

VD LES KRÁLOVSTVÍ

Návrh rozšíření systému TBD a zavedení automatického monitoringu



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. Tomáš Klemša
Vypracoval	Ing. Tomáš Klemša
Spolupráce	Renata Maxová

**VD LES KRÁLOVSTVÍ
NÁVRH ROZŠÍŘENÍ SYSTÉMU TBD A ZAVEDENÍ
AUTOMATICKÉHO MONITORINGU**

Objednatel	Povodí Labe, státní podnik
Číslo projektu	P122/14
Archivní číslo	2014/188
Vypracováno	V Praze, září 2014

OBSAH

1	ÚVOD	2
2	SOUČASNÝ STAV MĚŘENÍ A POZOROVÁNÍ TBD	4
3	INVENTARIZACE ZAŘÍZENÍ PRO KONTROLNÍ MĚŘENÍ	6
3.1	Měrná místa průsaků	6
3.2	Vztlakoměrné vrty a pozorovací sondy	8
3.3	Zařízení pro měření deformací vzdušního líce hráze	10
3.4	Zařízení pro měření svislých posunů hráze	11
3.5	Vodorovné a svislé posuny na levé a dělicí zdi vývaru	11
3.6	Zařízení pro měření relativních pohybů na dilatačních sparách	12
4	NÁVRH ROZŠÍŘENÍ SYSTÉMU TBD	12
4.1	Doplnění měření vztlakoměrných vrtů a pozorovacích sond	12
4.2	Měření teploty zdiva	13
4.3	Měření deformací pomocí náklonoměru	14
4.4	Měření svislých posunů hráze	15
5	NÁVRH ZAVEDENÍ AUTOMATICKÉHO MONITORINGU VYBRANÝCH VELIČIN TBD	16
5.1	Výběr kontinuálně sledovaných jevů	16
5.1.1	Provozní a povětrnostní poměry	17
5.1.2	Tlakové poměry	17
5.1.3	Teploty zdiva	19
5.1.4	Zavádění dalších veličin do automatického monitoringu	20
5.2	Stanovení požadavků na monitorovací systém	21
5.3	Návrh systému a výběr dodavatele	23
6	ZÁVĚR	23
7	ROZDĚLOVNÍK	25
8	SEZNAM PŘÍLOH	25

1 ÚVOD

Návrh rozšíření systému měření TBD a zavedení automatického monitoringu vybraných veličin TBD na VD Les Království byl vypracován na základě smlouvy o dílo evidované u zhotovitele pod č. A1333/14 u objednavatele pod číslem D911130055 a mezi společnostmi VODNÍ DÍLA – TBD a.s. a státním podnikem Povodí Labe. Tento návrh vychází ze zkušeností z dlouholetého sledování a hodnocení díla v rámci technickobezpečnostního dohledu (dále také TBD) a navazuje na předchozí doporučení v dokumentech TBD (etapové zprávy).

Cílem návrhu je:

- provést inventarizaci kontrolních zařízení pro měření TBD včetně zhodnocení jejich funkčnosti a technického stavu,
- navrhnout rozšíření systému TBD, nová měřicí zařízení nebo úpravy stávajících,
- vybrat kontinuálně sledované jevy,
- stanovit požadavky na měřicí zařízení (čidla) a popis vyplývajících stavebních úprav,
- stanovit požadavky na monitorovací systém.

Účelem návrhu rozšíření systému TBD na VD Les Království je zkvalitnění této odborné činnosti na vodním díle. Tato činnost je z praktických důvodů spojena i se zavedením automatického monitoringu vybraných veličin TBD, tak aby dílo bylo v tomto pohledu modernizováno komplexně a systematicky.

Účelem návrhu monitoringu je specifikovat rozsah jeho zavádění, přípravné práce a postupy realizace s případným rozšířením (rozvojem) v následujících letech. Základním bodem je stanovení nejdůležitějších sledovaných veličin z hlediska bezpečnosti vodního díla. V dalších bodech jsou pak stanoveny požadavky na monitorovací systém a návrh systému, jako podklad pro výběr dodavatele.

Vybudováním monitorovacího systému s automatickým sledováním vybraných jevů TBD se sleduje hlavně zkvalitnění výkonu TBD:

- předsunutým testováním hodnot měřených veličin přímo na díle bez zásadního ovlivnění lidským činitelem,
- včasným rozpoznáním nástupu a vývoje případných nestandardních situací v „chování“ díla,
- zdokonalením výkonu TBD obsluhou díla,
- sjednocením datového formátu pro přenos výsledků měření k hlavním pracovníkům TBD (HP TBD).

Na základě současného stavu měření a pozorování TBD (organizace TBD, přehled sledovaných jevů a popis příslušných měřených veličin včetně četností měření) a koncepčních zásad pro zavádění automatického monitoringu TBD na VD je navržen cílový soubor veličin, vhodných pro kontinuální sledování vybraných jevů na VD Les Království.

Předmět zájmu tohoto návrhu je zúžen na problematiku zajištění a výkonu TBD nad vodním dílem. Součástí návrhu není řešení dalších souvisejících odborných a administrativních agend (např. plánování prohlídek a revizí, evidence písemností, dokladů a odborné dokumentace, evidence závad ...atd.).

Použité podklady

- 1) Program TBD pro provoz trvalý - platný od 1.1.2002
- 2) 4. Souhrnná etapová zpráva o TBD za období od 1.10.2001 do 31.5. 2011, Archivní číslo: 2011/135, VODNÍ DÍLA – TBD a.s., červenec 2011
- 3) Etapová zpráva TBD za období od 1.6.2011 do 31.5.2013, Archivní číslo: 2013/097, VODNÍ DÍLA – TBD a.s., červen 2013
- 4) Revidovaný Manipulační řád vodního díla Les Království, Vypracoval: Povodí Labe, státní podnik, Víta Nejedlého 951, 500 03 Hradec Králové 3 v červnu 2007
- 5) VD Les Království, Stanovení mezní bezpečné hladiny vody v nádrži, Archivní číslo: 2007/371, VODNÍ DÍLA – TBD a.s., prosinec 2007
- 6) VD Les Království, Posudek bezpečnosti vodního díla při povodních, Archivní číslo: 2008/126, VODNÍ DÍLA – TBD a.s., listopad 2008
- 7) Výsledky měření vybraných provozních veličin a veličin TBD a výsledky periodických měření, prohlídek a obchůzek, prováděných obsluhou díla podle PTBD
- 8) Výsledky prohlídek prováděných HPTBD a specialisty a.s. VODNÍ DÍLA – TBD v rámci výkonu TBD
- 9) Archivní dokumentace přehrady Les Království (dochovaná část, uložená na díle)

2 SOUČASNÝ STAV MĚŘENÍ A POZOROVÁNÍ TBD

Správce vodního díla - Povodí Labe, s.p. zajišťuje provádění TBD prostřednictvím pověřené odborné organizace VODNÍ DÍLA - TBD a.s. Na výkonu pravidelných pozorování a měření se podílejí obě zúčastněné organizace v rozsahu stanoveném Programem TBD. Program TBD pro provoz trvalý - platný od 1.1.2002 byl zpracován podle příslušných ustanovení zákona č.254/2001 Sb., o vodách (vodní zákon) a vyhlášky č.471/2001 Sb. o technickobezpečnostním dohledu nad vodními díly.

TBD je realizován soubory pozorování a měření prováděnými pracovníky správce a pověřené organizace. Jejich výčet, účel, systém měření a hodnocení výsledků jsou obsahem kapitoly 3.

V rámci běžného provozu a výkonu TBD jsou obsluhou díla sledovány provozní a meteorologické poměry (stav hladiny vody v nádrži, odtok a přítok do nádrže, teplota vzduchu v 7 hodin, srážky, sněh). Pro tato měření jsou využívány údaje z monitorovacího systému vodohospodářského dispečinku (VDH PL). Dále jsou sledovány průsakové poměry a vztlakové poměry.

Specializovaná měření deformací provádí geodetická skupina Povodí Labe, státní podnik a pracovníci pověřené organizace (VODNÍ DÍLA – TBD a.s.), kteří zajišťují i hodnocení těchto spec. měření.

V současné době jsou na vodním díle Les Království v rámci monitorovacího systému VHD PL nebo obsluhou pravidelně měřeny následující vodohospodářská měření a pozorování, potřebná pro řízení a kontrolu provozu díla:

Za normálního provozu se sleduje a zaznamenává denně v 7,00 hod.:

- kóta hladiny vody v nádrži, objem vody v nádrži,
- přítok do nádrže (bilanční),
- odtok z nádrže (včetně manipulací s uzavěry výpustných zařízení v čase provedení, respektive vodní elektrárnou),
- teplota vzduchu, teplota vody v nádrži,
- max. – min. denní teplota vzduchu,
- denní úhrn srážek + intenzita srážek,
- počasí,
- průhlednost vody.

V zimním období se dále sleduje:

- výška sněhové pokrývky a vodní hodnoty sněhu,
- tloušťka ledu na hladině nádrže.

Za zvýšených průtoků a za povodní, případně i v jiných mimořádných situacích sleduje obsluha VD vše dle výše uvedeného a dále zaznamenává:

- údaje o kapacitě a době převádění průtoků spodními výpustmi, případně i přelivy,
- jiná mimořádná zjištění.

Měření prováděná obsluhou jsou realizována denně v 7,00 hod. Automaticky sledované veličiny jsou zaznamenávány v intervalech nastavených z VHD PL (zpravidla 15 min.).

Všechna měřicí zařízení, pomůcky a přístroje pro měření povětrnostních a provozních poměrů jsou funkční. Vodní dílo Les Království je vybaveno automatickým monitorovacím systémem se sběrem a archivací dat potřebných pro řízení a kontrolu vodního díla. Aplikace, sloužící jednak k monitorování vodohospodářské a meteorologické situace na přehradě Les Království a v jejím blízkém okolí, jednak k řízení a monitorování technologie VD Les Království, byla pro obsluhu vodního díla vytvořena pomocí vizualizačního systému TIRS[®]32 firmy Coral s.r.o.

Všechna tato data jsou na vyžádání VHD PL přenášena do srážko-odtokového modelu HYDROG určeného pro operativní řízení vodního díla. Celý systém tak zajišťuje předpověď možného očekávaného vývoje hydrologické situace a dává doporučení k řízení vodního díla.

Většina údajů z monitorovacího systému provozních veličin VHD PL je využívána i pro potřeby TBD. Údaje jsou uváděny do pravidelných hlášení TBD.

Významnou součástí měření TBD je i měření vztlakových a průsakových poměrů. S týdenní četností jsou obsluhou díla měřeny základní průsaky v dolní a horní revizní chodbě. S četností 1x týdně jsou měřeny tlaky na základové spáře a s četností 1 x měsíčně hladiny ve vrtech v levobřežní těsnící zdi.

S četností 2x ročně za období dvou let jsou měřeny vodorovné a svislé deformace kontrolních bodů na vzdušném líci hráze metodou protínání vpřed. Svislé deformace pravého zavázání hráze a levobřežní zdi vývaru měřené metodou velmi přesné nivelace (VPN), jsou určovány s četností 1x za 5 let. Tato měření provádí geodetická skupina Povodí Labe, s.p.

Dalším prvkem TBD jsou pravidelné prohlídky konané obsluhou díla s denní četností. Výsledky z těchto prohlídek jsou ve formě hlášení zasílány oběma hlavním pracovníkům TBD k rozboru a posouzení.

Náležitá pozornost je věnována i stavu technologických zařízení na VD a jejich bezpečnému provozu. V rámci TBD jsou zajištěny pravidelné kontroly, které jsou rozděleny na 4 stupně významu. I. stupeň - funkční zkouška provádí obsluha díla (hrázný) při pravidelných obchůzkách díla; II. stupeň – provozní zkouška prováděná strojním odborníkem závodu Hradec Králové 1x ročně; III. stupeň – provozní prohlídka technologických zařízení za účasti strojního odborníka správce VD Povodí Labe, s.p. s četností 1x za 2 roky; IV. stupeň – komplexní prohlídka technologických zařízení za účasti strojních techniků správce díla Povodí Labe s.p. a pověřené organizace VD-TBD a.s. s nepravidelnou četností (přibližně 1x za 4 až 6 let), minimálně však 1x za 10 let. Tyto jsou případně podle nutnosti doplňovány prohlídkami mimořádnými. Tento systém byl zaveden podle Organizační směrnice generálního ředitele s.p. Povodí Labe (OS 02/1999), s platností od 1.3. 1999. Zápis z provozních, komplexních a mimořádných prohlídek technologických zařízení je zasílán oběma HP TBD.

Nedílnou součástí TBD jsou pravidelné prohlídky díla (technickobezpečnostní prohlídky - TBP) svolávané dle § 62 zákona č. 254/2001 Sb. HP TBD správce.

3 INVENTARIZACE ZAŘÍZENÍ PRO KONTROLNÍ MĚŘENÍ

V březnu 2014 jsme provedli vlastní inventarizaci kontrolních zařízení pro měření v prostorech hráze a v okolí přehrady. Průběžná inventarizace a ověření funkčnosti jednotlivých zařízení byla realizována v rámci TBD již v průběhu minulých let.

3.1 Měrná místa průsaků

Průsakový režim na díle je sledován vizuálně a zavedeným systematickým měřením. Podle umístění rozdělujeme sledované průsaky do následujících oblastí:

- průsaky pravobřežním zavázáním,
- průsaky hrázovým tělesem,
- průsaky levobřežním zavázáním,
- nově zjištěné průsaky v roce 2006.

Schéma rozmístění měřených a pozorovaných průsaků je uvedeno v situaci na příloze č.1.

Schéma rozmístění průsakoměrných míst a odvodňovacích vrtů v podélném řezu hrázovým tělesem je obsahem přílohy č.2.

V pravobřežním zavázání hráze se sledují tyto průsaky:

- celkový průsak v pravém obtokovém tunelu je možno případně měřit přepadem na konci tunelu (zasunutý plech do ocel. drážek). Toto měření není však už v běžném provozu VD prováděno. Mělo využití pro měření celkových průsaků až do roku 2006. Před započatím akce „VD Les Království, zvýšení ochranné funkce nádrže“ byl měrný profil (plech) odstraněn a po dokončení už nebyl zpětně instalován. Po obnovení pravé spodní výpusti v obtokovém tunelu by musel být obnovován po každém převedení zvýšených průtoků. Nadále je sledování průsaků hodnoceno pouze vizuálně při pravidelných prohlídkách,
- drén v pravém obtokovém tunelu; měření bylo ukončeno ze stejných důvodů. Nadále je hodnoceno pouze vizuálně,
- několik lokalit vizuálně sledovaných průsaků v pravém obtokovém tunelu,
- odlehčovací vrtů V_1 , V_2 a V_3 v pravém čele dolní revizní chodby; průsaky jsou minimální a jsou měřeny objemově,
- sběrný žlábek odlehčovacích vrtů V_{4-7} v pravé opěrné zdi; průsaky zmizely po injektáži a utěsnění pravého zavázání, případný výskyt průsaků v žlabu je kontrolován pouze vizuálně,
- drén od potrubí VE; je vizuálně sledován, hodnoty jsou prakticky neměřitelné,
- vývěr za VE; je vizuálně sledován pouze případný výskyt, hodnoty jsou, po utěsnění pravého zavázání neměřitelné.

Průsaky hrázovým tělesem jsou sledovány na vyústění svislých drénů návodní drenáže:

- horní revizní chodba (drény 1 až 87); výtoky z drénů v horní revizní chodbě jsou při běžném provozním stavu a při stavu zvýšených průtoků do nádrže (krátkodobé zatížení

vodního díla povodňovou situací) suché. K výtoku z drenů dochází po dosažení hladiny vody v nádrži na kótě 317,76 m n.m. a vyšší. Měření se potom provádí objemovým měřením na jednotlivých vyústěních drenáže a počítá se jejich celková velikost v součtu.

- dolní revizní chodba (drény 1 až 53); vydatnost výtoků z drenů dána závislostí na hladině vody v nádrži. Drény kapou a nebo z nich vytéká voda a to prakticky celý rok, v závislosti na hladině vody v nádrži. Na jednotlivých vyústěních svislé drenáže se provádí objemové měření a určuje se celková velikost v součtu.

Průsaky levobřežním zavázáním hráze jsou sledovány na těchto místech:

- boční vývěry v obezdívce levého tunelu jsou sledovány pouze vizuálně,
- průsaky na dvou drénech vedle segmentového uzávěru.
- dren v levé šoupátkové šachtě.



Vývěry v obezdívce levého tunelu



Průsaky vedle segmentového uzávěru

Nově zjištěné průsaky v roce 2006

Při provádění funkčních zkoušek nové spodní výpusti v pravém obtoku, se v listopadu 2006 po dobu mimořádného napouštění nádrže, objevily následující průsaky a tlakové vývěry:

- soustředěný tlakový vývěr ze stěny levého šachtového přepadu ve výšce cca 3 až 4 m pod horní přelivnou hranou směrem po toku, tlakový vývěr zmizel a místo je pouze vizuálně sledováno,
- silný vývěr na levé straně v prostoru sjezdu cesty do řečiště pod koncovým prahem; v závislosti na hladině vody v nádrži se vývěr zvyšoval a postupně se objevují i další vývěry ze břehu koryta v prostoru cca 25 m od tohoto místa; průsak byl zjištěn 1.11.06 při hladině 317,61 m n.m. a zmizel 30.12.06 při hladině vody v nádrži na kótě 314,54 m n.m. Při běžném provozu se průsaky v tomto místě nevyskytují a místo je při zvýšené hladině vody v nádrži pouze vizuálně sledováno,
- několik vývěrů ze spár opěrných zdí za výtokem levého obtoku až po koncový práh. Průsaky po snížení hladiny zmizely a místo je pouze vizuálně sledováno.

3.2 Vztlakoměrné vrty a pozorovací sondy

Tlakové poměry se na vodním díle Les Království sledují v jeho bočních zavázáních.

Schéma rozmístění vztlakoměrných vrtů a pozorovacích sond (netlakové vrty) je uvedeno v situaci na příloze č.1.

V pravobřežním zavázání hráze jsou tlakové poměry sledovány ve vrtu J₂ a pomocí tří dvojic vztlakoměrných vrtů, které slouží ke kontrole vztlaků v podloží a hlavně pro kontrolu injekční clony.

Vrt J₂ byl zřízen v rámci geologického průzkumu, v provozu je od prosince 1994. Vztlakoměrné vrty jsou ve funkci od července 1997.

Měření na vrtech probíhá s četností 1x za týden.

Schéma rozmístění vztlakoměrných vrtů a pozorovacích sond v pravém zavázání v podélném řezu hrázovým tělesem je obsahem přílohy č.3. V příčných řezech hrází jsou vykresleny na příloze č.4.



Vrt J₂ (sonda)



Vrty v injekční chodbě V1n a V1v (sondy)



Zhlaví vrtu V3n



Zhlaví vrtu V3v

V levém zavázání hráze je kontrolován účinek těsnicí zdi. V revizní chodbě jsou umístěny tři dvojice sond (návodní x vzdušní) a dvě šachty. V nich je sledována úroveň depresní křivky prosakující vody s četností 1x za měsíc.

Schéma rozmístění sond a šacht v podélném řezu a v půdoryse, v místě těsnicí zdi, je uvedeno na příloze č.5.



Pohled do chodby těsnicí zdi v místě profilu I



Zhlaví vrtu I.v (vzdušní strana, za těsnicí zdí)

Nové vrtý v těsnicí zdi z průzkumu provedeného v roce 2009

Z důvodů ověření geologických poměrů v místě za těsnicí zdí, bylo v listopadu 2009 provedeno 6 nových inženýrsko-geologických vrtů, z toho vrtý J1-J4 byly uzpůsobeny jako pozorovací pro následná měření. Konečná hloubka vrtů byla korigována na základě dosažení nepropustného podloží (pikrit) kvádrových pískovců. Průměrná hloubka vrtů se pohybovala v rozmezí 20 – 22 m. Výjimku tvořil vrt J1 situovaný nejbližší hrázi, kdy z důvodu hroucení stěn vrtu byly práce ukončeny v 12,7 m. Vrtý byly definitivně vystrojeny PE HD tlakovou výpažnicí (zárubnicí) průměr 90 mm, Js 79,8 mm (výr. Pumpenboese, SRN). Jednotlivé díly výstroje jsou spojeny závitovými spoji.

Perforace výstroje je příčně řezaná, světlost řezů je 1,0 mm, plocha perforace v perforované části je 10 %. Perforovaná část výstroje byla ponechána volná, plná část výstroje byla těsněna v úst'ové části vrtů v rámci betonáže ochranného zhlaví. Technická ocelová pažení vrtů byla po jejich vystrojení vytěžena. Zhlaví vrtů J – 1,2,3,4 tvoří litinový šoupátkový poklop betonovaný zároveň s terénem.

Měření těchto vrtů není v současném stavu obsluhou díla prováděno, protože za extrémních průtoků, při zvýšené hladině vody v nádrži nad kótu cca 321,50 m n.m. dochází k jejich zatopení, navíc byla prokázána přímá spojitost hladiny vody ve vrtech s hladinou v nádrži.

Zavedení tohoto měření by mělo smysl po zatěsnění levobřežní zdi.

3.3 Zařízení pro měření deformací vzdušního líce hráze

Polohová stálost hrázového tělesa a jeho podloží je kontrolována měřením deformací na vzdušném líci a sledováním svislých posunů v pravém zavázání na koruně hráze.

V srpnu 2003 byla provedena instalace nových značek na vzdušném líci pro směrové měření deformací hrázového tělesa. Instalaci provedla firma VODNÍ DÍLA – TBD a.s. z důvodů porušení (zkorodování) původních bodů a jejich špatné „čitelnosti“ při cílení. Při měřeních v roce 2004 byly kontrolně měřeny nové i staré body. Výsledky měření ukázaly dobrou shodu. Proto bylo další měření už prováděno pouze na nových bodech.

Schéma umístění bodů je uvedeno na příloze č.6.



Detail starého a nového bodu na vzdušném líci

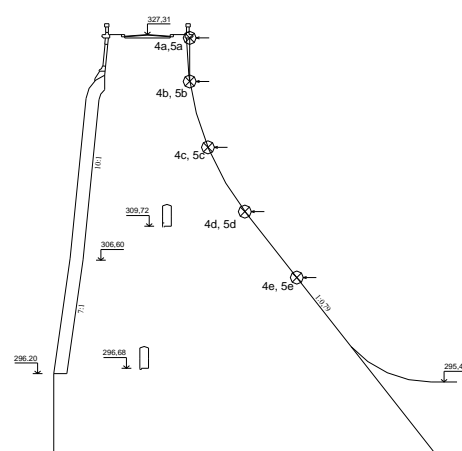


Schéma umístění bodů v příčném řezu

Posuny jsou sledovány na bodech (jednostranných terčích) v oblasti pod korunní římsou (body 1 až 7) a ve dvou svislých profilech (body 4_a až 4_e a 5_a až 5_e). Metoda měření umožňuje zjistit posuny na kontrolních bodech ve směrech:

- „dx“ rovnoběžně s tokem
- „dy“ kolmo na tok
- „dz“ ve svislém směru

Do roku 2001 probíhalo měření s četností 1x za rok, od roku 2002 2x ročně (jaro x podzim) s periodou měření každý druhý rok. Tímto způsobem je zachycený maximální posun při ochlazení a oteplení hráze během roku. Od srpna 2001 provádí měření geodetická skupina Povodí Labe, státní podnik pod vedením Ing. A. Michálka. Měření je prováděno theodolitem, totální stanicí Leica TC2003, č. stroje 440 901, trigonometrickou metodou (protínání vpřed) z pevných pilířů umístěných pod hrázovým tělesem.

Zařízení pro měření deformací vzdušního líce hráze považujeme v současné době za vyhovující. Výhledově, v intervalu 5 až 10 let, považujeme za vhodné provést reinstalaci kontrolních bodů (hranoly) pro zajištění možnosti měření pomocí přesné totální stanice s automatickým cílením (ATR). V současné době probíhá testování tohoto zařízení na vybraných hrázích (Vrchlice, Římov, Stanovice, Nechanice, Josefův Důl).

3.4 Zařízení pro měření svislých posunů hráze

Na VD Les Království se měření svislých posunů metodou VPN (velmi přesná nivelace) provádí v oblasti pravého zavázání hráze a bylo zavedeno v roce 1996 z důvodu monitorování možného negativní vlivu sanačních prací na těleso hráze. Pod dokončení stavby byla stanovena četnost měření a to za 1x za 5 let.

Celkem je osazeno 6 hřebových nivelačních značek (3 na návodní straně přibetonovaný chodník, 3 na vzdušné straně koruny hráze). Pro velmi přesnou nivelaci je v současné době používán stroj velmi přesná nivelace, Leica DNA03 - č. stroje 330 791 a pár 2 m kódových invarových latí č. 23161 a 23178.



Výškový bod 2, vzdušná strana koruny hráze



Výškový bod 1, vzdušná strana konec hráze, obrubník chodníku

V roce 2009 došlo k poškození bodu číslo 5 (návodní strana hráze). Výchozí pevné body jsou bez porušení.

Stávající body na koruně hráze jsou nevhodně umístěny v chodníku a obrubě (toto osazení bylo postačující v období ražby nové štol v levém zavázání, kdy byly hodnoceny celkové poklesy nad výrubem, pro sledování deformací hráze jsou však nevhodné). Proto vybavení vodního díla pro měření svislých posunů doporučujeme nahradit a vybavit párovými značkami (body ve stejných profilech) pro celou délku koruny hráze a přístupná místa u vzdušného líce.

3.5 Vodorovné a svislé posuny na levé a dělicí zdi vývaru

Měření vodorovných a svislých posunů na levé a dělicí zdi vývaru bylo zavedeno a prováděno v průběhu stavební akce „Oprava vývaru a koncového prahu“ v roce 1998. Po ukončení akce byla stanovena četnost kontrolního měření na 1x za 5 let.

Vodorovné posuny jsou vyhodnocovány metodou měření šikmé vzdálenosti z pilíře (pevného) bodu na pravé straně. Měření je prováděno theodolitem, totální stanicí Leica TC2003.

Svislé posuny jsou určovány metodou VPN. Pro velmi přesnou nivelaci je v současné době používán stroj velmi přesná nivelace, Leica DNA03 - č. stroje 330 791 a pár 2 m kódových invarových latí č. 23161 a 23178.

Na levobřežní zdi osazeno 8 kontrolních bodů a na dělicí zdi jsou osazeny 2 kontrolní body (univerzální zděre s otvorem o prům. 5 mm).

Vybavení této části vodního díla považujeme za dostatečné.

3.6 Zařízení pro měření relativních pohybů na dilatačních spárách

Na vodním díle Les Království jsou osazeny na dilatační spáře betonového vtokového objektu na VE dvě svislé trojúhelníkové deformetrické základny a to na levé i pravé straně. Měření bylo zavedeno v březnu 2002 pro výkon TBD na MVE Les Království (důvody vlastnictví této části vodního díla – ČEZ Obnovitelné zdroje, ale výsledky prakticky slouží i pro hodnocení bezpečnosti vodního díla jako celku.

Měření je prováděno deformetrem od firmy Huggenberger s přesností 0,1 mm s četností 2x ročně.

Osazené body jsou bez poškození a není nutné provádět jejich obnovu.

4 NÁVRH ROZŠÍŘENÍ SYSTÉMU TBD

4.1 Doplnění měření vztlakoměrných vrtů a pozorovacích sond

V současné době schází informace k hodnocení a posuzování vztlaku v oblasti základové spáry hráze ve střední části a v levém zavázání. Vztlakové poměry jsou určovány prakticky pouze v pravém zavázání hráze.

Tato situace je daná především sníženou přístupností pro vrtnou soupravu a využití horní i spodní chodby hráze (šířka horní i spodní chodby 80 cm, omezený prostor v místě vstupu do spodní chodby v místě potrubí spodní výpusti a nátoky na VE).

Proto navrhujeme zřídit tři páry vztlakoměrných vrtů do oblasti základové spáry hráze a jejího podloží ze vzdušní paty **v levém zavázání hráze**. Situování jednotlivých vrtů je dobře patrné z přílohy č.7, kde jsou zakresleny v situaci a z přílohy č.8, kde jsou zakresleny v podélném řezu hrází. Na příloze č.9 je pak proveden návrh vrtů v jednotlivých příčných řezech hrází.

- první pár v profilu levé spodní výpusti, vrty budou vedené pod odlišným sklonem k základové spáře hráze (profil 1),
- druhý pár v levém zavázání je situován v profilu vstupu do hráze (horní revizní chodby), vrty budou vedené pod odlišným sklonem k základové spáře hráze (profil 2),
- třetí pár je navržen za profilem návodní těsnicí zdi, vrty budou také odlišného sklonu (profil 3).

Pro doplnění měření vztlaku **v pravém zavázání** a pro postihnutí oblasti nejhlubšího založení hráze s nejmocnější vrstvou vyrovnávacího betonu navrhujeme zřídit:

- jeden pár v profilu pravé spodní výpusti, vrty budou vedené pod odlišným sklonem k základové spáře hráze (profil 4),

Zákres doplnění vrtů v příčném řezu je uvedený na příloze č.10.

Vztlakoměrné vrty by měly zasahovat až cca 2m do skalního podloží a 1 m do zdiva (oblast jímání).

Skutečná délka vrtů bude závislá na úrovni zastiženého podloží.

Lze předpokládat vrty délky 11 – 30 m, ve sklonu od svislice v rozmezí 0 - 60°.

Vrtné práce by byly zároveň pracemi průzkumnými. Předpokládáme jádrové vrtání a provedení vodních tlakových zkoušek (VTZ) v sestupném uspořádání. Jádrové vývrty by byly použity pro stanovení pevnostních a materiálových charakteristik zdiva.

V případě přijetí a realizace vztlakoměrných vrtů v pravém zavázání by bylo vhodné zahrnout toto měření do automatického monitoringu. V případě ručního měření a vizuálního sledování by se četnost předpokládala v rozmezí 1 - 2x týdně.

Pozorovací sondy a šachty v levém zavázání pro sledování účinků těsnící zdi nepovažujeme za stávajícího stavu (propustná těsnící zeď, plošná kaverna pod obezdívkou) za účelné do automatického monitoringu zavádět. Postačí ruční a vizuální sledování s max. četností 1x týdně. Měření vrtů by mělo smysl v případě provedení komplexní sanace těsnící zdi, pro hodnocení její funkčnosti. Protože není znám případný termín provedení prací, byly variantně zařazeny do měření automatického monitoringu i vrty a šachty v levém zavázání (revizní chodba, těsnící zeď).

4.2 Měření teploty zdiva

V současné době neexistuje žádné měření teploty zdiva. Měření teploty zdiva hráze považujeme pro potřeby TBD za účelné. Teplotní režim v různé míře ovlivňuje deformace hrázového tělesa, které sledujeme v rámci TBD pomocí měření vodorovných a svislých posunů. Deformace hráze jsou přímo závislé na teplotě hrázového zdiva v různých úrovních od obou líců, které jsou od průběhu teplot vzduchu významně fázově posunuty. Doporučujeme proto v profilu levé spodní výpusti zavést měření teplot hrázového zdiva.

Návrh umístění profilů pro teplotní čidla v situaci je uvedený na příloze č.7. Teplotní čidla by byla osazena do vrtů realizovaných ze vzdušního líce a z horní revizní chodby do tělesa hráze. Schéma umístění v příčných řezech hrází je uvedeno na příloze č.9 a 10.

- jeden vrt bude proveden v profilu levé spodní výpusti z provizorní pracovní plošiny kolmo ze vzdušního líce směrem k potrubí spodní výpusti. Průměr vrtu bude min. 80 mm. Do vrtu budou umístěna 4 teplotní čidla do hloubek od vzdušního líce: 0,25 m, 0,5m, 1,0 m, 2,0 m a 4,0 m (T1, T2, T3, T4 a T5).
- druhý vrt bude proveden z horní revizní chodby, ale směrem k návodnímu líci hráze. Délka vrtu bude 1m a průměr vrtu bude postačující min. 40 mm. Do vrtu bude umístěno jedno teplotní čidlo (T6) do hloubky 1,0 m od stěny chodby.

Do vrtů budou vložena teplotní čidla ve výše navržených pozicích s vyústěním kabelů do revizních chodby (čidla osazená ze vzdušního líce budou vedeny po vzdušním líci). Snímače budou zality vhodnou cementovou směsí nebo zálivkou.

Vrtání doporučujeme jádrové tak, aby mohly být jádrové vývrty použity pro posouzení kvality a pevnostních charakteristik zdiva hráze.

Pokud bude tento návrh přijat a realizován bude vhodné zahrnout toto měření do automatického monitoringu. Ruční měření těchto veličin není efektivní. Určitou alternativou může být jedině využití datalogerů k uchování naměřených dat a jejich stahování ke zpracování s předem danou četností (např. 4x ročně).

4.3 Měření deformací pomocí náklonoměru

Na vodním díle bohužel není vhodný profil pro osazení hrázového kyvadla (pro sledování náklonů resp. průhybů hráze snazší a operativnější měření místo měření geodetického). Chodby nejsou nad sebou. V případě osazení kyvadla do vrtu, vyústěného ve spodní revizní chodbě, v době povodňové situace, kdy dochází k zatápění spodní chodby, by bylo zařízení neměřitelné (nepřístupné). V případě osazení plovákového kyvadla, zakotveného ve spodní části, není na hrázi vhodný prostor pro odečítání hodnot v horní části. Z tohoto důvodu je navrženo osazení náklonoměru.

Osazení předpokládáme ve dvou profilech hráze. Schéma umístění v situaci je uvedeno na příloze č.7. V příčných řezech hráží je návrh umístění zakreslený na příloze č.10.

- Dvě základny budou umístěny v horní části hráze pod korunou, ve výklenku ve zdivu hráze pod věží mezi kótami 323,79 - 325,79 m n.m. (levá 1x, pravá 1x),
- Dvě základny budou umístěny na čelní svislé stěně ve zdivu hráze v prostoru domků spodních výpustí (levá 1x, pravá 1x),

Pro komplexní doplnění systému měření a využití odečítacího zařízení je navrženo osazení i na věži pravého a levého obtokového tunelu. Na šoupátkových šachtách je zakres uvedený na přílohách č.11 a 12.

- Jedna základna bude instalována v horní části šachty nad pravým obtokovým tunelem (původní pravá šoupátková šachta), na výškové úrovni podesty nad kótou 318,50 m n.m.
- Jedna základna bude instalována v horní části levé šoupátkové šachty na výškové úrovni podesty nad kótou 319,98 m n.m.

Každá náklonoměrná základna bude tvořena dvojicí kulových čepů, které budou pevně zakotveny přes konzolu, svisle proti toku. Čepy jsou od sebe vzdáleny 1,0 m. Jelikož se jedná o velmi citlivé zařízení náchylné na jakékoliv nárazy a jiná poškození, budou chráněny hliníkovými poklopy samostatně zakotvenými do zdi.

Jako odečítací zařízení bude využíván Clinometr Huggenberger AG, typ ECS1000VD, který bude předmětem dodávky celého zařízení. Odečítací zařízení má dvě volitelné úrovně přesnosti. Vzhledem k sledované konstrukci a dovolené mezní odchylce bude přednostně používán rozsah II. Rozsah měření je +2mm/m, s citlivostí 1μm/m a přesností 0,001 mm/m.

Četnost měření by byla první rok 6x ročně. Po té by mohla být snížena na 4x ročně a v případě převádění zvýšených průtoků.

4.4 Měření svislých posunů hráze

Stávající body na koruně hráze jsou nevhodně umístěny v chodníku a obrubě (toto osazení bylo postačující v období ražby nové štoly v levém závázání, kdy byly hodnoceny celkové poklesy nad výrubem, pro sledování deformací hráze jsou však nevhodné). Foto a popis umístění stávajících nivelačních bodů je uvedeno v kapitole 3.4.

Vybavení vodního díla pro měření svislých posunů doporučujeme nahradit a vybavit párovými značkami (body ve stejném profilu) pro celou délku koruny hráze a přístupná místa u vzdušního líce. Pro umístění bodu na koruně navrhujeme využít především lícových parapetních kvádrů, zavázaných do koruny hráze (za kamenným zábradlím), na vzdušní straně viz. foto:



Pohled na římsové parapetní kvádry koruny hráze, návodní strana



Profil vhodný pro sazení výškového bodu na koruně hráze, vzdušní strana

Situování jednotlivých nivelačních bodů je dobře patrné z přílohy č.7, kde jsou zakresleny v situaci a z přílohy č.8, kde jsou zakresleny v podélném řezu hrází. Na příloze č.9 je proveden schématický zákres umístění nivelačních bodů v jednotlivých příčných řezech hrází.

- na koruně hráze je navrženo celkem 10 profilů (20 ks hřebových nivelačních značek),
- u vzdušní paty je navrženo 6 profilů (6 ks čepových nivelačních značek) a šest přestavových bodů (6 ks čepových nivelačních značek).

Četnost měření by byla první rok 2x ročně společně s měřením deformací vzdušního líce. Po té by mohla být snížena na 1x 2 za roky.

Pozn.:

V případě osazení bodu do navržených míst (vrcholové klenáky a zároveň parapetní kvádry za zábradlím) není doba jejich instalace limitována termínem rekonstrukce koruny hráze, která přichází v úvahu v časovém rozpětí 5-ti až 10-ti let.

5 NÁVRH ZAVEDENÍ AUTOMATICKÉHO MONITORINGU VYBRANÝCH VELIČIN TBD

Koncepce zavádění automatického monitoringu vychází z obecných postupů a požadavků rozvoje TBD na vodních dílech a zahrnuje následující postup:

- 1) inventarizace systému zařízení pro kontrolní měření, jejich revize, opravy, redukce, případně doplnění, viz kapitoly 3 a 4.
- 2) výběr kontinuálně sledovaných jevů a stanovení pořadí jejich důležitosti,
- 3) stanovení požadavků na monitorovací systém,
- 4) návrh systému a výběr dodavatele.

5.1 Výběr kontinuálně sledovaných jevů

Výběr kontinuálně sledovaných jevů a stanovení jejich důležitosti byl proveden podle typu a konstrukce vodního díla. Při výběru byly zhodnoceny dosavadní zkušenosti z výkonu TBD. Definitivní rozsah a doba realizace je závislá na finančních možnostech Povodí Labe, s.p. Dále uvedený rozsah považujeme za optimální, odpovídající významu vodního díla a potřebám TBD. Nevylučujeme však jeho eventuální úpravy při případném zvyšování nároků na TBD v následujících letech ani úpravy k monitorování provozních veličin a skutečností významných pro provozovatele vodního díla.

Sledovaný jev	jednotky	Monitoring, celkový počet		
		varianta I	varianta II	varianta III
- tlak nebo úroveň vody ve vztlakoměrných vrtech a sondách	[kPa, m]	8 Nové vrty v pravé a levém zavázání u paty hráze	8+7= 15 Doplněno o stávající vrty a sondy v pravém zavázání	8+7+6+2+4= 27 Doplněno o stávající vrty a šachty v levém zavázání (těsnicí zeď, revizní chodba)
- teploty zdiva	[°C]	6	6	6
- reserva		4	4	4
celkem		14 + 4	21 + 4	33 + 4

Automatický monitoring TBD doporučujeme realizovat v rozsahu navrženém min. ve variantě II, kde je zohledněno i navržené rozšíření zařízení TBD o vztlakoměrné vrty a pozorovací sondy v pravém zavázání. Tuto variantu považujeme za optimální. Práce je možno etapizovat.

5.1.1 Provozní a povětrnostní poměry

Vodní dílo Les Království je vybaveno automatickým monitorovacím systémem se sběrem a archivací dat potřebných pro řízení a kontrolu VH provozu vodního díla.

Aplikace sloužící jednak k monitorování vodohospodářské a meteorologické situace na vodním díle a v jejím blízkém okolí, jednak k řízení a monitorování technologie VD Les Království, byla pro obsluhu vodního díla vytvořena pomocí vizualizačního systému TIRS^{®32} firmy Coral s.r.o.

Vybrané údaje by bylo vhodné přenášet i do systému TBD, tak aby pro stejné veličiny nebylo nutno zřizovat v novém monitorovacím systému další čidla. Jednalo by se tedy o sdílení asi 10 naměřených hodnot.

5.1.2 Tlakové poměry

Na vodním díle je tlak vody v oblasti základové spáry měřený pouze v pravém zavázání a v místě nové štoly. V místě nejvyššího profilu a v levém zavázání není vztlak určován.

Nové vrty v levém a pravém zavázání u paty hráze

Rozsah tohoto měření proto považujeme za nedostatečný. Navrhujeme zřídit čtyři páry vztlakoměrných vrtů do oblasti základové spáry hráze a jejího podloží pro získání systematické a ucelené informace o působení vztlaku na těleso hráze (viz kapitola 4.1). Ty navrhujeme i zařadit do automatického monitoringu (varianta I.).

Stávající vrty a sondy v pravém zavázání

Za vhodné považujeme zahrnout do automatického monitoringu i stávající tři páry vztlakoměrných vrtů a pozorovacích sond v pravém zavázání hráze a v nové štole ($V_{1n,v}$; $V_{1n,v}$; $V_{1n,v}$). Stejně tak i pozorovací vrt J_2 (viz. varianta II.)

Stávající vrty, sondy a šachty v levém zavázání

V rámci doplnění celé koncepce je možné zahrnout do automatického monitoringu i stávající tři dvojice sond (I.n, I.v, II.n, II.v, III.n, III.v) a dvě šachty (Šk a Šz) v levém zavázání v revizní chodbě těsnící zdi, případně doplnit i monitorování čtyř vrtů (J1-J4) umístěných za cihelnou obezdívkou těsnící zdi. Zde je však nutné požadovat vodotěsnou úpravu zhlaví! (varianta III.).

Pro zavedení automatického měření však bude nutná úprava jejich zhlaví.

sledované veličiny:	tlak ve vrtu, poloha hladiny ve vrtu
měřicí zařízení, čidla:	<p>7 - stávající vztakoměrné vrtý a pozorovací sondy v pravém zavázání,</p> <p>8 - nové vztakoměrné vrtý a pozorovací sondy v levém a pravém zavázání u paty hráze,</p> <p>8 - stávající šachty a pozorovací sondy v levém zavázání, v revizní chodbě těsnící zdi,</p> <p>4 - stávající pozorovací sondy za cihelnou obezdívkou levé těsnící zdi</p> <p>tlakový snímač, např. strunový, odporový</p>
nároky na měřicí zařízení:	<p>tlaková čidla na zhlaví vrtu</p> <ul style="list-style-type: none"> - rozsah měření hladiny do 500 kPa, - přesnost určení tlaku ± 1 kPa, <p>tlaková čidla do vrtu</p> <ul style="list-style-type: none"> - automatická kompenzace teploty, - rozsah měření hladiny do 20 m (hloubky vrtů do 30 m), - přesnost určení hladiny ± 1 cm
nároky na úpravu zhlaví vrtů a sond:	<p>otevratelnost zhlaví pro případnou kontrolu vystavení hladiny vody ve vrtu (měření rangovou píšťalou),</p> <p>trvalé osazení manometru pro kontrolu vystavení vztakové úrovně u vztakoměrného vrtu, odvzdušnění,</p> <p>zateplení zhlaví u vnějších vztakoměrných vrtů (teplotní kabel)</p> <p>ochrana zhlaví proti vnějšímu opotřebení a poškození.</p>
minimální vzorkovací interval:	15 min, archivace dat 1x denně v 7 hod, jinak jen změnový systém
počet sledovaných veličin:	<p>14 - stávající vztakoměrné vrtý a pozorovací sondy v pravém zavázání (úroveň hladiny ve vrtu, teplota vody ve vrtu),</p> <p>16 - nové vztakoměrné vrtý a pozorovací sondy v levém a pravém zavázání u paty hráze (úroveň hladiny ve vrtu, teplota vody ve vrtu),</p> <p>16 - stávající šachty a pozorovací sondy v levém zavázání, v revizní chodbě těsnící zdi (úroveň hladiny ve vrtu a v šachtě, teplota vody ve vrtu a v šachtě),</p> <p>8 - stávající pozorovací sondy za cihelnou obezdívkou v levé těsnící zdi (úroveň hladiny ve vrtu, teplota vody ve vrtu)</p>

Variantně lze uvažovat se zavedením omezeného počtu automaticky měřených vztakoměrných vrtů a sond. Vybrány by mohlo být například pouze nové vrtý v levém a pravém zavázání u paty hráze. Tato varianta by přicházela v úvahu při omezených finančních možnostech, nelze ji však doporučit jako „cílový“ stav.

5.1.3 Teploty zdiva

Teploty zdiva zatím nejsou na VD Les Království měřeny. Doporučujeme zavést měření teplot hrázového zdiva v profilu levé vstupní chodby u spodní výpusti.

Teplotní čidla by byla osazena do vrtů (viz příloha č. **9** a **10**), realizovaných ze vzdušního líce a horní revizní chodby do tělesa hráze.

V návrhu předpokládáme užití 6 zdvojených snímačů, trvale umístěných ve vrtu ve zdivu hráze. Do vrtu budou vloženy v předepsaných vzdálenostech teplotní snímače s vhodným vyústěním kabelů. Po instalaci budou snímače ve vrtu zality vhodnou cementovou nebo zálivkovou směsí.

Pokud bude tento návrh přijat a realizován bude vhodné zahrnout toto měření do automatického monitoringu. Ruční měření těchto veličin není efektivní.

Zdvojení snímačů je navrženo pro případ jejich poškození. Jednalo by se tedy celkem o 12 snímačů. Současně zapojených by však bylo jen šest.

sledované veličiny:	teplota zdiva
měřicí zařízení, čidla:	např. strunové, odporové PT100 nebo ekvivalentní s kabelem a chráničkou
nároky na měřicí zařízení:	přesnost měření min $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$, vyšší životnost a odolnost
minimální vzorkovací interval:	15 min
počet sledovaných veličin:	6

Snímače teploty

V návrhu předpokládáme s využitím celkem 6 snímačů teploty (teplotních čidel) trvale instalovaných ve vrtech. Pro měření teploty vody, vzduchu i betonu existuje na trhu poměrně velký výběr typů čidel od nejrůznějších výrobců.

Základní rozřídění teplotních čidel:

- aktivní – výstupy proudové, či napěťové
- odporové – výstup odporový
- frekvenční – dálkové odečítání, nutný pouze přívod zdroje energie
- digitální – číslicový odečet
- některé další specifické typy (s rychlou odezvou, sběrníkové aj.)

Nejvíce využívané jsou první tři druhy. Vzhledem ke konstrukci čidla jsou tato u některých typů ukládána do ochranných pouzder, které chrání vlastní čidlo. V pouzdře je čidlo uloženo v transportním médiu, nejčastěji na bázi oleje.

Při měření teploty betonu budou čidla umístěna do vrtů. Z ekonomického i provozního hlediska je výhodné vrtat nepříliš velké průměry. Z tohoto důvodu se jeví jako nejvhodnější snímače teploty s kabelovým vývodem. U tohoto typu čidel odpadá hlavice snímače, která má

větší průměr než vlastní čidlo a zvyšuje průměr vrtu. V tomto případě jsou napájení i výstupní signál vedeny již pevně vloženým a zaizolovaným kabelem a je proto třeba zohlednit jeho délku při vkládání do vrtu tak, aby další napojení bylo možno provést již mimo vlastní vrt. Izolace kabelu na výstupu z čidla musí splňovat nároky prostředí, ve kterém je čidlo umístěno. Čidla bez hlavice (sondy) se jeví jako výhodnější i z hlediska následného zabetonování vrtů.

Volba typu čidla z hlediska druhu výstupu nebude podle našeho názoru tak významná. Jak odporové, aktivní i strunové výstupy jsou běžně používány. Praktické zkušenosti dodavatelů systému jsou v tomto ohledu rozhodující. V případě odporových snímačů je potřeba minimálně třívodičové zapojení – kompenzuje vliv změny odporu vedení působením teploty.

Zásadním faktorem jsou vstupní parametry měřené veličiny. Měřené teploty budou dosahovat podle lokalizace každého čidla teplot rozmezí max. -30°C až $+60^{\circ}\text{C}$, jednotlivá čidla asi není vhodné odlišovat z hlediska rozsahu velikosti naměřené teploty jednotlivých sledovaných médií, resp. prostředí.

Významným faktorem je i doba záruky. Někteří dodavatelé čidel nabízejí delší záruku na odporové teplotní snímače (v některých případech i 48 měsíců. Je potřeba tento stav ověřit, resp. při zadání zakázky požadovat. Jelikož se jedná o čidla bez případné výměny či náhrady doporučujeme upřednostnit ty s vyšší zaručenou životností.

5.1.4 Zavádění dalších veličin do automatického monitoringu

V současné době nám nejsou známy další veličiny (mimo výše uvedené), které by bylo účelné automaticky monitorovat. Přesto se může v průběhu dalšího provozu VD aktuální potřeba změnit (rozšíření měření, zvýšení požadavků na měření, atp.). Monitorovací systém by měl být proto modulární a otevřený, měl by umožnit další rozšíření.

Výhledově je možno uvažovat např. s doplněním nebo obnovou vztlakoměrných vrtů v případě dotěsnění levého zavázání injektáží. Zavést lze např. i automatické měření relativních deformací na trhlině přibetonovaného vtokového objektu nebo náklonů hráze.

5.2 Stanovení požadavků na monitorovací systém

Monitorovací systém by měl zajistit následující úlohy:

- modulárnost a otevřenost. Systém by měl být modulární, složený z jednotlivých telemetrických centrál (datakoncentrátorů, datalogrů), ke kterým jsou v příslušném počtu připojeny snímače (senzory) jednotlivých měrných míst s analogovým nebo digitálním signálem. Systém by měl být adaptabilní na údržbu systému (redukce a rozšiřování měrných míst) vlastními silami (vyškolený pracovník správce systému),
- adaptabilitu i na možnosti ručního vkládání ostatních vizuálně odečítaných výsledků měření a textových zpráv, výsledků obchůzek,
- měla by být umožněna editace, testování, oprava a prohlížení ručně měřených veličin a výsledků obchůzek,
- průběžné měření snímačů v časové smyčce určené použitými technickými prostředky, ukládání hodnot se však řídí zvoleným režimem vzorkování,
- průběžnou kontrolu funkce všech čidel, komunikačních cest a ostatních komponentů. Interval kontroly je determinován použitou technologií. Vzorkovací interval pro popis monitorovaného jevu navrhujeme od 60 min. výše. Kratší doba není vzhledem k charakteru sledovaných veličin nutná,
- spolehlivost řídicí jednotky. Řídicí jednotkou by měla být telemetrická centrála, která nebude využívána k jiným účelům (jako osobní počítač),
- požadavky na periferie: USB, nebo sloty na karty, CD ROM, tiskárna,
- úsporu objemu zaznamenávaných a přenášených dat. Vzhledem k charakteru monitorovaných procesů je účelné používat pro záznam dat změnový systém. Ten znamená, že pokud se měřená veličina pohybuje v zadaném rozpětí OD – DO, tak se bez ohledu na čas žádná hodnota neukládá a platí poslední zaznamenaná hodnota včetně časové identifikace. Při překročení předem nastaveného pásu systém přejde na vzorkování v nastaveném čase, např. 15 min (ukládá čas a hodnotu). Po návratu hodnoty veličiny do nastaveného rozpětí zaznamená čas a tuto hodnotu a čeká na další stav překročení platného rozpětí. Tento obecně výhodný způsob však vyžaduje podpůrné programové vybavení, které umí ze změnových hodnot vygenerovat časovou řadu ve zvoleném ekvidistantním kroku,
- Poznámka: tento bod lze brát jako doporučení, aplikace změnového systému pro záznam dat závisí především na dostupnosti potřebného software. Při aplikaci změnového systému by bylo možno použít kratší vzorkovací interval (např. 15 min místo 60 min).
- existují i další systémy pro úsporu dat využívající softwarové selekce „nezajímavých dat“.
- i když bude pro záznam dat použit změnový systém, měl by být nastaven i „pevný“ záznam dat vždy 1x denně (např. v 7 hod.) bez ohledu na naměřené hodnoty a jejich změny.

- průběžné testování snímaných dat na pevné případně dynamické meze. Při jejich dosažení bude v první řadě alarmem vyrozuměna obsluha díla. Mezní hodnoty se budou skládat max. ze 3 hodnot (mez bdělosti, mezní hodnota, konstanta - funkce pro dynamické meze),
- přenos naměřených hodnot k hodnotiteli, tj. oběma hlavními pracovníky TBD. Vzhledem k průběžnému testování výsledků měření v monitorovacím systému se předpokládá dávkový přenos dat v intervalu až dvou týdnů. V případě mimořádné situace je nutné umožnit operativní přenos dat. Organizace pověřená výkonem TBD (VODNÍ DÍLA – TBD a.s.) je v současné době zavedena na přenos dat pomocí veřejné telefonní sítě prostřednictvím technologie Internetu,
- systém ověřování, kontroly a doplňování chybějících hodnot měření, které mohou vzniknout výpadkem el. energie, závadou na přenosu nebo čidla,
- automatická evidence alarmů a výpadků systému,
- zpracování dat, umožnění výběru veličiny (skupin veličin) ve zvoleném časovém období, tabulka, graf,
- možnost zavedení „ručního“ měření při poruše systému a zpětné začlenění výsledků měření do již vytvořených dat
- systém musí být funkční i při mimořádných událostech (výpadek el. energie 48 hodin), napojení na záložní zdroje. výpadek internetu – nepřebírat žádná data z databáze VHD v HK atp. – to bude zadání pro případný projekt

Dále je třeba schematicky připomenout princip monitoringu

⇒ data z automatického přenosu

⇒ data ručně vkládaná

⇓

měřená veličina ⇒ přepočet ⇒ veličina TBD

Pro jednotlivé přepočty je třeba definovat matriční údaje jednotlivých veličin měření. Tyto údaje jsou v archivu VD - TBD a.s. a jsou v případě realizace monitoringu k dispozici.

5.3 Návrh systému a výběr dodavatele

Pro návrh systému a výběr dodavatele je třeba posuzovat tato kritéria: splnění výše uvedených požadavků na monitorovací systém, cena a doba dodávky, záruky, provozní náklady, požadované technické prostředky, spolehlivost, operativní servis, ...

Zajištěna by měla být i návaznost na stávající měření pro zajištění homogenity časových řad (zejména při stavebních úpravách měrných míst).

Pro zpracování projektu a následnou realizaci lze doporučit kvalitní zasíťování, propojení hráze s domkem obsluhy pomocí optických kabelů (redundantní trasa), propojení všech objektů, budoucí možné rozšiřování systému (kamery, provozní veličiny VHD, řídicí systémy, zabezpečovací zařízení atp.).

6 ZÁVĚR

Vzhledem k významu vodního díla Les Království (dílo II. kategorie z hlediska TBD) a konstrukčnímu typu hráze považujeme další zkvalitnění výkonu TBD rozšířením systému měření TBD a zavedením automatického monitoringu vybraných veličin TBD za žádoucí. V předkládaném dokumentu jsme specifikovali potřeby rozšíření systému TBD o nová zařízení a rozsah zavádění kontinuálního sledování, přípravné práce a postupy realizace s případným rozšířením (rozvojem) v následujících letech. Zavedení automatického monitoringu představuje prakticky kontinuální měření jen stanoveného počtu vybraných veličin TBD. Kontinuálně měřené veličiny bude dále doplňovat soubor hodnot měřených a odečítaných manuálně.

Stávající systém měření a sledování TBD doporučujeme rozšířit o následující zařízení:

- osm nových vztlakoměrných vrtů ze vzdušní paty hráze,
- šest teplotních čidel ve vrtech pro sledování teplotních změn tělesa hráze,
- 26 kontrolních výškových nivelačních bodů.

Do automatického monitorovacího systému TBD doporučujeme zavádět:

- 8+7 tlakových snímačů pro nové vztlakoměrné vrty v pravém zavázání a původní vztlakoměrné vrty a pozorovací sondy v levém zavázání,
- 6 teplotních čidel pro sledování teplotních změn tělesa hráze,
- přejímat provozní a meteorologické veličiny ze systému VHD PL.

Uvedený materiál může být využit jako jeden z podkladů pro rozhodnutí správce díla Povodí Labe, státní podnik ohledně vybudování monitorovacího systému veličin TBD. Předložený návrh se dále předpokládá využít pro vypracování zadání a soutěžních podmínek na zhotovení projektu a dodávku technických a programových prostředků monitorovacího systému pro vodní dílo Les Království. Použit bude také pro projekční řešení a dodávku nových kontrolních zařízení. Při přípravě případné realizace akcí jsme připraveni dále spolupracovat. Podrobné matriční údaje, identifikační kódy veličin, požadavky na přesnost, definiční obory hodnot, změnové meze, meze bdělosti, mezní hodnoty a další potřebné údaje pro vytvoření softwarové aplikace bude zpracováno přehledné tabulce jako nezbytná součást projektu.

Celkové náklady na rozšíření systému TBD a zavedení automatického monitoringu vybraných veličin v doporučené variantě II odhadujeme na 3.400 tis. Kč bez DPH. Celkové náklady je nutno považovat za velice orientační, vycházejí z obdobných akcí na jiných vodních dílech. Pro bližší specifikaci nákladů je nutno upřesnit jednotlivé položky v rámci projekčního řešení.

Práce je možné etapizovat. Navrhujeme následující postup:

- 1 etapa – doplnění zařízení TBD a úprava stávajícího (vztlakoměrné vrty, doplnění a obnova nivelačních bodů).
- 2 etapa – doplnění o vztlakoměrná a teplotní čidla, realizace automatického monitoringu podle varianty.

V Praze, září 2014

Vypracoval:

Ing. Tomáš Klemša

Schválil:

Ing. David Richtr
vedoucí útvaru 401

7 ROZDĚLOVNÍK

- 1 - 4 Povodí Labe, státní podnik
5 – 6 VODNÍ DÍLA - TBD a.s.

8 SEZNAM PŘÍLOH

Stávající instalace a zařízení TBD

- 1 Situace rozmístění stávajících zařízení TBD
- 2 Schématický řez horní a dolní kontrolní chodbou a nově vybudovanou injekční štolou s vyznačením průsakoměrných míst (vyústění drenážního systému)
- 3 Schématický řez injekční chodbou s vyznačením kontrolních a vztlakoměrných vrtů, M 1:300
- 4.1 Příčný řez hrází, rozmístění vztlakoměrných vrtů V1n, V1v, M 1:200
- 4.2 Příčný řez hrází, rozmístění vztlakoměrných vrtů V2n, V2v, M 1:200
- 4.3 Příčný řez hrází, rozmístění vztlakoměrných vrtů V3n, V3v, M 1:200
- 5 Podélný řez těsnící zdí, M 1:400
- 6 Pohled na vzdušní líc hráze, Schéma rozmístění geodetických bodů

Nové (navrhované) instalace a zařízení TBD

- 7 Situace rozmístění nově navrhovaných zařízení TBD
- 8 Pohled na vzdušní líc se zákresem základové spáry
Schématické rozmístění nových vztlakoměrných vrtů a pozorovacích sond v podélném směru, Zákres návrhu teplotních profilů, Návrh rozmístění nivelačních bodů
- 9 Příčné řezy hrází, profil 1, 2, 3
Návrh rozmístění vrtu ze vzdušní paty hráze (levé zavázání), Zákres vrtu pro teplotní čidlo z horní revizní chodby, Návrh rozmístění nivelačních bodů
- 10 Příčné řezy hrází
Návrh rozmístění náklonoměrů v hrázovém tělese, Návrh profilu pro osazení teplotních čidel, Doplnění vrtů v pravém zavázání
- 11 Schéma návrhu umístění náklonoměru v šachtě nad pravým obtokovým tunelem
- 12 Schéma návrhu umístění náklonoměru v levé šoupátkové šachtě

SITUACE - ROZMÍSTĚNÍ STÁVAJÍCÍCH ZAŘÍZENÍ TBD

HLADINOVÝ LIMNIGRAF + VODOČET
PŘÍTOKU DO NÁDRŽE

LEVÝ ŠACHTOVÝ
PŘELIV

PRŮZKUMNÉ VRTY
Z ROKU 2009, ZASLEP.

PRŮZKUMNÉ VRTY
Z ROKU 2009, VYSTR.

NÁVODNÍ TABULOVÝ
UZÁVĚR SPODNÍ VÝPUSTI

LEVÁ ŠOUPÁTKOVÁ ŠACHTA
ŠOUPÁTKOVÉ UZÁVĚRY 3x2

LEVÝ OBTOKOVÝ TUNEL

NOVÉ PRŮSAKY
Z ROKU 2006

HLADINOVÝ LIMNIGRAF
A VODOČET ODTOKU Z
NÁDRŽE

LEGENDA:

- universální zděř - průměr 5 mm
- ⊗ jednostranný terč
- ⊗ hřbová nivelační značka
- ⊗ pevný výškový bod- nivelační značka
- ⊗ zajišťovací bod
- ⊗ pozorovací pilíř
- vztlakoměrný vrt
- ⊗ sonda, vrt (měření depresní křivky)
- ⊗ průzkumný vrt vystrojený (neměřeno)
- ⊗ průzkumný vrt zaslepný
- ⊗ šachta (měření depresní křivky)
- průsakoměrné místo (měřeno pravidelně)
- odvodňovací drén (vizuální sledování, měření při trvalých výskytech průsaků)
- ▨ lokality vizuálně sledovaných průsaků (sledovány při pravidelných obchůzkách, velikosti průsaků odhadovány)

POZNÁMKA:

Injekčními pracemi v pravobřežním zavázání hráze v letech 1996 až 1997 se podařilo vesměs všechny lokality se zvýšeným průsakem sanovat, přesto jsou tyto lokality vizuálně sledovány.

HLADINOVÝ LIMNIGRAF

PRÁVÁ ŠOUPÁTKOVÁ ŠACHTA

DOMEK
HRÁZNĚHO

VODOČETNÁ LAŤ

NÁVODNÍ
UZÁVĚR VE

KORUNOVÝ PŘELIV 5x10,936 m

KOMUNIKACE NA KORUNĚ HRÁZE

VÝVAR

VÝVAR

SEGMENTOVÝ
UZÁVĚR

ELEKTRÁRNA

KLAPKOVÝ UZÁVĚR

SČERNÝ ŽLÁBEK
V4 - V7

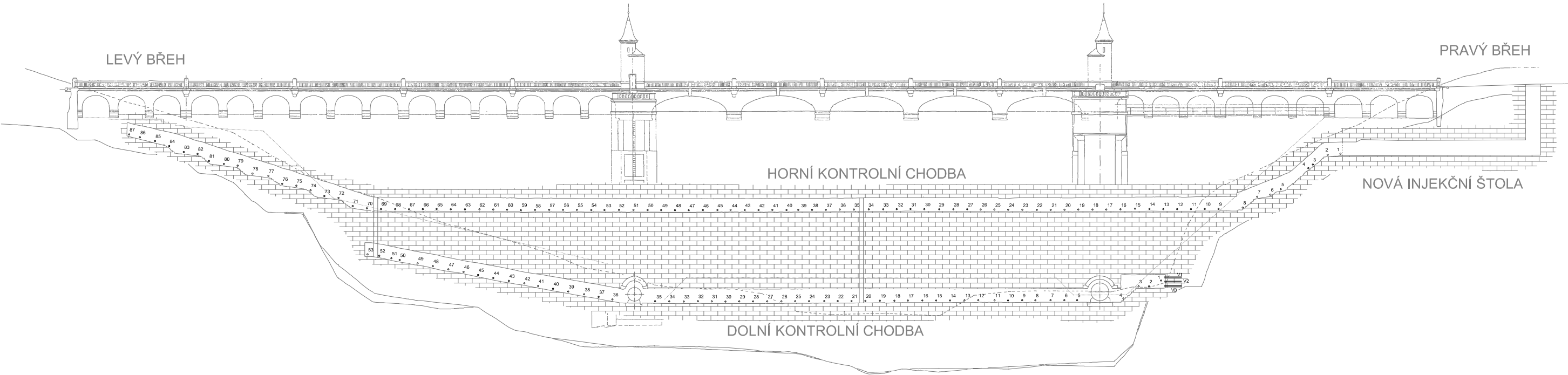
MĚŘNÝ PŘEPAD - PRŮSAKY PRAVÝM TUNELEM

PRAVÝ ŠACHTOVÝ
PŘELIV

DRÉN S TRVALÝM
PRŮSAKEM

PRAVÝ OBTOKOVÝ TUNEL

SCHEMATICKÝ ŘEZ HORNÍ A DOLNÍ KONTROLNÍ CHODBOU A NOVĚ VYBUDOVANOU INJEKČNÍ ŠTOLOU S VYZNAČENÍM PRŮSAKOMĚRNÝCH MÍST (VYÚSTĚNÍ DRENÁŽNÍHO SYSTÉMU)



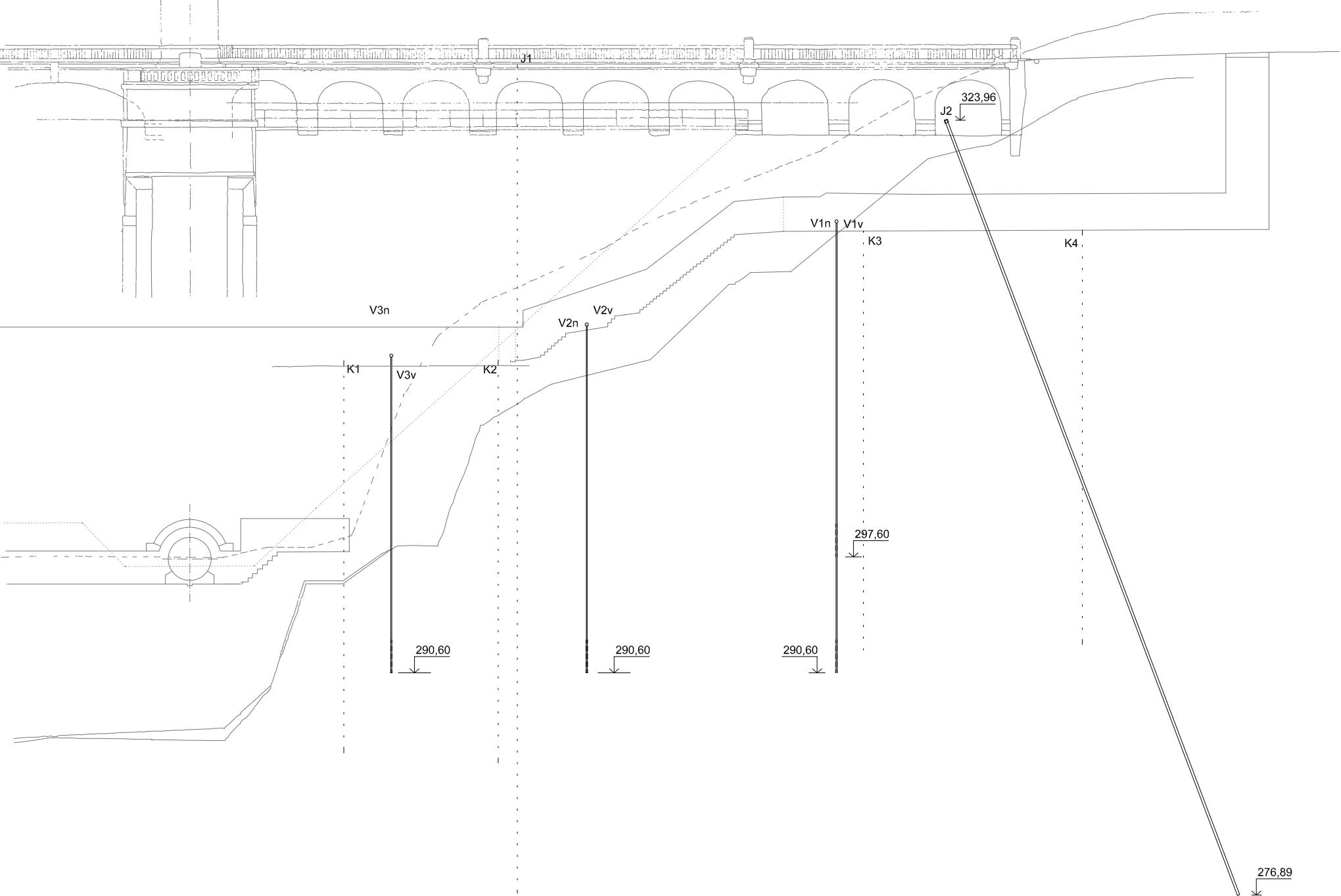
LEGENDA:

- odvodňovací vrtý z pravobřežního závázání hráze
- vyústění svislých drénu - průměr 0,2 m

POZNÁMKA:

Drenážní soustava vyústěná do horní kontrolní chodby (D1- D87) zachytává průsakovou vodu z úrovní mezi kótami 321,60 m n.m. a 309,60 m n.m.
Do dolní kontrolní chodby je vyústěná drenáž (D1-D53) zachytávající prosakující vody z úrovní mezi kótami 310,60 m n.m. a 296,60 m n.m.

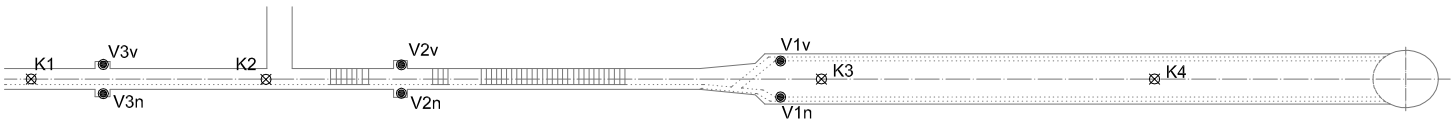
SCHEMATICKÝ ŘEZ INJEKČNÍ CHODBOU S VYZNAČENÍM KONTROLNÍCH
A VZTLAKOMĚRNÝCH VRTŮ M 1:300



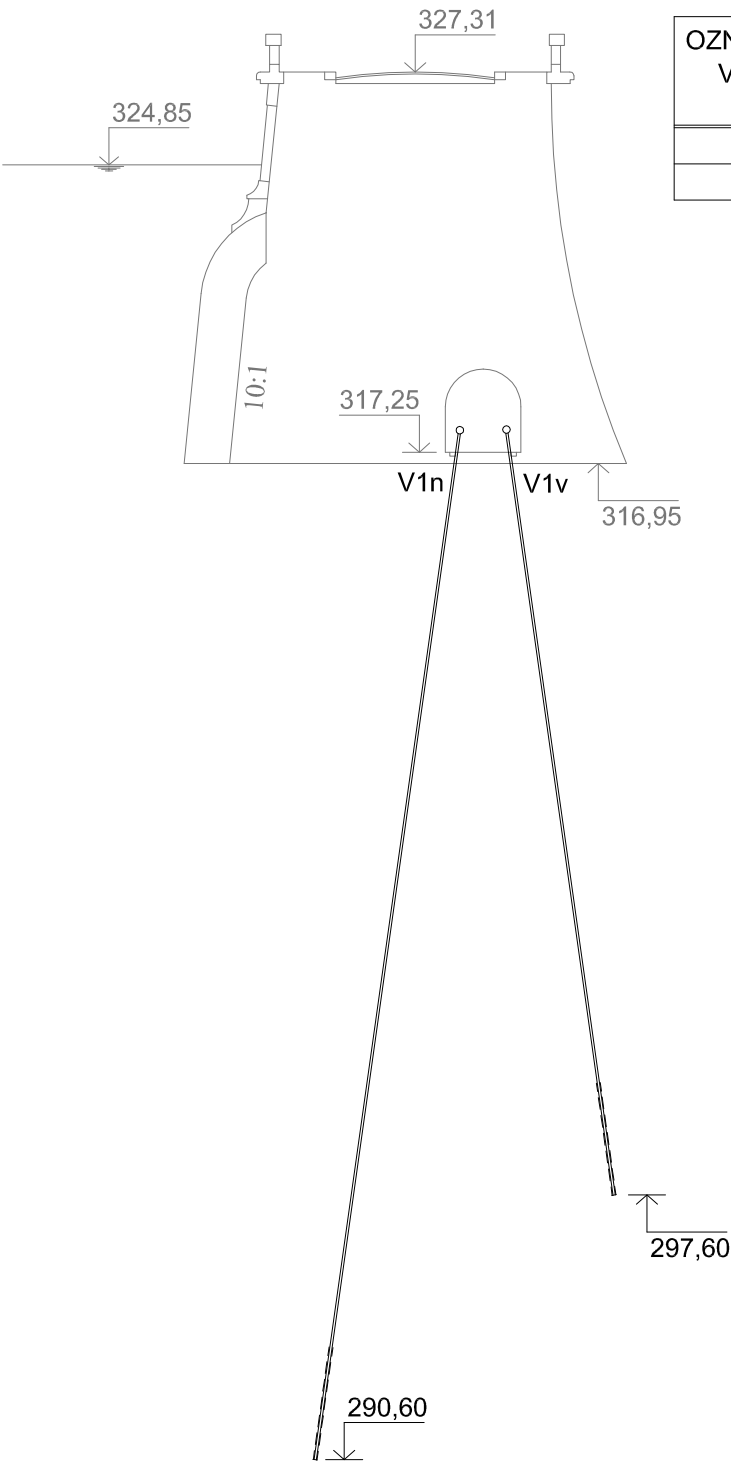
- vztlakoměrný vrt (půdorys)
- ⌈ vztlakoměrný vrt (řez)
- ⊗ zainjektovaný kontrolní vrt, sonda (půdorys)
- - - zrušený, nefunkční kontrolní vrt, sonda (řez)
- ⌈ kontrolní vrt, sonda (řez)

OZNAČENÍ VRTU	KÓTA ZHLAVÍ	KÓTA JÍMÁNÍ	KÓTA ZÁKL. SPÁRY	ODKLON VRTU
	m n.m.	m n.m.	m n.m.	
V1n	317,83	290,60	316,95	8,00
V1v	317,85	297,60	316,95	8,00
V2n	311,62	290,60	309,53	10,00
V2v	311,63	290,60	309,53	10,00
V3n	309,75	290,60	298,67	10,00
V3v	309,68	290,60	298,67	10,00
J-2	323,96	276,89	-	20,70

PŮDORYS INJEKČNÍ CHODBY

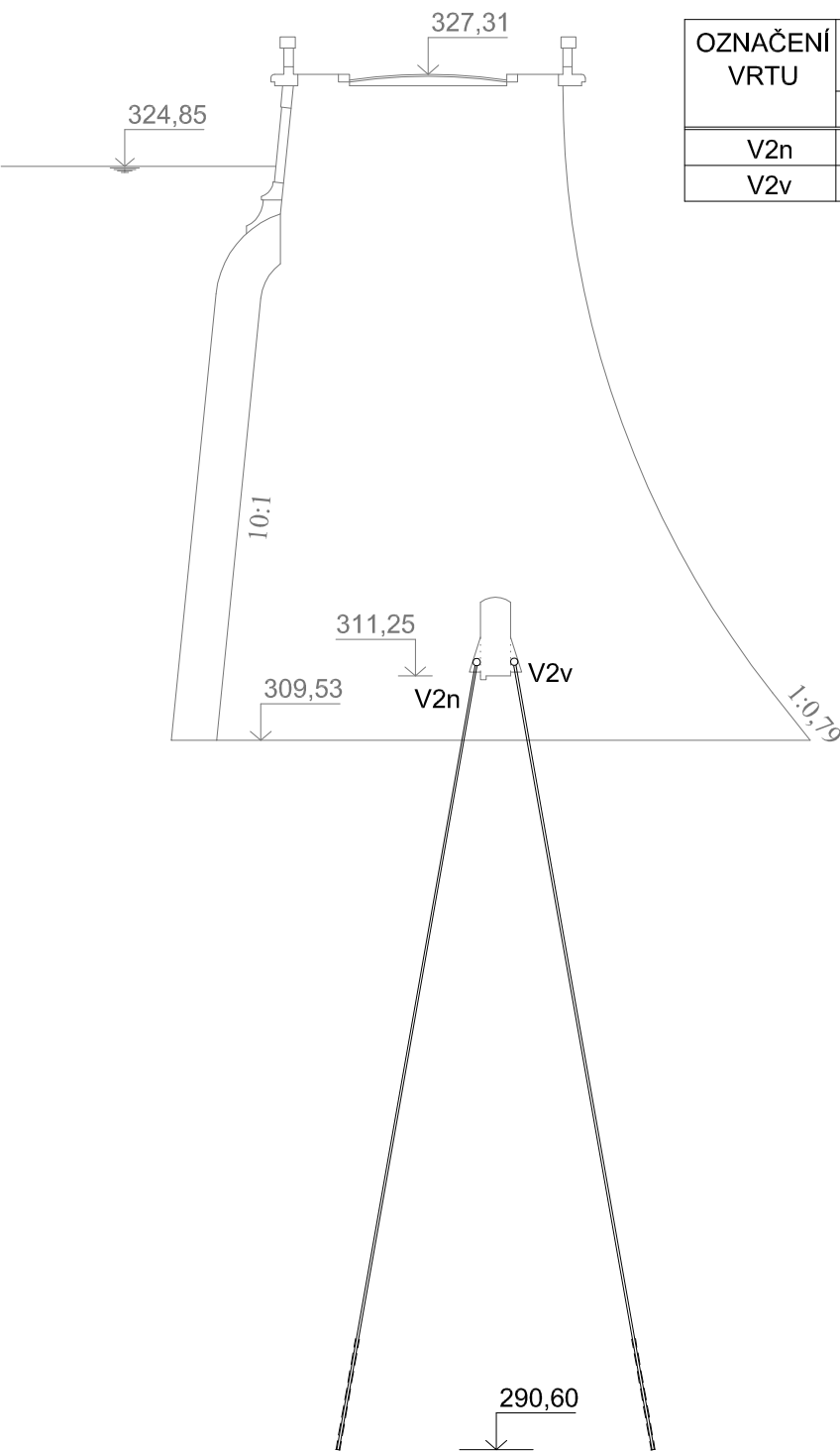


PŘÍČNÝ ŘEZ HRÁZÍ, ROZMÍSTĚNÍ
VZTLAKOMĚRNÝCH VRTŮ V1n, V1v
M 1:200



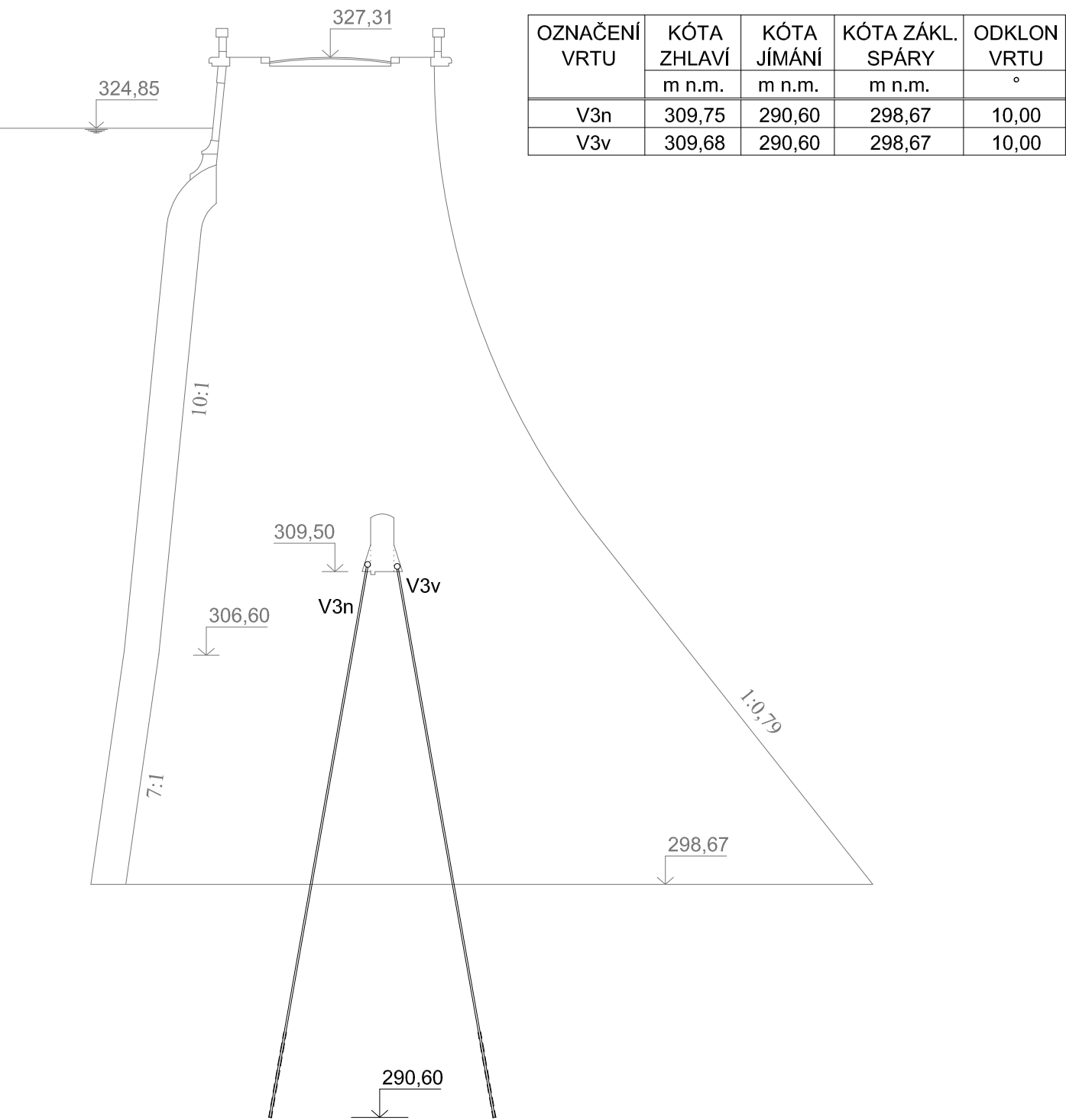
OZNAČENÍ VRTU	KÓTA ZHLAVÍ	KÓTA JÍMÁNÍ	KÓTA ZÁKL. SPÁRY	ODKLON VRTU °
	m n.m.	m n.m.	m n.m.	
V1n	317,83	290,60	316,95	8,00
V1v	317,85	297,60	316,95	8,00

PŘÍČNÝ ŘEZ HRÁZÍ, ROZMÍSTĚNÍ
VZTLAKOMĚRNÝCH VRTŮ V2n, V2v
M 1:200



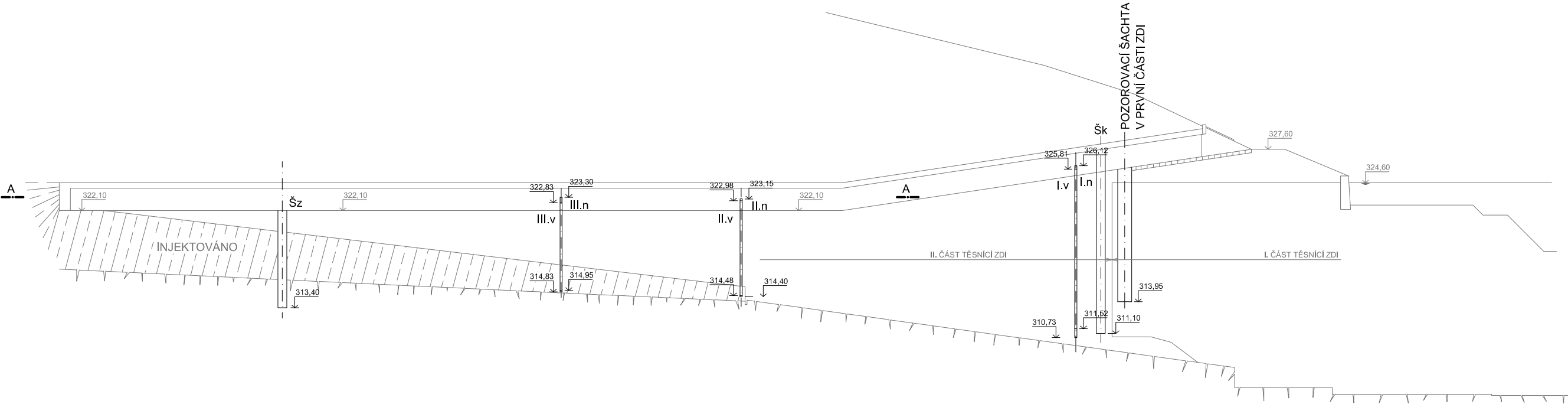
OZNAČENÍ VRTU	KÓTA ZHLAVÍ	KÓTA JÍMÁNÍ	KÓTA ZÁKL. SPÁRY	ODKLON VRTU °
	m n.m.	m n.m.	m n.m.	
V2n	311,62	290,60	309,53	10,00
V2v	311,63	290,60	309,53	10,00

PŘÍČNÝ ŘEZ HRÁZÍ, ROZMÍSTĚNÍ
VZTLAKOMĚRNÝCH VRTŮ V3n, V3v
M 1:200

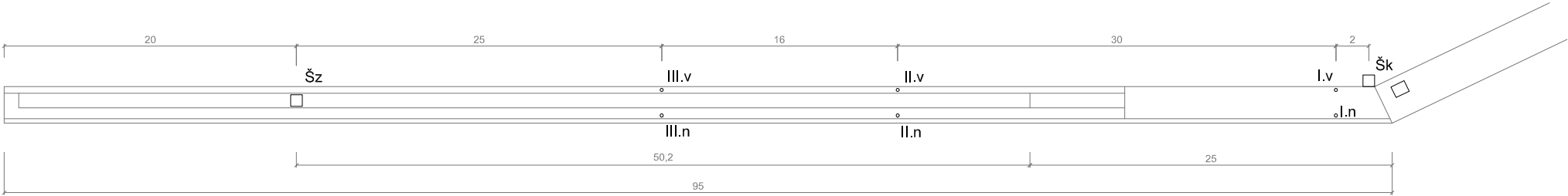


PODÉLNÝ ŘEZ TĚSNÍCÍ ZDÍ
M 1:400

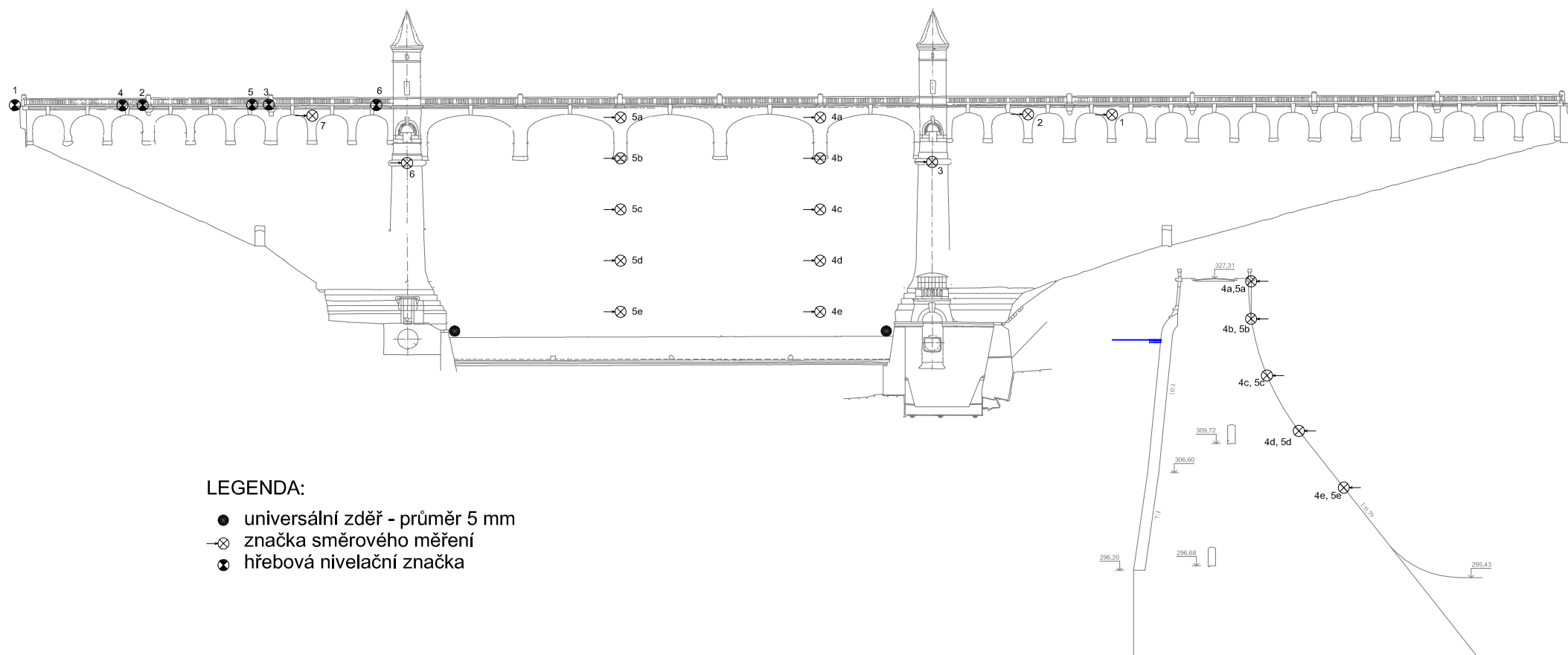
OZNAČENÍ SONDY, ŠACHTY	KÓTA ZHLAVÍ	KÓTA DNA
	m n.m.	m n.m.
I.n	326,12	311,52
I.v	325,81	310,73
II.n	323,15	314,40
II.v	322,98	314,48
III.n	323,30	314,95
III.v	322,83	314,83
Šk	325,55	311,10
Šz	322,10	313,40



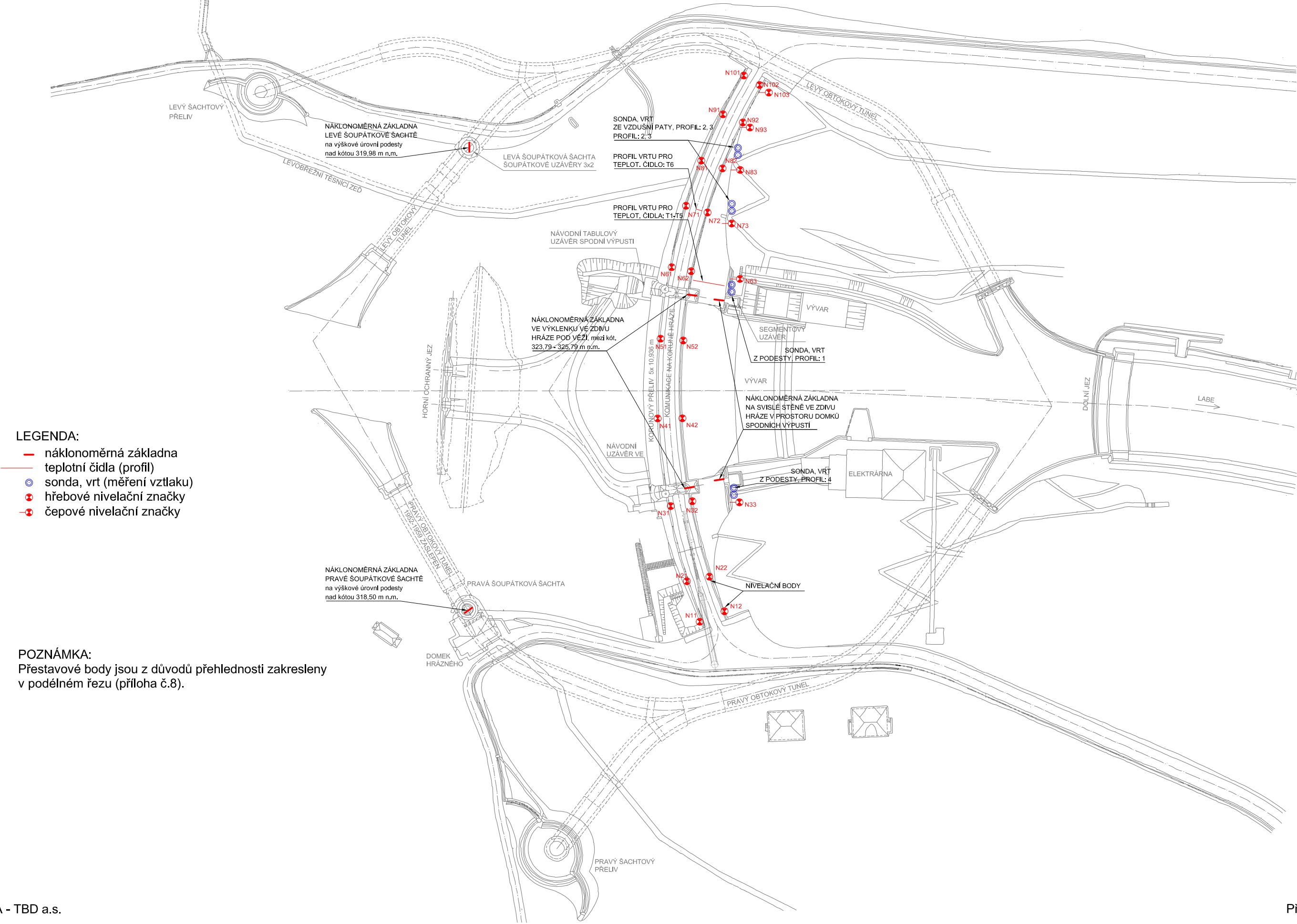
PŮDORYS - ŘEZ A-A



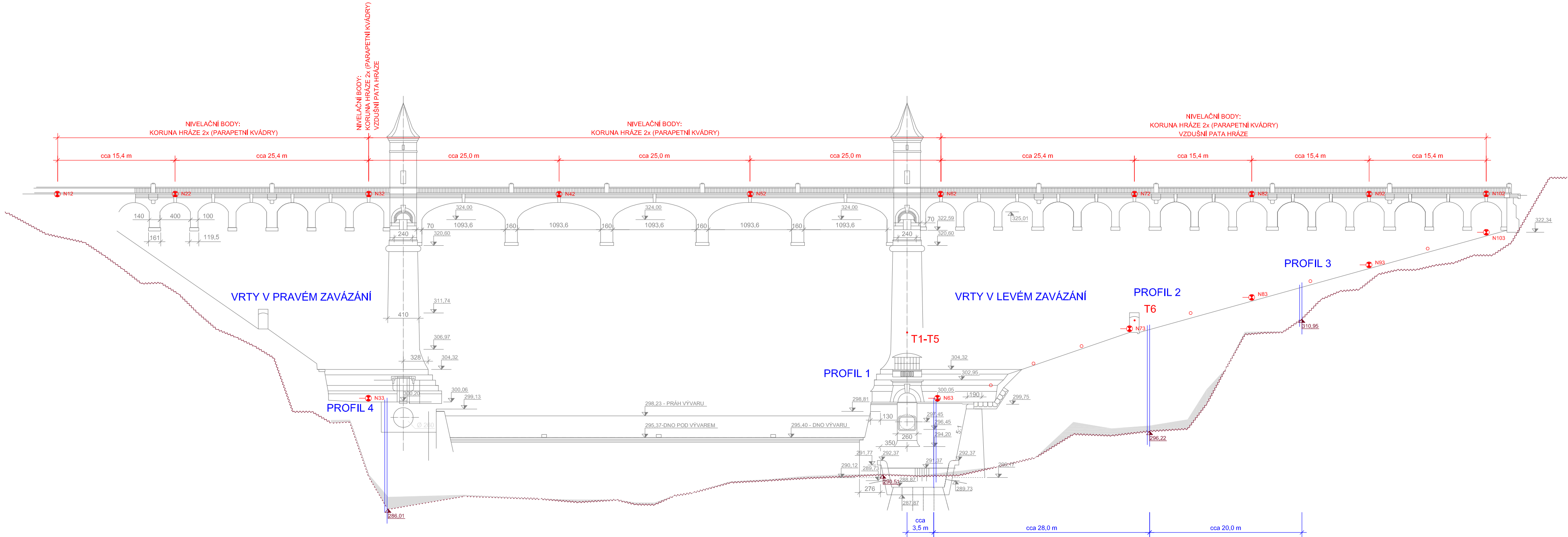
POHLED NA VZDUŠNÍ LÍC HRÁZE SCHÉMA ROZMÍSTĚNÍ GEODETICKÝCH BODŮ



SITUACE - ROZMÍSTĚNÍ NOVĚ NAVRHOVANÝCH ZAŘÍZENÍ TBD



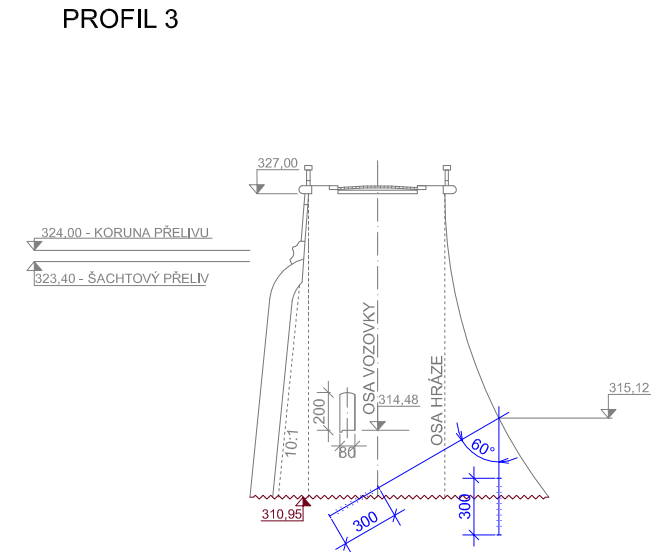
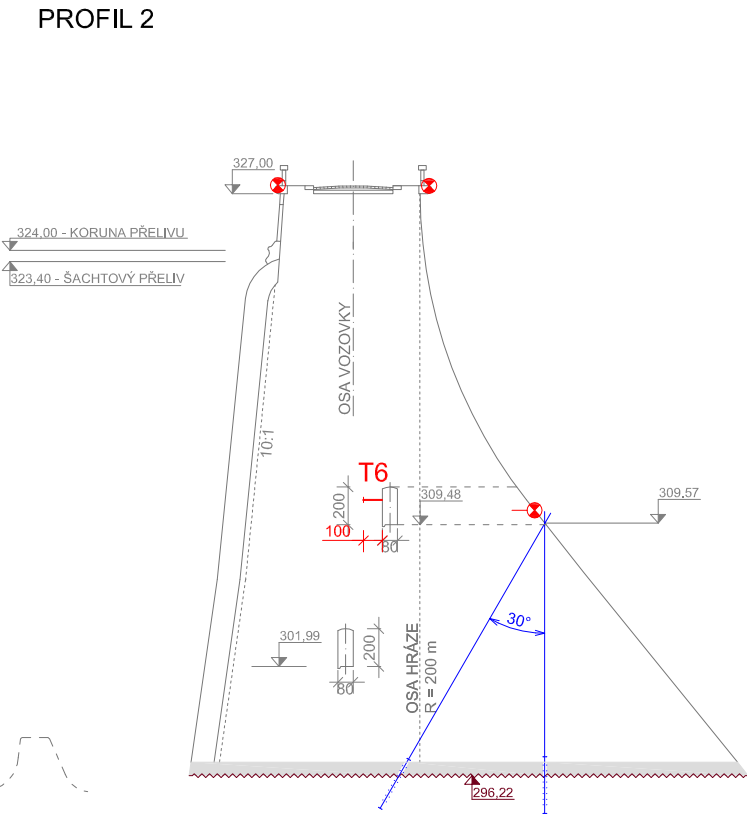
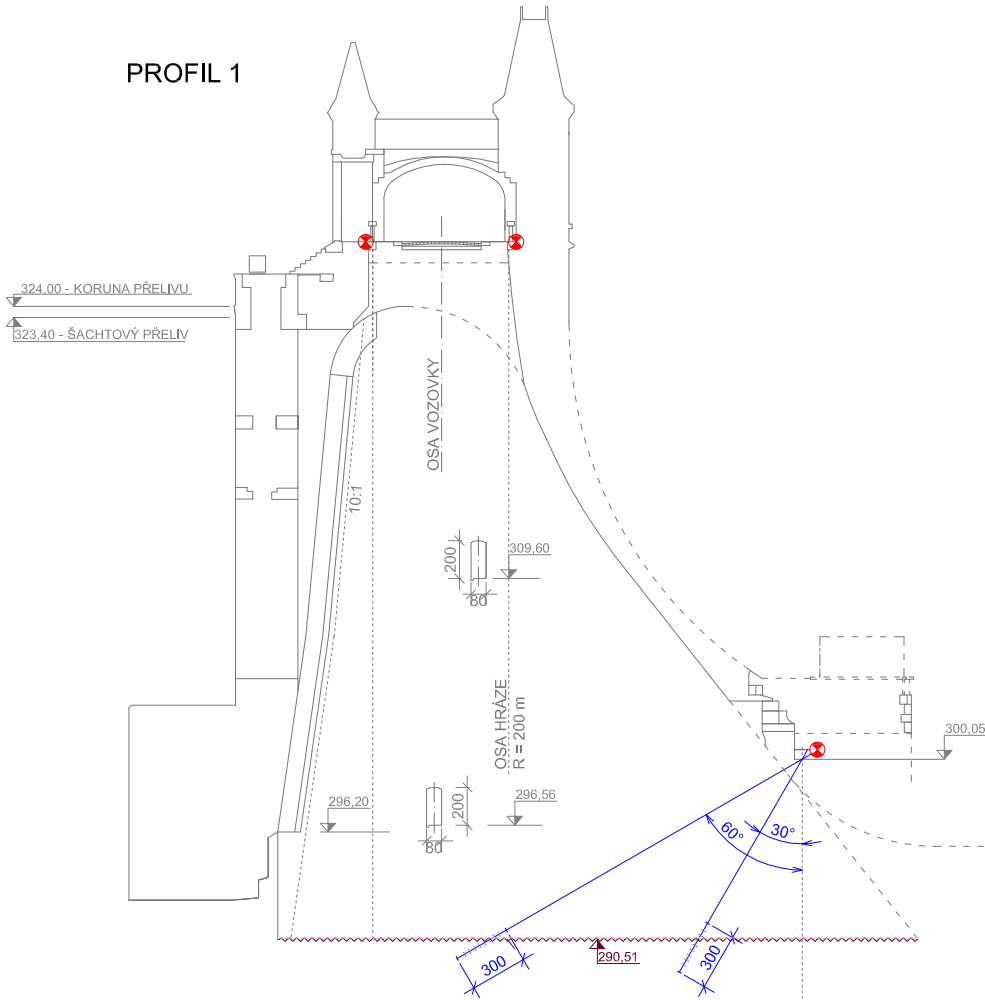
POHLED NA VZDUŠNÍ LÍC SE ZÁKRESEM ZÁKLADOVÉ SPÁRY
SCHÉMATICKÉ ROZMÍSTĚNÍ NOVÝCH VZTLAKOMĚRNÝCH VRTŮ A POZOROVACÍCH SOND
ZÁKRES NÁVRHU TEPLOTNÍCH PROFILŮ, NÁVRH ROZMÍSTĚNÍ NIVELAČNÍCH BODŮ



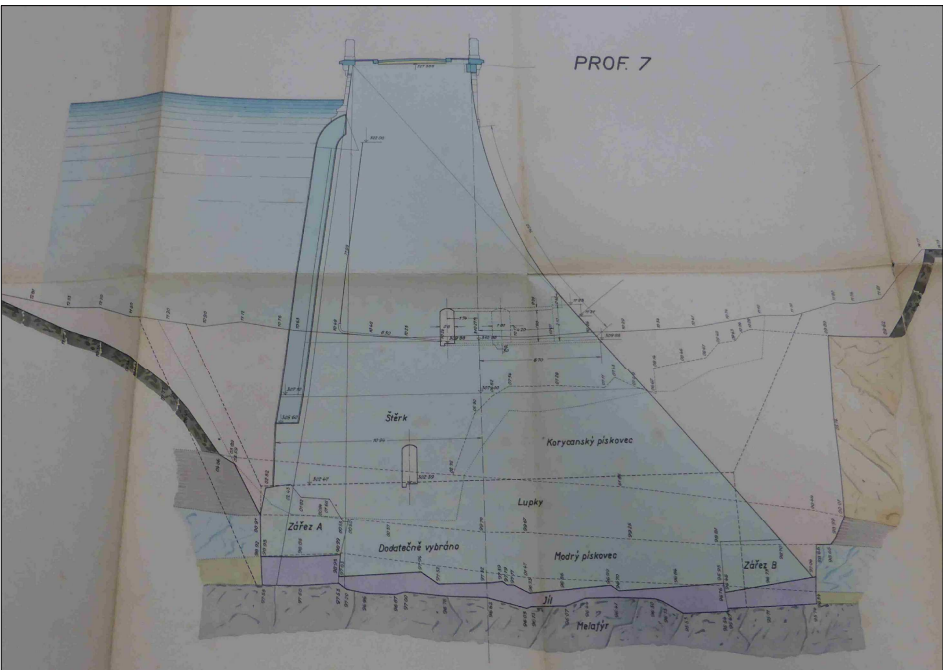
POZNÁMKA:
Průběh základové spáry a vyrovnávacího betonu v ose hráze byl odvozený z podélného řezu původní dokumentace (skutečné provedení).

- LEGENDA:
- vrt nebo profil pro osazení teplotních čidel
 - vztlakoměrný vrt, pozorovací sonda
 - ~ průběh základové spáry v ose hráze
 - vyrovnávací beton
 - ⊗ hřebová nivelační značka
 - ⊗ čepová nivelační značka
 - přestavový bod

PŘÍČNÉ ŘEZY HRÁZÍ, M 1:200
NÁVRH ROZMÍSTĚNÍ VRTŮ U VZDUŠNÍ PATY HRÁZE (LEVÉ ZAVÁZÁNÍ)
ZÁKRES VRTŮ PRO TEPLITNÍ ČIDLO Z HORNÍ REVZNÍ CHODBY
NÁVRH ROZMÍSTĚNÍ NIVELAČNÍCH BODŮ



PROFIL 2 NÁVRHU ODPOVÍDÁ PROF. 7 PŮVODNÍ DOKUMENTACE



POZNÁMKA:

Průběh základové spáry byl odvozený z podélného řezu původní dokumentace (skutečné provedení).
Terén u vzdušní paty byl odsunutý z výkresové dokumentace MŘ (dokumentace Povodí Labe, státní podnik).

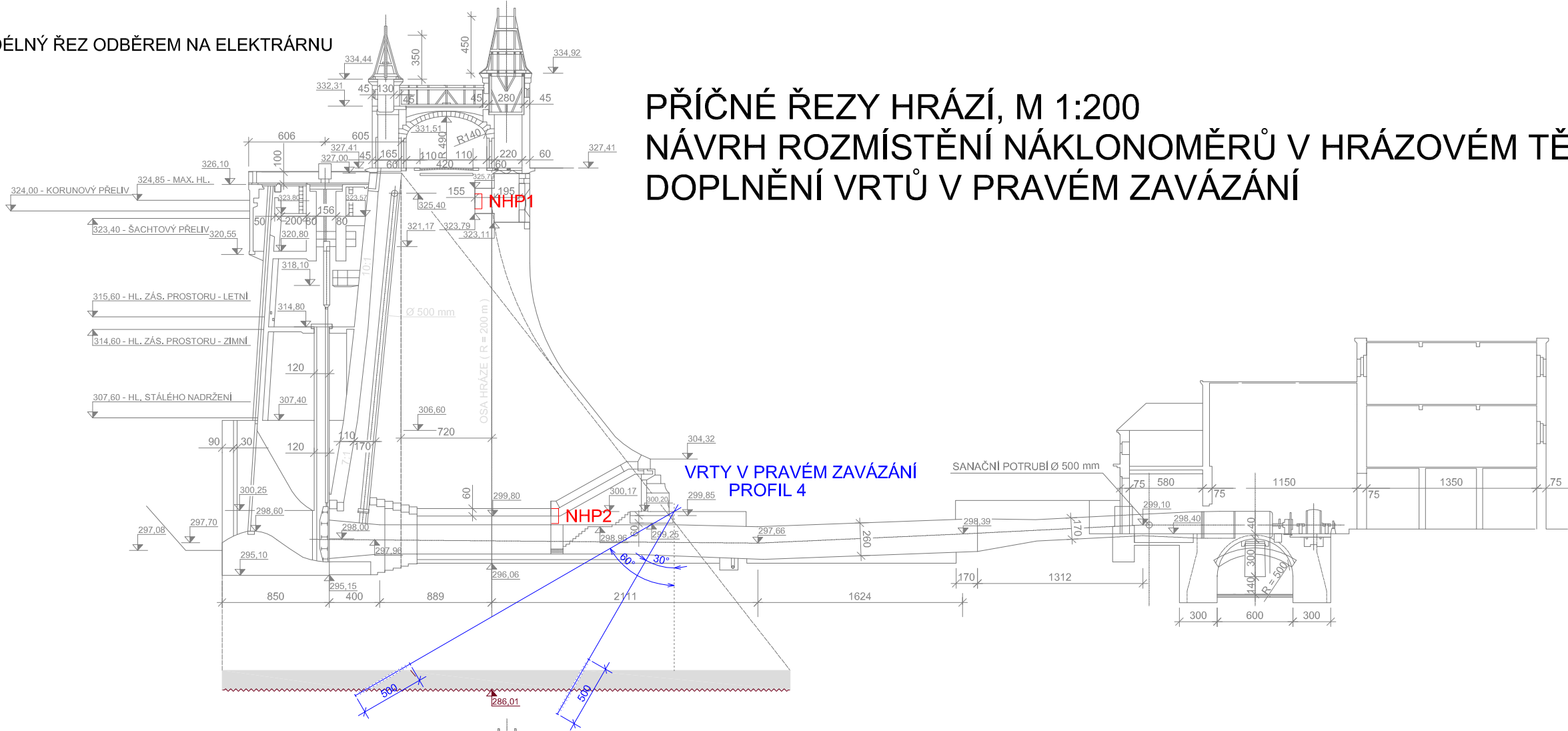
	Délka vrtu [m]	Odklon od svislice [°C]
Levé zavázání		
Profil 1, návodní	21.7	60
Profil 1, vzdušní	13.6	30
Profil 2, návodní	18.0	30
Profil 2, vzdušní	16.0	0
Profil 3, návodní	11.0	60
Profil 3, vzdušní	6.8	0

Délka vrtů celkem cca **87.1 m**

LEGENDA:

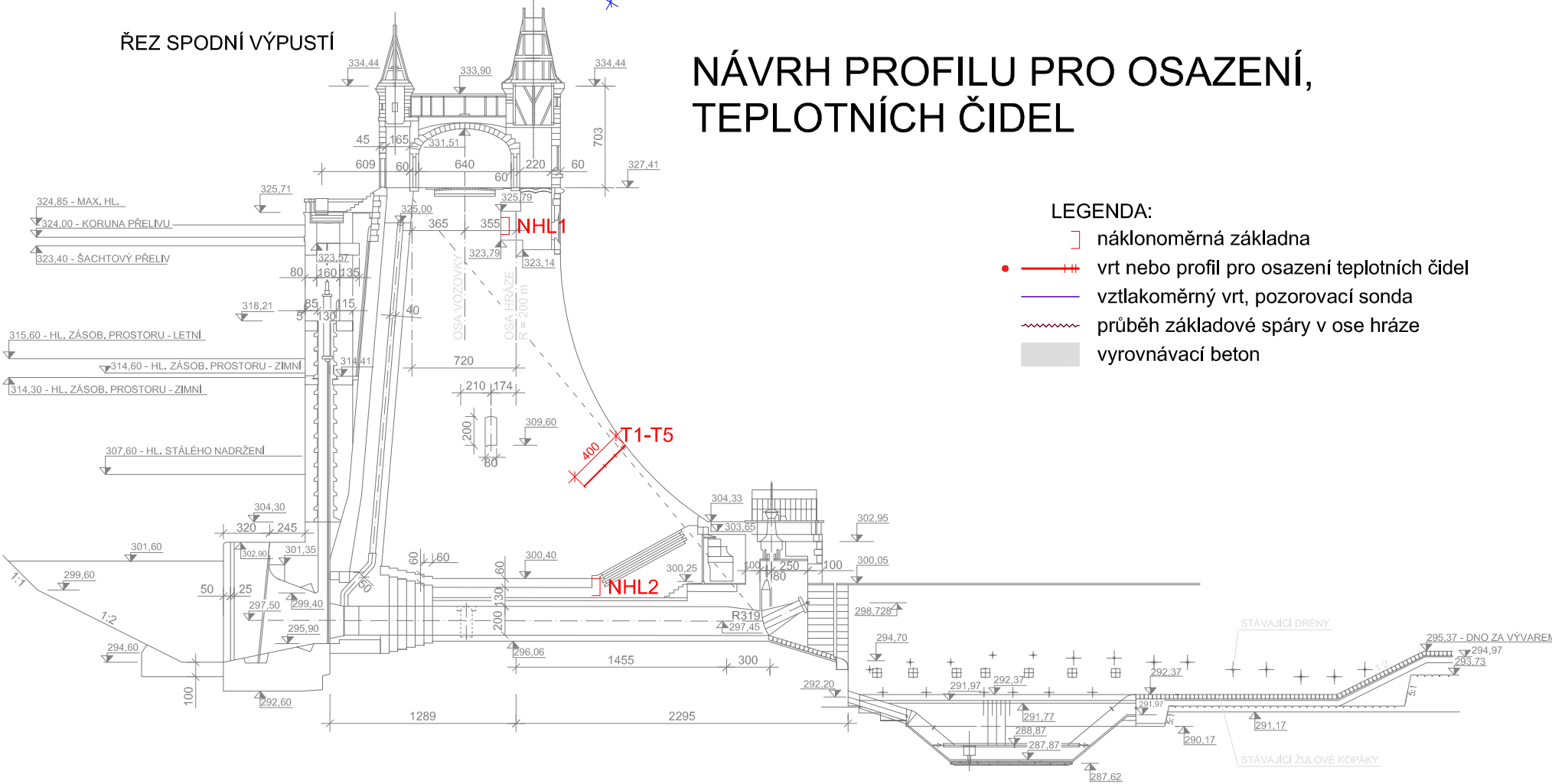
- — vrt nebo profil pro osazení teplotních čidel
- vztlakoměrný vrt, pozorovací sonda
- průběh základové spáry v ose hráze
- vyrovnávací beton
- hřebová nivelační značka
- čepová nivelační značka

PODÉLNÝ ŘEZ ODBĚREM NA ELEKTRÁRNU



PŘÍČNÉ ŘEZY HRÁZÍ, M 1:200
NÁVRH ROZMÍSTĚNÍ NÁKLONOMĚRŮ V HRÁZOVÉM TĚLESE
DOPLNĚNÍ VRTŮ V PRAVÉM ZAVÁZÁNÍ

ŘEZ SPODNÍ VÝPUSTÍ

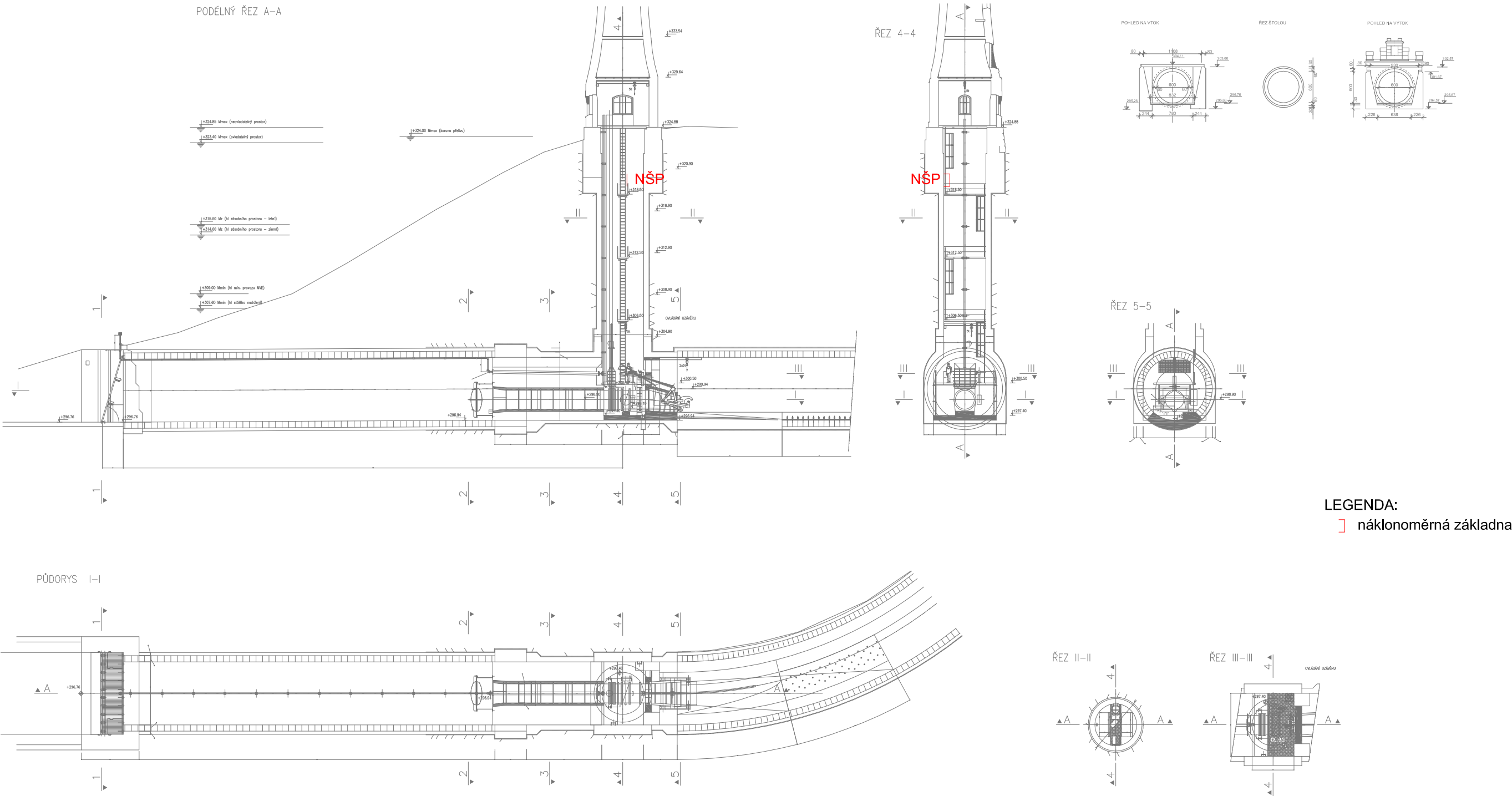


NÁVRH PROFILU PRO OSAZENÍ,
TEPLOTNÍCH ČIDEL

- LEGENDA:
- náklonoměrná základna
 - — vrt nebo profil pro osazení teplotních čidel
 - vztlakoměrný vrt, pozorovací sonda
 - ~ průběh základové spáry v ose hráze
 - vyrovnávací beton

	Délka vrtu [m]	Odklon od svislice [°C]
Pravé zavázání		
Profil 4, návodní	29.8	60
Profil 4, vzdušný	19.2	30
Délka vrtů celkem cca		49.0 m

SCHÉMA NÁVRHU UMÍSTĚNÍ NÁKLONOMĚRU V ŠACHTĚ NAD PRAVÝM OBTOKOVÝM TUNELEM, M 1:1000



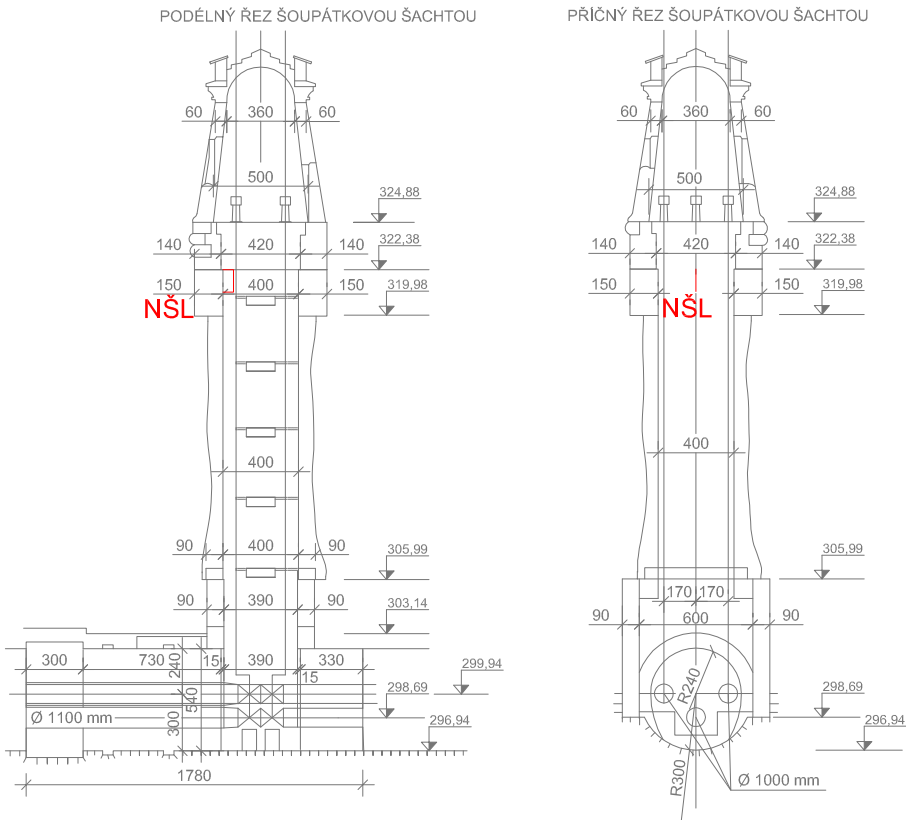


SCHÉMA NÁVRHU UMÍSTĚNÍ NÁKLONOMĚRU V LEVÉ ŠOUPÁTKOVÉ ŠACHTĚ, M 1:1000

LEGENDA:

náklonoměrná základna

