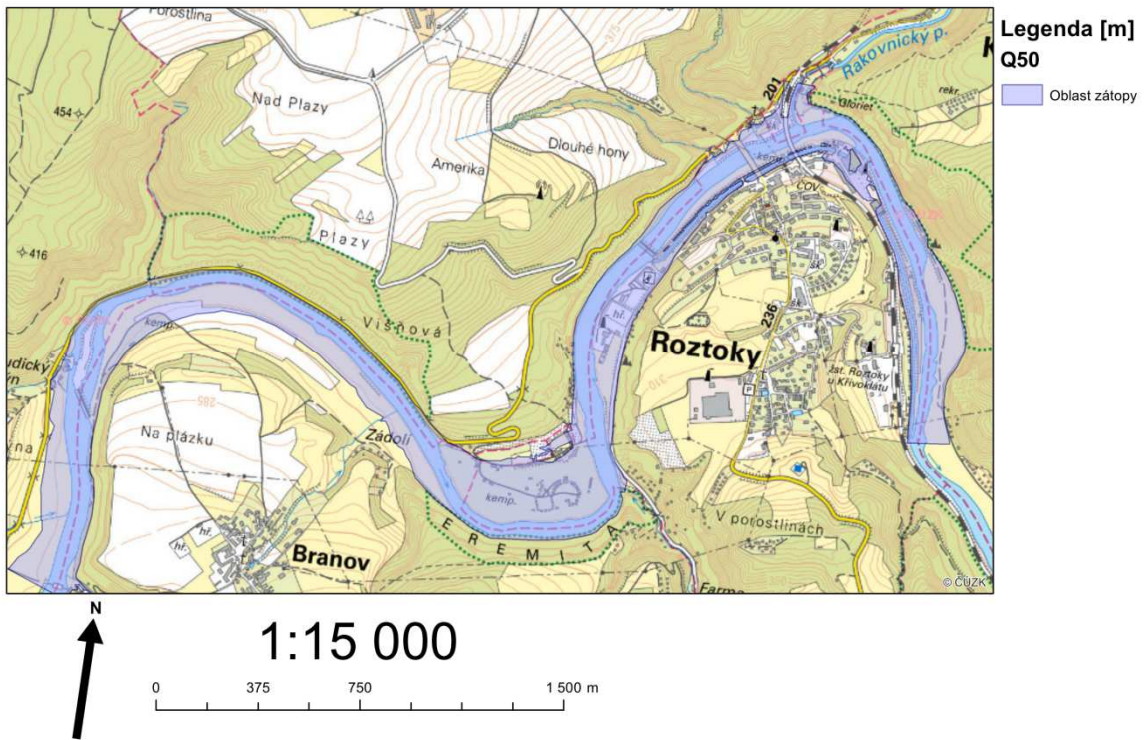
Obrázek 63 oblast zátopy na mapovém podkladu při Q10

Zaplavená oblast při Q20



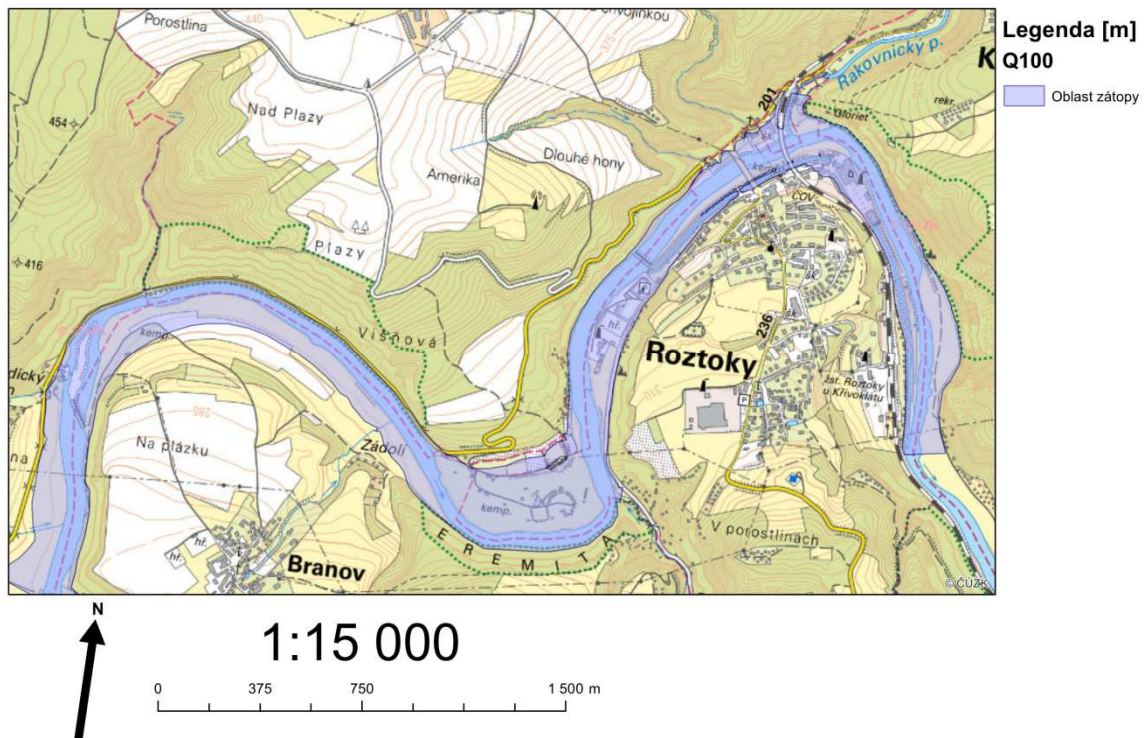
Obrázek 64 oblast zátopy na mapovém podkladu při Q20

Zaplavená oblast při Q50

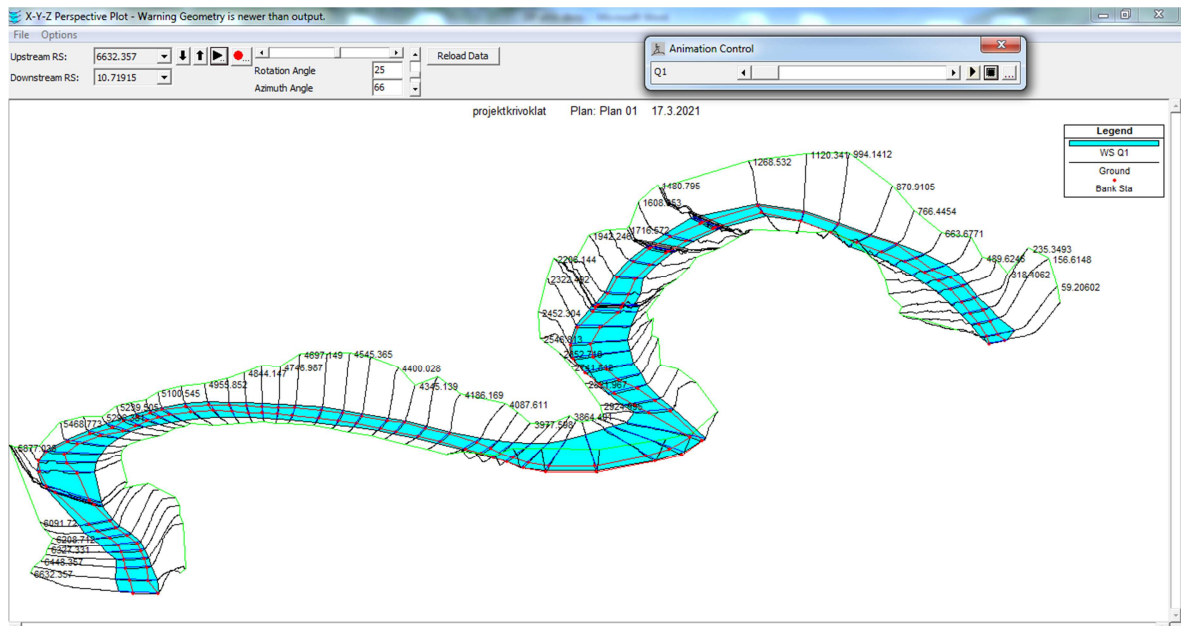


Obrázek 65 oblast zátopy na mapovém podkladu při Q50

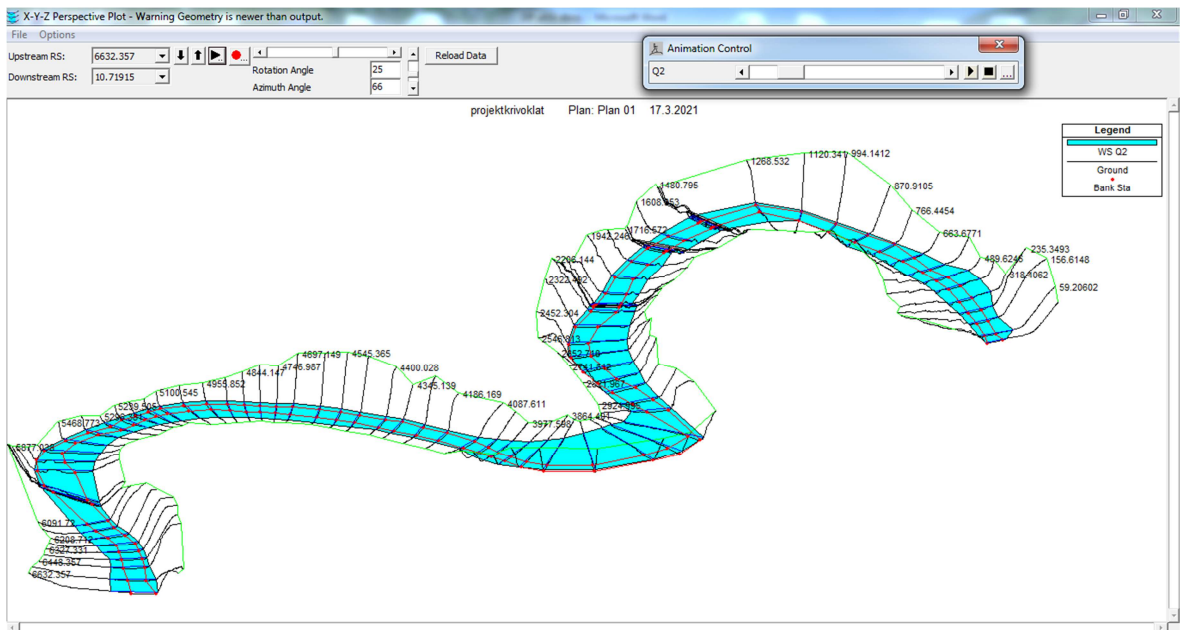
Zaplavená oblast při Q100



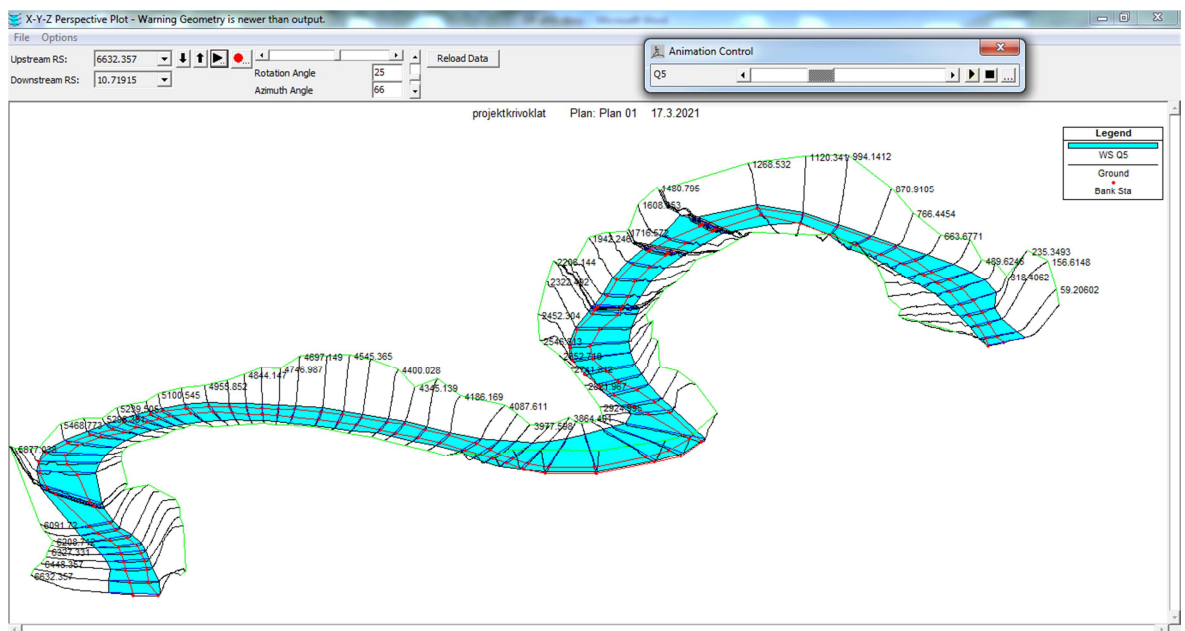
Obrázek 66 oblast zátopy na mapovém podkladu při Q100



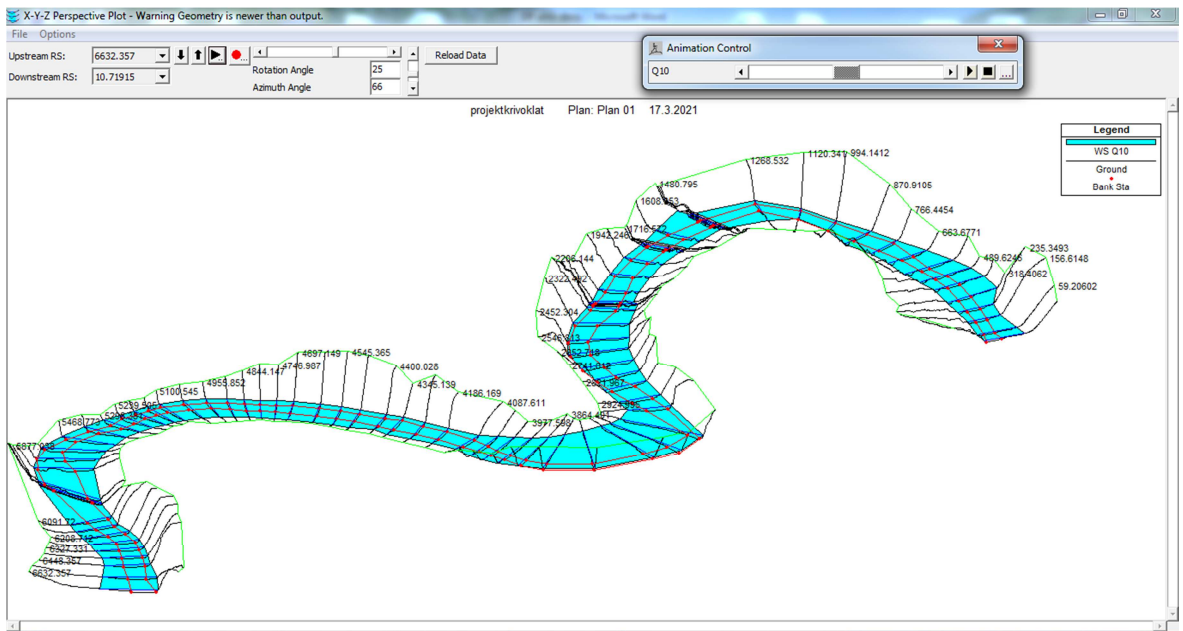
Obrázek 67 3D vizualizace v programu HEC-RAS (Q1)



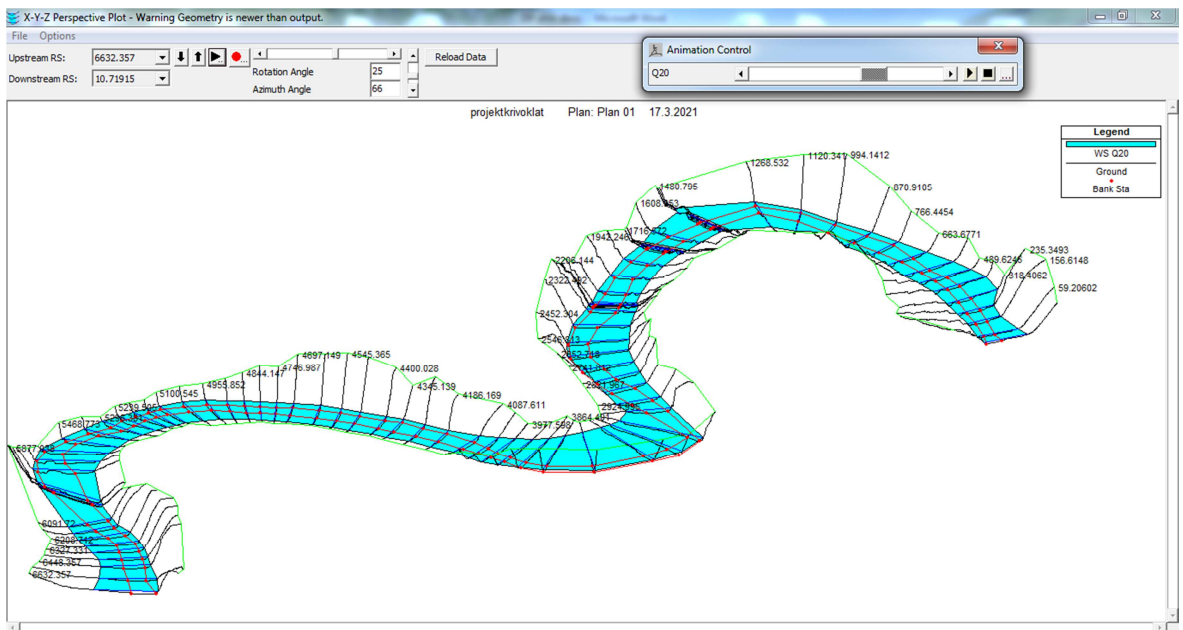
Obrázek 68 3D vizualizace v programu HEC-RAS (Q2)



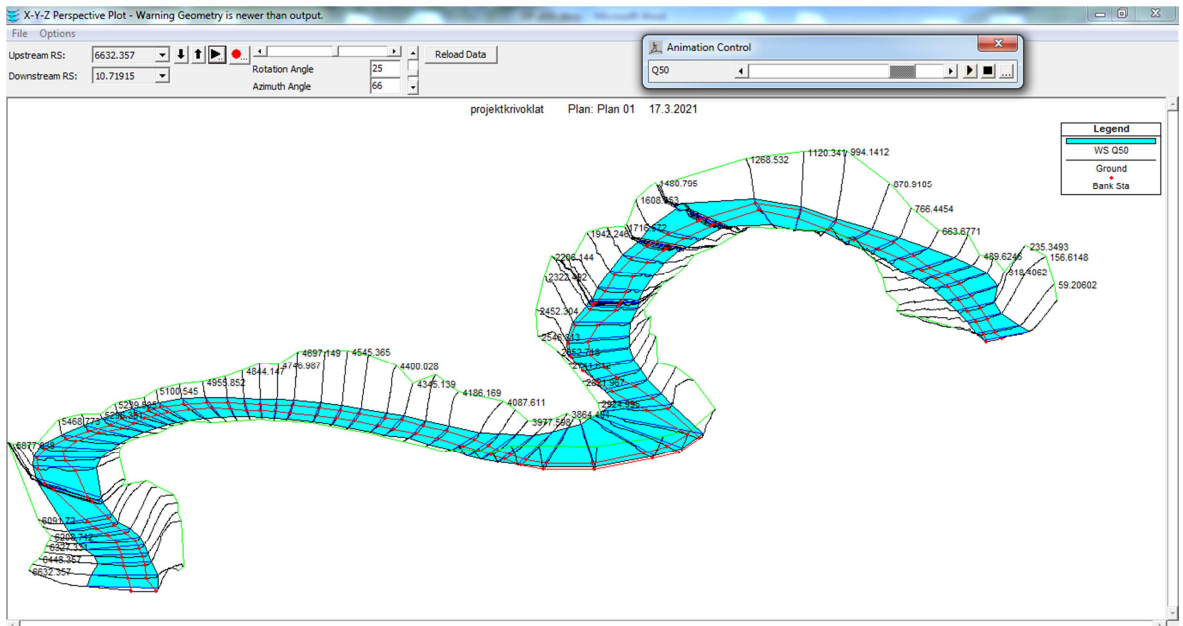
Obrázek 69 3D vizualizace v programu HEC-RAS (Q5)



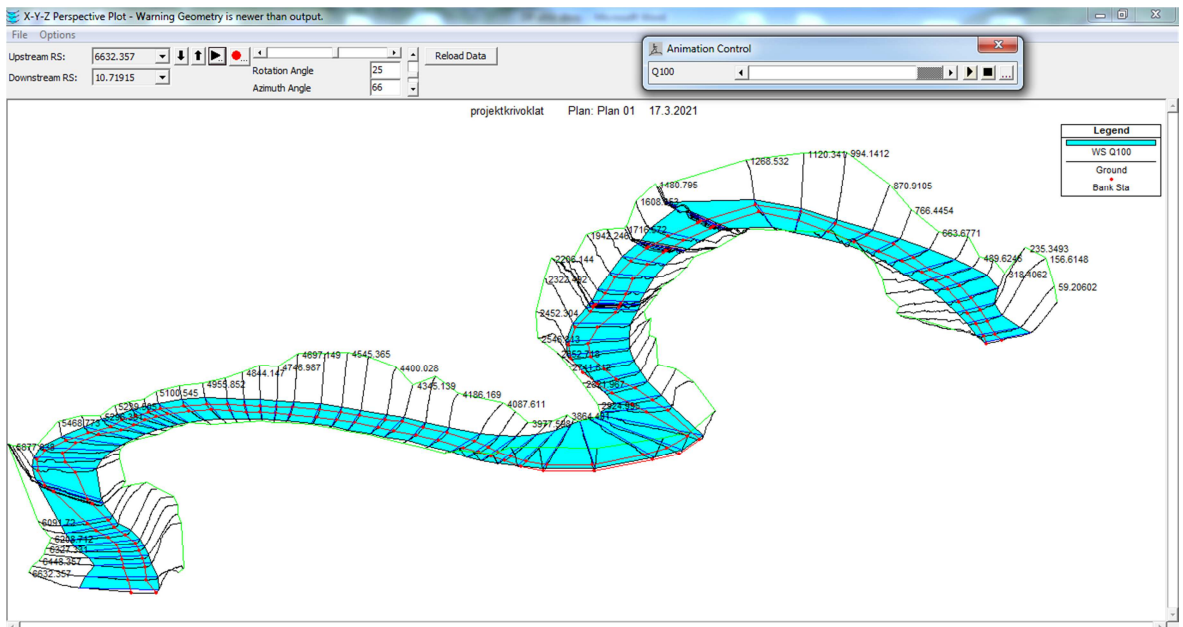
Obrázek 70 3D vizualizace v programu HEC-RAS (Q10)



Obrázek 71 3D vizualizace v programu HEC-RAS (Q20)

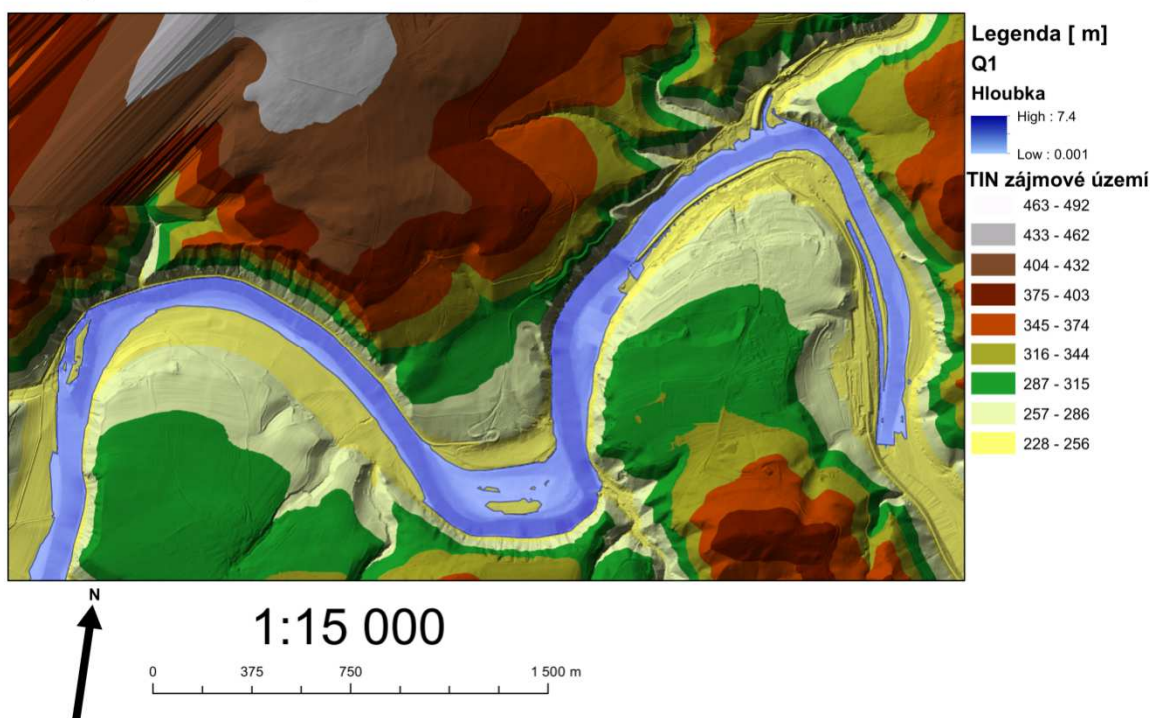


Obrázek 72 3D vizualizace v programu HEC-RAS (Q50)



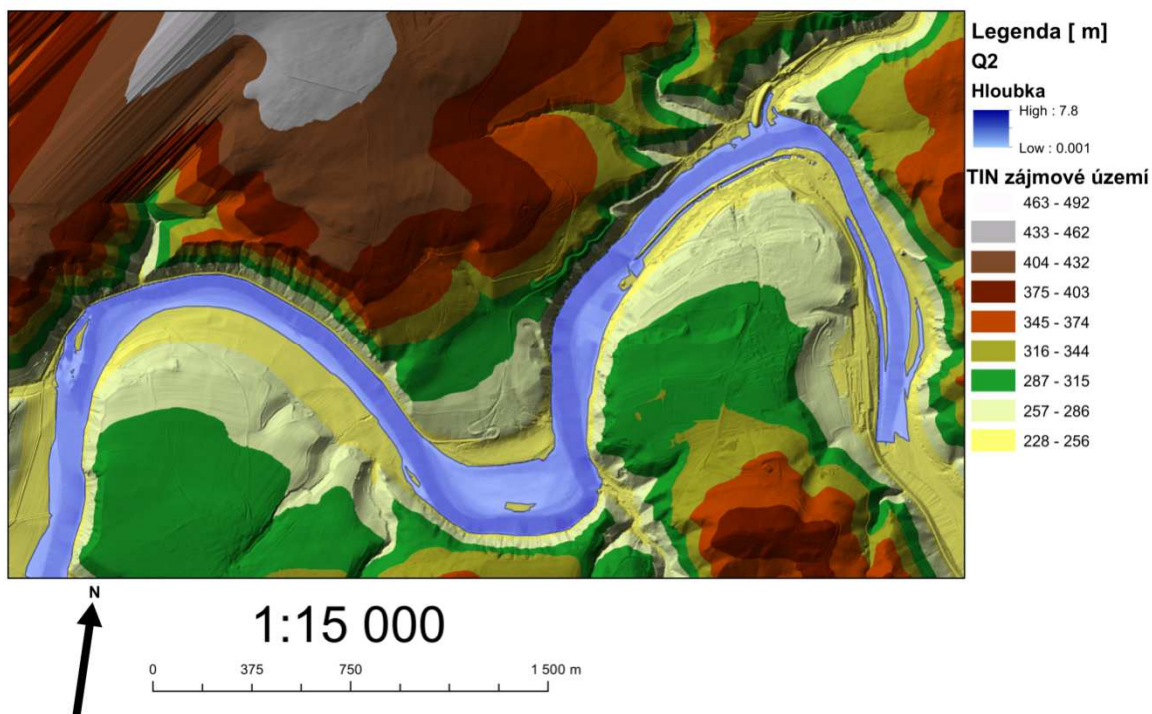
Obrázek 73 3D vizualizace v programu HEC-RAS (Q100)

Zaplavená oblast při Q1



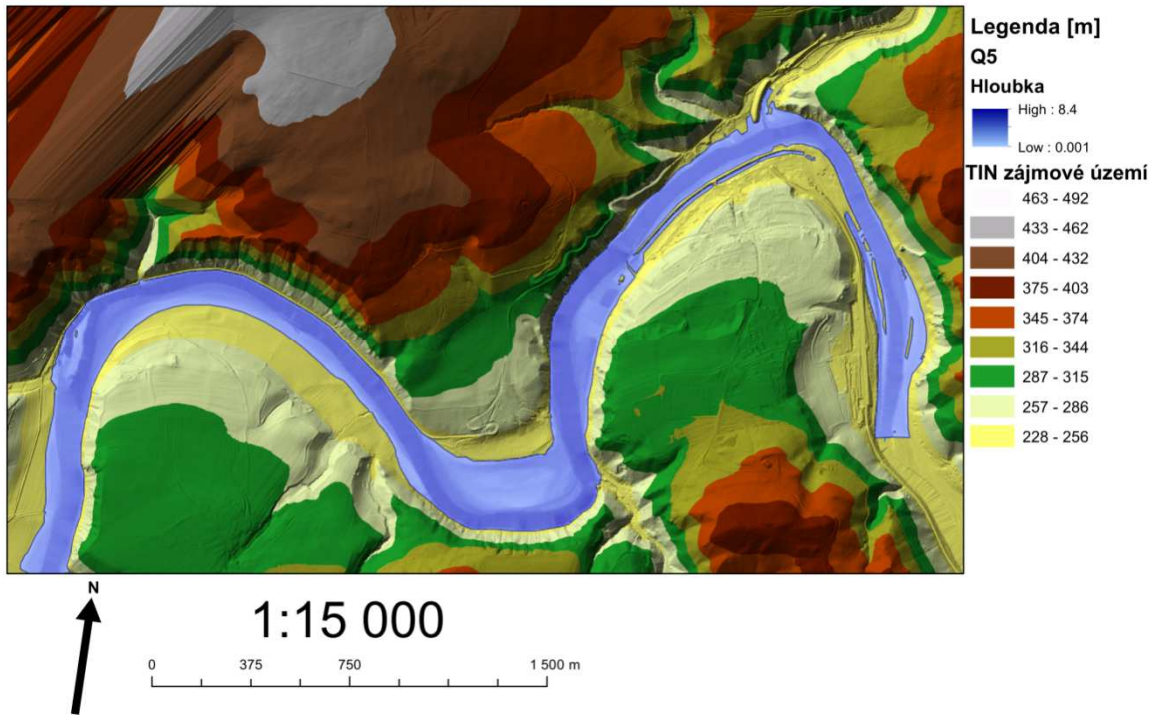
Obrázek 74 zaplavená oblast při průtoku Q1

Zaplavená oblast při Q2



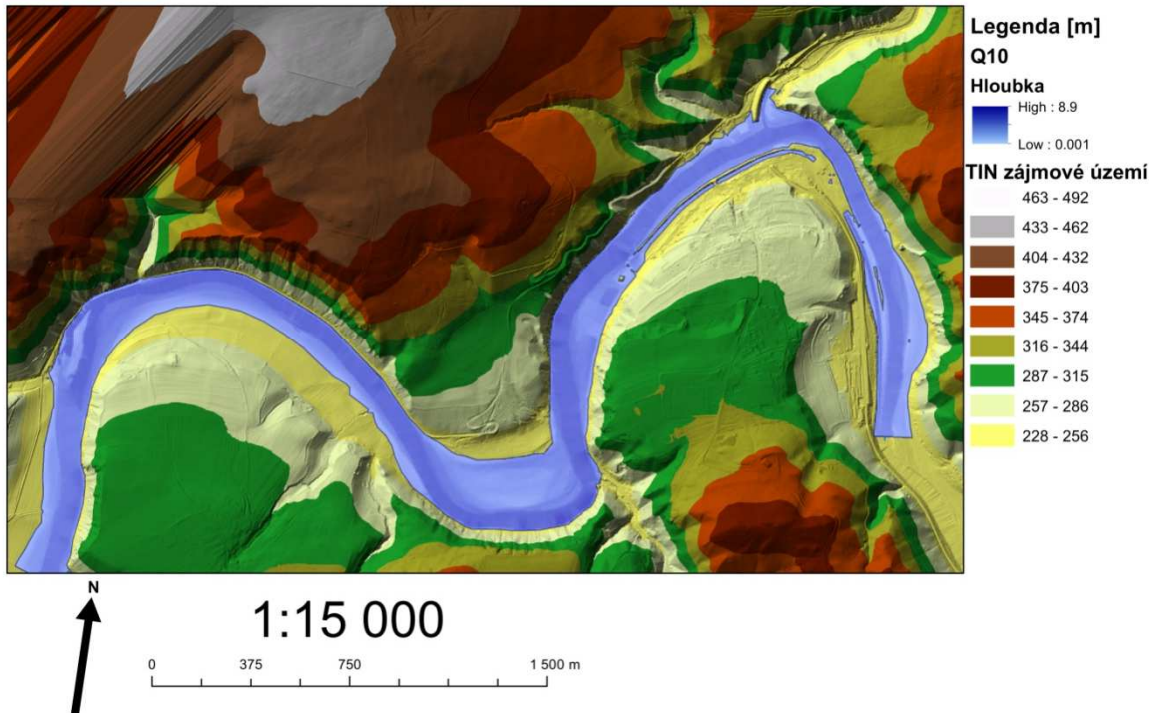
Obrázek 75 zaplavená oblast při průtoku Q2

Zaplavená oblast při Q5



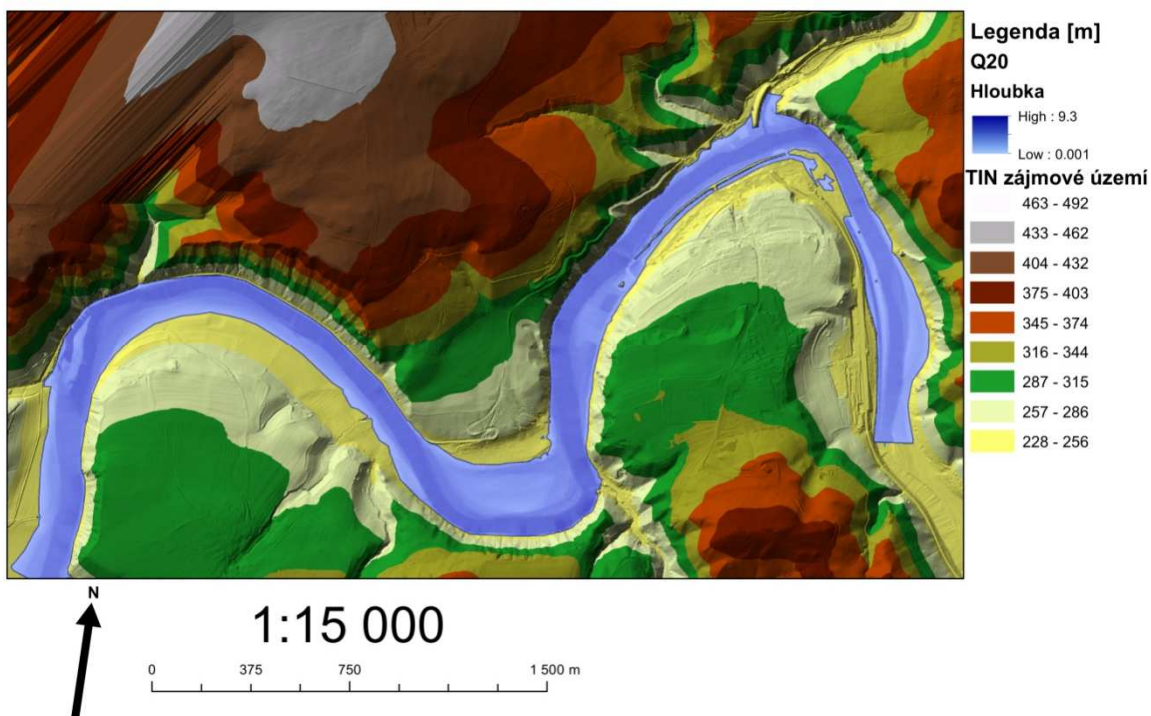
Obrázek 76 zaplavená oblast při průtoku Q5

Zaplavená oblast při Q10



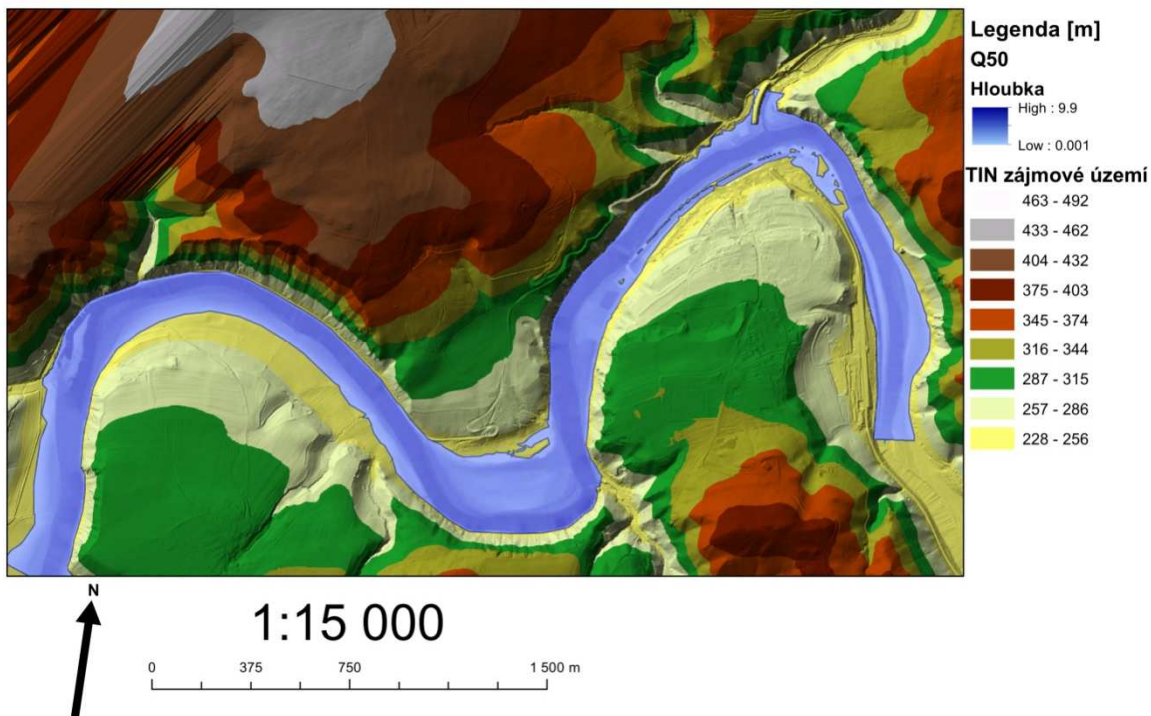
Obrázek 77 zaplavená oblast při průtoku Q10

Zaplavená oblast při Q20



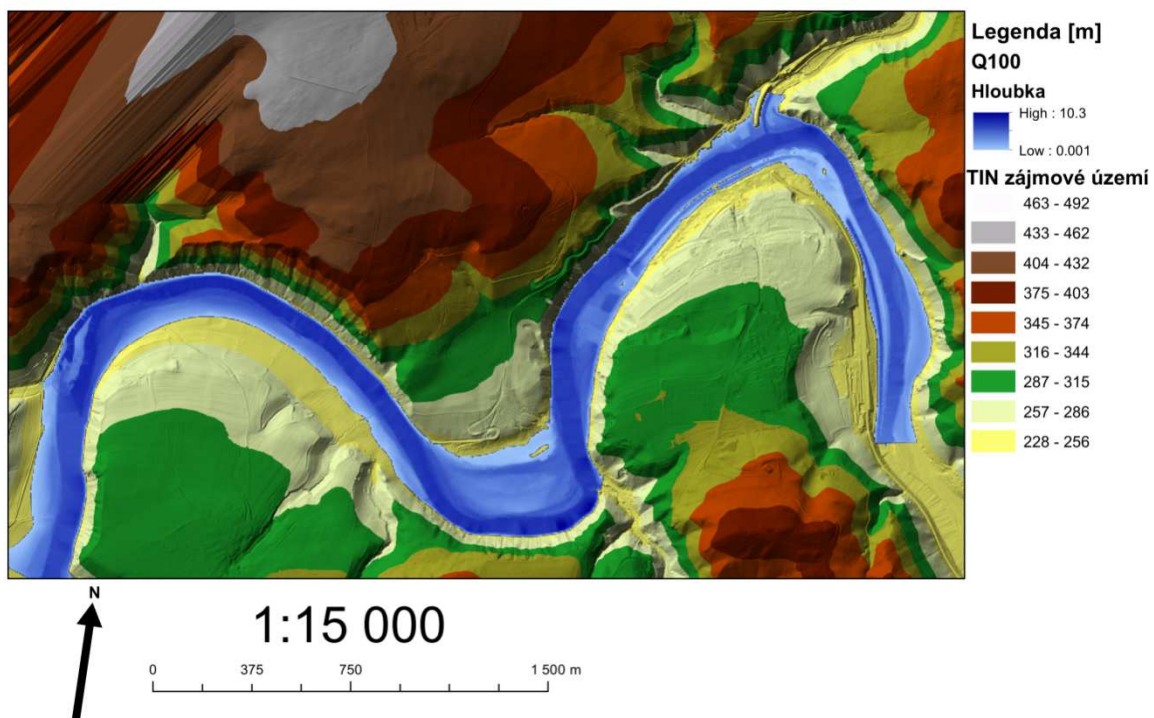
Obrázek 78 zaplavená oblast při průtoku Q20

Zaplavená oblast při Q50



Obrázek 79 zaplavená oblast při průtoku Q50

Zaplavená oblast při Q100



Obrázek 80 zaplavená oblast při průtoku Q100

10. Závěr

Cílem bylo posoudit stav objektů na toku a stav vodního koryta na vybraném úseku řeky Berounky. Ke zpracování jsem použil data digitálního modelu terénu páté generace a N-leté průtoky, které byly definovány jako Q1 až Q100. Pomocí programů Microsoft Excel, ArcMap, HEC-geoRAS, HEC-RAS jsem vizualizoval koryto zájmového území a vymodeloval záplavové území v sedmi návrhových průtokách Q1 až Q100. Řekl bych, že posuzované objekty jsou vhodně navržené a odolají bez problému i průtoku 1422 m³/s, což odpovídá průtoku Q100. Co se týče koryta, řekl bych, že situace v oblasti je poměrně v pořádku, je to pravděpodobně i tím, že v této oblasti byla myšlenka postavit zde vodní nádrž, a tak se z tohoto hlediska nepovolovaly stavby v blízkosti vodního koryta. Nejohroženější oblast bych označil místo, kde se nachází turistický kemp Višňová. Tato oblast je poměrně rovinatá a je to oblast, kde se voda rozlévá nejvíce. Další ohroženou oblastí je obec Roztoky, kde některé budovy by byly také ohroženy. Co se týče mostů, jejich mostovka zůstane nad hladinou i při průtoku Q100.

11. Citovaná literatura

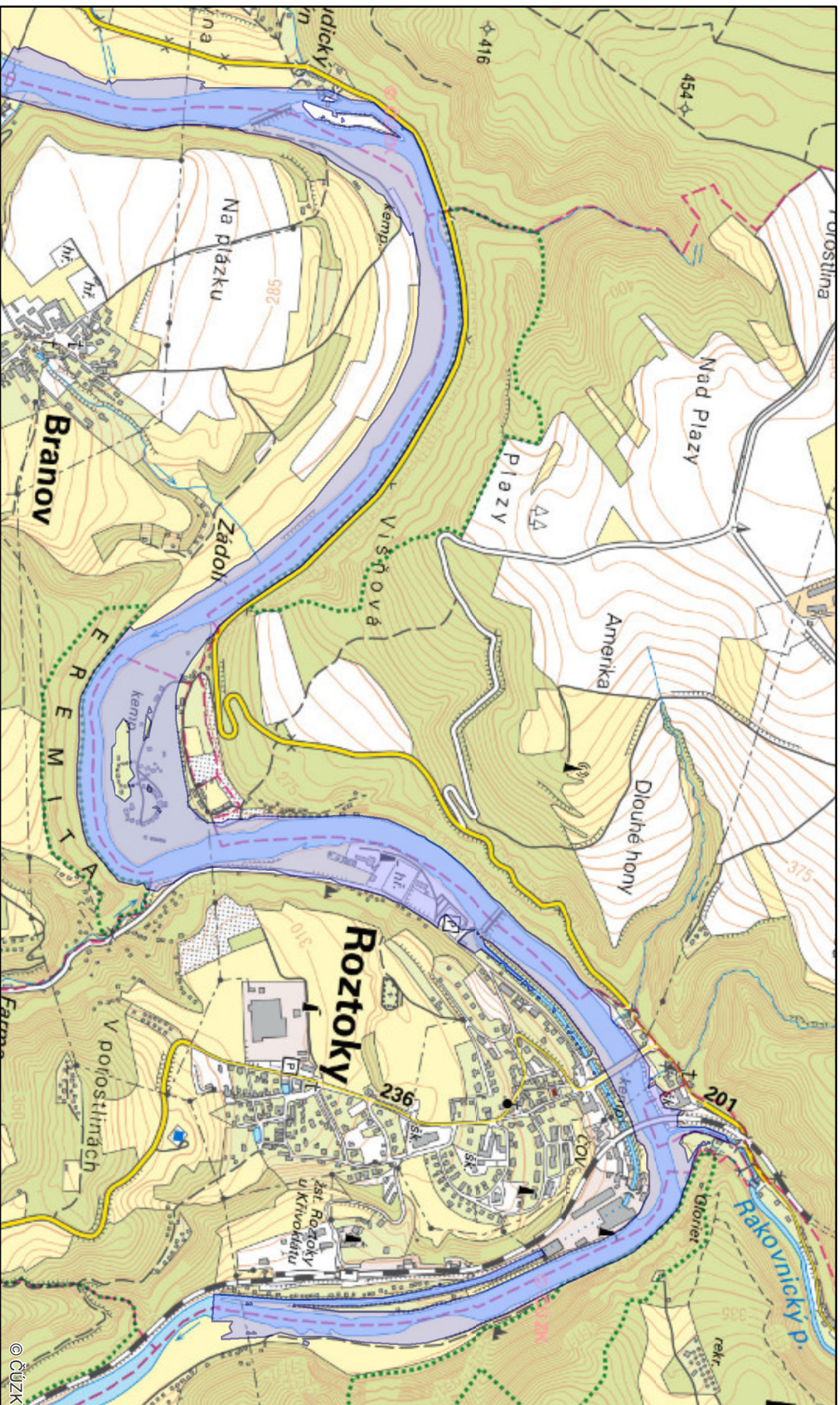
- BARTÁK Z, BUDÍNOVÁ M, SULAN J, HOSTÝNEK J., 1995.** *Vyhodnocení povodně v povodí Berounky z prosince 1993.* Praha : ČHMÚ, 1995.
- Bear J. 1972.** *Dynamics of Fluids in porous media.* New York : American Elsevier publishing, 1972.
- Becker A, Serban P., 1990.** *Hydrological Models for Water-resources System Design and Operation.* Secretariat of the World Meteorological Organization : Kalifornská univerzita, 1990. 9263107408.
- Beven K. J. 2001.** *Rainfall- Runoff Modeling.* Chichester : John Wiley And Sons, 2001.
- Blöschl G., Grayson R., 2002.** *Flachendetaillierte Niederschlag-Abfluss Modellierung Simulation und prognose.* Vídeň : Technische Universität, 2002.
- BMS. 2004.** BMS Most 236 - 004. [Online] 2004. [Citace: 2. března 2021.] [http://bms.clevera.cz/..](http://bms.clevera.cz/)
- BOŘÍKOVÁ L, KOPEČEK P., 2000.** *Hydrologické předpovědi na plzeňské pobočce.* Plzeň : autor neznámý, 2000.
- Brázdil R. 2005.** *Historické a současné povodně v České republice.* Praha : Český hydrometeorologický ústav v Praze, 2005.
- Brázdil R, Štekl J., 1986.** *Cirkulační procesy a atmosférické srážky v ČSSR.* Brno : Univerzita J. E. Purkyně, 1986.
- Brázdil R, Trnka M., 2015.** *Sucho v českých zemích: minulost, současnost a budoucnost.* Praha : Centrum výzkumu globální změny Akademie věd České republiky, 2015.
- Broža V., Kazda I., Patera A., 1985.** *Vodohospodářské stavby.* Praha : Editační středisko ČVUT, 1985.
- Brunner, Gary N. 2010.** *HEC-RAS River Analysis System.* 2010.
- Buchtele J. 2002.** *Okolnosti ovlivňující využití modelů a tendence v uplatňování různých přístupů.* Praha : ČVUT Praha, 2002.
- Clarke, Robin T. 1973.** *Mathematical Models in Hydrology.* Food and Agriculture Organization of the United Nations : Michiganská univerzita, 1973. 9251006415.
- Čábelka J. 1976.** *Vodní cesty a plavba.* Praha : SNTL, 1976.
- Čábelka J., Kunštátský J., 1966.** *Jezy.* Praha : SNTL, 1966.
- Česká geologická služba. 2008.** *Mapové aplikace. Česká geologická služba.* [Online] 2008. [Citace: 21. února 2001.] <http://www.geology.cz/extranet/mapy/mapy-online/mapove-aplikace>.
- Daňhelka Jan, Krejčí Jakub, Šálek Milan, Šercl Petr, Zezulák Jiří. 2003.** *Posouzení vhodnosti aplikace srážko-odtokových modelů s ohledem na simulaci povodňových stavů pro lokalitu na území ČR.* Praha : ČZU a ČHMÚ, 2003.
- Eichler J. 1979.** *Zakládání staveb.* Brno : VUT Brno, 1979.
- Feldman A.D. 2000.** *Hydrologic Modeling System HEC- HMS.* Washington : US Army Corps of Engineers, 2000.
- Havlík, Aleš. 2017.** *Jezy.* Praha : ČVUT, 2017.
- Hladík, Milan, a další.** *Studie proveditelnosti zprůchodnění migračních překážek na vodních tocích v povodí Vltavy, katalog příčných překážek Berounka.* Praha : autor neznámý.
- Hladný J, Čekal J., 2009.** *Regionalizace a sezonalita zatížení povodňovým rizikem.* Praha : PĚFUK, 2009.

- Holík, Pavel. 2016.** Nezabudický Mlýn. *Turistický atlas*. [Online] 2016. [Citace: 22. únor 2021.]
https://www.google.com/search?q=nezabudick%C3%BD+jez&sxsrf=ALeKk01NGQMobytdPP6VXQpLthoJ9CVFOA:1615374380740&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwjLjLByqXvAhVxsYsKHycODosQ_AUoAXoECAMQAw&biw=1366&bih=625#imgre=XFGY5yP57hEIXM.
- Holko L. 2011.** *Flashiness of mountain streams in Slovakia and Austria*. místo neznámé : Journal of hydrology, 2011.
- Charlton R. 2007.** *Fundamentals of fluvial geomorphology*. Londýn : autor neznámý, 2007.
- Chow V. T., Maidment D. R., Mays L. W., 1988.** *Applied Hydrology*. New York : McGraw- Hill, 1988.
- Church M. 2006.** *Bed material transport and the morphology of alluvial river* . místo neznámé : Annu. Rev. Earth Planet. Sci., 2006.
- Janda Lubor, Kleisner Zdeněk, Zvara Jozef. 1988.** *Betonové mosty*. Praha : SNTL Alfa, 1988.
- Jermář, F. 1959.** *Jezy*. Praha : ČSAV, 1959.
- Jiří Pechar, Jiří Bureš, Antonín Schindler. 1990.** *Kovové mosty*. Praha : SNTL ALFA, 1990. 80-03-00523-X.
- Karmazínová, Marcela, Sýkora, Karel a Šmak, Milan. 1988.** *Konstrukce a dopravní stavby*. Brno : VUT Brno.
- Kovař, Milan. 2004.** *Ochrana před povodněmi*. místo neznámé : Triton, 2004. 8072544993.
- KŘIVKOVÁ J. 2001.** *Povodeň 1872 v povodí Berounky a Blšanky - analýza a rekonstrukce*. Praha : Výzkumný ústav vodohospodářský T .G. M, 2001.
- Kulhavý Z, Kovář P., 2002.** *Využití modelů hydrologické bilance pro malá povodí*. Praha : VÚMOP, 2002.
- Langhammer J., Sitař J., 2008.** *Modelling the impact of anthropogenic modifications to river channels on the course of extreme floods*. Praha : Geografie – sborník ČGS, 2008.
- Langhammer, Jakub. 2009.** *Typologie povodní, extrémní povodně v Evropě a ČR*. Praha : PřF UK v Praze, 2009.
- Mapy.cz. 2021.** *Mapy.cz. Mapy*. [Online] Seznam, 2021.
- Marek, Jan. 2003.** *Správa železnic*. Praha : Správa železnic, státní organizace, 2003.
- Matoušková D. 1994.** *Pozemní stavitelství II*. Brno : CERM Brno, 1994.
- . **1993.** *Pozemní stavitelství I*. Brno : CERM Brno, 1993.
- Ministerstvo životního prostředí. 2008.** *Ministerstvo životního prostředí. Půdní mapy*. [Online] 2008. [Citace: únor. 19 2021.] https://www.mzp.cz/cz/pudni_mapy.
- NĚMEC J, HLADNÝ J., 2006.** *Voda v České republice*. Praha : Consult, 2006.
- Olden J. D., Poff N. L., 2003.** *Redundancy and the choice of hydrologic indices for characterizing streamflow regimes*. 2003.
- Oto Dub, Němec J., 1969.** *Hydrologie*. Praha : SNTL, 1969.
- Pavel, Marek. 1985.** *Kovové konstrukce pozemních staveb*. Praha : SNTL Alfa, 1985.
- Povodí Vltavy, státní podnik. 2009.** *Plán oblasti povodí Berounky*. Praha : Povodí Vltavy, státní podnik, 2009.
- Refsgaard J.C., Storm B., 1996.** *Construction, calibration and validation of hydrological models*. Dordrecht : Kluwer, 1996.
- Rybníkář J, Šálek J, Svoboda F., 1993.** *Vodohospodářské stavby*. Brno : VUT Brno, 1993.
- Studniška J, Macháček J, Votlučka L., 1994.** *Ocelové konstrukce 20, Pozemní stavby*,. Praha : ČVUT Praha, 1994.
- Sýkora K. 1989.** *Kovové a dřevěné konstrukce*. Brno : PC-DIR, 1989.
- Šálek J, Hlavínek P, Mičín J., 2001.** *Vodní stavitelství*. Brno : Akademické nakladatelství, 2001.

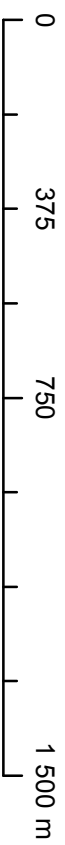
- Šimek J. 1980.** *Zakládání staveb a podzemní stavby.* Praha : ČVUT Praha, 1980.
- Štěpánková R. 2004.** *Vliv fyzicko-geografického prostředí na vznik a vývoj povodní.* Praha : PřF UK, 2004.
- Tallaksen L. M., Van Lanen H. A. J., 2004.** *Hydrological drought: Processes and estimation methods for streamflow and groundwater.* Elsevier : Developments in water science, 2004.
- Zbyněk Kulhavý, Pavel Kovář. 2000.** *Využití modelů hydrologické bilance pro malá povodí* . Praha : Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy Praha , 2000. 1211-3972.

12. Přílohy

Zaplavená oblast při Q1



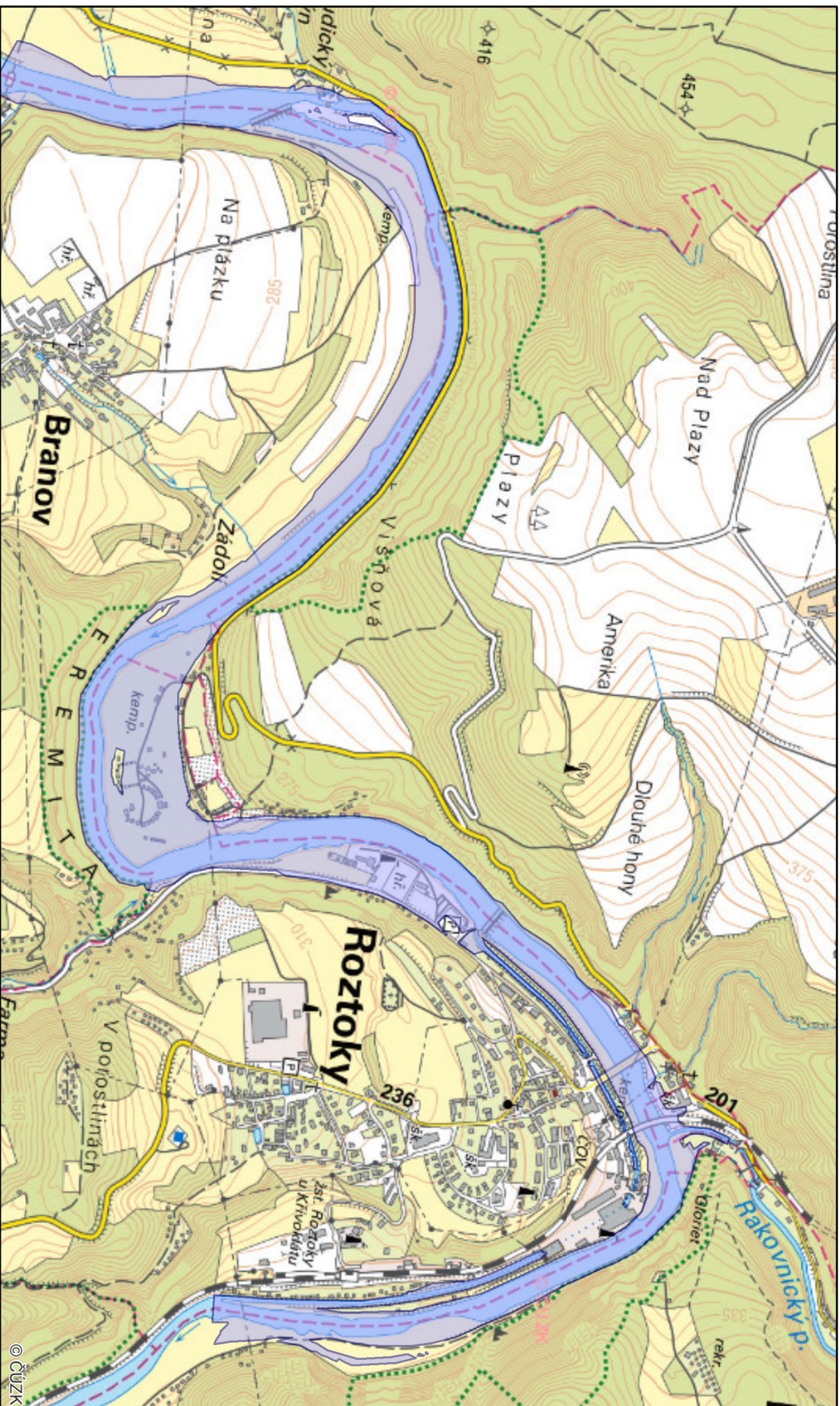
1:15 000



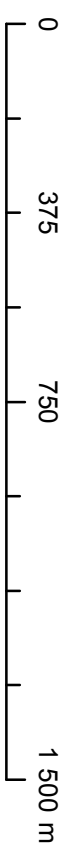
Legenda [m]
Q1

Oblast zátopy

Zaplavená oblast při Q2



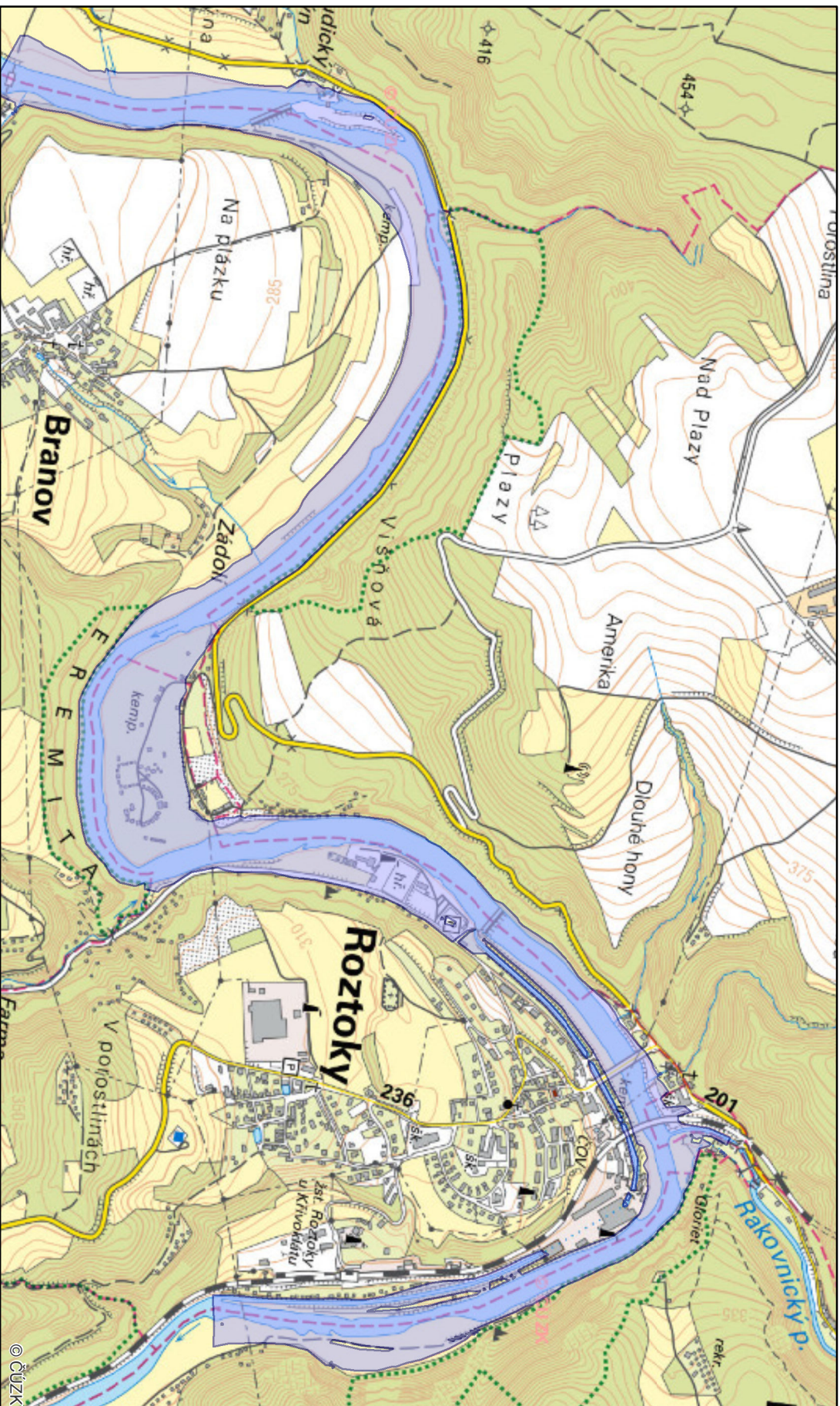
1:15 000



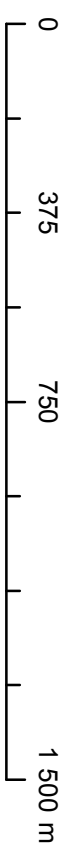
Legenda [m]
Q2

Oblast zátopy

Zaplavená oblast při Q5





1:15 000



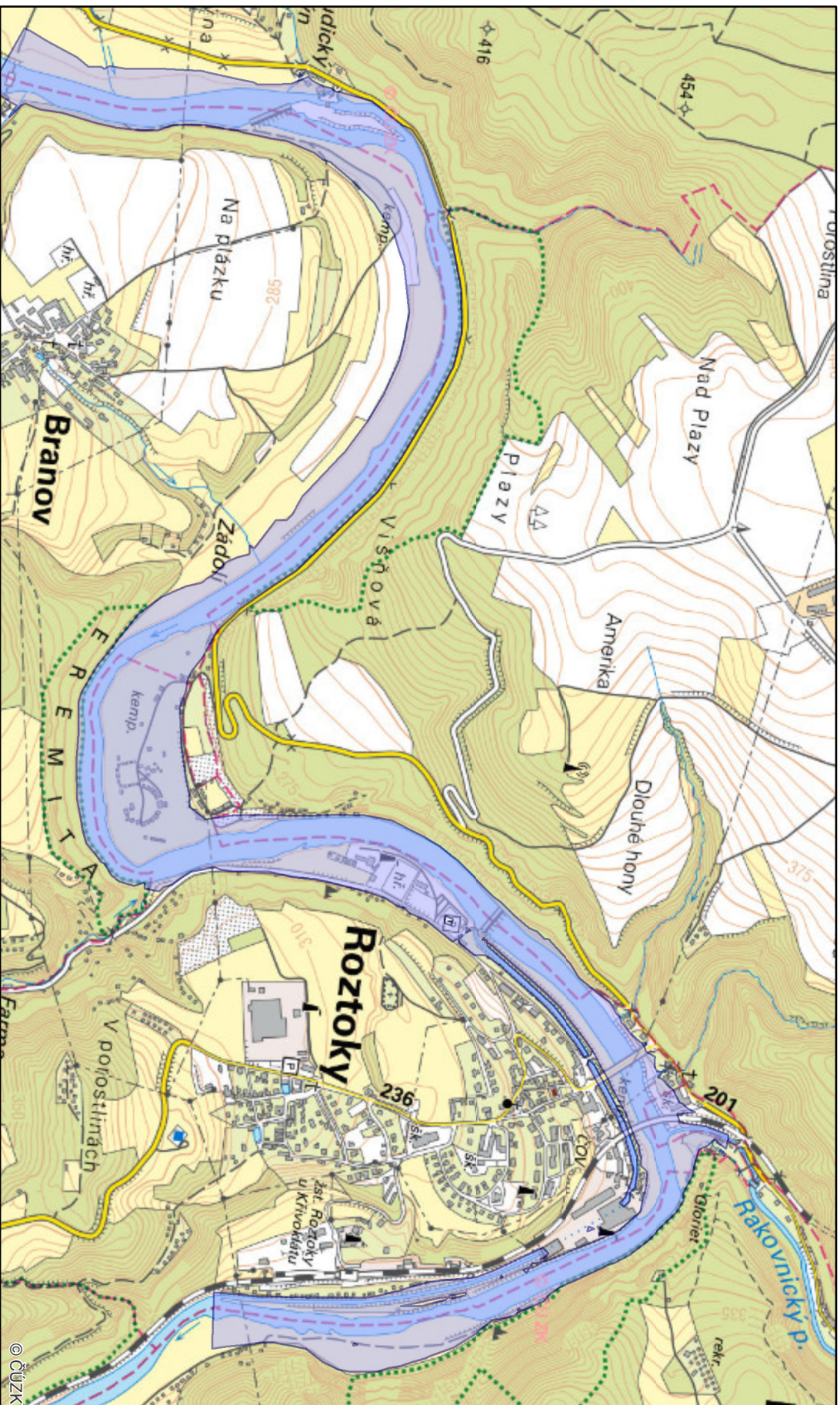
Legenda [m]

Q5

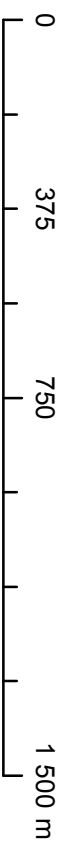
 Oblast zátopy

S 

Zaplavená oblast při Q10



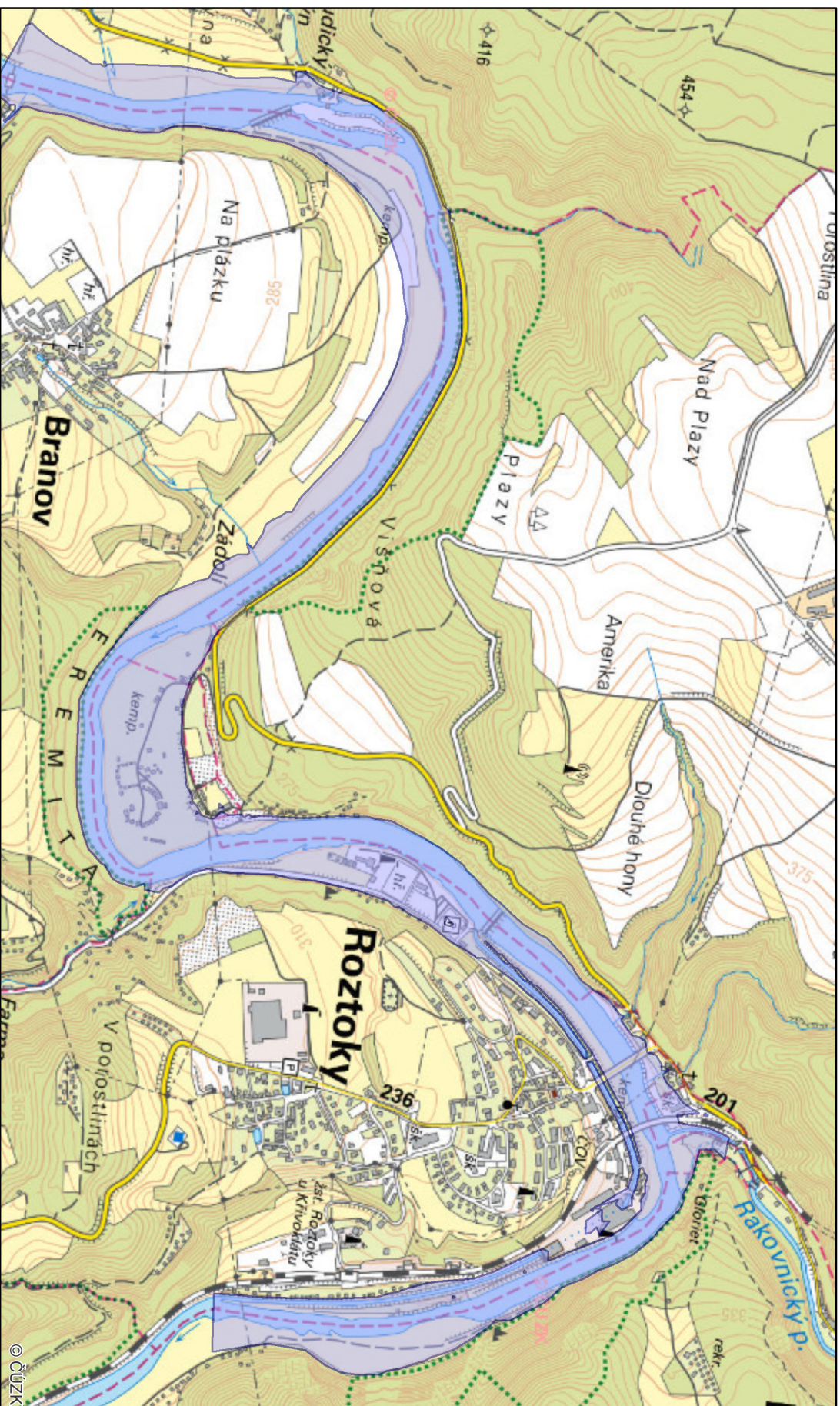
1:15 000



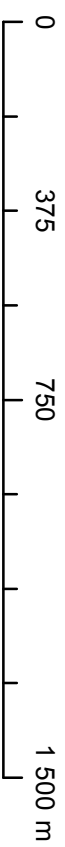
Legenda [m]
Q10

Oblast zátopy

Zaplavená oblast při Q20



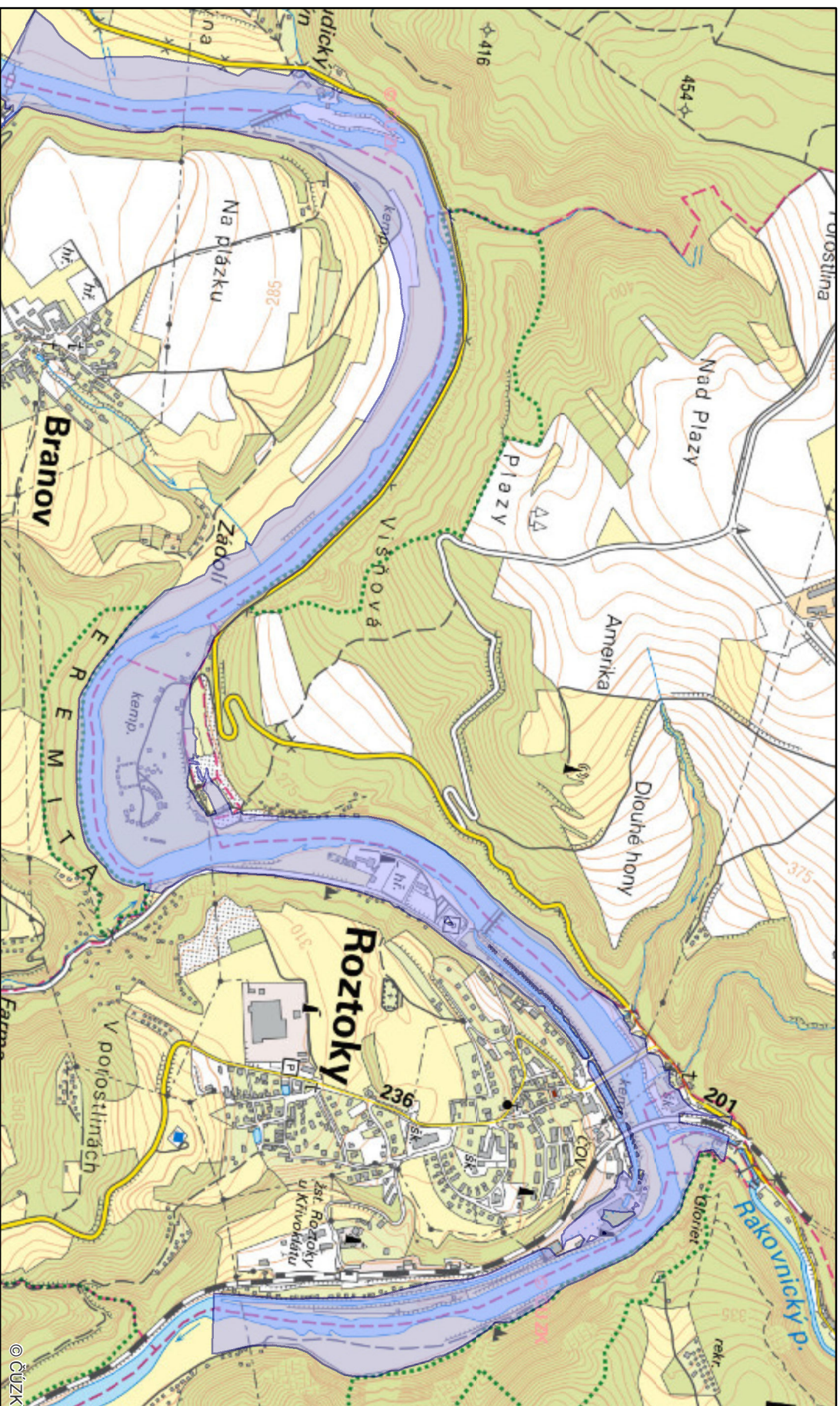
1:15 000



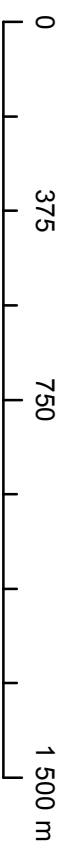
Legenda [m]
Q20

Oblast zátopy

Zaplavená oblast při Q50



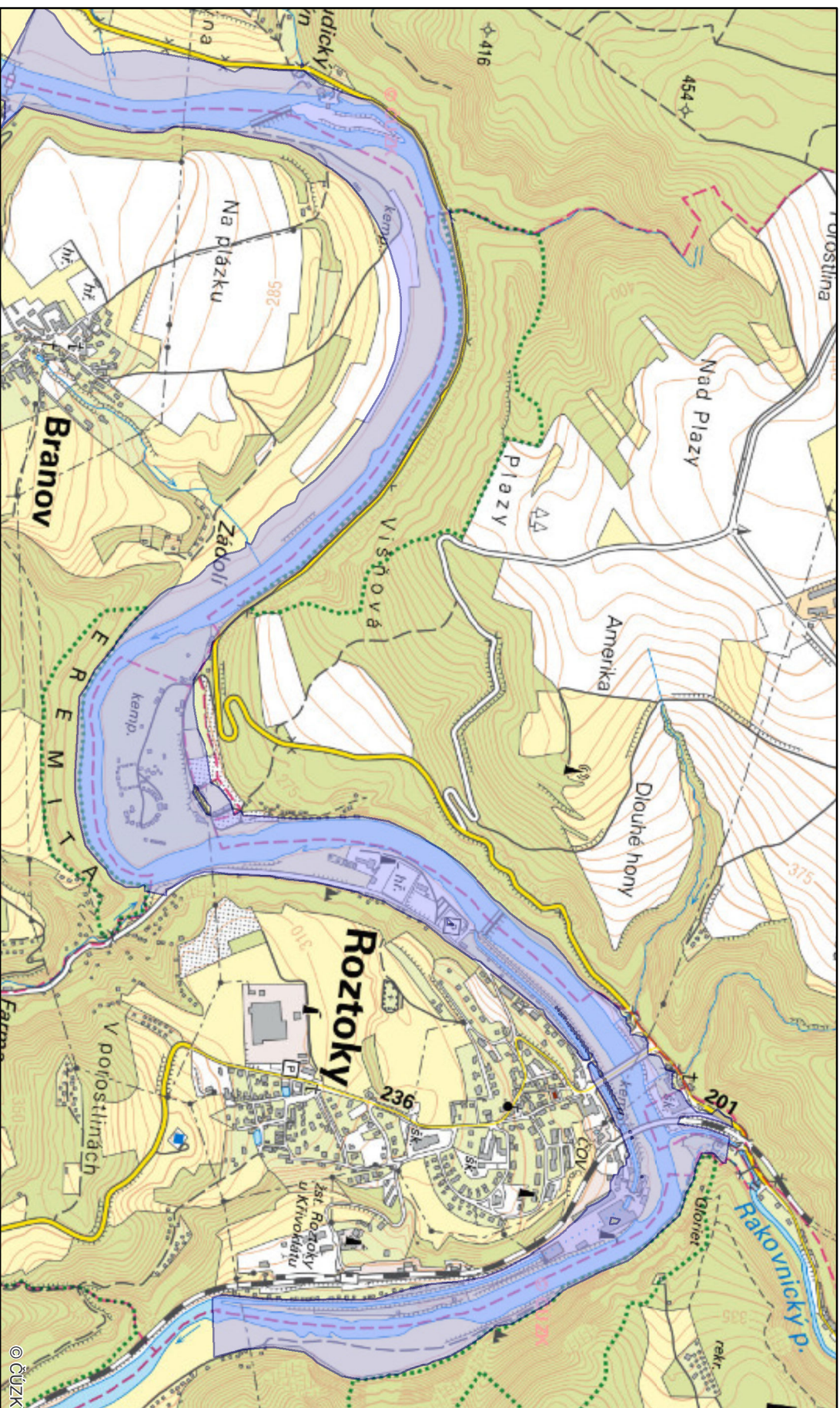
1:15 000



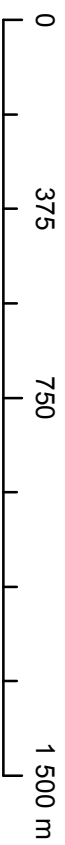
Legenda [m]
Q50

 Oblast zátopy

Zaplavená oblast při Q100



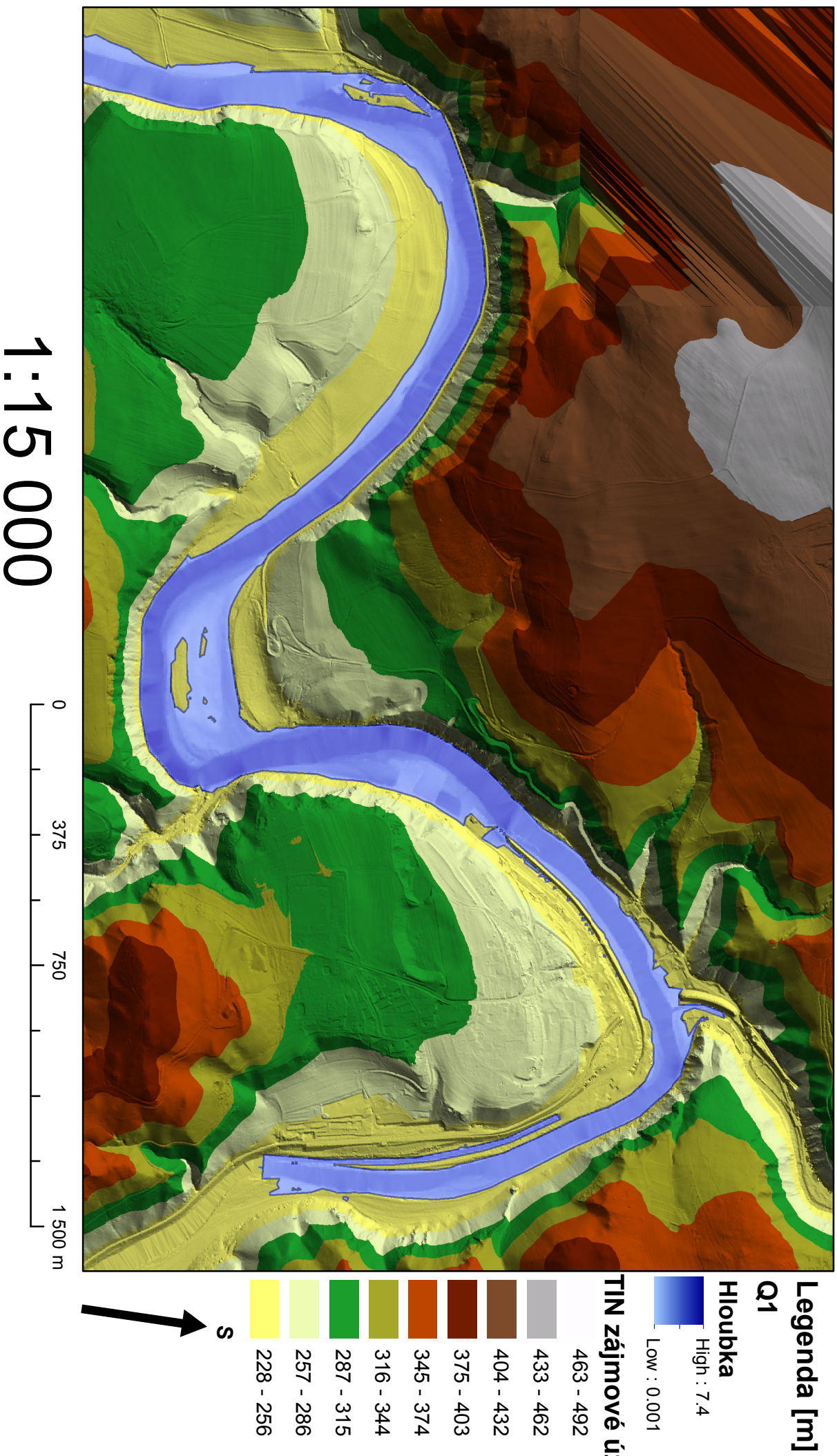
1:15 000



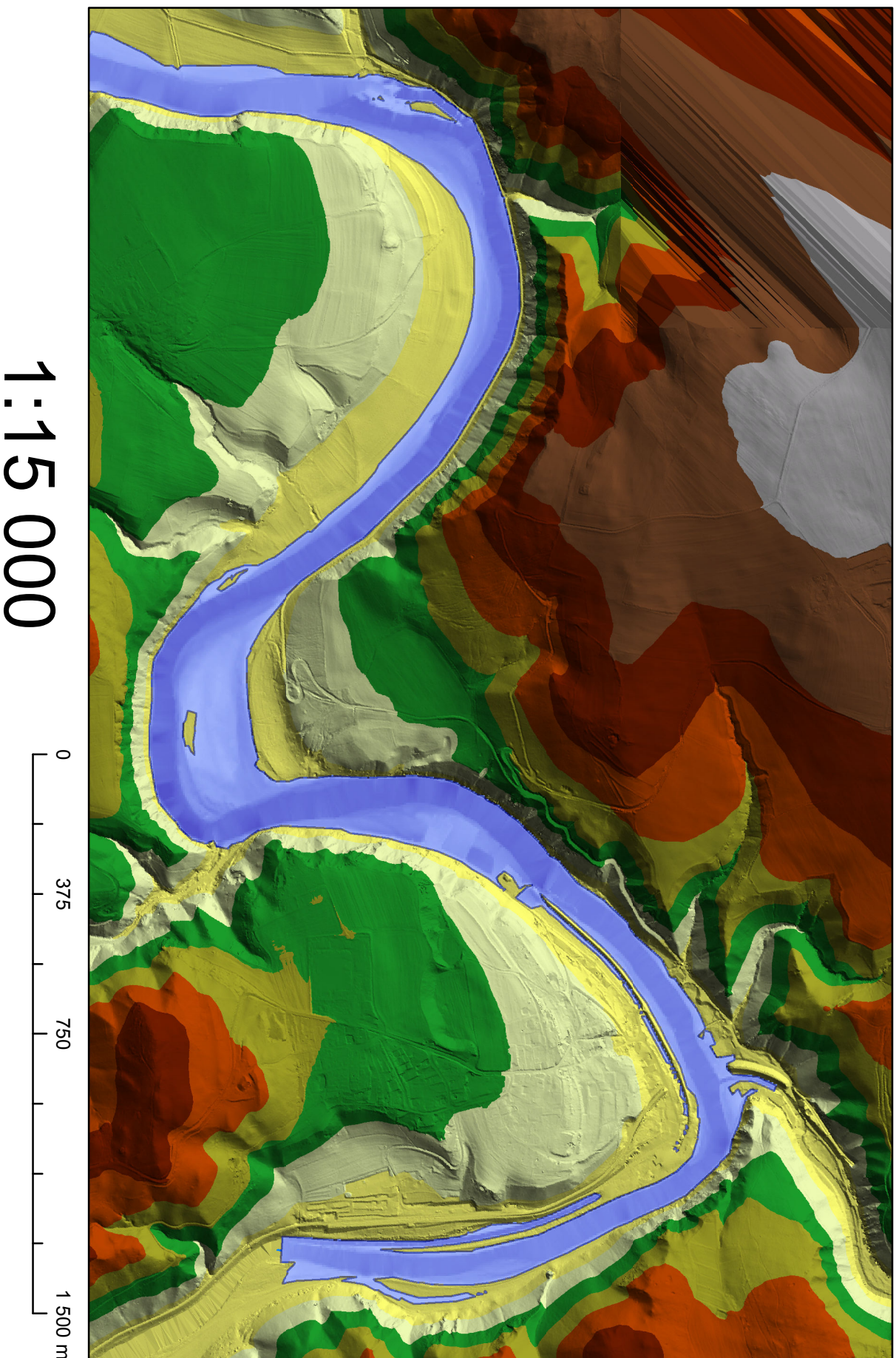
Legenda [m]
Q100

Oblast zátopy

Zaplavená oblast při Q 1



Zaplavená oblast při Q 2



Legenda [m]

Q2

Hloubka

High : 7.8

Low : 0.001

TIN zájmové území

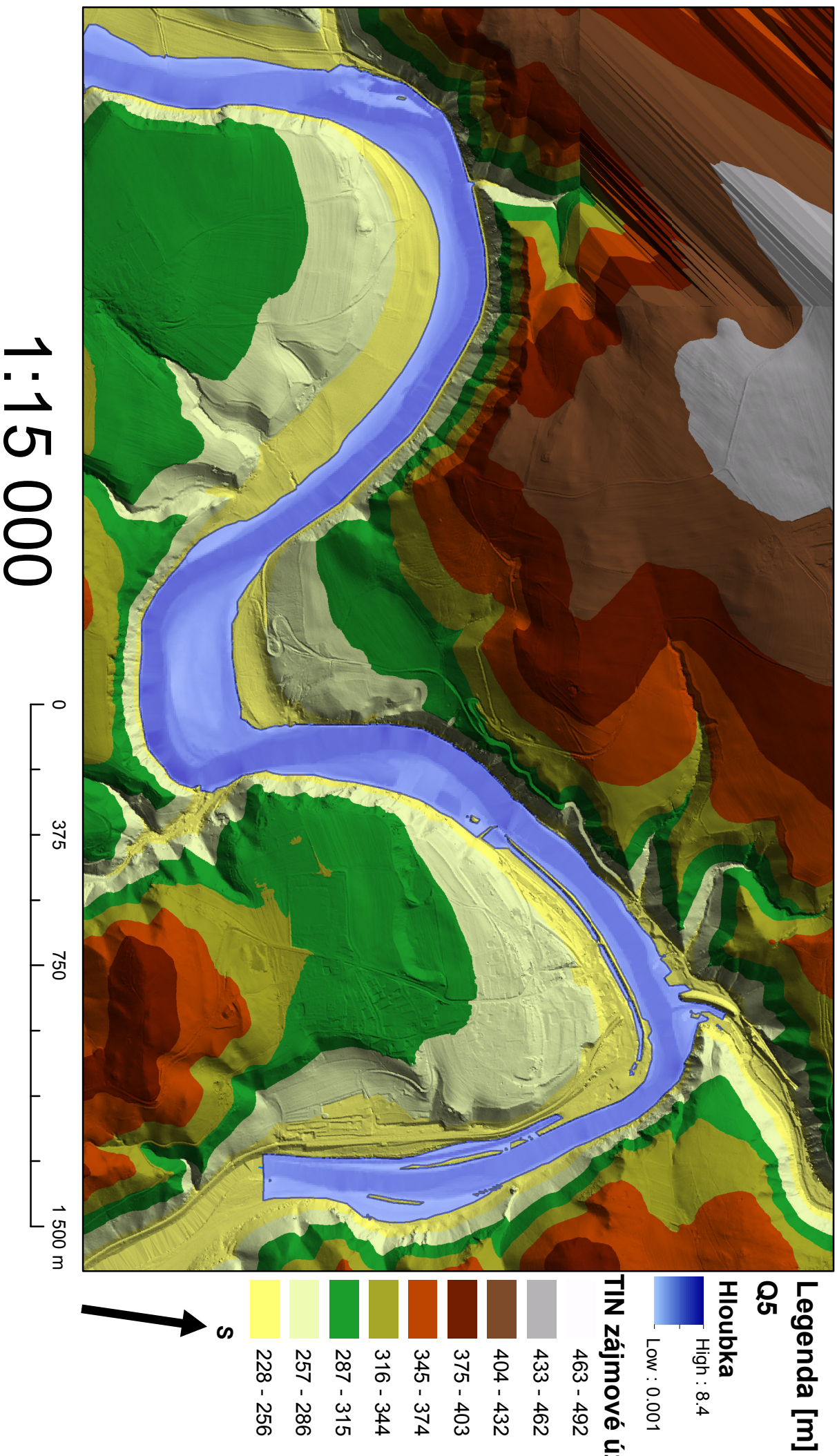
463 - 492
433 - 462
404 - 432
375 - 403
345 - 374
316 - 344
287 - 315
257 - 286
228 - 256

S

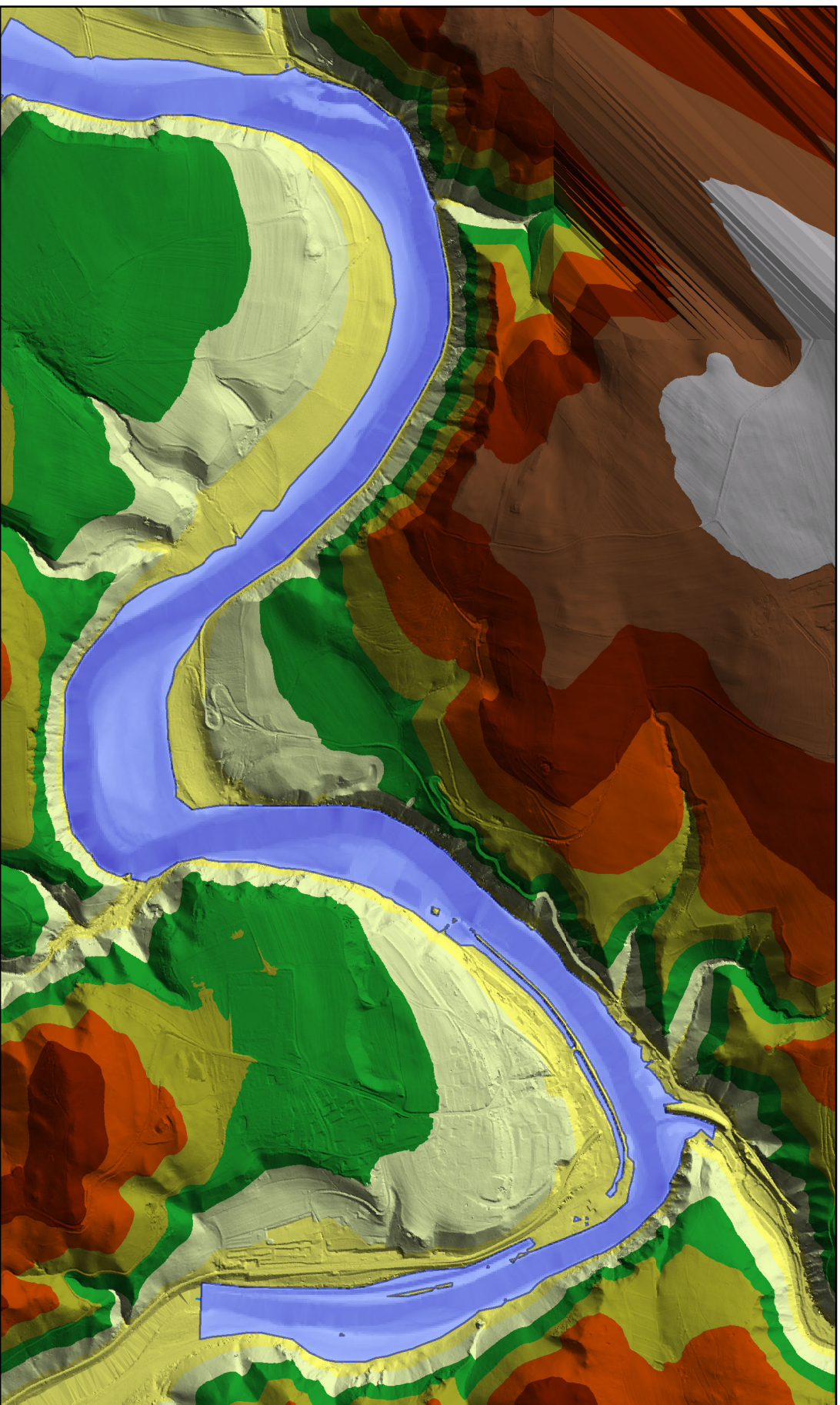


1:15 000

Zaplavená oblast při Q 5



Zaplavená oblast při Q 10



Legenda [m]

Q10

Hloubka

High : 8.9

Low : 0.001

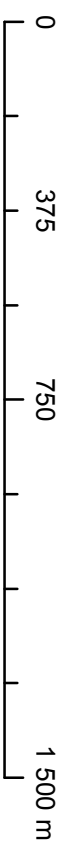
TIN zájmové území

463 - 492
433 - 462
404 - 432
375 - 403
345 - 374
316 - 344
287 - 315
257 - 286
228 - 256

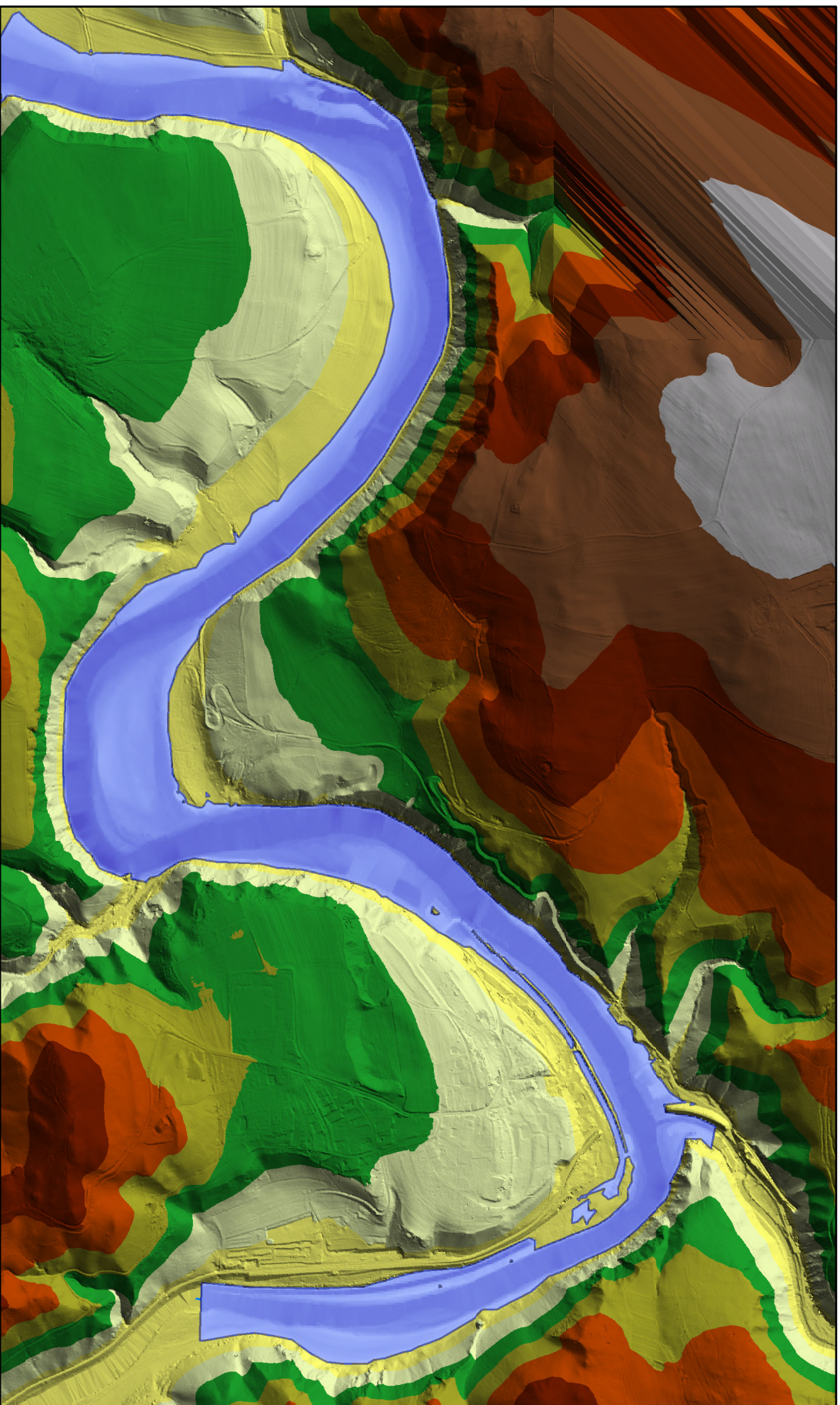
S



1:15 000



Zaplavená oblast při Q 20



Legenda [m]

Q20

Hloubka

High : 9.3

Low : 0.001

TIN zájmové území

463 - 492

433 - 462

404 - 432

375 - 403

345 - 374

316 - 344

287 - 315

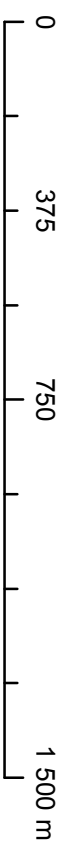
257 - 286

228 - 256

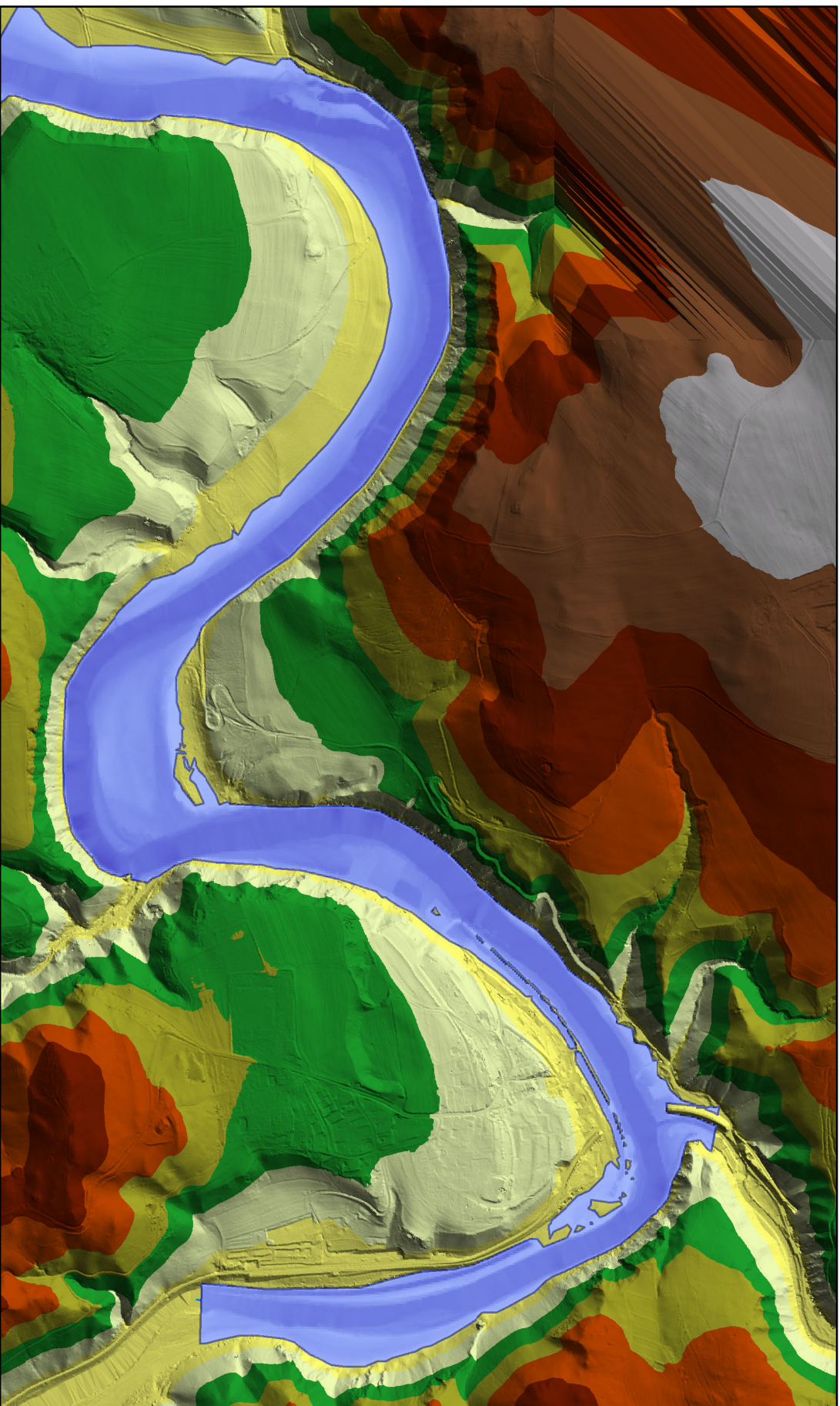
S



1:15 000



Zaplavená oblast při Q 50



Legenda [m]

Q50

Hloubka

High : 9.9

Low : 0.001

TIN zájmové území

463 - 492

433 - 462

404 - 432

375 - 403

345 - 374

316 - 344

287 - 315

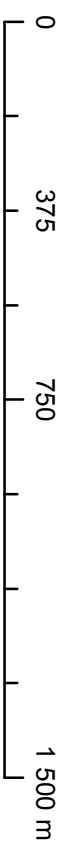
257 - 286

228 - 256

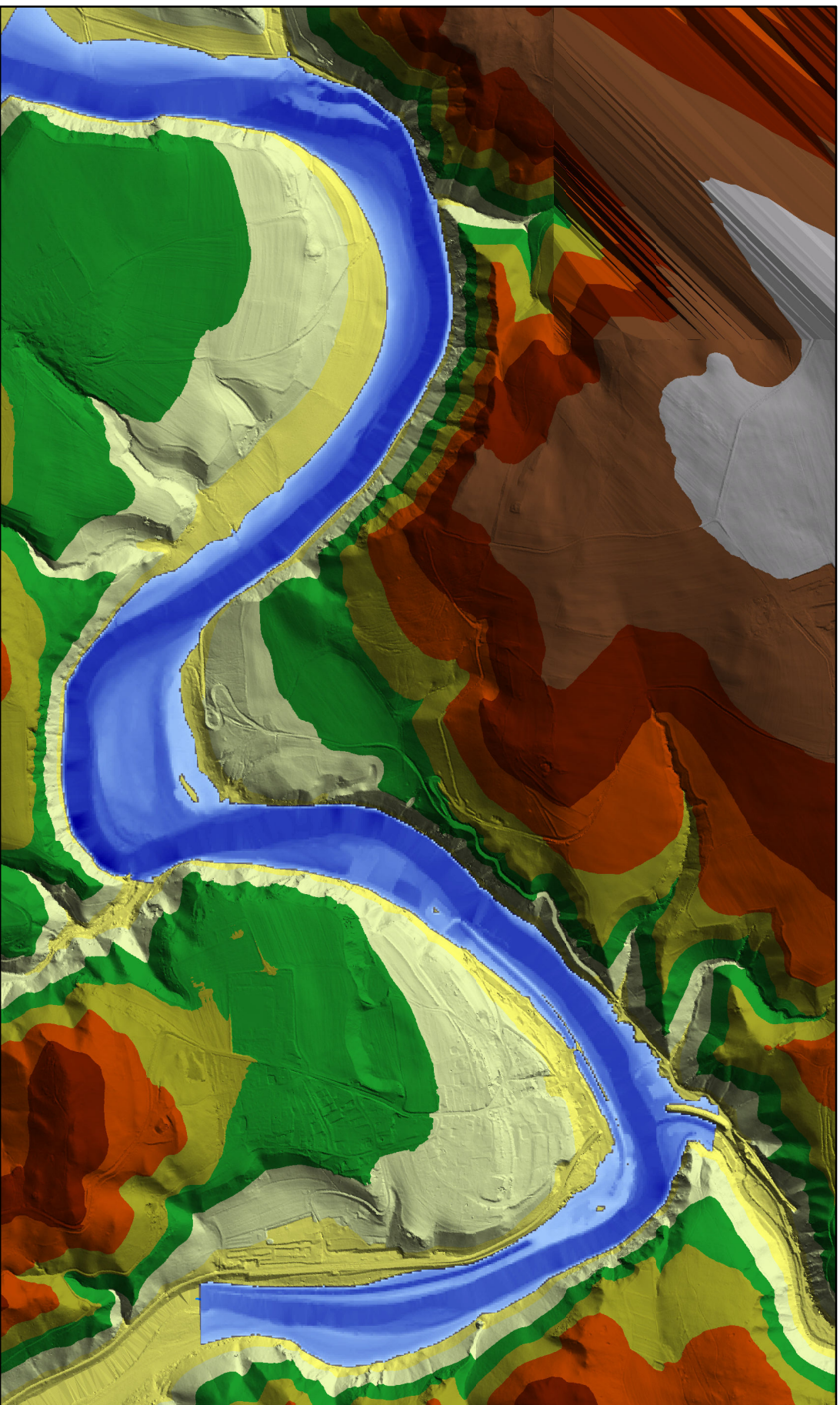
S



1:15 000



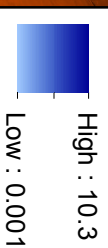
Zaplavená oblast při Q100



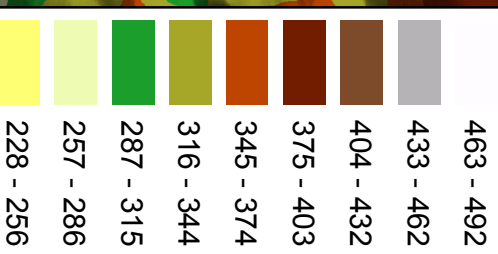
Legenda [m]

Q100

Hloubka



TIN zájmové území



S



1:15 000