

VD IVANSKÉ JEZERO

Návrh opatření k zajištění bezpečnosti a stability vodního díla



VODNÍ DÍLA – TBD a. s., Hybernská 40, 110 00 Praha 1

Telefon 221 408 111*

Fax 224 212 803

www.vdtbd.cz

Ředitel

Ing. Miloš Sedláček

Vedoucí útvaru 401

Ing. David Richtr

Vedoucí projektu

Ing. Karel Wimmer

Vypracoval

Ing. Karel Wimmer

Spolupráce

Ing. Tomáš Klemša

VD IVANSKÉ JEZERO

**NÁVRH OPATŘENÍ K ZAJIŠTĚNÍ BEZPEČNOSTI A STABILITY
VODNÍHO DÍLA**

Objednatel

Povodí Labe, státní podnik

Číslo projektu

P 2428

Archivní číslo

2016/191

Vypracováno

V Praze, listopad 2016

Návrh opatření k zajištění bezpečnosti a stability vodního díla

OBSAH

1.	ÚVOD	3
2.	OBSAH NÁVRHU OPATŘENÍ.....	4
3.	ZÁKLADNÍ ÚDAJE O VODNÍM DÍLE.....	4
3.1	Účely vodního díla	5
3.2	Základní údaje o nádrži	5
3.3	Popis vodního díla	5
3.3.1	Hráz	5
3.3.2	Bezpečnostní přeliv	5
3.3.3	Spodní výpust	6
4.	HYDROLOGICKÉ ÚDAJE.....	6
5.	ZHODNOCENÍ PROVEDENÝCH PRŮZKUMŮ	7
5.1	Vizuální prohlídka	7
5.1.1	Návodní líc	7
5.1.2	Vzdušní líc.....	8
5.1.3	Štola spodní výpusti	9
5.1.4	Bezpečnostní přeliv	10
5.1.5	Koruna hráze	11
5.2	Vrtné průzkumné práce	11
5.2.1	Provádění jádrových vrtů.....	11
5.3	Zhodnocení laboratorních zkoušek.....	18
5.3.1	Destruktivní zkouška pevnosti v tlaku.....	19
5.3.2	Destruktivní zkouška pevnosti v prostém tahu	20
5.3.3	Zkouška přídržnosti k podkladu v prostém tahu.....	20
5.3.4	Násákavost a objemová hmotnost	20
5.3.5	Zjišťování alkalicko-křemičité reakce	20
5.3.6	Provedení chemického rozboru	21
5.3.7	Popis základové horniny a geologické zařazení.....	21
5.4	Závěr a doporučení pro další postup.....	21
6.	POSOUZENÍ BEZPEČNOSTI VODNÍHO DÍLA PŘI POVODNÍCH.....	22
6.1	Stanovení mezní bezpečné hladiny.....	22
6.2	Stanovení kontrolní maximální hladiny vody v nádrži.....	23
6.3	Závěrečné zhodnocení	25
7.	POSOUZENÍ VARIANT REKONSTRUKCE HRÁZE	26
7.1	Realizace nového tělesa hráze	26
7.2	Rekonstrukce stávající hráze zatěsněním návodního líce s přezděním vzdušního líce.....	28
7.3	Zajištění tělesa hráze injektáží.....	29
7.4	Odborný odhad nákladů rekonstrukce hráze	30
8.	POSOUZENÍ VARIANT REKONSTRUKCE FUNKČNÍCH OBJEKTŮ	31
8.1	Spodní výpust	31
8.2	Bezpečnostní přeliv	34
8.3	Odborný odhad nákladů na realizaci funkčních objektů.....	36
9.	MOŽNÉ VARIANTY ŘEŠENÍ REKONSTRUKCE HRÁZE A FUNKČNÍCH OBJEKTŮ	39
10.	POSOUZENÍ VARIANTNÍHO ŘEŠENÍ ODBAHNĚNÍ NÁDRŽE, UPRAVA ZÁTOPY A OKOLÍ A POTŘEBY SEDIMENTAČNÍ NÁDRŽE.....	40

10.1	Odborný odhad nákladů na realizaci odbahnění nádrže	42
11.	POSOUZENÍ STABILITY HRÁZE	43
11.1.1	Popis výpočtové metody.....	43
11.1.2	Posuzované zatěžovací stavy	45
11.1.3	Podmínky výpočtu	46
11.1.4	Výsledky přehledu stability hráze	47
12.	MAJETKOPRÁVNÍ ANALÝZA STAVBOU DOTČENÝCH POZEMKŮ	49
13.	NÁVRH ČLENĚNÍ STAVBY VYBRANÉ VARIANTY TECHNICKÉHO ŘEŠENÍ NA JEDNOTLIVÉ STAVEBNÍ OBJEKTY	50
13.1	Přehled SO a PS.....	51
13.2	Obsah stavebních objektů (SO)	51
13.2.1	SO 01 – Demolice stávající hráze.....	51
13.2.2	SO 02 – Příprava základové spáry, injekční clona	52
13.2.3	SO 03 – Hráz, přelivné bloky	52
13.2.4	SO 04 – Spodní výpust, vtoková kašna	52
13.2.5	SO 05 – Vývar, úprava koryta	53
13.2.6	SO 06 – Koruna hráze	53
13.2.7	SO 07 – Přemostění korunového přelivu.....	53
13.2.8	SO 08 – Odbahnění nádrže	53
13.2.9	SO 09 – Mostek v podhráží, úprava cesty	54
13.2.10	SO 10 – Zařízení TBD.....	54
13.2.11	PS 04 – Technologie spodních výpustí.....	54
14.	POSOUZENÍ PODMÍNEK PROVÁDĚNÍ TECHNICKOBEZPEČNOSTNÍHO DOHLEDU, KATEGORIZACE	54
15.	DOPORUČENÍ PRO ZPRACOVÁNÍ PROJEKTOVÉ DOKUMENTACE	55
16.	ZÁVĚR.....	55
17.	ROZDĚLOVNÍK	57
18.	PŘEHLED VÝCHOZÍCH PODKLADŮ	57
19.	SEZNAM PŘÍLOH	57

1. ÚVOD

Vodní dílo Ivanské jezero je ve vlastnictví České republiky, jeho správcem je Povodí Labe, státní podnik, Víta Nejedlého 951, 500 03 Hradec Králové. Provozovatelem je Povodí Labe, s.p., závod Pardubice, Cihelna 135, 530 09 Pardubice.

Vodní dílo Ivanské jezero se nachází na Javornickém potoce v ř. km. 3,400 v k. ú. Rychnov nad Kněžnou. Vzdouvací objekt tvoří zděná hráz z lomového kamene. Toto vodní dílo je zařazeno do IV. kategorie z hlediska TBD. Zařazením díla do této kategorie je v souladu s příslušnými ustanoveními vyhlášky č. 471/2001 Sb. určen rozsah a podmínky výkonu technickobezpečnostního dohledu (dále také TBD) na díle.

Technickobezpečnostní dohled nad vodním dílem Ivanské jezero je vykonáván správcem díla Povodím Labe, s.p. podle výše uvedených předpisů. S četností 1x za 6 let je svolávána technickobezpečnostní prohlídka (TBP) vodního díla podle § 62 zák. č. 254/2001 Sb.

Při poslední TBP, která se uskutečnila dne 20. 5. 2015 na vodním díle Ivanské jezero, bylo konstatováno výrazné zhoršení stavu zdiva tělesa hráze. Pro kvalifikované posouzení stability a bezpečnosti hráze bylo navrženo provést vrtný průzkum pro zjištění parametrů vnitřního zdiva hráze. Při celkovém hodnocení stavu vodního díla z hlediska bezpečnosti a provozuschopnosti v zápise z TBP je uvedeno, že dílo je sice v provozuschopném stavu, ale pro zajištění jeho bezpečnosti a stability je však nutné přistoupit k realizaci nápravných opatření a odtěžit sedimenty z nádrže.

Správce vodního díla proto zadal zpracování Návrhu opatření k zajištění bezpečnosti a stability vodního díla Ivanské jezero. Součástí těchto prací měl být i vrtný průzkum a laboratorní zkoušky fyzikálních a chemických vlastností materiálů odebraných z hráze a jejího podloží.

Možností, jak zajistit bezpečnost a stabilitu vodního díla je několik. Každá z možností má své přednosti a nedostatky, které by měly být v návrhu řešeny variantně. Výsledkem by měla být představa o aktuálním technickém stavu hráze a optimálním způsobu řešení nápravných opatření.

Nedílnou součástí návrhu je i řešení dalších nedostatků vodního díla, mezi které patří především bezpečnostní přeliv s malou kapacitou, problematický provoz spodní výpusti, zanášení nádrže sedimentem a možnosti jejího odbahnění.

Dalším úkolem bylo provedení posouzení transformace kontrolní povodňové vlny a návrh členění zvolené varianty opravy na jednotlivé stavební objekty včetně odborného odhadu nákladů pro jednotlivé varianty řešení.

Tento návrh bude dále sloužit jako podklad pro zadání na vyhotovení projektové dokumentace a částečně i jako podklad pro investiční záměr provozovatele.

Návrh opatření k zajištění bezpečnosti a stability vodního díla Ivanské jezero byl zpracován pro správce díla Povodí Labe, s.p. společností VODNÍ DÍLA – TBD a.s. na základě vzájemné smlouvy o dílo č. 599160035 (č. zhotovitele A1685/16).

2. OBSAH NÁVRHU OPATŘENÍ

Obsahem „Návrhu opatření k zajištění bezpečnosti a stability vodního díla Ivanské jezero“ je především následující:

- Provedení vrtného průzkumu tělesa hráze za účelem zjištění stavu zdiva vnitřní konstrukce hráze jádrovými vrty o průměru 80–100 mm.
- Provedení vrtného průzkumu do podloží hráze pro zjištění stavu podloží.
- Zhodnocení výsledků vrtných průzkumů tělesa hráze a podloží, včetně posouzení základních materiálových charakteristik kameniva a pojiva: vizuální prohlídka a popis vrstev, destruktivní zkoušky kamene a malty v akreditované laboratoři.
- Vypracování variantního řešení celkové rekonstrukce hráze, například rekonstrukce formou injektáže podloží a tělesa hráze, rekonstrukce formou zajištění návodního líce nebo realizace nové hráze, včetně odborného odhadu nákladů na jejich realizaci.
- Vypracování variantního řešení celkové rekonstrukce funkčních objektů – rekonstrukce spodní výpusti s jejím zkapacitněním a zohledněním manipulovatelnosti při převádění povodňových průtoků a rekonstrukce bezpečnostního přelivu pro bezpečné převedení kontrolního a návrhového průtoku přes profil vodního díla včetně odborného odhadu nákladů na jejich realizaci.
- Zpracování variantního řešení rozsahu odbahnění, revitalizace nádrže a úprava v zátopě a okolí nádrže, včetně posouzení nezbytnosti realizace sedimentační záchytné nádrže a návrhu jejího umístění. Součástí bude i odborný odhad nákladů na realizaci.
- Zajištění kategorizačního posudku o potřebě a návrhu podmínek provádění technicko-bezpečnostního dohledu pro vybranou variantu řešení.
- Posouzení stability hráze pro rozhodující fáze realizace vybraného technického řešení a pro extrémní zatěžovací stav při provozu díla.
- Zajištění aktuálních hydrologických údajů (N – leté průtoky, průběh návrhové a kontrolní povodňové vlny).
- Posouzení bezpečnosti VD při povodních pro stávající a pro vybranou variantu technického řešení.
- Majetkoprávní analýza stavbou dotčených pozemků (trvalé a dočasné zábory, zakres vybrané varianty řešení do katastrální mapy).
- Návrh členění stavby vybrané varianty technického řešení na jednotlivé stavební objekty, včetně stanovení rozsahu rekonstrukce a základních parametrů těchto stavebních objektů.

3. ZÁKLADNÍ ÚDAJE O VODNÍM DÍLE

Vodní dílo Ivanské jezero na Javornickém potoce bylo vybudováno v letech 1905–1907 firmou Lorenc a Dědek ze Solnice dle projektu Ing. Ortla asi 3 km severovýchodně od města Rychnov nad Kněžnou.

Účelem, pro který bylo vodní dílo zbudováno, byla retence povodňové vlny, která umožnila plynulejší průchod velkých vod v řece Kněžné protékající městem Rychnov nad Kněžnou. Po úpravě řeky Kněžny v Rychnově nad Kněžnou v roce 1937 ztratila ochranná funkce nádrže Ivanského jezera na významu.

3.1 Účely vodního díla

Hlavními účely vodního díla jsou podle platného manipulačního řádu (MŘ):

- akumulace vody a ochrana území pod hrází,
- rybářské využití nádrže.

3.2 Základní údaje o nádrži

▪ celkový objem vody v nádrži	41 400 m ³	při hladině 355,50 m n.m.
▪ zatopená plocha nádrže	16 800 m ²	při hladině 355,50 m n.m.
▪ délka nádrže	230 m	
▪ kóta provozní hladiny	355,30 m n.m.	
▪ kóta koruny hráze	356,50 m n.m.	

3.3 Popis vodního díla

VD Ivanské jezero se skládá z těchto základních objektů:

- vzdouvací objekt (zděná hráz z lomového kamene, gravitační, půdorysně zakřivená),
- spodní výpust,
- hrazený korunový bezpečnostní přeliv.

3.3.1 Hráz

Vzdouvací objekt tvoří gravitační hráz zděná na maltu z hydraulického vápna z místního lomového kamene (ruly). Hráz je půdorysně zakřivená ($R = 100$ m). Koruna hráze je upravena jako cesta pro pěší o šířce 1,9 m a je vybavena oboustranným zábradlím vysokým 1,10 m.

- **základní parametry hráze**

- kóta koruny hráze	356,50 m n.m.
- délka koruny hráze	46,5 m
- výška nad základovou spárou v profilu SV	8,6 – 8,9 m
- šířka koruny hráze	2,2 m
- šířka hráze v patě	5,9 m
- maximální výška hráze nad terénem	7,4 m
- sklon návodního líce	svislý
- sklon vzdušního líce	2 : 1

3.3.2 Bezpečnostní přeliv

Bezpečnostní přeliv je řešený jako korunový, hrazený dřevěnou stavidlovou tabulí. Tabule je ovládána pomocí dvou cévových tyčí ručně z manipulační lávky nad přelivem, v úrovni koruny hráze. Vlastní přeliv je umístěn po levé straně hráze, v jejím závězu. Od koruny přelivu vede skluz o celkové délce 16 m, který je zaústěn do Javornického potoka. Vlastní skluz je proměnného sklonu, první část na šířku hráze je mírná, za ní následuje strmější úsek, který pak přechází zas v pozvolnější část.

- **základní parametry přelivu**

- kóta pevné přelivné hrany	354,40 m n.m.
- kóta přelivné hrany při zahrazení	355,30 m n.m.
- výška hradící tabule	0,9 m

- šířka přelivu 4,6 m

Kapacita bezpečnostního přelivu je graficky zpracována v příloze č. 3. Hodnoty byly převzaty z manipulačního řádu z roku 2006.

3.3.3 Spodní výpust

Spodní výpust je tvořena kamennou zděnou chodbou se stropem z cihelné klenby. Chodba SV je na vtoku hrazena ocelovou stavidlovou tabulí ovládanou ručně z koruny hráze. Vtok do spodní výpusti je chráněn ocelovým česlovým košem s roztečí svislých česlic 35 mm.

▪ základní parametry přelivu

- kóta osy vtoku 349,50 m n.m.
 - profil odpadní štolý 800 x 800 mm
 - délka štolý 5,6 m

Kapacita spodní výpusti je graficky zpracována v příloze č. 3. Hodnoty kapacity převzaté z manipulačního řádu z roku 2006 byly upraveny výpočtem.

4. HYDROLOGICKÉ ÚDAJE

Vybrané hydrologické údaje byly poskytnuty ČHMÚ, pobočka Hradec Králové na základě objednávky ze dne 8. 9. 2016 pro Javornický potok v profilu hráze Ivanského jezera, ČHP 1-02-01-0760-0-00:

- číslo hydrologického pořadí 1-02-01-0760-0-00
 - plocha povodí 21,55 km²
 - průměrný dlouhodobý roční průtok (Q_a) 208 l.s⁻¹
 - průměrný dlouhodobý roční úhrn srážek 812 mm

M – denní průtoky (Q_N) v l.s⁻¹

M [dny]	30	60	90	120	150	180	210
Q_{Md} [l.s⁻¹]	506	344	251	195	155	126	103
M [dny]	240	270	300	330	355	364	třída
Q_{Md} [l.s⁻¹]	84	67	52	37	21	12	III.

N – leté průtoky (Q_N) v m³.s⁻¹

N [roky]	1	2	5	10	20	50	100	třída
Q_N [m³.s⁻¹]	3,71	6,27	10,9	15,4	20,8	29,4	37,2	III.

Tyto nově zpracované hydrologické údaje jsou uvedeny příloze č. 2 tohoto dokumentu na hlavičkovém papíře ČHMÚ. Součástí této přílohy je i průběh teoretické kontrolní povodňové vlny Q_{100} v tabelární a grafické podobě, která byla použita pro posouzení bezpečnosti vodního díla při povodních.

▪ základní parametry TPV Q_{100} :

- Q_{100} 37,2 m³.s⁻¹
 - W_{TPV100} 1,60 . 10⁶ m³

Platnost poskytnutých hydrologických údajů od data jejich vydání je 5 let. Jejich platnost lze prodloužit ověřením. Na základě nových poznatků může dojít k jejich změně.

5. ZHODNOCENÍ PROVEDENÝCH PRŮZKUMŮ

5.1 Vizuální prohlídka

U vodního díla Ivanské jezero byla v rámci stavebnětechnického průzkumu provedena také vizuální prohlídka přístupných částí. Jednalo se především o část návodního zdiva při snížené hladině, o přístupnou a viditelnou část vzdušního líce, vlastní korunu hráze, bezpečnostní přeliv a štolu spodní výpusti. Tyto části vodního díla byly prohlédnuty stavebním technikem společnosti VODNÍ DÍLA – TBD a.s. Pozornost byla postupně zaměřena na aktuální technický stav jednotlivých částí a stanovení případného rozsahu poškození.

5.1.1 Návodní líc

Návodní líc byl prohlédnut při snížené hladině na úroveň pevné přelivné hrany, po vyhrazení stavidlové konstrukce. Část zdiva pod úrovní hladiny trvalého nadržení byla silně pokryta nečistotami usazenými z vody, které částečně zakrývaly i případné drobné poruchy.

Na viditelné části návodního líce nebyly zjištěny žádné významné poruchy. Kamenné zdivo se jeví pevné a kompaktní. V ploše nebyl zjištěn žádný chybějící kamenný blok. Průsak vody, zamokření povrchu nebo usazování vápenných výluhů, a to především v některém ze závazání hráze také nebyly patrné.

Lokálně bylo zjištěno poškození spárové výplně. Ta byla obvykle poškozena trhlinou po obvodu nebo částečně po obvodu jednoho z kamenů. Zcela chybějící výplň většího rozsahu s výraznou hloubkou nebyla zjištěna.

Dle vizuálního posouzení návodní líc nejeví takové známky porušení, které by vyžadovaly okamžitý technický zásah.



pravá část návodního líce



levá část návodního líce, hradící stavidlová konstrukce

5.1.2 Vzdušní líc

Aktuální stav vzdušního líce již není dlouhodobě optimální i přes to, že při prvním pohledu se jeví kompaktní a celistvý. V téměř celé ploše vzdušního líce dochází k postupnému nerovnoměrnému propadání některých kamenů. Provozovatel díla, Povodí Labe, státní podnik, některé kameny a nejvíce poškozená místa vybavil kontrolními body pro geodetické zaměření. Pohyb těchto bodů je sledován ve třech vzájemně kolmých směrech (ve směru toku, ve směru kolmém k toku a ve svislém směru). Výsledky provedených měření jsou dostupné u provozovatele díla a vyplývá z nich, že u většiny bodů osazených do kamenných kvádrů hráze dochází k propadům (posun ve směru proti toku) a k posunu převážně k pravému břehu. Ve svislém směru vykazují body nejmenší rozdíly.

Spárová výplň mezi kameny byla v minulosti, při provozu vodního díla, několikrát vybourána a nově provedena. Aktuálně jeví jen minimální známky poškození. Jen lokálně je patrná její absence. V těchto místech dochází k uchycování drobné vegetace (trávy).

Spárová výplň obvykle vykazuje dobrou pevnost a soudržnost s kameny. Poškozená je především po obvodu kamenů, u kterých dochází k propadům. Propadání kamenů je patrné po celé výšce hráze a především v její pravé polovině.



vzdušní líc z pravého zavázání

Vzdušní líc je do výšky cca 1,2 m vybaven odvodňovacími trubičkami (ocel 1", délky cca 30 cm), které mají odvádět vodu z povrchu vzdušního líce, z pod obkladní vrstvy kamene. Trubičky jsou osazeny v místě spár mezi kameny a jejich rozmístění je ze 2/3 celkového počtu v místech, kde v minulosti byly evidovány průsaky.



vzdušní líc z levého zavázání

Při hladině na úrovni trvalého nadržení byly v pravém zavázání a po pravé straně dělicí stěny skluzu bezpečnostního přelivu patrné průsaky na povrchu hráze. Z odvodňovacích trubiček nedocházelo v období ani jedné prohlídky k výtoku vody.

Na povrchu vzdušního líce nejsou patrné v žádném místě vápenné výluhy nebo železité usazeniny, jak tomu obvykle bývá u hrází zděných z kamenných bloků.

Vzhledem k zjištěným skutečnostem se domníváme, že vzdušní líc hráze není v optimálním, bezpečném a stabilním stavu.

Další dále popsané průzkumy potvrdily předpokládané skutečnosti, že povrch vzdušního líce je ve značných plochách odtržen od vlastního zdiva hráze. Tvoří tak samonosnou konstrukci „membránu“ která je

priměřeně stabilní jen díky dobré kvalitě kamenů a udržovanému spárování. Pokud by

však byla celistvost vzdušního líce lokálně narušena, hrozí jeho zřícení. Pro další období bezproblémového provozu bude nutné u vzdušního líce přistoupit k celkové rekonstrukci. Pouhé přespárování není v tomto případě dostatečným řešením. Zásahem do spár by pravděpodobně došlo k většímu uvolnění kamenů a následně k jejich vypadnutí.



detail vzdušního líce, uvolněný blok

5.1.3 Štola spodní výpusti

Stěny štoly spodní výpusti jsou obdobně jako celá hráz tvořeny z kamenného spárovaného zdiva. Strop je vyzděn ve tvaru klenby o nízkém vzepětí z pálených cihel, které byly omítnuty.

Omítka stropu je na mnoha místech již poškozená, cihly jsou odhaleny, ale bez výrazného hlubšího poškození. Stěny štoly spodní výpusti jsou silně pokryty vápennými výluhy. Ty jsou částečně patrné i na stropě. Dno je kryto železitými a dalšími organickými výluhy z drobných průsaků.

Stav dna se jeví dobrý, bez poškození a výmolů.

Po celé délce štoly nebyly zjištěny žádné tlakové průsaky, nebo výtok vody. Hradicí tabule doléhá po celém obvodu a plně těsní bez průsaků.

Na konci odpadní štoly, těsně před vzdušným lícem je ve stropě patrná hluboká dutina. Poslední vrstva kamenného zdiva od líce je oddělena od jádra hráze. Zde vzniká volný prostor neznámé velikosti. Dutina na konci odpadní štoly je široká cca 15 cm a hluboká (dle vizuální obhlídky) 1,0 m. Takováto dutina obdobných parametrů byla



odpadní štola



strop a levá stěna odpadní štoly s výluhy

v minulosti opravena i za obkladem návodního líce.

Při průtoku plným profilem odpadní štolý může dojít k odtržení vzdušního líce, ke zřícení a omezení kapacity spodní výpusti. Tento stav je nevyhovující a pro vlastní provoz spodní výpusti i nebezpečný.



poškození ve stropě na konci štolý

5.1.4 Bezpečnostní přeliv

Bezpečnostní přeliv je hrazen dřevěnou stavidlovou konstrukcí s ručním ovládáním. Stavidlová konstrukce se pohybuje v ocelových drážkách v profilu návodního líce. Dno, stěny přelivu a vlastní skluz včetně boční dělicí stěny jsou provedeny z lomového kamenného zdiva se spárovou výplní.

U jednotlivých částí bezpečnostního přelivu nebyly vizuálně zjištěny žádné poruchy ani ve formě průsaků či poškozené spárové výplně. Aktuální stav bezpečnostního přelivu z pohledu poruch a poškození, nebrání v provozu vodního díla.



levá stěna bezpečnostního přelivu, skluz



bezpečnostní přeliv, skluz

5.1.5 Koruna hráze

Hrana návodní a vzdušné strany koruny hráze je tvořena z velkých pískovcových bloků přesně opracovaných do požadovaného tvaru. Prostor mezi nimi je tvořen z kamenů jako dlažba do betonu. Spáry mezi kameny jsou vyplněny betonem. V profilu bezpečnostního přelivu je koruna tvořena z betonových panelů (monolitická deska) uložených na třech ocelových nosnících profilu I. Tyto nosníky jsou částečně narušeny korozí.

Do pískovcových kamenných kvádrů je po obou stranách koruny osazeno zábradlí, které je sice renovované, ale sloupky jsou také na mnoha místech zcela prokorodované.

Na koruně hráze nebyla zjištěna žádná poškození. Spárová výplň nikde nechybí, není poškozena trhlinou. U kamenů nedochází k jejich propadání. Některé kameny jsou vybaveny geodetickými body.



koruna hráze z pravého závězu

5.2 Vrtné průzkumné práce

Průzkumné práce na vodním díle Ivanské jezero byly zaměřeny především na odběr jádrových vzorků z konstrukce hráze a podloží pro laboratorní zkoušky, které stanoví materiálové charakteristiky pojiva i kameniva.

Dalším úkolem jádrových vrtů bylo doplnění informací o stávajícím stavu konstrukce hráze, poloze podloží a přítomnosti hydroizolačních vrstev.

Průzkum byl prováděn formou jádrových vrtů délky v rozmezí od 0,8 do 3,35 m a různého průměru, 60 až 100 mm. Dále byly prováděny vrty svislé i vodorovné. Jeden vrt do podloží ze vzdušné paty byl navržen jako šikmý.

Jádrové vrty obecně umožňují odběr kompaktního celku části konstrukce. Vlastní vrtání obvykle nemá příliš velký vliv na kvalitu a stav odebraných vzorků. Kvalita vzorků tedy většinou vypovídá o vlastním stavu konstrukce.

5.2.1 Provádění jádrových vrtů

Pro potřeby zhodnocení stavu konstrukcí a provedení laboratorních zkoušek bylo provedeno celkem 6 jádrových vývrtů různé délky.

Dva vrty byly provedeny svisle z koruny hráze. Jeden z vrtů byl průměru 100 mm a druhý 60 mm. Dva vrty byly provedeny jako vodorovné, jeden z návodní strany hráze druhý ze vzdušné, oba shodného průměru 100 mm. Jeden svislý vrt byl proveden do plochy přelivu v profilu hráze také průměru 100 mm. Jeden vrt byl vrtán šikmo ze vzdušné paty směrem do podloží.

Průměr vrtů 100 mm je právě dostačující pro reprezentativní provedení laboratorních zkoušek. Menší průměr vrtu umožňuje provedení pouze některých zkoušek. Díky menšímu průměru je ale snazší jeho provádění v hůře soudržných materiálech a je možné dosáhnout větších vrtných hloubek.

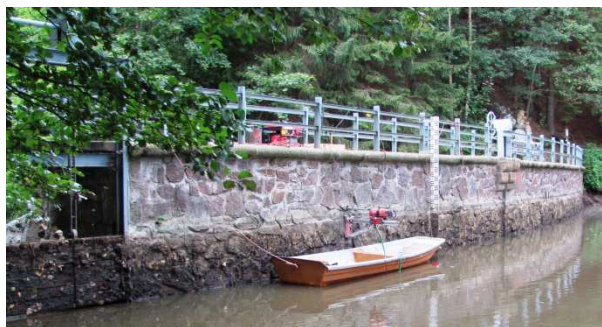
Rozmístění vrtů bylo předběžně dohodnuto v rámci vstupního výrobního výboru, který se uskutečnil 18. 8. 2016 na díle Ivanské jezero. Rozmístění jednotlivých vrtů a jejich přibližné délky byly dohodnuty tak, aby podaly maximální množství informací o stavu konstrukce.

Práce byly prováděny vrtnou soupravou Hillti DD200 pod výplachem vodou, stojanem DD-HD 30 zakotveným vždy do konstrukce a jádrovými korunkami průměru 105 mm, 65 mm a 50 mm. Vrtací jednotka byla napájena elektrickou energií z mobilní elektrocentrály, která byla zapůjčena od provozovatele, Povodí Labe, státní podnik. Její dočasné umístění bylo na koruně hráze a v pravém podhráží. Voda pro výplach byla odebírána z nádrže pomocí ponorného čerpadla. Systém HILTI DD 200 a základní sortiment příslušenství neumožňuje provádění odběru vzorků po částech větších jak 500 mm. Omezení spočívá v délce jádrové vrtací korunky, vrtacího stojanu a soudržnosti vrtané konstrukce.

Odebrané jádrové vývrty byly dočasně uloženy ve skladu VD-TBD a následně byly předány do Kloknerova ústavu k provedení laboratorních, destruktivních zkoušek. Vrtý vzniklé odběrem jádrových vzorků byly zpětně zaplněny betonovou směsí.

5.2.1.1 Jádrový vrt I

Umístění: Tento vrt byl proveden vodorovně z návodní strany hráze, kolmo k povrchu, v úrovni obvyklé hladiny trvalého nadržení, v délce koruny se vrt nacházel přibližně ve 2/3 vzdálenosti mezi přelivem a vodočetnou latí (viz. obr.). Přesně se vrt nacházel 1,05 m pod korunou a 3,5 m od bezpečnostního přelivu.



Profil vrtu: 105 mm

Celková délka odebraných vzorků: 1,85 m

Odvrtaná délka vrtu: 1,85 m

Popis vrtu: Odebraný vzorek je tvořen několika většími kusy kvalitního a kompaktního kamene. Mezi nimi se nacházejí vzorky s menšími kameny, které jsou částečně spojeny pojivem. Jedná se především o část vzorku v hloubce 0,6 – 0,8 m, kde je poměrně slušná soudržnost pojiva. Tuto část je možné hodnotit jako nejlepší ve spojení kameniva a pojiva. V dalších úsecích, kde jsou menší kameny, nemá pojivo dostatečnou pevnost a část vzorku se rozpadá, úsek vrtu 1,3 až 1,5 m. Pojivo vykazuje nižší pevnost a poměrně snadno dochází k jeho porušení a uvolnění větších kusů kameniva.

Jak ze vzorků větších kusů kamenů, tak částí s nižší soudržností kameniva je zřejmé, že v místě provedeného jádrového vrtu se nacházely dutiny a místa nevyplněná pojivem. Celkově lze vzorek hodnotit jako méně kvalitní a vypovídá spíše o horším stavu konstrukce.

Jádrový vrt byl proveden téměř na celou šířku hráze a v celé jeho délce nebyla zaznamenána přítomnost hydroizolační vrstvy. V průběhu vrtání nedošlo ani k jejímu poškození, rozplavení a vynesení společně s vrtným kalem. Dříve používané asfaltové hydroizolace jasně barví výplachovou vodu do černa.

Část tohoto odebraného vzorku byla předána do laboratoří k prohlídce a obecnému popisu, ke stanovení nasákavosti, stanovení objemové hmotnosti, stanovení pevnosti v tlaku, k určení chemického rozboru malty a ke stanovení alkalicko-křemičitanové reakce kameniva.



VI – odebraný vzorek jádra z návodní strany hráze.

5.2.1.2 Jádrový vrt II

Umístění: Tento průzkumný vrt byl proveden svisle z koruny hráze, vpravo od bezpečnostního přelivu, (viz. obr.). Přesně se vrt nacházel 1,5 m od pravého okraje bezpečnostního přelivu a v ose hráze.

Profil vrtu: 105 mm

Celková délka odebraných vzorků: 3,00 m

Odvrtaná délka vrtu: 3,00 m

Popis vrtu: Odebraný vzorek je tvořen z menších částí jádra a kompaktních kusů kamene menší délky, především ve střední a spodní části vrtu. Ve vrchní části a dále na několika místech vrtu jsou zřejmé dutiny a volné prostory mezi kameny bez výplně. Vlastní malta je poměrně rozpadavá a nesoudržná. V průběhu vrtání došlo k vyplavení velkého množství písku. Ten pochází právě z malty, u které došlo k rozrušení vlastním vrtáním, a proudící výplachovou vodou. V několika výškových úrovních došlo k dočasné ztrátě výplachové vody a to především v oblasti dutin těsně pod korunou hráze. V průběhu vrtání byly zjištěny i drobné průsaky na vzdušném líci od výplachové vody.

Celkově lze vzorek hodnotit jako horší. Konstrukce má v místě vrtu sníženou soudržnost

mezi kamenivem a pojivem, je zde mnoho dutin a volných prostorů. Některé kameny se částečně rozpadají v důsledku přirozených diskontinuit.

Některé vybrané části tohoto vzorku byly předány k prohlídce a k obecnému popisu vzorků, ke stanovení objemové hmotnosti a ke zkoušce přídržnosti malty v prostém tahu.





V II – odebraný vzorek jádra z levé části koruny hráze

5.2.1.3 Jádrový vrt III

Umístění: Tento jádrový vrt byl proveden svisle do pevné přelivné plochy bezpečnostního přelivu, v profilu hráze, (viz. obr.). Přesné umístění vrtu je 2,4 m od hradící konstrukce, v příčném směru pak 1,6 m od levé stěny a 2,9 m od pravé stěny přelivu.

Profil vrtu: 105 mm

Celková délka odebraných vzorků: 2,65 m

Odvrtaná délka vrtu: 2,65 m

Poloha základové spáry: 2,3 m



Popis vrtu: Odebraný vzorek je tvořen převážně z větších a kompaktních kusů jádra. Malta vykazuje v porovnání s předchozími vzorky výrazně lepší vlastnosti. Nedochází tolik k jejímu drolení a rozpadání. Jednotlivé kusy hrubého kameniva jsou v maltě dobře vázány a je patrná dobrá vzájemná soudržnost. Kamenné bloky, ze kterých je konstrukce vyzděna, jsou poměrně kvalitní. Poslední část vzorku v délce od 2,5 m do konce je odebraná ze skalního podloží. Po celé délce vzorku nebyly zjištěny žádné dutiny a volné prostory. Ztráta vody ve vrtu a vlastní proces výplachu jádrového vrtání byl zkreslen proudící vodou přes přelivnou plochu.

Celkově lze jádrový vrt hodnotit jako poměrně kvalitní. Ze všech odebraných vzorků na Ivanském jezeře se jedná o nejkompaktnější a vypovídá o dobrém stavu konstrukce v jeho okolí.

Některé vybrané části tohoto vzorku byly předány k prohlídce a k obecnému popisu vzorků ke zkoušce stanovení objemové hmotnosti, stanovení pevnosti v tlaku, stanovení pevnosti v tahu a ke zkoušce přídržnosti malty v prostém tahu.



III – odebraný vzorek jádra z pevné přelivné části bezpečnostního přelivu

5.2.1.4 Jádrový vrt IV

Umístění: Tento odběrný vrt byl proveden svisle do koruny hráze v její pravé polovině, (viz. obr.). Přesné umístění vrtu je 5,6 m od osy spodní výpusti směrem k pravému zavázání. V příčném směru se vrt nacházel přibližně v ose koruny hráze.

Profil vrtu: 65 mm

Celková délka odebraných vzorků: 3,35 m

Odvrtaná délka vrtu: 3,5 m



Popis vrtu: tento vrt byl proveden jádrovou vrtací korunkou menšího průměru, vzhledem k tomu bylo ale dosaženo větší hloubky. Vzorek z vrtu je tvořen menšími kusy a úlomky jádra. Ve vrchní části, těsně pod korunou byly zjištěny dutiny a volné prostory. S hloubkou vrtu se kvalita vzorků nijak nezlepšila. Je tvořen především kamennými kusy jádra bez malty a pojiva. Malta se pravděpodobně v průběhu vrtání částečně rozmělnila a vyplavila společně s vrtným kalem. Malta zde také nevyplňovala všechny volné prostory mezi kusy kameniva, protože v průběhu vrtání došlo několikrát k propadu vrtací korunky do volného prostoru. Vrtání v dosažené hloubce bylo ukončeno z důvodu ztráty jednoho z řezných zubů vrtací korunky. Zub byl uražen menším úlomkem kameniva a zůstal ve vrtu.



dutiny ve stěně vrtu pod korunou hráze

Některé vybrané části tohoto vzorku byly předány k prohlídce a k obecnému popisu vzorků, ke zkoušce stanovení objemové hmotnosti a ke zkoušce stanovení pevnosti v tlaku.



IV – odebraný vzorek jádra z pravé části koruny hráze

5.2.1.5 Jádrový vrt V

Umístění: Tento vrt byl proveden vodorovně ze vzdušní strany hráze a to ve stejném příčném profilu jako vrt č. IV. Pro snazší betonáž byl vrt ukloněn směrem dolu proti vodě. Přesné umístění vrtu je 1,5 m nad terénem a 5,5 m od osy spodní výpusti směrem k pravému zavázání.

Profil vrtu: 105 mm

Celková délka odebraných vzorků: 1,9 m

Odvrtaná délka vrtu: 1,9 m

Popis vrtu: Odebraný vzorek konstrukce z tohoto vrtu je tvořen z většího počtu částí. Za prvním kamenem z vrtu a za vrstvou spárové výplně byla v hloubce cca 10 – 15 cm zjištěna poměrně velká dutina bez maltové výplně. V průběhu dalšího vrtání byl zjištěn výtok výplachové vody především vlevo od místa vrtu. Voda vytékala jak z odvodňovacích trubiček, tak ze spár pod některými z kamenů. Proto se domníváme, že zjištěná dutina za vzdušním lícem je většího rozsahu a pravděpodobně je i příčinnou propadů některých kamenných bloků.

Ve vrtu byl dále zastižen poměrně velký kamenný blok se šířkou přibližně 0,5 m. Jedná se o největší a kompaktní část tohoto vrtu. V další části je vzorek tvořen z menších kamenů, částečně obalených maltou. U některých částí vykazuje malta poměrně dobrou soudržnost s kameny a dostatečnou pevnost. Přesto je však zřejmé, že v některých místech vrtu byly zastiženy dutiny a volná místa bez výplně. Ty však již nejsou takového rozsahu jako dutina za vzdušním lícem.

Část odebraného vzorku byla předána do laboratoří k prohlídce a obecnému popisu.



dutiny ve stěně vrtu, těsně za vzdušným lícem



V – vodorovný odebraný vzorek jádra ze vzdušní strany hráze

5.2.1.6 Jádrový vrt VI

Umístění: Tento jádrový vrt byl proveden ze vzdušné strany hráze, v její pravé polovině, (viz. obr.). Byl proveden jako šikmý s odklonem od svislice 30° a jeho úkolem bylo zastižení podloží a pořízení jeho vzorku. Ústí vrtu bylo přibližně 0,6 m nad terénem a 7,0 m od osy spodní výpusti. Tento šikmý vrt byl realizován na třikrát. Nejprve byly zahájeny práce korunkou průměru 65 mm. Následně došlo k vylomení zubu. Stojan byl přemontován do jiného místa a práce byly zahájeny s korunkou 50 mm. V důsledku špatné soudržnosti konstrukce došlo i u této korunky k vylomení zubu. Proto byl vrt následně převrtán průměrem 105 mm, ale také bez dalšího posunu.

Profil vrtu: 65 mm, 50 mm, 105 mm

Celková délka odebraných vzorků: 1,2 m

Odvrtaná délka vrtu: 0,9 m

Popis vrtu: Realizace tohoto průzkumného vrtu byla velmi složitá a podloží hráze v důsledku velmi špatné soudržnosti konstrukce dosaženo nebylo. Jak již bylo uvedeno výše, jádrový vrt byl prováděn na třikrát s jedním přestavením vrtací soupravy. Vrtání bylo zkoušeno různými průměry a typy jádrových vrtacích korunek avšak bez zjevného posunu. Vrtání bylo vždy zastaveno z důvodu ztráty vrtných zubů korunky.

V obou místech, kde byl vrt realizován, byla pod lícem kamenem, spárovou výplní zjištěna dutina, volný prostor bez výplně. Při vrtání tímto prostorem dobře komunikuje voda, která vytéká v poruchách vzdušného líce nebo se ztrácí v „patním drénu“. Ztráta vody byla rychlá a prostor se nepodařilo vodou zaplnit. Pravděpodobně se jedná o porušení větší části vzdušného líce.

Další část vzorku byla tvořena spíše volnými kameny menších rozměrů, které nebyly vzájemně spojeny maltou. I přes to, že na povrchu některých kamenů byla patrná malta, z vývrtu se nepovedlo vyjmout její větší kompaktní kus.

Tento vrt vypovídá o poměrně špatném stavu konstrukce hráze v oblasti provedených vrtů. Vzdušné líce je odděleno od vlastní konstrukce a zdivo v patě hráze je ovlivněno prosakující vodou, která pravděpodobně vyplavila pojivo z malty. Proto se zde nachází velké množství volných prostorů a dutin.

Z tohoto odebraného jádrového vývrtu se nepodařilo vybrat reprezentativní vzorek, který by bylo možné předat do laboratoří ke zpracování.



2x šikmý vrt do podloží



dutiny ve stěně vrtu, těsně za vzdušným lícem
odvodňovací trubička



VI – odebraný vzorek jádra z šikmého vrtu do vzdušní paty hráze

5.3 Zhodnocení laboratorních zkoušek

Odebrané vzorky z návodní a vzdušní strany hráze, z koruny hráze a bezpečnostního přelivu VD Ivanské jezero byly předány do ČVUT Kloknerova ústavu, v Praze, Šolínova 7, aby byly podrobeny fyzikálně-mechanickým a chemickým zkouškám, které by měly podat představu o stavu a vlastnostech konstrukce hráze, použitého pojiva a kameniva a poskytnout tak kvalitní podklad pro případný projekt oprav.

Zkoušky v laboratořích byly provedeny v září a říjnu 2016. Na předaných vzorcích byly provedeny následující zkoušky:

- vizuální prohlídka a popis vrtů,
- popis základové horniny,
- stanovení objemové hmotnosti,
- stanovení pevnosti betonu/malty v tlaku,
- stanovení pevnosti kamene v tlaku,
- stanovení pevnosti betonu/malty v tahu,
- stanovení hmotnostní nasákavosti,
- stanovení alkalicko-křemičité reakce (ASR),
- chemický rozbor betonu/malty.

Vzhledem k poměrně špatnému stavu konstrukce byly pro laboratorní zkoušky vybrány pouze některé vzorky. Jednalo se především o kompaktní části jádra, které svými rozměry umožňují provedení příslušných zkoušek. Výsledky vypovídají pouze o stavu těchto vzorků ze soudržných částí konstrukce a podávají nejlepší hodnoty sledovaných parametrů pojiva a kameniva. Všechny uvedené zkoušky nebyly provedeny na každém vzorku. Rozložení zvolených zkoušek popisuje následující tabulka.

vzorek	rozměry vzorku (mm)	prohlídka a popis	objemová hmotnost	nasákavost	pevnost v tlaku	pevnost v tahu	zkouška přídržnosti v prostém tahu (odtrh)	chemický rozbor malty	alkalicko-křemičitá reakce kameniva
I-A	80 x ϕ 100	X						X	X
I-B	55 x ϕ 100	X	X	X					
I-C	180 x ϕ 100	X							
I-D	360 x ϕ 100	X	X		X				
I-E	260 x ϕ 100	X							
II-A	150 x ϕ 100	X							
II-B	240 x ϕ 100	X	X				X		
II-C	170 x ϕ 100	X							
II-D	160 x ϕ 100	X							
III-A	230 x ϕ 100	X							
III-B	220 x ϕ 100	X	X			X			
III-C	180 x ϕ 100	X	X			X	X		
III-D	310 x ϕ 100	X	X						
III-E	80 x ϕ 100	X					X		
III-F	105 x ϕ 100	X	X		X				
III podloží	180 x ϕ 100	X							
IV-A	50 x ϕ 60	X	X		X				
IV-B	60 x ϕ 60	X	X		X				
IV-C	110 x ϕ 60	X							
IV-D	100 x ϕ 60	X							
IV-E	150 x ϕ 60	X	X		X				
IV-F	70 x ϕ 60	X							
V-A	95 x ϕ 100	X							
V-B	150 x ϕ 100	X							
V-C	120 x ϕ 100	X							

X – označuje, že byla daná zkouška na daném vzorku provedena, případně počet provedených zkoušek.

Podrobné výsledky provedených laboratorních zkoušek jsou uvedeny v elaborátu, který vypracoval Ing. Tomáš Mandlík (ČVUT Kloknerův ústav) na základě získaných výsledků z laboratoří Kloknerova ústavu. Zpráva s výsledky je přílohou č. 1 tohoto dokumentu. Zde bude uvedeno jen stručné shrnutí výsledků.

5.3.1 Destruktivní zkouška pevnosti v tlaku

Vzhledem k poměrně malému počtu použitelných vzorků byla destruktivní zkouška pevnosti v tlaku provedena pouze u vybraných vzorků betonu/ malty a kamene. Vzorky byly vybrány rovnoměrně z jednotlivých provedených vrtů tak, aby co nejlépe hodnotily konstrukci hráze jako celek. Při odebrání jádrových vzorků bylo již zřejmé, že pojivo vykazuje poměrně špatné vlastnosti a docházelo k rozpadání některých částí vzorků. V rámci laboratorních zkoušek pak byly stanoveny číselné hodnoty pevnosti.

Krychelná pevnost betonu zjištěná na předaných vzorcích odebraných z tělesa hráze, která byla získána přepočtem z válcové pevnosti, je pro beton/maltu poměrně malá a průměrná hodnota dosáhla 12,8 MPa, což přibližně odpovídá nejnižší třídě betonu. Krychelná pevnost

kamene v tlaku je naopak vysoká, pohybuje se v rozsahu od 50 do 102 MPa. Tyto pevnosti vypovídají spíše o poměrně kvalitním, minimálně zvětralém a kompaktním kameni.

5.3.2 Destruktivní zkouška pevnosti v prostém tahu

Pro tuto zkoušku byly vybrány pouze některé reprezentativní a použitelné vzorky. Tyto vzorky opět vypovídají spíše o maximálních hodnotách pevnosti v tahu v rámci celé hráze. Jednalo se o části vývrtu č. III. Úkolem této laboratorní zkoušky bylo stanovení pevnosti v tahu neporušeného vzorku konstrukce nebo určení pevnosti spojení kamene a pojiva.

Zkušební vzorky byly tvořeny z části pojivem a z části větším úlomkem kamene. V obou případech došlo k porušení přibližně v polovině délky vzorku, na místě rozhraní kamene a pojiva.

Výsledné dosažené pevnosti v tahu se u zkoušených vzorků pohybovalo v hodnotách 0,04 a 0,07 MPa. Tyto hodnoty jsou velice malé a velice omezují provádění jakýchkoli sanačních prací. Vzhledem k tomu se i malta jeví jako rozpadavá.

5.3.3 Zkouška přídržnosti k podkladu v prostém tahu

Tato zkouška byla provedena pouze u některých vybraných vzorků, kde v celém profilu byla zastižena malta, nejedná se tedy o vzorky s povrchem konstrukce. Pro zkoušky byly použity vzorky označené jako II-B, III-C, III-E. Princip zkoušky je takový, že je měřená síla, při které dojde k odtržení zkušebního terče nalepeného na lícni povrch zkoušeného vzorku. K porušení obvykle dochází v materiálu vzorku (lepidlo má vyšší pevnost).

Dle výsledků uvedených v příloze č. 1 je zřejmé, že napětí, při kterém došlo k odtržení, bylo ovlivněno množstvím a velikostí kameniva přítomného u povrchu vzorku. Nejnižší hodnota napětí byla určena u vzorku č. III-C, kde došlo k odtržení v místě malty, číselně se jedná o 0,3 MPa. U zbývajících dvou vzorků bylo dosažené napětí nepatrně větší, jednalo se o hodnoty 0,5 a 0,8 MPa a to především v důsledku odtrhu v profilu malty a kameniva. Tato výsledná napětí nesplňují podmínku minimální hodnoty napětí pro aplikaci většiny tenkovrstvých sanačních materiálů.

5.3.4 Nasákavost a objemová hmotnost

Na vzorku č. I-B, který nebyl použit pro jiné zkoušky, byla provedena zkouška nasákavosti a stanovení objemové hmotnosti. Celkový počet provedených zkoušek nasákavosti a objemové hmotnosti pro konkrétní vzorky je patrný z výše uvedené tabulky.

Objemová hmotnost vzorků se pohybuje v rozmezí 1750 - 2740 kg.m⁻³ a je významně ovlivněna podílem zastoupení kamene a malty ve vzorku. Tento fakt platí také pro stanovení nasákavosti, která je obecně u kamenů výrazně menší jak u pojiva.

Hodnota nasákavosti u zkušební vzorku byla stanovena na 18,1 %, přičemž za vyhovující se považuje hodnota pod 6 %. Betony a jiné materiály s vyšší nasákavostí jsou pak méně mrazuvzdorné. Zjištěný výsledek je z hlediska životnosti konstrukce velice neuspokojivý a v souvislosti s pravděpodobnými průsaky konstrukcí dochází i k její podpovrchové degradaci.

5.3.5 Zjišťování alkalicko-křemičité reakce

Zkouška přítomnosti alkalicko-křemičité reakce byla provedena pouze u vybraného vzorku I-A. Jedná se o část vzorku z návodní strany hráze. Touto zkouškou se zjišťuje, zda dochází k chemické reakci mezi složkami pojiva (betonu/malty), především alkáliemi a oxidem křemičitým obsaženým v určitých druzích kameniva. Přítomnost vody tyto reakce spouští a urychluje. Chemickou reakcí vzniká gel, který pak způsobuje trhání a rozpad malty/betonu.

Výsledky provedených zkoušek u výše uvedeného vzorků jsou negativní, alkalicko-křemičitá reakce nebyla u vzorku prokázána.

5.3.6 Provedení chemického rozboru

Vzhledem k tomu, že z vlastní stavby vodního díla se dochovalo minimální množství podkladů, není aktuálně zcela zřejmé, jakého druhu pojiva bylo pro stavbu použito. Z tohoto důvodu bylo také v rámci laboratorních zkoušek požadováno provedení chemického rozboru s dalšími určujícími parametry (poměr míšení).

Na základě provedených zkoušek termickou analýzou a elektronovou mikroskopií vyplývá, že hlavním pojivem malty je vysoce hydraulické vápenné pojivo, které je částečně zkarbonatované. Karbonatace je chemický proces stárnutí v důsledku vlivů okolního prostředí. K degradaci povrchové vrstvy dochází především v důsledku vzájemného působení vzdušné vlhkosti a kyselých plynů z ovzduší (oxidu uhličitého). V pojivu byl ojediněle zjištěn i výskyt slínovitých minerálů, které naznačují použití přirozeného hydraulického vápna nebo románského (přírodního) cementu.

Poměr míšení jednotlivých složek (pojiva a kameniva) byl stanoven chemickým rozbohem. Zastoupení kameniva a pojiva ve vzorku malty byl stanoven poměrem pojivo : malta – 1 : 5,1. Vzhledem k druhu zjištěného pojiva se domníváme, že poměr míšení v době výstavby byl větší, ale za dobu provozu vodního díla došlo k jeho snížení „vyplavením“.

5.3.7 Popis základové horniny a geologické zatřídění

V rámci vrtných prací se v profilu kaskády bezpečnostního přelivu podařilo dosáhnout úrovně podloží, kde byl odebrán vzorek základové horniny. Tento vzorek byl společně s dalšími předán do laboratoří k posouzení a k zatřídění.

Vzorek byl stanoven jako pararula orlicko-sněžnického krystalinika. Jedná se o metamorfovanou horninu vzniklou vysokostupňovou přeměnou jílovitých břidlic, peliticko-psamitických a drobových sedimentů. U předaného vzorku je výrazná foliace.

V oblasti Ivanského jezera tvoří pararuly malé nekompaktní těleso, v širším okolí se nevyskytuje. Hlavními minerály jsou křemen, živec a slídy, z nichž převládá biotit.

Podle aktuálně již neplatné ČSN je hornina zatříděna do skupiny R2 s pevností v rozsahu 50 - 150 MPa.

5.4 Závěr a doporučení pro další postup

Úkolem provedeného stavebního průzkumu bylo zdokumentovat stav hráze Ivanského jezera. V rámci průzkumu byl proveden odběr jádrových vzorků a následné stanovení základních materiálových vlastností v laboratořích. Dále byla provedena vizuální prohlídka jednotlivých přístupných částí konstrukce hráze, bezpečnostního přelivu a spodní výpusti.

Provedené průzkumy a prohlídky měly za cíl stanovit, v jakém technickém stavu se konstrukce nachází a jaké další stavební úpravy bude v nejbližších i pozdějších letech nutné realizovat.

Při prohlídce stavebních konstrukcí bylo zjištěno:

- Na návodním líci ani na koruně hráze nebyla zjištěna přítomnost hydroizolační vrstvy.
- Některé kameny vzdušního líce se propadají do konstrukce hráze v důsledku vzniku podpovrchové dutiny přesně neznámého rozsahu.
- Pravděpodobně celý vzdušní líc (první vrstva kamenného zdiva) je oddělen od zbylé části hráze a to v důsledku chybějící maltové výplně (resp. její degradace účinky mrazu).
- Dutina za povrchem vzdušního líce je patrná i na konci štoly spodní výpusti. Při průtoku plným profilem může dojít k narušení vzdušního líce a omezení kapacity SV.

- Štola spodní výpusti je bez průsaků, ale s vápennými výluhy a s narušením cihelné klenby.
- Průsaky vzdušním lícem jsou patrné po pravé a levé straně (v zavázání) vzdušního líce. Jiné průsaky jsou staženy odvodňovacími trubičkami, nebo přímo protékají konstrukcí hráze do podloží.
- Kvalita zdiva v místě provedených jádrových vrtů je poměrně špatná. Zdivo je nesoudržné s velkým množstvím dutin a nízkou pevností malty. Nejlepší kvalita byla zjištěna na přelivné ploše bezpečnostního přelivu.
- Spárování zdiva z návodního a vzdušního líce je kvalitní a minimálně poškozené. Aktuálně zajišťuje stabilitu vzdušního líce a také celého díla.

Z výsledků provedeného stavebního průzkumu je zřejmé, že těleso hráze je v celkově špatném technickém stavu. V období povodňové události, při které bude docházet k výraznému přepadu vody také přes korunu hráze, hrozí ztráta soudržnosti konstrukce, uvolnění kamenných bloků až vznik nátrže a havárie díla. V období dalšího provozu, než budou připravena a realizována potřebná nápravná opatření, bychom doporučovali provozovat dílo se sníženou hladinou vyhrazením bezpečnostního přelivu (eventuálně s celkovým odstraněním hradící konstrukce). Do doby celkové opravy je nutné udržovat těleso hráze lokálními opravami, především se jedná o obnovu spárové výplně. Rozebíráním, přezdíváním a vyndáváním jednotlivých kamenů by mohlo dojít ke vzniku rozsáhlejší poruchy.

6. POSOUZENÍ BEZPEČNOSTI VODNÍHO DÍLA PŘI POVODNÍCH

Pro toto vodní dílo nebyl doposud zpracován posudek bezpečnosti vodního díla při povodních. Vzhledem k záměru stavebních uprav, realizaci oprav či celkové rekonstrukci celého vodního díla, je jeho zpracování nutné pro posouzení stávajících a nově navrhovaných stavebních objektů bezpečnostního přelivu a spodní výpusti.

Vzhledem k potenciálním rizikům a možným ztrátám byla za požadovanou míru bezpečnosti díla zvolena kontrolní povodňová vlna KPV $p_Q = 0,01$ (doba opakování $N = 100$ let). Pro vypracování posouzení je nezbytným podkladem hydrogram teoretické N -leté povodňové vlny určené N -letým kulminačním průtokem, typickým tvarem hydrogramu a příslušným objemem.

V rámci objednávky základních hydrologických údajů pro profil Ivanského jezera byla objednána také teoretická povodňová vlna Q_{100} . Základní hydrologické údaje včetně TPV zpracoval a poskytl ČHMÚ, pobočka Hradec Králové.

Posouzení bezpečnosti vodního díla při povodních bylo vypracováno podle ČSN 752935 Posuzování bezpečnosti vodních děl při povodních.

6.1 Stanovení mezní bezpečné hladiny

Podle definice uvedené v „Metodickém pokynu odboru ochrany vod Ministerstva životního prostředí k posuzování bezpečnosti přehrad za povodní“ a TNV 752935 „Posuzování bezpečnosti vodních děl za povodní“ je **mezní bezpečná hladina (MBH) úroveň hladiny v nádrži, při které je v dané lokalitě právě ještě zaručena bezpečnost a stabilita díla nebo při jejímž překročení nastává aktuální nebezpečí poruchy a havárie vodního díla.** Vzhledem k extrémnosti jevu (průchod povodně) a současně krátké době jeho trvání se

obecně nevylučuje vznik drobných škod a počítá se se sníženým stupněm bezpečnosti. MBH se stanoví na základě okolností ovlivňujících bezpečnost VD za povodní (např. konstrukční typ hráze a její technický stav) a pravděpodobné příčiny havárie díla (vytipované na základě poznatků z výkonu TBD).

Při stanovení výchozí hodnoty MBH se v posudku vycházelo z předpokladu, že by nemělo docházet k přelévání koruny hráze. Výchozí MBH byla stanovena na úroveň nejnižšího místa koruny hráze, tedy na kótě **356,50 m n.m.**

V dřívějším posouzení bylo dokladováno, že vodní dílo je stabilní i při extrémních zatěžovacích stavech. Tento stav je definován jako povodňová vlna, při níž dojde k naplnění nádrže a vstoupání hladiny na úroveň až 357,00 m n.m. Vzhledem k tomu, že se od té doby výrazně zhoršil stav zdiva hráze, nepovažujeme již tuto úroveň hladiny vody v nádrži za bezpečnou. Při přelévání koruny hráze bude významně ohrožena její stabilita a bezpečnost.

MBH nebyla ponížena o výšku vrcholu stojaté vlny a to z důvodu omezeného vzniku vlny na poměrně krátké vodní ploše, která je umístěna v úzkém údolí silně zarostlém mohutnými stromy. Výška vlny by v extrémním případě mohla dosáhnout pouze několika cm. A to v případě drobného přelítí nerovné koruny hráze, která je tvořena z kamenných kvádrů hrubě opracovaných, způsobené vznikem větrové vlny je v tomto případě přípustné a neohrožuje bezpečnost a stabilitu vodního díla.

6.2 Stanovení kontrolní maximální hladiny vody v nádrži

Kontrolní maximální hladina (KMH) je podle výše uvedeného metodického pokynu popsána jako úroveň maximální hladiny vody v nádrži při posuzované kontrolní povodňové vlně (KPV). Její určení je výstupem vodohospodářské úlohy transformace povodňové vlny retenčním účinkem nádrže za předem přijatých provozních podmínek a předpokladů a dalších souvisejících faktorů.

Stanovení kontrolní maximální hladiny bylo provedeno pro dvě základní varianty:

- Stávající stav vodního díla, kapacity spodní výpusti a bezpečnostního přelivu dle manipulačního řádu.
- Vybraná varianta nově navrženého technického řešení opravy nebo úpravy hráze a funkčních objektů Ivanského jezera.

Pro přešetření transformačních účinků vodního díla pro převedení kontrolní povodňové vlny byly zavedeny tyto předpoklady:

- Transformace jsou řešeny pro jednu TPV_{100} . Jedná se o teoretickou povodňovou vlnu zpracovanou Českým hydrometeorologickým ústavem.
- Výchozí úroveň hladiny vody v nádrži, stávající stav je na kótě 355,35 m n.m.
- Manipulace jsou provedeny dle manipulačního řádu.
- Ve snaze o snížení maximální kontrolní hladiny byly manipulace upraveny proti danému manipulačnímu řádu.
- Ve výpočtech se nepředpokládalo snížení kapacity bezpečnostního přelivu jeho ucpáním či jinými negativními vlivy, ani s případným omezením kapacity spodní výpusti.
- Jedná se o dílo bez trvale přítomné obsluhy, proto v případě řešení transformace je nutné uvažovat zcela zahrazený přeliv a uzavřenou spodní výpust.

- Kapacity spodní výpusti a bezpečnostního přelivu byly pro stávající stav převzaty z manipulačního řádu a upraveny interpolací.
- Charakteristické křivky nádrže (čára objemů, čára zatopených ploch) byly převzaty z manipulačního řádu, upraveny interpolací po 1 cm a extrapolací pro vyšší polohy hladiny.
- Pro nově navrženou variantu technického řešení byly kapacity jednotlivých stavebních objektů (spodní výpust, bezpečnostní přeliv) stanoveny výpočtem.

Stávající stav vodního díla

Byl posouzen pro dvě varianty, které se od sebe liší ve vstupních parametrech. Varianta I. byla posouzena za splnění podmínek dle manipulačního řádu a výše uvedených předpokladů. Dalo by se říct, že se jedná o nejlepší aktuální stav při převádění kontrolní povodňové vlny. Varianta II. uvažovala s omezenou kapacitou bezpečnostního přelivu a spodní výpusti, kdy vzhledem k tomu, že dílo je bez trvalé obsluhy je nutné dle ČSN 752935 Posuzování bezpečnosti vodních děl při povodních uvažovat s uzavřenou spodní výpustí a zahrazeným bezpečnostním přelivem. Tím dojde k výraznému snížení kapacity funkčních objektů a můžeme hovořit o nejhorším stavu při převádění TPV₁₀₀.

Vzhledem k objemu TPV₁₀₀ a objemu neovladatelného ochranného prostoru nádrže dojde pouze k minimální a nepatrné transformaci povodňové vlny. Poloha maximální kontrolní hladiny je přímo ovlivněna kapacitou bezpečnostního přelivu a spodní výpusti. Vzhledem k níže uvedeným výsledkům je zřejmé, že kapacity funkčních objektů jsou malé a pro převod TPV₁₀₀ nedostatečné. K zamezení překročení MBH by bylo nutné téměř dvojnásobné zvýšení kapacity.

U obou variant posouzení překročila kontrolní hladina korunu hráze (356,50 m n.m.) a tedy MBH.

- Kontrolní maximální hladina pro variantu I. 356,82 m n.m., 32 cm nad korunou
- Kontrolní maximální hladina pro variantu II. 357,13 m n.m., 63 cm nad korunou

KPV ₁₀₀	Celkový objem nádrže, po MBH	Ochranný neovladatelný prostor nádrže, po MBH (355,30 – 356,50 m n.m.)
1 600 000 m ³	48 879 m ³	9 706 m ³

V obou případech posouzení došlo k překročení MBH a tedy k přelití koruny hráze. Přepad přes korunu hráze se významnou měrou podílel na převodu TPV, kde u varianty I. je jeho výška 32 cm a u varianty II. je to 63 cm. V obou případech by zcela jistě došlo k narušení paty hráze, k odplavení zemního zásypu a v důsledku toho by byla snížena celková stabilita.

Vzhledem k aktuálnímu stavu vodního díla by přepadající voda pravděpodobně způsobila i rozsáhlejší poškození ve formě uvolnění některých kamenů vzdušního líce, které by následně byly odplaveny. Tím by mohlo dojít k rozrušení zdiva v celém příčném profilu.

Z uvedené tabulky je patrné, že objem TPV 100 je natolik velký, že i v případě zcela vypuštěné nádrže, nedojde k transformaci povodňové vlny. Pro řádný převod TPV a pro zamezení přelití koruny hráze (překročení MBH) je nutná dostatečná kapacita nehrazeného bezpečnostního přelivu.

Nový stav vodního díla

Vzhledem k zjištěným skutečnostem, které vyplývají z posouzení aktuálního stavu je možné problematiku transformace TPV100 převést na výpočet kapacity bezpečnostního přelivu. K tomu přispívá především skutečnost, že transformační účinek kontrolní povodňové vlny v retenčním prostoru nádrže je téměř nulový. Proto detailní řešení úlohy transformace povodně v nádrži pro variantu zvoleného technického opatření rekonstrukce hráze pozbývá významu.

Vodní dílo vyhoví posouzení bezpečnosti vodního díla při povodních za těchto předpokladů:

- bezpečnostní přeliv (boční, korunový) bude nehrazený a dostatečně kapacitní,
- délka přelivné hrany bude taková, že umožní převedení TPV o $Q_{100} = 37,2 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ s drobnou rezervou,
- výška přepadového paprsku bude taková, že hladina vody v nádrži nedosáhne koruny hráze s dostatečnou rezervou (10 – 15 cm), nedojde k zahlcení profilu pod mostovkou (v případě skluzu nebo korunového přelivu),
- vzhledem ke skutečnosti, že je dílo bez trvalé obsluhy, spodní výpust se nebude podílet na převádění TPV,
- hladina zásobního prostoru, obvyklá provozní hladina bude zachována na úrovni 355,30 m n.m.

Návrh bezpečnostního přelivu, jeho kapacita, výška přepadového paprsku a tomu odpovídající poloha hladiny v nádrži je podrobně řešen v kapitole „8. Posouzení variant rekonstrukce funkčních objektů“. Všechny varianty řešení bezpečnostního přelivu jsou navrženy tak, aby nedošlo k přelití koruny hráze a tedy k překročení MBH.

U varianty rekonstrukce hráze, kde je navrženo navýšení na kótu 357,00 m n.m. je MBH uvažována na výše stanovené úrovni, tedy na kótě 356,50 m n.m.

U varianty doporučené zpracovatelem této studie a zároveň preferované objednatelem, Povodí Labe, státní podnik je navržen korunový bezpečnostní přeliv o 3 přelivných polích s celkovou délkou přelivné hrany 15 m. Hladina vody v nádrži by v tomto případě měla vystoupit na úroveň téměř 356,35 m n.m., kdy průtok stanovený výpočtem odpovídá $44,9 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Tuto úroveň je možné považovat za KMH.

6.3 Závěrečné zhodnocení

Kontrolní maximální hladina za současného stavu byla dosažena na úrovni **KMH I. = 357,13 m n.m.**

$$\text{MBH} - \text{KMH I.} = 356,50 \text{ m n.m.} - 357,13 \text{ m n.m.} = - 0,63 \text{ m}$$

Kontrolní maximální hladina pro nově navrženou variantu řešení byla stanovena na úrovni **KMH II. = 356,35 m n.m.**

$$\text{MBH} - \text{KMH II.} = 356,50 \text{ m n.m.} - 356,35 \text{ m n.m.} = + 0,15 \text{ m}$$

Po zhodnocení výstupů řešených transformací teoretické povodňové vlny lze konstatovat, že vodní dílo Ivanské jezero v současném stavu nevyhoví požadavkům na bezpečnost při povodních ve smyslu ČSN 75 2935.

Naproti tomu varianty řešení rekonstrukce hráze jsou navrženy takovým způsobem, že nedojde k překročení nově navržené MBH i s dostatečnou rezervou.

7. POSOUZENÍ VARIANT REKONSTRUKCE HRÁZE

Na základě pravidelných prohlídek TBD na vodním díle Ivanské jezero bylo zjištěno a konstatováno výrazné zhoršení stavu zdiva tělesa hráze. Na vzdušném líci dochází k poruchám spárování, k pohybům obkladních kamenů a vzniku jejich trhlin. V pravém zavázání hráze, na vzdušném líci u bezpečnostního přelivu a při patě hráze se objevují průsaky a zamokření.

Horší stav kamenného zdiva a vnitřní tížné části hráze byl konstatován i v rámci provedených vrtných a průzkumných prací, které jsou zhodnoceny výše. Součástí průzkumných prací bylo i provedení laboratorních zkoušek na některých vzorcích odebraných z tělesa hráze.

Vrtné práce a laboratorní zkoušky jsou považovány za klíčový podklad pro vyhodnocení aktuálního stavu díla a návrh optimálních variant rekonstrukce hráze.

Za možné a vhodné varianty rekonstrukce hráze považujeme tyto:

- Realizace nového tělesa hráze včetně funkčních objektů
- Rekonstrukce stávající hráze zatěsněním návodního líce s přezděním vzdušného líce
- Zajištění tělesa hráze injektáží

7.1 Realizace nového tělesa hráze

Variantu realizace nového tělesa hráze včetně funkčních objektů a odtěžení sedimentů uvádíme záměrně jako první. Na základě dále uvedených skutečností tuto variantu pokládáme za nejvýhodnější a nejefektivnější řešení většiny problémů tohoto vodního díla. Při výstavbě nové hráze by byly navrženy všechny funkční objekty v požadavcích platných norem (spodní výpusti, bezpečnostní přeliv) bez omezení daných původním řešením hráze.

Důvody, na základě kterých se tato varianta jeví jako nejefektivnější:

- vrtné a průzkumné práce dokládají, že těleso hráze je rozrušeno nejen pod povrchem kamenného obkladu, ale i ve větší hloubce konstrukce, kde byly zastíženy také dutiny a volné prostory,
- na základě laboratorních zkoušek bylo zjištěno, že pojivem zdiva je silně hydraulické vápno, a v důsledku toho malta zdiva dosahuje minimální pevnosti,
- těleso hráze je poměrně malých rozměrů, viz. celkový objem zdiva,
- není znám způsob založení hráze, předpokládá se však přítomnost skalního podloží, které s největší pravděpodobností nebylo zatěsněno,
- stávající funkční objekty (bezpečnostní přeliv a spodní výpust) mají malou kapacitu pro převedení kontrolní povodňové vlny, je nutné řešit jejich zkapacitnění a opravu,
- stávající spodní výpust ani bezpečnostní přeliv nejsou vybaveny vývarem, nebo jiným vhodným zařízením pro tlumení kinetické energie vody,
- stávající hráz není uzpůsobena pro případné přelítí koruny bez vlivu na bezpečnost a stabilitu díla,
- zásahy do tělesa hráze v případě realizace zcela nové spodní výpusti a bezpečnostního přelivu se očekávají v rozsahu téměř poloviny objemu současné hráze,
- kaskáda bezpečnostního přelivu je nevodně řešena v podélném sklonu a do toku je zaústěna tak, že dochází k narušení břehového opevnění,
- tělesem hráze dochází k průsakům, které jsou částečně patrné na vzdušném líci a v zimním období způsobují odmrazání vnitřních vrstev,
- realizace nové hráze by výrazně usnadnila způsob těžby a dopravy sedimentu z prostoru nádrže,

- materiály použité na hráz by byly nové, kvalitní a životnost konstrukcí by bylo možné garantovat na min. 100 let,
- v neposlední řadě je významným důvodem i to, že vodní dílo není historickou nebo technickou památkou a jeho aktuální podobu není nutné zachovat.

Novou hráz bychom doporučovali realizovat ve stejném profilu údolí jako tížnou z prostého betonu se shodným poloměrem zakřivení jako má stávající hráz. Příčný profil by byl obvyklý nepravidelný lichoběžník, tedy strmý návodní líc, ukloněný vzdušní líc. Výškově by bylo vhodné korunu hráze navýšit na úroveň cesty v levém závázání, tedy alespoň o výšku 0,5 m. Částečné navýšení koruny hráze umožní snazší převádění povodňových průtoků, umožní zvýšit kapacitu bezpečnostního přelivu při zkrácení délky přelivné hrany a zvýšení celkového retenčního objemu nádrže. Navýšení koruny hráze souvisí především s návrhem bezpečnostního přelivu s technickým řešením případného přemostění.

Při realizaci nové hráze by bylo provedeno těsnění podloží. Pro to by byla v podloží pod návodní patou hráze zřízena injekční clona. Hloubka a další parametry injekční clony by byly navrženy až podle výsledků propustnosti horninového prostředí. Účelem injekční clony je omezení průsakových cest puklinovým systémem v podloží a tím i zamezení nepříznivých účinků vztaku na těleso hráze. Účinnost injekční clony na snížení vztaku v podloží by bylo vhodné kontrolovat pomocí vztakoměrných vrtů, zřízených nejlépe z komory uzávěrů spodních výpustí tak, aby nebyly zatíženy vnějšími klimatickými podmínkami.

Schematicky je způsob tohoto řešení znázorněn v příloze č. 18.

Návodní i vzdušní líc hráze může být opatřen lokálním kamenným obkladem, který rozruší celistvost betonové plochy, chodník na koruně hráze může být opatřen stávajícími parapetními kvádry. Kamenný obklad je také technicky možné provést na všech viditelných plochách. Vlastní provádění kamenných obkladů je řemeslnicky náročnější činností, které je vzhledem k požadavkům dlouhé životnosti nutné věnovat zvýšenou pozornost při realizaci. Vlastní realizace obkladu společně s dodávkou vhodného kamene výrazně navýší cenu nově navrženého vodního díla. V průběhu trvalého provozu budou plochy z kamenného obkladu vyžadovat opravy uvolněného a poškozeného spárování. Tyto poruchy jsou u zděných hrází obvyklé, ovšem při řádném provedení je možné jejich vznik datovat ve stáží přibližně 30 let od realizace. Naproti tomu hráz s celoplošným kamenným obkladem bude působit víc původním dojmem a její začlenění do krajiny bude přirozenější.

Možnou variantou řešení hladkých betonových ploch je pohledové bednění s ornamenty, reliéfy, které by se částečně přiblížily aktuálnímu stavu. Povrch betonových konstrukcí je možné také upravit kamenicky. Jedná se například o různé zdršňovací metody v podobě frézování, broušení nebo jemného povrchového drážkování. Čerstvý povrch betonové konstrukce je možné také otryskat vodou (jiným abrazivem) tak, že se odhalí kameny v betonové konstrukci (vymývané povrchy). Možností dalších povrchových úprav by bylo možné navrhnout jistě mnoho, ale záleží především na požadavcích investora.

Těleso hráze by bylo rozděleno svislými dilatačními spárami.

Pro představu ideového návrhu je možné uvést vodní dílo Hlinky v jižních Čechách. Zde se ovšem jedná o hráz suché nádrže bez uzavíratelné spodní výpusti.



7.2 Rekonstrukce stávající hráze zatěsněním návodního líce s přezděním vzdušného líce

Tato varianta rekonstrukce hráze by spočívala ve dvou krocích, které by měly za úkol:

- omezit průsaky tělesem hráze,
- zajistit stabilitu vzdušného líce a v důsledku toho celé hráze,

Zatěsnění návodního líce by bylo provedeno vrstvou stříkané hydroizolační membrány na bázi EVA polymeru. Hydroizolace by byla nanášena stříkáním na očištěný povrch zbavený všech volných částí. Před aplikací hydroizolace by bylo nutné povrch lokálně vyspravit v místech poškození spárové výplně, chybějících kamenů. Stříkané hydroizolace obvykle nebývají UV stabilní a také z důvodu mechanického poškození je nutné izolaci opatřit ochranou dobetonávkou. Ta by se realizovala vrstvou stříkaného betonu tloušťky do 100 mm na předem nakotvenou výztuž s kari sítí. Kotvení trny výztuže by byly do návodního líce hráze vlepeny ještě před provedením stříkané izolace. Ta vykazuje i dobrou přilnavost k oceli a v místě vlepeného trnu dojde také k řádnému zatěsnění povrchu. Opačný postup, tedy kotvení výztuže přes provedenou hydroizolaci, by vedl k jejímu narušení bez možnosti kvalitního dodatečného zatěsnění.

Všechny práce z návodní strany hráze je nutné provádět za zcela vypuštěné nádrže. V bezprostřední blízkosti hráze by bylo nutné provést odtěžení sedimentů a zahloubení hydroizolační vrstvy s vrstvou stříkaného betonu pod úroveň dna nádrže, optimálně do úrovně základové spáry.

U takto odhalené návodní paty by byla zřízena injekční clona podloží, která by se stávající hrází byla propojena betonovým blokem.

Zpevnění vzdušního líce celoplošnou přezdívkou bude nutné provádět za stavu vypuštění nádrže nebo minimálně za snížené hladiny. V případě průsaků a soustředného výtoku vody konstrukcí hráze bude nutné nádrž vypustit zcela.

Přepokládáme celoplošné odbourání vzdušního líce na hloubku přibližně 1,0 m. Hloubka odbourání bude ovlivněna stavem konstrukce v této hloubce. Předpokládáme však dostatečnou soudržnost bez výrazných prostorových poruch. Odbourání bude provedeno do tvaru stupňů pro lepší napojení zpětné dozdivky. Společně se vzdušním lícem by byla odbourána také koruna hráze v celé délce.

Do odbourané konstrukce by bylo provedeno nakotvení trnů z betonářské výztuže, jejichž úkolem bude zajištění styku původní konstrukce s novou dozdivkou. Dozdivka vzdušního líce bude provedena do původního tvaru tělesa hráze z původních kamenů a případně z kamenů nově dovezených, které by nahradily některé poškozené nebo nevhodné kameny. Vzhledem k nízké soudržnosti pojiva v tělese hráze by mělo být snadné stávající kameny očistit. Vzdušní líc bude vyzdíván na cementovou maltu, z povrchu budou kameny řádně vyspárovány. Koruna hráze bude uvedena do původního stavu, zábradlí bude provedeno nové v celém rozsahu. Původní parapetní kvádry budou nově přesunuty o šířku přibetonávky a dojde tak k drobnému rozšíření koruny hráze.

Schematicky je způsob tohoto řešení znázorněn v příloze č. 11.

Při této variantě rekonstrukce hráze se samozřejmě počítá i s rekonstrukcí funkčních objektů spodní výpusti a bezpečnostního přelivu. Ty budou dimenzovány podle současných předpisů a norem. Po rekonstrukci musí vodní dílo vyhovět požadavkům na bezpečnost při povodních.

Nevýhodu tohoto řešení vidíme především v tom, že v konstrukci budou ponechány původní části hráze, které budou sice vyhovující, ale kvalitativně horší než nahrazované části. Životnost konstrukcí po rekonstrukci bude možné uvažovat přibližně na 50 let.

Další nevýhodou tohoto řešení je kolize s těžbou a dopravou sedimentu ze dna nádrže v době její rekonstrukce.

Určitou výhodou tohoto řešení může být to, že dispoziční uspořádání bude více podobné původnímu.

7.3 Zajištění tělesa hráze injektáží

Jedná se o způsob opravy, který je obvykle využitelný na vodních dílech podobného charakteru jako je Ivanské jezero. Poruchou díla bývají zvýšené průsaky tělesem hráze, při čemž kamenné zdivo tvoří kompaktní celek s lokálně poškozeným spárováním a přítomností trhlin v celém příčném profilu.

Injektáž se obvykle provádí hmotu na bázi pryskyřic, případně jílocementovou nebo cementovou směsí. Injektážní hmota vyplňuje volné prostory, dutiny a trhliny ve zdivu, které je jinak pevné a soudržné.

Tuto variantu zajištění tělesa hráze Ivanského jezera bychom vzhledem k zjištěným, skutečnostem nedoporučovali realizovat.

Důvodem je především minimální pevnost použitého pojiva. Injektáží by sice došlo k uzavření průsakových cest, vyplnění vzniklých dutin a tedy k částečnému zlepšení stavu hráze. Jednalo by se však pouze o dočasné řešení, než by vlivem průsaků a prostředí došlo

k rozrušení pojiva v jiných místech. Provedením injekčních prací nedojde k náhradě pojiva nebo zlepšení jeho vlastností.

Další obavy vycházejí již ze samotné realizace injektážních prací, které by mohly spíše celkový stav díla zhoršit. Působením velkého tlaku při vhánění injekční směsi do konstrukce, vlastní realizací vrtů pro injektáž by mohlo dojít i k rozvalení tělesa hráze.

7.4 Odborný odhad nákladů rekonstrukce hráze

• Realizace nového tělesa hráze

- demolice stávající hráze, odvoz kamene, suti a likvidace dalšího odpadu,
- úprava základové spáry, dotěžení, injektáž zjištěných trhlin, realizace injekční clony,
- betonáž nového tělesa hráze, dokončovací práce,
- zřízení vývaru bezpečnostního přelivu, spodní výpusti,
- úprava koryta v podhráží

Cenový odhad nákladů

32,9 mil. Kč

Variantní řešení (navýšení ceny)

• Realizace kamenného obkladu nového tělesa hráze

- vyzdívka kamenného obkladu po celé viditelné a přístupné ploše hráze na cementovou maltu s výplní spár,
- kotvení obkladu nerezovými kotvami k podkladu,

Cenový odhad nákladů

19,7 mil. Kč

• Rekonstrukce stávající hráze zatěsněním návodního líce s přezděním vzdušního líce

- odbourání koruny hráze, odbourání celého vzdušního líce,
- úprava obnažené základové spáry a odhalené vnitřní části konstrukce,
- provedení kotevních, spřahovacích trnů v celé odbourané ploše,
- celoplošná dozdvívka vzdušního líce, obnova koruny hráze včetně zábradlí,
- odtěžení sedimentů z návodní strany hráze v nezbytně nutném rozsahu, odtěžení dna po úroveň základové spáry, zřízení injekční clony a propojovacího bločku,
- řádné očištění návodního líce, lokální výsprávky povrchu,
- osazení kotevních trnů výztuže stříkaného betonu,
- provedení vrstvy stříkané hydroizolace, výztuže a ochranné vrstvy stříkaného betonu s povrchovou úpravou,
- zpětné dosypání dna nádrže,

Cenový odhad nákladů

38,0 mil. Kč

8. POSOUZENÍ VARIANT REKONSTRUKCE FUNKČNÍCH OBJEKTŮ

Při provedení posouzení bezpečnosti aktuálního stavu vodního díla při povodních bylo zjištěno, že kapacity současných funkčních objektů jsou nedostatečné k převedení kontrolní povodňové vlny a při povodni dojde k přelití koruny hráze.

Funkční objekty se v současné době nacházejí v dobrém provozním stavu, který však odpovídá jejich stáří. V rámci jakýchkoliv zásahů do konstrukce vodního díla by bylo vhodné přistoupit k jejich celkové rekonstrukci.

Funkční objekty na VD Ivanské jezero představuje:

- základová výpust hrazená stavidlovým uzávěrem o rozměrech 800 x 800 mm,
- hrazený korunový bezpečnostní přeliv s přelivnou hranou délky 4,6 m.

V případě, že budou aktuální funkční objekty pro další provoz ponechány, je nutné vodní dílo zajistit jinými stavebními úpravami tak, aby nedošlo k ohrožení jeho bezpečnosti a stability v důsledku přelití koruny hráze. Jedná se o zpevnění paty hráze například těžkým kamenným záhozem. Vzhledem k současnému technickému stavu hráze, kapacitě funkčních objektů a požadavkům na převádění teoretické povodňové vlny Q_{100} , s touto variantou, jako trvale možného provozního řešení dále neuvažujeme.

Přípustné varianty technického řešení a úprav jednotlivých funkčních objektů spolu vzájemně souvisejí a také souvisejí s dalšími stavebními zásahy a úpravami vlastní hráze, viz část 7.

Všechny stavební práce na opravě, rekonstrukci a při realizaci nových funkčních objektů jsou omezeny nedostatečnou únosností přemostění toku v podhrází. V případě potřeby přejezdu těžké mechanizace je nutné navrhnout nové přemostění, nebo masivní podepření.

8.1 Spodní výpust

Stávající stav

Na vodním díle se v současné době nachází jedna spodní výpust, která je vybavena pouze jedním uzávěrem. Jedná se o stavidlovou konstrukci z „černého“ plechu umístěnou na návodní straně odpadní štoly. Tabule je ovládána ručně z koruny hráze pomocí kola a převodového soustrojí. Pohyb tabule je zajištěn prostřednictvím vřetene. Za hradicí tabulí se nachází štola spodní výpusti o rozměrech 800 x 800 mm s mírně klenutým stropem.

Kapacita spodní výpusti je vzhledem k velikosti průměrných průtoků a velikosti vodního díla poměrně velká. Pravděpodobně byla navržena tak, aby přispěla ke zvýšení celkového průtoku přes vodní dílo v součinnosti s bezpečnostním přelivem při převádění povodňových průtoků. Z návodní strany je vtok chráněn česlovým košem.

Nově navržené varianty řešení funkčních objektů umožňují volit menší kapacitu spodní výpusti s tím, že by byl pozměněn její účel, způsob využívání a provozu. Naproti tomu je však nutné zajistit dostatečnou kapacitu bezpečnostního přelivu.

Zvyšování kapacity spodní výpusti pro převádění povodňových průtoků se jeví málo efektivní v porovnání s vynaloženými finančními prostředky. Vzhledem k charakteru vodního díla se velké kapacitní spodní výpusti zdají být zbytečně technologicky a provozně náročné.

V ČSN 75 2340 – Navrhování přehrad – Hlavní parametry a vybavení jsou stanoveny podmínky pro počet spodních výpustí a způsob jejich hrazení, článek 6.2 a 7.9.

Na základě splnění uvedených výjimek, stanovených v této normě, je možné na vodním díle zachovat pouze jednu spodní výpust, která bude hrazena pouze jedním uzávěrem.

V případě rozsáhlejších, komplexních oprav vodního díla bychom však doporučovali provedení dvou spodních výpustí, z nichž by každá byla vybavena jedním návodním revizním uzávěrem a dvěma vzdušními, provozními uzávěry. Všechny nově navržené uzávěry by měly být kompletně provedeny z materiálu nerez, stejně jako potrubí celé spodní výpusti.

Jako návodní revizní uzávěr bychom doporučovali osadit kanálové šoupátko. V případě některých variant se jeví vhodnější potrubí spodní výpusti z návodní strany opatřit zaslepovací přírubou, která by byla v případě potřeby osazena ve spolupráci s potápěči. Jako vzdušní provozní uzávěr by bylo vhodné použít kovotěsnící šoupátko třmenové se stoupajícím vřetenem a přesným vedením.

1) Rekonstrukce stávající výpusti:

Tuto variantu bychom doporučovali zvolit v případě, že konstrukce hráze bude ponechána s takovými stavebními úpravami, které pouze prodlouží její životnost. Jedná se o rekonstrukci formou plošné opravy návodního a vzdušního líce s přeložkou některých kamenných bloků nebo případně hloubkovou přezdívkou vzdušního líce, zatěsnění návodního líce stříkanou izolací, zajištění povrchů vrstvou stříkaného betonu.

Rekonstrukce stávající výpusti by představovala následující:

- náhrada stávajícího návodního provozního uzávěru novým uzávěrem v podobě kanálového šoupátka kompletně provedeného z materiálu nerez, ovládání šoupátka by bylo opět ruční z koruny hráze pomocí ovládací sestavy (vřetenová tyč, ovládací kolo),
- oprava stavební části zděné štolý spodní výpusti – celoplošná sanace by představovala očištění povrchu od vápenných usazenin, provedení kompletního přespárování kamenného zdiva, výměna poškozených cihel v klenbě štolý, sanace hluboké kaverny ve stropě na konci odpadní štolý (souvisí také s opravou vzdušního líce), odbourání a nově dobetonování podlahy štolý v celém rozsahu,
- zajištění tlumení kinetické energie vody převáděné spodní výpustí, zřízení vývaru nebo jiného efektivního způsobu,
- zřízení nátokové kašny spodní výpusti, která by snížila vliv sedimentů v nádrži na provoz návodního uzávěru, nátoková kašna by byla vybavena česlovou stěnou kompletně z materiálu nerez,

Schematicky je způsob tohoto řešení znázorněn v příloze č. 12.

2) Nová výpust:

V případě požadavků na zlepšení provozního stavu bychom doporučovali na vodním díle realizovat novou spodní výpust (výpusti). Všechny reálně možné varianty nové spodní výpusti mají nižší kapacitu jak stávající a je nutné tuto skutečnost zohlednit při návrhu bezpečnostního přelivu. Jeho kapacita by měly být taková, aby samostatně umožňoval převedení KPV.

Nově navržené spodní výpusti by byly provedeny kompletně z materiálu nerez. Potrubí spodní výpusti by bylo provedeno z jednoho kusu, na obou koncích vybaveno přírubami pro montáž uzávěrů.

Z návodní strany by byl každý profil spodní výpusti osazen jedním revizním uzávěrem v podobě kanálového šoupátka kompletně z materiálu nerez. Z návodní strany by v případě potřeby mohlo být kanálové šoupátko nahrazeno zaslepovací přírubou, jejíž osazení by bylo realizováno ve spolupráci s potápěči. Na povodní straně, mimo vlastní profil hráze by byly osazeny za sebou dva provozní uzávěry. Jako provozní uzávěr doporučujeme vzhledem k parametrům vodního díla a navrženým spodním výpustem volit kovotěsnící šoupátko třmenové se stoupajícím vřetenem a přesným vedením, tlaková třída PN 6, kompletně z materiálu nerez.

Vzhledem k požadavkům stanovených v normě ČSN 75 2340, že všechny uzávěry DN 400 a větší musí být vybaveny elektropohonem, bychom doporučovali vzhledem k místním podmínkám a k absenci elektrického proudu na díle, uvažovat maximální profil spodní výpusti DN 400.

Stávající spodní výpust by bylo s drobnými stavebními úpravami možné nahradit:

- **spodní výpustí 1 x DN 400**
- **spodní výpusti 2 x DN 200 (DN 250)**

Poloha hladiny vody v nádrži (m n.m.)	Porovnání kapacity jednotlivých variant spodní výpusti			
	stávající spodní výpust	1 x DN 400	2 x DN 200	2 x DN 250
355,30	3,8 m ³ .s ⁻¹	1,69 m ³ .s ⁻¹	0,69 m ³ .s ⁻¹	1,16 m ³ .s ⁻¹

Obě uvedené varianty byly zvoleny tak, aby je bylo možné realizovat na místo stávající spodní výpusti bez dalších významných stavebních zásahů. Potrubí spodní výpusti 1x DN 400 nebo 2x DN 200 by byly vloženy do stávající štolý spodní výpusti. Volný prostor mezi stěnou štolý a novým nerezovým potrubím by byl vyplněn monolitickým betonem. Provozní uzávěry by byly osazeny na nově provedenou betonovou plošinou nebo v malém manipulačním objektu nad přesahující spodní výpusti přes profil hráze. Nově navržené spodní výpusti by měly větší délku než stávající štola. Její celková délka činí přibližně 6,5 m.

Schematicky je způsob tohoto řešení znázorněn v příloze č. 13, 14, 15.

Varianta spodní výpusti 2x DN 250 je také ještě možná, ale z prostorových důvodů bude pravděpodobně vyžadovat drobné stavební úpravy na straně nátoky. Kanálová šoupátka mají větší stavební šířku a jejich umístění v profilu omezeném stávající štolou nebude možné. Variantou by bylo vyrobení atypického kanálového šoupátka pro tyto konkrétní podmínky.

V případě, že by byla zvolena taková varianta opravy hráze (optimálně realizace nové hráze), že by umístění spodních výpustí nebylo omezeno stávajícím profilem odpadní štolý, doporučovali bychom realizovat 2 x DN 250 s větší osovou vzdáleností profilů (min. 1,0 m). Tato varianta umožňuje poměrně rychlé prázdnění nádrže a to i za zvýšených přítoků. Orientačně stanovená doba prázdnění byla určena do 24 hodin avšak bez uvážení limitního denního snížení hladiny, které je určeno především z hlediska stability břehů. Dále může přispět ke zvýšení celkové kapacity funkčních objektů při převádění povodňové vlny. V neposlední řadě tento návrh splňuje požadavek normy na provedení dvou spodních výpustí stejných parametrů bez nutnosti uvažovat o dalších zvláštních výjimkách dle parametrů hráze a bezpečnostních přelivů.

Navržené varianty nově realizovaných spodních výpustí vyžadují drobné úpravy manipulačního řádu a přehodnocení hlavních požadavků na spodní výpusti. Spodní výpusti by měly sloužit především pro:

- vypuštění nádrže,
- dočasné nadlepšení vodního stavu v toku pod hrází,

Převádění přítoku přes vodní dílo by měla za běžného provozu zajišťovat snížená část přelivné hrany bezpečnostního přelivu. Požadavek na zajištění minimálního zůstatkového průtoku pod vodním dílem je stanoven pouze pro období napuštění nádrže. Vzhledem k tomu není nutné na díle navrhovat spodní výpust nebo obtok malého profilu, který by tuto funkci zajišťoval. Po dobu napuštění nádrže tento úkol převezme dočasně plnohodnotná spodní výpust.

8.2 Bezpečnostní přeliv

Na základě provedeného posouzení bezpečnosti vodního díla při povodních pro aktuální stav bylo zjištěno, že kapacita bezpečnostního přelivu po vyhrazení i za přispění kapacity spodní výpusti je nedostatečná pro převedení kontrolní povodňové vlny. Při převádění této vlny dojde k přelítí koruny hráže v celé její délce paprskem výšky přibližně 30 cm. V případě, že budeme uvažovat normou stanovené podmínky, tedy jestliže není na vodním díle trvale přítomna obsluha, není možné v případě posouzení bezpečnosti vodního díla při povodních uvažovat s vyhrazením konstrukce bezpečnostního přelivu a spodní výpusti, dojde k přelítí koruny hráže paprskem o výšce až 0,63 m.

Z těchto důvodů a dále z důvodu toho, že hráz VD Ivanské jezero vyžaduje rozsáhlejší stavební úpravy nebo lépe provedení celé hráže nové, je nutné zahrnout do stavebních úprav i zkapacitnění bezpečnostního přelivu.

Nově realizovaný přeliv musí umožnit bezpečné převedení TPV_{100} , kde $Q_{100} = 37,2 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, aniž by došlo k přelítí koruny hráže stávající nebo nově navržené.

1) Hrazený bezpečnostní přeliv

Vzhledem ke skutečnosti, že na vodním díle není přítomna trvalá obsluha, není možné na základě normy ČSN 75 2935 – Posuzování bezpečnosti vodních děl při povodních uvažovat při výpočtu kontrolní maximální hladiny s vyhrazenou stavidlovou konstrukcí. Přelivná pole se uvažují jako zahrazená. Tento návrh rekonstrukce bezpečnostního přelivu za daných podmínek nevyhoví a zde je uveden jen jako možná varianta.

V případě, že by však z určitých důvodů bylo nutné na vodním díle uvažovat o realizaci hrazeného bezpečnostního přelivu, návrh by vycházel z aktuálně provozované konstrukce přelivu a zachoval by některé aktuální parametry. Jedná se především o polohu pevné přelivné hrany a vrchní úroveň hradící konstrukce, přes kterou za běžného provozu přepadá voda. V případě zachování šířky přelivného pole 4,6 m by bylo nutné na Ivanském jezeře realizovat taková pole tři, aby byla zajištěna dostatečná kapacita pro převedení povodňového průtoku při hladině, která by nepřekročila úroveň 356,00 m n.m.

Hrazení jednotlivých polí by bylo obdobné konstrukce jako stávající. Opět by se jednalo o stavidlový uzávěr s ručním ovládáním. Vhodné by bylo použití kompletně materiálu nerez pro nosné prvky, vodící drážky, ovládací prvky i hradící tabuli. Těsnění hradící tabule se v těchto celonerezových provedeních navrhuje z materiálu PTFE. Výhodou jsou nižší náklady na

údržbu, vyšší provozní spolehlivost, oproti tomu je však vyšší pořizovací cena. Použití jiných materiálů pro jednotlivé části hradící konstrukce vyžaduje vyšší provozní péči.

Tento typ řešení bezpečnostního přelivu vyžaduje rozšíření skluzu a návrh vývaru nebo tlumící kaskády.

Pro níže uvedené důvody bychom tuto variantu příliš nedoporučovali. Zde je uvedena jen jako jedna z možných variant.

Nevýhodou této konstrukce je především:

- **nutnost zajištění trvalé obsluhy a manipulací v době povodňových průtoků,**
- zřízení měrné stanice s trvalou signalizací vodních stavů,
- technologicky náročné zařízení na provoz a údržbu,
- finančně dražší realizace,
- náročná ruční manipulace (není elektrický proud pro manipulaci),
- vystupující část zařízení nad korunu hráze není příliš estetická,

2) Nehrazený bezpečnostní přeliv

Konstrukce nahrazeného bezpečnostního přelivu se jeví pro tento typ vodního díla jako optimální a to především kvůli následujícím výhodám:

- není nutná trvalá přítomnost obsluhy při převádění povodňových průtoků,
- konstrukčně jednoduché řešení,
- minimální provozní údržba,

Pro nově navržený nehrazený bezpečnostní přeliv bychom doporučovali umístění přelivné hrany na úrovni 355,35 m n.m., přičemž část přelivné hrany v délce 5 m by byla snížena o 5 cm a sloužila by k převádění běžného přítoku přes vodní dílo, aniž by docházelo k přetékání v celé délce přelivné hrany. Tím by byla i zajištěna poloha hladiny trvalého nadržení dle aktuálně platného manipulačního řádu. Celková délka přelivné hrany, která by zajistila převedení TPV_{100} , kde $Q_{100} = 37,2 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, je 25 m. Za těchto podmínek by se poloha hladiny v době kulminačního průtoku měla pohybovat mezi kótami 356,00 až 356,05 m n.m. To odpovídá přepadovému paprsku o výšce až 0,7 m. Koruna hráze se aktuálně nachází na úrovni 356,50 m n.m., tedy 45 cm nad teoretickou maximální hladinou vody v nádrži.

Toto výškové převýšení o velikosti 45 cm umožňuje navrhnout dvě varianty řešení bezpečnostního přelivu s pevnou přelivnou hranou nebo i částečné zkrácení přelivné hrany.

- Boční přeliv

Tato varianta řešení zkapacitnění bezpečnostního přelivu se jeví jako optimální v případě, že hráz vodního díla bude zachována v aktuálním stavu.

Boční bezpečnostní přeliv by bylo vhodné umístit do levého závazání s tím, že by přelivná hrana byla vysunuta směrem do nádrže. Vnější stěna spadiště by současně tvořila opěrnou zeď svahu. Toto uspořádání bezpečnostního přelivu by využilo s některými stavebními úpravami stávající skluz a otvor v hrázi pro odvod vody ze spadiště.

Tím, že k přelivu dochází mimo těleso hráze, kde se nad přelivnou hranou nenachází jiné omezující konstrukce (přemostění), by bylo možné využít výškovou rezervu 45 cm mezi maximální hladinou a korunou hráze. Tato rezerva by umožnila navýšení přepadového paprsku a zkrácení přelivné hrany až na 15 m. V tomto případě by došlo k navýšení přepadového paprsku na 95 cm a ještě zajištění převýšení koruny hráze o 20 cm.

Schematicky je způsob tohoto řešení znázorněn v příloze č. 16 a 17.

Výhodou tohoto řešení jsou především:

- minimální stavební zásahy do stávající konstrukce hráze,
- poměrně krátká délka pevné přelivné hrany,
- samostatná konstrukce bezpečnostního přelivu stavebně oddělená od konstrukce hráze,

Některé výhody mohou však být i nevýhodou:

- vyšší náklady na samostatné založení konstrukce,
- větší zábor plochy,
- vybudování kaskády nebo skluzu ze spadiště do toku,

- Korunový přeliv

Tato varianta řešení bezpečnostního přelivu se jeví jako maximálně výhodná, v případě, že hráz vodního díla se bude zcela nebo z větší části realizovat nově.

V případě, že by bylo možné uvažovat navýšení koruny hráze nebo bezpečnostní přeliv provést bez přemostění, dala by se u této varianty také zkrátit celková délka přelivné hrany z uvažovaných 25 m na 15 m.

Tato varianta vyžaduje jiný způsob tlumení kinetické energie vody. Voda by přepadala a stékala po vzdušném líci do vývaru, který by byl umístěn u paty hráze. Tento vývar by bylo možné také využít pro zaústění spodních výpustí.

Schematicky je způsob tohoto řešení znázorněn v příloze č. 19, 20, 21.

Se zkrácenou přelivnou hranou a navýšenou korunou hráze o 50 cm převažují u této varianty výhody, jedná se především o:

- založení přelivu je společné s hrází,
- vzhledem k výšce hráze bude vývar menších rozměrů,
- nedochází k záborům dalších ploch,
- snížení potřeby materiálu na vlastní hráz a bezpečnostní přeliv,
- vzdušní líc hráze může být upraven tak, aby přispíval k tlumení kinetické energie,

Nevýhodou tohoto upořádání je to, že je nutné realizovat bezpečnostní přeliv společně s celkovou rekonstrukcí hráze a úpravou toku v bezprostřední blízkosti hráze.

V případě realizace přelivu na koruně hráze by nebránilo stavbě omezení přejezdu těžké mechanizace na levý břeh toku přes mostek v podhrází.

8.3 Odborný odhad nákladů na realizaci funkčních objektů

Spodní výpust:

- **Rekonstrukce stávající spodní výpusti s odpadní štolou 800 x 800 mm hrazenou kanálovým šoupátkem z materiálu nerez,**
 - oprava stavební části (přespárování, betonáž podlahy, náhrada poškozených cihel)
 - výměna a montáž kanalizačního šoupátka,

Cenový odhad nákladů

0,6 mil. Kč

- **Realizace nové spodní výpusti 1x DN 400 v profilu stávající odpadní štolý 800 x 800 mm**, kompletně z materiálu nerez včetně uzávěrů a ovládání, realizace výpusti v profilu nové hráze,
 - nerezové potrubí DN 400 – 5,5 m
 - návodní uzávěr, kanálové šoupátko DN 400 z materiálu nerez včetně ovládání,
 - povodní regulační uzávěry, 2x celonerezové kovotěsnící šoupátko DN 400 se stoupajícím vřetenem PN 6, včetně ručního ovládacího mechanismu,
 - těsnění a betonáž profilu spodní výpusti ve stávající odpadní štolě,
 - realizace šachty regulačních uzávěrů na vzdušní straně hráze, realizace manipulační plošiny, objektu,

Cenový odhad nákladů

1,6 mil. Kč

- **Realizace nových spodních výpustí 2x DN 200 v profilu stávající odpadní štolý 800 x 800 mm**, kompletně z materiálu nerez včetně uzávěrů a ovládání,
 - nerezové potrubí 2x DN 200 – 5,5 m
 - 2x návodní uzávěr, kanálové šoupátko DN 200 z materiálu nerez včetně ovládání
 - 4x povodní regulační uzávěry, celonerezové kovotěsnící šoupátko DN 200 se stoupajícím vřetenem PN 6, včetně ručního ovládacího mechanismu,
 - těsnění a betonáž profilu spodní výpusti ve stávající odpadní štolě,
 - realizace šachty regulačních uzávěrů na vzdušní straně hráze, realizace manipulačního objektu,

Cenový odhad nákladů

1,8 mil. Kč

- **Realizace nových spodních výpustí 2x DN 250 v profilu nově realizované hráze**, kompletně z materiálu nerez včetně uzávěrů a ovládání,
 - nerezové potrubí 2x DN 250 – 5,5 m
 - 2x návodní uzávěr, kanálové šoupátko DN 250 z materiálu nerez včetně ovládání nebo zaslepovací příruba osazená ve spolupráci s potápěči,
 - 4x povodní regulační uzávěry, celonerezové kovotěsnící šoupátko DN 250 se stoupajícím vřetenem PN 6, včetně ručního ovládacího mechanismu,
 - realizace manipulačního objektu uzávěrů spodní výpusti v tělese hráze,

Cenový odhad nákladů

1,4 mil. Kč

- **Součástí všech variant řešení spodní výpusti je:**
 - zhotovení vývaru (s rozražeči),
 - zajištění vtoku do spodní výpusti v podobě kašny a celonerezové česlové stěny,

Cenový odhad nákladů

1,1 mil. Kč

Bezpečnostní přeliv:

- **Boční bezpečnostní přeliv s délkou přelivné hrany 15 m,**
 - těžba zeminy až na základovou spáru nové konstrukce bočního přelivu,
 - založení konstrukce nového přelivu,
 - betonáž bezpečnostního přelivu včetně spadiště a levé opěrné stěny,
 - další doprovodné zemní práce,
 - částečné zřízení kamenných obkladů na betonových konstrukcích,
 - demontáž stávající hradící konstrukce bezpečnostního přelivu,
 - prohloubení stávajícího otvoru v profilu hráze na úroveň dna spadiště, drobná polohová změna do směru spadiště a odpadního skluzu, demontáž přemostění,
 - stavební úpravy skluzu,
 - zřízení nového přemostění nad odpadním žlabem v profilu hráze,

Cenový odhad nákladů

11,3 mil. Kč

- **Korunový bezpečnostní přeliv s délkou pevné přelivné hrany 15/25 m, nově realizovaná hráz,**
 - přelivná pole budou součástí stavby nové hráze, cena na jejich realizace je zahrnuta v odhadu nákladů na novou hráz,

Cenový odhad nákladů

není stanovena

- **Korunový bezpečnostní přeliv s délkou pevné přelivné hrany 25 m, realizovaný na stávající hrázi,**
 - odbourání koruny hráze pro zřízení snížené přelivné hrany o 1,15 m,
 - demontáž stávající hradící konstrukce bezpečnostního přelivu, úprava stavebních částí stávajícího bezpečnostního přelivu odbouráním,
 - demontáž přemostění,
 - betonáž nové přelivné hrany, zřízení kamenného obkladu,
 - zřízení přemostění nad přelivem,

Cenový odhad nákladů

14,3 mil. Kč

- **Součástí všech variant řešení bezpečnostního přelivu je:**
 - zhotovení vývaru s rozražeči,
 - úprava nebo zrušení stávajícího skluzu bezpečnostního přelivu,

Cenový odhad nákladů

6,2 mil. Kč

9. MOŽNÉ VARIANTY ŘEŠENÍ REKONSTRUKCE HRÁZE A FUNKČNÍCH OBJEKTŮ

	SPODNÍ VÝPUSTI				BEZPEČNOSTNÍ PŘELIV		
	rekonstrukce stávající spodní výpusti	spodní výpust 1x DN 400	spodní výpust 2x DN 200	spodní výpust 2x DN 250	korunový bezpečnostní přeliv 5 přelivných polí	korunový bezpečnostní přeliv 3 přelivných polí	boční bezpečnostní přeliv se skluzem nebo kaskádou
rekonstrukce hráze odbouráním vzdušního líce a zatěsněním návodního líce	X	X	X		(X)		X
realizace nové hráze			(X)	X	X		(X)
realizace nové hráze s navýšením koruny o 0,5 m			(X)	X		X	(X)

X ... vhodné kombinace opravy jednotlivých částí hráze,

(X) ... přípustné kombinace oprav jednotlivých částí hráze,

X ... optimální varianta řešení opravy hráze a funkčních objektů,

Jako optimální řešení na základě všech zjištěných skutečností, které preferuje jak zpracovatel tohoto návrhu, tak i objednatel, Povodí Labe, státní podnik, po představení jednotlivých možných variant se jeví:

- stavba nové betonové hráze, s povrchovou úpravou z pohledového betonu, z celoplošného kamenného obkladu nebo kombinací obou, s navýšenou korunou hráze o 0,5 m pro potřeby technického řešení přemostění korunového přelivu,
- realizace dvou spodních výpustí DN 250 s manipulačními uzávěry umístěnými v uzávěrové komoře uvnitř hráze, revizní uzávěr spodních výpustí z návodní strany provedený formou zaslepovacích přírub,
- nehrazený korunový bezpečnostní přeliv o třech polích s celkovou délkou přelivné hrany 15 m, střední pole se sníženou přelivnou hranou o 5 cm pro převádění běžných průtoků,
- tlumení kinetické energie vody z bezpečnostního přelivu a spodních výpustí ve vývaru u paty hráze,
- vtok do spodních výpustí upraven nátkovou kašnou, opatřenou česlovou stěnou,

Všechny zámečnické výrobky, ovládací mechanismy, potrubí a armatury spodních výpustí budou provedeny z materiálu nerez min. AISI 304.

Tato varianta se jeví výhodná z technického hlediska, z finančního hlediska a také splní požadavky estetického hlediska. Nespornou výhodou této varianty řešení je usnadnění dalších činností, kterými je především odbahnění prostoru nádrže.

Toto řešení také zachovává všechny současné parametry – poloha obvyklé provozní hladiny, způsob využívání spodních výpustí, způsob zajištění obsluhy díla a pod.

10. POSOUZENÍ VARIANTNÍHO ŘEŠENÍ ODBAHNĚNÍ NÁDRŽE, UPRAVA ZÁTOPY A OKOLÍ A POTŘEBY SEDIMENTAČNÍ NÁDRŽE

Vzhledem k tomu, že vodní dílo Ivanské jezero se nachází na toku, který přivádí vodu ze zemědělsky obhospodařovaného území, dochází k poměrně výraznému a rychlému zanášení nádrže. Sedimenty byly z prostoru nádrže již za dobu provozu vodního díla několikrát odtěženy. Naposledy tomu bylo v roce 1996.

V roce 2006 byl Povodním Labe, státní podnik vypracován dokument: "Ivanské jezero, Javornický potok, vyhodnocení nánosů", který vychází z provedeného zaměření dna nádrže z roku 2005. K tomu to období bylo zjištěno, že nádrž je přibližně ze 40 % opět zanesena sedimentem a jeho celkový objem činí přibližně 16 130 m³.

V současné době se domníváme, že množství sedimentu ještě narostlo a může dosahovat již 50 % objemu nádrže.

V rámci uvedeného dokumentu byly provedeny i laboratorní zkoušky sedimentu s poměrně příznivými výsledky. Sediment není nutné vzhledem k nízkým hodnotám obsahu těžkých kovů považovat za nebezpečný odpad. Zvýšený podíl byl zjištěn u obsahu polycyklických aromatických uhlovodíků, který částečně omezuje další použití sedimentu na povrchu terénu. Materiál sedimentu je však možné využít jako výkopové zeminy, zeminy do násypů, k rekultivaci skládek apod.

Charakter sedimentu je spíš takový, že se jedná o velmi jemnozrnný materiál, který je odnášen z obdělávaných polí v době přívalových dešťů. Podíl hrubé složky, kameniva a štěrku je minimální. Jemné částice jsou nesené vodou a jejich přítomnost je patrná i v podobě kalného zabarvení. K jejich pozvolnému usazování pak dochází především v přední části nádrže, v místech, kde dochází k výraznému snížení rychlosti proudění. Podíl sedimentu se směrem k hrázi zmenšuje. Charakter sedimentu a jeho rozložení je patrné i z vizuální obhlídky nádrže.

Tato zjištění jsou potřebná především pro návrh vhodného opatření.

Sedimentační předzdrž:

Myšlenka vybudovat sedimentační předzdrž vzešla především ze strany provozovatele díla, který ji uvedl na vstupním výrobním výboru této akce včetně přibližné představy technického řešení i následného provozu a těžby případného sedimentu.

Provozovatel vychází z dobré provozní zkušenosti s přepážkou na toku Bělá v Deštném v Orlických horách, a proto i přes fakta uvedená v tomto dokumentu provozovatel VD a VT doporučuje realizaci příčné štěrkové přepážky v korytě.

Provedení přepážky by mohlo být dle provozovatele realizováno z dřevěných prvků se štěrbinovým uspořádáním, s možností regulace jejich šířky.

Důvody tohoto řešení, které vycházejí ze zkušeností provozovatele jsou:

- Povodí Labe, státní podnik vlastní pozemek pro realizaci přepážky,
- odvoz jakéhokoli (i malého množství) sedimentu mimo oblast vyhlášeného Přírodního parku lesa Včelný je pro správce VD jednodušší,
- přímé napojení pozemku na obecní komunikaci,
- možnost lepšího skládkování a kratší přepravní vzdálenosti,
- jediné dvě možné trasy pro periodický odvoz sedimentů ze zdrže Ivanského jezera vedou přes významné rekreační oblasti, kde provozovatel očekává střet zájmů.

Poloha pozemku ve vlastnictví Povodí Labe, státní podnik, na přítoku do Ivanského jezera, kde by bylo možné vybudovat sedimentační nádrž, je patrná z přílohy č. 22 a 24,.

I přes fakta uvedená provozovatelem se domníváme, že návrh typu sedimentační (štěrkové) přehrážky by zde byl vzhledem k charakteru sedimentu málo účinný. Proto by zde bylo nutné vybudovat takovou nádrž, která umožní dostatečné snížení rychlosti proudění vody a sedimentaci drobných částí. Z těchto důvodů by měla mít nádrž poměrně velký objem.

Výhodou tohoto řešení je:

- snadné snížení hladiny, vypuštění v období těžby sedimentu,
- bezproblémová doprava sedimentu nákladním vozy mimo území obce.

Nevýhody a náročnost řešení:

- vybudování nádrže o poměrně velkém objemu, téměř i o 1/3 objemu Ivanského jezera,
- složitý návrh hradící konstrukce, která umožní převádění běžných průtoků i velkých povodní, v případě potřeby vypuštění zdrže, technologicky složitá zařízení,
- efektivita opatření není ověřená, návrh objemu nádrže bude proveden spíše odhadem a možnostmi území,
- vynaložení významných finančních nákladů na realizaci,
- nutná provozní údržba objektu a funkčního vybavení,
- v případě větší povodňové události může dojít k dalšímu transportu již usazeného sedimentu.

Realizace sedimentační předzdrže se z výše uvedených důvodů jeví jako provozně i finančně náročná a málo efektivní. Prozatím bychom to považovali za krajní možnost řešení a i vzhledem k požadavkům a zkušenostem provozovatele bychom dále od této myšlenky upustili.

Vzhledem k ne příliš velkému objemu nádrže Ivanského jezera se celkově jeví výhodnější, provádět pravidelné vpuštění nádrže s těžbou sedimentu v intervalu 1x za 5 – 10 let. A dále předem připravit takové podmínky, aby se těžba a doprava sedimentu maximálně zjednodušila.

Jedná se především o následující:

- vytipování vhodného místa pro ukládání sedimentu pro období dalších 30 – 50 let, včetně příjezdových komunikací,
- vybudování dostatečně únosného mostku v podhráží i pro přejezd nákladními auty, v současné době není splněno,
- úprava cesty po levé straně hráze do prostoru nádrže, zpevněním, dlážděním, vyrovnaním, rozšířením,
- úprava sjezdu na dno nádrže, využití stávajícího sjezdu na levé straně nádrže, přibližně ve 2/3 jeho délky, vydlážděním betonovými panely v rovnoměrném a plynulém sklonu,
- zpevnění dna v jednom pruhu v nádrži na délku celé zátopy položením betonových panelů pro pojezd těžké mechanizace,
- případně zřízení zatopené sedimentační hrázky, která by snížila množství sedimentů sunutých po dně nádrže směrem k hrázi,

K nákladům, které budou vyvolány těžbou sedimentu z prostoru nádrže je nutné připočítat úklid veřejných komunikací při přepravě nákladními auty. Těžbu sedimentu je nutné provádět

mimo období rekreačního využití území Ivanského jezera a níže položeného koupaliště. Jako optimální se jeví období od října do konce listopadu.

Jako vhodné opatření, které by částečně přispělo ke snížení množství sedimentů v nádrži Ivanského jezera, je zahájení diskuze s vlastníky a správci zemědělsky obhospodařovaných ploch v jeho povodí o způsobech obdělávání a maximálního snížení splachů úrodné půdy z polí. Zpracování návrhů na rozdělení velkých polí, doporučení typu vhodných plodin, návrh způsobu obdělávání dle sklonu svahů a doporučení dalších protierozních úprav v povodí. Mezi další opatření patří také vytipování dalších zdrojů, odkud se mohou sedimenty splachovat.

10.1 Odborný odhad nákladů na realizaci odbahnění nádrže

- **Odbahnění nádrže o objemu 20 000 m³,**

- těžba sedimentu,
- doprava sedimentu nákladními vozy,
- uložení sedimentu na skládku,
- čištění komunikací,

Cenový odhad nákladů

13,8 mil. Kč

- **Realizace nového mostku v podhrází pro přejezd nákladními vozy,**

Cenový odhad nákladů

10,6 mil. Kč

- **Úprava komunikace po levé straně nádrže, hráze v délce 200 m,**

Cenový odhad nákladů

1,3 mil. Kč

- **Úprava sjezdu na dno nádrže a uložení panelů na délku celé nádrže pro pojezd těžké mechanizace,**

Cenový odhad nákladů

5,9 mil. Kč

- **Realizace zanořené dělicí hrázky výška do 1,5 m ze štěrkodráťených matrací,**

Cenový odhad nákladů

1,2 mil. Kč

11. POSOUZENÍ STABILITY HRÁZE

Posouzení stability hráze bylo provedeno pro několik zatěžovacích stavů. Jednalo se o ověření stability aktuálního stavu vodního díla a o posouzení zvolené varianty technického řešení rekonstrukce stávající hráze. Polohy hladiny vody byly uvažovány na úrovni za extrémních povodňových podmínek, tedy na úrovni mezní bezpečné hladiny nebo kontrolní mezní hladiny. Vzhledem k tomu, podmínka stability za běžného provozního stavu bude také splněna.

Posouzení stability hráze bylo v minulosti již provedeno v dokumentu "Posouzení stavu vodního díla z hlediska jeho bezpečnosti, prosinec 1972". V tomto dokumentu je stabilita objektu prokázána i při extrémním zatěžovacím stavu, tedy při hladině vody na úrovni 357,00 m n.m. (50 cm nad korunou hráze). V posouzení byl však zaveden předpoklad, který pravděpodobně uvažoval vliv sedimentů na těsnost podloží a tím prodloužil délku skutečné průsakové dráhy. V souvislosti s tím byl ve výpočtech uvažován vztlak na návodní straně konstrukce pouze o velikosti 1/3 skutečného. Tento předpoklad přispívá k celkově příznivějším výsledkům statického posouzení, avšak dle požadavků provozovatele na odtěžení sedimentu se tato úvaha nedá uvažovat i pro současný stav.

Hlavními výchozími podklady pro výpočet byly normy ON 736854 - Statický výpočet betonových přehrad, která sloužila pro částečnou aplikaci (pozn. tato norma je sice již neplatná, ale nebyla nahrazena novou) a ON 736503 - Zatížení konstrukcí vodohospodářských staveb. Pro stabilitní výpočty byly použity vztahy z odborné literatury. Stabilita je proto posuzována stupněm bezpečnosti.

11.1.1 Popis výpočtové metody

Pro výpočet jsme použili jednoduchou, přibližnou výpočtovou metodu (stupně bezpečnosti), která byla již v minulosti na tuto a další hráze aplikována. Metoda je pro svoji jednoduchost a poměrně dobrou vypovídací schopnost o rozložení sil v hrázovém tělese velmi rozšířená.

Stabilita hrázového tělesa byla prokazována posouzením těchto stupňů bezpečnosti:

- bezpečnost proti usmyknutí po základové spáře;
- bezpečnost proti dosažení mezní nebo kritické únosnosti podloží;
- bezpečnost proti překlopení stavební konstrukce.

Z těchto tří stupňů bezpečnosti je nejvíce vypovídající bezpečnost proti usmyknutí na základové spáře, zatímco bezpečnost proti překlopení stavební konstrukce a posouzení únosnosti základové spáry je spíše informativní a nelze je pokládat za stěžejní pro zjištění stability díla. Výpočet se nezabývá bezpečností proti provalení podloží, poněvadž dílo je založeno na skalním podloží.

Vliv zakřivení hráze na stabilitu nebyl uvažován a to především z toho důvodu, že při normálním statickém působení půdorysně zakřivených tížných přehrad je podíl zatížení přenášeny klenbovým účinkem malý. Je to dáno jednak trojúhelníkovým masivním tvarem přehrad v příčném řezu, který má velkou ohybovou tuhost a jednak malým středovým úhlem, respektive relativně velkým poloměrem. V případě posouzení tížné hráze se zakřiveným půdorysem, můžeme říci, že její vyklenutí proti vodě napomáhá spolupůsobení sousedních částí hráze. Vliv zakřivení se tedy neprojevuje příznivě jen v částečném klenbovém účinku, ale i v příznivém účinku na celkovou stabilitu hráze. Vzhledem k této skutečnosti jsou níže uvedená statická posouzení přikloněna více na stranu bezpečnosti.

Bezpečnost proti usmyknutí po základové spáře

V naší praxi (viz. ČSN 736854 "Statický výpočet betonových přehrad") se vyjadřuje stupeň bezpečnosti z hlediska usmyknutí m po základové spáře vztahy (1) a (2) podle toho, zda se uvažuje nebo neuvažuje soudržnost c.

m ...stupeň bezpečnosti, minimální hodnota m = 1,2;

$$m \cdot \Sigma T = f \cdot \Sigma N \quad (1)$$

$$m \cdot \Sigma T = f \cdot \Sigma N + S \cdot c \quad (2)$$

ΣT ... součet všech aktivních vnějších sil, působících rovnoběžně s rovinou spáry a to jak ve směru posunutí (+) tak i ve směru opačném (kN);

$f \cdot \Sigma N + c \cdot S$... součet všech sil působících na základové spáře proti směru smyku. (kN);

$f \cdot \Sigma N$... síly od tření (kN);

$c \cdot S$... síly od soudržnosti (kN);

f ... součinitel tření ve spáře;

c ... soudržnost ve spáře (kPa);

S ... plocha spáry (m²).

Stupeň bezpečnosti m se uvažuje v hodnotě minimálně m=1,2. Uvažuje-li se pouze tření na základové spáře (1), je při založení na celistvých skalních horninách tato hodnota dostačující.

U těles hrází, kde v rovině základové spáry dochází obvykle pod návodní patou hráze ke vzniku „malých“ normálních napětí (do 1,5 MPa), jeví se správnější počítat s kohezí (2) zvláště tehdy, je-li zajištěno v celé spáře tlakové napětí. V takovém případě se doporučuje volit stupeň bezpečnosti proti usmyknutí na základové spáře m= 2 až 3. U hrází s velkým normálním napětím (5 až 8 MPa) na základové spáře se volí stupeň bezpečnosti až 4,5.

Na základě výše uvedeného jsme se rozhodli provést výpočet stupně bezpečnosti proti usmyknutí po základové spáře oběma způsoby, dle rovnic (1),(2) a výsledné hodnoty porovnat. Stupně bezpečnosti m jsme zvolili pro výpočet bez uvažování koheze m=1,2 a při výpočtu s uvažováním soudržnosti m= 4.

Bezpečnost proti dosažení mezní nebo kritické únosnosti podloží

Normální napětí na základové spáře je dáno vztahem:

$$\sigma = - \frac{\Sigma N}{s \cdot b} \cdot \left(1 \pm \frac{6 \cdot e}{s} \right) \leq R_d = \frac{\sigma_c}{r \cdot p} \quad (3)$$

Tento vztah platí za předpokladu, že napětí na základové spáře probíhá podle zákona přímky.

σ normální napětí na základové spáře (kPa);

ΣN normální složka výslednice (kN);

b šířka základové spáry (1 m);

s délka základové spáry ve směru toku (m);

e excentricita normální síly (m);

R_d výpočtová pevnost základové horniny (kPa).

Pro posouzení normálních napětí v základové spáře potřebujeme vyjádřit výpočtovou pevnost základu a sice z pravé strany rovnice (3).

σ_c ... pevnost horniny v tlaku (kPa);

r součinitel kvality horniny;

psoučinitel hustoty diskontinut.

Výše uvedené hodnoty: σ , p , r jsou vzaty z normy pro skalní podloží. Skalní podloží hráze je zařazeno na základě posouzení z laboratorní Kloknerova ústavu ČVUT, jako pararula orlicko-sněžnického krystalinika třídy R2.

Bezpečnost proti překlpení

Při stanovení bezpečnosti proti překlpení je třeba rozlišit případ založení vodního díla. V případě založení na poddajném podloží, kdy opření v jedné hraně je vyloučeno, zemina se deformuje a základ se opírá vždy na ploše, je třeba provést posouzení únosnosti podloží. U vodních děl založených na pevném nepoddajném základě je bezpečnost proti překlpení prokázána, jestliže je stupeň bezpečnosti proti překlpení větší než 1,5.

p ... stupeň bezpečnosti proti překlpení;

$$p = \frac{M_1}{M_2} > 1,5 \quad (4)$$

M_1 ... moment sil působících proti překlpení (kNm);

M_2 ... moment sil působících překlpení (kNm).

11.1.2 Posuzované zatěžovací stavy

V rámci posouzení byl uvažován náhradní blok hráze s obvyklým příčným profilem a s jednotkovou šířkou, tedy se šířkou 1 m.

Zatěžovací stav 1:

Posuzována byla stávající konstrukce hráze v nejvyšším příčném profilu. Poloha hladiny byla uvažována na kótě 357,13 m n.m. a vychází z posouzení bezpečnosti díla při povodních, kde kontrolní povodní je TPV s Q_{100} . V takovém případě dochází k převodu vody i přes korunu hráze. Do výpočtu byl tedy uvažován i objem vody na koruně a zatopení vzdušní paty hráze. Po kótu 352,50 m n.m. byl v nádrži uvažován sediment. Velikost vztlaku byla stanovena na základě teoretických předpokladů, kde pod návodní patou je vztlak roven výšce hladiny od základové spáry. U povodní paty se jedná také o výšku hladiny dolní vody nad základovou spárou. Velikost vztlaku byla uvažována plnou hodnotou.

Zatěžovací stav 2:

Opět se jedná o posouzení stávající hráze v nejvyšším příčném profilu, tedy nejnepríznivější stav. Tentokrát však pro úroveň mezní bezpečné hladiny na kótě koruny hráze, tedy na úrovni 356,50 m n.m.

V této variantě k přepadu vody přes korunu hráze nedochází. To má vliv na velikost teoretického vztlaku pod vzdušní patou hráze. Ostatní parametry byly zachovány (množství sedimentu v nádrži).

Zatěžovací stav 3:

V této variantě byl staticky posuzován návrh nové betonové hráze, který byl vybrán jako nejvhodnější řešení rekonstrukce hráze včetně funkčních objektů. Pro posouzení byl zvolen nejnepríznivější profil hráze, v nejvyšším místě, v bloku s korunovým bezpečnostním přelivem. Vzhledem k přítomnosti komory uzávěru spodních výpustí se jedná o nejlehčí blok vzhledem ke své výšce.

Poloha hladiny v nádrži byla uvažována na úrovni maxima, které by mělo být dosaženo při převádění návrhové povodňové vlny s kulminačním průtokem Q_{100} , tedy na úrovni 356,35 m n.m. Při úrovni této hladiny dochází k převádění vody přes korunový přeliv, proto po přelivnou hranu bylo nad přelivem uvažováno statické zatížení od přepadající vody. Zatížení vodou, stékající po vzdušní straně korunového přelivu uvažováno nebylo. Tento předpoklad

zvýhodňuje výsledky statického posouzení na stranu bezpečnosti. Vztlkový obrazec byl navržen jako teoretický s uvážením vlivu injekční clony, kterou by mělo dojít k zatěsnění podloží pod návodní patou hráze a k propojení s vlastním tělesem. Vliv navazujících konstrukcí (vývar a těžký zához v opevnění koryta) nebyl na stabilitu přelivného bloku uvažován.

Zatěžovací stav 4:

Jedná se o obdobný zatěžovací stav, jako u varianty 3, pouze s tím rozdílem, že hladina vody v nádrži byla uvažována na úrovni mezní bezpečné hladiny, tedy na úrovni koruny hráze. Pro tento stav se jedná o úroveň 357,00 m n.m., protože v návrhu nové hráze došlo k jejímu navýšení o 0,5 m. Vyšší poloha hladiny má vliv mimo jiné i na velikost vztlaku v podloží. Ostatní předpoklady posuzovaného stavu zůstávají zachovány.

11.1.3 Podmínky výpočtu

Geometrický tvar hlavních konstrukcí byl určen podle poskytnuté výkresové dokumentace z archivu Povodí Labe, státní podnik. Pro výpočet jsou uvažovány dva příčné profily. Stávající hráz v nejvyšším místě nad základovou spárou a nově navržená hráz obdobného příčného řezu jako stávající s navýšenou korunou hráze a s umístěným korunovým bezpečnostním přelivem a spodními výpustmi. Polohu základové spáry se v rámci průzkumných vrtů nepodařilo ověřit, dle zkušeností provozovatele je však odlišná od úrovně uvedené v dokumentaci.

Objemové tíhy byly ve výpočtu uvažovány pro kamenné zdivo hráze jako odhad váženého průměru objemových hmotností kameniva a malty, získaných z laboratorních zkoušek, tedy hodnotou $\gamma_z = 25 \text{ kN/m}^3$, pro betonové zdivo nové hráze byla uvažována objemová hmotnost $\gamma_z = 24 \text{ kN/m}^3$, pro suchou zeminu (pro zásypový materiál) $\gamma_{su} = 18 \text{ kN/m}^3$, pro zvodnělou zeminu $\gamma_{zv} = 9 \text{ kN/m}^3$.

Soudržnost, součinitel tření na základové spáře hráze – výpočtové hodnoty c , f , by měly poskytnout polní smykové zkoušky hornin vytvářející podloží hráze. Tyto zkoušky jsou však nákladné, a proto jsme nuceni uchýlit se ke směrným hodnotám c a f . Přitom jsme vycházeli z vlastní publikace „Způsob stanovení rozhodujících parametrů stability a bezpečnosti vybudovaných betonových a zděných přehrad“, která byla vydána na základě našich a mezinárodních zkušeností a pozorování. Obsahem je široký soubor charakteristických hodnot (c , f) jednotlivých vzorků z různých staveb z domova i ze světa. Proto jsme navrhli součinitel tření na základové spáře pro materiály: kamenné zdivo, $f = 0,75$ a výpočtovou soudržnost na téže spáře $c = 0,2 \text{ MPa}$. Praktická soudržnost na základové spáře je však velice problematická proto doporučujeme (zejména u stávající hráze) uvažovat ve výpočtech stupně bezpečnosti proti posunutí vždy varianty se zanedbáním soudržnosti.

Úhel vnitřního tření a soudržnost zásypového materiálu - protože neznáme přesnou charakteristiku zásypových materiálů, uvažujeme soudržnost použité zeminy $c_u = 0 \text{ kPa}$, čímž jsme na straně bezpečnosti. Úhel vnitřního tření jsme navrhli $\varphi = 30^\circ$. Výšky zásypů nad základovou spárou vycházejí z poskytnuté výkresové dokumentace.

Výpočtová únosnost podloží byla určena dle ČSN 73 1001 na základě zatřídění odebraného vzorku horniny odebrané z podloží hráze, $R_d = 1333 \text{ kPa}$.

Vztlak – vztlkový obrazec byl pro všechny posuzované zatěžovací stavy zvolen na základě teoretických předpokladů. Na díle nebyla doposud prováděna žádná měření, která by umožňovala sestavení přesného vztlkového obrazce.

V rámci posouzení stávajícího stavu hráze se jednalo o vztlakoměrný obrazec trojúhelníkového tvaru, kde pod návodní patou hráze byla uvažována plná hodnota tlaku vody dle polohy hladiny vody v nádrži. Vztlak pod povodní patou hráze byl určen na základě provozního stavu, zda dochází k zatopení podhrází, nebo zda voda odtéká korytem toku bez vzdutí. V případě, že voda přepadá přes korunu hráze, hladina dolní vody se vystavuje nad terénem, dochází ke změně trojúhelníkového vztlakového obrazce na nepravidelný lichoběžník.

Vztlakový obrazec v případě varianty nově navržené hráze byl sestavován obdobným způsobem. Jeho výsledná velikost je ale zmenšena zavedením předpokladu realizace injekční clony pod návodní patou hráze, v těsné blízkosti návodního líce. Velikost vztlaku za injekční clonou je uvažována hodnotou vztlaku pod vzdušnou patou hráze navýšenou o 40 % z rozdílu vztlaků pod návodní a povodní patou hráze.

Hladina dolní vody – za běžného provozního stavu nebyl vliv hladiny dolní vody uvažován. V případě převádění kontrolní povodňové vlny Q_{100} , vychází poloha hladiny dolní vody z předpokladu, že podhrází vodního díla je zatopeno „vzduto“ dolní vodou. V případě návrhu nové hráze odpovídá hladina dolní vzduté hladině ve vývaru a plnému nasycení okolního terénu vodou. Přesná úroveň hladiny dolní vody byla stanovena na základě orientačních propočtů a odborného odhadu.

11.1.4 Výsledky přešetření stability hráze

Jednoduché stabilitní výpočty byly provedeny pro hladinu v nádrži na kótě 357,13 m n.m. (maximální hladina dosažena při převodu Q_{100} přes stávající hráz), 356,50 m n.m. (koruna stávající hráze), 357,00 m n.m. (koruna nově navržené hráze) a na kótě 356,35 m n.m. (maximální hladina při převádění Q_{100} přes nově navrženou hráz). Ve všech posuzovaných případech se jedná o extrémní zatěžovací stavy. Poloha hladiny v nádrži dosahuje buď koruny hráze (MBH), je na úrovni maximální teoretické povodňové vlny, nebo dokonce dochází k přelévání hráze. Běžný provozní stav, kdy je zatížení hráze výrazně menší, posuzován nebyl. Vzhledem ke všem předpokladům by měl vyhovět spolehlivě. Statický výpočet je proveden pomocí tabulkového procesoru a je ve formě formuláře presentován na přílohách č. 25, 26, 27 a 28.

zatěžovací stav	stav hráze, úprava	hladina vody v nádrži	stupeň bezpečnosti proti posunutí „m“		stupeň bezpečnosti proti překlopení „p“	
			požadovaný	vypočtený	požadovaný	vypočtený
1	rekonstrukce stávající hr.	357,13 m n.m.	1,1	1,05	1,5	1,39
2	rekonstrukce stávající hr.	356,50 m n.m.	1,1	1,22	1,5	1,59
3	nová hráz	356,35 m n.m.	1,1	1,22	1,5	3,89
4	nová hráz	357,00 m n.m.	1,1	1,06	1,5	4,10

Ve všech případech vznikají u návodní paty tahová napětí, i když v některých případech velmi malá.

U všech posuzovaných zatěžovacích stavů byla prokázána stabilita hráze, hrázového bloku na překlopení za výše uvedených vstupních a zátěžových podmínek splněním normou dané hodnoty stupně bezpečnosti. K překlopení hráze za reálně možných předpokladů okolo vzdušní paty nedojde.

Stupeň bezpečnosti proti posunutí nebyl u zatěžovacího stavu 1 dle normy splněn, stabilita hráze však byla prokázána ($m > 1$). Jedná se o případ, kdy je uvažováno převádění kontrolní povodňové vlny s polohou hladiny v nádrži na úrovni 357,13 m n.m. Jedná se o extrémní situaci, při které je uvažována teoretická hodnota vztlaku. Vzhledem k poměrně krátkému a rychlému průběhu povodňové vlny v dané lokalitě je možné, že skutečný vztlak v době přechodu Q_{100} bude výrazně menší. Bez provedení měření a to především za extrémní povodňové situace není možné se sníženou hodnotou vztlaku uvažovat. V případě, že bude probíhat oprava hráze formou rekonstrukce vzdušního líce a zatěsněním návodního líce, je nutné realizovat taková opatření, která by snížila vztlak v podloží hráze. Jedná se především o realizaci injekční clony pod návodní patou hráze. V rámci výpočtu byly zavedeny některé zjednodušující předpoklady, které by výsledný stupeň bezpečnosti mohly zlepšit.

V druhém případě, ve kterém nebyl splněn požadavek normy a stupeň bezpečnosti proti posunutí byl menší jak 1,2, je zatěžovací stav 4. Jedná se o posouzení stability hráze za extrémního vodního stavu, kdy hladiny vody v nádrži vystoupá na úroveň nově navržené hráze, tedy na úroveň předběžně stanovené mezní bezpečné hladiny. Obecně však lze v případech extrémní povodňové situace připustit a v tomto případě, kdy bude průtok vody je větší jak Q_{100} , snížení stupně bezpečnosti $m = 1,1$. Za tohoto stupně je ještě prokázána stabilita díla, ale bezpečná rezerva je tak malá, že snížený stupeň bezpečnosti nelze uvažovat pro běžný provozní stav. Přesto však existují alespoň tři možnosti, jak zajistit splnění stupně bezpečnosti hodnotou $m = 1,2$. Jedním je snížení mezní bezpečné hladiny na úroveň kontrolní maximální hladiny s drobnou rezervou, tedy přibližně na kótu 356,40 m n.m. Druhou možností je úprava příčného profilu hráze jeho rozšířením především na návodní stranu. Tím by se návrh nové hráze sice odchýlil od profilu stávající hráze, ale toto řešení se jeví jako optimální. Třetí možností je zvýšení požadavku na účinnost injekční clony, čímž dojde ke snížení vztlaku na základové spáře díla a k celkovému zvýšení stability.

V rámci výpočtu byly opět zavedeny zjednodušující předpoklady, které by výsledný stupeň bezpečnosti příznivě ovlivnily.

V případě zbývajících dvou zatěžovacích stavů byla stabilita hráze prokázána ve všech posuzovaných parametrech.

V případě realizace injekční clony pod návodní patou hráze, doporučujeme také zřízení vztlakoměrných vrtů pro ověření teoretických předpokladů o průběhu a velikosti vztlaku na základové spáře.

Zatěžovací stavy 1 a 2 uvažují těleso hráze v příčném profilu jako tuhý kompaktní blok. Ve skutečnosti tomu je jinak. Soudržnost malty je nedostatečná a k poruše za extrémního zatěžovacího stavu by pravděpodobně došlo jinak, než usmyknutím po základové spáře. Při přelití hráze by pravděpodobně došlo k erozi vzdušního líce, lokálnímu zhroucení zdiva a v limitním případě i k prolomení hráze. S ohledem na výsledky stavebního průzkumu zdiva a výsledky přešetření bezpečnosti vodního díla při povodních je nepřijatelné přelití hráze. **Stabilitu hráze v současném uspořádání nelze považovat za prokázanou a je třeba přistoupit k nápravným opatřením.**

12. MAJETKOPRÁVNÍ ANALÝZA STAVBOU DOTČENÝCH POZEMKŮ

Rozbor majetkoprávních vztahů s vyznačením záborů jednotlivých pozemků je znázorněn v přílohách č. 23 a 24.

Pozemky přímo dotčeny rekonstrukcí/stavbou hráze, bezpečnostního přelivu, spodních výpustí a vývaru.

Parcela č.	Druh pozemku	KÚ	Vlastník/provozovatel
2255/2	vodní dílo, hráz přehrazující vodní tok nebo údolí	Rychnov nad Kněžnou 744107	Povodí Labe, státní podnik
2254/2	vodní dílo, hráz přehrazující vodní tok nebo údolí	Rychnov nad Kněžnou 744107	Město Rychnov nad Kněžnou
2257/5	vodní dílo, hráz přehrazující vodní tok nebo údolí	Rychnov nad Kněžnou 744107	Město Rychnov nad Kněžnou
2257/6	vodní dílo, hráz přehrazující vodní tok nebo údolí	Rychnov nad Kněžnou 744107	Město Rychnov nad Kněžnou
2255/1	vodní plocha	Rychnov nad Kněžnou 744107	Povodí Labe, státní podnik
2254/1	lesní pozemek	Rychnov nad Kněžnou 744107	Město Rychnov nad Kněžnou
2257/1	lesní pozemek	Rychnov nad Kněžnou 744107	Město Rychnov nad Kněžnou
3197/1	vodní plocha	Rychnov nad Kněžnou 744107	Povodí Labe, státní podnik
3099	ostatní plocha/komunikace	Rychnov nad Kněžnou 744107	Město Rychnov nad Kněžnou

Na výše uvedených pozemcích budou probíhat stavební práce, nebo budou přímo stavební činností dotčeny a to v případě všech variant řešení rekonstrukce hráze a odbahnění nádrže. Část těchto pozemků bude nutné využít pro komunikaci, dopravu a skladování materiálu, pro deponie a mezideponie hmot, pro zařízení stavenišť. Při opravě hráze včetně funkčních objektů nedojde k trvalému záboru nových pozemků.

Příjezd a doprava na staveniště bude probíhat především po místní zpevněné komunikaci s parcelním číslem 3099 ve správě města Rychnov nad Kněžnou.

Těžení sedimentu ze dna nádrže, v případě že nebude stávající hráz zcela odstraněna a doprava nebude probíhat po dně zátopy, bude nutné k příjezdu do zátopy využít lesní cestu na pozemku č. 2257/1, která je ve správě města Rychnov nad Kněžnou. V rámci přípravy pro další budoucí etapy těžby sedimentu ze dna nádrže se předpokládá využití této cesty k příjezdu do zátopy. Cestu bude nutné částečně zpevnit a upravit aby vyhověla podmínkám provozu.

Zábory pozemků

Vlastní stavební práce budou realizovány částečně na pozemcích ve správě Povodí Labe, státní podnik a také ve správě Města Rychnov nad Kněžnou. Charakter stavby a rozloha

pozemků provozovatele díla bude vyžadovat, aby došlo k dočasnému záboru dalších pozemků pro zařízení staveniště či deponie materiálů.

Všechny zábory pro zařízení staveniště budou dočasné. Trvalé zábory pozemků nejsou plánovány.

Pozemky sousedící s nádrží Ivanského jezera, s tělesem hráze.

Parcela č.	Druh pozemku	KÚ	Vlastník/provozovatel
2254/1	lesní pozemek	Rychnov nad Kněžnou 744107	Město Rychnov nad Kněžnou
2257/1	lesní pozemek	Rychnov nad Kněžnou 744107	Město Rychnov nad Kněžnou
2256	vodní plocha	Rychnov nad Kněžnou 744107	Město Rychnov nad Kněžnou
7170	lesní pozemek	Rychnov nad Kněžnou 744107	Město Rychnov nad Kněžnou

Pozemek vhodný pro případné vybudování sedimentační nádrže, sousední pozemky.

Parcela č.	Druh pozemku	KÚ	Vlastník/provozovatel
5227	vodní plocha	Javornice 657816	Povodí Labe, státní podnik
5223	lesní pozemek	Javornice 657816	Dvořák Josef, č.p. 105, 517 11 Javornice
5225	vodní plocha	Javornice 657816	Povodí Labe, státní podnik

13. NÁVRH ČLENĚNÍ STAVBY VYBRANÉ VARIANTY TECHNICKÉHO ŘEŠENÍ NA JEDNOTLIVÉ STAVEBNÍ OBJEKTY

Preferovanou variantou řešení rekonstrukce hráze a funkčních objektů je stavba nové betonové hráze v profilu stávající. Nová hráz by zachovávala příčný profil. Pouze by došlo k navýšení koruny hráze o 0,5 m z důvodu zkrácení celkové délky přelivných polí. Nová hráz by byla vybavena dvěma spodními výpustmi profilu DN 250 kompletně z materiálu nerez. Provozními uzávěry by byla celonerezová kovotěsnící šoupátka třmenová se stoupajícím vřetenem, přesným vedením a ručním ovládáním. Regulační uzávěry by byly umístěny v uzávěrové komoře uvnitř hráze, která by byla přístupná krátkou chodbou z podhrází. Z návodní strany by byly spodní výpusti vybaveny revizním uzávěrem ve formě zaslepovací příruby. Ty by bylo možné osadit a demontovat ve spolupráci s potápěči. Převod běžných i povodňových průtoků přes vodní dílo by zajišťoval nehrazený korunový bezpečnostní přeliv o

třech polích s celkovou délkou přelivné hrany 15 m. Nad korunovým přelivem by bylo opět zřízeno přemostění.

Z návodní strany by byl vtok do spodní výpusti opatřen nátokovou kašnou s česlovou stěnou kompletně z materiálu nerez.

Vyústění spodních výpustí by bylo provedeno do společného vývaru s korunovým bezpečnostním přelivem. Vývar by byl nově realizován společně se stavbou nové hráze a krátkou úpravou navazujícího koryta.

Při stavbě nové hráze by bylo provedeno také zatěsnění podloží pod návodní patou hráze pomocí injektážní clony.

V době odbourané stávající hráze by byl využit vjezd do zátopy a bylo by realizováno celkové odbahnění nádrže, úprava sjezdu na dno nádrže z levého břehu a stavba zpevněné cesty po dně nádrže. Na dně nádrže by byl také vybudován práh, který by omezoval sunutí sedimentu směrem k hrázi.

Návrh této varianty je patrný na přílohách č. 18, 21.

Pro vhodné začlenění hráze do prostředí je možné uvažovat z návodní i vzdušné strany provedení kamenného obkladu z řádkového zdiva na maltu cementovou. Obdobným způsobem je možné řešit i přelivná pole. Pouze přelivná hrana by měla být provedena z přesně opracovaných kamenů. Koruna hráze by po obou stranách byla osazena stávajícími parapetními kvádry a byla by vydlážděna.

13.1 Přehled SO a PS

SO 01 – Demolice stávající hráze

SO 02 – Příprava základové spáry, injekční clona

SO 03 – Hráz, přelivné bloky, kamenný obklad (pokud bude požadován),

SO 04 – Spodní výpust, vtoková kašna

SO 05 – Vývar, úprava koryta

SO 06 – Koruna hráze

SO 07 – Přemostění korunového přelivu

SO 08 – Odbahnění nádrže, úpravy v zátopě

SO 09 – Mostek v podhrází, úprava cesty (dle dohody s vlastníkem)

SO 10 – Zařízení TBD

PS 04 – Technologie spodních výpustí

13.2 Obsah stavebních objektů (SO)

V následujících odstavcích bude uveden základní popis stavebních objektů, požadovaná funkce, předpoklady výstavby, požadavky na konstrukce a materiály, případně doporučení a zadání pro další projekční řešení.

13.2.1 SO 01 – Demolice stávající hráze

Stavební objekt bude řešit:

- rozebrání a odtěžení stávající kamenné hráze, roztřídění kamenných bloků na odpad a na bloky, které budou následně použity,
- odtěžení zeminy v bezprostřední blízkosti hráze, uložení na mezideponie,
- uložení odpadu na skládku,
- provedení prací za vypuštěné nádrže,
- rozebrání a demolice za pomoci těžké mechanizace,

- demontáž technologického vybavení spodní výpusti a bezpečnostního přelivu, jejich uložení na skládku nebo k recyklaci,
- rozsah rozebrání hráze, až na základovou spáru,

13.2.2 SO 02 – Příprava základové spáry, injekční clona

Stavební objekt bude řešit:

- odtěžení navětralé části základové horniny,
- úpravu základové spáry do tvaru daného projektovou dokumentací výlomem,
- provedení zatěsnění zjištěných trhlin, poruch pod celou hrází z povrchu základové spáry,
- tlakové omytí základové spáry, odstranění volných částí (před betonáží),
- zatěsnění podloží cementovou, nebo jílocementovou těsnicí clonou pod návodní patou hráze,
- dočasný převod vody přes stavbu,
- únosnost základové spáry z rostlé horniny,

13.2.3 SO 03 – Hráz, přelivné bloky

Stavební objekt bude řešit:

- propojení hrázových bloků s podložím,
- realizaci jednotlivých hrázových bloků, tvarové uspořádání,
- návaznost na další stavební objekty a provozní soubory,
- úpravu a zatěsnění dilatačních spár, napojení na podloží,
- rozdělení hráze na jednotlivé, vzájemně oddilátované bloky,
- vyztužení hrázových bloků u návodního a vzdušního líce, mimořádně zatížených částí,
- stanovení postupu betonáže,
- zřízení dočasného převodu vody přes staveniště při postupné betonáži,

V rámci kamenných obkladů bude řešeno:

- úpravu velikosti hrázových bloků a příprava pro případné zhotovení kamenného obkladu,
- využití původních kamenů zděné hráze na obklad, způsob jejich opracování,
- určení případného zdroje pro těžbu dalších kamenů pro řádkové zdivo obkladů,
- stanovení požadovaného způsobu opracování,
- stanovení požadavků na maltu,
- určení stavebního postupu a způsob kotvení kamenného obkladu na betonovou část hráze,
- způsob zatěsnění dilatačních spár,
- postup spárování zdiva,

V případě, že se investor rozhodne pro realizaci kamenného obkladu na viditelných a přístupných částech vodního díla. V opačném případě by bylo řešeno pohledové bednění a architektonická úprava pohledových ploch hráze.

13.2.4 SO 04 – Spodní výpust, vtoková kašna

Stavební objekt bude řešit:

- stavební přípravu pro vedení a montáž spodní výpusti,
- stavební přípravu komunikační chodby a komory uzávěrů spodní výpusti,

- zhotovení návodní vtokové kašny pro osazení česlové stěny, tvarové uspořádání a propojení s hrázovým blokem,
- vyústění spodních výpustí do vývaru a polohové umístění obou profilů,
- způsob odvodnění vnitřního prostoru hráze,

13.2.5 SO 05 – Vývar, úprava koryta

Stavební objekt bude řešit:

- návrh vývaru pro bezpečnostní přeliv a zaústění spodní výpusti, hydrotechnické výpočty,
- rozměrové uspořádání nově navrženého vývaru,
- zajištění řádného tlumení kinetické energie vody případným doplněním rozražečů,
- možnosti obkladu vývarů kamenným zdívem,
- úprava koryta v podhrází a jeho napojení na nový vývar,
- zpevnění koryta těžkým záhozem, úprava břehů kamennou dlažbou na sucho,

13.2.6 SO 06 – Koruna hráze

Stavební objekt bude řešit:

- realizace návodní a povodní hrany koruny z původních parapetních kvádrů,
- vydláždění koruny hráze z opracovaných kamenů, případně dlažebních kostek,
- realizace zábradlí dle normy, kompletně z materiálu nerez, způsob ukotvení do kamenných bloků,
- způsob napojení koruny na okolní stezky a navazující terén,
- jednotnou výškovou úroveň koruny hráze,
- řešení dilatační spáry v místě dilatací bloků a v místech dilatací mostovky,
- odvodnění koruny hráze, její zaizolování,

13.2.7 SO 07 – Přemostění korunového přelivu

Stavební objekt bude řešit:

- návrh mostovky nad jednotlivými poli bezpečnostního přelivu,
- statický výpočet, návrh rozměrů, návrh výztuže, způsob pevného a posuvného uložení,
- zajištění dostatečné výška na přelivnou hranou,
- stanovení požadavků na minimální rozměry podpor,
- postup montáže a realizace nové mostovky,

13.2.8 SO 08 – Odbahnění nádrže

Stavební objekt bude řešit:

- množství sedimentu a jeho rozložení po dně nádrže,
- způsob těžby sedimentu, jeho konzistence a podmínky při těžbě,
- požadavky na vypuštění nádrže a dobu odvodnění sedimentu,
- způsob dopravy,
- uložení sedimentu na vhodné místo, skládku,
- příprava příjezdových tras v okolí nádrže a po dně pro příští těžbu sedimentu,
- způsob realizace zanořené dělící hrázky pro zamezení posunu sedimentu k hrázi,
- předpokládaná četnost těžby sedimentu,

- posouzení jiných způsobů těžby sedimentu (sací bagr),

13.2.9 SO 09 – Mostek v podhrází, úprava cesty

Po dobu realizace opravy hráze, při realizaci odbahnění a v souvislosti s pohybem těžkých nákladních aut a stavebních strojů bude nutné zvýšit únosnost mostku v podhrází. Ten je v současné době ve velmi špatném stavu a pro taková zatížení je zcela neúnosný. Cesta na levém břehu hráze se předpokládá, že se bude využívat pro příjezd do zátopy nádrže v době provádění dalších etap odbahnění. Pro tyto účely je nutné cestu částečně přizpůsobit, a to především ve smyslu povrchové úpravy, únosnosti a podélného sklonu v některých úsecích. Mostek a lesní cesta nejsou ve zprávě Povodí Labe, státní podnik.

Stavební objekt bude řešit:

- odborné posouzení stávající konstrukce mostku,
- návrh nutných opatření pro zvýšení únosnosti,
- nebo návrh nového mostku,
- zpracování projektového řešení nutných opatření,
- úpravu cesty po levém břehu, její zpevnění,

13.2.10 SO 10 – Zařízení TBD

Stavební objekt bude řešit:

- rozsah vybavení nově realizovaného vodního díla zařízením pro měření a sledování deformací, průsaků, náklonů a vztlaků v podloží,
- specifikaci nutných přístrojů pro realizaci měření,
- zavedení jednotlivých metod měření a sledování během stavby a po jejím dokončení,
- vybudování pevných a stabilních stanovisek pro směrové měření,
- zařízení pro měření vodních stavů s přenosem dat,

13.2.11 PS 04 – Technologie spodních výpustí

Provozní soubor bude řešit:

- typ a konstrukci jednotlivých uzávěrů, jejich provoz, ovládání a umístění,
- umístění montážních kusů, dilatačních vložek,
- úprava potrubí na straně do vývarů, přípravu na eventuální uzavření z dolní vody,
- potrubí spodní výpusti, jeho parametry, umístění, uložení a kotvení,
- česlovou stěnu na vtoku do spodních výpustí, její montáž, demontáž,
- materiál použitý pro jednotlivé technologické části spodní výpusti,

14. POSOUZENÍ PODMÍNEK PROVÁDĚNÍ TECHNICKOBEZPEČNOSTNÍHO DOHLEDU, KATEGORIZACE

Vzhledem k navrženým stavebním úpravám na vodním díle Ivanského jezera, kdy se jedná především o realizaci nové hráze spojenou s navýšením její koruny, zkapacitnění bezpečnostního přelivu a realizací spodních výpustí dle aktuálně platných předpisů, bylo

nutné provést posouzení podmínek provádění technickobezpečnostního dohledu a zařazení vodního díla do kategorie podle § 61 odst. 4 zákona č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění zákona č. 150/2010 Sb.

Stávající vodní dílo je zařazeno do IV. kategorie na základě výše uvedených předpisů. Dle zpracovaného posudku, který je přílohou č. 29 tohoto dokumentu se rekonstrukcí hráze ani stavbou nové hráze kategorizační zařazení nezmění. Vodní dílo bude nadále zařazeno do IV. kategorie a tomu bude odpovídat i rozsah a způsob provádění technickobezpečnostního dohledu.

Zařazení vodního díla do příslušné kategorie také určuje parametry kontrolní povodňové vlny a posouzení bezpečnosti vodního díla za povodní. Kulminační průtok teoretické kontrolní povodňové vlny odpovídá pro díla VI. kategorie Q_{100} .

15. DOPORUČENÍ PRO ZPRACOVÁNÍ PROJEKTOVÉ DOKUMENTACE

Hlavní požadavky a okruh technického řešení pro zpracování projektové dokumentace byly uvedeny v kapitole 13. Pro kvalitní zpracování projektové dokumentace je potřebné provést ještě doplňující průzkumy, šetření a jednání. Z potřebných prací doporučujeme především:

1. Stanovení závazných požadavků na povrchovou úpravu pohledových ploch nové hráze, rozsah využití původního kamene a jeho zachování na nové stavbě.
2. Vyřešení vlastnických vztahů a záborů pozemků v těsném okolí hráze, v místech dočasné deponie a mezideponie, zařízení staveniště.
3. Stanovení požadavků na opravu přemostění v podhrází s ohledem na očekávaná zatížení a na úpravu cesty po levé straně hráze. Vyřešení vlastnických vztahů a stanovení odpovědnosti k údržbě. Hydrotechnický výpočet kapacity mostku pro Q_{100} .
4. Provedení doplňujícího IG průzkumu, který by zpřesnil polohu skalního podloží v profilu hráze a umožnil by navrhnout polohu základové spáry. Skutečná poloha podloží výrazně ovlivňuje náklady na zemní práce, jednotlivé části hráze, ale i vlastní řešení jednotlivých stavebních objektů.
5. Matematicky nebo modelově by měla být ověřena kapacita korunového přelivu, návrh vývaru a jeho účinnost. Ověření úpravy koryta v podhrází.
6. Ověření rozborů sedimentů v nádrži a řešení způsobu jeho skládkování nebo dalšího využití.
7. Uložení a likvidace dalších stavebních odpadů při realizaci hráze a funkčních objektů.

16. ZÁVĚR

Na základě provedených průzkumů, jejich vyhodnocení a dalšího místního šetření bylo zjištěno, že hráz Ivanského jezera vykazuje poruchy, které svědčí již o konci její životnosti. Vodní dílo je sice provozuschopné, ale není již zcela stabilní a bezpečné.

Dále vodní dílo nesplňuje současné požadavky na převádění kontrolní povodňové vlny. Kapacita funkčních objektů je nedostatečná i v případě, že bude zajištěna manipulace s objekty přítomností trvalé obsluhy.

S ohledem na tyto skutečnosti je nutné připravit projektovou dokumentaci na rekonstrukci stávající hráze a funkčních objektů.

Do doby, než bude dílo uvedeno opět do bezpečného stavu s dostatečnou kapacitou funkčních objektů, navrhujeme provést alespoň snížení hladiny trvalým vyhrazením stavidlové konstrukce, případně i její demontáží. Nadále provádět důkladné vysprávky spárování návodního, vzdušního líce bezodkladně po zjištění. Zjištěné poruchy a dutiny a to především na konci štolý spodní výpusti provizorně vyplnit betonovou plombou s případným kotvením.

Rekonstrukci vodního díla bychom doporučovali řešit realizací nové betonové hráze se dvěma profily spodních výpustí a korunovým bezpečnostním přelivem o třech polích. Tento způsob opravy se jeví jako cenově nejvýhodnější, dlouhodobě trvalý bez nutnosti dalších finančních nákladů a provozně spolehlivý i v případě převádění teoretické povodňové vlny.

Dílo v současné době není technickou památkou a není historicky chráněno. Vzhledem k tomu projektové řešení nemusí zachovat původní ráz. Dílo se nachází v lokalitě přírodního parku les Včelný.

Součástí rekonstrukce hráze je i provedení odbahnění nádrže a provedení přípravy na další etapy odbahnění v dalších letech provozu Ivanského jezera.

Po realizaci navržených úprav bude dílo bezpečné a spolehlivé, bude lépe plnit účel, pro který bylo vybudováno. Částečně také dojde ke zlepšení jeho retenční funkce.

Tento „Návrh opatření k zajištění bezpečnosti a stability vodního díla“ bude sloužit jako podklad zpracování projektového řešení a také jako podklad pro Investiční záměr Povodí Labe, státní podnik.

V Praze, listopad 2016

Vypracoval: Ing. Karel Wimmer

.....

Schválil: Ing. David Richt
vedoucí útvaru 401

.....

17. ROZDĚLOVNÍK

1. Povodí Labe, s.p. - hlavní pracovník TBD,
2. Povodí Labe, s.p. - závod
3. Povodí Labe, s.p. - Dozorství VD Ivanské jezero
4. Povodí Labe, s.p. - reserva
5. VODNÍ DÍLA – TBD a.s. - útvar 401
6. VODNÍ DÍLA – TBD a.s. - ADIS

18. PŘEHLED VÝCHOZÍCH PODKLADŮ

- [1] Manipulační řád pro vodní dílo Ivanské jezero na Javornickém potoce, Ing. Jan Knap, U Studénky 1292, 509 01 Nová Paka, duben 2006,
- [2] Provozní řád pro Ivanské jezero, povodí Labe, státní podnik, platnost do odvolání,
- [3] Ivanské jezero, Javornický potok, vyhodnocení nánosů, Povodí Labe, státní podnik, leden 2006,
- [4] Stanovení charakteristik materiálů odebraných v rámci akce: „Ivanské jezero, konstrukce: zděná, kamenná hráz“, ČVÚT – Kloknerův ústav, říjen 2016,
- [5] Hydrologické údaje povrchových vod, ČHMÚ pobočka Hradec Králové, srpen 2016,
- [6] ČSN 75 2340 – Navrhování přehrad – Hlavní parametry a vybavení,
- [7] Generální oprava hráze Ivanské jezero, Hydroprojekt Praha, září 1967,
- [8] Odstranění nánosů z Ivanského jezera, Povodí Labe, státní podnik, listopad 1979,
- [9] Posouzení stavu vodního díla z hlediska jeho bezpečnosti, Ivanské jezero u Rychnova n. Kněžnou, VRV, útvar technickobezpečnostního dohledu, prosinec 1972,
- [10] Odborná literatura,

19. SEZNAM PŘÍLOH

1. Stanovení charakteristik materiálů odebraných v rámci akce: „Ivanské jezero, konstrukce: zděná, kamenná hráz“, ČVÚT – Kloknerův ústav, říjen 2016,
2. Hydrologické údaje povrchových vod, ČHMÚ pobočka Hradec Králové, srpen 2016,
3. Odtoková množství z VD Ivanské jezero, stávající stav,
4. Charakteristiky nádrže – graf,
5. Průběh teoretické povodňové vlny – graf,
6. Konsumpční křivky nově navržených funkčních objektů, bezpečnostní přelivy, spodní výpusti – tabulka, graf
7. Transformace povodňové vlny $Q\ 37,20\ m^3.s^{-1}$, stávající stav – varianta I. - graf
8. Transformace povodňové vlny $Q\ 37,20\ m^3.s^{-1}$, stávající stav – varianta II. - graf
9. Schéma rozmístění provedených průzkumných vrtů,
10. Fotodokumentace odebraných jádrových vrtů,

11. Schéma opravy zatěsněním návodního líce s hloubkovou přezdívkou vzdušního líce – příčný řez,
12. Schéma rekonstrukce stávající spodní výpusti – příčný řez,
13. Schéma nové spodní výpusti 1x DN 400, těleso hráze po rekonstrukci – příčný řez,
14. Schéma nových spodních výpustí 2x DN 200, těleso hráze po rekonstrukci – příčný řez,
15. Schéma nových výpustí ve stávajícím tělese hráze po rekonstrukci – půdorys,
16. Schéma bočního bezpečnostního přelivu se skluzem, těleso hráze po rekonstrukci,
17. Schéma bočního bezpečnostního přelivu s kaskádou, těleso hráze po rekonstrukci,
18. Schéma nových spodních výpustí 2x DN 250, nové těleso hráze – příčný řez,
19. Schéma nového korunového přelivu, nové těleso hráze – příčný řez,
20. Schéma nových spodních výpustí, nového korunového přelivu, nového tělesa hráze, varianta I. – půdorys,
21. Schéma nových spodních výpustí, nového korunového přelivu, nového tělesa hráze, varianta II. – půdorys,
22. Přehledná situace lokality,
23. Zakreslení vybrané varianty řešení opravy hráze do katastrální mapy,
24. Výřez katastrální mapy části na přítoku do nádrže Ivanského jezera,
25. Stabilitní přepočet – zatěžovací stav 1, stará hráz, hladina 357,13 m n.m.
26. Stabilitní přepočet – zatěžovací stav 2, stará hráz, hladina 356,50 m n.m.
27. Stabilitní přepočet – zatěžovací stav 3, nová hráz, hladina 356,35 m n.m.
28. Stabilitní přepočet – zatěžovací stav 4, nová hráz, hladina 357,00 m n.m.
29. Posudek podmínek provádění technickobezpečnostního dohledu

VD IVANSKÉ JEZERO

**Návrh opatření k zajištění
bezpečnosti a stability vodního
díla**

Přílohová část



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE**

K L O K N E R Ů V Ú S T A V
Šolínova 7, 166 08 Praha 6 – Dejvice

**Expertní zpráva č.
1600J294**

Datum vydání zprávy
21. října 2016

Oddělení KÚ
Experimentální
tel. +420 224 353 537

Objednatel: VODNÍ DÍLA – TBD a.s.
Ing. Karel Wimmer
Hyberská 1617/40
110 00 Praha 1

Expertní zpráva:

**Stanovení charakteristik materiálů odebraných v rámci akce:
„Ivanské jezero, konstrukce: zděná kamenná hráz“**

Vypracoval:

Ing. Tomáš Mandlík

Spolupráce:

Ing. Daniel Dobiáš, Ph.D.
Ing. Klára Machalická, Ph.D.
Ing. Kateřina Hládková
Pavel Borodáč
Tomáš Gigl

Odpovědný řešitel:

Ing. Tomáš Mandlík

Vedoucí oddělení:

Doc. Ing. Jiří Kolísko, Ph.D.

Ředitel KÚ:

Doc. Ing. Jiří Kolísko, Ph.D.

Výtisk číslo:

1 2 3 4

Rozdělovník:

Objednatel: 3x
Archiv KÚ: 1x

Zpráva může být reprodukována pouze jako celek. Části zprávy mohou být reprodukovány, publikovány nebo jinak použity pouze na základě písemného souhlasu ředitele Kloknerova ústavu.

ANOTACE

Zpráva uvádí výsledky stanovení charakteristik materiálů z jádrových vývrtů odebraných v rámci akce: „**Ivanské jezero, konstrukce: zděná kamenná hráz**“.

Zprávu zpracovali pracovníci ČVUT v Praze, Kloknerův ústav, který je zapsán v seznamu ústavů kvalifikovaných pro znaleckou činnost dle ustanovení §21 odst. 3, zákona č. 36/1967 Sb. a vyhlášky č. 37/1967 Sb., ve znění pozdějších předpisů, uveřejněném v Ústředním věstníku ČR, ročník 2004, částka 2, ze dne 14.10.2004, přílohy ke sdělení Ministerstva spravedlnosti ze dne 13.7.2004, č.j. 228/203–Zn.

Laboratoř KÚ č. 1061 je akreditována Českým Institutem pro akreditaci s předmětem akreditace: Mechanicko-fyzikální a reologické vlastnosti stavebních materiálů, statické a dynamické zkoušky stavebních konstrukcí součástí a prvků včetně vyšetřování dynamických účinků na konstrukce. Platnost osvědčení do 17. 5. 2018

Klíčová slova: vývrt, kámen, objemová hmotnost, pevnost v tlaku, pevnost v tahu, nasákavost, alkalicko – křemičitá reakce (ASR), chemický rozbor.

OBSAH:

1. ÚVOD	3
2. PODKLADY	3
3. POSTUP PRACÍ A VÝSLEDKY	4
3.1 POPIS ZKUŠEBNÍCH VZORKŮ	4
3.2 DESTRUKTIVNÍ ZKOUŠKY BETONU / MALTY V TLAKU	14
3.3 DESTRUKTIVNÍ ZKOUŠKY KAMENE V TLAKU	15
3.4 PEVNOST V PROSTÉM TAHU	16
3.5 ZKOUŠKY PŘÍDRŽNOSTI K PODKLADU V PROSTÉM TAHU	17
3.6 STANOVENÍ OBJEMOVÉ HMOTNOSTI A NASÁKAVOSTI.....	19
3.7 ZJIŠŤOVÁNÍ ALKALICKO-KŘEMIČITÉ REAKCE POMOCÍ URANYLACETÁTOVÉ ZKOUŠKY	20
3.8 CHEMICKÝ ROZBOR	23

1. ÚVOD

Na základě objednávky společnosti VODNÍ DÍLA – TBD a.s. provedli pracovníci Kloknerova ústavu ČVUT Praha na dodaných jádrových vývrtech fyzikálně-mechanické zkoušky materiálů. Vývrty byly odebrány objednatelem v rámci akce „**Ivanské jezero, konstrukce: zděná kamenná hráz**“.

V rámci zkoušek bylo provedeno:

- vizuální prohlídka a popis vývrtů,
- popis základové horniny,
- stanovení objemové hmotnosti,
- stanovení pevnosti betonu / malty v tlaku,
- stanovení pevnosti kamene v tlaku,
- stanovení pevnosti betonu / malty v tahu,
- stanovení nasákavosti,
- stanovení alkalicko – křemičité reakce (ASR),
- chemický rozbor betonu / malty.

Účelem zkoušek bylo získat obraz o mechanicko-fyzikálních a chemických vlastnostech materiálů a poskytnout tak podklad pro případný návrh opravy či posouzení konstrukce. Zkoušky proběhly v laboratořích Kloknerova ústavu v září a v říjnu 2016.

2. PODKLADY

- [1] ČSN EN 12504-1 – Zkoušení betonu v konstrukcích - Část 1: Vývrty - Odběr, vyšetření a zkoušení v tlaku
- [2] ČSN EN 12390-3 – Zkoušení ztvrdlého betonu. Část 3: Pevnost v tlaku zkušebních těles
- [3] Dohnálek, J.: Kontrola pevnosti betonu ve stavební konstrukci. Úspora cementu při výstavbě betonových konstrukcí – studijní texty, ČSVTS, Praha 1983
- [4] ČSN EN 13791 – Posuzování pevnosti betonu v tlaku v konstrukcích a prefabrikovaných betonových dílcích
- [5] ČSN EN 12390-7 – Zkoušení ztvrdlého betonu – Část 7: Objemová hmotnost ztvrdlého betonu
- [6] ČSN 73 1318 – Stanovení pevnosti betonu v tahu
- [7] ČSN 73 1316 – Stanovení vlhkosti, nasákavosti a vztlakovosti betonu (norma zrušena)
- [8] Modrý, S. Reakce kameniva s alkáliemi v betonu. Praha: Sekurkon, 1999. ISBN 80-2384313-3
- [9] SHRP-C/FR-91-101 handbook For The Identification of Alkali-Silica Reactivity in Highway Structures, National Research Council, Washington, D.C. 1991
- [10] AASHTO T 299-93 (2004) Standard Method of Test for Rapid Identification of Alkali-Silica Reaction Products in Concrete
- [11] ČSN 73 2577 – Zkouška přídržnosti povrchové úpravy stavebních konstrukcí k podkladu
- [12] ČSN 72 1151 – Zkoušení přírodního stavebního kamene. Základní ustanovení
- [13] ČSN EN 1926 – Zkušební metody přírodního kamene - Stanovení pevnosti v tlaku
- [14] ČSN 73 1001 – Zakládání staveb - Základová půda pod plošnými základy (neplatná)
- [15] Moropoulou A. et al.: Composite materials in ancient structures, Cement and Concrete Composites, 2005, Vol. 27, pp. 295-300
- [16] Jambor, J. Chemické rozbor v stavebnictví. Bratislava: SAV, 1953

3. POSTUP PRACÍ A VÝSLEDKY

3.1 POPIS ZKUŠEBNÍCH VZORKŮ

Pro zkoušky byly do KÚ zástupcem objednatele dne 15. 9. 2016 dodány vývrty odebrané objednatelem v rámci akce „**Ivanské jezero, konstrukce: zděná kamenná hráz**“. Vývrty byly označené I až V. V KÚ byly vzorky prohlédnuty, vyfotografovány (viz foto 1 - 13) a připraveny pro předepsané zkoušky. Výsledky vizuální prohlídky jsou zaznamenány v tabulce 1. Místo odběru vzorků je uvedeno v tabulce 2.

Tabulka 1: Popis vývrtnů

Označení vývrtnu	Délka /průměr vývrtnu [mm]	Popis vývrtnu
I	Část I-A 80/Ø100	Beton / malta: Vývrt obsahuje vyvážený podíl DTK a HTK, max. velikost zrna HTK je 10 mm, ojediněle byla zaznamenána větší zrna až do velikosti 50 mm. Povrch vývrtnu je pórovitý, ve vývrtnu bylo zachyceno několik dutin velikosti až 25 mm. Povrch betonu je drsný.
	Část I-B 55/Ø100	Beton / malta: Vývrt obsahuje vyvážený podíl DTK a HTK, max. velikost zrna HTK je 15 mm. Povrch vývrtnu je pórovitý, ve vývrtnu bylo zachyceno několik pórů velikosti až 10 mm. Povrch betonu je drsný.
	Část I-C 180/Ø100	1/2 vývrtnu v podélném směru tvoří kámen, zřejmě vyvřelina; na druhé polovině vývrtnu zaznamenán beton / malta: Beton obsahuje vyvážený podíl DTK a HTK, max. velikost zrna HTK je 17 mm. Povrch vývrtnu je pórovitý, ve vývrtnu bylo zachyceno několik dutin velikosti až 35 mm. Povrch betonu je drsný.
	Část I-D 360/Ø100	Kámen – zřejmě vyvřelina: Ve vzorku bylo zaznamenáno několik trhlin š. až 0,5 mm, na šikmé lomové ploše byly zachyceny zbytky malty s max. velikostí zrna do 8 mm.
	Část I-E 260/Ø100	Kámen – zřejmě vyvřelina: Ve vývrtnu nebyly patrné trhliny ani póry, na lomových plochách byly zachyceny zbytky malty.
II	Část II-A 150/Ø100	Kámen – zřejmě vyvřelina: V hl. 20 mm zaznamenána příčná trhlina š. až 1 mm. Do hl. 60 mm byla zachycena malta s max. velikostí zrna do 8 mm. V maltě byla v hl. 10 – 30 mm zachycena dutina dl. 20 mm. Na zlomu vývrtnu zaznamenány zbytky hlíny.
	Část II-B 240/Ø100	Kámen – zřejmě vyvřelina: Ve vzorku kamene nebyly patrné trhliny, do hl. 40 mm a v podélném směru vývrtnu byly zachyceny zbytky malty s max. velikostí zrna do 12 mm. V maltě bylo zaznamenáno několik dutin dl. až 20 mm.
	Část II-C 170/Ø100	Kámen – zřejmě vyvřelina: Na povrchu vývrtnu bylo zaznamenáno několik příčných a šikmých trhlin š. 0,1 - 2 mm, na lomových plochách byly zachyceny zbytky malty.
	Část II-D 160/Ø100	Směs betonu / malty a větších zrn kamene: Beton / malta obsahuje vyvážený podíl DTK a HTK, max. velikost zrna HTK je 15 mm. Povrch vývrtnu je drsný s póry do velikosti 8 mm. V zrnech kamene bylo zaznamenáno několik trhlin š. až 0,5 mm

Pokračování tabulky na str. 5

Tabulka 1: Popis vývrtů (pokračování ze str. 4)

Označení vývrtu	Délka /průměr vývrtu [mm]	Popis vývrtu
III	Část III-A 230/Ø100	Směs betonu / malty a větších zrn kamene: Beton / malta obsahuje vyvážený podíl DTK a HTK, max. velikost zrna HTK je 25 mm. Povrch vývrtu je drsný, v maltě byly zachyceny dutiny do velikosti až 40 mm. V zrnech kamene bylo zaznamenáno několik trhlin š. 0,2 mm.
	Část III-B 220/Ø100	Směs betonu / malty a větších zrn kamene: Beton / malta obsahuje vyvážený podíl DTK a HTK, max. velikost zrna HTK je 20 mm. Povrch vývrtu je drsný, v maltě byly zachyceny póry do velikosti 10 mm. V zrnech kamene byly zaznamenány ojedinělé trhliny š. 0,1 mm
	Část III-C 180/Ø100	1/2 vývrtu v podélném směru tvoří kámen, zřejmě vyvřelina; na druhé polovině vývrtu zaznamenán beton / malta: Beton / malta obsahuje vyvážený podíl DTK a HTK, max. velikost zrna HTK je 27 mm. Povrch vývrtu je drsný, ve vývrtu bylo zachyceno několik pórů do velikosti 7 mm. V maltě bylo zachyceno zrno kamene o délce 95 mm.
	Část III-D 310/Ø100	Směs betonu / malty a větších zrn kamene: Beton / malta obsahuje vyvážený podíl DTK a HTK, max. velikost zrna HTK je 15 mm. Povrch vývrtu je drsný, mezi zrna kameniva a maltou byly zachyceny dutiny velikosti až 60 mm. V zrnech kamene bylo zaznamenáno několik trhlin š. až 2 mm. V hl. 200 mm byl v maltě zachycen kus dřeva průměru 10 mm.
	Část III-E 80/Ø100	Směs betonu / malty a kamene: Beton / malta obsahuje vyvážený podíl DTK a HTK, max. velikost zrna HTK je 10 mm. Povrch vývrtu je drsný, v maltě byly zachyceny póry do velikosti 5 mm. V zrnech kamene byly zaznamenány ojedinělé trhliny š. 0,1 mm.
	Část III-F 105/Ø100	Kámen: Ve vzorku zachyceno několik trhlin š. 0,1 mm. Na zlomu vývrtu byly zaznamenány zbytky malty.
	III Podloží	Kámen: Rozměry cca 180 x 95 x 60, ve vzorku zaznamenáno několik trhlin š. 0,1 – 1 mm, na zlomu vývrtu zachyceny zbytky malty. Podrobný popis podloží viz str. 12.
IV	Část IV-A 50/Ø60	Beton / malta: Vývrt obsahuje vyvážený podíl DTK a HTK, max. velikost zrna HTK je 10 mm, ojediněle byla zaznamenána větší zrna až do velikosti 40 mm. Povrch vývrtu je drsný, ve vývrtu bylo zachyceno několik pórů do velikosti 6 mm.
	Část IV-B 60/Ø60	Beton / malta: Vývrt obsahuje vyvážený podíl DTK a HTK, max. velikost zrna HTK je 12 mm. Povrch vývrtu je drsný, ve vývrtu bylo zachyceno několik pórů do velikosti 10 mm.
	Část IV-C 110/Ø60	Směs betonu / malty a 2 větších zrn kamene: Beton / malta obsahuje vyvážený podíl DTK a HTK, max. velikost zrna HTK je 20 mm. Povrch vývrtu je drsný, v maltě bylo zachyceno několik pórů do velikosti 6 mm. V zrnech kamene nebyly patrné žádné trhliny.

Pokračování tabulky na str. 6

Tabulka 1: Popis vývrtů (pokračování ze str. 5)

Označení vývrtu	Délka /průměr vývrtu [mm]	Popis vývrtu
IV	Část IV-D 100/Ø60	Směs betonu / malty a zrna kamene: Beton / malta obsahuje vyvážený podíl DTK a HTK, max. velikost zrna HTK je 15 mm. Povrch vývrtu je drsný, v maltě bylo zachyceno několik pórů do velikosti 6 mm. V zrně kamene zaznamenáno několik trhlin š. až 0,5 mm.
	Část IV-E 150/Ø60	Kámen – zřejmě vyvřelina: Ve vzorku bylo zaznamenáno několik šikmých trhlin š. 0,1 mm, na zlomu vývrtu byly zachyceny zbytky malty.
	Část IV-F 70/Ø60	Kámen: Ve vzorku zachyceno několik šikmých trhlin š. 0,1 – 0,2 mm.
V	Část V-A 95/Ø100	Beton / malta: Ve vývrtu převažuje podíl DTK nad HTK, max. velikost zrna HTK je 20 mm, ve vývrtu zaznamenáno jedno větší zrno délky 100 mm. Povrch vývrtu je drsný, ve vývrtu bylo zachyceno několik pórů do velikosti 8 mm. V zrně kamene byly zachyceny 2 trhliny š. až 0,5 mm.
	Část V-B 150/Ø100	Směs betonu / malty a velkých zrn kamene: V betonu / maltě převažuje podíl DTK nad HTK, max. velikost zrna HTK je 15 mm. Povrch vývrtu je drsný, v maltě bylo zachyceno několik pórů do velikosti 8 mm. V zrně kamene byly zaznamenány ojedinělé trhliny š. 0,1 mm.
	Část V-C 120/Ø100	Směs betonu / malty a velkých zrn kamene: Beton / malta obsahuje vyvážený podíl DTK a HTK, max. velikost zrna HTK je 22 mm. Povrch vývrtu je drsný, v maltě bylo zachyceno několik pórů do velikosti 7 mm. V zrnech kamene byly zaznamenány ojedinělé trhliny š. 0,1 - 0,2 mm.

Zkratky: DTK – drobné těžené kamenivo, HTK – hrubé těžené kamenivo

Tabulka 2: Poloha odebraných vzorků

Ozn. vzorku	Místo odběru zkušební vzorku
I - V	Zděná kamenná hráz Ivanského jezera nedaleko obce Rychnov nad Kněžnou.

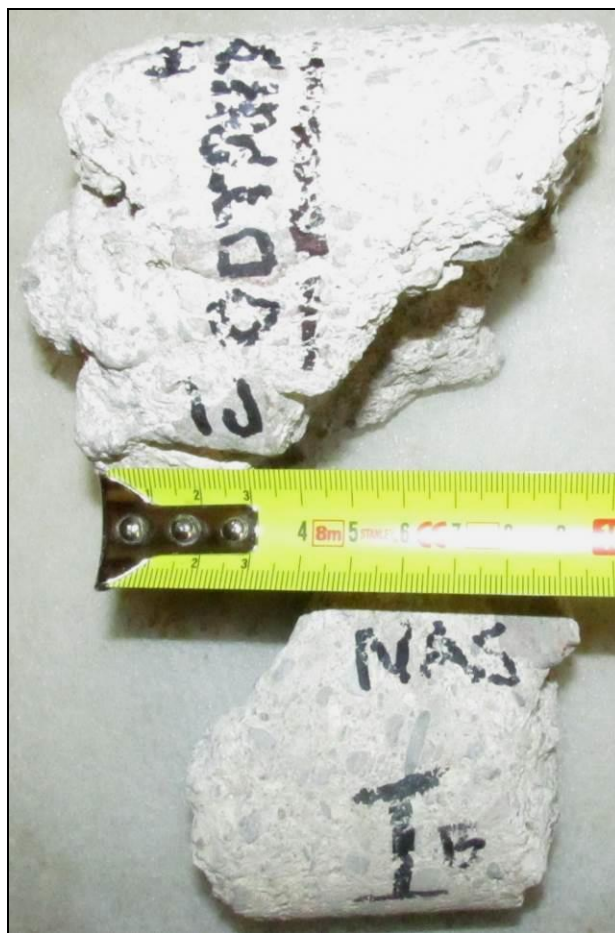


Foto 1: Celkový pohled na vzorky I-A a I-B



Foto 2: Celkový pohled na vzorky I-C až I-E



Foto 3: Celkový pohled na vzorky II-A a II-B

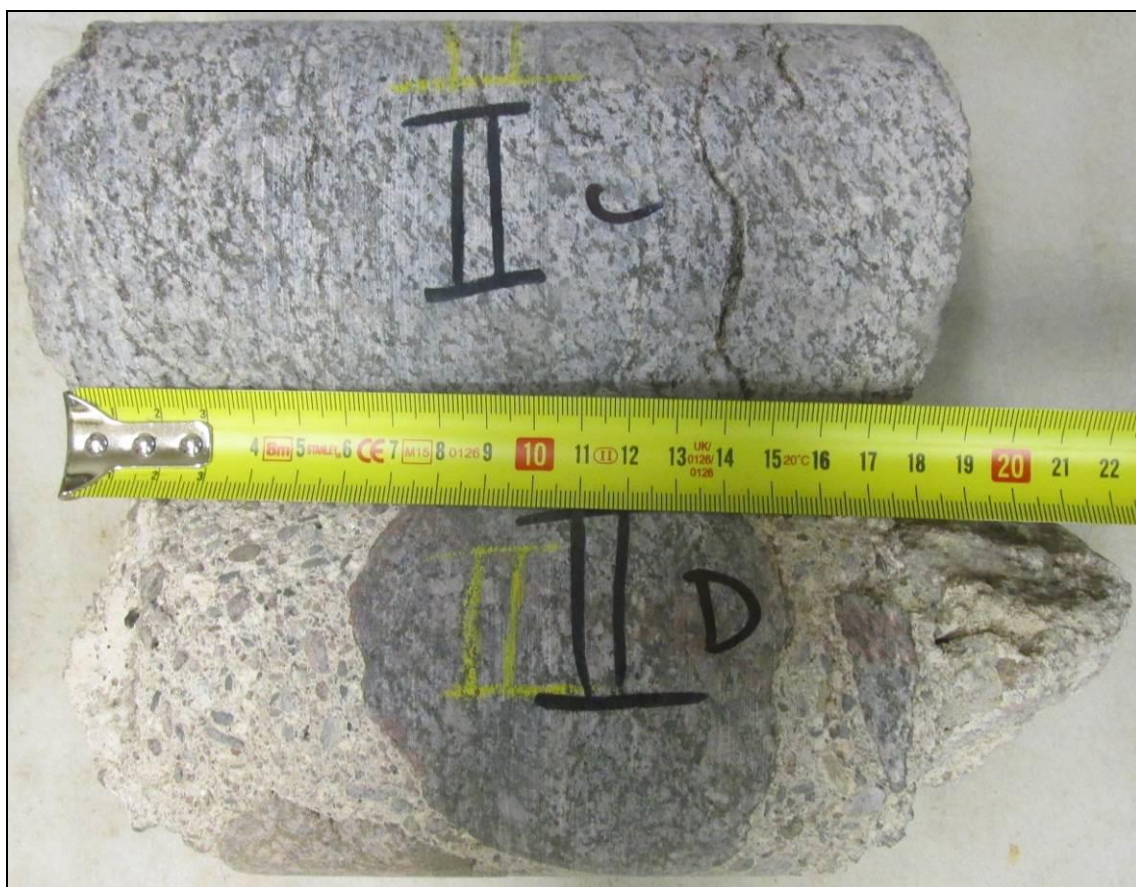


Foto 4: Celkový pohled na vzorky II-C a II-D



Foto 5: Celkový pohled na vzorky III-A až III-C



Foto 6: Celkový pohled na vzorky III-D až III-F



Foto 7: Celkový pohled na vzorky IV-A a IV-B



Foto 8: Celkový pohled na vzorky IV-C a IV-D



Foto 9: Celkový pohled na vzorky IV-E a IV-F



Foto 10: Celkový pohled na vzorky V-A až V-C



Foto 12: Celkový pohled na vzorek III Podloží (druhá strana)



Foto 13: Celkový pohled na vzorek III Podloží (třetí strana)

3.2 DESTRUKTIVNÍ ZKOUŠKY BETONU / MALTY V TLAKU

Provedení zkoušky	:	3. 10. 2016
Značení vzorků	:	viz tabulka 1 až 3
Identifikace vzorků	:	zkoušeny byly vývrty o cca \varnothing 60 mm výsledky zkoušek jsou uvedeny v tabulce 3
Úprava vzorků	:	zaříznuty diamantovým kotoučem
Koncování	:	ano, směsí síry a plniv
Zatěžovací stroj	:	WPM 500 kN, metrologické číslo S 12 011 M
Prostředí zkoušky	:	teplota 19°C, vlhkost 42 %
Provedl	:	Pavel Borodáč

Pro účely destruktivních zkoušek pevnosti betonu v tlaku byly odebrány jádrové vývrty \varnothing 60 mm. V laboratoři byly vývrty zaříznuty a zakončovány směsí, jejímž pojivem je síra. Před koncováním byly vývrty změřeny a zváženy, aby bylo možno stanovit objemovou hmotnost betonu. Takto připravené vzorky byly zkoušeny v zatěžovacím stroji WPM 500 kN, metrologické číslo S 12 011 M. Odběry jádrových vývrťů a zkoušky vzorků byly provedeny dle ČSN EN 12504-1 [1].

Válcové pevnosti betonu $f_{c, core}$ zjištěné na vývrtech je nutné převést na krychelné pevnosti $f_{c, cube}$, které odpovídají pevnostem na krychli základních rozměrů, tj. krychli s délkou hrany 150 mm. Převod se provede dle ČSN EN 12390-3, změna Z1, příloha NA [2].

Nejprve se provede převod na vývrtech zjištěných válcových pevností betonu $f_{c, core}$ na válcové pevnosti betonu $f_{c, cyl}$, které odpovídají pevnostem betonu na válcích základních rozměrů, tj. na válcích o průměru 150 mm a výšce 300 mm, dle vztahu:

$$f_{c, cyl} = K_{c, cyl} \cdot K_{d, cyl} \cdot f_{c, core}$$

$K_{c, cyl}$ je opravný součinitel štíhlosti dle ČSN EN 12390-3 [2] v závislosti na štíhlostním poměru $\lambda = h / d$ (kde h je výška vývrťu a d je průměr vývrťu); pro $1 \leq \lambda < 2$,

$K_{d, cyl}$ je experimentálně stanovený převodní součinitel v závislosti na průměru vývrťu dle diagramu vypracovaného v KÚ ČVUT [3].

Válcové pevnosti betonu $f_{c, cyl}$, které odpovídají pevnostem betonu na válcích základních rozměrů, se následně převedou na krychelné pevnosti $f_{c, cube}$, které odpovídají pevnostem betonu na krychlích základních rozměrů dle vztahu:

$$f_{c, cube} = K_{cyl, cube} \cdot f_{c, cyl}$$

$K_{cyl, cube}$ je převodní součinitel pevností betonu na válcích základních rozměrů na krychelné pevnosti betonu na krychlích základních rozměrů dle ČSN EN 12390-3 [2].

Při provádění zkoušek vývrťů je nutné sledovat i způsob porušení vzorků, tj. aby skutečně došlo k porušení tlakem a nikoli smykem či příčným tahem. Nesprávně porušená tělesa vykazují obvykle velmi nízké pevnosti a takové výsledky se vyřazují z vyhodnocení.

Posouzení krychelné, resp. válcové charakteristické pevnosti betonu v tlaku $f_{ck, cube}$, resp. $f_{ck, cyl}$ v konstrukci zkoušením vývrťů bylo provedeno dle ČSN EN 13791 [4].

Tabulka 3: Výsledky zkoušky pevnosti betonu / malty v tlaku na vývrtech

Vývrt	Ozn. zk. vzorku	Průměr vzorku	Výška vzorku	Výška vzorku po zakoncování	Hmotnost	Objem. hmot.	Max. tlak. síla F	Pevnost betonu na vývrtnu $f_{c, core}$	Štíhl. poměr λ	Opravný součinitel (štíhlost) κ_c, cyl	Převodní součinitel (průměr) κ_d, cyl	Válcová pevnost betonu $f_{c, cyl}$	Převodní součinitel (cyl-cube) $\kappa_{cyl, cube}$	Krychelná pevnost betonu $f_{c, cube}$
		[mm]	[mm]	[mm]		[kg/m ³]	[kN]	[MPa]	[--]	[--]	[--]	[MPa]	[--]	[MPa]
IV	IV-A	59,3	51,4	56,9	248	1750	32,3	11,7	0,960	0,832	0,918	8,9	1,252	11,2
	IV-B	59,4	53,5	57,4	268	1810	41,5	15,0	0,966	0,835	0,918	11,5	1,252	14,4
Průměr vzorek IV:						1780						10,2		12,8

Nejistota měření:

Rozšířená nejistota měření pevnosti v tlaku je 2,0 MPa.

Rozšířená nejistota měření objemové hmotnosti je 20 kg/m³.

Standardní nejistota odpovídá jedné směrodatné odchylce a byla vypočtena jako kombinovaná. Uvedená nejistota je rozšířená nejistota, která byla vypočtena s použitím koeficientu rozšíření k=2, což odpovídá hladině spolehlivosti přibližně 95%.

3.3 DESTRUKTIVNÍ ZKOUŠKY KAMENE V TLAKU

Provedení zkoušky	:	3. 10. 2016
Značení vzorků	:	viz tabulka 1 a 4
Identifikace vzorků	:	vývrty o cca Ø 60 a 100 mm, výsledky zkoušek jsou uvedeny v tabulce 4
Úprava vzorků	:	zaříznuty diamantovým kotoučem
Koncování	:	ano, směsí síry a plniv
Zatěžovací stroj	:	WPM 1000 kN, metrologické číslo S 12 012 M
Prostředí zkoušky	:	teplota 19°C, vlhkost 42 %
Provedl	:	Pavel Borodáč

Tabulka 4: Výsledky zkoušky pevnosti kamene v tlaku

Vývrt	Ozn. zk. Vzorku	Průměr vzorku	Výška vzorku	Výška vzorku po zakoncování	Hmotnost	Objemová hmotnost	Maximální tlaková síla F	Pevnost kamene na vývrtnu $f_{c, core}$
		[mm]	[mm]	[mm]		[kg/m ³]	[kN]	[MPa]
I	I-D	99,1	110,0	114,7	2247	2650	389,0	50,4
III	III-F	99,3	80,7	85,8	1697	2720	598,0	77,2
IV	IV-E	59,6	62,7	66,0	478	2740	285,0	102,2

Nejistota měření:

Rozšířená nejistota měření pevnosti v tlaku je 2,0 MPa.

Rozšířená nejistota měření objemové hmotnosti je 20 kg/m³.

Standardní nejistota odpovídá jedné směrodatné odchylce a byla vypočtena jako kombinovaná. Uvedená nejistota je rozšířená nejistota, která byla vypočtena s použitím koeficientu rozšíření k=2, což odpovídá hladině spolehlivosti přibližně 95%.

3.4 PEVNOST V PROSTÉM TAHU

Provedení zkoušek	:	4. 10. 2016
Značení vzorků	:	viz tabulka 1 a 5
Úprava vzorků	:	zaříznuty diamantovým kotoučem čela osazena ocelovou zkušební deskou přilepenou k povrchu epoxidovým tmelem Sikadur 31N (Sika).
Zatěžovací stroj	:	WPM 500 kN, metrologické číslo S 12 011 M
Prostředí zkoušky	:	teplota 19°C, vlhkost 54 %
Provedl	:	Pavel Borodáč

Velikost mezního napětí v tahu se vypočte ze vztahu:

$$f_{ct} = \frac{F}{A} \chi_t$$

kde: f_{ct} = napětí v tahu (MPa)

F = zatěžovací síla při porušení vzorku (N)

A = zatěžovaná plocha (mm²) - stanovuje se měřením

χ_t = převodní součinitel pevnosti v prostém tahu s ohledem na štíhlost tělesa (-)

Tahové zkoušky byly prováděny na zkušebních tělesech, které byly osazeny ocelovými zkušebními deskami. V jejich středu je závit pro upnutí táhel do trhačického stroje WPM 500 kN. Desky byly k povrchu lepeny epoxidovým tmelem dne 3. 10. 2016. Po vytvrzení, byly zkušební vzorky vkládány do stroje WPM 500 kN a byla provedena tahová zkouška dne 4. 10. 2016.

Zkoušky byly provedeny na 2 zkušebních tělesech. Vzorky byly zkoušeny za přirozené vlhkosti, tj. uložení 4 dny v NLP. Před zkouškou byly vzorky měřeny a váženy. Při zkoušce byly zaznamenány lomové plochy, které jsou na fotografii 14.

Tabulka 5: Výsledky zkoušky pevnosti v prostém tahu

Vývrt	Označení vzorku	Rozměry		Štíhlostní poměr	Hmotnost [g]	Objemová hmotnost [kg.m ⁻³]	Pevnost v tahu $f_{ct,cyl}$		Součinitel χ přepočtu dle štíhlostního poměru	Pevnost v tahu po zahrnutí vlivu štíhlosti $f_{ct} = f_{ct,cyl} \cdot \chi$ [MPa]
		l [mm]	průměr [mm]				Síla [kN]	Napětí [MPa]		
III	III-B	190,7	99,3	1,92	3445	2330	0,4	0,05	0,99	0,04
	III-D	198,6	99,4	2,00	3685	2390	0,6	0,07	1,00	0,07

Nejistota měření:

Rozšířená nejistota měření pevnosti v tahu je 0,2 MPa.

Rozšířená nejistota měření objemové hmotnosti je 20 kg/m³.

Standardní nejistota odpovídá jedné směrodatné odchylce a byla vypočtena jako kombinovaná. Uvedená nejistota je rozšířená nejistota, která byla vypočtena s použitím koeficientu rozšíření $k=2$, což odpovídá hladině spolehlivosti přibližně 95%.

Pozn.: a) Vzhledem k přítomnosti velkých zrn kamene ve zkušebním vzorku je objemová hmotnost vzorků stanovena pouze orientačně.

b) Vzorek III-B byl porušen na rozhraní kámen/malta, ve vzdálenosti cca 95 mm od čela vývrtu.

c) Vzorek III-D byl porušen na rozhraní kámen/malta, ve vzdálenosti cca 100 mm od čela vývrtu.



Foto 14: Vývrty III-B a III-D po zkoušce v prostém tahu

3.5 ZKOUŠKY PŘÍDRŽNOSTI K PODKLADU V PROSTÉM TAHU

Datum zkoušky	:	29. 9. – 6. 10. 2016
Zkoušku provedl	:	Tomáš Gigl
Zkušební vzorky	:	čelo vývrtů o cca Ø 100 mm
Prostředí zkoušky	:	teplota 20°C, vlhkost 49 %
Zatěžovací stroj	:	Odrhový přístroj DYNA Z 15, metrologické číslo S 12 017 M

Principem zkoušky přídržnosti k podkladu v prostém tahu je změření max. síly, při které dojde k odtržení zkušebního terče velikosti 50 x 50 mm nalepeného na povrch zkušebního vzorku. Čela vzorků byla v místě obvodu zkušebních terčů proříznuta do hloubky cca 5 mm, následně byly po očištění čel nalepeny na určené místo zkušební terče.

Na základě zjištěné max. síly se stanoví hodnota přídržnosti betonu k podkladu.

Velikost mezního napětí v tahu se vypočte ze vztahu $R_t = F / A$,

kde: R_t je napětí v tahu [MPa]

F je zatěžovací síla při porušení [N]

A je plocha zkušebního terče [mm²]

Výsledky provedených zkoušek přídržnosti k podkladu v prostém tahu jsou uvedeny v tabulce 6.

Tabulka 6: Výsledky zkoušek přídržnosti k podkladu v prostém tahu

Místo odběru	Plocha terče	Zatěžovací síla	Napětí	Místo porušení
	[mm ²]	[kN]	[MPa]	
čelo vývrtu II-B	2500	2,0	0,8	malta/malta, částečně kámen
čelo vývrtu III-C	2500	0,8	0,3	malta/malta
čelo vývrtu III-E	2500	1,2	0,5	malta/malta, částečně kámen

Nejistota měření:

Rozšířená nejistota měření pevnosti v tahu je 0,2 MPa.

Standardní nejistota odpovídá jedné směrodatné odchylce a byla vypočtena jako kombinovaná. Uvedená nejistota je rozšířená nejistota, která byla vypočtena s použitím koeficientu rozšíření $k=2$, což odpovídá hladině spolehlivosti přibližně 95%.



Foto 15: Čela vývrtů II-B, III-C a III-E po zkoušce v prostém tahu

3.6 STANOVENÍ OBJEMOVÉ HMOTNOSTI A NASÁKAVOSTI

Datum zkoušky	:	20. 9. 2016 - 11. 10. 2016
Zkoušku provedl	:	Ing. Tomáš Mandlík
Zkušební vzorky	:	odřezek jádrového vývrtu o Ø 100 mm
Prostředí zkoušky	:	teplota 19°C, vlhkost 51 %
Zatěžovací stroj	:	Sušárna HS 202 metrologické číslo P 10 001 T Váhy KERN 101 kg metrologické číslo P 04 008 M

Výpočet nasákavosti byl proveden dle vztahu:

$$N_i = \frac{m_n - m_s}{m_s} * 100 \quad [\%]$$

kde: m_n je hmotnost vzorku nasáklého vodou do ustálené hmotnosti v g,
 m_s je hmotnost vysušeného vzorku v g.

Tabulka 7: Stanovení objemové hmotnosti a nasákavosti betonu

Označení vzorku	Hmotnost nasycené [g]	Hmotnost hydrostaticky vážené [g]	Hmotnost vysušené [g]	Objemová hmotnost z hydrostatického vážení [kg.m ⁻³]	Nasákavost [%]
I-B	627	311	531	1980	18,1

Nejistota měření:

Rozšířená nejistota měření nasákavosti je 1,0 %.

Rozšířená nejistota měření objemové hmotnosti je 20 kg/m³.

Standardní nejistota odpovídá jedné směrodatné odchylce a byla vypočtena jako kombinovaná. Uvedená nejistota je rozšířená nejistota, která byla vypočtena s použitím koeficientu rozšíření k=2, což odpovídá hladině spolehlivosti přibližně 95%.

3.7 ZJIŠŤOVÁNÍ ALKALICKO-KŘEMIČITÉ REAKCE POMOCÍ

URANYLACETÁTOVÉ ZKOUŠKY

Datum zkoušky	:	13. 10. 2016
Zkoušku provedl	:	Ing. Daniel Dobiáš, Ph.D, Ing. Tomáš Mandlík
Zkušební vzorky	:	odřezek jádrového vývrtu I
Prostředí zkoušky	:	teplota 20°C, vlhkost 49 %

Alkalicko-křemičitá reakce (ASR) nastává v betonu/maltě tehdy, když alkálie z cementu, příp. dalších složek betonu/malty, nebo z vnějších zdrojů reagují s oxidem křemičitým obsaženým v určitých druzích kameniva za vzniku gelu alkalických silikátů.

Typickou vlastností tohoto gelu je, že absorbuje vodu a nabývá na objemu. Toto nabývání může být pak příčinou vzniku trhlin v zrnech kameniva a betonu/malty a konečně i příčinou rozpadu betonu [8].

Aby tzv. alkalická reakce nastala, je nezbytné naplnění tří podmínek [8]:

- přítomnost dostatečného množství alkálií v betonu,
- přítomnost reaktivního kameniva v betonu,
- přítomnost dostatečného množství vlhkosti.

Uranylacetátová zkouška:

Na rozlomeném vývrtu bylo provedeno zjišťování možné přítomnosti alkalicko-křemičité reakce v betonu/maltě pomocí uranylacetátové zkoušky. Při této zkoušce se zjišťuje přítomnost reakčního produktu alkalicko-silikátové reakce (ASR) a to ASR gelu.

Tento gel je tvořen v podstatě z oxidu křemičitého, alkálií (sodíku a draslíku), vápníku a vody. Hlavně gel, který absorbuje vodu, rozhoduje o objemových změnách souvisejících s ASR. Gel se může vyskytovat ve velkém či malém množství v kamenivu, dutinách kameniva, vzduchových dutinách, prasklinách a na vnějších površích betonu/malty.

Po nanesení uranyl acetátového roztoku na povrch obsahující gel iont uranylu nahrazuje alkálii v gelu, a tím začne vydávat charakteristické žluto zelené zabarvení, je-li pozorován ve tmě pod ultrafialovém záření s vlnovou délkou 254 nm.

ASR gel fluoreskuje mnohem jasněji než cementová kaše vlivem větší koncentrace alkálií a následně iontů uranylu v gelu [8, 9]. Uranylacetátová zkouška byla provedena podle postupu uvedenému v AASHTO T 299-93 [10].

Při zkoušce byl vývrt rozlomen na dvě poloviny, aby byla vytvořena čerstvá lomová plocha. Tato lomová plocha byla opláchnuta vodovodní vodou a na povrch byl nanesen roztok uranylacetátu. Po působení roztoku 3-5 minut byl povrch lomové plochy opět opláchnut vodovodní vodou. Následně byl povrch betonu prohlížen v temné komoře pod UV zářením.

Při osvětlení UV zářením by se přítomnost ASR gelu projevilo tak, že gel žluto zeleně fluoreskuje (viz foto 18 – **referenční vzorek**). Vzorky před a po zkoušce zjišťování přítomnosti ASR viz foto 16 a 17.



Foto 16: Celkový pohled na části vzorku I před zkouškou na přítomnost ASR

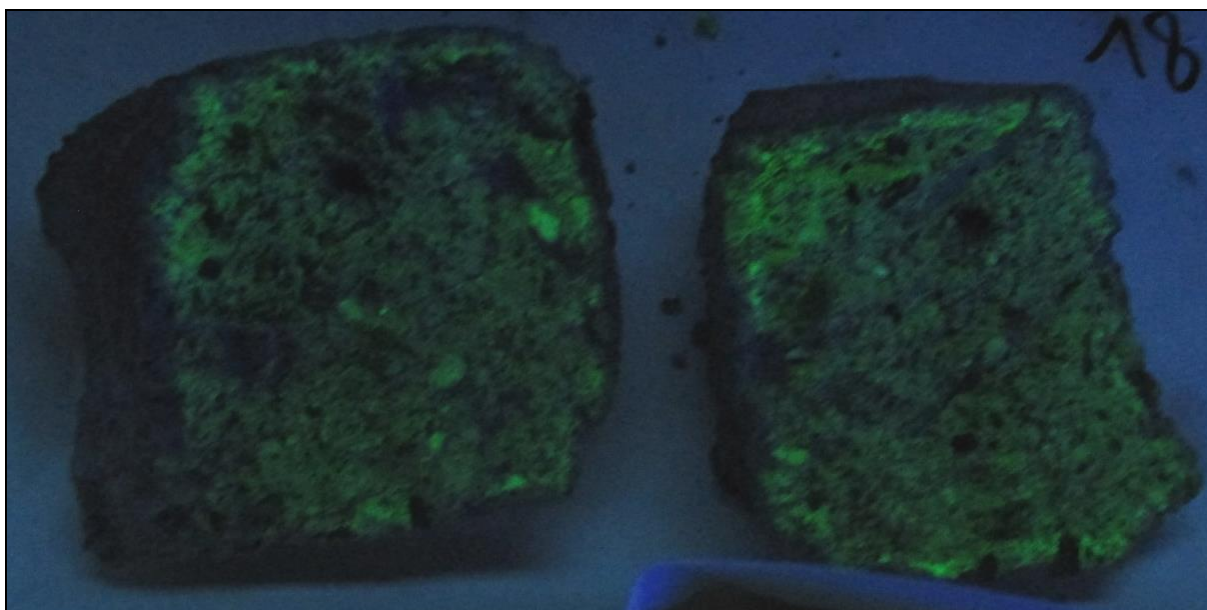


Foto 17: Celkový pohled na části vzorku I při uranylacetátové zkoušce pod UV zářením bez viditelné známky žlutozelené fluorescence – přítomnosti gelu

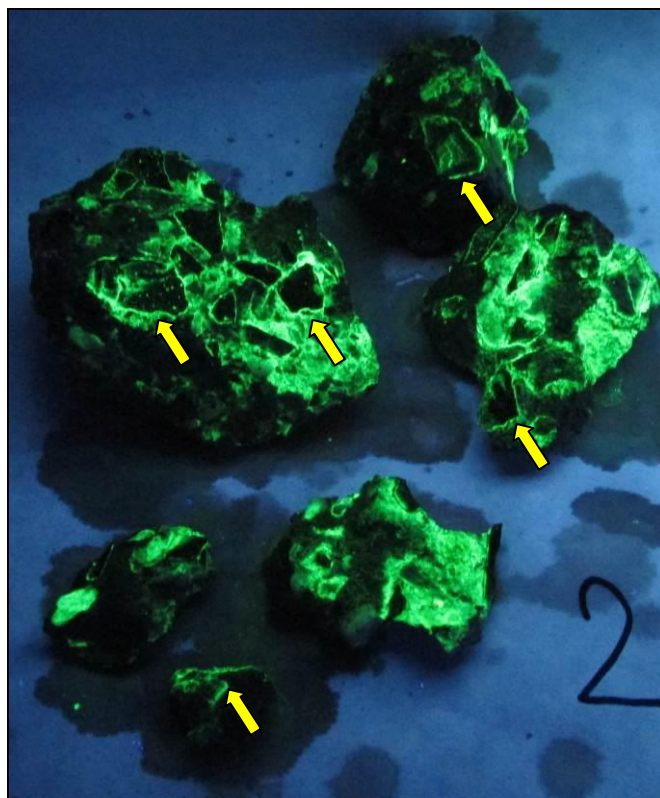


Foto 18: Referenční vzorek betonu při uranylacetátové zkoušce pod UV zářením s prokázanou přítomností alkalicko křemičitého gelu – žlutozelená fluorescence – svítí reakční lemy kolem zrn hrubého kameniva – viz žluté šipky

Výsledek orientační uranylacetátové zkoušky vývrtu I byl negativní, tedy alkalicko-křemičitá reakce ve vzorku betonu (malty) nebyla prokázána.

3.8 CHEMICKÝ ROZBOR

Stanovení poměru míšení složek malty

Způsob stanovení poměru míšení složek chemickým rozbohem je založen na předpokladu, že pojivo v maltě je prakticky úplně rozpustné v kyselině chlorovodíkové, přičemž kamenné součásti jsou v ní nerozpustné. Přesnost stanovení poměru míšení složek je tedy dán splněním uvedených předpokladů. Výpočet se provádí za předpokladu, že kamenné součásti obsahovaly 3 % přirozené vlhkosti. Pro zjištění poměru míšení bylo potřeba stanovit nerozpustný zbytek v HCl a ztrátu žiháním (udává obsah hydrátové vody a CO₂).

Pro zjištění nerozpustného zbytku vzorku malty, byly vzorky vysušeny a následně rozpouštěny v ředěné kyselině chlorovodíkové (1 : 3), která rozpouští pojivovou složku stavebních materiálů.

Pro stanovení ztráty žiháním byl vysušený vzorek malty rozemlet na analytickou jemnost a následně bylo naváženo 1 - 2 g vzorku do platinového kelímku. Vzorky byly žihány při teplotě 1100 °C, toto stanovení bylo provedeno třikrát vedle sebe. Výsledná ztráta žiháním, odpovídá obsahu vody a oxidu uhličitého, je vyjádřena v procentech na navážku.

Pro určení poměru míšení byl použit postup podle Jambora [16].

Tabulka 8: Výsledek stanovení poměru míšení vzorků malty

Stanovení	[% hmot.]
Ztráta žiháním	7,8
Nerozpustný zbytek v HCl	76,8
Poměr míšení (pojivo : kamenivo)	1 : 5,1

Chemické a fázové složení pojiva - termická analýza (TG/DSC)

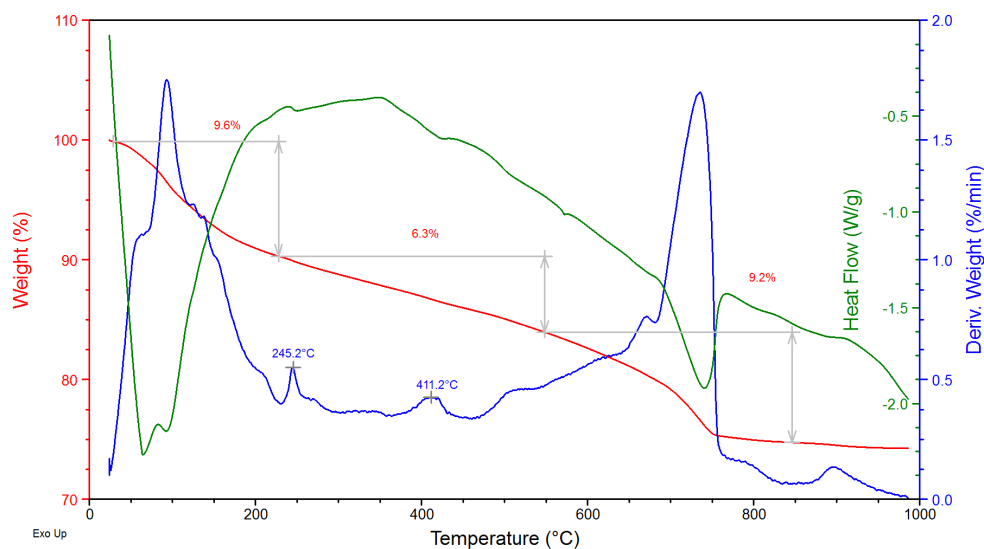
Pro zjištění chemického a fázového složení pojiva byly vzorky malty podrobeny termické analýze (TG/DTG).

Úprava vzorků pro rozbor byla provedena následujícím způsobem: malta byla malým tlakem podrcena tak, aby došlo k oddělení zrn kameniva od pojiva, poté byl mechanicky rozdrůbená malta přesítována přes síto 0,063 mm. Zrnitostní složka malty obsahující částice menší než 0,063 mm (tzv. podsítné) byla použita pro termickou analýzu.

Měření se provádělo v rozmezí teplot 50 - 1000°C. Na analýzu bylo naváženo 20 - 40 mg vzorku do platinového kelímku, spalování probíhalo v N₂ atmosféře rychlostí ohřevu 20°C za min.

Termická analýza je metoda, při níž se sledují některé fyzikální vlastnosti zkoumané látky v závislosti na čase nebo na teplotě. V případě TG (termogravimetrie) se měří změna hmotnosti vzorku jako funkce stoupající nebo klesající teploty, metodou DTA (diferenčně termická analýza) se sledují tepelné efekty exotermické nebo endotermické, vyvolané fyzikálními nebo chemickými změnami vzorku [15].

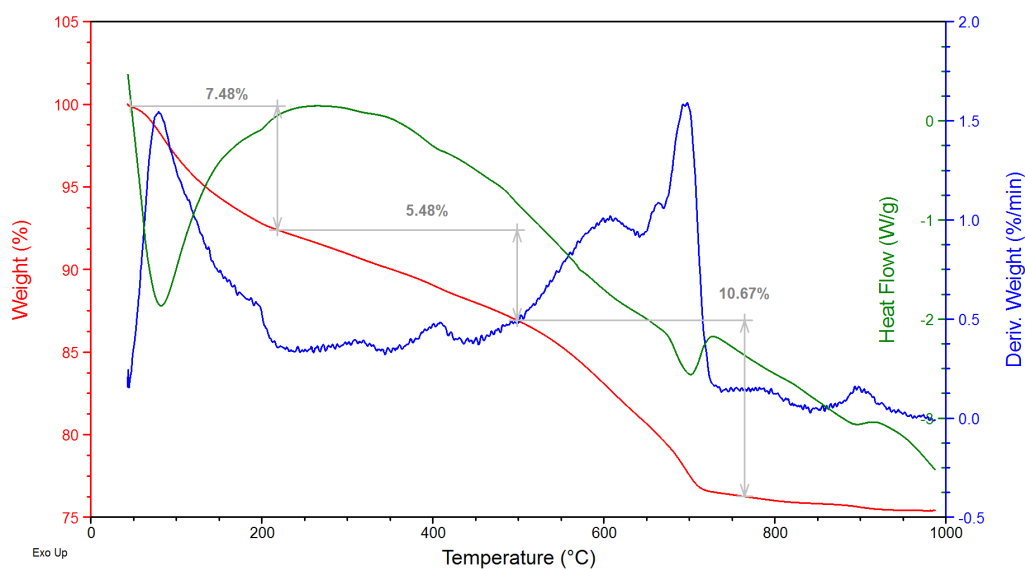
Výsledky termické analýzy jsou uvedeny na Obr. 1 a 2 a v tabulce 9.



Obr. 1: Termogram vzorku malty – frakce pod 0,063 mm



Foto 19: Místo odběru pojiva z malty pro termickou analýzu



Obr. 2: Termogram vzorku malty – pojivová hrudka (viz foto 19)

Tabulka 9: Výpočet obsahu CaCO_3 ve vzorku malty

Vzorek	Fyzikálně vázaná voda 30-200°C % hmot.	Chemicky vázaná voda 200-600°C % hmot.	CO_2 uvolněný z CaCO_3 650-800°C % hmot.	Obsah CaCO_3 v pojivu % hmot.
Analýza 1	9,6	6,3	9,2	20,9
Pojivová hrudka	7,5	5,5	10,7	24,3

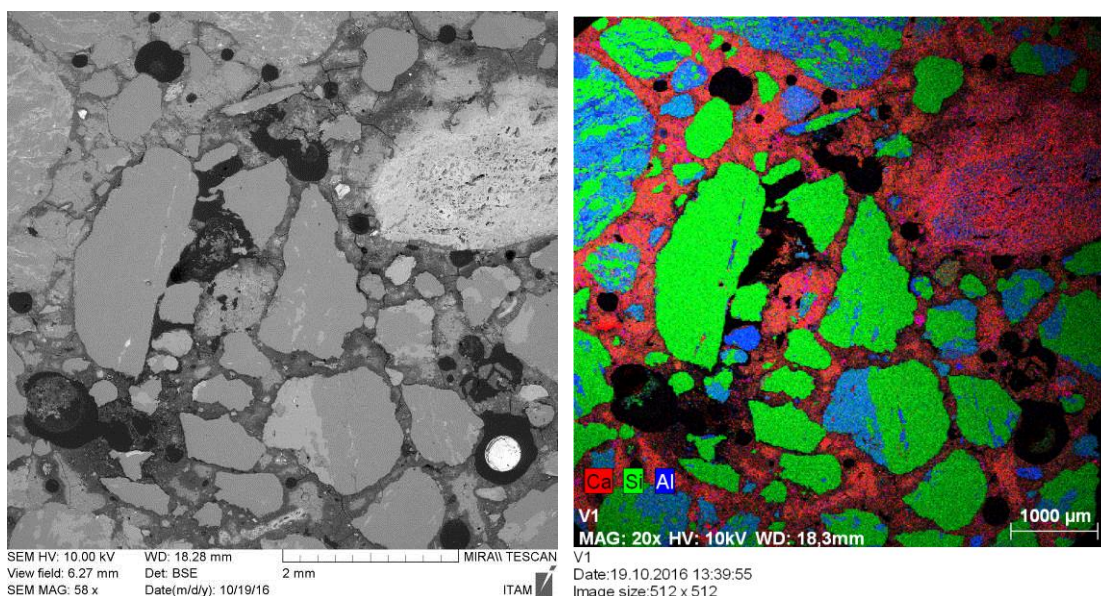
Termogram na Obr. 1 ukazuje dva hlavní děje. První endotermický efekt (s více maximy) probíhá při teplotách do 200°C s úbytkem hmotnosti 9,6 % a souvisí s uvolňováním fyzikálně vázané vody (vlhkost) a dehydratací hydraulických složek. Druhým významným dějem je rozklad uhličitanu vápenatého (maximum při 772°C). Jeho obsah ve vzorku je přibližně 21 % hmot. Tvar pásu naznačuje, že CaCO_3 je přítomen kromě kalcitu i v jiné modifikaci (vaterit, aragonit), která může být produktem degradace hydraulických fází.

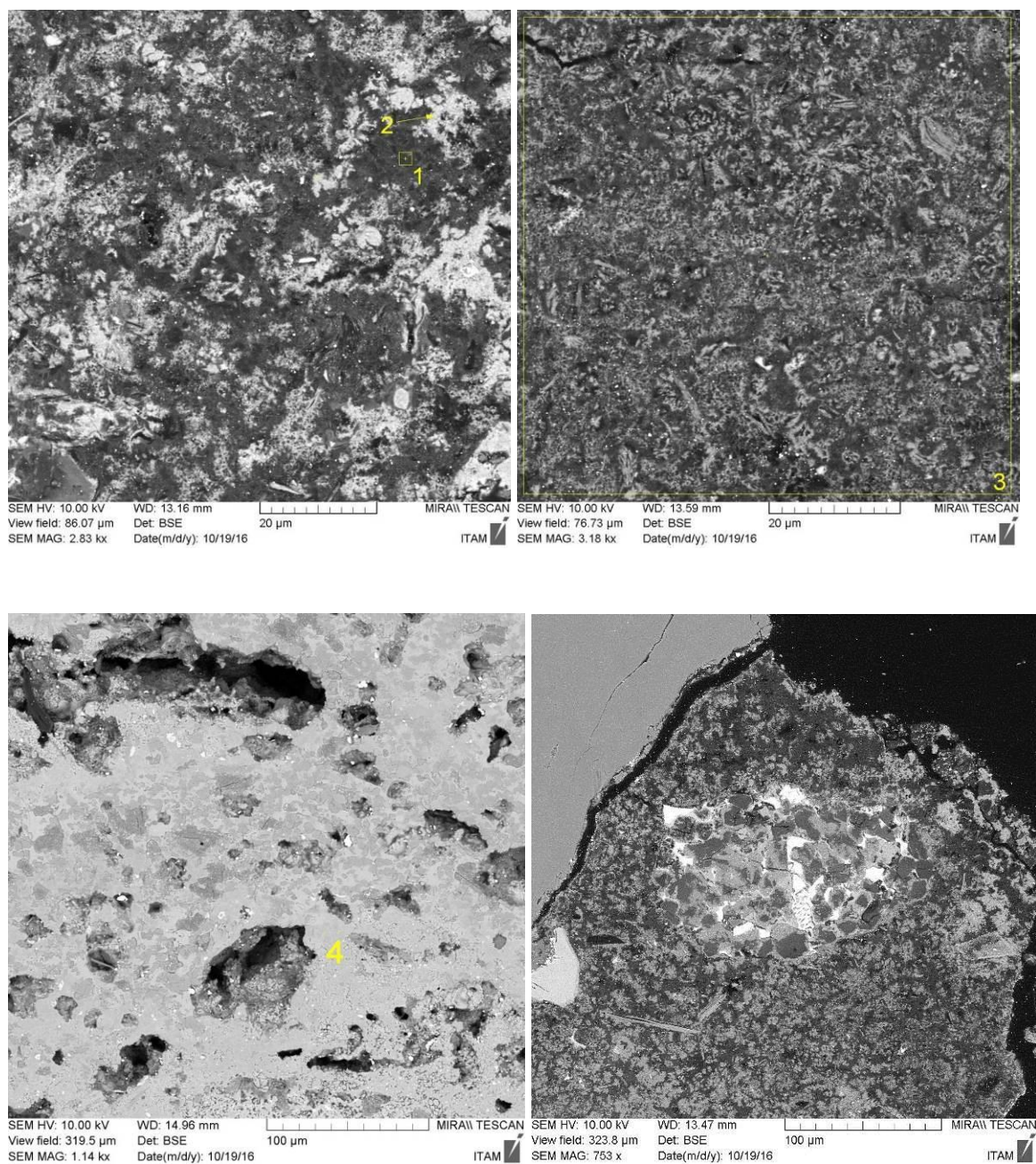
Druhé měření (Obr. 2) bylo provedeno na pojivové hrudce oddělené z malty – viz foto 19. Poměr uvolněného CO_2 a vázané vody $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$ činí přibližně 2. Tato hodnota odpovídá dle metodiky Moropoulou pro historické malty silně hydraulickému vápnu [15].

Elektronová mikroskopie (SEM/EDS) – mikrostruktura a fázové složení

Pro zjištění mikrostruktury a fázového složení pojiva betonu byly vzorky podrobeny SEM-EDS analýze (SEM: MIRA II LMU, Tescan Corporation, Brno, EDS detektor: Bruker Corporation, Berlín). Pro analýzu byly zhotoveny nábrusy, které byly naprášeny tenkou vrstvou uhlíku pro zajištění vodivosti a SEM-EDS vyšetření bylo provedeno při urychlovacím napětí 10 kV a pracovní vzdálenosti 15 mm. Prvkové složení fází přítomných ve vzorcích betonu bylo stanoveno SEM-EDS analýzou kombinací plošných a bodových analýz.

Na Obr. 3 až 8 jsou znázorněny BSE snímky a prvkové mapy vzorku malty.





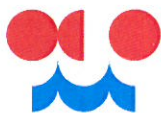
Obr. 3 – 8: BSE snímky mikrostruktury a prvkové mapy vzorku malty

Tabulka 10: Vzorek malty – žluté body 1, 2, 3 a 4 – EDS analýza, hmot. % - normalizované oxidy

	<i>Bod 1</i>	<i>Bod 2</i>	<i>Plocha 3</i>	<i>Bod 4</i>
	[% hmot.]			
CaO	38,77	79,81	54,69	62,16
SiO ₂	56,18	16,1	36,51	30,22
Al ₂ O ₃	4,83	2,62	7,53	0,1
MgO	0,21	0,6	1,26	3,89
Na ₂ O				0,75
K ₂ O				0,71
P ₂ O ₅		0,06		0,27
SO ₃		0,81		
FeO				1,89
total	99,99	100	99,99	99,99

Z výsledků mikroskopické analýzy vyplývá, že malta je tvořena směsným kamenivem a hydraulickým vápenným pojivem, které je z části zkarbonatované. Analýza v bodě 1 ukazuje na ochuzení hydraulického pojiva o vápennou složku a její přesun do míst karbonátace (analýza bod 2). Velkoplošná analýza (plocha 3) vyjadřuje průměrné složení pojiva. Cementační index (CI) vypočtený z této analýzy činí 1,9, což se blíží hodnotě pro románský cement (CI = 1-2). Analýza 4 přísluší možné výchozí surovině pro výrobu vápna. V mikrostruktuře malty se ojediněle vyskytují slínkové minerály.

Z výsledků provedených analýz (termická analýza, elektronová mikroskopie) vyplývá, že pojivem malty je vysoce hydraulické vápenné pojivo, částečně zkarbonatované. Ojedinělý výskyt slínkových minerálů naznačuje použití přirozeného hydraulického vápna nebo románského (přírodního) cementu.



VÁŠ DOPIS ZN: OP 6564/16
DORUČEN DNE: 22. 8.2016

NAŠE ZNAČKA: P16009148/551
SPISOVÁ ZNAČKA: S16008641

VYŘÍZUJE: Ing. Zdeňka Sedláčková
DATUM: 8.9.2016
TELEFON: 495 705 032
E-MAIL: zdena.sedlackova@chmi

VODNÍ DÍLA - TBD

Hybernská 1617/40

110 00 Praha 1

HYDROLOGICKÉ ÚDAJE POVRCHOVÝCH VOD

Na Vaši žádost Vám zasíláme požadované základní hydrologické údaje podle ČSN 75 1400 pro:

Vodní tok	Javornický potok		
Číslo hydrologického pořadí	1-02-01-0760-0-00		
Profil	hráz Ivanského jezera		
Souřadnice v S JTSK	x = - 606979 m y = - 1050440 m		
Plocha povodí A ^{a)}	21,55	km ²	

Dlouhodobá průměrná roční výška srážek na povodí P_a	812	mm	
Dlouhodobý průměrný průtok Q_a	208	l.s ⁻¹	třída III.

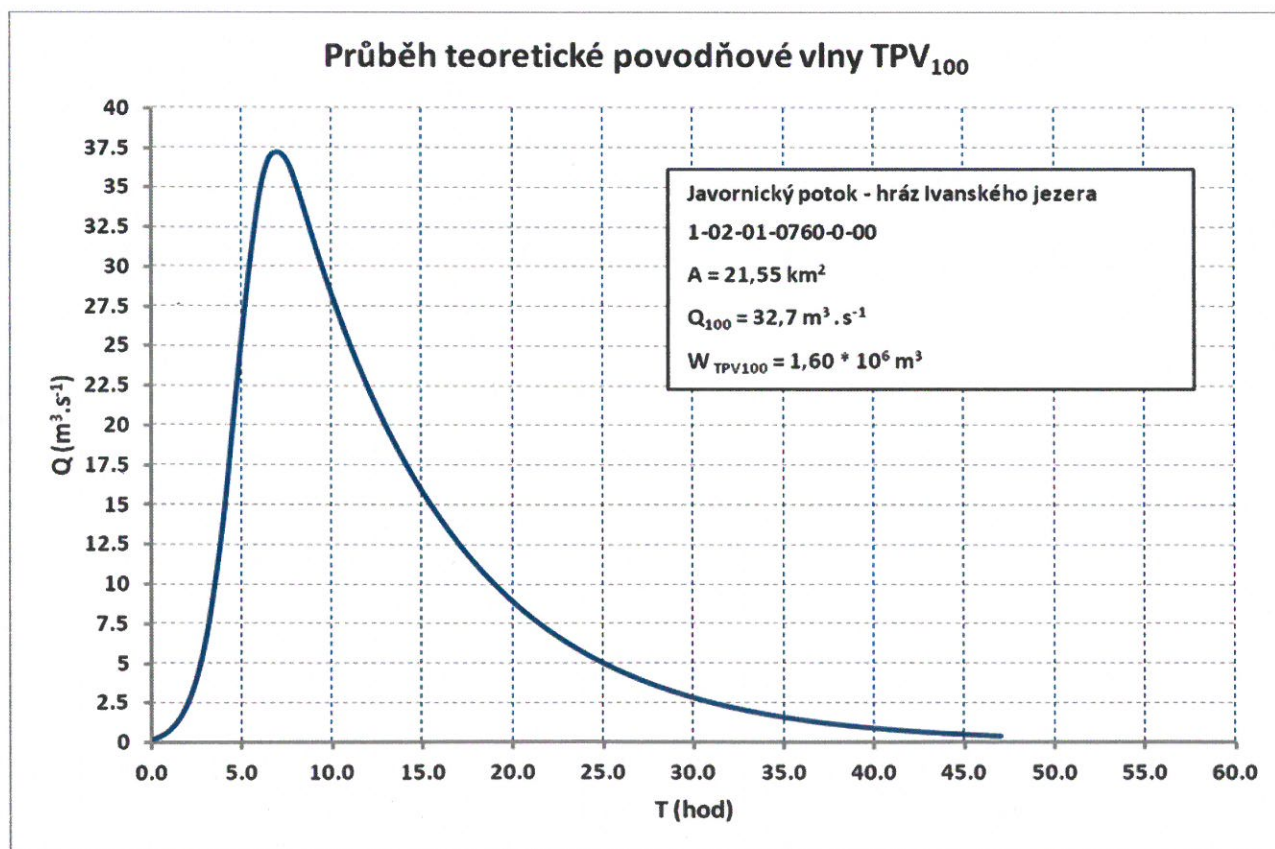
M-denní průtoky Q_{Md} ^{b)}										l.s ⁻¹			
30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	355	364	třída
506	344	251	195	155	126	103	84	67	52	37	21	12	III.

N-leté průtoky Q_N						m ³ .s ⁻¹	
1	2	5	10	20	50	100	třída
3,71	6,27	10,9	15,4	20,8	29,4	37,2	III.

Objem návrhové vlny W_{TPV100}	1,60 * 10 ⁶	m ³
----------------------------------	------------------------	----------------

Průběh teoretické povodňové vlny TPV₁₀₀

T	Q	T	Q	T	Q	T	Q	T	Q
hod	m ³ .s ⁻¹	hod	m ³ .s ⁻¹	hod	m ³ .s ⁻¹	hod	m ³ .s ⁻¹	hod	m ³ .s ⁻¹
0	0.210	9.5	29.7	19	9.98	28.5	3.36	38	1.13
0.5	0.435	10	28.0	19.5	9.43	29	3.17	38.5	1.07
1	0.835	10.5	26.5	20	8.90	29.5	2.99	39	1.01
1.5	1.51	11	25.0	20.5	8.41	30	2.83	39.5	0.950
2	2.58	11.5	23.6	21	7.94	30.5	2.67	40	0.897
2.5	4.23	12	22.3	21.5	7.49	31	2.52	40.5	0.847
3	6.70	12.5	21.0	22	7.08	31.5	2.38	41	0.800
3.5	10.3	13	19.9	22.5	6.68	32	2.25	41.5	0.755
4	14.7	13.5	18.8	23	6.31	32.5	2.12	42	0.713
4.5	20.5	14	17.7	23.5	5.96	33	2.00	42.5	0.674
5	26.1	14.5	16.7	24	5.63	33.5	1.89	43	0.636
5.5	31.0	15	15.8	24.5	5.31	34	1.79	43.5	0.601
6	34.9	15.5	14.9	25	5.02	34.5	1.69	44	0.567
6.5	36.9	16	14.1	25.5	4.74	35	1.59	44.5	0.535
7	37.2	16.5	13.3	26	4.47	35.5	1.50	45	0.506
7.5	36.6	17	12.6	26.5	4.22	36	1.42	45.5	0.477
8	35.1	17.5	11.9	27	3.99	36.5	1.34	46	0.451
8.5	33.3	18	11.2	27.5	3.76	37	1.27	46.5	0.426
9	31.4	18.5	10.6	28	3.56	37.5	1.20	47	0.402



Doba platnosti poskytnutých hydrologických údajů od data jejich vydání je 5 let. Platnost hydrologických údajů lze prodloužit jejich ověřením. Na základě nových poznatků může dojít k jejich změnám.

Podmínky užívání dat se řídí Všeobecnými smluvními podmínkami ČHMÚ.

a) Plocha povodí A [km²] je určena z digitální vrstvy rozvodnic v měřítku 1:10 000 a podkladových map ZABAGED®.

b) M -denní průtoky jsou odvozeny z pozorovaných průtoků ve vodoměrných stanicích za referenční období 1981–2010.

Informace o odvození M -denních průtoků jsou dostupné na adrese:

<http://voda.chmi.cz/opv/data/qm.html>.

Poznámka:

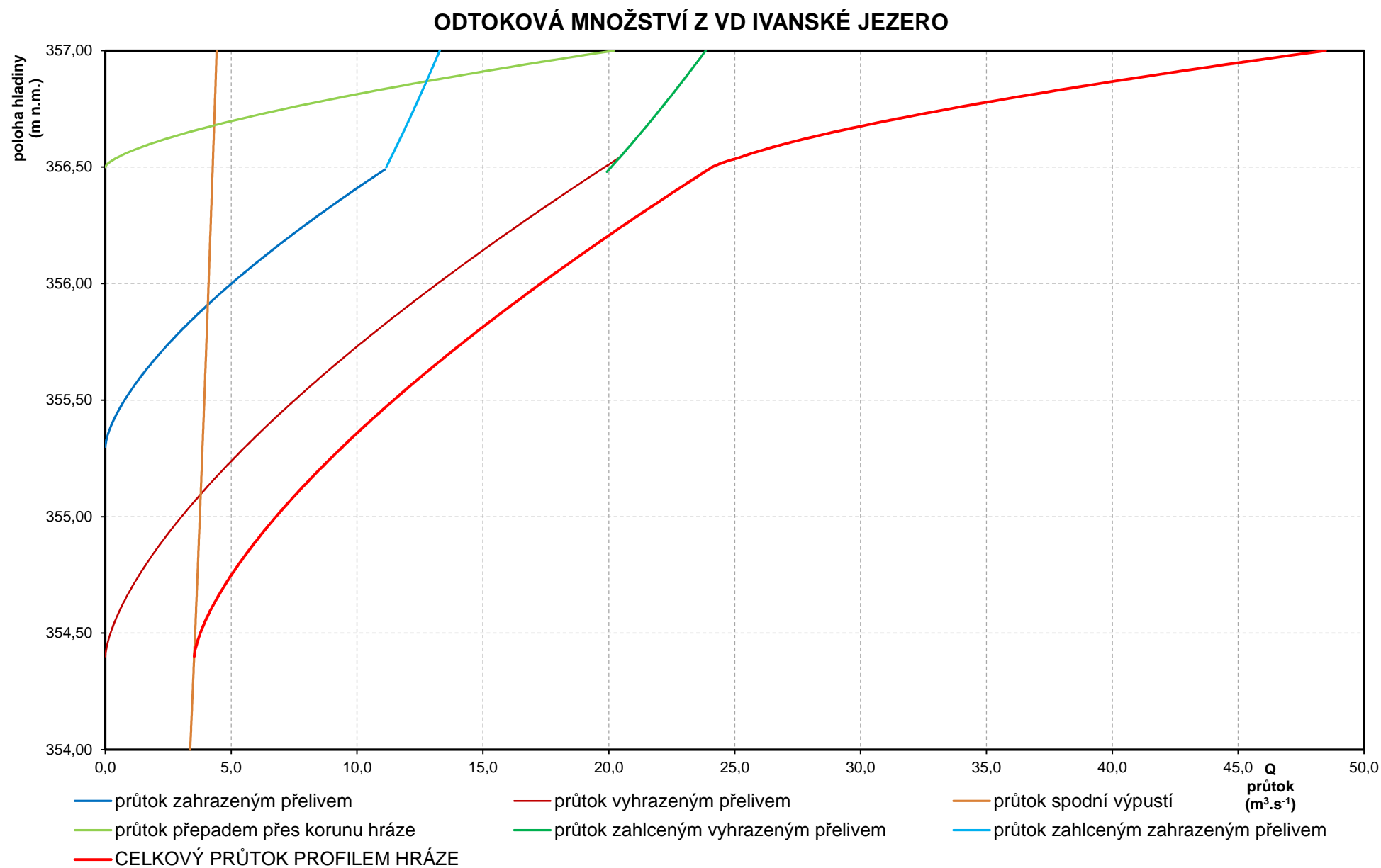
Stanovené hydrologické charakteristiky představují přirozený povrchový odtok z povodí a nezahrnují ovlivnění manipulacemi v povodí nad řešeným profilem. Manipulační řády nemá ČHMÚ k dispozici.

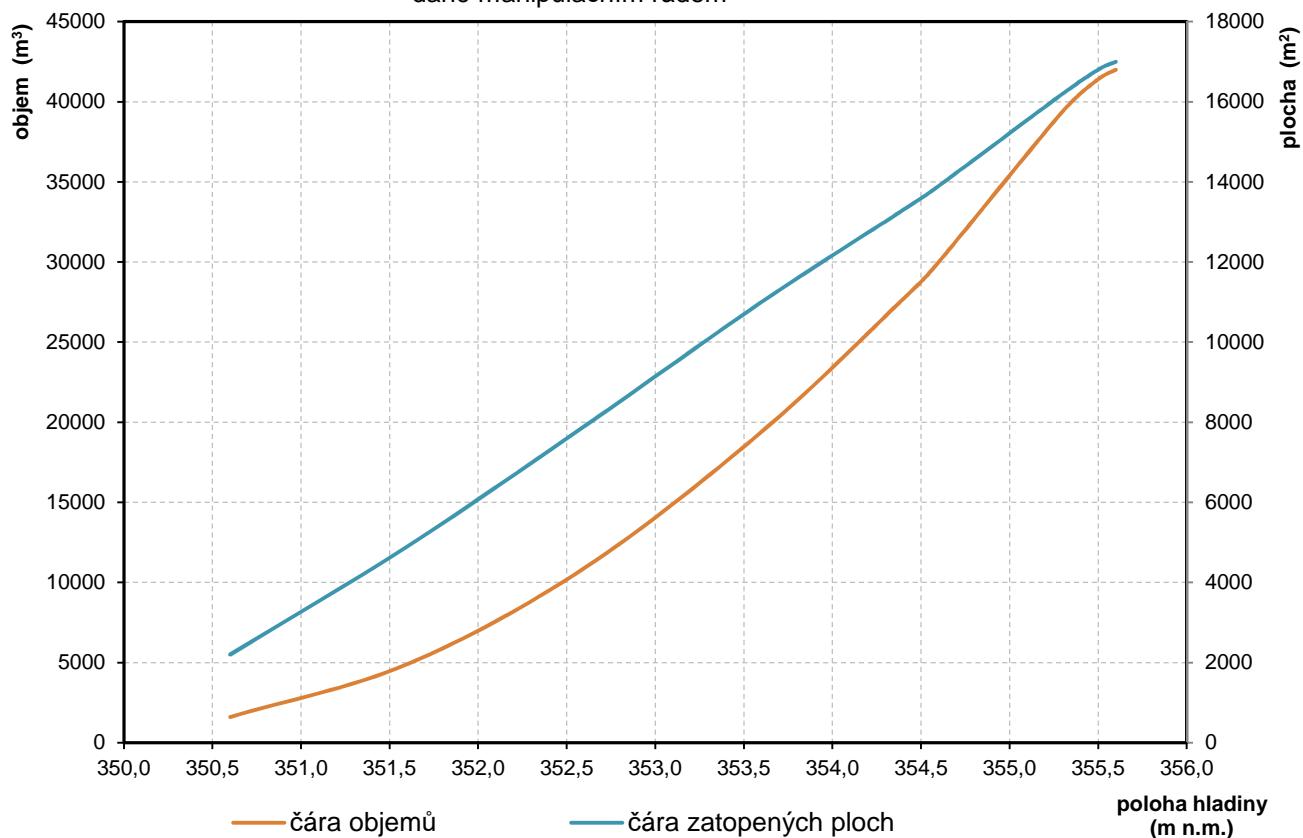
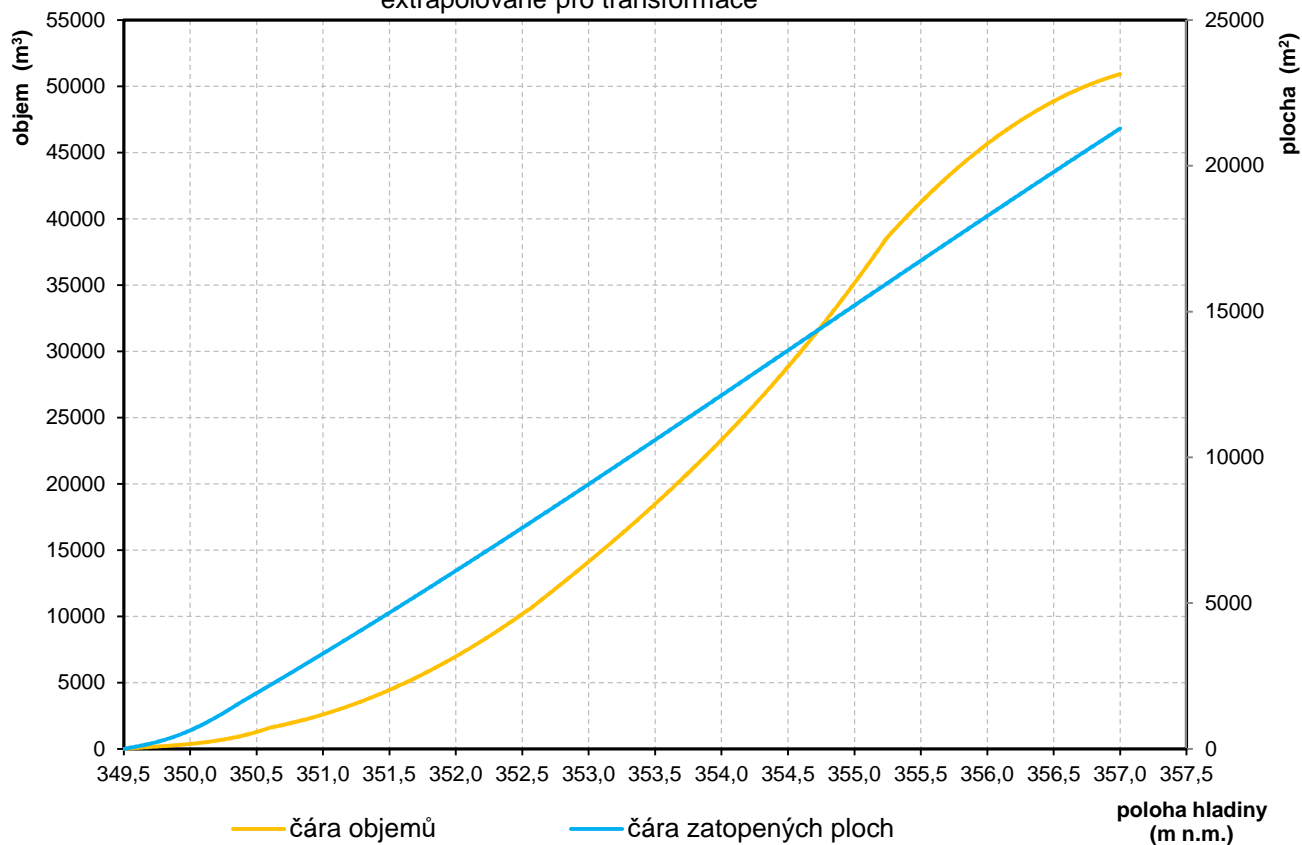
Za tyto práce Vám účtujeme v souladu se zákonem č. 526/1990 Sb. o cenách v platném znění částku 11 620 Kč.

Přílohy: faktura



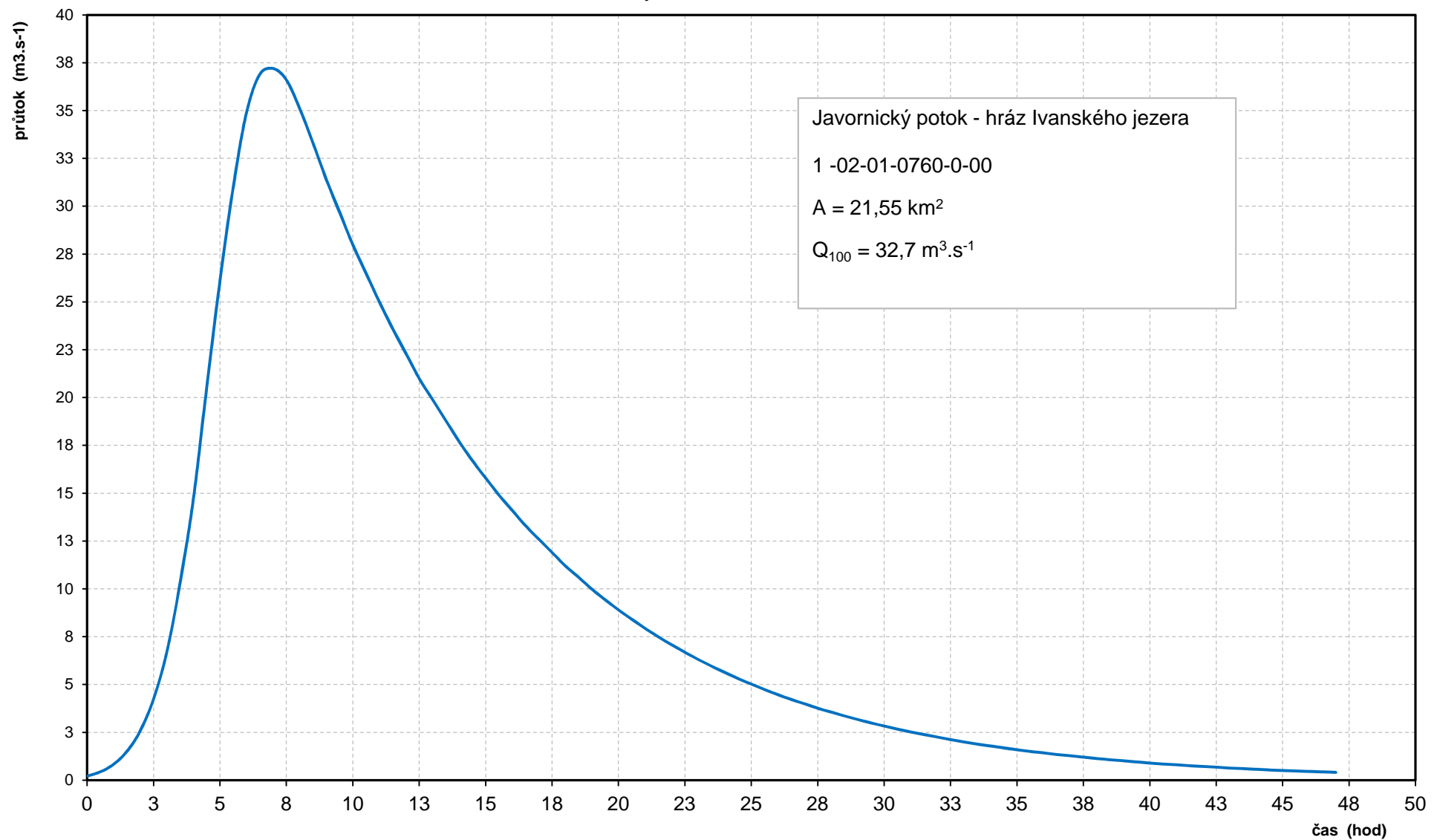
RNDr. Zdeněk Šiftař
Ředitel pobočky



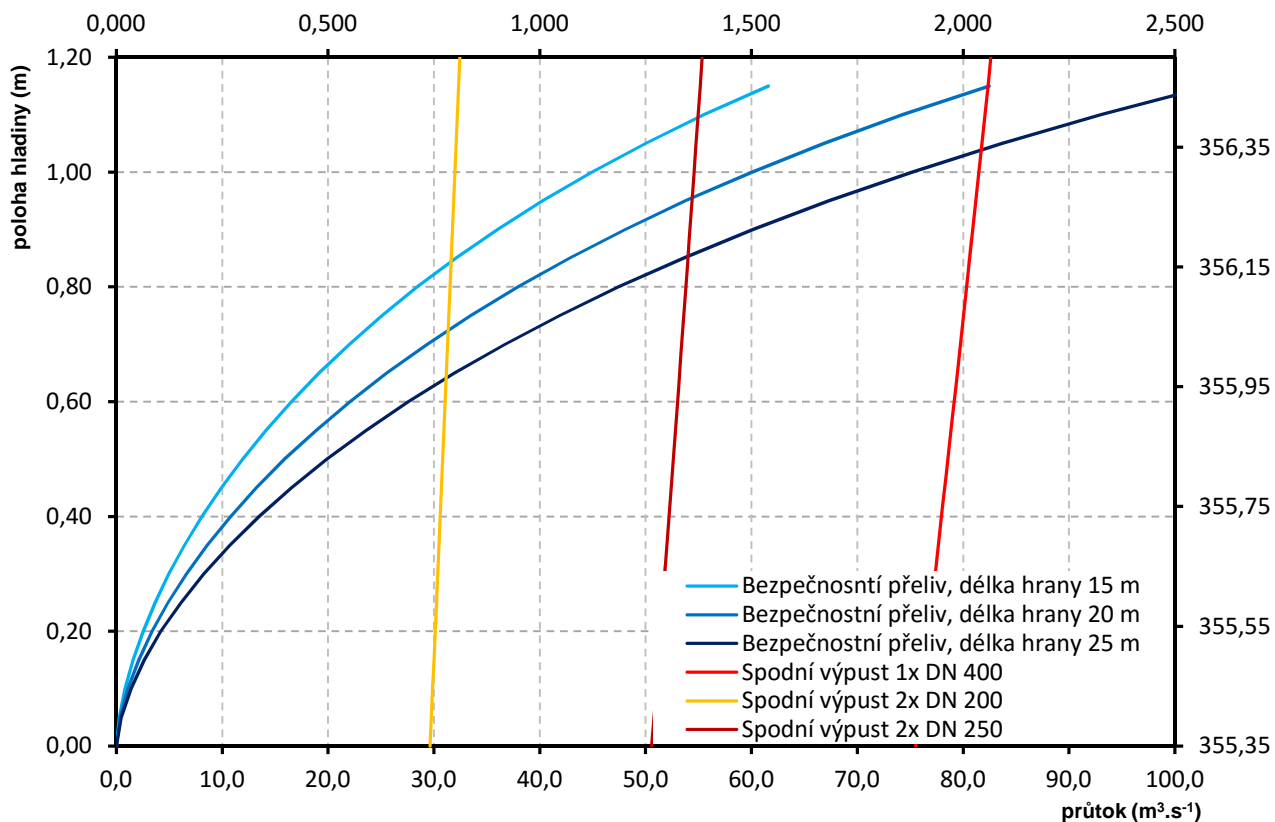
CHARAKTERISTIKY NÁDRŽEčára zatopených ploch, čára objemů
dané manipulačním řádem**CHARAKTERISTIKY NÁDRŽE**čára zatopených ploch, čára objemů
extrapolované pro transformace

PRŮBĚH TEORETICKÉ POVODŇOVÉ VLNY

vydal ČHMÚ 2016



		Konsumpční křivky bezpečnostního přelivu			Konsumpční křivky spodních výpustí				
poloha hladiny v nádrži	výška přepadového paprsku	délka přelivné hrany 15 m	délka přelivné hrany 20 m	délka přelivné hrany 25 m	1x DN 400	2x DN 200	2x DN 250	1x DN 200	1x DN 250
(m n.m.)	h (m)	Q (m ³ .s ⁻¹)	Q (m ³ .s ⁻¹)	Q (m ³ .s ⁻¹)	Q (m ³ .s ⁻¹)	Q (m ³ .s ⁻¹)	Q (m ³ .s ⁻¹)	Q (m ³ .s ⁻¹)	Q (m ³ .s ⁻¹)
355,350	0,00	0,0	0,0	0,0	1,888	0,741	1,264	0,371	0,632
355,400	0,05	0,3	0,4	0,5	1,896	0,744	1,270	0,372	0,635
355,450	0,10	0,8	1,1	1,4	1,904	0,747	1,275	0,374	0,638
355,500	0,15	1,6	2,1	2,6	1,912	0,751	1,281	0,375	0,640
355,550	0,20	2,5	3,4	4,2	1,920	0,754	1,286	0,377	0,643
355,600	0,25	3,7	4,9	6,1	1,928	0,757	1,291	0,378	0,646
355,650	0,30	5,0	6,6	8,3	1,936	0,760	1,297	0,380	0,648
355,700	0,35	6,4	8,6	10,7	1,944	0,763	1,302	0,381	0,651
355,750	0,40	8,1	10,8	13,5	1,952	0,766	1,307	0,383	0,654
355,800	0,45	9,9	13,2	16,5	1,959	0,769	1,312	0,385	0,656
355,850	0,50	11,9	15,9	19,9	1,967	0,772	1,318	0,386	0,659
355,900	0,55	14,1	18,9	23,6	1,975	0,775	1,323	0,388	0,661
355,950	0,60	16,5	22,1	27,6	1,983	0,778	1,328	0,389	0,664
356,000	0,65	19,2	25,6	32,0	1,990	0,781	1,333	0,391	0,667
356,050	0,70	22,0	29,4	36,7	1,998	0,784	1,338	0,392	0,669
356,100	0,75	25,1	33,5	41,9	2,006	0,787	1,343	0,394	0,672
356,150	0,80	28,4	38,0	47,5	2,013	0,790	1,349	0,395	0,674
356,200	0,85	32,1	42,8	53,5	2,021	0,793	1,354	0,397	0,677
356,250	0,90	36,0	48,1	60,2	2,028	0,796	1,359	0,398	0,679
356,300	0,95	40,3	53,8	67,3	2,036	0,799	1,364	0,400	0,682
356,350	1,00	44,9	60,1	75,2	2,043	0,802	1,369	0,401	0,684
356,400	1,05	50,0	66,9	83,7	2,051	0,805	1,374	0,403	0,687
356,450	1,10	55,6	74,3	93,1	2,058	0,808	1,379	0,404	0,689
356,500	1,15	61,6	82,4	103,3	2,066	0,811	1,384	0,405	0,692



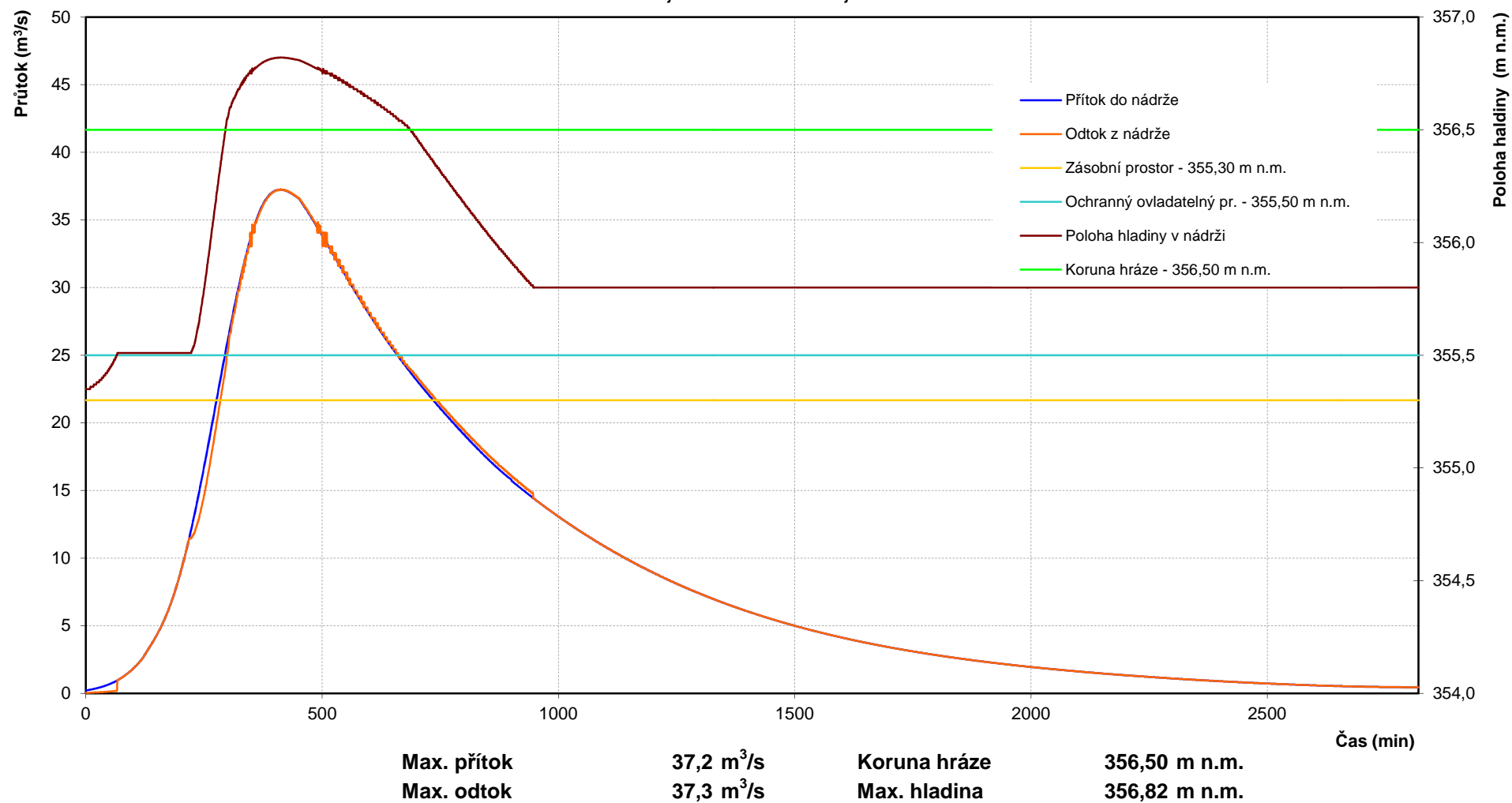
I. varianta**Transformace povodňové vlny: $Q_{100} = 37,20 \text{ m}^3/\text{s}$**

TPV, vypracoval Český hydrometeorologický ústav

Počáteční hladina: 355,35 m n.m., přepad vody přes stavidlo BP, plný ovladatelný prostor

Manipulace provedena dle MŘ

Stávající stav hráze a objektů



Manipulace s SV a BP:

- při průtocích větších jak $0,765 \text{ m}^3/\text{s}$ stoupne hladina v nádrži na úroveň 355,50 m n.m.,
- při této hladině 355,50 m n.m. jsou zahájeny manipulace se stavidlem tak, aby byla udržena hladina vody v nádrži a to do celkového odtoku $7,5 \text{ m}^3/\text{s}$,
- při vyšším přítoku a překročení hladiny 355,50 m n.m. se otvírá spodní výpust na maximální kapacitu,
- při dalším nárůstu hladiny nastává již neovladatelný stav,
- při následném poklesu průtoku a snížení hladiny na úroveň 355,50 m n.m. se postupně začíná uzavírat spodní výpust
- a dále i zahrazovat stavidlo bezpečnostního přelivu tak, aby se hladina udržela v rozmezí kót 355,30 - 355,50 m n.m.,
- kapacita spodní výpusti nebyla omezena,

Kapacita bezpečnostního přelivu:

- byla převzata z manipulačního řádu pro dva stavy, zcela zahrazný přeliv stavidlovou konstrukcí, zcela vyhrazený přeliv,
- snížení kapacity například ucpáním není uvažováno

Povodňová vlna:

- teoretická povodňová vlna Q 100 byla určena ČHMÚ na základě objednávky, kulminační průtok $37,20 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$,

Výpočet:

- časový krok 1 min
- poloha hladiny v nádrži interpolována po 1 cm
- kapacita SV a bezpečnostního přelivu interpolována po 1 cm, pro zpřesnění výpočtu v rozhodujících výškách po 1 mm lineárně

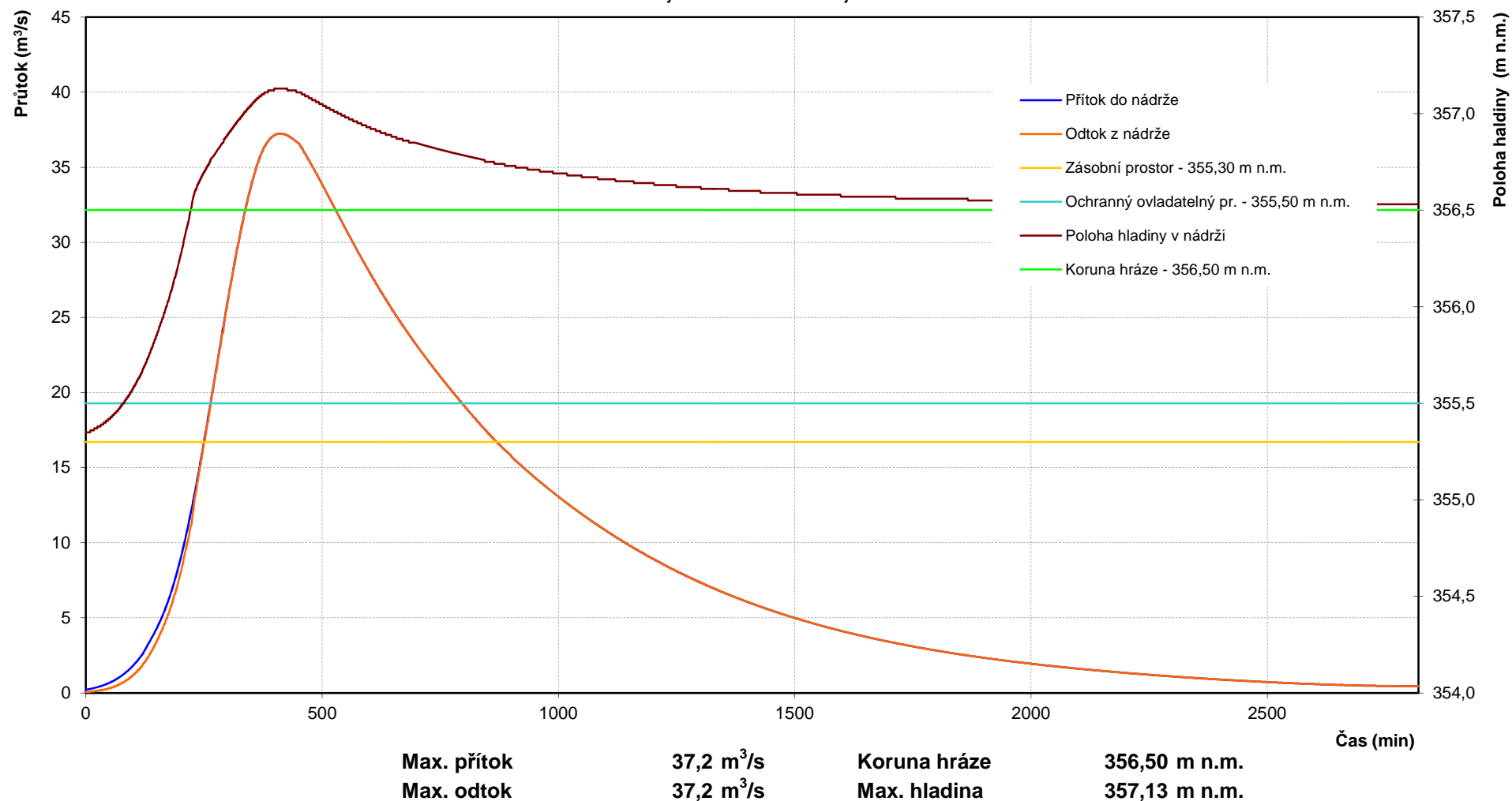
II. varianta**Transformace povodňové vlny: $Q_{100} = 37,20 \text{ m}^3/\text{s}$**

TPV, vypracoval Český hydrometeorologický ústav

Počáteční hladina: 355,35 m n.m., přepad vody přes stavidlo BP, plný ovladatelný prostor

Hradící konstrukce bezpečnostního přelivu a spodní výpusti nebyly vyhrazeny

Stávající stav hráze a objektů



Manipulace s SV a BP:

- s hradicí konstrukcí bezpečnostního přelivu a spodní výpusti nebylo manipulováno,
- při stoupající hladině voda nadále přepadá přes stavidlový uzávěr až po zahlcení přelivu, následně i přes korunu hráze,
- spodní výpust nebyla otevřena, kapacita je nulová,
- průběh lze hodnotit jako neovladatelný stav,

Kapacita bezpečnostního přelivu:

- byla převzata z manipulačního řádu pro dva stavy, zcela zahrazný přeliv stavidlovou konstrukcí, zcela vyhrazený přeliv,
- jeho snížení například ucpáním není uvažováno

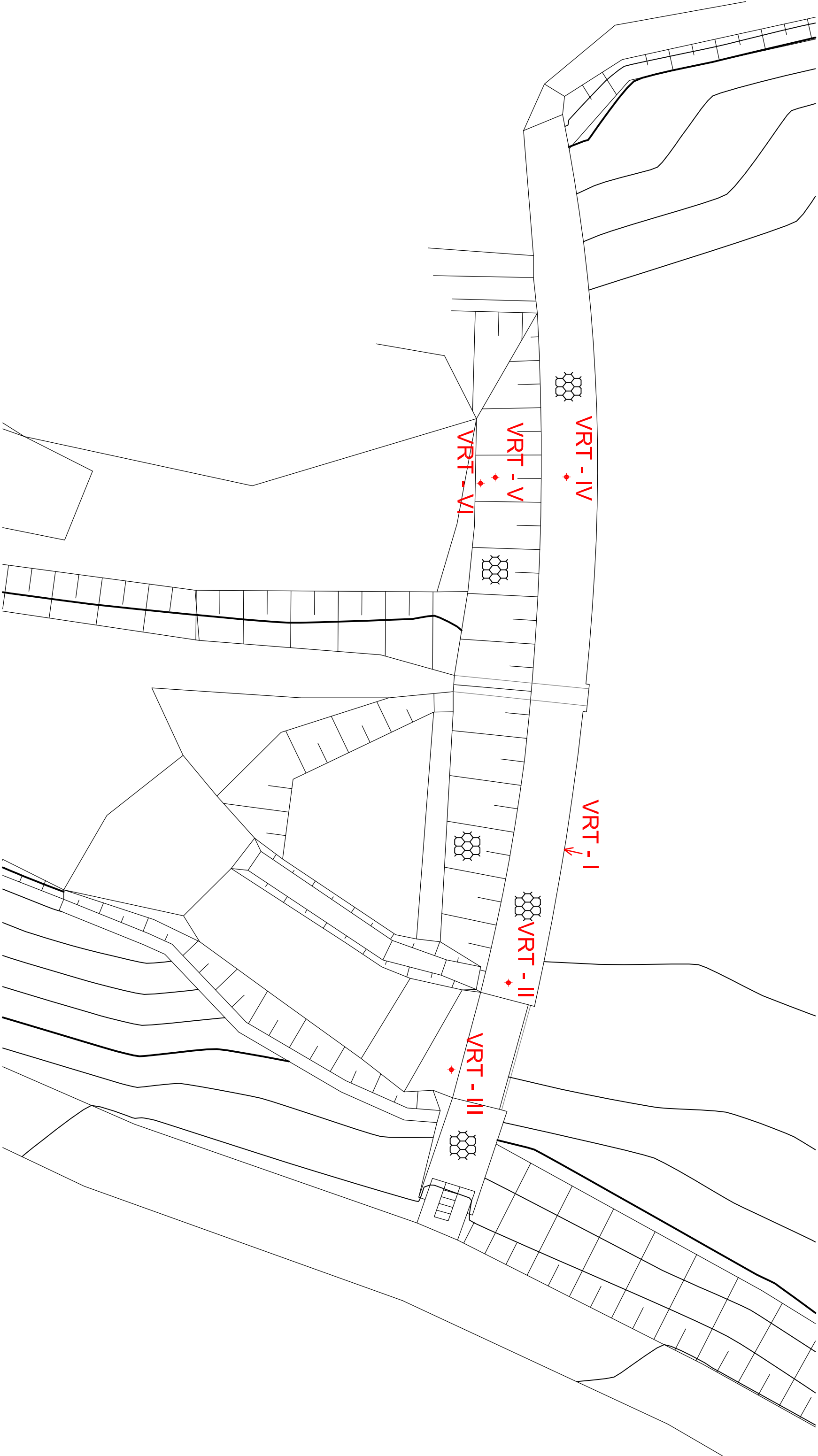
Povodňová vlna:

- teoretická povodňová vlna Q 100 byla určena ČHMÚ na základě objednávky, kulminační průtok $37,20 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$,

Výpočet:

- časový krok 1 min
- poloha hladiny v nádrži interpolována po 1 cm
- kapacita SV a bezpečnostního přelivu interpolována po 1 cm, pro zpřesnění výpočtu v rozhodujících výškách po 1 mm lineárně

SCHÉMA ROZMÍSTĚNÍ PROVEDENÝCH PRŮZKUMNÝCH VRTŮ, PŮDORYS



Vrt I - odebraný vzorek jádra z návodní strany hráze, vodorovný vrt



Vrt II - odebraný vzorek jádra z levé části koruny hráze, svislý vrt



Vrt III - odebraný vzorek jádra z pevné přelivné části bezpečnostního přelivu, svislý vrt



Vrt IV - odebraný vzorek jádra z pravé části koruny hráze, svislý vrt



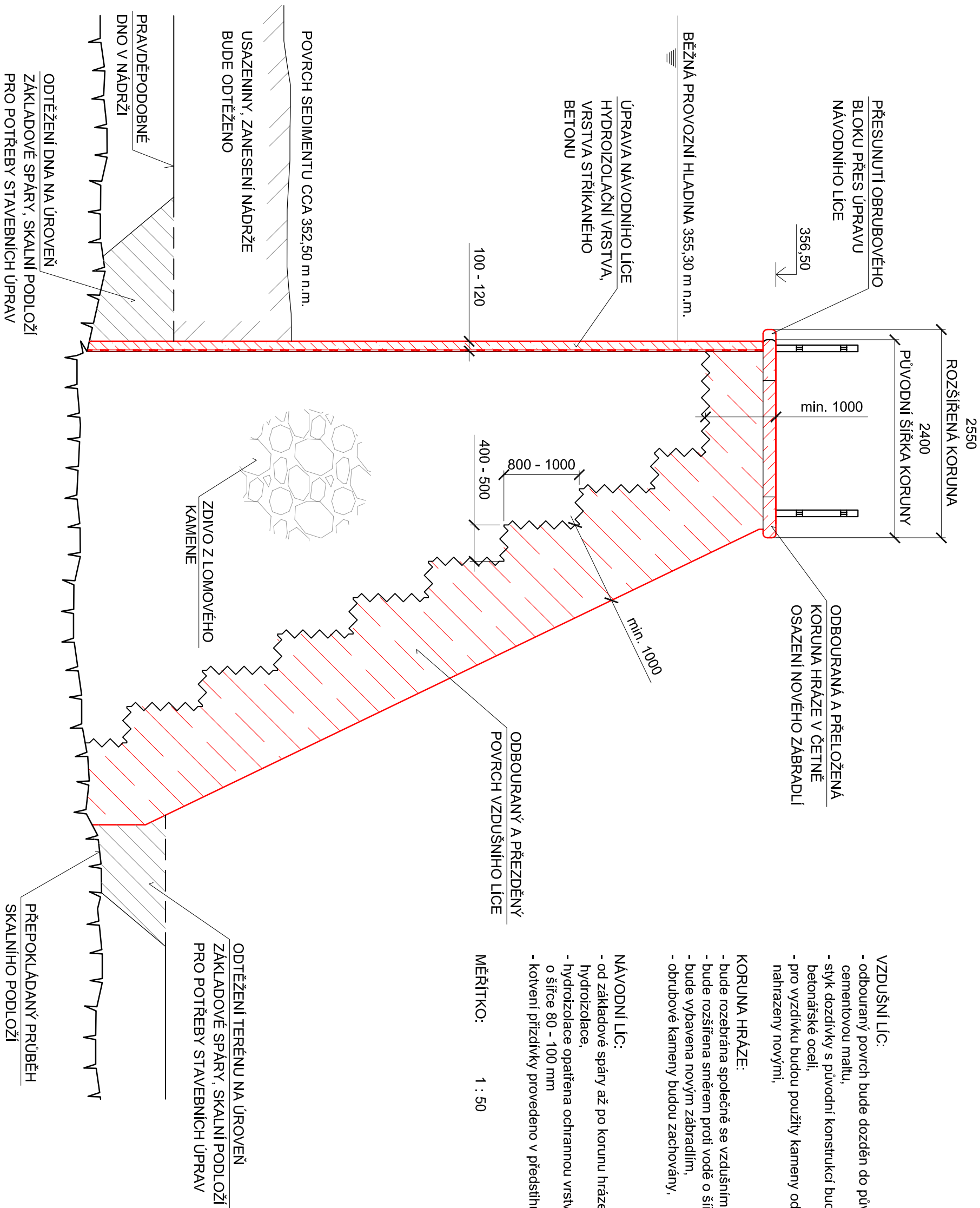
Vrt V - odebraný vrt z pravé části vzdušního líce hráze, vrt kolmý na vzdušní líc



Vrt VI - odebraný vzorek jádra z šikmého vrtu do vzdušní paty hráze, šikmý vrt do podloží



REKONSTRUKCE HRÁZE ZATĚSNĚNÍM NÁVODNÍHO LÍCE S PŘEZDĚNÍM VZDUŠNÍHO LÍCE

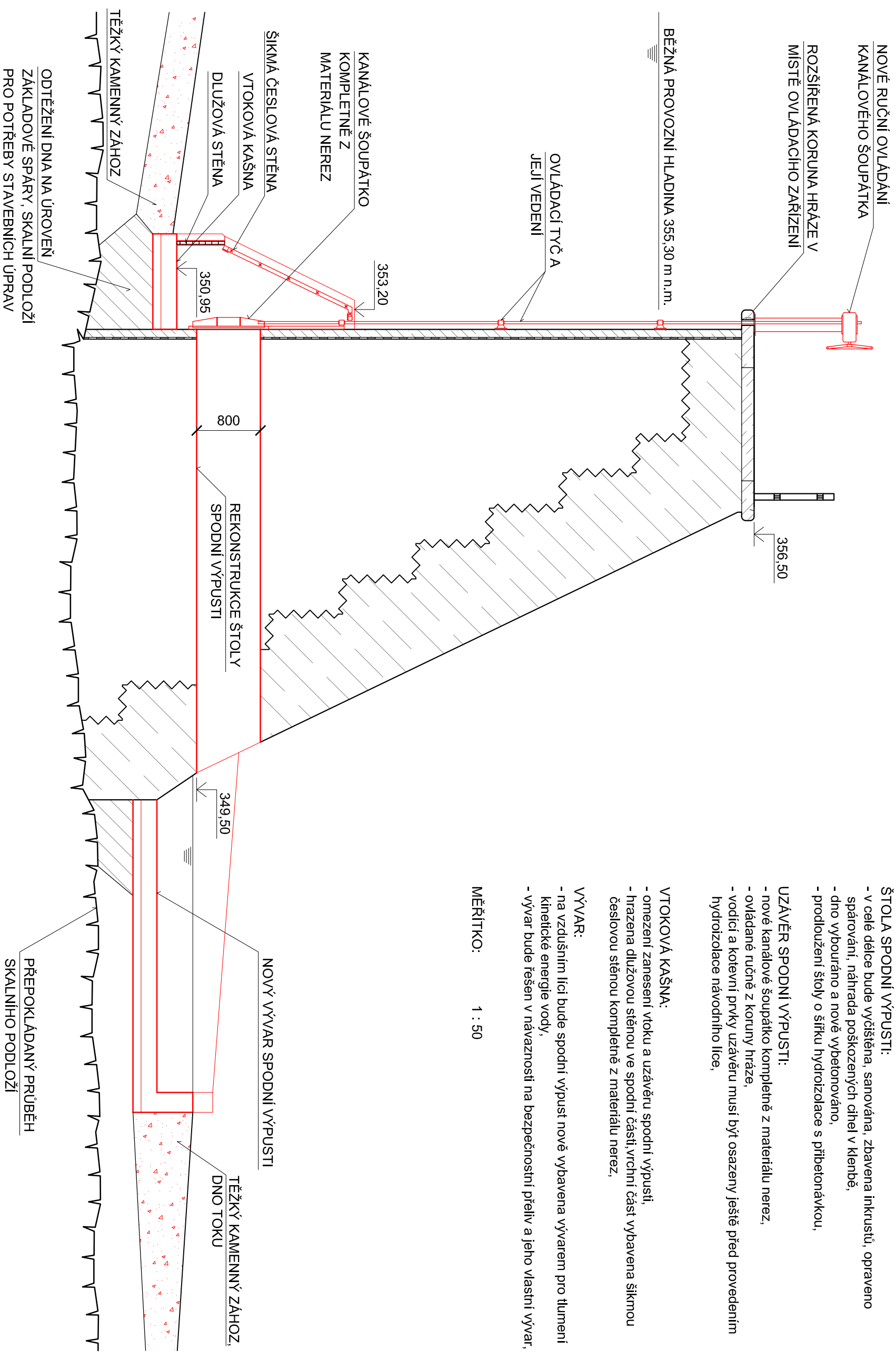


- VZDUŠNÍ LÍC:
- odbouraný povrch bude dozděn do původního tvaru z lomového kamene na cementovou maltu,
 - stýk dozdivky s původní konstrukcí bude zajištěn chemicky vlepenými trny z betonářské oceli,
 - pro vyzdivku budou použity kameny odebrané z hráze, poškozené budou nahrazeny novými,

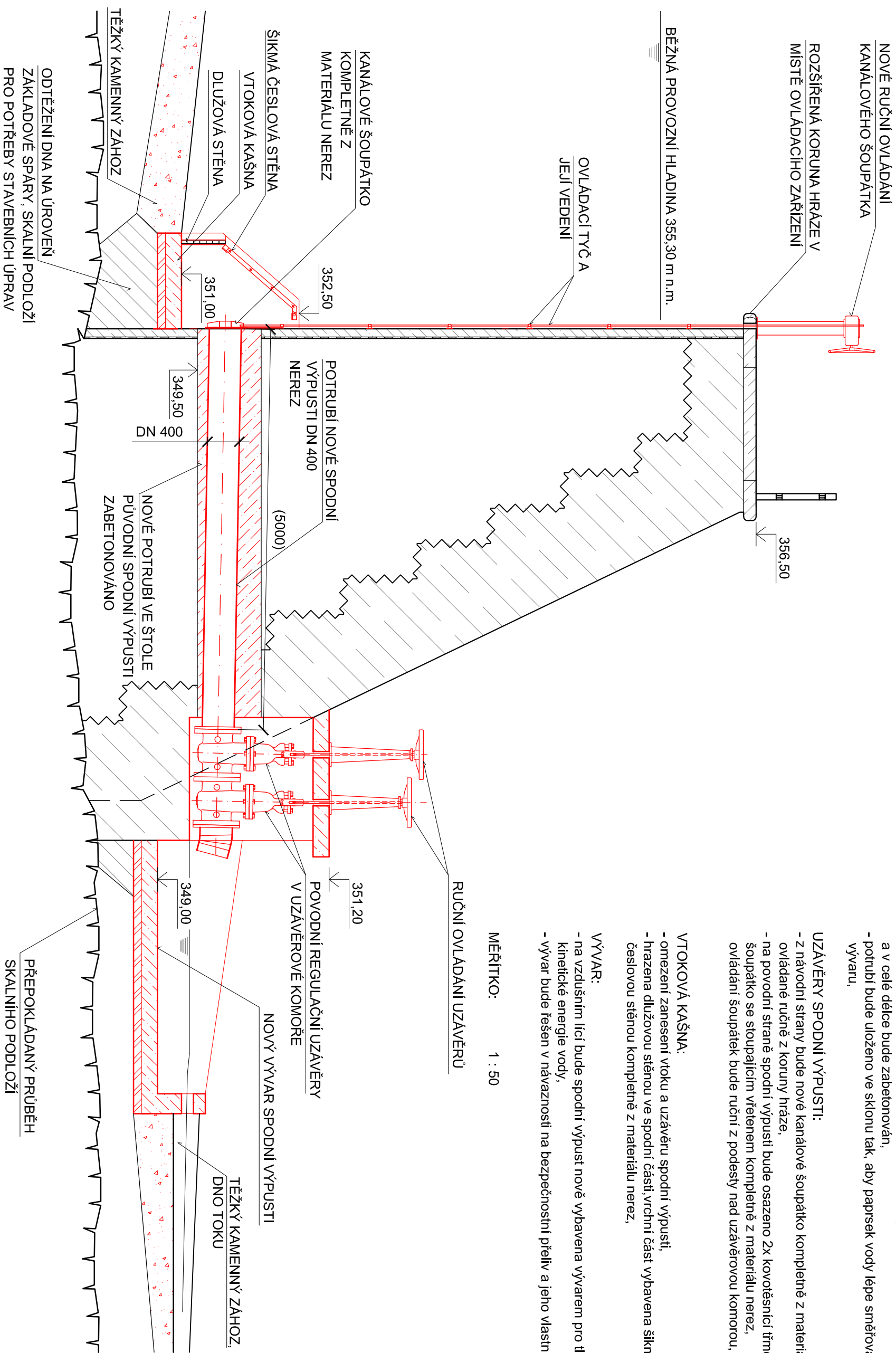
- KORUNA HRÁZE:
- bude rozebrána společně se vzdušním lícem,
 - bude rozšířena směrem proti vodě o šířku hydroizolace a přizdivky,
 - bude vybavena novým zábradlím,
 - obrubové kameny budou zachovány,

- NÁVODNÍ LÍC:
- od základové spáry až po korunu hráze zatěsněn vrstvou stříkané hydroizolace,
 - hydroizolace opatřena ochrannou vrstvou ze stříkaného betonu o šířce 80 - 100 mm
 - kotvení přizdivky provedeno v předstihu před aplikací hydroizolace,

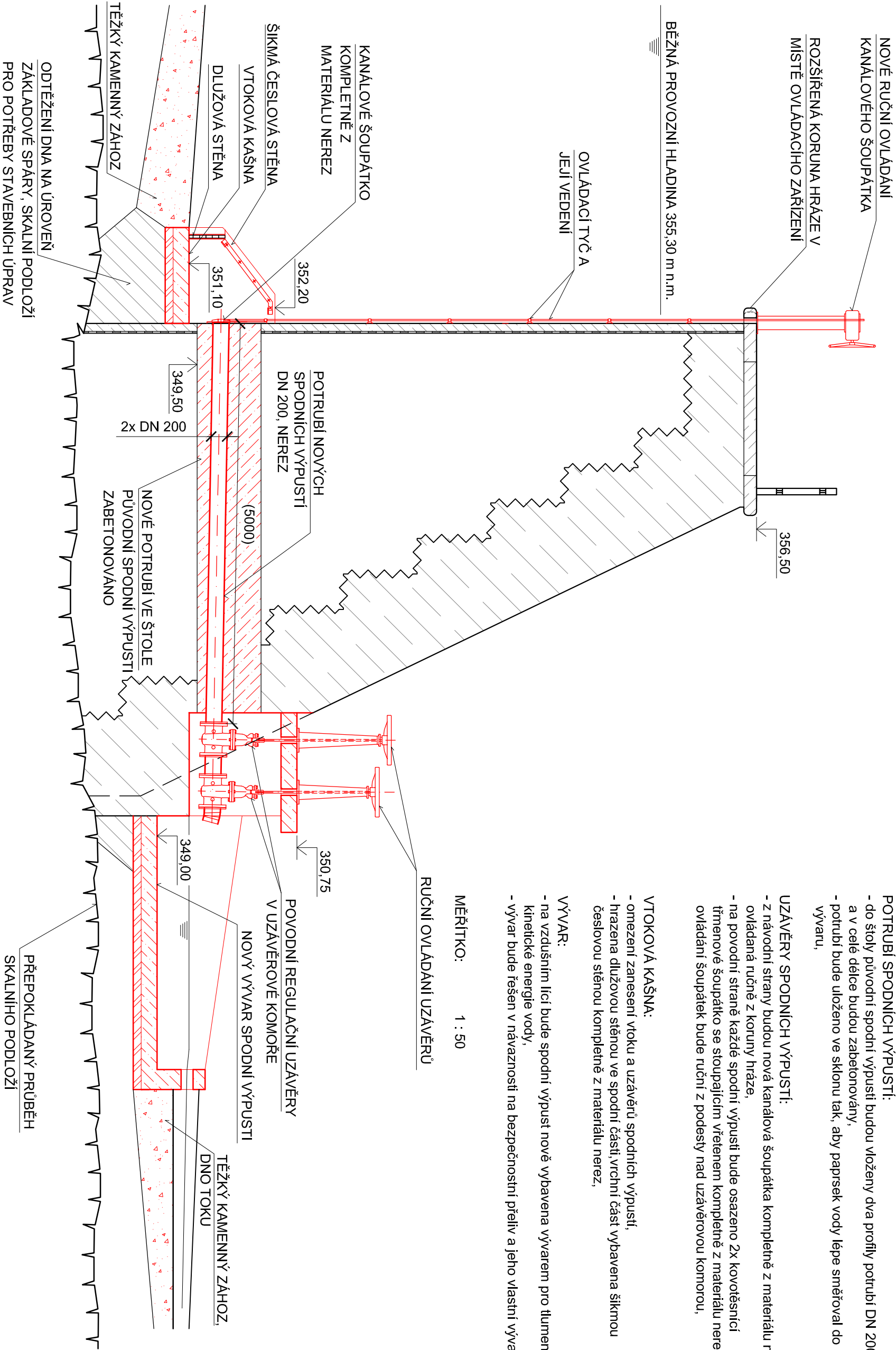
REKONSTRUKCE STÁVAJÍCÍ SPODNÍ VÝPUSTI



NOVÁ SPODNÍ VÝPUST 1x DN400, TĚLESO HRÁZE PO REKONSTRUKCI



NOVÉ SPODNÍ VÝPUSTI 2x DN200, TĚLESO HRÁZE PO REKONSTRUKCI



NOVÉ SPODNÍ VÝPUSTI VE STÁVAJÍCÍM TĚLESE HRÁZE PO REKONSTRUKCI
PŮDORYS

1x DN 400

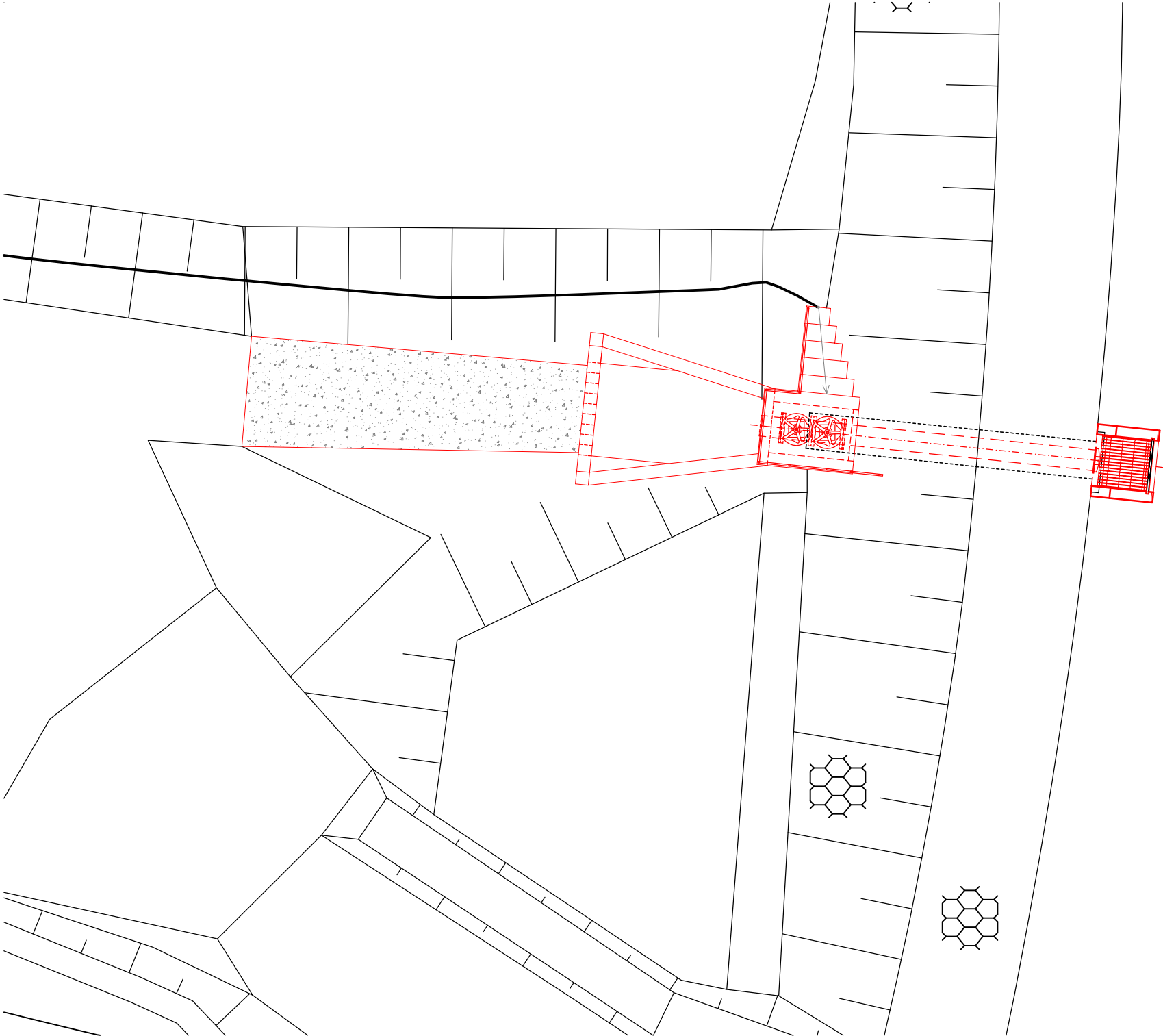
MĚŘÍTKO:

1 : 100

2x DN 200

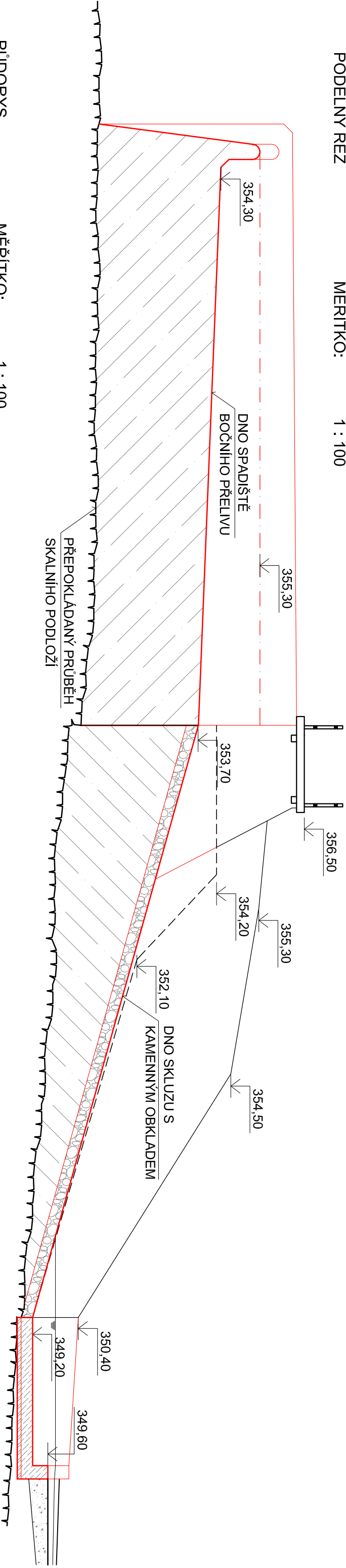
MĚŘÍTKO:

1 : 100

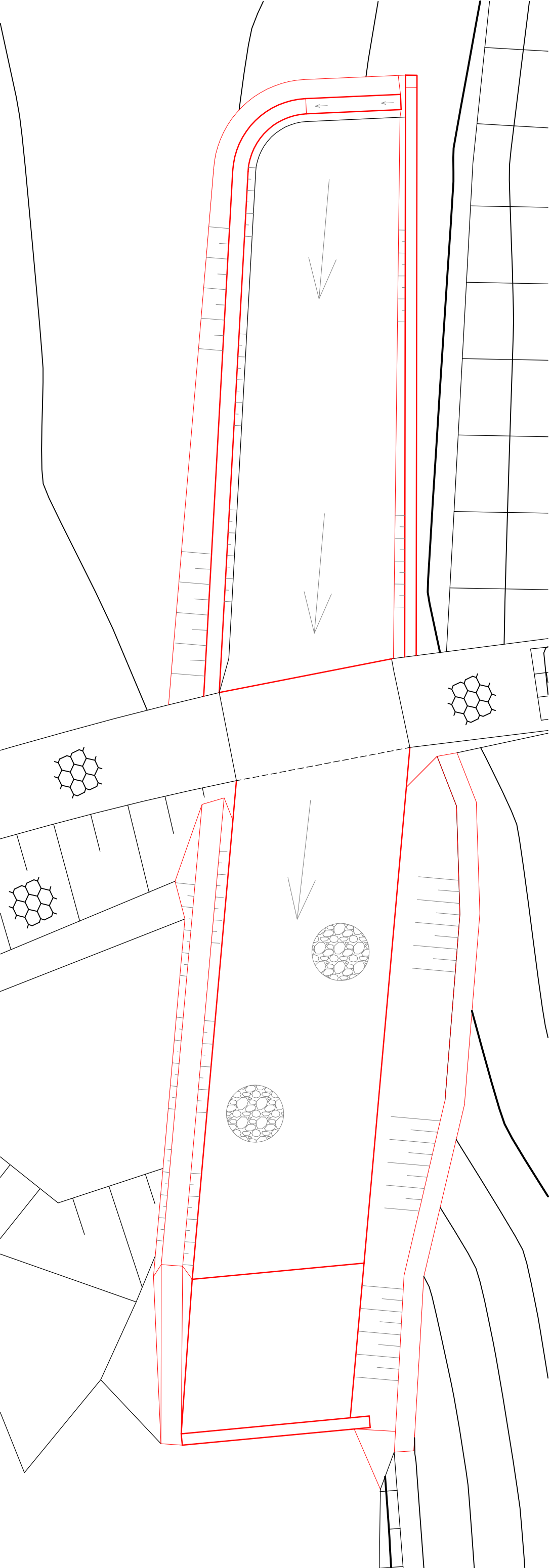


BOČNÍ BEZPEČNOSTNÍ PŘELIV SE SKLUZEM, TĚLESO HRÁZE PO REKONSTRUKCI

PODÉLNÝ ŘEZ MĚŘÍTKO: 1 : 100



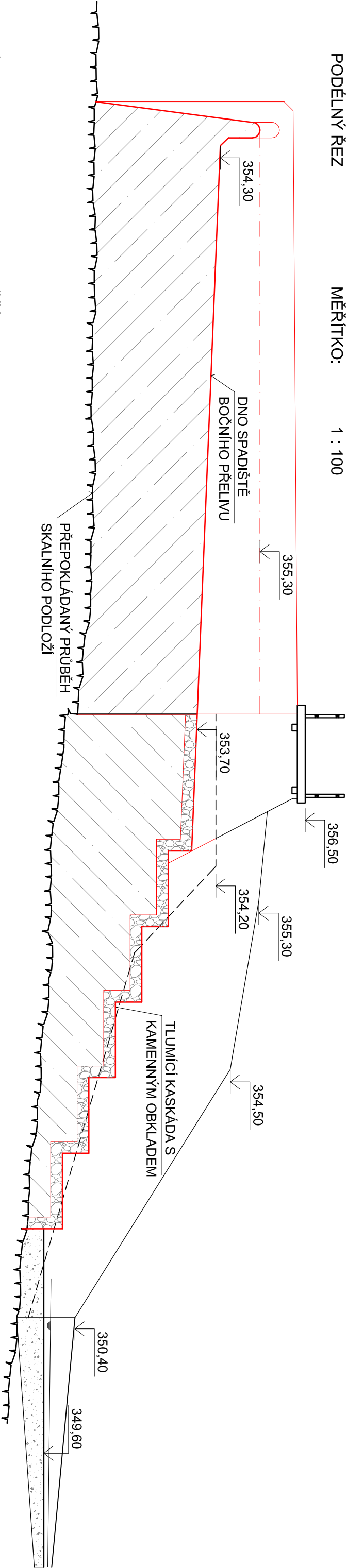
PŮDORYS MĚŘÍTKO: 1 : 100



BOČNÍ BEZPEČNOSTNÍ PŘELIV S KASKÁDOU, TĚLESO HRÁZE PO REKONSTRUKCI

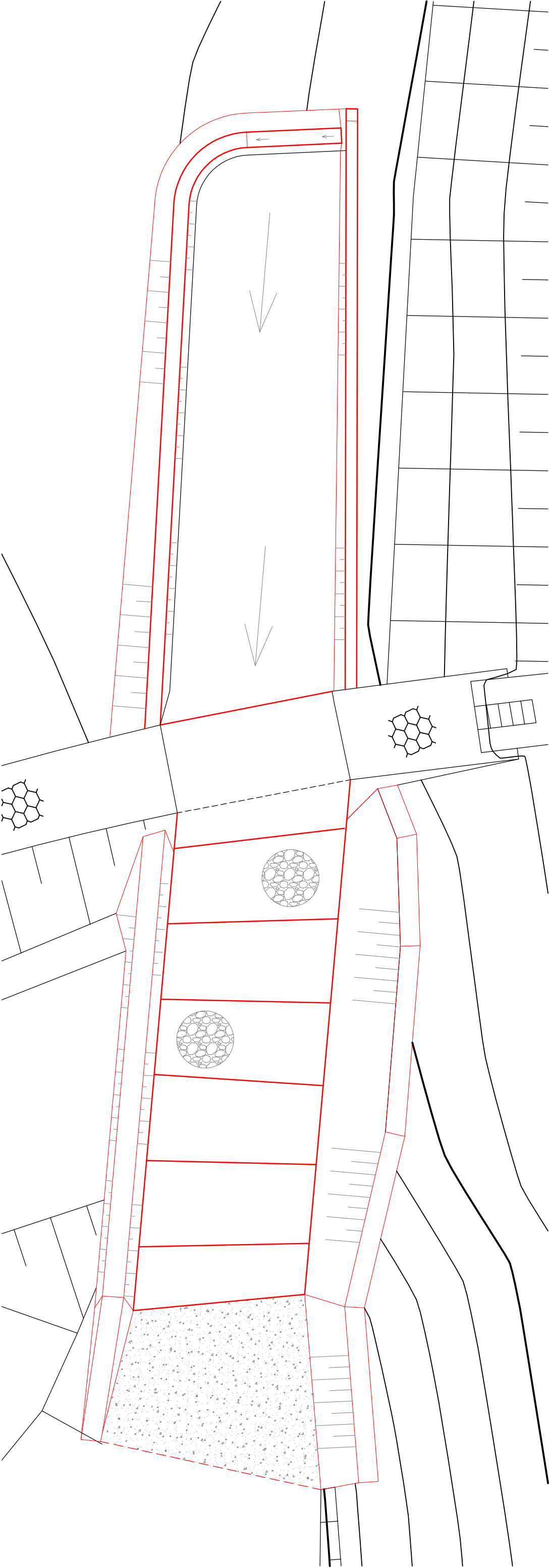
PODÉLNÝ ŘEZ

MĚŘÍTKO: 1 : 100

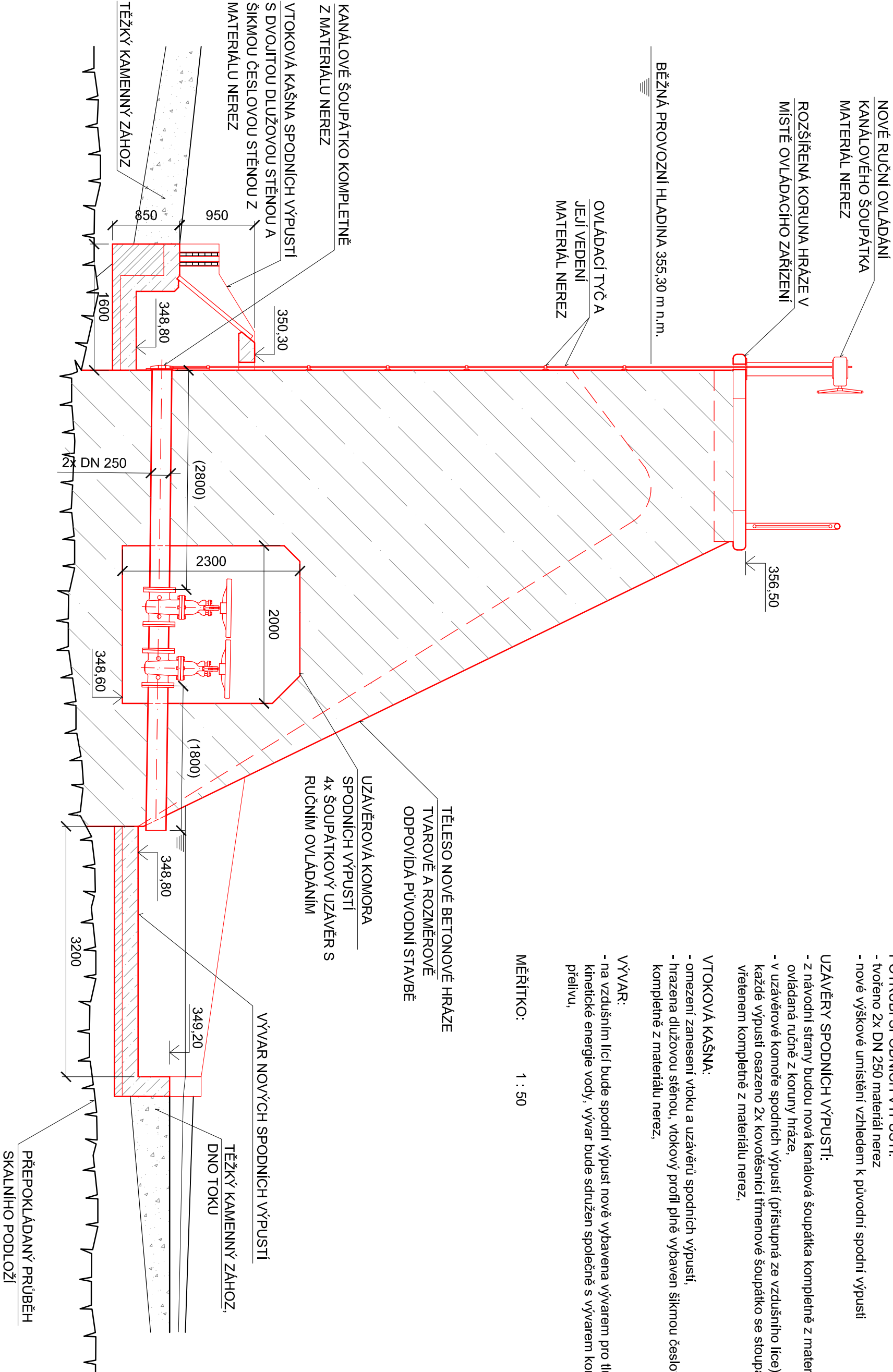


PŮDORYS

MĚŘÍTKO: 1 : 100



NOVÉ SPODNÍ VÝPUSTI 2x DN250, NOVÉ TĚLESO HRÁZE

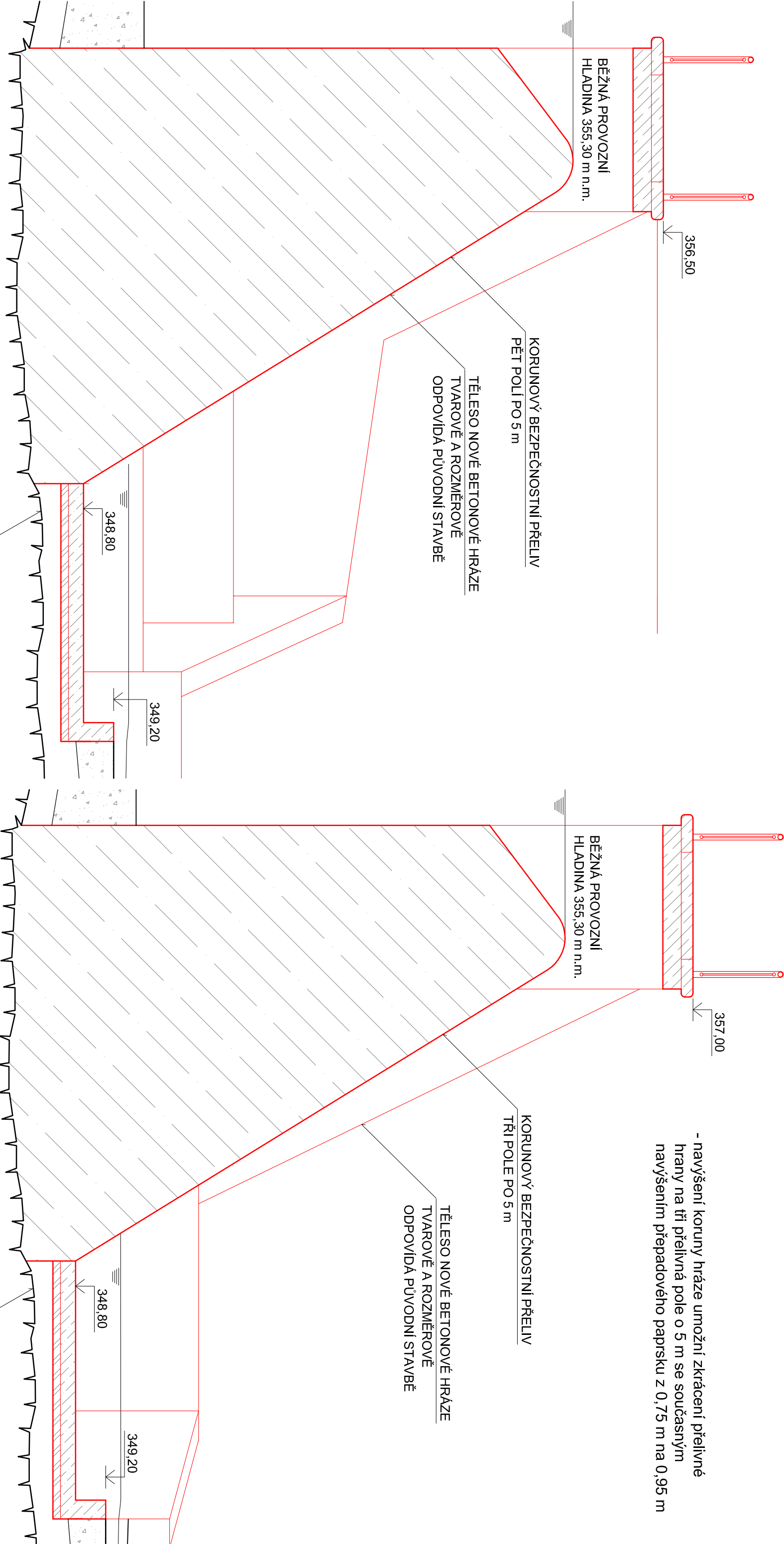


NOVÝ KORUNOVÝ PŘELIV, NOVÉ TĚLESO HRÁZE

KORUNA NOVÉ HRÁZE VE STEJNÉ VÝŠKOVÉ ÚROVNI JAKO PŮVODNÍ HRÁZ
MĚŘÍTKO: 1 : 50

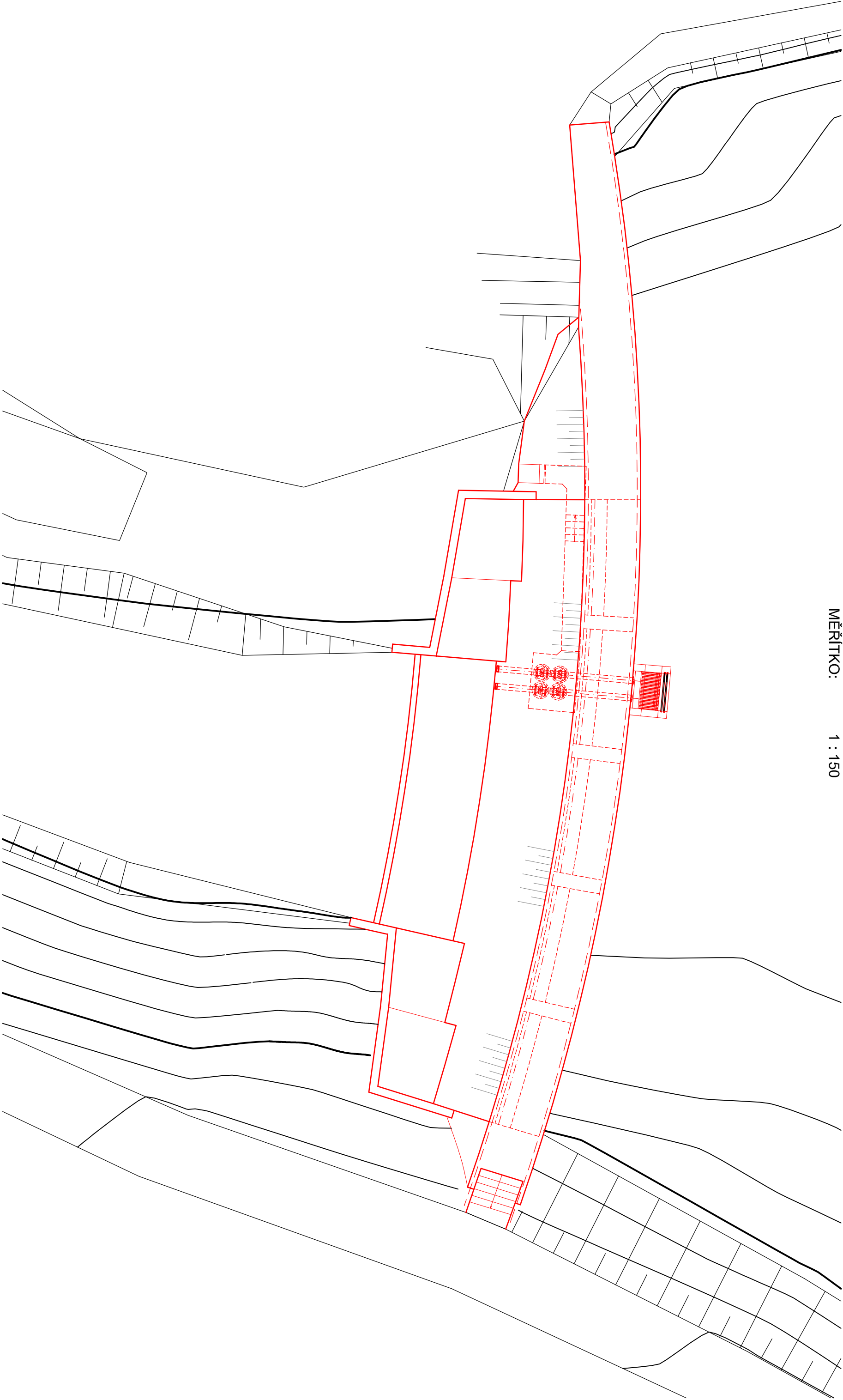
KORUNA NOVÉ HRÁZE NAVÝŠENA O 0,5 m PROTI PŮVODNÍ HRÁZI
MĚŘÍTKO: 1 : 50

- navýšení koruny hráze umožní zkrácení přelivné hrany na tři přelivná pole o 5 m se současným navýšením přepadového paprsku z 0,75 m na 0,95 m



NOVÉ SPODNÍ VÝPUSTI, KORUNOVÝ PŘELIV, NOVÉ TĚLESO HRÁZE DLE PŮVODNÍCH PARAMETRŮ
PŮDORYS

MĚŘÍTKO: 1 : 150



NOVÉ SPODNÍ VÝPUSTI, KORUNOVÝ PŘELIV, NOVÉ TĚLESO HRÁZE NAVÝŠENÉ
PŮDORYS

MĚŘÍTKO: 1 : 150



PŘEHLEDNÁ SITUACE LOKALITY

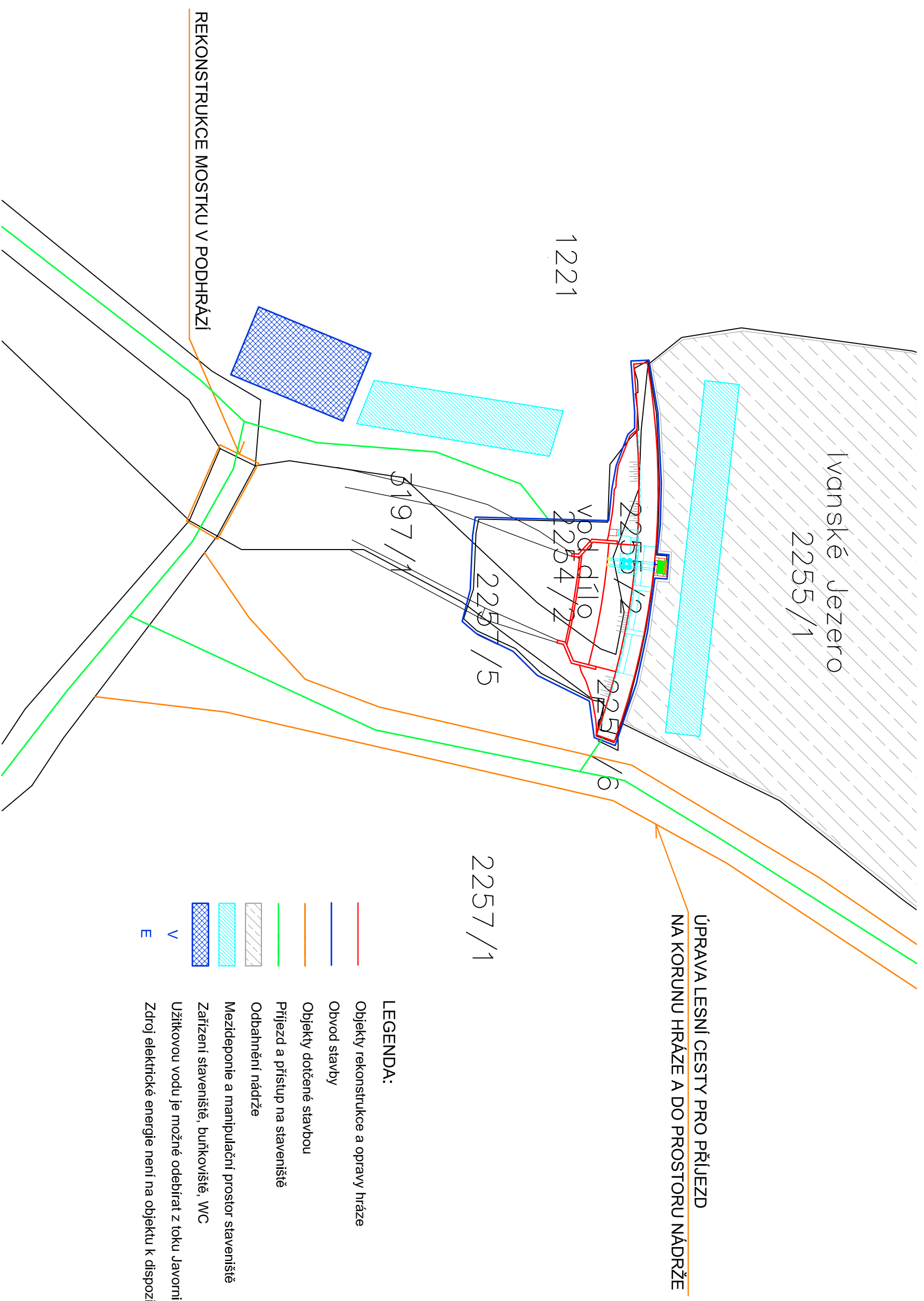
MĚŘÍTKO 1 : 20 000



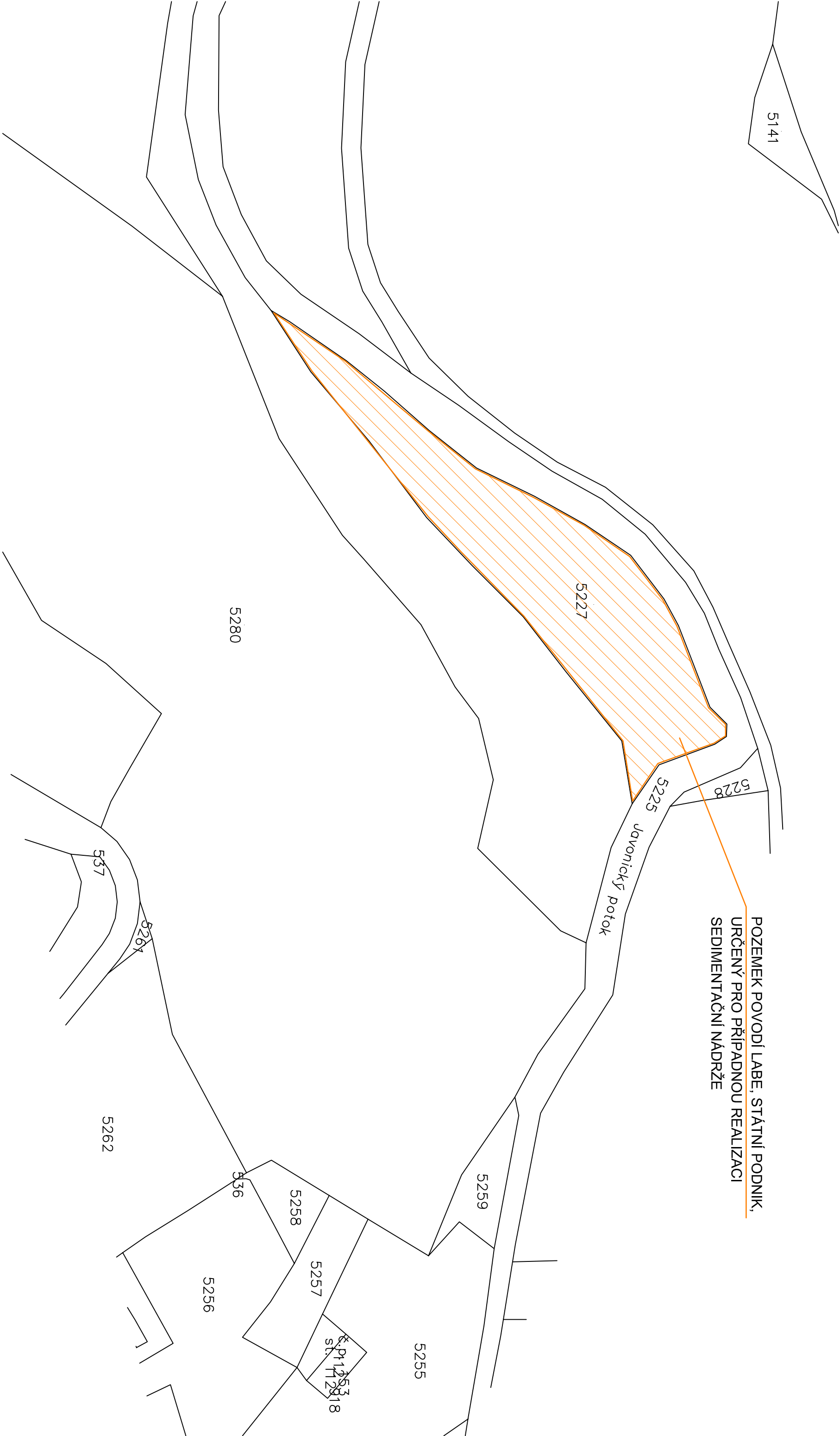
LEGENDA:

- hranice ochranných pásem vodních zdrojů, které lze vyjádřit v měřítku mapy (1:1-III, pásmo)
- CHOPAV hranice chráněných oblastí přirozené akumulace vody
- R chráněné území
- hranice chráněných území
- CHKO chráněné krajinné oblasti

ZAKRESLENÍ VYBRANÉ VARIANTY ŘEŠENÍ OPRAVY HRÁZE DO KATASTRÁLNÍ MAPY

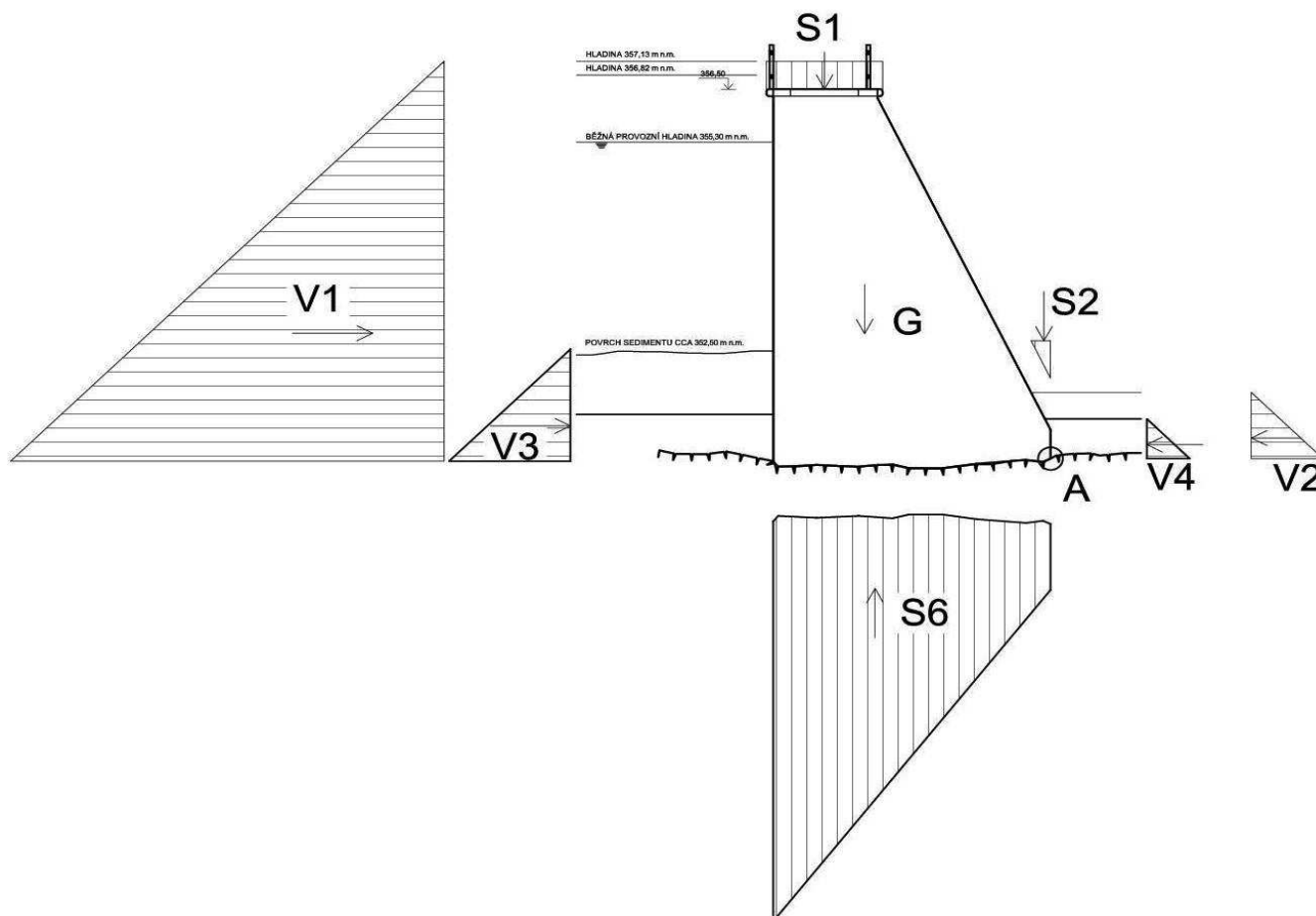


VÝŘEZ ČÁSTI KATASTRÁLNÍ MAPY NA PŘÍTOKU DO NÁDRŽE IVANSKÉHO JEZERA



ZATĚŽOVACÍ STAV 1

Posouzení stability stávající hráze po rekonstrukci v nejvyšším profilu, hladina vody v nádrži je na úrovni 357,13 m n.m., za převodu Q100, otočení okolo vzdušní paty - bod A, teoretický vztlakový obrazec

**Parametry na základové spáře**

- souč. tření na základ. spáře	$f =$	0,75
- soudržnost na základové spáře	$c =$	0,2 MPa
- měrná hmotnost kamenného zdiva	$\gamma_z =$	25 kN/m ³
- měrná hmotnost vody	$\gamma_v =$	9,81 kN/m ³

Zemina - zásypový materiál (jedná se o sypký, nesoudržný materiál)

- úhel vnitřního tření	$\varphi =$	30 °	- souč. zem. tlaku v klidu	$K_f =$	0,450
- soudržnost	$c_u =$	0 kPa	- souč. aktivního zem. tlaku	$K_a =$	0,333
- suchá zemina	$\gamma_{su} =$	18 kN/m ³	- souč. pasivního zem. tlaku	$K_p =$	3,000
- zvodnělá zemina	$\gamma_{zv} =$	9 kN/m ³			
- jeřáb, ocel	$\gamma_{oc} =$	80 kN/m ³			

výpočet sil - svislé	V (m³)	γ (kN/m³)	F (kN)	r (m)	M (kNm)
vlastní tíha G	34,87	25,00	871,75	3,58	3120,87
tíha horní vody svislá S ₁	1,53	9,81	15,01	4,72	70,84
tíha dolní vody svislá S ₂	0,17	9,81	1,67	0,14	0,23
vztlak S ₆	31,14	9,81	-305,48	3,57	-1090,58
výpočet sil - vodorovné	V (m³)	γ (kN/m³)	F (kN)	r (m)	M (kNm)
horní voda V ₁	40,96	9,81	-401,82	2,96	-1189,38
dolní voda V ₂	1,12	9,81	10,99	0,50	5,47
zemina horní zvodnělá V ₃	3,21	9,00	-28,89	0,78	-22,65
zemina dolní zvodnělá V ₄	0,40	9,00	1,63	0,30	0,49

Síly působící na konstrukci

síly svislé	ΣN =	582,94 kN	
síly vodorovné	ΣT =	-418,09 kN	
výslednice	ΣF =	717,37 kN	
výsledný moment	M _v =	895,30 kNm	
těžiště výslednice	X _t =	3,60 m	
	Y _t =	-2,88 m	
rameno výslednice	R =	1,25 m	... vztaženo k patě vzdušního líce

1) bezpečnost proti posunutí

$$m = \frac{f \cdot \sum N'}{\sum T'} > 1,2$$

$$\underline{m} = \underline{1,05} < \underline{1,2}$$

$$m = \frac{f \cdot \sum N' + c \cdot s}{\sum T'} > 4,0$$

$$\underline{m} = \underline{3,92} > \underline{4,0}$$

2) posouzení únosnosti základové spáry

normálové napětí na základové spáře

$$\sigma = -\frac{\sum N'}{s \cdot b} \cdot \left(1 \pm \frac{6 \cdot e}{s}\right) < R_d = \frac{\sigma_c}{r \cdot p}$$

tento vztah platí za předpokladu, že napětí na základové spáře probíhá podle zákona přímky (- tlak).

R_d ... výpočtová únosnost základové spáry -pevnost ... σ_c = 50 MPa ... Hodnota upravena dle lab. zkoušek na odebraných vzorcích podloží.

souč. kvality horniny... r = 15

souč. diskontinuit ... p = 2,5

R_d = 1333 kPa

excentrita e = 1,464 m

délka zákl. spáry s = 6 m

b = 1 m

normální napětí na základové spáře u paty vzdušního líce ...

σ_A = -239 kPa < R_d

normální napětí na základové spáře u paty návodního líce ...

σ_B = 45 kPa < R_d

Rozdělení napětí podle zákona přímky nelze vzhledem k tvarové složitosti konstrukce zcela předpokládat.

Je nutno proto brát uvedené výsledky jako orientační.

3) bezpečnost proti překlopení okolo paty návodního líce

moment působící proti překlopení

$$M_1 = 3197,9 \text{ kNm}$$

moment působící překlopení

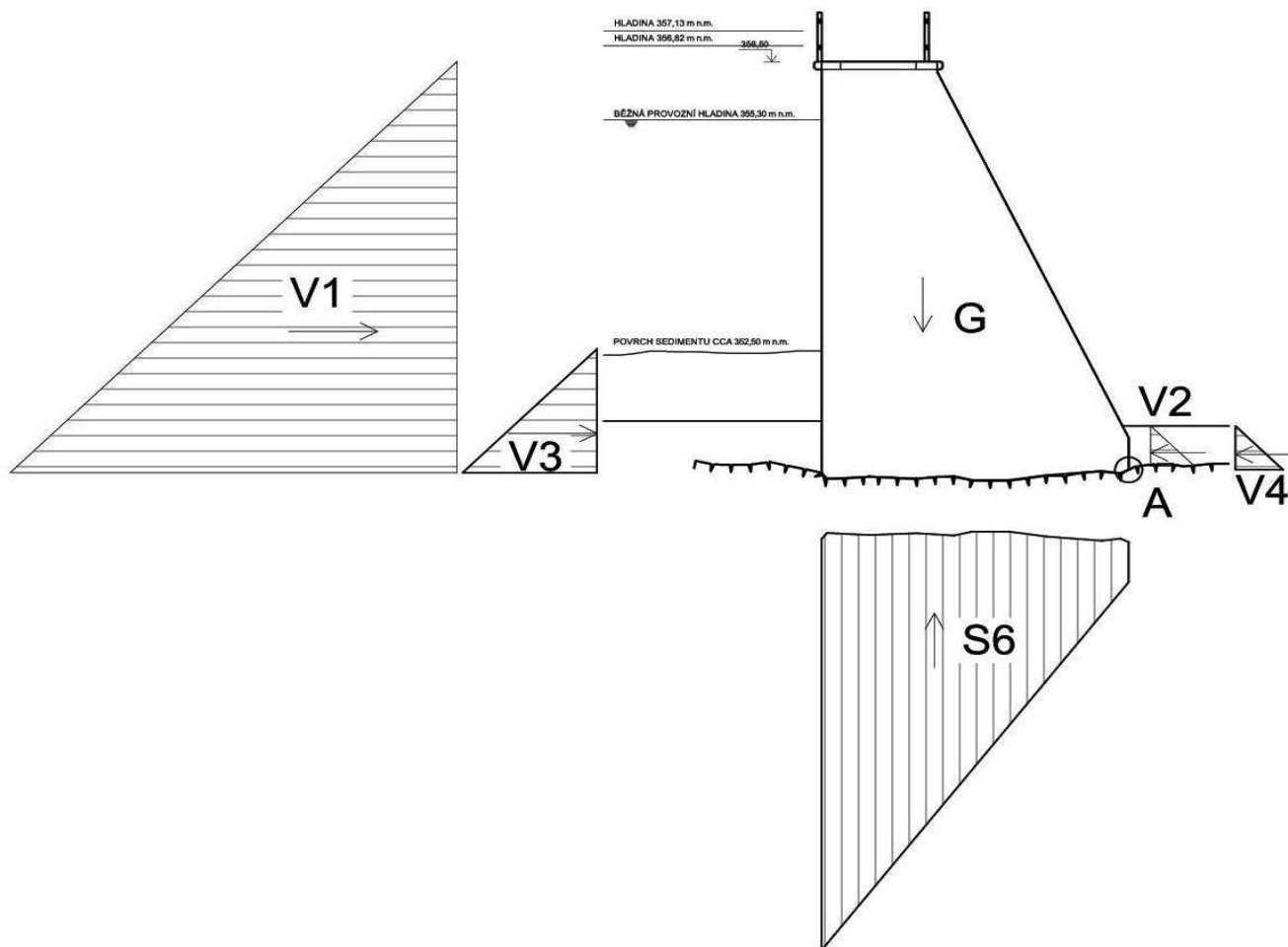
$$M_2 = 2302,6 \text{ kNm}$$

$$p = \frac{M_1}{M_2} > 1,5$$

$$\underline{p} = \underline{1,39} > \underline{1,5}$$

ZATĚŽOVACÍ STAV 2

Posouzení stability stávající hráze po rekonstrukci v nejvyšším profilu, hladina vody v nádrži je na úrovni 356,50 m n.m., koruna hráze, otočení okolo vzdušní paty - bod A, teoretický vztlakový obrazec

**Parametry na základové spáře**

- souč. tření na základ. spáře	$f =$	0,75
- soudržnost na základové spáře	$c =$	0,2 MPa
- měrná hmotnost kamenného zdiva	$\gamma_z =$	25 kN/m ³
- měrná hmotnost vody	$\gamma_v =$	9,81 kN/m ³

Zemina - zásypový materiál (jedná se o sypký, nesoudržný materiál)

- úhel vnitřního tření	$\varphi =$	30 °	- souč. zem. tlaku v klidu	$K_f =$	0,450
- soudržnost	$c_u =$	0 kPa	- souč. aktivního zem. tlaku	$K_a =$	0,333
- suchá zemina	$\gamma_{su} =$	18 kN/m ³	- souč. pasivního zem. tlaku	$K_p =$	3,000
- zvodnělá zemina	$\gamma_{zv} =$	9 kN/m ³			
- jeřáb, ocel	$\gamma_{oc} =$	80 kN/m ³			

výpočet sil - svislé	V (m³)	γ (kN/m³)	F (kN)	r (m)	M (kNm)
vlastní tíha G	34,87	25,00	871,75	3,58	3120,87
vztlak S ₆	27,37	9,81	-268,50	3,67	-985,39
výpočet sil - vodorovné	V (m³)	γ (kN/m³)	F (kN)	r (m)	M (kNm)
horní voda V ₁	35,45	9,81	-347,76	2,75	-956,35
dolní voda V ₂	0,34	9,81	3,34	0,35	1,17
zemina dolní suchá V ₄	0,40	18,00	3,26	0,30	0,98

Síly působící na konstrukci

síly svislé	ΣN =	603,25 kN	
síly vodorovné	ΣT =	-370,05 kN	
výslednice	ΣF =	707,71 kN	
výsledný moment	M _v =	1158,61 kNm	
těžiště výslednice	X _t =	3,54 m	
	Y _t =	-2,64 m	
rameno výslednice	R =	1,64 m	... vztaženo k patě vzdušního líce

1) bezpečnost proti posunutí

$$m = \frac{f \cdot \sum N'}{\sum T'} > 1,2$$

$$\underline{m} = \underline{1,22} \geq \underline{1,2}$$

$$m = \frac{f \cdot \sum N' + c \cdot s}{\sum T'} > 4,0$$

$$\underline{m} = \underline{4,47} \geq \underline{4,0}$$

2) posouzení únosnosti základové spáry

normálové napětí na základové spáře

$$\sigma = -\frac{\sum N'}{s \cdot b} \cdot \left(1 \pm \frac{6 \cdot e}{s}\right) < R_d = \frac{\sigma_c}{r \cdot p}$$

tento vztah platí za předpokladu, že napětí na základové spáře probíhá podle zákona přímky (- tlak).

R_d ... výpočtová únosnost základové spáry -pevnost ... σ_c = 50 MPa ... Hodnota upravena dle lab. zkoušek na odebraných vzorcích podloží.

souč. kvality horniny... r = 15

souč. diskontinuit ... p = 2,5

R_d = 1333 kPa

excentrita e = 1,079 m

délka zákl. spáry s = 6 m

b = 1 m

normální napětí na základové spáře u paty vzdušního líce ...

σ_A = -209 kPa < R_d

normální napětí na základové spáře u paty návodního líce ...

σ_B = 8 kPa < R_d

Rozdělení napětí podle zákona přímky nelze vzhledem k tvarové složitosti konstrukce zcela předpokládat.

Je nutno proto brát uvedené výsledky jako orientační.

3) bezpečnost proti překlopení okolo paty návodního líce

moment působící proti překlopení

$$M_1 = 3123,0 \text{ kNm}$$

moment působící překlopení

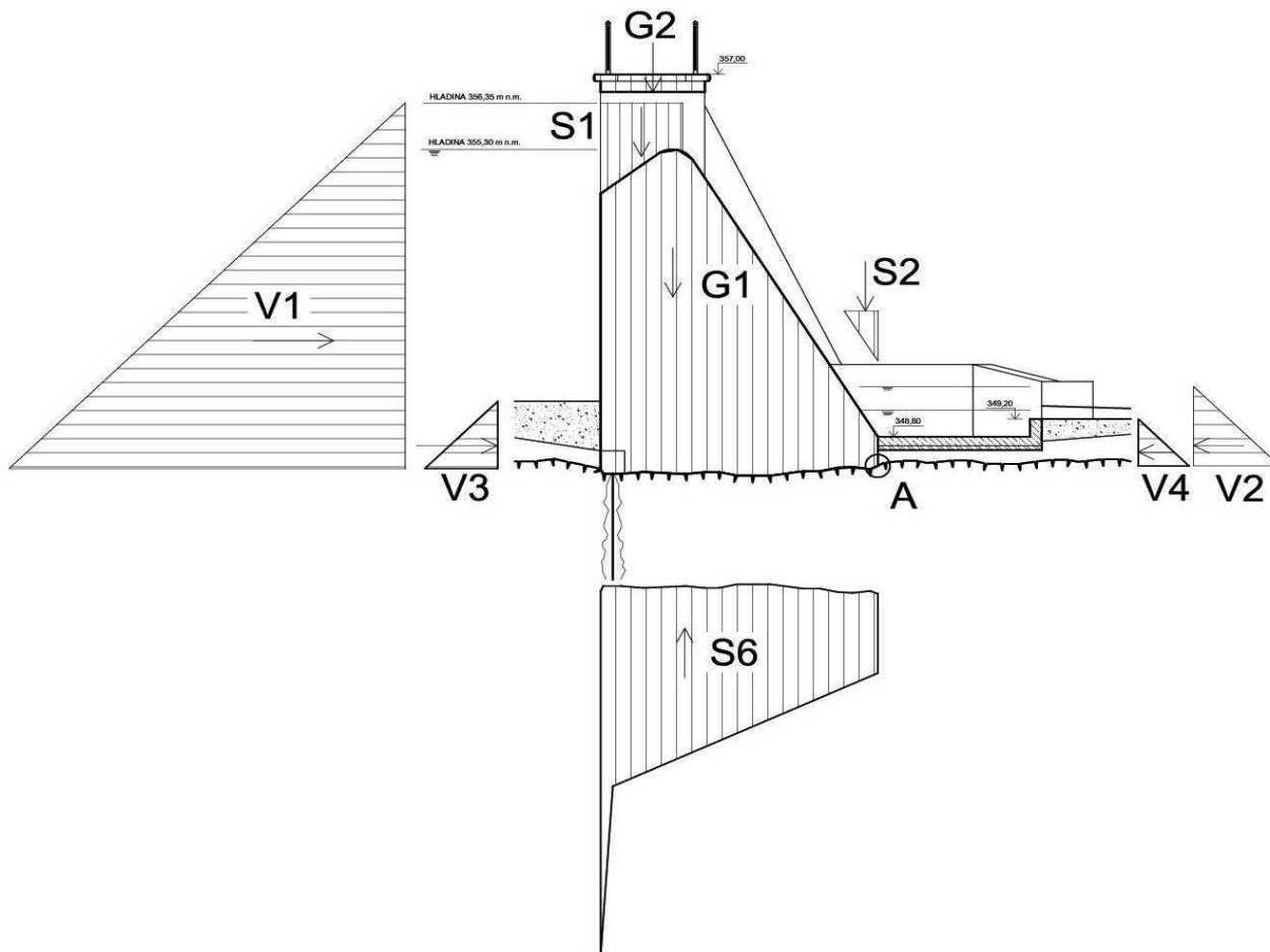
$$M_2 = 1964,4 \text{ kNm}$$

$$p = \frac{M_1}{M_2} > 1,5$$

$$\underline{p} = \underline{1,59} > \underline{1,5}$$

ZATĚŽOVACÍ STAV 3

**Posouzení bloku nové hráze v profilu korunového přelivu,
hladina vody v nádrži je na úrovni 356,35 m n.m., za převodu Q100
otočení okolo vzdušní paty - bodu A,
uvážení injekční clony a teoretického vztlakového obrazce**

**Parametry na základové spáře**

- souč. tření na základ. spáře	$f =$	0,75
- soudržnost na základové spáře	$c =$	0,2 MPa
- měrná hmotnost železobetonu	$\gamma_z =$	24 kN/m ³
- měrná hmotnost vody	$\gamma_v =$	9,81 kN/m ³

Zemina - zásypový materiál (jedná se o sypký, nesoudržný materiál)

- úhel vnitřního tření	$\varphi =$	30 °	- souč. zem. tlaku v klidu	$K_r =$	0,450
- soudržnost	$c_u =$	0 kPa	- souč. aktivního zem. tlaku	$K_a =$	0,333
- suchá zemina	$\gamma_{su} =$	18 kN/m ³	- souč. pasivního zem. tlaku	$K_p =$	3,000
- zvodnělá zemina	$\gamma_{zv} =$	9 kN/m ³			
- jeřáb, ocel	$\gamma_{oc} =$	80 kN/m ³			

výpočet sil - svislé	V (m³)	γ (kN/m³)	F (kN)	r (m)	M (kNm)
vlastní tíha G ₁	28,49	24,00	683,76	3,56	2434,19
vlastní tíha G ₂	0,90	9,81	8,83	4,71	41,58
tíha přepadového paprsku S ₁	2,49	9,81	24,43	5,03	122,87
tíha dolní vody svislá S ₂	0,40	9,81	3,92	0,23	0,90
vztlak S ₆	20,10	9,81	-197,18	3,40	-670,42
výpočet sil - vodorovné	V (m³)	γ (kN/m³)	F (kN)	r (m)	M (kNm)
horní voda V ₁	34,20	9,81	-335,50	2,70	-905,86
dolní voda V ₂	1,61	9,81	15,79	0,60	9,48
zemina horní zvodnělá V ₃	1,15	9,00	-4,66	0,44	-2,05
zemina dolní zvodnělá V ₄	0,56	9,00	2,27	0,35	0,79

Síly působící na konstrukci

síly svislé	ΣN =	523,76 kN	
síly vodorovné	ΣT =	-322,10 kN	
výslednice	ΣF =	614,87 kN	
výsledný moment	M _v =	1031,49 kNm	
těžiště výslednice	X _t =	3,68 m	
	Y _t =	2,79 m	
rameno výslednice	R =	1,68 m	... vztaženo k patě vzdušního líce

1) bezpečnost proti posunutí

$$m = \frac{f \cdot \sum N'}{\sum T'} > 1,2$$

$$\underline{m = 1,22 > 1,2}$$

$$m = \frac{f \cdot \sum N' + c \cdot s}{\sum T'} > 4,0$$

$$\underline{m = 4,95 > 4,0}$$

2) posouzení únosnosti základové spáry

normálové napětí na základové spáře

$$\sigma = -\frac{\sum N'}{s \cdot b} \cdot \left(1 \pm \frac{6 \cdot e}{s}\right) < R_d = \frac{\sigma_c}{r \cdot p}$$

tento vztah platí za předpokladu, že napětí na základové spáře probíhá podle zákona přímky (- tlak).

R_d ... výpočtová únosnost základové spáry -pevnost ... σ_c = 50 MPa ... Hodnota upravena dle lab. zkoušek na odebraných vzorcích podloží.

souč. kvality horniny... r = 15

souč. diskontinuit ... p = 2,5

R_d = 1333 kPa

excentrita e = 1,031 m

délka zákl. spáry s = 6 m

b = 1 m

normálové napětí na základové spáře u paty vzdušního líce ...

σ_A = -177 kPa < R_d

normálové napětí na základové spáře u paty návodního líce ...

σ_B = 3 kPa < R_d

Rozdělení napětí podle zákona přímky nelze vzhledem k tvarové složitosti konstrukce zcela předpokládat.

Je nutno proto brát uvedené výsledky jako orientační.

3) bezpečnost proti překlopení okolo paty návodního líce

moment působící proti překlopení

$$M_1 = 2609,8 \text{ kNm}$$

moment působící překlopení

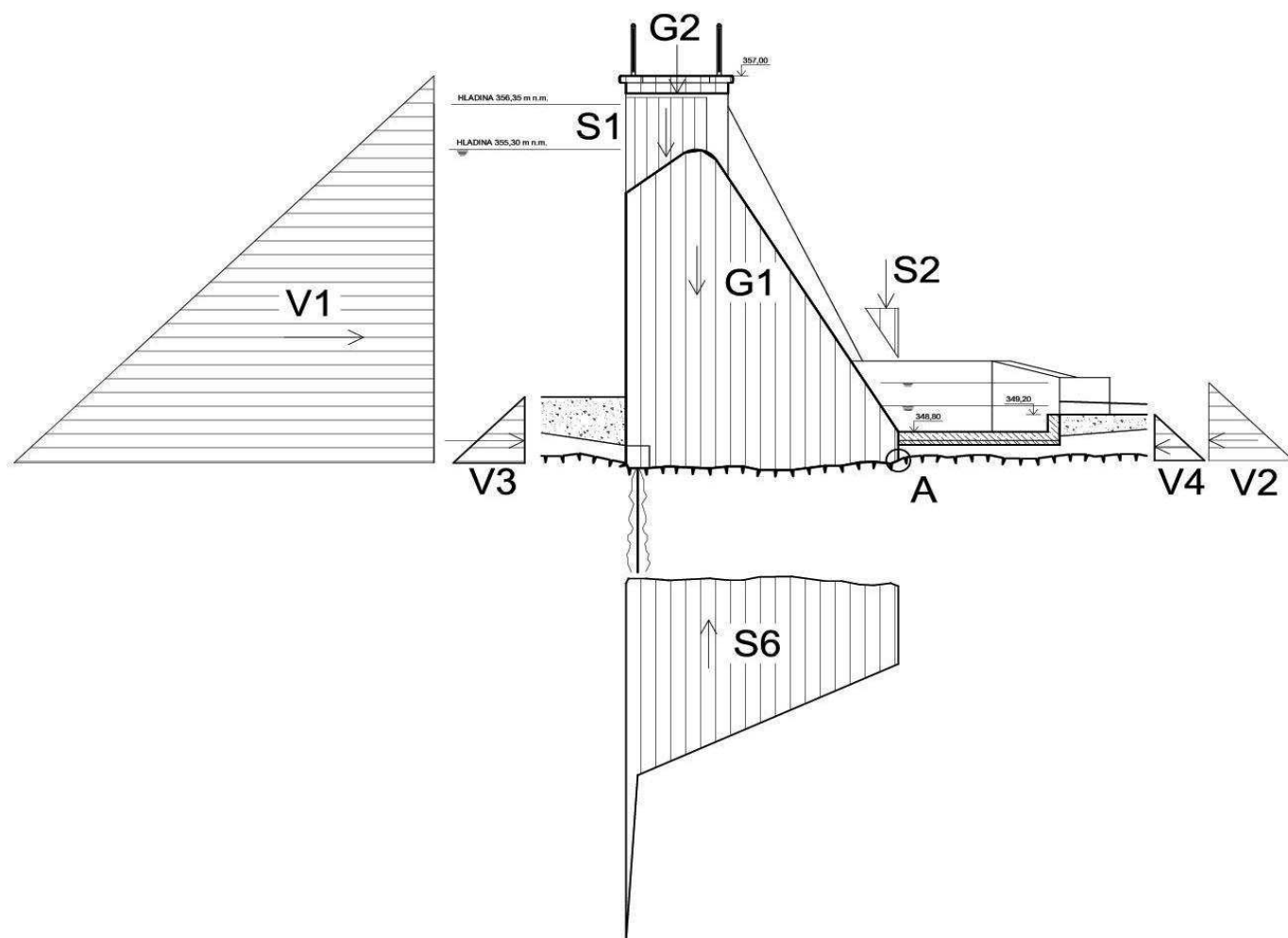
$$M_2 = 670,4 \text{ kNm}$$

$$p = \frac{M_1}{M_2} > 1,5$$

$$\underline{p} = \underline{3,89} > \underline{1,5}$$

ZATĚŽOVACÍ STAV 4

**Posouzení bloku nové hráze v profilu korunového přelivu,
hladina vody v nádrži je na úrovni 357,00 m n.m. koruny hráze,
otočení okolo vzdušní paty - bodu A,
uvážení injekční clony a teoretického vztlakového obrazce**

**Parametry na základové spáře**

- souč. tření na základ. spáře	$f =$	0,75
- soudržnost na základové spáře	$c =$	0,2 MPa
- měrná hmotnost železobetonu	$\gamma_z =$	24 kN/m ³
- měrná hmotnost vody	$\gamma_v =$	9,81 kN/m ³

Zemina - zásypový materiál (jedná se o sypký, nesoudržný materiál)

- úhel vnitřního tření	$\varphi =$	30 °	- souč. zem. tlaku v klidu	$K_r =$	0,450
- soudržnost	$c_u =$	0 kPa	- souč. aktivního zem. tlaku	$K_a =$	0,333
- suchá zemina	$\gamma_{su} =$	18 kN/m ³	- souč. pasivního zem. tlaku	$K_p =$	3,000
- zvodnělá zemina	$\gamma_{zv} =$	9 kN/m ³			
- jeřáb, ocel	$\gamma_{oc} =$	80 kN/m ³			

výpočet sil - svislé	V (m³)	γ (kN/m³)	F (kN)	r (m)	M (kNm)
vlastní tíha G ₁	28,49	24,00	683,76	3,56	2434,19
vlastní tíha G ₂	0,90	9,81	8,83	4,71	41,58
tíha přepadového paprsku S ₁	2,74	9,81	26,88	5,02	135,02
tíha dolní vody svislá S ₂	0,40	9,81	3,92	0,23	0,90
vztlak S ₆	19,40	9,81	-190,31	3,36	-639,46
výpočet sil - vodorovné	V (m³)	γ (kN/m³)	F (kN)	r (m)	M (kNm)
horní voda V ₁	39,78	9,81	-390,24	2,91	-1135,60
dolní voda V ₂	1,61	9,81	15,79	0,60	9,48
zemina horní zvodnělá V ₃	1,15	9,00	-4,66	0,44	-2,05
zemina dolní zvodnělá V ₄	0,56	9,00	2,27	0,35	0,79

Síly působící na konstrukci

síly svislé	ΣN =	533,08 kN	
síly vodorovné	ΣT =	-376,84 kN	
výslednice	ΣF =	652,82 kN	
výsledný moment	M _v =	844,85 kNm	
těžiště výslednice	X _t =	3,70 m	
	Y _t =	2,99 m	
rameno výslednice	R =	1,29 m	... vztaženo k patě vzdušního líce

1) bezpečnost proti posunutí

$$m = \frac{f \cdot \sum N'}{\sum T'} > 1,2$$

$$\underline{m = 1,06 < 1,2}$$

$$m = \frac{f \cdot \sum N' + c \cdot s}{\sum T'} > 4,0$$

$$\underline{m = 4,25 > 4,0}$$

2) posouzení únosnosti základové spáry

normálové napětí na základové spáře

$$\sigma = -\frac{\sum N'}{s \cdot b} \cdot \left(1 \pm \frac{6 \cdot e}{s}\right) < R_d = \frac{\sigma_c}{r \cdot p}$$

tento vztah platí za předpokladu, že napětí na základové spáře probíhá podle zákona přímky (- tlak).

R_d ... výpočtová únosnost základové spáry -pevnost ... σ_c = 50 MPa ... Hodnota upravena dle lab. zkoušek na odebraných vzorcích podloží.

souč. kvality horniny... r = 15

souč. diskontinuit ... p = 2,5

R_d = 1333 kPa

excentrita e = 1,415 m

délka zákl. spáry s = 6 m

b = 1 m

normálné napětí na základové spáře u paty vzdušního líce ...

σ_A = -215 kPa < R_d

normálné napětí na základové spáře u paty návodního líce ...

σ_B = 37 kPa < R_d

Rozdělení napětí podle zákona přímky nelze vzhledem k tvarové složitosti konstrukce zcela předpokládat.

Je nutno proto brát uvedené výsledky jako orientační.

3) bezpečnost proti překlopení okolo paty návodního líce

moment působící proti překlopení

 $M_1 = 2622,0 \text{ kNm}$

moment působící překlopení

 $M_2 = 639,5 \text{ kNm}$

$$p = \frac{M_1}{M_2} > 1,5$$

$$\underline{p} = \underline{4,10} > \underline{1,5}$$

POSUDEK

o potřebě, popřípadě návrhu podmínek provádění technickobezpečnostního dohledu (TBD) a k zařazení vodního díla do kategorie podle § 61 odst. 4 zákona č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění zákona č. 150/2010 Sb.:

VODNÍ DÍLO

IVANSKÉ JEZERO

„po realizaci opatření k zajištění bezpečnosti a stability vodního díla“

IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Kraj:	Královéhradecký
Okres:	Rychnov nad Kněžnou
Vodoprávní úřad:	MěÚ Rychnov nad Kněžnou
Obec:	Rychnov nad Kněžnou, k.ú. Rychnov nad Kněžnou
Vodní tok:	Javornický potok, ř. km 3,400
Číslo hydrologického pořadí povodí:	1-02-01-0760-0-00
Druh a typ díla:	původní hráz zděná z lomového kamene, nová hráz železobetonová, nádrž průtočná
Účel:	vodohospodářský, ekologický, krajinnotvorný, rybochovný
Vlastník:	Česká republika, právo hospodařit s majetkem státu pro Povodí Labe, státní podnik, Víta Nejedlého 951, 500 03 Hradec Králové

Výše uvedené vodní dílo, určené ke vzdouvání nebo zadržování vody navrhujeme na základě ustanovení § 61, odst. 2 a 4, zákona č. 254/2001 Sb., o vodách, ponechat zařazené „po realizaci opatření k zajištění bezpečnosti a stability vodního díla“ v:

IV. kategorii.

ZDŮVODNĚNÍ

Kategorie byla navržena podle kritérií, uvedených v příloze č. 1, vyhlášky č. 471/2001 Sb., o technickobezpečnostním dohledu nad vodními díly, ve znění vyhlášky č. 255/2010 Sb., a po stanovení potenciálu škod postupem, uvedeným v Metodickém pokynu MZe ke zpracování posudků pro zařazení vodního díla do kategorie z hlediska technickobezpečnostního dohledu s návrhem podmínek provádění dohledu. Potenciál škod vyjadřuje součet bodového ohodnocení možných škod, ke kterým by došlo, pokud by vodní dílo havarovalo (došlo by k protržení vzdouvací konstrukce) při plném vzduť v nádrži. Do těchto škod byly zahrnuty ztráty a ohrožení lidských životů, přímé škody na díle a v území na toku pod ním, ztráty způsobené jeho vyřazením z provozu a další nepřímé škody.

Posudek byl vypracován v souladu s § 61, odst. 9 a 10 zákona č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění zákona č. 150/2010 Sb. odborně způsobilou osobou pověřenou MZe ke zpracování posudků pro zařazení vodních děl do kategorií z hlediska TBD. Posudek slouží pro potřeby vodoprávního úřadu, jehož samostatné rozhodnutí o rozsahu a podmínkách provádění TBD a o zařazení určeného vodního díla do kategorie je zpravidla součástí řízení o povolení jeho stavby nebo změny.

Pravomocné rozhodnutí vodoprávního úřadu bude rozesláno na vědomí ústřednímu vodoprávnímu úřadu a zpracovateli posudku doporučeným dopisem nebo přes datovou schránku.

Vstupní údaje pro pracovní postup při stanovení potenciálu škod a návrhu kategorie jsou shrnuty do standardně vedeného dotazníku uloženého u zpracovatele posudku, z něhož uvádíme:

Plocha povodí k profilu díla:	21,55 km ² (ČHMÚ)
N - leté průtoky:	$Q_{100} = 37,2 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (ČHMÚ)
	$Q_{50} = 29,4 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (ČHMÚ)
	$Q_{20} = 20,8 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (ČHMÚ)
Rozdíl mezi korunou hráze (případně max. možnou hladinou vody) a terénem při vzdušní patě hráze:	8 m
Objem vody v nádrži po korunu hráze 357,00 m n. m.:	51 000 m ³
Rozhodující (modifikovaný) průtok při havárii díla:	50 m ³ ·s ⁻¹
Ohrožené obyvatelstvo žijící v území na toku pod vodním dílem:	0 osob

Další údaje:

V případě havárie díla vzniknou škody jak na vlastní hrázi vodního díla „IVANSKÉ JEZERO“, tak i v území pod ní. Hodnocení potenciálu škod je ukončeno v profilu soutoku Javornického potoka s Kněžnou 3,4 km pod hrází posuzovaného vodního díla.

Požadavek na zabezpečení díla při povodni:

Ve smyslu vyhlášky č. 590/2002 Sb., o technických požadavcích na vodní díla, v platném znění je při výstavbě nového nebo změně stavby stávajícího díla nutné zabezpečit toto dílo při povodních s dobou opakování nejméně 100 let. Podrobně jsou podmínky uvedeny v ČSN 752935 Posuzování vodních děl při povodních.

Potenciál škod: **P = 5 bodů**

Podle § 3 vyhlášky č. 471/2001 Sb., o TBD nad vodními díly, ve znění vyhlášky č. 255/2010 Sb., patří vodní dílo „IVANSKÉ JEZERO - po realizaci opatření k zajištění bezpečnosti a stability vodního díla“ mezi určená vodní díla, která podléhají TBD. Jeho základní rozsah a četnost provádění jsou stanoveny rovněž touto vyhláškou a vyplývají z § 62 zákona č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění zákona č. 150/2010 Sb. Další podmínky není třeba doplňovat.

V Praze, dne 12. 12. 2016

Vypracoval:

Ing. Stanislav Plecítý

Za VODNÍ DÍLA - TBD a.s.:

Ing. Miloš Sedláček
ředitel a prokurista

CO: - vlastní