

**Časopis ZAKLÁDÁNÍ**

vydává:

Zakládání staveb, a. s.

K Jezu 1, P.S. 21

143 01 Praha 4 - Modřany

tel.: 244 004 111

fax: 241 773 713

E-mail: propagace@zakladani.cz<http://www.zakladani.cz><http://www.zakladani.com>**Redakční rada:****vedoucí redakční rady:**

Ing. Libor Štěrbá

členové redakční rady:

RNDr. Ivan Beneš

Ing. Martin Čejka

Ing. Jan Masopust, CSc.

Ing. Jiří Mühl

Ing. Michael Remeš

Ing. Jan Šperger

Redakce:

Ing. Libor Štěrbá

Jazyková korektura:

Mgr. Antonín Gottwald

Foto na titulní straně:

Libor Štěrbá

Překlady anotací:

Mgr. Klára Koubská

Design & Layout:

Jan Kadoun

Tisk:

H.R.G. spol. s r.o.

Ročník XXV**2/2013**

Vyšlo 19. 8. 2013 v nákladu 1000 ks

MK ČR 7986, ISSN 1212 – 1711

Vychází čtyřikrát za rok

Pro rok 2013 je cena časopisu 90 Kč.

Roční předplatné 360 Kč vč. DPH,

balného a poštovného.

Objednávky předplatného:**ALL PRODUCTION, s. r. o.**

Areal VGP

Budova D1 F V. Veselého 2635/15

193 00 Praha 9 – Horní Počernice

tel.: 234 092 811,

fax: 234 092 813

E-mail: obchod@allpro.cz<http://allpro.cz/><http://predplatne.cz/>**Podávání novinových zásilek**

povolila PNS pod č.j. 6421/98

Téma čísla: Stavby v kontaktu s vodním prostředím v Roudnici nad Labem aneb Od gotického mostu po malou vodní elektrárnu

Libor Štěrbá

2

Stručný historický úvod

Doc. Ing. Jan Masopust, CSc., VUT v Brně, Ústav geotechniky

3

Gotický most v Roudnici nad Labem, základní konstrukční prvky, založení, geometrie a technologie zdiva oblouku

Michal Cihla, Michal Panáček

4

Jiný pohled: skříňové zakládání gotického mostu v Roudnici nad Labem a Karlova mostu v Praze

Doc. Ing. Jan Masopust, CSc., VUT v Brně, Ústav geotechniky

9

Počátky plavby v Čechách

Ing. Aleš Havránek, Zakládání staveb, a. s.

10

Počátky speciálního zakládání, hlavní východiska oboru

Doc. Ing. Jan Masopust, CSc., VUT v Brně, Ústav geotechniky

11

Hradlový jez v Roudnici nad Labem (1906–1912)

Ing. Aleš Havránek, Zakládání staveb, a. s.

12

Most v Roudnici nad Labem (1906–1910)

Ing. Aleš Havránek, Zakládání staveb, a. s.

16

Plavební komory a plavební kanály v Roudnici nad Labem (1908–1912)

Ing. Aleš Havránek, Zakládání staveb, a. s.

19

Hydrostatický sektorový jez v Roudnici nad Labem (1968–1970)

Mgr. Inž. Zbigniew Tarchalski

22

Rekonstrukce plavebních komor v Roudnici nad LabemIng. Aleš Havránek, Zakládání staveb, a. s.,
s využitím zdrojů od Pöyry Environment, a. s.

27

Malé vodní elektrárny na dolním Labi

30

Malá vodní elektrárna, umělá slalomová dráha a rybí přechody v Roudnici nad Labem-Vědomicích pohledem investora

Ing. Jakub Helus, RenoEnergie, a. s.

32

Zajištění stavební jámy pro MVE Roudnice nad Labem

Ing. Karel Staněk, FG Consult, s. r. o.

36

Geologický průzkum pro zakládání MVE v Roudnici nad Labem

RNDr. Martin Procházka, AQUATEST, a. s.

41

Protipovodňová opatření v Roudnici nad Labem

Ing. Mojmír Dadejík

44

TÉMA ČÍSLA:

STAVBY V KONTAKTU S VODNÍM PROSTŘEDÍM

V ROUDNICI NAD LABEM

ANEB OD GOTICKÉHO MOSTU PO MALOU VODNÍ ELEKTRÁRNU

Vážení čtenáři,

V poměrně krátké době se Vám dostává do rukou opět monotematické číslo časopisu Zakládání. Avšak na rozdíl od čísla 4/2012, ve kterém jsme se zaměřili na popis vzniku a založení významného komplexu staveb v centru Prahy, se nyní věnujeme tématu v čase poněkud širšímu, a sice stavbám v kontaktu s vodním prostředím v Roudnici nad Labem. Základním impulsem pro vznik tohoto čísla byla výstavba malé vodní elektrárny (MVE) na pravém břehu Labe, přímo pod roudnickým mostem, jejíž založení bylo – stejně jako u mnoha dalších MVE realizovaných v posledních letech – dílem firmy Zakládání staveb, a. s., zpravidla jakožto člena sdružení hlavních dodavatelů.

Uvědomili jsme si totiž, že toto místo, kde vzniká nová MVE, má, pokud jde o zakládání „ve vodě“, velmi dlouhou a bohatou stavební historii, kterou by bylo škoda při zpracování tématu MVE nezmínit. Když jsme si sestavili všechna klíčová místa této dlouhé historie, končící dnes u výstavby MVE, začalo nám být jasné, že se tu nabízí opravdu jedinečná příležitost k ohlédnutí za stavební historií tohoto místa na dolním toku Labe, a rozhodli jsme se jí plně využít.

Tak jako jsme v minulých čtyřech ročnících Zakládání měli možnost seznamovat se s historií stavebních strojů, podnikatelů a firem na celém našem území zhruba v letech 1848–1948, nyní máme možnost sledovat společně stavební historii místa jediného. V prvním případě šlo především o stroje, lokality pro ně byly scénou. Teď se pohled poněkud posměnil, máme zde jednu lokalitu a na jejím příkladu si připomeneme, kdo, kdy, proč a především jakým způsobem v ní zanechal svoje stopy.

Co nás tedy na následujících stránkách čeká? V místě, kde dnes stojí roudnický most, byl již v roce 1333 založen třetí nejstarší kamenný most v Čechách. Do dnešních dnů se nám z něj dochovaly skrovné zbytky, i z nich lze však vyčíst mnoho o znalostech a použité technice tehdejších stavitelů. Poslední zachovalý oblouk tohoto mostu zanikl s výstavbou nového mostu a zdymadla na počátku 20. století v letech 1906–1912. V této době již byly stavební technologie natolik rozvinuté, že bylo možné uskutečnit jak tuto nanejvýše potřebnou spojnici s pravým břehem, kterou do té doby

město Roudnice velice postrádalo, a současně zde vystavět hradlový jez, plavební komory a vorovou propust – stavby realizované v rámci rozsáhlého projektu Kanalizování Vltavy a Labe, zahájeného před koncem 19. století. I další historie techniky zakládání v tomto místě je zajímavá – vzhledem k nárůstu přepravy po Labi a především kvůli potřebě zimní nákladní plavby byl zdejší hradlový jez, stejně jako jezy obdobné konstrukce na dolním Labi, koncem 60. let přestavěn na tzv. sektorový. Při této náročné přestavbě, nebo lépe řečeno nové výstavbě, byly již použity technické prostředky srovnatelné s našimi současnými, i když například právě zde byla ještě stále s úspěchem používána spolehlivá parní beranidla.

Podobně jako kdysi proběhla éra budování jezů, resp. jejich přestavba na sektorové, probíhá dnes u těchto jezů výstavba malých vodních elektráren. Jez v Roudnici nad Labem je posledním z celkem šesti jezů na dolním Labi, kde je tento typ stavby realizován. I to mnohé napovídá o dnešní době, o tom, jak se „časy mění“. Náš příběh tedy končí v dnešní době výstavbou malé vodní elektrárny, slalomové dráhy a rybního přechodu, a to v těsném sousedství mostního pilíře stávajícího roudnického mostu, snad jen několik desítek metrů od míst, kam na pravý břeh téměř před 700 lety dosáhl svými oblouky starý roudnický most...

Ačkoliv se kulisy doby a prostředky, které měla k dispozici, velmi měnily, jedna skutečnost i přes staletí zůstává – znalost přírodních zákonitostí a staveb v prostředí vody a vodního prostředí byla vždy u stavitelů na vysoké úrovni a promítla se do funkčnosti a elegance celého díla, ať už to byl starý most, most nový, jezy či plavební komory. Věříme, že ani v dnešních složitých časech, kdy se snižují nároky na vzdělávání a na sílu zkušeností, ale zároveň jsou k dispozici takřka všemocné technologie a technické prostředky, tato technická a estetická náročnost na stavby nepoklesne a že stále budou vznikat přinejmenším technicky krásné stavby, které budou moci v příštích staletích obdivovat naši nástupci v oboru. Věříme, že velmi náročná výstavba malé vodní elektrárny v Roudnici nad Labem – Vědomicích toho může být skromným, ale přesvědčivým dokladem. Společnost Zakládání staveb, a. s., si váží toho, že se jí naskytla příležitost přispět svým vkladem ke stavební historii tohoto místa.

Vydejme se nyní na neobvyklou cestu napříč staletími, začneme sledovat poutavý příběh „staveb ve vodě“ v Roudnici nad Labem, někdy navíc doprovázený zasvěceným komentářem povoláných.

Libor Štěrbá,
šéfredaktor listu



Mlýnský náhon v Roudnici nad Labem, příprava na stavební práce, rok 1906

STRUČNÝ HISTORICKÝ ÚVOD

Zakládání staveb, které se podle dnešního pojetí zabývá nejen návrhem a stavbou základů, ale i stavebními jámami a metodami zlepšování vlastností základové půdy, se stalo samostatnou disciplínou až někdy na přelomu 18. století. Základy přitom provázejí stavby od nepaměti, neboť stavba jako taková je vždy spojena se zemí (z dnešního pohledu se základovou půdou) právě prostřednictvím základů, jež prošly a procházejí neustálým vývojem. Ten je podmíněn zejména aplikací novinek ze strojírenství ve stavebnictví a snahou stavebníků o co nejefektivnější způsoby zakládání, přičemž hlavními kritérii jsou na straně jedné bezpečnost, na straně druhé pak ekonomika v nejširším slova smyslu. V Evropě lze sledovat vývoj zakládání od mladší doby kamenné, kdy počátkem 5. tis. př. n. l. byly stavěny tzv. nákolní stavby, což byla sídliště zejména na jezerech, zakládána na soustavě dřevěných kůlů – předchůdců mnohem pozdějších ražených pilot – zarážek do relativně měkké základové půdy – a spojených dřevěnými podlahami. (Ve Švýcarsku bylo identifikováno takové sídliště Rothenhausen, kde bylo odhadnuto celkové množství kůlů na 100 000, přičemž kůly byly umístěny velice hustě – v počtu až 10 ks/m².) U nás takovéto stavby prokázány nebyly, nicméně o zakládání staveb před historickou dobou nás informují některé keltské hrady na Otavě (4. stol. př. n. l.) a později stavby z doby hradištní, jež byly vesměs dřevěné a na základy nekladly žádné velké nároky. Rovněž pozdější kamenné hrady a kostely nebyly z hlediska zakládání zajímavé, neboť byly situovány vesměs na skalním podloží



Rekonstrukce staveb na pilotách z doby kolem 2000–800 př. n. l., Pfahlbaumuseum Unteruhldingen, Bodensee, 2005

a stavěly se dostatečně dlouho z kamenného zdiva s množstvím spár, které v podstatě eliminovaly eventuální nepříznivé účinky sedání. Ve světě ovšem velké stavby egyptské, meopotamské, krétské, řecké a později římské vyžadovaly zřejmě již řešení mnoha obtížných, zejména technologických problémů, spojených se stavbou základů, jež souvisely jednak se zvětšováním tíhy staveb, jednak s potřebou zakládání pod hladinu vody (v řekách, jezerech). Pro tyto stavby bylo vymyšleno tzv. skříňové zakládání, jež bylo použito i mnohem později, neboť po zániku říše římské byla v Evropě tato dovednost na mnoho století zapomenuta. (O skříňovém zakládání gotického mostu v Roudnici nad Labem a Karlova mostu v Praze je podrobněji pojednáno v článku na str. 9.)

Obnova a rozkvět městské civilizace nastaly zřejmě až v 11. století, kdy vznikla potřeba souborů městských staveb a tím i komplikovanější možnost výběru nejvhodnějšího místa

pro jejich umístění. Řemeslné zručnosti, spojené se zkušenostmi, přibývalo ze začátku jen poměrně pomalu. Teprve ve 13.–15. století, kdy v Itálii vznikla novodobá logika, a v 16. století v době renesance, kdy byly položeny základy vědy, opřené o pokusy a pozorování, došlo k významnému urychlení technického rozvoje. Konečně vytvoření moderní matematiky v 18. století umožnilo soustavnou aplikaci abstraktního myšlení v technice, jež lze považovat za začátek dnešní formy technické vědy. Skutečný rozmach technologií započal ovšem až v 19. století, kdy se uplatnila mechanizace založená na energii parních strojů. Mechanizace je v zakládání staveb nezbytným předpokladem pro realizaci velkých staveb, a to samozřejmě nejen při zakládání do vody.

Doc. Ing. Jan Masopust, CSc., VUT v Brně,
Ústav geotechniky
Foto: Wikipedia.org



V oblasti alpských zemí se nachází kolem 111 lokalit, kde jsou archeologické nálezy staveb na pilotách z období 5000–500 př. n. l.



Rytina kamenného mostu v Řezně, postaveného pravděpodobně v letech 1135–1146. Je nejstarším dochovaným a dodnes používaným mostem na sever od Alp, který se stal částečně vzorem pro stavbu dalších mostů i v jiných evropských městech (Londýn, Avignon) a pravděpodobně i pro kamenné mosty na našem území (kamenný most v Písku, Juditin most v Praze, most v Roudnici nad Labem a Karlův most v Praze).



Jeden z trámů základového roštu gotického mostu objevených v roce 2004, Podřípské muzeum v Roudnici nad Labem (Foto M. Panáček 2006)

GOTICKÝ MOST V ROUDNICI NAD LABEM, ZÁKLADNÍ KONSTRUKČNÍ PRVKY, ZALOŽENÍ, GEOMETRIE A TECHNOLOGIE ZDIVA OBLOUKU

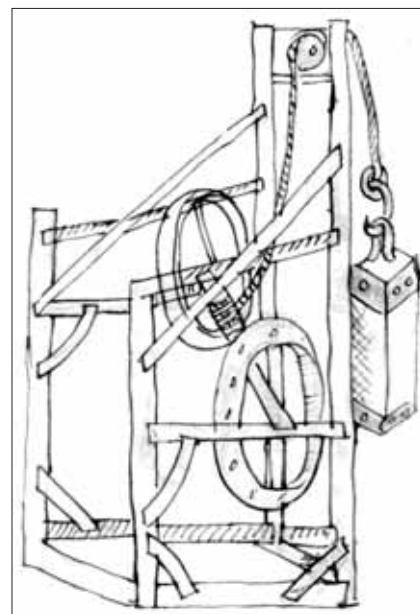
Gotický most v Roudnici nad Labem je tradičně uváděn jako třetí nejstarší kamenný most v Čechách a vůbec nejstarší kamenný most na Labi na našem území. Jeho vznik je zajímavý především cizí proveniencí stavitelů a tím daným použitím výjimečných technologií. Stavba samotná tak přináší množství v českém prostředí atypických prvků, které vycházejí z tradic římského stavitelství. Netradičně pro domácí prostředí, ale technicky velmi vyspěle se jeví jednak jeho založení pilířů, konstrukce a tvarová dispozice pilíře, nasazení a vlastní vykroužení klenebního oblouku i vzájemný poměr pilíře a oblouku, vytvářející ideální průtočný profil. A právě vzhledem k vyspělosti konstrukce mostu věnujeme na tomto místě, i kvůli účtě k tehdejším stavitelům, větší prostor nejen jeho zakládání, jak by se od tohoto titulu dalo čekat, ale právě i horním konstrukcím stavby.

Základní kámen ke stavbě roudnického kamenného mostu byl položen na den sv. Bartoloměje 24. srpna 1333. Stavitelem mostu se stal francouzský mistr Vilém, kterého z Avignonu pozval spolu se třemi pomocníky pražský biskup Jan IV. z Dražic. Ti strávili v Roudnici skoro jeden rok a postavili dva pilíře a jeden mostní oblouk. V další práci pak pokračovali od nich vyučení čeští řemeslníci.¹⁾ V literatuře byla publikována teorie, že na stavbě roudnického mostu se podílel i stavitel Oto, pozdější pravděpodobný stavitel Karlova mostu.²⁾ Most byl dokončen v roce 1340.³⁾ Stavba zdárně sloužila následujících téměř 300 let. Zásadní událostí pro seznámení s konstrukcí gotického mostu byla stavba nového roudnického mostu v letech 1906–1910, při které byly obnaženy

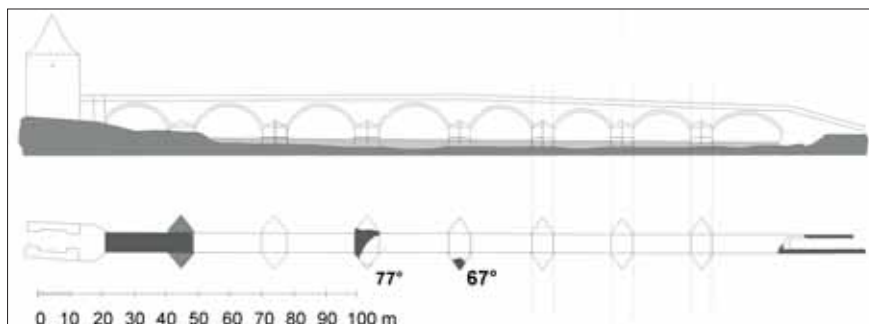
jeho základy. Zpracovatelem a dokumentátorem těchto fragmentů byl projektant a vrchní stavební dozor stavby nového mostu Břetislav Tolman. Společně s Václavem Chaloupeckým, který zpracoval do té doby nejpodrobněji dějiny starého mostu, publikovali své poznatky v několika studiích.⁵⁾ Na podzim 2004 byly nově při čištění řeky nalezeny kamenné kvádry segmentu valené mostní klenby, kamenné kvádry mostních pilířů a dřevěné trámy části základového roštu.⁶⁾ Zbytky byly podrobně zdokumentovány a analyzovány.⁷⁾ Dřevěné prvky byly dendrochronologicky datovány. Použité dřevo bylo pokáceno velmi krátce po roce 1330.⁸⁾ Na základě skutečností zjištěných v roce 1906 a rozboru nově získaných zbytků byla rekonstruována detailní podoba mostu a způsob jeho výstavby.

Podoba a rozměry mostu

Jednalo se o zděný kamenný obloukový most s délkou přemostění cca 220 m. Šířka mostu byla 6,40 m.



Středověké vyobrazení velkého beranidla. Obdobné zařízení mohlo být používáno na zarážení pilot a štětovic při stavbě mostu. Anonymus der Hussitenkriege, kolem 1430, München, Bayerische Staatsbibliothek. Převzato z D. Conrad, Kirchenbau im Mittelalter, Leipzig 2002, s. 188.



Roudnice nad Labem, gotický most, celková rekonstrukce mostu, pohled po vodě (kresba M. Cihla 2005)



Detail z vyobrazení opravy Karlova mostu po povodni v roce 1784 velmi věrně zachycující dobové řešení jímek a strojů pro beranění štětovic, čerpání vody a dopravu materiálu (K. Saltzer, *Oprava Karlova mostu po povodni 1784, mědiryt*). Převzato z O. Ševců ed., *Karlův most, Praha, 2007, s. 289*.

Z konstrukčního hlediska se jednalo o most s horní mostovkou. Spodní stavbu tvořilo sedm nízkých říčních pilířů (podpěr), založených na dřevěných nepilotovaných ležatých rostech a dvě pobřežní opěry. Šířka pilířů se pohybovala kolem 7 m, klenební oblouky měly světlou šířku kolem 21 m. Vzhledem k různé klenební výšce nebyla niveleta mostovky horizontální, ale zřejmě od čtvrtého pilíře k severní pobřežní opěře mírně klesala. Nájezd rampa od severu měla stoupání okolo 15°. Přístup na most vedl na pravém břehu skrze kamennou hranolovou mostní věž. Průjezd branské věže se otvíral vysokými lomenými oblouky s tesaným ostěním.⁹⁾

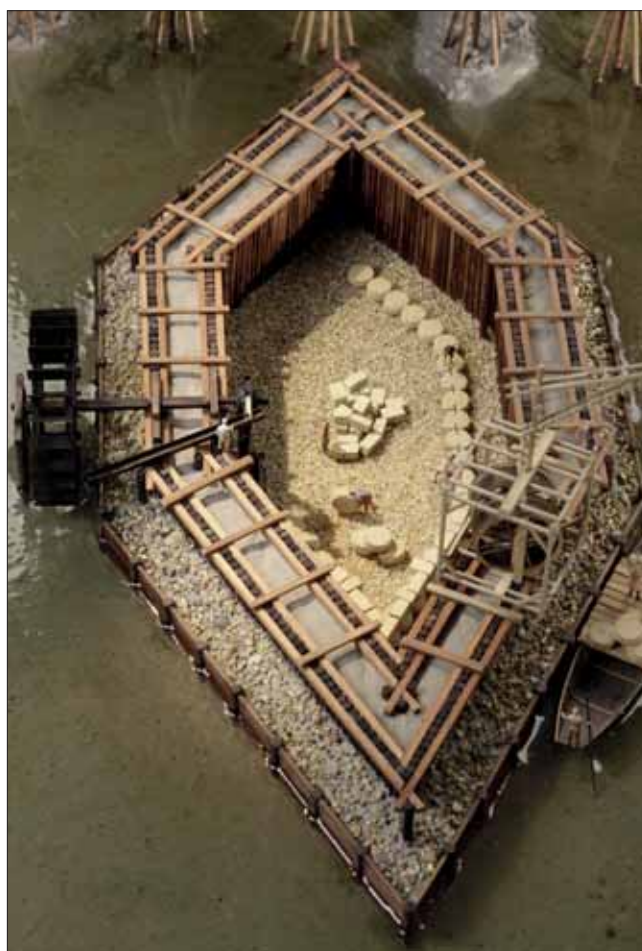
Založení pilířů mostu

Při rekonstrukci založení pilíře gotického mostu vycházíme především z výsledků sond provedených v letech 1906–1910 při stavbě nového roudnického mostu. Po rozměření celkových nebo alespoň dílčích rozměrů stavby, zejména rozpětí oblouků a identifikaci místa pro budoucí stavbu pilířů, bylo zahájeno beranění štětovic pro první stavební jímku. Tuto první fázi beranění nazýváme beranění tzv. vodicích pilot, určujících ve větším rozměru tvar budoucího pilíře. Dřevěné piloty se z vnitřní i vnější strany vzájemně propojily a zafixovaly vodorovnými trámy nejméně ve dvou úrovních. Vznikl tak tvar budoucí vnitřní řady štětové stěny, která byla vzdálena cca 1–2 metry od vlastního těla pilíře. Posléze se přistoupilo k vymezení druhé vnější štětové stěny, vzdálené od první zhruba 2 metry. Druhá řada se taktéž opatřila dřevěnými trámovými vaznicemi, čímž vznikla kostra budoucí jímky¹⁰⁾. Samotné beranění vodicích pilot zajišťovala beranidla se svislými ližinami, ve kterých se vedl beran i pilota. Tato beranidla byla instalována na loďkách. Při vlastním beranění štětové stěny se beranidla přemístila na

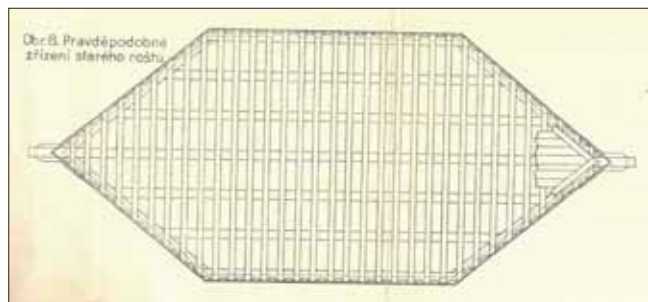
vytvořenou kostru jímky a postupně zarážela jednu pilotu za druhou. Piloty, které se pilotovaly v řadě za sebou, byly dlouhé zhruba 5 metrů a měly průměr 25–30 centimetrů. Musely být částečně hraněné s průběžnou drážkou a perem. Tak zvané vodicí linky byly nezbytné k udržení navazující pevné linie a ke zlepšení těsnících vlastností stěny. Systém vodicích dráž byl objeven i při obnažení zbytků pilotáže při základech roudnického gotického mostu. Zajímavá je i objevená existence třetí nízké štětové stěny, která byla ve skromných zbytcích zachycena při stavbě nového mostu. U této stěny nebyly takové nároky na pevnost, a tak byla konstruována pouze formou drážkové konstrukce bez vodorovného ztužení. Je důvodný předpoklad, že tato stěna dosahující přibližně úroveň vodní hladiny byla využívána k předběžnému utěsnění jímky¹¹⁾. Materiál, který sloužil jako zásyp k této vnější stěně, nebyl zcela nepropustný, ale stačil k tomu, aby bylo možné z hlavní jímky částečně vyčerpat vodu. Tento akt byl nesmírně důležitý pro to, aby jíl mezi hlavními štětovými stěnami bylo možné dobře utěsnit a nedocházelo k jeho

rozplavení díky velkému objemu vody uvnitř jímky. Po dokonalém vytěsnění jímky se přistoupilo k vyčerpání uzavřené vody. Říční dno se očistilo od případných bahenních nánosů až na pevné štěrkopískové podloží a mohla se zahájit stavba základového roštu pilíře mostu.

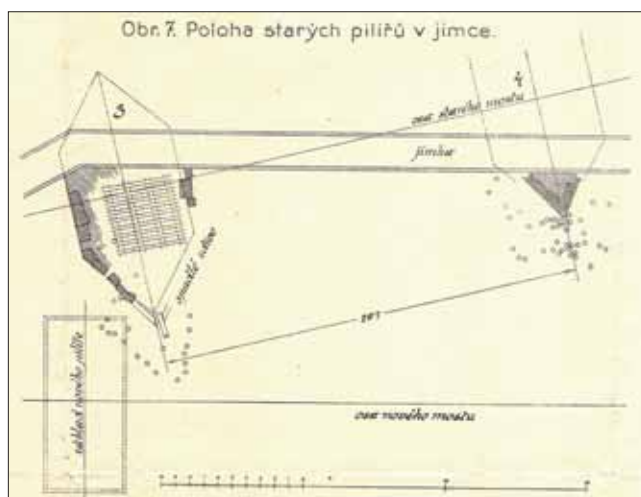
Co se týče vlastního beranění, zachovalo se nám vyobrazení klecového beranidla z 15. stol., které bylo opatřeno dvěma šlapacími koly, kladkou a velkým beranem¹²⁾. Je otázkou, zdali takto mohutný



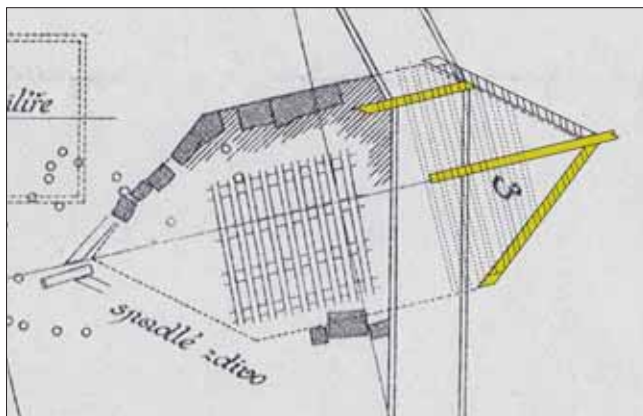
Model stavby Karlova mostu v Muzeu Karlova mostu. Detail zakládání kamenného zdiva pilíře v hotové šestiboké jímce, jejíž rekonstrukce byla navržena podle nálezů zbytků této jímky v Roudnici nad Labem (Foto M. Frouz 2008).



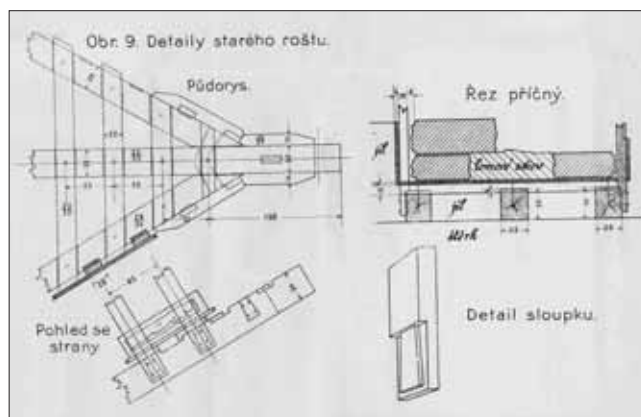
Pravděpodobná konstrukce dřevěného trámového roštu. Převzato z B. Tolman – V. Chaloupecký, *Starý kamenný most přes Labe v Roudnici, Praha, 1909*.



Umístění pilířů starého mostu v jímce budované pro založení jezu a mostu v letech 1906–1910. Převzato z B. Tolman – V. Chaloupecký, *Starý kamenný most přes Labe v Roudnici, Praha, 1909*.



Roudnice nad Labem, gotický most. Dokumentace zbytků mostu nalezených v roce 1906, konstrukce dřevěného základového roštu se zakreslením nálezů jeho částí vytažených z řeky v roce 2004. Převzato z B. Tolman – V. Chaloupecký, *Starý kamenný most přes Labe v Roudnici, Praha, 1909.*



Roudnice nad Labem, gotický most. Dokumentace zbytků mostu nalezených v roce 1906, detaily konstrukce dřevěného základového roštu. Převzato z B. Tolman – V. Chaloupecký, *Starý kamenný most přes Labe v Roudnici, Praha, 1909.*

stroj mohl být využíván k beranění prvotní pilotáže v řece a zda musel být velký beran fixován vodícími ližinami. Problémem by samozřejmě byla manipulace s ním a nutnost zřízení mohutnějšího stabilního pontonu, neseného asi soustavou lodí. Z tohoto důvodu se spíše předpokládá až následné beranění vlastní štetové stěny z již předem zaberaněné pevné konstrukce vodících pilot sloužící zároveň jako nosná plocha pro jeho osazení¹³⁾. Tento způsob beranění je velmi věrně zobrazen na rytině zobrazující opravu Karlova mostu v roce 1784. V průběhu 18. století se pak formuje nový způsob beranění s předsunutým beranem. Šlo o menší beranidla na půdorysu tvaru písmene T, s výškou cca 5–6 metrů, která mohla být umístěna na samostatných lodích. Měla zároveň beran předsunutý ližinám tak, že mohl beranit v těsné blízkosti vedlejší stěny. Piloty nebyly vedeny beranidlem, ale vedení bylo zajištěno dřevěnými vodorovnými svlaky uchycenými na vnějších



Jeden z trámů základového roštu gotického mostu objevených v roce 2004, pohled z vnější strany na sešikmené zhlaví, které bylo původně lípnuto k osovému trámu. Je vidět jeden oboustranně rybinovitý zapuštěný dlab na boční straně, jednoduchý dlab na horní straně a ohnuté hřeby, kterými byl trám přibit k osovému, Podřipské muzeum v Roudnici nad Labem (Foto M. Panáček 2006).

i vnitřních stranách prvotních vytyčovací pilot. S tímto případem jsme se mohli setkat ještě při stavbě roudnického nového mostu, který využíval tradičního způsobu jímkování ke stavbě zděných pilířů¹⁴⁾.

Po vyčerpání vody z jímky a zajištění dna na homogení štetkovité podloží, které bylo pečlivě zarovnáno, byly postupně do jímky spouštěny předem připravené součásti dřevěného ležatého roštu. Nejdříve byl založen osový trám dlouhý 17,7 metru. K němu pak byly lípnuty šikmé bočnice obou čel roštu se vzájemně přeplátovanými podélnými bočnicemi příného úseku. Vznikl tak rám ležatého roštu široký kolem 7,6 m, který měl tvar protáhlého šestiúhelníka. Ortogonálně byl rám roštu v pravidelných rozstupech fixován trámy nepravidelných rozměrů okolo 20–30 cm šíře a kolem 11 cm výšky. Poté byl rošt vyplněn šedým jílem. V podélné ose roštu pak byla položena podlaha z prken širokých kolem 20–30 cm a tlustých 3 cm. Po obvodu celého rámu roštu byly na bočních vnějších plochách trámů v polích mezi příčnými trámy připraveny oboustranně rybinovité dlaby. Do nich byly v této fázi vsazeny 1 m dlouhé svislé trámy, jejichž



Roudnice nad Labem, gotický most. Dokumentace zbytků mostu nalezených v roce 1906, čelo trámového roštu nalezeného v jímce. Převzato z B. Tolman – V. Chaloupecký, *Starý kamenný most přes Labe v Roudnici, Praha, 1909.*



Roudnice nad Labem, gotický most. Dokumentace zbytků mostu nalezených v roce 1906, základový trámový rošt s příčnými trámy nalezený v jímce. Převzato z B. Tolman – V. Chaloupecký, *Starý kamenný most přes Labe v Roudnici, Praha, 1909.*

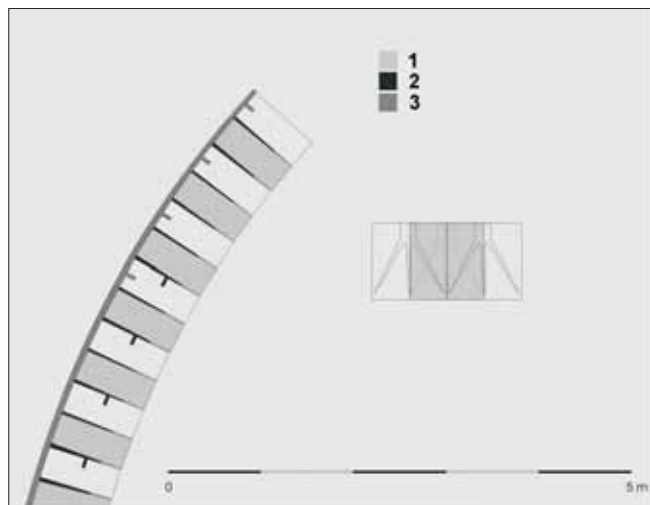


Roudnice nad Labem, gotický most. Dokumentace zbytků mostu nalezených v roce 1906, bosované kvádry pilířů nalezené v jímce. Převzato z B. Tolman – V. Chaloupecký, *Starý kamenný most přes Labe v Roudnici*, Praha, 1909.

rybinovité pláty byly přibity vždy čtyřmi kovanými hřeby. Z vnější strany byla na trámky přibíjena podélná vodorovná prkna, čímž vzniklo kolem dokola celého roštu jakési bednění, které pravděpodobně zabezpečovalo zdivo spodních řad pilířů proti vodním vírům a podemílání.

Zdivo pilíře bylo založeno na prkenné podlaze dřevěného ležatého roštu. Zdivo bylo řádkové. Kvádry celého pilíře byly vyrobeny z červeného slepence. Výrazný detail, který nesly všechny kvádry pilířů, představovala vystupující hrubá bosáž. Mnohé z nich byly spojeny železnými skobami, jejichž délka se pohybovala kolem 20–35 cm. Kvádry liců pilíře byly kladeny na vápennou maltu. Vnitřek pilíře byl vyplněn kompaktním litým zdívkem z vápenné malty a opukových štěpů. Asi jeden metr nad normální hladinou vody byl pilíř odsazen o 15 cm. Svislá část pilíře končila zhruba 2 m nad normální hladinou vody.¹⁵⁾

Pozn. red.: Na tomto místě je třeba poznamenat, že na výše popsanou koncepci založení pilířů mostu v jímce neexistují v odborné veřejnosti zdaleka jednotné názory. Naopak je tato tematika velice kontroverzní. Alternativní způsob založení roudnického, ale např. i Karlova mostu, tzv. skříňové, je popsáno v textu J. Masopusta na str. 9.



Roudnice nad Labem, gotický most. Detailní rozbor konstrukce klenebního oblouku a postupu jeho výstavby. 1 – jemná malta, 2 – hrubší malta, 3 – hrubá malta s křemcovými oblázky, A – kvádr umístěný na bednění s maltou nanesenou v lícové části ložné spáry, B – pomocí jeřábu a krepny je přisazován další kvádr, C – vyklínování kvádrů do optimální spáry pomocí dřevěných klínů, D – zalití klínové spáry hrubší maltou, E – opatření rubové strany klenby vrstvou hrubé malty s křemcovými oblázky (Kresba M. Cihla 2008).



Bosované kvádry pilířů objevené v roce 2004, Podřipské muzeum v Roudnici nad Labem (Foto M. Panáček 2006).

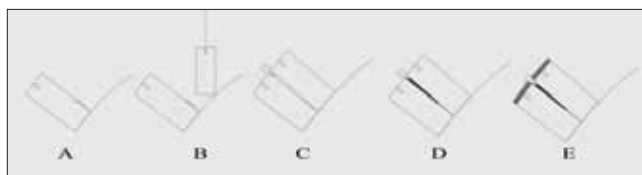
Oblouk mostu

Oblouk roudnického mostu z hlediska obecné klasifikace byl obloukem segmentovým, světlosti 19,5–21 metrů a výškou od paty oblouku 7,9 metru¹⁶⁾. Klenba mezi dvěma pilíři byla valená, klenutá z vrstev rovnoběžných s podélnou osou pilířů. Jednotlivé kvádry byly kladeny svojí ložnou plochou rovnoběžně s podélnou osou pilíře. Styčné plochy byly rovnoběžné s čelem klenby a byly vázány na půl kvádrů. Tato vazba byla zcela pravidelná, kromě vrcholu klenby, kde již byla vazba prováděna zřejmě podle okamžité potřeby.¹⁷⁾ Klenba byla kvalitně vyklenuta tak, aby osa v jejím vrcholu neprocházela spárou. U paty klenby nebyly nalezeny žádné stopy po otvorech či výstupcích nebo dokonce krakorcích, které by umožňovaly založení konstrukce pro šalování klenby. Je proto otázkou, zda pro opření této konstrukce mohl postačovat pouze 15 cm široký ústupek na pilířích nebo bylo nutné její samostatné založení přímo v říčním korytě. Jak bude ukázáno dále podle charakteru konstrukce klenebních oblouků, kde měla velký význam spojovací malta, bylo ale nutné použít celoplošné odolné

bednění zajišťující její dokonalé vytvrdnutí. Kvádry, jejichž rozměry se pohybovaly kolem 80x80x35 cm, byly na bednění přemisťovány pomocí dřevěného jeřábu a krepny zvané „vlk“, pro niž byl vytesán otvor na rubové straně

kvádrů. Otvor měl charakteristický obdélný kónický tvar rozšiřující se do hloubky kamene s vyvýšenou střední částí dna pro zaklesnutí nůžkovitě se rozevírajících ramen krepny.¹⁸⁾ Řady blíže patetní spáře měly tyto otvory dva (jeden i ve středu ložné plochy), aby byla zaručena snadnější manipulace s kvádry při jejich osazování na bednění. Lícové plochy kvádrů byly k sobě kladeny téměř na nulovou spáru, rubové byly vyklínovány dřevěnými klíny tak, aby podélná osa kvádrů byla kolmá na tečnu kruhového segmentu. Zásadní skutečností je, že stereometrie klenáků nebyla přizpůsobena segmentu klenby, jak to bylo běžné u římských staveb nebo středověkých francouzských staveb té doby. V našem případě se jednalo o pravidelné kvádry, které takto umístěné na bednění vytvářely v prostoru mezi ložnými plochami klín, který po vyplnění maltou klenbu sceľil. Skutečnost, že klenební kvádry byly pravidelně hranolové a všechny stejné, umožňovala jejich poměrně snadnou masovou výrobu bez nutnosti speciálních šablon nepravidelných tvarů. Zároveň i stavba oblouků mohla při dostatku kvádrů postupovat velmi rychle.

Kromě klínovitého tvaru spár byly ložné plochy kvádrů vybaveny tesanými trojpráskovitými polokruhovitými kanálky s nálevkou, které po vyplnění maltou společně s výplní spáry tvořily pevný klín, který podstatně přispíval ke ztužení klenby. Aplikace malty na ložné a rubové straně klenáků měla několik fází. Jako pojivo byly použity tři druhy hydraulických malt připravených z dolomitického vápence a říčního písku s rozdílnou zrnitostí s příměsí drcených cihel, keramiky



a kousků vápence a dřevěného uhlí.¹⁹⁾ V první fázi byla lícová část ložné plochy nahozena jemnou maltou, která by se ale i přes svou jemnost nedokázala ve spáře mezi klenáky vytlačit až k rubové části (obr. 15 A). Ve druhé fázi byl přísazen další klenák (obr. 15 B) a vyklínováno do optimální spáry (obr. 15 C). Pomocí paprscitých kanálků byla do vytvořeného klínovitého otvoru nalita hrubší malta, která spáru kompaktně zaplnila (obr. 15 D). V poslední fázi se celá klenba shora opatřila 5 cm silnou vrstvou hrubé vápenné hydraulické malty s křemencovými oblázky (obr. 15 E). Takto vytvořená konstrukce měla zabránit především příčným posuvům klenby při povodních, kdy se díky zvýšené hladině toku hromadily splavené předměty v čelech oblouků a klenba byla náchylnější k destrukci. Analogie k plochám zabezpečeným proti příčnému posuvu nalezneme především v tehdejší sakrální architektuře. Jsou jimi v kombinacích s kovovými vnitřními armaturami zajištěny např. žebrové klenební skelety,



Klenební kvádry objevené v roce 2004, Podřipské muzeum v Roudnici nad Labem (Foto M. Panáček 2006).

okenní kružby nebo oblouky opěrných systémů, které ale byly spojovány olovem.²⁰⁾ Vyklenutí oblouků roudnického mostu ze standardizovaných pravoúhlých kvádrů je netradiční nejenom pro území střední Evropy; v oblasti jižní Francie se nám podařilo objevit pouze jedinou analogii u oblouků románského mostu poblíž opatství Salagon z 11. století.²¹⁾

V římském mostním stavitelství se především dodržovala přesná stereometrie kvádrů vůči klenbě a daleko častěji se objevuje fixace klenby pomocí železných skob. Detail trojpraprscitých kanálků se však v téměř totožné podobě podařilo objevit na ložné ploše kvádrů ze základny portálu v jedné z věží papežského paláce v Avignonu, dokládající obecnější používání této technologie přímo v místě, odkud měl pocházet mistr Vilém.²²⁾ Poměrně rozšířenou oblastí s aplikací této technologie ve 14. století byla Sardinie, Baleárské ostrovy a Španělsko, kde se jí říkalo „abeurador“.²³⁾ Tato technologie se pro své nesporné výhody pravděpodobně

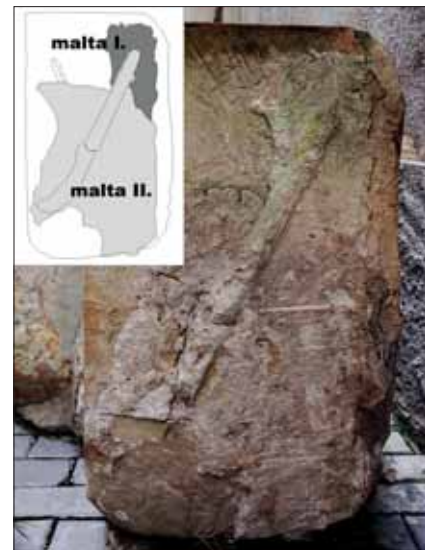


Fragmenty tří spojených klenebních kvádrů objevené v roce 2004, detail hrubé malty s křemencovými oblázky na rubové straně, Podřipské muzeum v Roudnici nad Labem (Foto M. Panáček 2006).

používala šířeji i v novější době pro spojení běžného kvádřového zdiva, jak dokládá její popis a vyobrazení v německé stavební příručce z počátku 20. století.²⁴⁾

Nové poznatky o konstrukčních detailech středověkého mostu v Roudnici nad Labem společně s údaji zjištěnými při stavbě nového mostu v roce 1906 opětovně ukázaly, že se jednalo o jednu z nejvýznamnějších staveb středověké architektury na území českého království.

Michal Cihla, Michal Panáček



Detail ložné plochy klenebního kvádrů se zachovaným nálitkem malty ve tvaru paprscitého kanálku vedlejšího kvádrů a rozlišením dvou druhů použité malty, Podřipské muzeum v Roudnici nad Labem (Foto a kresba M. Panáček – M. Cihla 2008).

Pozn.:

- 1) Všechny citované informace o založení mostu jsou uvedeny v kronice Františka Pražského. M. Bláhová ed., Kroniky doby Karla IV., Kronika Františka Pražského. Praha 1987, s. 86.
- 2) Účast a zaškolení mistra Oty v mostním stavitelství teoreticky předpokládá na stavbě mostu v Roudnici nad Labem J. Vitovský. Vitovský, J.: Stavitel Karlova mostu mistr Oto, Zprávy památkové péče, roč. LIV, č. 1, 1994, s. 1–6 a Vitovský, J.: K datování, ikonografii a autorství Staroměstské mostecké věže, Průzkumy památek II/1994, s. 15–44.
- 3) O datu dokončení stavby nás informuje kamenná deska v chóru kostela Nanebevzetí Panny Marie v augustiniánském klášteře v Roudnici nad Labem. Novosádová, O. – Líbal, D. – Horyna, M. – Lišková, A.: Roudnice – kostel Narození P. Marie – budova probošpství, SHP, nepublikovaný strojopis, Praha, 1975, s. 2.
- 4) Tolman, B. – Chaloupecký, V.: Starý kamenný most přes Labe v Roudnici. Praha, 1909.
- 5) Tolman, B. – Chaloupecký, V., 1909, o. c. v pozn. 4; V. Chaloupecký, Dějiny starého mostu v Roudnici n/L., Podřipský musejník, Roudnice 1910, s. 6–17; B. Tolman, Zřízení starého kamenného mostu přes Labe v Roudnici, Podřipský musejník, Roudnice, 1910, s. 18–27.
- 6) Archiv nálevozových zpráv AÚ AVČR, č.j.: 1026/06.
- 7) Cihla, M. – Panáček, M.: Středověký most v Roudnici nad Labem, Průzkumy památek II/2006, roč. 13, s. 3–34.
- 8) Odběr vzorků Mgr. Michal Panáček, datace ing. Tomáš Kyncl, 2005. Kyncl, T.: Dendrochronologické datování dřevěných prvků ze základového roštu pilíře mostu v Roudnici nad Labem, výzkumná zpráva, strojopis, Brno, 2005.
- 9) Podobu věže dokládá zejména detail z veduty města od J. J. Dietzlera, datované před rok 1725.
- 10) Samotné tvary jímek byly identifikovány pouze u některých pilířů. Podle zjištění jejich tvar odpovídal tvaru šestibokého pilíře (Tolman, B. – Chaloupecký, V., 1909, o. c. v pozn. 4, s. 22). Z českého prostředí je pak přesně popsána jímka přes dva pilíře pro opravu Karlova mostu z roku 1784, která měla sedmiboký tvar (viz K. Saltzer, Oprava Karlova mostu po povodni 1784, mědiryt). Obdélný tvar jímky byl objeven při základech kamenných pilířů římského mostu v Trevíru (Cüpper, H.: Die Römer in Rheinland-Pfalz, Hamburg 2005).
- 11) Tato hypotéza vychází jednak ze zaměření staré pilotáže

- (Tolman, B. – Chaloupecký, V., 1909, o. c. v pozn. 4), kde postavení vlastních pilot odpovídá třem řadám štetovic, a jednak samotnou jímku vytvořenou právě zmíněným B. Tolmanem při stavbě pilířů nového roudnického mostu. Tolman, B.: Zdymadlo a most v Roudnici, Praha, 1914, s. 15.
- 12) Cihla, M. – Panáček, M., 2006, o. c. v pozn. 7, s. 26.
- 13) Tyto vodící piloty ovšem musely být pilotovány z lodě. Je tedy důvodným předpoklad existence menších beranidel – viz obr.
- 14) Tolman, B., 1914, o. c. v pozn. 11.
- 15) Cihla, M. – Panáček, M., 2006, o. c. v pozn. 7, s. 26.
- 16) Cihla, M. – Panáček, M.: Konstrukční a technologické aspekty středověkého mostu v Roudnici nad Labem v porovnání s Juditiňm a Karlovým mostem v Praze a kamenným mostem v Písku, Plzeň, 2006.
- 17) Tolman, B. – Chaloupecký, V., 1909, o. c. v pozn. 4, s. 12–13.
- 18) Krepna odpovídající svou velikostí (výška 18 cm, šířka 14 cm a tloušťka 4 cm) otvorům nalezeným na kvádrech je doložena ze stavby domu v Kolíně nad Rýnem. Podle D. Leistkow, Mittelalterliche Hebezeuge am Kölner Dom, 1983 publikováno v R. Recht, Sur quelques aspects de la construction médiévale, Les bâtisseurs du moyen âge, Les Dossiers d' Archéologie no 219, Dijon 1996, s. 29.
- 19) Mechanicko-fyzikální a chemicko-technologický rozbor malt provedl Ústav teoretické a aplikované mechaniky Akademie

- věd České republiky, Ing. Zuzana Slížková, Ph.D., a prof. Ing. Miloš Drdák, DrSc, Dr. h. c., kterému děkujeme za cenné poznatky ohledně aplikace malty na ložné ploše. Jinak Drdák, M. – Slížková, Z.: Mechanical characteristics of historic mortars from tests on small sample non-standard specimen, Baltic Conference of Silicate Materials, Riga TU, 2007.
- 20) Rozvětvené kanálky na ložných plochách má např. řada fragmentů okenních kružeb a klenebních žebů v lapidáriu Pražského hradu pocházejících ze 14. století. Jejich spojování olovem je doloženo zprávou z opravy klenby vysokého chóru svatovítské katedrály z roku 1926. Výroční zpráva Jednoty pro dostavění hlav. chrámu sv. Víta na hradě pražském za správní rok 1925, Praha, 1926, s. 7–10. Metoda zalévání olovem je podrobně zdokumentována na katedrále v Regensburgu. M. Schuller, Bauforschung, s. 205 a V. C. Thierbach, Die Masswerke der südlichen Obergadenfenster östlich und westlich der Baufuge im Langhaus, s. 231–236, in: Der Dom zu Regensburg, München – Zürich 1990.
- 21) Zjištění M. Panáčka ze studijní cesty po Provincii.
- 22) Tamtéž
- 23) Huerta, S.: Catalan methods for construction in Sardinia: The use of „abeurador“ in stone masonry, Construction History, Madrid 2003, s. 935–941.
- 24) Stadel, F.: Die Steinkonstruktionen. Leipzig, 1907, s. 58

Gothic bridge in Roudnice nad Labem – basic structural elements, foundation, geometry and arch masonry technology

The gothic bridge in Roudnice nad Labem is traditionally mentioned as the third oldest stone bridge in Bohemia and the very oldest stone bridge on the Labe river in our country. The most interesting aspect of its origin is the presence of foreign architects resulting in the use of exceptional technologies. The structure itself holds numerous atypical elements unusual for the Czech region that originate from Roman architectural traditions. Apart from reaching beyond local tradition, obvious technical maturity can be seen on the pier foundations, construction and dimensional layout of the piers, setting and circling of the vault arch as well as the ratio between the piers and arch creating an ideal flow profile. With respect to the above mentioned sophistication of the bridge structure and its honoured architects this article deals not only with foundations, as suggested in its title, but also with the upper construction parts of the bridge.

JINÝ POHLED: SKŘÍŇOVÉ ZAKLÁDÁNÍ GOTICKÉHO MOSTU V ROUDNICI NAD LABEM A KARLOVA MOSTU V PRAZE

Na rozdíl od způsobu založení historického mostu v Roudnici nad Labem (1333–1340), prezentovaného v předchozím příspěvku, budou v následujícím textu předloženy důvody podporující zcela jiný způsob založení návodních pilířů našeho třetího nejstaršího mostu. Jedná se o tzv. skříňový způsob, použitý např. také u Karlova mostu v Praze (založen 1357). Někteří autoři, zejména z řad historiků, se ovšem domnívají, že původní mostní pilíře byly zakládány v jímkách. Otázkou je, zda při zastávání této koncepce berou dostatečně v úvahu všechna fakta, která by byla s jímkováním spojena.

Níže je uveden výčet těch nevýznamnějších z nich:

- Přítok vody dnem do šestiúhelníkové jímky rozměru cca 20x10 m by byl prakticky nezvládnutelný, neboť činí řádově násobky 10 l/sec a dřevěné štětovnice (pokud by byly použity) by jistě nezasahovaly do nepropustného podloží, jež leží v hloubce kolem 6–7 m pod dnem řeky, neboť nebylo technických prostředků, které by dovolily reálné beranění do této hloubky.
- Nalezená dřevěná roštová konstrukce s podlahou byla právě zbytkem oné „skříň“, jež byla na místo připravena, stabilizována uvázáním k dřevěným zaraženým kůlům (pilótám) a postupně spouštěna na dno řeky vyzdíváním, přičemž prostor mezi zdívkou a dřevěnými stěnami skříň byl s ohledem na přítoky netěsnými boky skříň těsněn jílem.
- Pokud by se zakládání odehrávalo v „suché“ jímce, byla by tato dřevěná konstrukce roštu v podloží základového zdiva zcela zbytečná, neboť nesloužila k jakémukoliv „zpevnění“ či ke stabilizaci základů, byla pouze konstrukcí pomocnou (lze se jen těžko domnívat, že středověcí stavitelé by si toho nebyli vědomi a realizovali by něco, co nemá sebemenší význam).
- Skříňové zakládání staveb pod hladinou vody bylo známé již od Římanů a lze úspěšně předpokládat, že tyto znalosti byly přeneseny i do střední Evropy, tedy do Českých zemí.

Pisatele tohoto textu rovněž mrzí, že podobný omyl jako u zakládání gotického mostu v Roudnici byl prezentován některými autory při výkladu způsobu zakládání Karlova mostu v Praze (1357–1391), a to v případě některých (v té době) návodních pilířů. Zde, v řečišti Vltavy, je nepropustné podloží tvořené břidlicemi ještě ve větší hloubce a propustnost štěrkového dna řeky je rovněž nejméně o řád vyšší než v Roudnici, tedy dřevěné štětovnice (pokud je tak můžeme v té době vůbec nazývat), nebylo možné zarazit hlouběji než kolem 1–2 m pod dno, což by bylo zcela nedostatečné pro vytvoření čerpatelné jímky. Při sanaci základů pilířů č. 8 a 9 po katastrofální povodni v srpnu 2002 byly základy obou pilířů odhaleny a bylo prokázáno, že pilíř č. 9 byl zakládán na „otescích“ – tj. kruhových poloopracovaných kamenech průměru kolem 0,8 m a výšce kolem 0,25 m, spojených navzájem železnými kramlemi zalitými olovem, tedy zakládán byl na suchu a nikoliv v jímce, což bylo jistě možné, uvážíme-li, jak vypadala (neregulovaná) řeka a její okolí v té době. Pilíř č. 8 byl s největší pravděpodobností zakládán na dřevěné skříni v mělké vodě, přičemž v r. 2006 byla v rámci sanace tohoto pilíře ke smůle odhalena ta jeho část, která byla v 18. stol. opravována po jeho částečné havárii. Navíc relativně slušně popsána oprava pilířů

mostu po ledochodu v únoru 1784 ukázala – a to rovněž v roce 2006 –, že prof. Hergetem navržené ochranné obálky z dřevěných štětovnic (nazývaných v té době „špuntovnice“ – zkomolením z německého výrazu die Spundwand = štětová stěna) byly do dna řeky zaraženy jen velice mělce, přičemž lze považovat za jisté, že stavitelé této doby si již byli dobře vědomi hlavního nebezpečí poškození pilířů, jež nespočívalo v nedostatečné únosnosti základové půdy ani v jejím sedání, nýbrž v jejím podemílání, jemuž bylo možné bránit se pouze snížením základové spáry pode dno řeky, popř. hlubším založením ochranné obálky. To však provedeno nebylo, neboť k tomu ani v této době konce 18. století nebyly dostatečné technické prostředky s ohledem na zastižný geotechnický profil.

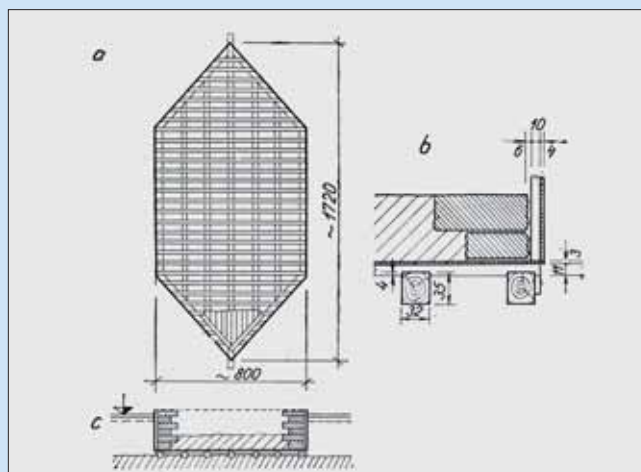
Doc. Ing. Jan Masopust, CSc., VUT v Brně, Ústav geotechniky

Different point of view: box foundation of a gothic bridge in Roudnice nad Labem and Charles Bridge in Prague

As opposed to the method used for foundation of the historical bridge in Roudnice nad Labem (1333–1340) described in the previous article, the following text presents argumentation supporting an entirely different way of foundation used for upstream piers of our third oldest bridge. This method is called „a box foundation“ and it was also used for Charles Bridge in Prague (founded 1357). Some authors, namely with a historical background, claim that the original bridge piers were founded with the use of cofferdams. It remains unclear whether their argumentation in favour of such approach takes into consideration all facts relevant for cofferdam usage.

Z knihy Zdeňka Bažanta: Metody zakládání staveb, z kapitoly Historie zakládání staveb, Vývoj v ČSSR do 18. století k problematice založení roudnického mostu citujeme:

.... Spolehlivě známe základy mostu postaveného v Roudnici v letech 1333 až 1340. Most byl zničen v třicetileté válce v l. 1631 až 1634 a jeho základy byly odkryty při stavbě dnešního mostu a jezu (Tolman 1909). Mostní pilíře byly podle vykopaných zbytků založeny v dřevěných skříňích, které tvořily rošty ze zkřížených trámů, na něž byla položena fošnová podlaha po obvodě postaveny boční stěny (viz obrázek). Skříň byla zakotvena nad místem zakládání a pak bylo v ní začato s vyzdíváním pilíře, čímž se ponořila na dno. Zdá se, že skříň propouštěla vodu, a proto byla podél bočních stěn zvnějška nasypána hrázka šedého jílu, jehož stopy byly kolem pilíře nalezeny. Zakládání na dřevěných skříňích bylo známo již v římské době. Ve velkém měřítku se používalo ještě v 18. stol., kdy Groignard v Toulonu založil r. 1774 suchý dok ve skříni o půdorysu 31x100 a výšce 11 m.



Skříňové zakládání mostu v Roudnici nad Labem r. 1333–1340, a – půdorys, b – detail skříňe s vyzdíváním pilířem, c – řez

Bažant, Z.: Metody zakládání staveb, Academia, Praha, 1973

(red)

POČÁTKY PLAVBY V ČECHÁCH

Ještě předtím, než se budeme zabývat novodobými stavbami na Labi v Roudnici nad Labem, budiž řečeno pár slov o historii plavby na tocích v českých zemích. Dostane se nám tak alespoň základní představy o tom, za jakých podmínek, ať technických či legislativních, se plavba na našich řekách odehrávala.

Nejstarší dochovaný záznam o využití řeky pro plavbu v Čechách je z roku 805, kdy císař Karel Veliký využil Labe pro své válečné tažení do Čech proti českým kmenům. Hlavním impulsem pro využití vodní cesty, kromě plavby dřeva, však byla zpočátku doprava soli, která se v Čechách nikde nenacházela. Důkazem toho je i Zakládací listina kostela a Kapituly sv. Štěpána v Litoměřicích datovaná do roku 1057, což je nejstarší písemný dokument v Čechách, kde je popsán rozsah práv a majetku, které daroval kníže Spytihněv II. kostelu a Kapitulě. Kromě jiného věnoval Kapitulě i část příjmu za clo, vybírané od kupců převážejících zboží po Labi. Tak například z největších lodí o nosnosti až 3,4 tuny bylo určeno clo 2 měřice, což bylo asi 150 kg soli. Z českých zemí se pak vyvážela kůže, vosk, med, víno a obilí.

Technika plavby byla v té době jednoduchá, plavidla byla vybavena pouze plachtami, proti proudu pak byla tažena na lanech lidmi z potahových stezek podél břehů, teprve v pozdější době byly používány koňské potahy. Název potahové stezky tak zůstal až do dnešních dnů.

Využití řeky Labe pro obchod čeští vladaři podporovali a výběr cla proto regulovali. Král Karel IV. se jako první panovník zajímal o splavnost Labe. Pro zlepšení plavebních podmínek dal odstranit skály u Střekova a v Dolním Žlebu, které překážely plavbě. Pro dohled

nad plavbou a výběrem cla pak ustanovil v městech Litoměřice, Mělník a Roudnice nad Labem královské správce.

V roce 1570 byla ustanovena komise pro regulaci Labe a Vltavy z Prahy do Litoměřic. Do regulace řeky byly investovány na svou dobu velké prostředky. Díky tomu byla od roku 1651 umožněna plavba z Hamburku až do Prahy. O splavnost Labe se od roku 1764 starala nově ustanovená navigační komise. Od roku 1770 pak zajištění splavnosti Labe převzalo nově vzniklé Ředitelství pro stavby vodní v Čechách.

Postupně začala být řeka využívána i pro mlýny a hamry. Na řece byly postaveny četné jezy pro zvýšení vzdutí hladiny a využití energie vody. Pevné jezy však byly velkou překážkou lodnímu provozu a byly předmětem častých sporů.

Tyto spory vyřešila až císařovna Marie Terezie v roce 1777 vydáním navigačního patentu, který zakazoval mlynářům bránit plavebnímu provozu, v každém jezu musel být vybudován plavební otvor pro proplavení plavidel o šířce až 50 sáhů (cca 80 m).

Situace v plavbě se pak výrazně zlepšila po skončení napoleonských válek. V roce 1815 Vídeňský kongres vyhlásil svobodu plavby. Závěry kongresu se podařilo stvrdit v roce 1821 tzv. Labským plavebním aktem, podepsaným v Drážďanech, kde se všechny polabské státy na splavném toku Labe zavázaly

dodržovat zásady svobodné plavby. Všechna městská mýta byla zrušena, platil se pouze místní poplatek a hraniční clo.

Postupně bylo povoleno po celém Labi tahání lodí proti proudu pomocí koní místo lidské síly, lehké nákladní čluny se tak mohly postupně zvětšovat na nosnost až 100 tun při ponoru 95 cm a délce 40 m. Tyto čluny, tzv. naháče, se pak často používaly pro dopravu zboží z Čech a v Německu se i se zbožím prodaly, což vedlo k rychlému rozvoji loděnic. Průmyslová revoluce přinesla do lodní dopravy převratný vynález – parní stroj –, ale i velkého konkurenta – železnici. Na Vltavě se díky rozvoji železnice plavba dočasně zastavila, na Labi se naopak zájmy železnice a lodní dopravy spojily. Ústecko-teplická dráha dokonce investovala do velkého překladiště uhlí v zimním a novém přístavu v Ústí nad Labem, které se záhy stalo největším překladištěm v Rakousko-Uhersku a předstihlo objemem přepravovaných hmot i námořní přístav Terst.

Tak jak se postupně zvyšoval objem přepravy zboží po Labi, zvyšoval se i zájem o zlepšení plavebních podmínek na řece. Rozhodujícím impulsem pro výraznější změny se stal mimořádně suchý rok 1893, který omezil plavbu na minimum. V roce 1895 rozhodl technický odbor místodržitelství v Praze o realizaci významného projektu kanalizace Vltavy a Labe v úseku Praha–Lovosice. Tento



Přívaz v Roudnici nad Labem, 1898

rozsáhlý stavební program mohl být uskutečněn i díky přijetí tzv. Vodocebního zákona v roce 1901, který si v říšském sněmu vymohli čeští poslanci jako kompenzaci za výstavbu alpských železnic, na něž hospodářsky vyspělé české země nejvíce přispívaly. Projekt byl zahájen výstavbou „zdymadla“ v Troji na Vltavě, které bylo uvedeno do provozu jako první už v roce 1902 za účasti císaře Františka Josefa I., a ukončen výstavbou „zdymadla“ v Lovosicích, které bylo uvedeno do provozu v roce 1919.

Zdymadlem je označován nejenom jez, který slouží k dostatečnému vzdutí hladiny, ale

i souhrn všech přidružených objektů sloužících k udržení vody, k bezpečnému proplavování vorů a plavidel a k obsluze těchto zařízení – tj. vorová propust, sloužící k proplavování vorů, plavební komory (tzv. plavidla) k proplavení lodí, rybí schůdky (dnešní rybí přechody) a dále všechna ostatní obslužná zařízení¹⁾.

¹⁾ Vynález plavební komory byl znám již z italské renesance, kdy byla v letech v letech 1439–1443 postavena první plavební komora ve městě Viarennu na kanálu Naviglio Grande v severní Itálii. Zařízení umožnilo překonávat plavební stupně i na území s většími výškovými rozdíly, a to i pro větší lodě. První plavební komora v Čechách byla zbudována na jezu v Županovicích v roce 1729 (v současné době je zaplavena Slapskou přehradní nádrží).

Ing. Aleš Havránek, Zakládání staveb, a. s.

Foto: Povodí Labe, s. p.

Origins of river navigation in Bohemia

Before we come to dealing with modern constructions on the Labe River in Roudnice, let us mention a couple of interesting details about the history of river navigation in Bohemia. It will give us a basic idea of both technical and legislative conditions for navigation on our rivers.

POČÁTKY SPECIÁLNÍHO ZAKLÁDÁNÍ, HLAVNÍ VÝCHODISKA OBORU

Zhruba v polovině 19. století nastává doba prudkého vzestupu technických prostředků, kterými bylo možno ovlivňovat okolní prostředí významněji než kdykoliv v historii člověka předtím. Přispěl k tomu samozřejmě objev a rozšíření parního stroje v jeho mnoha strojních aplikacích, ale samozřejmě i další škála zásadních technických poznatků. Jen letmý pohled na historii zakládání dává jasnou zprávu o tom, jak dynamicky se tento obor rozvíjel právě od poloviny 19. století, a to jak ve světě, tak na našem území. Pro dokreslení výše uvedeného lze uvést následující milníky charakterizující rozvoj oboru v letech 1842–1905.

- 1842 – lodní lopatové rypadlo s ručním pohonem při regulaci Labe,
- 1858 – betonové základy dnešní budovy ČSAV v Praze na Národní tř.,
- 1860–1890 – parní lokomobilní pohon stavebních strojů,
- 1870–1880 – vytvoření pojmu „dovolené namáhání základové půdy“,
- 1871 – použití dynamitu při výstavbě vinohradského tunelu v Praze,
- 1876 – kesony při stavbě Palackého mostu v Praze a parní beran pro stavbu lešení,
- 1888 – první vodní elektrárna v Písku,
- 1897 – stavba zdymadla v Klecanech (první použití el. proudu),
- 1901 – štetová stěna z kolejnic pro pilíře mostu v Miřejovicích,
- 1903 – železobetonové ražené piloty v Přerově,
- 1905 – štetová stěna z upravených U-profilů u Čechova mostu v Praze.

Dnes je zřejmé, že rozvoj oboru speciálního zakládání se ubíral především dvěma hlavními cestami:

- hlubším a postupným poznáváním fyzikálních principů interakce ve vztahu základové půdy – stavební konstrukce,

- vývojem technologií v závislosti na vývoji a výrobě stále dokonalejších strojních sestav, tedy aplikací novinek ze strojírenství (a rovněž stavební chemie) ve stavebnictví.

Tempo vývoje přitom bylo a je určováno především druhým faktorem, který je hnán obecnou snahou investorů a podnikatelů ve stavebnictví o vývoj stále progresivnějších a produktivnějších výrobních postupů. První jmenovaný faktor v podstatě dohání technologický pokrok a je jím motivován, v žádném případě však není vůdčí.

Základy jsou nejspodnější částí stavby – přesně stavba přichází do styku s nejpřirozenějším stavebním materiálem, kterým je základová půda. Teoretický základ nauky o zakládání staveb tvoří tedy na straně jedné inženýrská geologie a hydrogeologie, mechanika zemin a skalních hornin, na straně druhé pak stavební mechanika a nauka o konstrukcích staveb. To však zdaleka nestačí, neboť nedílnou součástí návrhu základů je znalost o stavebních materiálech a stanovení možností realizace těchto základů, což souvisí s otázkami technologickými. V neposlední řadě je třeba posoudit i ekonomii návrhu, neboť ta bývá rozhodujícím kritériem při konečném výběru druhu a metody zakládání, a dále posoudit rizika, která zakládání staveb v konkrétních podmínkách přináší (dnešní moderní název – riziková analýza). Je tedy zřejmé, že návrh základové konstrukce nelze „vypočítat“ z jakési soustavy rovnic, postupovat je tedy možné pouze induktivní metodou, při níž se eliminují řešení nevhodná, a to na základě relativně jednoduchých a jasně formulovaných kritérií. Přestože se při návrhu a posuzování základů staveb vždy vychází z těch nejmodernějších poznatků o fyzikálních principech chování základové půdy a stavební konstrukce, mnoho souvislostí neumíme ani dnes definovat, natož pak řešit. Je tedy zřejmé, že v zakládání staveb hraje významnou úlohu zkušenost, kterou lze získat především

dlouhodobou praxí. Skutečnost, že zakládání staveb je spojeno s mnoha chybami, je jen důsledek výše zmíněného. V minulosti, stejně jako i dnes, však jde o to, aby chyby nebyly fatální a aby následovalo poučení, jež by eliminovalo nebo alespoň omezovalo jejich neustálé opakování.

Nakolik se podařilo po generace sbírané zkušenosti využít při realizaci staveb v dotčené lokalitě může laskavý čtenář posoudit po přečtení následujících stran. Na nich se postupně seznámíme nejen se vznikem jednotlivých částí zdymadla Roudnice nad Labem, tak jak byly postupně budovány v letech 1906–1912, tzn. především s výstavbou jezu, mostu a plavebních komor, ale také s novodobými aktivitami při rekonstrukcích tohoto díla. Současné dění pak reprezentují příspěvky o výstavbě malé vodní elektrárny a protipovodňových opatřeních, které nabízejí pohled na přístup dnešních investorů, úroveň projekčních návrhů, to vše v návaznosti na možnosti moderních technologií.

Literatura

- Bauer, Z.: Stavební stroje firmy Lanna, Corona, s. r. o., Praha, 2005
 Bažant, Z.: Metody zakládání staveb, ČSAV Praha, 1956
 Bažant, Z.: Metody zakládání staveb, Academia Praha, 1973
 Masopust, J., Mühl, P.: Velkopřůměrové vrtné piloty, SNTL Praha, 1990
 Masopust, J.: Speciální zakládání staveb, 1. díl, Cerm Brno, 2004
 Neústupný, J.: Pravěk lidstva, Orbis Praha, 1946
 Tolman, B.: Zakládání staveb, 1. sv. (1924), 2. sv. (1927), 3. sv. (1931), 4. sv. (1937), 5. sv. (1925), 7. sv. (1933), Česká matice technická, Praha
 Žákavec, T.: Lanna, SIA Praha, 1936

Doc. Ing. Jan Masopust, CSc., VUT v Brně, Ústav geotechniky



Beranění jímky IV. etapy, v pozadí dokončený mostní pilíř č. 5 s již nasunutou mostní konstrukcí nad levým jezovým polem, plavba je již převedena do levého jezového pole

HRADLOVÝ JEZ V ROUDNICI NAD LABEM (1906–1912)

Stavba zdymadla v Roudnici nad Labem byla zahájena výstavbou jezu a souvisejících konstrukcí v roce 1906. Poloha jezu byla přizpůsobena novému silničnímu mostu přes Labe, který byl plánován již dávno, pro velké náklady se však jeho stavba nikdy neuskutečnila. Nový jez byl navržen jako hradlový se sklopnými slupicemi a třemi jezovými poli. Založení jezu se provádělo v jímkách ze zaberaněných dřevěných štětovic. V těchto jímkách byly zřízeny další jímky, v nichž byly na beraněných pilotách založeny mostní pilíře (č. 5, 6, 7).

Přípravu projektu jezu Roudnice prováděla Komise pro kanalizování řek Vltavy a Labe v Čechách už od roku 1900. Výstavbu jezu sledovalo město Roudnice i široké okolí s velkým zájmem. A to nejen pro úpravu plavebních podmínek na řece. Město totiž bylo připraveno prosadit s výstavbou jezu i nové přemostění Labe. Ačkoliv Roudnice neležela na hlavním silničním tahu, silně postrádala spojení s druhým labským břehem. Nejbližší silniční most byl proti proudu až u Mělníka ve vzdálenosti 27 km a po proudu u Litoměřic ve vzdálenosti 17 km. Roudničtí tedy byli odkázáni pouze na primitivní přívoz. Když pak v roce 1900 začala Komise pro kanalizování řek Vltavy a Labe s průzkumnými a vyměřovacími pracemi pro nový jez, oslovilo městské

zastupitelstvo města Roudnice její zástupce s požadavkem, zda by nový jez nemohl být situován a založen tak, aby na jeho pilířích bylo možno postavit pilíře silničního mostu přes řeku Labe. Nyní se městu Roudnice naskytla možnost, jak most financovat částečně z vlastního rozpočtu a částečně za finanční podpory země a státu. Komise přislíbila městu Roudnice vyhovět, pokud uhradí veškeré vícenáklady, které vzniknou změnou projektu na kombinaci jezu a mostu. (Pro zjištění zvýšených nákladů byly zpracovány dva projekty s rozpočty, jeden s optimálním umístěním jezu v řece a druhý s umístěním a založením jezu současně se stavbou silničního mostu.) Umístění jezu tak bylo určeno požadavky na umístění mostu – most měl přímé vyústění na Roudnické náměstí a měl křížovat

stávající železniční trať c. k. státní dráhy nad jezdem. Jez byl tímto řešením oproti původnímu návrhu posunut o 350 m proti proudu.

Říční poměry

Původní říční poměry v této části řeky nebyly pro plavbu příliš příznivé. Řeka je ve sledovaném úseku v dlouhém pravém oblouku, plavební cesta nad jezem leží přirozeně v proudnici při levém konkávním břehu. V cestě stál šikmo k ose toku původní **pevný srubový jez** z první poloviny 18. století, který sloužil pro pilu a mlýn při levém břehu. Měl délku v koruně 160 m a ležel asi 100 m pod plánovaným hradlovým jezem. Pro umožnění plavby byl jez v roce 1856 u pravého břehu v délce 80 m prolomen. Plavební cesta tak přecházela u jezu nepřirozeně od levého k pravému břehu přes jeho pravobřežní prolomenou část. Za vyšších vodních stavů, kdy voda již přepadala přes jez, bylo pro plavidla i vory plavců se po proudu velmi obtížné dostat se od levé do pravobřežní části řeky a docházelo často k njetí na dělicí koncentrační hrázku pod jezem a k poškození plavidel a vorů. Zřízením nového hradlového jezu se výrazně zlepšily plavební poměry. Jez byl umístěn asi 100 m nad jezem starým, kolmo k řečišti Labe. Pilíře jezu byly po úpravě projektu

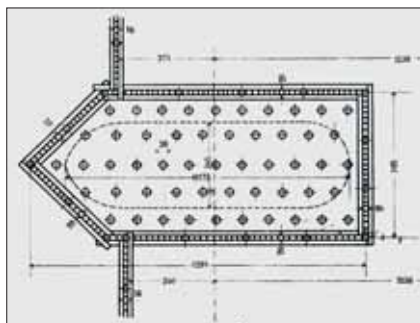


Beranění jímky I. etapy na pravém břehu parním nárazovým beranidlem, v pozadí parní korečkové rypadlo

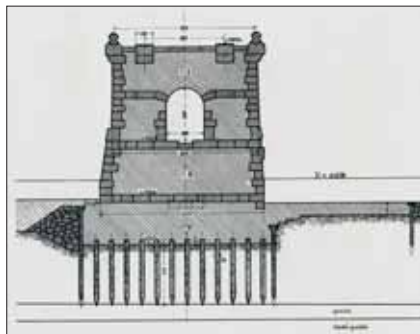


Beranění dvojité jímky II. etapy parním beranidlem z lodě, na obrázku jsou zřetelně vidět vodící piloty a dřevěné kleštiny, do kterých jsou osazovány a postupně beraněny dřevěné štětovnice jímky.

navrženy tak, aby sloužily zároveň jako spodní část nového silničního mostu přes Labe. Ostrov byl prodloužen proti proudu k levobřežnímu jezovému pilíři a do nadjezí vybíhal úzkou špičkou a tvořil tak dělicí hráz mezi řekou a plavebním kanálem. Plavební kanál vznikl rozšířením bývalého mlýnského náhonu u levého břehu. Plavební komory byly umístěny vedle sebe asi uprostřed délky ostrova, takže pod komorami zůstal ještě asi 500 m dlouhý spodní plavební kanál, který zároveň sloužil jako ochranný přístav při povodňových stavech a v zimním období. Na pravém břehu bylo řečiště rozšířeno odtěžením části břehu o šířku zabranou levobřežním kanálem a byla zde navíc zřízena vorová propust. Nejdůležitějším a podstatným zlepšením pro plavbu bylo odstranění starého jezu, úprava levého jezového pole na proplavení plavidel při vysokém vodním stavu (při sklopeném jezu) a prohloubení řečiště pod levým jezovým polem v délce 1,5 km. Břeh ostrova byl navýšen a opevněn dlažbou, stejně tak oba břehy řečiště Labe. Řece se tak vrátil její „přirozený tvar“.



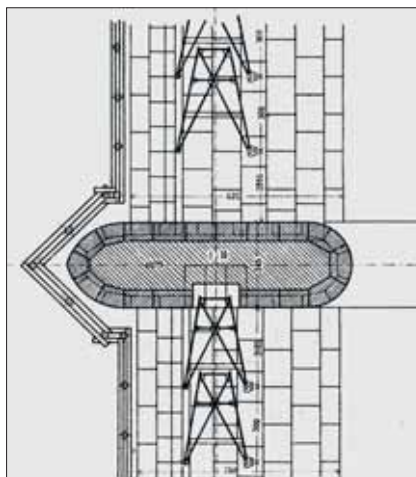
Půdorys založení pilíře – jímka a piloty základu



Řez pilířem a pilotovým založením

Konstrukce jezu

Nový jez byl navržen jako **hradlový** se sklopnými slupicemi, měl tři jezová pole, každé o světlé šířce 54,05 m. Vzdutá hladina byla 1,94 m nad bývalý normální stav (147,86 m n. m.), maximální spád jezu byl 2,94 m. Levé jezové pole, které mělo sloužit při povodních a v zimě jako propust pro lodě, mělo práh jezu 1,60 m pod normální hladinou vody. Zbýlá dvě pole měla práh jezu v hloubce 1,40 a 0,60 m pod normální hladinou vody. Ocelovou konstrukci jezu tvořily nýtované slupice umístěné v ose jezu ve vzdálenosti po 3 m. Slupice byly vysoké v jednotlivých polích 4,18 m, 3,58 m a 3,18 m. V každém jezovém poli bylo 17 slupic. V horní části slupic byla umístěna lávka šířky 1,2 m, po které vedly koleje pro vozík přepravující hradla. Hrazení jezových polí bylo prováděno pomocí dřevěných hradel s hákem (tzv. voraček), která se zavěšovala za „pouchovou tyč“, umístěnou v návodní straně lávky. Kromě těchto hradel se po cca 2 m osazovala hradla bez háků („bokovnice“), která umožňovala operativní manipulaci s průtokem v jezu (podkládáním špalky). Dolní konec hradel se opíral o zub v jezovém prahu, který byl předsunutý před pouchovou tyč o cca 0,5 m. Celkem bylo pro jez použito 1086 „voraček“ a 216 „bokovnic“. Těsnění jezu se provádělo škvárováním. Na lávce nebylo zábradlí, pouze na

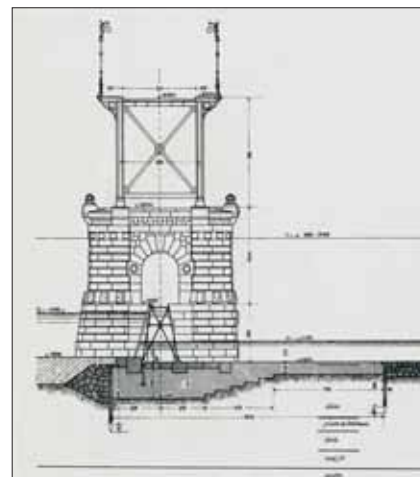


Půdorys části jezu s pilířem

povodní straně lávky byly tyče s nataženým ocelovým lankem. Při vyhrazeném stavu jezu se slupice na řetězech sklápěly vlevo na práh jezu. Manipulace s ocelovou konstrukcí slupic se prováděla pomocí masivního vrátku GRANIG, který byl umístěn v průchodu jezového pilíře. Veškerá obsluha jezu, zejména manipulace s hradly, vyžadovala velkou zručnost a sílu (hradlo vážilo cca 80 kg), pohyb na úzké lávce nad rozbouřenou vodou byl i značně rizikový. Vyhrazení jezu se provádělo operativně při velké vodě a pravidelně před zimním obdobím od prosince do března. Při větších průtocích se vyhrazovalo pouze levé jezové pole pro umožnění plavby volnou řekou.

Založení jezu

Založení jezu a pilířů se provádělo v jímkách ze zabíraných dřevěných štětovic tl. 16 cm, zatlučených na hloubku 1,5–2,0 m pod úroveň základové spáry jezu. Skalní podloží, tvořené opukou a pískovci, bylo přitom zjištěno až v hloubce cca 9–10 m pod normální hladinou vody. Souvislá štětová stěna, která uzavírala stavební jámu pro založení jezového pole a pilíře, umožňovala jednak zčerpávat vodu ve stavební jámě, jednak bránila případnému podemletí tělesa jezu i pilířů. Proto nebylo nutno zakládat jezové těleso hluboko až na skalní podloží, což by se pravděpodobně neobešlo bez použití kesonů, ale



Řez tělesem jezu



Jímka III. etapy s vybetonovaným podjezím, v pozadí město Roudnice n. L.



Jímka II. etapy vytěžená na základovou spáru se zbytky starého roudnického mostu

jen v menší hloubce na dostatečně únosné štěrkové vrstvě. Po zřízení jímky z dřevěných štětovic byly v jímce odtěženy bahnitě náplavy, někde až do hloubky 5 m pod normální hladinu, a byla připravena základová spára pro založení jezu. Jezové těleso bylo v jímce vybetonováno z cementového betonu 1 : 12, líc tělesa byl navíc obložen žulovými kvádry. Celková tloušťka tělesa jezu byla 2,8 m. Za tělesem jezu bylo v délce dalších 10 m provedeno betonové podjezí tl. 0,80 m, které z tělesa jezu přecházelo ve stupních v různých sklonech od 1 : 1,5 po 1 : 3,4. Za podjezím byl pak ještě zřízen 10 m široký pruh záhozu z lomového kamene.

Poněkud odlišně od ostatních dvou byla založena část pravobřežního jezového pole v délce asi 32 m, ležící v bývalém pravém břehu. Únosná písčité vrstva byla nalezena pod vrstvou bahna mocnosti až 5,0 m. Písek tu byl sice uhlý a místy štěrkovitý, místy byl ale tekoucí. Proto byla v čele jímky zaberaněna štětová stěna ze štětovic dl. 7 m a tl. 20 cm

a doberaněna až na skalní podloží. V této jímce pak bylo na štěrkopísku založeno těleso jezu. Další hluboko založená štětová stěna zaberaněná až na skálu byla na přechodu z jezového tělesa do podjezí, a to ze štětovic dl. 4,5 m. Naopak podjezí bylo založeno přímo na vrstvě bahna, na které byla nejdříve nasypána vrstva štěrku tl. 20 cm a poté vybetonováno podjezí, které pak bylo zakončeno stěnou ze štětovic dl. 3,0 m jako u ostatních jezových polí.

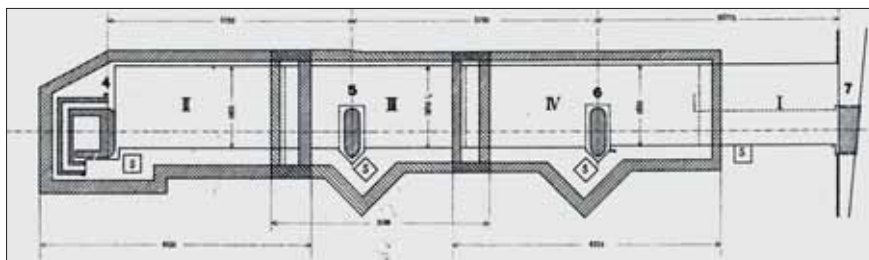
Vorová propust

Vorová propust byla situována při pravém břehu vpravo od pravobřežního jezového pilíře, nad nímž vybíhala dělicí zeď ve špičku 25 m nad osu jezu. Dno vorové propusti bylo prvních 25 m vodorovné, pak následoval v délce 84 m skluz ve sklonu 1 : 100, provedený ve stupních 12 m dlouhých a 12 cm vysokých, za nimi byly provedeny tzv. klapačky v délce 24 m. Za klapačkami následovalo 100 m vodorovné dno. Celková délka

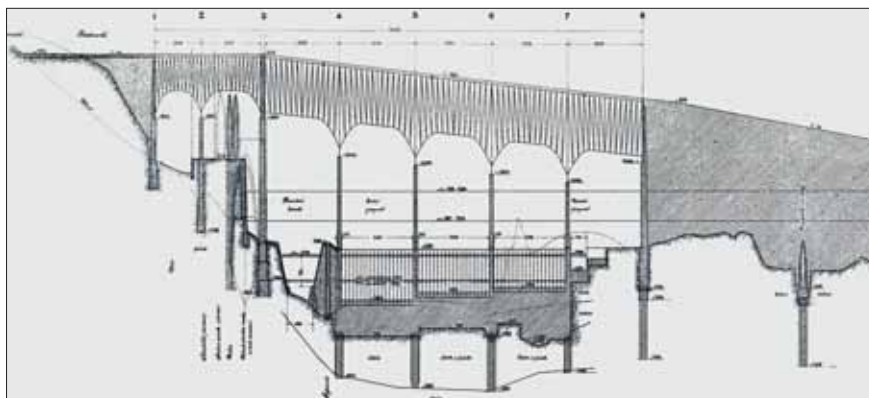
vorové propusti byla 233 m. Propust byla široká v horní části 12 m, v dolní části se kónicky rozšiřovala až na 16 m. Hloubka vtoku byla 1,20 m pod normální vzdutou vodou, celkový spád byl při normální vodě 2,10 m, při nízké vodě mohl dosáhnout až 2,90 m. Provozní uzávěr byl hrazen krátkými hradly opřenými o posuvnou lávku, vysouvanou z pravého břehu, vzhledem k průměrným průtokům Labe se však předpokládalo, že bude propust po většinu roku otevřená. Provizorní uzávěr byl umístěn na počátku vorové propusti a byl řešen opět pomocí hradel opřených do dvou vodorovných trámů osazených do zářezů ve stěně propusti. Vory se v této propusti proplavovaly až do roku 1952.

Rybí přechod

Rybí přechod („rybí schůdky“) byl komůrkového typu a byl proveden kolem levobřežního jezového pilíře (mostní pilíř č. 5), a to tak, že ústil dolním koncem do levého jezového pole.



Schematický náčrt postupu výstavby s vyznačením jímek jednotlivých etap



Podélný řez novým mostem a jezovým polem

Postup výstavby jezu

Výstavba jezu s říčními pilíři byla rozvržena na 4 etapy.

I. etapa byla zahájena v roce 1906 pracemi v pravé části jezu s mostním pilířem č. 7 a vorovou propustí. Tato část se celá prováděla ze sucha na břehu.

V roce 1907 pokračovala stavba **II. etapou** zhotovením jímky u levého břehu, ve které byla provedena část levého jezového pole a mostní pilíř č. 4.

V roce 1908 byla zahájena **III. etapa**, ve které byl v jímce proveden mostní pilíř č. 5 s přilehlými částmi jezu. Až do té doby byla plavba zachována podél pravého břehu. Teprve po dokončení levobřežního pole jezu v jímce III. etapy s přilehlým pilířem bylo možno zjara roku 1909 převést plavbu přes dokončené levé pole jezu a zahájit práce na dokončení jezu.

V roce 1909 byla zhotovena ve **IV. etapě** poslední jímka, ve které byl založen mostní pilíř č. 6 a přilehlé části jezu.



Pohled na 3. jezové pole a nedokončený pravobřežní jezový pilíř (mostní pilíř č. 7) s částečně sklopenými slupicemi za zvýšeným prahem



Montáž ocelové konstrukce slupic v jímce IV. etapy

Jímky byly prováděny dle dosavadních zkušeností z obdobných staveb na Vltavě i Labi a výrazně se od nich nelišily. Při zřizování jímek byla dodržována zásada, aby zúžení řečiště bylo maximálně o 1/3 průtočného profilu řeky. Štětové stěny byly někde beraněny až ve třech řadách.

Beranění štětových stěn i pilot bylo prováděno parním volnopádovým rázovým beranem o váze 700 kg a zdvihu cca 100 cm. Mez vnikání byla výpočtem stanovena na 2 mm na 1 úder. Ve skutečnosti však byly piloty pod pilíři beraněny až na mezní vnik 2 mm na 10 úderů, tato hodnota byla poměrně lehce dosažitelná, neboť piloty nejdříve vnikaly poměrně dobře, až pak se náhle zastavily na skále. Beranění základu pro jeden pilíř trvalo téměř jeden měsíc, denně se zabíralo průměrně 6 až 7 pilot štětové stěny nebo základu pilíře, tj. 28 bm pilot. Pracovalo se dvěma parními beranidly a z části i ručním beranidlem pro předtlučení pilot. Zřízení jímky trvalo asi 2 měsíce, stavební práce v jímce asi 3 měsíce, demontáž jímky asi 1 měsíc. Celkem bylo potřeba na jeden díl jezu s 1 pilířem asi 6 měsíců. Protože

zpravidla nebylo možno zahájit práce na jímce dříve než v květnu z důvodu zvýšených průtoků na dolním Labi, protáhlo se zhotovení jímky vždy až do zimních měsíců, přestože byly využívány práce přes čas nebo i v noci.

Před zahájením prací na jezu musel být odstraněn původní **pevný srubový jez**. Jeho bourání bylo velmi komplikované a pro odstranění velkých kamenných kvádrů v jeho základech bylo nutno také použít kesony. Původní pila na levém břehu byla zbourána, ale památkově chráněná budova mlýna byla zachována a navýšena o jedno patro v původním vzhledu a stala se součástí služebních budov jezové služby.

Několik zajímavostí z výstavby

Jak již bylo výše uvedeno, vlastní práce na jezu byly zahájeny v květnu 1906 výstavbou pravého jezového pole s pilířem č. 7 a vjezdem do vorové propusti (I. etapa). Byla odkopána část pravého břehu v délce cca 600 m a šířce 60 m a byl zahájen výkop pro první díl jezu. Výkopek byl ukládán do pravobřežní

mostní rampy. Výstavbu od začátku provázely komplikace. Již v červenci vypukla stávka dělnictva, která trvala 14 dní a stavbu zastavila. Nedostatek pracovních sil pak provázal víceméně celou stavbu. V září přišla první velká voda, která dosáhla výšky 265 cm a stavbu opět zastavila. Hned po jejím opadnutí byly zahájeny práce na propustku v pravobřežní sypané mostové rampě. V prosinci a lednu byly tak velké mrazy, že práce bylo nutno opět přerušit. Zahájeny byly až v dubnu 1907. Přesto byl v srpnu 1907 dokončen první díl jezu v délce 32 m a do konce listopadu 1907 celá vorová propust, která se napojuje na pravobřežní pilíř mostu. Od září 1907 bylo pro stavbu zajištěno 120 Rusínů z Haliče, kteří od té doby tvořili stálý základní kmen dělníků.

V roce 1907 byly zahájeny práce na jezovém poli u levého břehu. Plavba dosud probíhala při pravém břehu. Od levého břehu byly beraněny dřevěné štětovnice a postupně zhotovena jímka ze dvou rovnoběžně zabíraných štětových stěn, vzdálených od sebe 2,5–3 m, prostor mezi nimi se vyplňoval jílem. Práce na beranění štětovnic pokračovaly velmi pomalu, neboť zde byly zastíženy **základy starého roudnického mostu** (zal. 1333), které musely být odstraněny, aby bylo možno štětovnice zabírat. Pro velké obtíže s odstraněním velkých kamenných kvádrů základu starého mostu musely být nakonec použity kesony. Po dokončení jímky a zčerpání vody byly v jímce nalezeny zbytky dvou pilířů historického mostu, které byly pečlivě zdokumentovány. Mezi zbytky mostu byly nalezeny i staré řemeslné nástroje používané při stavbě. Průzkum pozůstatků starého mostu přispěl k poznání o původním způsobu zakládání (viz str. 4–9). Pilíře mostu byly založeny na únosné vrstvě štěrku asi v hloubce 3,0 m pod vodou, a to na mohutném ležatém dřevěném roštu, na kterém byla položena prkenná podlaha, a na tu se kládly základové kameny. Piloty ani štětové stěny nebyly pod pilíři nalezeny. Dříví roštu bylo vesměs měkké, přitom výborně zachovalé, ačkoliv leželo ve



Práce na dokončení jímky II. etapy pro levobřežní jezové pole a mostní pilíř č. 4, zásep návodních dvojíých štětových stěn těsnícím materiálem



Dokončená jímka IV. etapy s betony podjezí, v jímce je vidět zdění mostního pilíře č. 6 z kamenných kvádrů, které jsou dopravovány po jímce

vodě skoro 600 let! Nedostatků založení ale byly z nalezených zbytků zjevné – oba pilíře byly podezřelé a nakloněné.

Celá stavba byla dokončena v roce 1912. Vodní dílo Roudnice nad Labem bylo uvedeno do provozu v květnu roku 1912, kdy byla poprvé napuštěna zdrž jezu a proběhlo vodo-právní kolaudační řízení.

Údaje o stavbě:

Generálním návrh stavby zřadila Roudnice nad Labem zpracovala technická kancelář

Komise pro kanalizování řek Vltavy a Labe v Čechách, návrh spodní stavby mostu a jezu připravil Ing. Břetislav Tolman. Autorem architektonického návrhu mostu byl prof. arch.

František Sander. Stavbu provádělo podnikatelství vodních staveb A. Lanna Praha a roudnický stavitel Stanislav Plechatý. Mechanismy technologie byly dodány z ČKD a ocelové konstrukce zajišťovaly firmy Bratrů Pospíšilů.

Technické údaje:

- Konstrukce jezu: hradlový jez se sklopnými slupicemi,
- počet polí: 3,
- rozměr polí: 54,05 m,
- hrázenná výška: 2,70 m (max. 2,94 m).

Vorová propust:

- šířka: 12 m (rozšiřuje se postupně na 16 m),
- délka: 233 m.

Rybí přechod – komorový

Ing. Aleš Havránek, Zakládání staveb, a. s.

Foto: Povodí Labe, s. p., a Podřipské muzeum v Roudnici nad Labem

Gated weir in Roudnice nad Labem (1906–1912)

Construction works on the navigation lock in Roudnice nad Labem started with building a weir and its related structures in 1906. The weir location was adjusted to comply with a new road bridge across the Labe River that had long been planned but never so far realized due to extensive costs. The new weir was designed as a gated one with tilting sluices and three weir boxes. The weir foundation was carried out in cofferdams built from rammed wooden sheet piles. More cofferdams were built into these ones and bridge piers no. 5, 6 and 7 were founded here on rammed piles.

Most v Roudnici nad Labem (1906–1910)

Poté co bylo odsouhlaseno nové řešení společného založení jezu a mostu a byl schválen směr a niveleta mostu, čekal projektanty složitý úkol – rozložení pilířů po délce mostu, návrh výškového uspořádání mostu a volba konstrukce mostu. V průběhu příprav stavby prošel návrh mostu mnoha variantami a změnami. Nakonec rozhodlo celkové estetické působení mostu. V celé délce mostu byla navržena příhradová nosná konstrukce s horní mostovkou. Celkem má most 7 polí a 8 pilířů, přičemž tři pilíře byly budovány současně s jezovými poli.

Pro nový most v Roudnici byly zadány tyto základní požadavky:

- Osa mostu musí vycházet z dolní části náměstí v Roudnici, křížovat koleje c. k. dráhy a přecházet řeku Labe pokud možno v co nejkratším směru.
- Výšku jízdní dráhy mostu volit tak, aby křížení s kolejemi c. k. dráhy bylo nadjezdem, úrovně křížení nebylo povoleno.

Mostovka vychází z náměstí z kóty 165,45 m n. m., je až k řece vodorovná, takže se nad řekou nachází ve výšce až 17,59 m nad normální hladinou, poté klesá v pozvolném spádu 12 % k pravému břehu. Z náměstí vede asi 100 m po zděné rampě levobřežního předmostí, zaříznutého ve svahu pod zámkem knížete z Lobkovic, pokračuje dvěma poli rozpětí 35,4 m a 45,5 m přes ulici Šafaříkovou a koleje c. k. státní dráhy.



Pohled na dokončený mostní pilíř č. 4 s předstunutým lešením, na kterém byla smontována krakorcová mostní konstrukce nad levobřežním jezovým polem a po dokončení zasunuta nad pilíře, v popředí dláždění břehů plavebního kanálu.

Následuje 5 mostních polí přes řeku, první rozpětí 55,70 m vede přes plavební kanál, 3 mostní pole šíře 57,50 m přes vlastní jez a poslední pole rozpětí 56,70 m přes vorovou propust a inundační plochu na pravém břehu. Celkem má roudnický most 7 mostních polí, 8 pilířů a je 369,40 m dlouhý. Na pravém břehu most pokračuje sypanou rampou v délce 600 m ve sklonu 1 : 50. Celková délka mostu včetně předpolí a rampy je 1,1 km.

Založení mostu

Pilíře mostu byly stejně jako těleso jezové založeny na šterkové vrstvě, jejíž únosnost byla navíc zvýšena komprimačními pilotami. V hotové jezové jímce, uzavřené dřevěnými štetovými stěnami ze štetovnic tl. 16 cm, byla zabírána na suchu vnitřní jímka ze štetovnic tl. 20 cm a délky až 7,0 m, které byly zabírány až na skalní podloží. Vzniklá jímka měla rozměr rozšířeného půdorysu



Pohled na pilotové založení mostního pilíře č. 4

Konstrukce mostu

Konstrukčně byly pro most navrženy dva krakorcové nosníky základní délky 57,50 m s konzolami vyloženými 12,35 m, celkem $57,50 + (2 \times 12,35) = 82,20$ m. Mezi ně bylo volně vloženo pole s rozpětím 32,80 m a z každé strany zavěšeno pole délky 44,35 m. Největší výška hlavních nosníků má nad pilíři 6,43 m, uprostřed rozpětí je výška konstrukce 4,30 m. V levobřežní části nad ulicí a c. k. státní dráhou byl původně také navržen krakorcový nosník, z důvodu nedostatečné konstrukční výšky však byl návrh přepracován na spojitý nosník.

Hlavní nosníky ocelové konstrukce jsou od sebe vzdáleny 5,5 m, horní pas je přímý, spodní pas je mírně zakřivený. Systém příček a vzpěr je z tuhých profilů. Zavětrování mezi hlavními nosníky je umístěno v horních i dolních pasech, příčné ztužení je tvořeno dvěma šikmými vzpěrami a vodorovnou příčkou, které zároveň tvoří podporu příčnic pod mostovkou. Příčnice jsou počítány jako spojitý nosník. U spodního ztužení hlavních nosníků byla zřízena revizní lávka šířky 93 cm s jednoduchým zábradlím výšky 1,1 m. Celková váha ocelové konstrukce mostu byla spočítána na 1165 tun. Vlastní mostovku tvoří vozovka šířky 5 m, na obě strany jsou vyloženy konzoly pro chodník šířky 1,50 m. Vozovka je šterkována na žlábkovém podkladě, chodníky byly dřevěné. Nad c. k. státní dráhou byl most chráněn před jiskrami lokomotiv spodem zavěšenými plechy tl. 2 mm. Velký důraz byl při návrhu kladen na odvodnění vozovky, aby nedocházelo k zatékání do ocelové konstrukce mostu.

Levobřežní předmostí

Zvláštností roudnického mostu je jeho levobřežní předmostí, jehož autorem je architekt prof. František Sander. Při zpracování návrhu byl veden snahou o stylovou příbuznost se sousedním Lobkovickým zámekem. To se projevilo v jeho bohaté výzdobě. Opěrné zdi, které jsou v maximální výšce až 8,5 m, navrhl dělené, s rozmanitými risality, které jsou bohatě vyzdobené. Obě zdi předmostí jsou provedeny z litochovického kamene a mají žulový sokl, výzdoba je z hořického pískovce, výplň parapetu je z betonu. Na počátku zdi je vsazena pískovcová deska s básnickým věnováním, na konci zdi je pak zasazena deska se znakem biskupa Jana IV. z Dražic, která byla vylovena z trosk starého mostu při zakládání nového jezu. Předmostí končí domkem výběrčího, u jehož vstupu byly osazeny tři syenitové pamětní desky. Před domkem bylo zřízeno schodiště 2,5 m široké o 56 stupních, vedoucí z mostu dolů do ulice Husové a Šafaříkové. Na druhé straně ukončuje předmostí sloup s alegorickou sochou Čechie. Vedle sloupu odpočívá

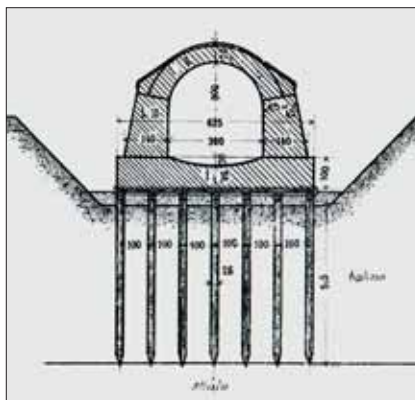
český lev třímající znak města Roudnice. Pod sloupem je uložená pamětní listina, o čemž svědčí žulová deska zasazená v chodníku. Na desce je vytesáno datum otevření mostu 19²/₁₀ 10.

Pilíře mostu

Mostní pilíře byly bohatě vyzdobeny. Jejich vzhled je navržen tak, aby esteticky odpovídaly ocelové nosné konstrukci mostu. Rozdíl stylů oproti předmostí nebylo nutno řešit, neboť most není od řeky vidět v celé své délce. Šířka mostních pilířů je v horní části 2,5 m, v dolní 2,85 m, ve stejném sklonu nabíhá i délka pilíře, v horní části je dlouhý 9,70 m, dole 10,05 m. V ose mostu je vynechán v pilíři průchod široký 2,60 m a vysoký 3,50 m navazující na komunikační lávku v koruně jezu, která je mimo pilíře umístěna na vrcholu slupic. Spodní část říčních pilířů tvoří pilíře jezové. Mostní pilíře byly provedeny z cementového betonu, který byl míchán v poměru 1 : 3 : 5 (pilíře jezové v poměru 1 : 4 : 6). Beton pilíře byl proložen ve třech úrovních vrstvou kamenných kvádrů, a to v patkách klenby průchodu, v úložném prahu pod ložisky a pod výklenkem pro slupice. Pilíře byly na povrchu obloženy žulovými kvádry ve vrstvách po 50 cm a šířce kvádrů 50–70 cm. Tyto vrstvy byly zřízeny v nejvíce namáhaných částech pilíře. Max. napětí ve zdivu pilíře se předpokládalo 10 kg/cm². V základové spáře pak vycházelo zatížení až 5 kg/cm².

Technickou zajímavostí z výstavby je montáž levého krakorcového pole mostu. V květnu 1908 byla zahájena výstavba jímky č. III, která zahrnovala část levostranného pole, mostní pilíř č. 5 a část středního pole jezu. Po dokončení této části jezu měla být plavba, která dosud probíhala podél pravého břehu, převedena do hotového levobřežního jezového pole. Tento přesun plavby se předpokládal na jaře 1909. Protože se montáž ocelové konstrukce mostu prováděla z dřevěného podpůrného lešení a toto lešení by bylo po převedení plavby velkou překážkou (neúměrně by zužovalo plavební profil), bylo rozhodnuto montáž ocelové konstrukce mostu urychlit tak, aby také mostní konstrukce nad levobřežním jezovým polem byla dokončena před převedením plavby. Proto byly zabírány piloty pro lešení před jezové těleso a pilíře, na tomto předemmontovaném lešení bylo smontováno ocelové krakorcové pole a poté bylo celé zasunuto na drahách na pilíře. provedena v prosinci roku 1908. Posun byl na vzdálenost 10 m proveden po ocelových koulích průměru 12 cm, přesunutá konstrukce byla dlouhá 82 m a vážila 240 tun. Posun trval jen necelou půlhodinu a bylo k němu zapotřebí 8 dělníků.

pilíře 5,50x13 m. Poté byly do takto uzavřené jámy postupně beraněny dubové piloty průměru 30 cm, a to až do zastavení postupu. Počet pilot pod pilířem byl určen tak, aby max. napětí v základové spáře bylo mezi 2 a 3 kg/cm². Například u levého říčního pilíře bylo na ploše základu 63,25 m² zabraněno 52 pilot, na jednu pilotu pak připadalo 1,2 m² základové spáry. (Při výpočtovém zatížení 4 kg/cm² připadalo na 1,2 m² základové spáry 1,2 x 40 000 = 48 000 kg. Při uvažovaném max. zatížení piloty 30 kg/cm², což je 707 x 30 = 21 210 kg, zbývalo tedy na plochu základové spáry 48 000 – 21 210 = 26 790 kg, po odečtení plochy piloty vychází na základovou zeminu tlak 2,36 kg/cm².) Piloty nejenže převzaly část zatížení pilíře, beraněním pilot došlo zároveň ke značnému zhuštění a tím zlepšení základové půdy, a to přesto, že piloty tvoří pouze 6 % plochy základu. Dopomohla tomu i skutečnost, že prostor pod základem byl důkladně uzavřen štětovou stěnou. Z dochovaných záznamů vyplývá, že v průběhu beranění pilot bylo pozorováno zvedání terénu uvnitř v jámce a s každou další pilotou bylo beranění stále obtížnější, dokonce docházelo k vyklonění dřevěné štětové stěny jámky, ačkoliv byla v hlavách spojena kleštinami 2x 20/24 cm. Po zabranění pilot byly hlavy pilot seříznuty na výšku 30 cm nad základovou spáru a zabetonovány do základu pilíře. Beton byl stejné kvality jako beton tělesa jezu. Takto byly založeny všechny říční pilíře č. 4, 5, 6 i 7 a také pravobřežní pilíř č. 8. Naopak levobřežní pilíře č. 1, 2 a 3 byly založeny plošně na desce. Základ pilíře č. 1 a 2 byl položen



Příčný řez propustkem v pravobřežní mostní rampě

na mohutnou vrstvu ulehleho písku mocností až 3,50 m, základ pilíře č. 3 byl uložen zčásti na skále, zčásti na zbytcích základu starého mostu.

Založení levobřežního předmostí je také zčásti na skále, zčásti na kamenném násypu. Zeď má několik dilatačních spár, které jsou průběžné až do základové konstrukce.

Pravobřežní rampa, propustek

Pravobřežní mostní rampa měla být umístěna do místa bývalého slepého ramene Labe, kudy navíc procházela odvodňovací strouha. Terén na pravém břehu byl podmáčený a bahnitý, vrstva bahna někde dosahovala hloubky až 5 m, a nyní měl být zatížen vysokým násypem.

Pravobřežní rampa byla navržena 10 m široká v koruně, svahy ve sklonu 1 : 2, s výškou náspu až 12 m, v patě šířky až 60 m. Ačkoliv se umístěním rampy značně zmenšil průtočný profil řeky za povodňových stavů, nebyly v náspu rampy

navrženy žádné inundační otvory, pouze propustek 3 m široký, 3 m vysoký a délky téměř 60 m. Byl navržen z důvodu zachování komunikace vody prosáklé i zdržené v proláklíně nad jezem po zaplavení povodňovou vodou. Založení propustku bylo proto značně komplikované. Jelikož měl propustek přenést zatížení vysokého náspu, byl založen na 355 dřevěných pilotách délky až 6 m. Na hlavách pilot byly načepovány trámy 15/20 a na tyto byla zřízena fošnová podlaha. Následně byla betonována vlastní konstrukce propustku. Propustek byl betonován v dilatačních dílech 6 m dlouhých, oddělených dilatačními spárami šířky 4 cm. Tlak v základové spáře propustku činil 22 212 kg/m², piloty byly od sebe pod nejvyšším náspelem vzdáleny 1 m a přenášely zatížení asi 37 kg/cm² piloty.

Výpočet konstrukce a montáž mostu v objemu 669 tun oceli zajišťovala firma Pražská mostárna (filiálka První Českomoravské továrny na stroje v Praze), na montáži se podílela i firma Bratři Prášilů v celkovém objemu 540 tun oceli (celkem tedy 1209 tun). Stavba byla dokončena za 354 pracovních dnů. Práce na mostě byly prováděny v letech 1906–1910. Most byl uveden do provozu 2. 10. 1910.

Technická data:

Konstrukce mostu: ocelová příhradová konstrukce s horní mostovkou
 Délka ocelové konstrukce mostu: 369,40 m
 Počet polí: 7 (zleva doprava 35,40 m; 45,50 m; 55,70 m; 3 x 57,50 m; 56,70 m)
 Počet pilířů: 8
 Celková váha ocelové konstrukce: 1209 tun.

Ing. Aleš Havránek, Zakládání staveb, a. s.
 Foto: Povodí Labe, s. p., a Podřipské muzeum v Roudnici nad Labem



Montáž krakorcového mostního nosníku nad pravobřežním jezovým polem, v prostředním poli probíhá demontáž štětové jámky, v prostředním jezovém poli jsou zdviženy slupice.

Bridge in Roudnice nad Labem (1906–1910)

After it was agreed that the weir and bridge foundations would be carried out together, as well as the bridge direction and its vertical alignment were approved, the architects then faced complicated tasks of spanning the piers along the full bridge length, designing the details of vertical arrangement and choosing the bridge construction type. Numerous changes and alternatives developed during the preparation works on the construction. Finally, the overall aesthetic impact of the bridge became the most important criterion. A truss construction with load-bearing steel structure spanning along the full bridge length under the bridge deck was the ultimate solution. The bridge has a total of 7 spans and 8 piers; three of these piers were built together with the weir boxes.



Plavební komory v Roudnici nad Labem

REKONSTRUKCE PLAVEBNÍCH KOMOR V ROUDNICI NAD LABEM

S rozvojem lodní dopravy bylo postupně přikročeno k rekonstrukci a celkové modernizaci plavebních komor v Roudnici nad Labem. Nejdříve byla roku 1972 modernizována malá plavební komora (MPK). Bylo rekonstruováno ostění a prodloužena užitná délka plavební komory. Z důvodu potřeby celoročního využití labsko-vltavské vodní cesty byla také do horního ohlavi MPK osazena klapková vrata, vhodnější pro celoroční provoz a umožňující převedení povodňových vod a ledochodu. V letech 2000–2003 pak obdobným způsobem proběhla rekonstrukce velké plavební komory (VPK), podrobněji popsána v dalším textu. Touto rekonstrukcí VPK byla celková modernizace plavebního stupně Roudnice nad Labem završena.

Jak již bylo dříve uvedeno, zdymadlo Roudnice bylo uvedeno do provozu v roce 1912. Práce na splavnění Labe a Vltavy pak byly ukončeny v roce 1930 zprovozněním posledního českého zdymadla Střekov v Ústí nad Labem. Od té doby se objem lodní přepravy neustále zvyšoval. Největší využití doznalo zdymadlo Roudnice v roce 1984, kdy bylo proplaveno cca 5,4 mil. tun nákladu, přičemž největší podíl tvořila přeprava energetického uhlí z Ústí n. L. do elektrárny Chvaletice. Pro představu, znamenalo to proplavení 174 tis. plavidel, průměrně dvacet denně, maximálně bylo proplaveno až 65 lodí za den.

Poté, co bylo ukončeno využívání lodní dopravy pro dopravu uhlí do Chvaletic, se celkový objem přepravy zboží po Labi výrazně snížil. Neméně důležitý faktor působící na omezení plavby je i dosud nevyřešený problematický úsek pod Střekovem, který je vlivem nedostatečných plavebních hloubek při nízkých vodních stavech na Labi v části roku nesjízdný.

Popis stavebních prací při rekonstrukci velké plavební komory v Roudnici nad Labem

Aby bylo možno provést kompletní rekonstrukci horního a dolního ohlavi komory, byly od prsních zdí komory v horním a dolním

plavebním kanále provedeny beraněné jímky z jednoduchých rozepraných a dvojitých štetových stěn. Pod jejich ochranou pak bylo možno provádět stavební práce ve vyčerpané plavební komoře.

Vlastní rekonstrukce VPK byla zahájena výměnou a nahrazením opotřebovaného a částečně porušeného kamenného obložení komory. Původní betonová zeď obložená lomovým kamenem byla zbourána ve své horní subtilní části a na zdravé spodní jádro byla nasazena a přikotvena železobetonová zeď, vyztužená pouze v líci zdi KARI sítí s krytím 40 mm. Přibetonovaná zeď je rozdělena do 10 m širokých pracovních sekcí o výšce 7,4 m. Tloušťka přisazené zdi kolísá mezi 32 až 80 cm a pouze v horní části je rozšířena na 180 cm. V novém betonovém plášti bylo zabudováno nové vystrojení komory (úvazná pacholata, vyvazovací kříže, žebříky). Horní hrana zdi a výklenky byly silně opancéřovány a pro ochranu stěn proti otěru od plavidel byly ve zdi osazeny ocelové oděrné trámce ve vzdálenosti po 15 m, vysazené před zeď o 30 mm. V rámci opravy došlo k celkovému navýšení zdí plavební komory o 1,30 m. Pod ochranou štetových jímek byly odbourány staré prsní zdi komory a byla vybudována



Bourací práce na stěnách komory



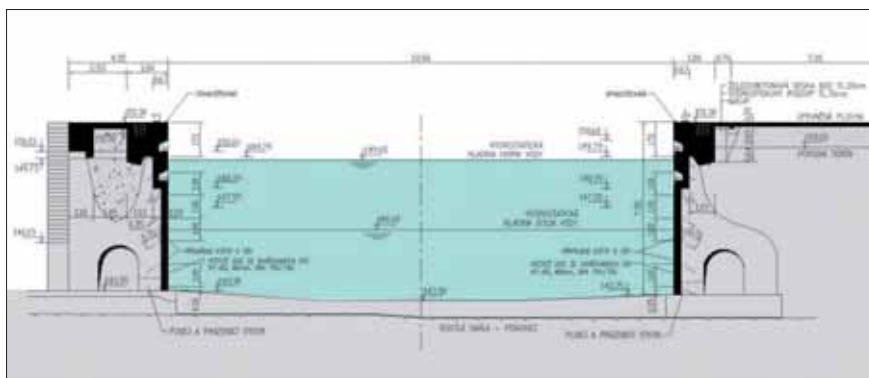
Jímka na dolním ohlavi

kompletně nová ohlaví s novými uzávěry obtoků, čímž došlo k prodloužení užité délky komory na 155,0 m. Nová ohlaví komory byla vybavena vzpěrnými vraty na celou šířku plavební komory, tj. 22,0 m (původní šířka byla 11,0 m). Výtokové a plnicí otvory ve vzpěrných vrátech provedeny nebyly, protože v minulosti byly příčinou častých poruch; plnění a prázdnění komory bylo ponecháno původní přes dlouhé obtoky, které jsou v obou bočních zdech komory, takže v případě poruchy jedné strany lze komoru dále provozovat. Pro dolní vzpěrná vrata byla po proudu provedena zdvihaná lanová dynamická ochrana. Dále byla provedena modernizace ovládání zdymadla – po zkušenostech z ovládání uzávěrů a vrat byly zvoleny elektromechanické pohony. Veškeré ovládání plnění a prázdnění komory včetně signalizace bylo centralizováno do modernizovaného

velínu. Nový informační systém zobrazuje na tabulích umístěných na velínu veškeré potřebné informace pro připlouvající plavidla. Současně je možno měřit rychlost plavidel vplouvajících do komory z horní rejdy. Na plavební komoře byla postavena ocelová přechodová lávka přes obě komory, na které byly zavěšeny veškeré servisní a silové rozvody, takže při povodních je zajištěn bezpečný přístup do velínu a zároveň jsou rozvody chráněny před velkou vodou. Dále byl postaven architektonicky velmi zdařilý provozní objekt, bylo vybudováno moderní účinné bodové osvětlení komory, provedeny byly nové zpevněné plochy, přístupové komunikace, vodovod a kanalizace. Byla demontována stará tuhá příhradová svodidla a provedena nová svodidla pružného typu. Pro jejich osazení bylo nutno z lodí provést předvrtky ve dně, do kterých byly nové stojky svodidel zabetonovány.

V rámci rekonstrukce byla v dolním plavebním kanálu zřízena nová vysokovodní dalbová stání a stání sportovních plavidel. Ocelové svařence dalbových stání byly osazovány do předvrtů ve dně. Na závěr byla provedena prohrábka dolního a horního plavebního kanálu.

Zakládání staveb, a. s., se na stavbě rekonstrukce VPK podílelo při provádění štětových jímek na horní i dolní vodě, demontáži starých a provedení nových pružných svodidel, na provedení nových vrtaných dalbových stání a na nových stáních sportovních plavidel. Generálním dodavatelem stavby byl Metrostav, a. s., projekční práce provedla firma Aquatis, a. s. Celkové náklady rekonstrukce velké plavební komory dosáhly cca 299 mil. Kč a byly financovány z prostředků Státního fondu dopravní infrastruktury.



Příčný řez komorou

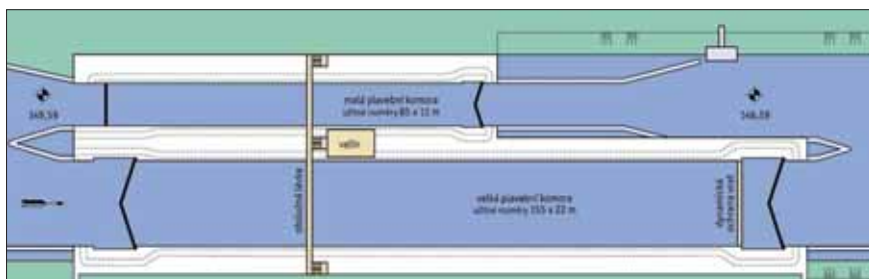


Schéma malé a velké plavební komory v Roudnici nad Labem

Parametry plavebního stupně Roudnice nad Labem

MPK

- užitná délka 85,0 m,
- šířka 11,0 m,
- spád max. 3,0 m, spád min. 0,35 m,
- hloubka nad záporníkem: dolní ohlaví 3,00 m, horní ohlaví 3,30 m.

VPK

- užitná délka 155,0 m,
- šířka 22,0 m,
- spád max. 3,0 m, spád min. 0,35 m,
- dalbové stání dl. 150,0 m,
- hloubka nad záporníkem: dolní ohlaví 3,00 m, horní ohlaví 3,30 m.

Kóty plavební hladiny

- dolní plavební kanál: min. 146,60 m n. m., max. 149,65 m n. m.
- horní plavební kanál: min. 149,60 m n. m., max. 150,00 m n. m.



Stěny velké plavební komory při betonáži s osazeným vystrojením



Dokončené horní ohlavi a vzpěrná vrata

Ing. Aleš Havránek, Zakládání staveb, a. s.,
s využitím zdrojů od Pöyry Environment, a. s.
Foto: Povodí Labe, s. p., archiv Zakládání
staveb, a. s., a Libor Štěrba

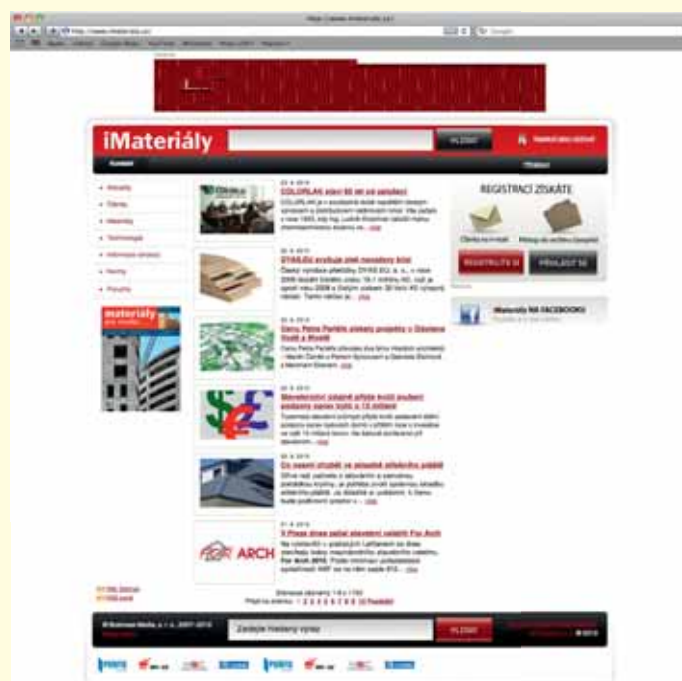
Zdroje: Referenční list Pöyry Environment, a. s.,
článek Vodní cesty a plavba – Ing. Zídek, 2003,
článek Vodní cesty a plavba – Ing. Zídek, 2003,
čtrnáctideník Metrostav ze dne 5. 2. 2002,
Ing. Pavel Kasal, referenční list Zakládání sta-
veb, a. s. – Rekonstrukce VPK v Roudnici nad
Labem

Reconstruction of navigation locks in Roudnice nad Labem

Reconstruction and overall modernisation works were gradually carried out on the navigation locks in Roudnice nad Labem mainly as a result of the development in ship-
ping industry. With respect to the need for year-round use of the Vltava-Labe water-
way the upper fronts of the locks were fitted with a flap gate. It is more suitable for the
year-round use as well as it enables channelling flood water and ice flow. Lock linings
were reconstructed and their service life prolonged. The reconstruction works star-
ted in 1972 on the small navigation lock. They continued in 2000–2003 on the big
lock, as described in the following text. The big lock reconstruction finalised the ove-
rall modernisation process on the navigation point in Roudnice nad Labem.

iMateriály

**Internetový portál pro
odbornou stavební
veřejnost. Přináší aktuální
informace z oboru
stavebnictví, novinky
v oblasti stavebních
materiálů a výrobků
a odborné články
renomovaných autorů.**



www.imaterialy.cz

MVE Střekov

Zdymadlo Střekov

Vodní elektrárna na levém břehu je zde instalována již od roku 1936
Doba výstavby: 1924–1936
Instalovaný výkon: 15 MW

MVE Lovosice-Píšťany

Zdymadlo Lovosice

Investor: RenoEnergie, a. s.
Dodavatel: Sdružení Metrostav, a. s., a Zakládání staveb, a. s.,
Doba výstavby: 2008–2010
Instalovaný výkon: 2,93 MW

MVE Štětí

Zdymadlo Štětí

Investor: Energeia, o. p. s.
Dodavatel: Sdružení Metrostav, a. s., a Zakládání staveb, a. s.,
Doba výstavby: 2012–2014
Instalovaný výkon: 5,2 MW

MVE Liběchov

Zdymadlo Dolní Beřkovice

Investor: Mercator Energy, a. s.
Dodavatel: Sdružení Metrostav, a. s., a Zakládání staveb, a. s.,
Doba výstavby: 2011–2014
Instalovaný výkon: 4,0 MW



MVE Litoměřice

Zdymadlo České Kopisty

Investor: ENERGO-PRO, a. s.
Dodavatel: Sdružení Metrostav, a. s., a Zakládání staveb, a. s.,
Doba výstavby: 2010–2012
Instalovaný výkon: 5,2 MW

MVE Roudnice nad Labem-Vědomice

Zdymadlo Roudnice nad Labem

Investor: RenoEnergie, a. s.
Dodavatel: Sdružení Metrostav, a. s., a Zakládání Group, a. s.,
Doba výstavby: 2012–2014
Instalovaný výkon: 4,0 MW



MALÉ VODNÍ ELEKTRÁRNY NA DOLNÍM LABI

V souvislosti se snahou o využívání čistých zdrojů energie vzniklo na tocích naší republiky v posledních letech mnoho nových malých vodních elektráren. Jejich výstavba probíhá zpravidla tam, kde lze využít energetický potenciál vodního toku, tedy nejčastěji u stávajících zdymadel, resp. jezů. Nejlepším příkladem tohoto procesu je oblast povodí dolního Labe, tedy úseku toku řeky od Mělníka po Děčín, kde jsou nyní vodními elektrárnami obsazeny již všechny tyto lokality. Na výstavbě těchto MVE se vždy podílela svými technologiemi společnost Zakládání staveb, a. s., zpravidla při zajištění stavebních jam, a to buď přímo pro investora nebo ve sdružení hlavních dodavatelů.

Foto: Libor Štěrba; Mapy: Google maps



Výstavba elektrárny ve stavební jámě před osazením technologie

MALÁ VODNÍ ELEKTRÁRNA, UMĚLÁ SLALOMOVÁ DRÁHA A RYBÍ PŘECHODY V ROUDNICI NAD LABEM-VĚDOMICÍCH POHLEDEM INVESTORA

Projekt malé vodní elektrárny (MVE) v Roudnici nad Labem-Vědomicích navazuje na předchozí podobné projekty malých vodních elektráren realizovaných společností RenoEnergie, a. s., zejména na nízkospádových lokalitách. Projekt MVE a souvisejících objektů v této lokalitě byl náročný jednak proto, že bylo třeba jej projednat a uskutečnit v místě funkční slalomové dráhy a udržovaného prostředí kanoistického klubu, jednak samotným umístěním stavby ve stísněných podmínkách v těsné blízkosti mostního a jezového pilíře a opěry roudnického mostu.

MVE v Roudnici nad Labem-Vědomicích je průtočná vodní elektrárna se strojovou přelávanou za povodní větších než Q_2 o dosažitelném výkonu téměř 4000 kW při max. průtoku 225 m³/s a spádu 2,1 m. Roční výrobou čisté energie se ušetří vypuštění cca 25 tisíc tun emisí CO₂ a tato energie dokáže zásobovat v průměru 7000 domácností. V podzemní strojovně budou instalovány čtyři Kaplanovy turbíny v uspořádání PIT, tj. hřídel turbíny je vyvedena před vlastní oběžné kolo na převodovku a generátor do tzv. pitu – šachty. Výstavbou malé vodní elektrárny se nijak nezmění poměry na jezu Roudnice nad Labem, využíván je spád stávajícího jezu. Součástí náročné stavby vodních děl je i výstavba zcela **nové umělé vodní slalomové dráhy (USD)** náhradou za původní, na jejímž místě se bude nacházet vodní elektrárna se

vtokem a výtokem. Nová USD bude opatřena přestavitelnými překážkami a tratí optimalizovanou pro nízký spád na jezu Roudnice nad Labem. V části nad mostem bude klidná část USD, po proudu pod mostem pak část s divokou vodou. Součástí nové USD bude tzv. přestavitelný playspot, tj. vlnovalec pro roдео, surfing a trénink záchranářů. Součástí výstavby bude nový pravobřežní šterbinový **rybí přechod (RP)** se dvěma vstupy z dolní vody, jenž bude umístěn mezi MVE a jezem; stávající levobřežní RP bude v rámci stavby opraven. V obci Vědomice byly jako kompenzační opatření zhotoveny nové chodníky, pro krytý městský bazén a mnohé další objekty bude zajištěno zásobování el. energií přímo z MVE, bude zhotovena cyklostezka apod. Stavba byla zahájena v únoru 2012. Termín dokončení strojovny MVE je dle aktuálních

předpokladů v srpnu 2013. Termín dokončení celé stavby včetně finálních povrchů a terénních úprav a vyklizení staveniště je plánován nejpozději v květnu 2014.

Zhotovitelem stavby je Sdružení firem Metrostav, a. s., a Zakládání Group, a. s., dodavatelem technologie je Mavel, a. s., Benešov, dodavatelem elektročásti VN spol. PROFI EMG, generálním projektantem je Ing. Jan Šinták – I.P.R.E.

Příprava projektu

Pro optimální využití energetického potenciálu v této nízkospádové lokalitě bylo nutno navrhnout MVE s maximální hltností 225 kubíků vody za vteřinu, což je součet dříve správcem toku uvažovaných hltností dvou MVE. Existovaly zde záměry výstavby MVE na levém břehu v úzkém ostrohu mezi jezem a plavebním



Původní umělá slalomová dráha a přilehlé pozemky s parkovou úpravou

kanálem (max. hltnost $75 \text{ m}^3/\text{s}$) a záměr MVE na pravém břehu (max. hltnost $150 \text{ m}^3/\text{s}$), jež byla ve dvou variantách uvažována s přeložkou pouze nezbytně nutné části USD.

Jde o poměrně vysoké využití přirozených průtoků Labe vzhledem k tomu, že se jedná o dolnolabskou lokalitu, kde se zvyšujícím se průtokem nejrychleji klesá spád (ze spádu $3,0 \text{ m}$ při teoreticky nulovém průtoku přes $2,0 \text{ m}$ při průtoku cca $230 \text{ m}^3/\text{s}$ po spád $1,0 \text{ m}$ při průtoku cca $450 \text{ m}^3/\text{s}$, kdy je nutné MVE odstavovat).

Vzhledem k obtížným podmínkám hlubokého zakládání v blízkosti objektů jezu a mostu nám bylo od počátku jasné, že je nutné původní záměr dvou MVE sjednotit a průtok zpracovat v jedné MVE.

Z důvodu nedostatku prostoru na levém břehu mohla být elektrárna této hltnosti umístěna pouze v místě stávající umělé slalomové dráhy na pravém břehu. Zde ovšem většinu pozemků vlastnil Klub Kanoistika Roudnice nad Labem, zbylé pak měl v pronájmu nebo v zápůjčce tak, že celý pravý břeh byl užíván prakticky výlučně kanoisty. Slalomová dráha s udržovanými pozemky a sousedním kempem tvořila krásné klidné místo.

Do těchto podmínek pak přichází investor s žádostí o projednání stavby vodní elektrárny. A když kanoisté, kdekoli na světě, zejména ti od divoké vody, slyší slovo vodní elektrárna, většinou se jim vybaví ty nejhorší příklady z hlediska pádlování na divoké vodě znehodnocených úseků toků přehradami nebo naopak suchých úseků řek v místech, kde jsou dlouhé odběry vod pro elektrárenské náhony nebo trubní přivaděče. A začnou chystat odboj. V Roudnici nad Labem navíc stavba vodní elektrárny vyžadovala nejprve

zbourání hezké umělé slalomové dráhy a narušení jejího udržovaného okolí. Nelehká výchozí situace pro jednání.

Dohoda byla možná snad jen díky tomu, že někteří lidé z RenoEnergie, a. s., jsou také aktivními vodáky, navíc již stáli u několika záměrů umělých slalomových drah či playspotů – vln nebo válců – na divoké vodě (playspot Kalikovák v Plzni je úspěšně provozován). Pro uzavření dohody bylo nutné klubu garantovat a zafinancovat výstavbu nové a vodácky pestřejší umělé slalomové dráhy s vyšším průtokem ($20 \text{ m}^3/\text{s}$) s přestavitelnými překážkami a za provozu přestavitelným playspotem, garantovat dlouhodobou údržbu dráhy a zejména garantovat možnost pouštět vodu do USD, kdykoliv na dráze probíhá sportovní nebo podobná činnost a mnoho dalších záruk.

I přesto byla zejména zpočátku na některých kanoistech patrná značná nedůvěra. Velmi obtížná každodenní jednání s kanoisty a právníky

o podmínkách realizace projektu trvala téměř rok. Výsledkem bylo uzavření pěti rozsáhlých smluv s tvrdými podmínkami a sankcemi pro investora. Teprve následně probíhala jednání s městem Roudnice, Povodím Labe, obcí Vědomice a dalšími subjekty o smlouvách, podmínkách výstavby apod. Nutno podotknout, že jakmile byly dohodnuty základní podmínky spolupráce, probíhala již tato jednání zcela věcně a rychle a výsledkem byl projekt projednaný do stavebního povolení během necelých dvou let, což je na vodní dílo tohoto rozsahu poměrně krátký čas.

Spolupráce s městem Roudnice byla nastolena po domluvě s klubem kanoistů zejména díky nabídce zásobování levnou a ekologicky šetrnou elektřinou vyrobenou ve vodní elektrárně pro městské a další objekty a zámek. I přes technicky velmi dobrou spolupráci s Povodím Labe na minulých projektech bylo nutno uhradit vysokou cenu za zřízení věcného břemene k umožnění výstavby vodní elektrárny na částech pozemků ve vlastnictví Povodí Labe.

Výsledná podoba stavby

Tato dolnolabská lokalita je specifická svým umístěním v pravém inundačním mostním poli v omezeném prostoru. Již v první části projednávání projektu bylo zřejmé, že mezi pravý břehový pilíř jezu a mostu a pravou mostní opěru je nutné vměstnat (postupně od vodního toku) rybí přechod, vtok vodní elektrárny s navazující strojovnou, umělou slalomovou dráhu s min. požadovanou šířkou ve zúžení pod mostem 8 m a ještě cyklostezku a spoustu inženýrských sítí, mj. s hlavním roudnickým vodovodním řádem DN 400, jež bylo nutné přeložit. Technologie pro zpracování $225 \text{ m}^3/\text{s}$ byla zvažována s přímoproudými Kaplanovými turbínami ve více variantách: dvě velké turbíny zahraničního výrobce obdobné jako na jezích České Kopisty nebo Štětí, tři nebo čtyři turbíny zahraničního nebo českého výrobce. Vzhledem k jinak velmi problematickému založení ve velkých hloubkách s artéskými vodami



Staveniště po zahájení prací na zapažení stavební jámy



Montáž technologie, otevřená oběžná kola turbin a nutnosti použití řady prvků společných pro všechny turbíny (čistič stroj, česle, stavidla vtoků a savek, jeřáby ve strojovně) byla jako optimální vybrána varianta se čtyřmi stroji o průměru oběžných kol turbin 3,2 m tuzemského výrobce Mavel. Vzhledem k úzkému profilu bylo nutno na 3D matematickém modelu vyvinout speciálně tvarovaný vtok vodní elektrárny, se statikem projednat zúžení stěn vodní elektrárny apod.

Navíc strojovna musela být vzhledem k úzkému průtočnému profilu toku Labe za povodní pod mostem řešena jako přeléváná, se střechou nepřevyšující stávající terén, a manipulace s turbínami se musí odehrát v tomto sníženém prostoru uvnitř strojovny tak, abychom se vyhnuli nutnosti osazovat do střechy pro každou turbínu po dvou vodotěsných poklopech, jež jsou při zaplavení často problematickým místem.

Požadavkem města Roudnice a obce Vědomice bylo použít nad běžnou vysokou hladinou vody v maximální míře přírodní materiály nebo zatravnění. Požadavkem památkářů pak bylo přizpůsobit vzhled betonových konstrukcí vzhledu mostních pilířů. Byly požadovány např. různé obklady, jež by však nebyly dostatečně trvanlivé. Výsledkem bylo kompromisní řešení s rastry odpovídajícími spárám na kamenných mostních pilířích vtlačnými do pohledových ploch betonů, zejména na vystupujících věžích vzduchotechniky. Při povodních větších než Q_2 byla přelévána střecha strojovny, jež musí být zároveň pojezdna, nakonec po delším hledání správného řešení vyprojektována jako zatravněná. Střecha strojovny bude z větší části přístupná pro veřejnost při konání sportovních akcí na slalomové dráze.

Řešení atypického projektu

Stísněné prostory a atypické požadavky na stavbu vodní elektrárny i slalomové dráhy kladly značné nároky jak na projektanta technologické části, tak projektanty stavební části, i na investora, připravujícího a následně koordinujícího všechny projekty. Naštěstí základní pravidla pro návrh efektivní a investičně přiměřené stavby s projektanty I.P.R.E. již byla nastavena nedávno realizovaným projektem MVE Lovosice-Píšťany. Mezi tato pravidla investora patří např. minimalizace železobetonových konstrukcí a instalování jímký jen do oblastí těsně kolem strojovny a kolem chráněných původních objektů, zde zejména jezu a mostu. Všechny ostatní části dna vtoku a výtoku, pokud jsou zde za všech situací přiměřené rychlosti proudění do cca 1,5 m/s, jsou realizovány jako volné, bez opevnění. Dále sem patří např. výše zmíněné použití jednoho společného zařízení pro více turbin, pokud to neomezuje provoz MVE.

Financování stavby

Stavba vodní elektrárny, USD i RP je financována zejména z úvěru od České spořitelny, a. s. Dále je financována z dotačních titulů, kde samotná vodní elektrárna je spolufinancována z Evropských strukturálních fondů a rozpočtu ČR přes program OPPI. Bohužel počáteční dotace ve výši 40 % byla ministerstvem zredukována na cca 20 %, takže bylo nutno projekt dodatečně optimalizovat. Na rybí přechod by měla být alokována dotace rovněž ze Strukturálních fondů EU a programu OPŽP. Na umělou slalomovou dráhu bylo uvažováno s dotací z programu ROP Severozápad, vzhledem k pozastavení či zrušení tohoto programu však nelze očekávat dotaci žádnou. Bylo tudíž nutno zredukovat i projekt USD vypuštěním představitelných anglických překážek a nahradit je levnější variantou dřevěných překážek, ovšem bez vlivu na kvalitu vodáckého terénu USD. Výše uvedené redukce financování samozřejmě vedou i k většímu tlaku na dodavatele a k výraznému zhoršení návratnosti projektu.

Založení stavby a zajištění sousedních konstrukcí

Strojovna je založena na úrovni 138,35 m n. m., tj. cca 13 m pod okolním terénem, a to na pískovcích, začínajících na cca 141 m n. m., v nichž se nachází artéská zvědeň. Ta je částečně odizolovaná dvěma dvojicemi slabých jílovopískovcových vrstev na úrovni cca 136 m n. m. a 129 m n. m. V místě stavby se navíc nachází tektonická porucha, která tyto vrstvy porušila.

Stavební jáma je mimo strojovnu minimalizována jen na nezbytnou plochu v místě konstrukcí vtoku chráněných železobetonovým dnem a krátkého betonového dna.

Stavební jáma byla ohraničena převrtávanými pilotovými stěnami. Koruna stěn byla nabetonována.



Elektrárna po dokončení stropních konstrukcí

vána pohledovým betonem se vzorováním podobným kamennému obložení mostních pilířů.

Pod roudnickým mostem nebylo možno použít vyšší techniku a způsob zajištění stavební jámy a zajištění stability stávajících konstrukcí byl dlouho předmětem jednání mezi investorem a projektantem (FG Consult, s. r. o.).

Vzhledem ke zkušenostem z minulých staveb kladl investor důraz zejména na bezpečnost těsně sousedících konstrukcí. Následně byl projekt projednán a odsouhlasen

se společností Vodní díla-TBD, Povodím Labe, s. p., a správními orgány. Pod roudnickým mostem, tj. v blízkosti mostního a jezového pilíře a pravé krajní mostní opěry, byl nejdříve prostor nepropustně oddělen od konstrukcí mostu a jezu převrtávanou maloprofilovou těsnicí stěnou a teprve následně byla prováděna trysková injektáž, kterou se vytryskal mohutný kotvený a závitovými tyčemi spjatý blok. Všechny práce, zejména trysková injektáž, byly prováděny za neustálého sledování konstrukcí jezu a mostu a v případě potřeby mohly být okamžitě zastaveny. Častá měření prováděla též společnost Vodní díla-TBD.

Pod obvodovými pažicemi konstrukcemi, pod mostem a v místě tektonické poruchy i podzemem MVE byla pro omezení přítoku artéských vod provedena horninová injektáž. Zbylé artéské vody byly zčerpávány a následně odlehčovány patnácti hlubokými čerpacími a ověřovacími vrtly – vztlak artéské vody nesměl přesáhnout z důvodu rizika prolomení základové spáry nebo desky vtoku nebo výtoku výtlačnou výšku cca 144 m n. m. Přitom počáteční výtlačná úroveň před zahájením stavby dosáhla úrovně 151,0–151,50 m n. m., tj. až 5 m nad dolní hladinu Labe v podjezí, resp. 2 m nad horní hladinu v nadjezí. Nutno poznamenat, že provedenými pracemi byla poměrně přesně potvrzena geologická skladba podloží a proudění artéských vod včetně tektonické poruchy (viz článek RNDr. M. Procházky ze společnosti Aquatest, a. s.). O celkovém způsobu zajištění stavební jámy se podrobněji hovoří v následujícím článku od ing. K. Staňka.



Kulminace povodně na Q_{50} po řízeném zaplavení stavební jámy s elektrárnou

(základová deska až přelévání střecha) včetně částí technologie, zalévání do betonu (vedení a prahy hrazení, pozední příruba turbin).

- únor 2013–do současnosti (7/2013): hrubé montáže technologie včetně sekundárních zálivek sávek a kotvených desek generátorů a převodovek, dokončování strojovny, práce na vtoku a výtoku a rybím přechodu, čistá montáž technologie, montáže elektro včetně VN.

Povodeň 2013

Povodeň v červnu 2013 přišla neočekávaně. Až brzy ráno v neděli 2. 6. 2013 byl potvrzen povodňový stupeň $> Q_2$ (tj. větší než dimenzované pažení stavební jámy). V 7 hodin byly investorem vydány pokyny zejména dodavateli technologie. Bylo nutno urychleně uzavřít technologii plně vystrojenou strojovnu (osadit komory oběžných kol a zatěsnit prostory v turbínách a mnoho dalších prostupů), a to vše během několika málo hodin – cca od 13 hodin se měla dle informací o dotoku z Vltavské kaskády přelít stavební jáma. Ve 12 hodin byly turbíny zatěsněny, cca v 16 hodin byla před hlavními průsaky zatěsněna celá strojovna a následně zahájeno řízené zaplavení strojovny, jež probíhalo pod dohledem šéfa projekce FG Consult, s. r. o., a ředitele společnosti Zakládání staveb, a. s. To skončilo cca ve 21 hodin, kdy se začala přelévát koruna pažení. Rozlivy zřejmě zbrzdily předpovídaný postup povodně. Asi ve 23 hodin bylo dokončeno zejména za pomoci pracovníků dodavatele technologie Mavel zatěsňování strojovny a následně byla strojovna

opuštěna pro přelití střechy.

V průběhu povodně byly prováděny kontroly pracovníky investora za účasti záchranářů apod. Na střeše strojovny bylo při kulminaci cca 3,5 m vody (cca Q_{50}), oproti předpokladu z neděle ráno – 1 m. Strojovna tak byla řádně odzkoušena na extrémní situaci, průsaky konstrukcemi se ukázaly jako minimální.

Po odstranění povodňových škod a vyčerpání jámy a obnovení prací na turbínách spojených s otevřením strojovny hrozila povodeň

ještě jednou, a to s kulminací na cca 1–2leté vodě. Naštěstí tuto povodeň bylo možno lépe předpovědět a nebylo tudíž nutno, vyjma posílení přísypu štětové stěny vtoku, dělat další opatření, zejména opět zavírat strojovnu a zaplavovat stavební jámu.

Povodeň bohužel znamenala zpoždění montáže technologie o cca 2 týdny a zpoždění stavebních prací o cca 4 týdny a značné škody zejména na stavebních objektech mimo strojovnu MVE.

Výhled

I přes výše uvedené komplikace by hlavní stavba měla být dokončena v uspokojivém termínu – strojovna MVE do srpna 2013, tj. 18 měsíců od zahájení stavby. Vzhledem ke složitosti stavby se jedná o velmi solidní termín, samozřejmě za předpokladu, že nepřijdou další komplikace. Pak by snad měl být dostatek času na proces připojování MVE do sítě. Jeho trvání lze dnes, po politickém zařazení i těchto stabilních vodních energetických zdrojů mezi nežádoucí zdroje, odhadnout na 2 až 6 měsíců. Jelikož nežádoucím zdrojům s koncem roku 2013 zřejmě končí podpora, není jiné možnosti než uskutečnit připojení v tomto roce.

Do konce roku 2013 by měla být dokončena hrubá stavba slalomové dráhy a rybí přechody. Termín dokončení kompletní stavby malé vodní elektrárny, umělé slalomové dráhy a rybích přechodů, včetně všech terénních úprav, ozelenění apod., předpokládáme v dubnu až květnu 2014.

Ing. Jakub Helus, RenoEnergie, a. s.

Foto: autor a Libor Štěrba

Časový průběh výstavby

- Únor–září 2012: zajištění stavební jámy a sousedních konstrukcí, zhotovení nadbetonávek pilotových stěn a štětových stěn – finálních konstrukcí vtoku a výtoku –, těžba stavební jámy spojená s kotvením a rozprávním nižších úrovní a s postupným snižováním vztlaku artéských vod.
- Srpen 2012–únor 2013: provádění všech železobetonových konstrukcí strojovny

Small hydropower plant, artificial slalom course and fish passes in Roudnice nad Labem-Vědomice from the investor's point of view

The small hydropower plant project in Roudnice nad Labem-Vědomice follows up on similar previous projects of small hydropower plants realized by the RenoEnergie company mainly on low-gradient rivers. The project of hydropower plant and its related structures in this locality was rather complicated due to the fact that it was necessary to carry out the construction in place of a functional slalom course and well-kept premises of the local canoe club. Furthermore, the construction site had to be placed in cramped conditions in close proximity of a pier and abutments of the bridge in Roudnice nad Labem.



Stavební jáma během dokončování těžby na základovou spáru

ZAJIŠTĚNÍ STAVEBNÍ JÁMY PRO MVE ROUDNICE NAD LABEM

Návrh zajištění stěn stavební jámy spočíval ve využití dvou technologií pažení: v partiích s hlubšími výkopy byly navrženy převrtávané pilotové stěny, v místech, kde byl předpoklad možnosti beranit do potřebné hloubky, bylo navrženo zajištění pomocí štětových stěn. V oblasti podél mostního a jezového pilíře a mostní opěry bylo pažení vytvořeno z masivního bloku ze sloupů tryskové injektáže. Vzhledem k tomu, že se stavba nachází v oblasti s výskytem tlakové vody v podloží, bylo nutné před otevřením stavební jámy učinit potřebná opatření pro zajištění dostatečné stability dna. Podél obvodu stavební jámy byla metodou horninové injektáže provedena těsnicí clona zavázaná do dolní izolační vrstvy a stejně tak byla dotěsněna i porucha přirozených izolačních vrstev podél tektonické poruchy. Opatření bylo doplněno instalací čerpacích a odlehčovacích vrtů. Veškeré práce na zajištění stavební jámy prováděla společnost Zakládání staveb, a. s.

Stavební jáma pro výstavbu MVE je situována na pravém břehu Labe v místě vodáckého kanálu (v minulosti vorové propusti), podél stávajícího jezového pole, mezi opěrou a prvním říčním pilířem ocelového silničního mostu. Povrch staveniště je poměrně rovinný, úroveň terénu pravého břehu je cca 150,50 až 151,0 m n. m. Dno řeky v nadjezí leží na kótě cca 148,0 m n. m. a v podjezí na 145,0 m n. m. Normální hladina horní vody je 149,60 m n. m. a dolní vody 147,40 m n. m. Požadovaná ochrana stavební jámy byla 151,20 m n. m., což je cca 25 cm nad hladinou 2leté vody. Pažená část stavební jámy byla minimalizována pouze na plochu nutnou pro výstavbu vlastní elektrárny a poměrně krátké partie s železobetonovým dnem v oblasti nátoky a výtoku z elektrárny.

Délka stavební jámy byla cca 75 m a šířka cca 36 m s tím, že v čele nátoky se rozšiřovala až na 47 m a v čele výtoku na cca 40 m. Úroveň dna výkopu v oblasti výtoku a elektrárny se pohybovala na kótě 138,35 m n. m. až cca 140,0 m n. m. a směrem proti proudu se zdvihala až na 143,50 m n. m. v čele nátoky. Hloubka jámy od úrovně stávajícího terénu tedy dosahovala téměř 13 m.

Geologické a hydrogeologické poměry

Z geologického hlediska leží staveniště v severozápadní části České křídové tabule budované usazenými horninami druhohorního stáří, pískovci, slínovci a jílovcí. Na skalním podloží jsou uloženy terasové středně ulehlé štěrky s mezivrstvami jemnozrnných, k sufozi náchylných písků. V jejich nadloží jsou pak povodňové sedimenty – tuhé písčité hlíny.

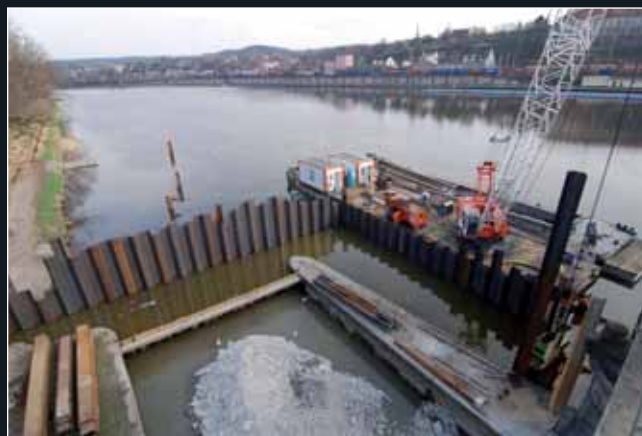
Povrch skalního podloží se v rozsahu staveniště předpokládal na kótách 135,7 až 141,0 m n. m. V rozsahu pažené stavební jámy pak na 136,70 až 138,50 m n. m. Původní geologický průzkum, i přesto, že jeden z jeho vrtů byl proveden až do hloubky 25 m, nezaznamenal v křídových usazeních přítomnost tlakové vody. Dokumentoval pouze podzemní vodu ve štěrkových vrstvách. V oblasti nadjezí byla zaznamenána v úrovních 148,60 až 148,90 m n. m. a v podjezí na 147,80 m n. m.

Upřesnění hydrogeologických poměrů

Vzhledem k předchozím zkušenostem ze stavby MVE Litoměřice a skutečnosti, že na levém břehu Labe v Roudnici přítomnost tlakové vody zjištěna byla, bylo rozhodnuto provést na staveništi pro jistotu ještě další



Práce na zhotovení obvodových převrtávaných pilotových stěn a štětové stěny na výtoku



Beranění štětových stěn jímky na vtoku do elektrárny

dva kontrolní vrty. V obou pak byly zaznamenány v pískovcovém souvrství značné přítoky podzemní vody. Výtlačná výška vody z těchto křídových uloženin byla až 151,0 m n. m. a převyšovala o 1,5 m normální hladinu horní vody v Labi. Přitoky do vrtů byly tak veliké, že otevření stavební jámy bez jakýchkoliv opatření prakticky nepřicházelo v úvahu.

Příznivým zjištěním naopak bylo, že v propustném pískovcovém souvrství se v hloubce kolem 16 a 23 m vyskytují izolační jílovcové dvojvrstvy, které by mohly opatření proti tlakové vodě částečně zjednodušit.

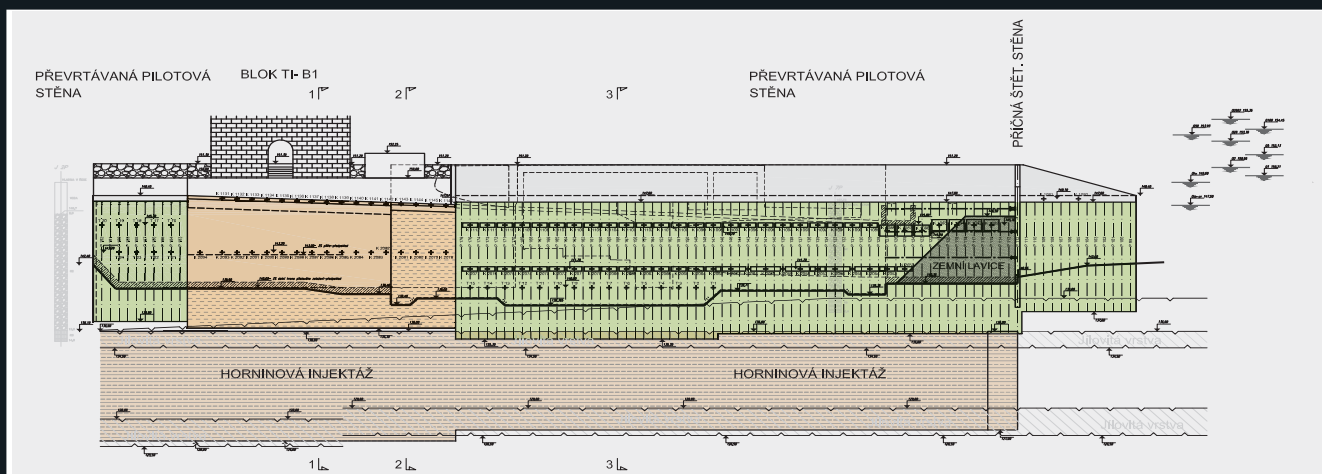
Na druhou stranu, následně provedené povrchové geofyzikální měření indikovalo přítomnost tektonické poruchy procházející šikmo pod objektem budoucí elektrárny a vyvolalo

podezření, že vrstvy jílovců by zde mohly být porušeny a jejich izolační schopnost i vzhledem k jejich poměrně malé mocnosti omezena.

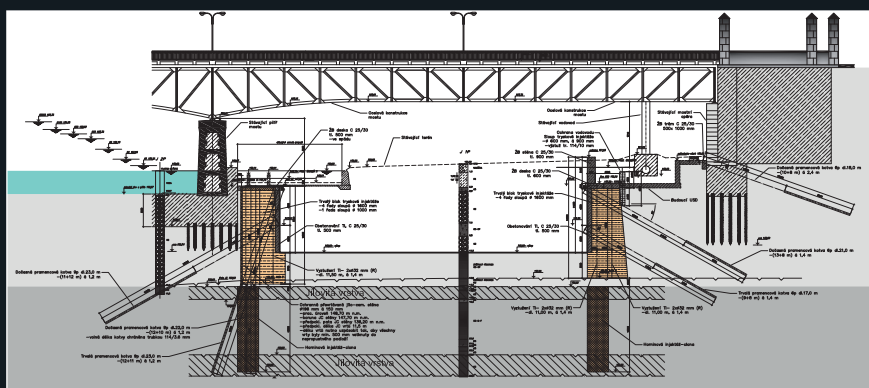
Pro reálný návrh bylo potřeba tato fakta upřesnit. Na staveništi byly proto provedeny další čtyři vrty, které potvrdily existenci izolačních jílovcových dvojvrstev v celém rozsahu stavební jámy a upřesnily i polohu tektonické poruchy. Ta rozdělovala staveniště na



Půdorys zajištění stavební jámy



Podélný řez zajištěním stavební jámy



Příčný řez zajištěním stavební jámy v oblasti mostního pilíře a opěry

dvě části. V každé z nich byly izolační vrstvy poměrně spojitě, ale mezi sebou byly vzájemně posunuté o cca 1 m. Zvýšené přítoky do vrtů v místě poruchy omezenou izolační schopnost jílovcových vrstev potvrdily. Vyšší dvojrstva se nalézala v části staveniště mezi kótami 135,0 až 137,0 m n. m. a v části mezi 134,0 až 136,0 m n. m. Hlubší dvojrstva pak mezi 126,0 až 129,0 a mezi 127,0 až 130,0 m n. m. Mocnost jednotlivých vrstev v horní dvojrstvě byla cca 0,5 až 0,7 m, v dolní 0,7 až 1,0 m. Výsledky dodatečného průzkumu potvrdily, že problém tlakové vody v podloží je vážný a stavební jámu nelze bez provedení dodatečných opatření proti tlakové vodě bezpečně otevřít. Návrh konstrukcí zajištění stavební jámy bylo tedy nutné doplnit o návrh opatření proti tlakové vodě. (Více o geologii a geologickém průzkumu v článku RNDr. M. Procházky, AQUATIS, a. s., str. 41.)

Zajištění stavební jámy

Oproti zadání byla stavení jáma v rámci výrobně-technické dokumentace dodavatele v oblasti nátoky prodloužena o cca 12 m. Za cenu poměrně malého zvýšení výměry štětových stěn se podstatně zjednodušilo zapažení čelní stěny, která pak mohla být prakticky po celou dobu realizace zajištěna pouze ponechanou zemní lavicí, přes kterou byl umožněn snadný přístup do stavební jámy rampou. Návrh zajištění stěn stavební jámy počítal s využitím dvou technologií pažení: v partiích s hlubšími výkopy byly navrženy převrtávané pilotové stěny, v místech, kde byl předpoklad možnosti beranit do potřebné hloubky, bylo navrženo zajištění pomocí štětových stěn.

Pilotové stěny byly, podle hloubky výkopu, kotveny v jedné až třech úrovních pomocí zemních předpínaných pramencových kotev s injektovaným kořenem.

Štětová stěna v čele jámy na výtoku byla stabilizována táhly do kotevních štětovic a zemní lavicí, která byla v průběhu výstavby postupně odtěžována a nahrazována vzepřením do objektu elektrárny. V oblasti nátoky byla štětová stěna zajištěna zemní lavicí, která byla odtěžena až v samotném závěru výstavby těsně před

zaplavením. Po tuto krátkou dobu pak byla stěna vzepřena jednoduchými provizorními šikmými ocelovými vzpěrami do dna stavební jámy. Výška koruny pažicích pilotových stěn byla z pohledových důvodů navržena na nejnižší možnou úroveň. V podélné návodní stěně na úroveň 147,80 m n. m. a v břehové stěně na 147,20 m n. m. Do úrovně požadované ochrany 151,20 m n. m. pak byly pilotové stěny nadbetonovány.

Pažení v oblasti mostní opěry a mostního a jezového pilíře

Výše popsáný, relativně rutinní způsob zajištění stavební jámy, však nebylo možno provést po celém jejím obvodu. Značně obtížnější situace nastala v místech podél mostní opěry a mostního a jezového pilíře. Most byl vybudován na začátku minulého století. Konstrukce mostního pilíře i opěr jsou poměrně masivní z betonu prokládaného žulovými kvádry. Pilíř byl zakládán pod ochrannou dřevěnou jímku, do jejíhož dna byly zabírány dřevěné piloty. Základová spára pilíře v tomto kombinovaném základu byla ve štěrcích, v úrovni cca 143,0 m n. m. Piloty byly zabírány na úroveň 140,0 m n. m. a jejich



Provádění obvodové těsnicí clony

pata končila rovněž ve štěrcích. Základová spára pravobřežní opěry byla v úrovni cca 146,5 m n. m. a pata jejich základových pilot v úrovni cca 141,0 m n. m.

Sektorový jez, který na most přímo navazuje, byl vybudován později, jeho výstavba byla zahájena v roce 1968. Konstrukce pilíře je železobetonová. Byl založen plošně ve štětové jímce. Základová spára jezu je rovněž ve štěrcích v úrovni cca 142,0 m n. m., tedy o cca 1 m hlouběji než přilehlý mostní pilíř.

Dno výkopů v této části jámy mělo dosáhnout úrovně 139,0 až 140,5 m n. m. Všechny stávající konstrukce měly být tedy dosti výrazně podkopány. Pilíř jezu a pilíř mostu až o 3 m a opěra až o 6 m. Že se jedná o poměrně obtížný úkol, naznačila i zkušenost z doby výstavby sektorového jezu. Jak již bylo uvedeno v článku s tímto tématem, došlo tehdy při výstavbě jezu, jehož základová spára byla pouze o 1 m hlouběji než pata přilehlého pilíře, k poškození původní dřevěné štětové stěny a spod pilíře začaly unikat masivní výrony vody a pravděpodobně i základové zeminy. K běžným nárokům kladeným na pažení stavební jámy zde přibyla podmínka minimalizace deformací stávajících konstrukcí tak, aby nebyla narušena jejich funkce a bezpečnost. Pro zajištění v těchto oblastech bylo tedy potřeba volit konstrukce značně tuhé. V úvahu přicházely železobetonové podzemní stěny nebo převrtávané pilotové stěny z pilot průměru cca 1,0 až 1,2 m. Provedení těchto konstrukcí však vyžadovalo světlou pracovní výšku až 16 m a ta pod mostem nebyla. I při maximálním snížení pracovní úrovně na kótu cca 147,0 m n. m. mohlo být dosaženo světelné pracovní výšky pouze 10 m.

Zjišťovala se tedy možnost vypůjčení speciálního stroje, ale toto řešení bylo vzhledem k malému rozsahu prací velmi neekonomické. Jako nejvhodnější se v této situaci jevílo podél těchto konstrukcí zpevnit stávající zeminu injektáží. Pomocí tryskové injektáže byl ze stávající zeminy vytvořen masivní blok šířky až 3,8 m, sestávající z jednotlivých sloupů průměru 100 až 160 cm, které byly uspořádány v případě mostního pilíře až v 5 řadách. Stabilitu bloku zajišťovala jednak jeho hmotnost, jednak byl přikotven zemními předpínanými kotvami. Aby byl materiál bloku schoopen přenášet i tahová napětí, byl blok vyztužen pruty z betonářské oceli, které se osazovaly do cementové zálivky do dodatečně provedených vrtů.

Eventuální negativní dopad technologie provádění tryskové injektáže na stávající konstrukce, kdy může dojít k nekontrolovatelným unikům injekční směsi do uzavřených prostor pod sousední konstrukci a po jejich „natlakování“ i k poměrně značným deformacím objektu, byl v případě mostního pilíře eliminován tím, že TI byla od pilíře odstíněna převrtávanou těsnicí

jílocementovou stěnou provedenou podél pilíře před zahájením tryskání. V případě jezového pilíře tvořila ochranu stávající štetová stěna, která zůstala na stavbě z doby jeho realizace. Vedle důsledného dodržování technologie provádění injektáže byly značné nároky kladeny rovněž na přesnost provádění vrtů pro kotvy a vyztužení bloku. Přestože se vrty často míjely velmi těsně, ke kolizi došlo během provádění pouze jedinkrát. Vzhledem k důležitosti konstrukcí byla poloha mostního i jezového pilíře po celou dobu výstavby důsledně monitorována, a to jak nezávislou organizací Vodní díla-TBD, tak i dodavatelem.

Naměřené deformace nepřekročily povolené hodnoty a to ani po dobu povodně, kdy došlo k řízenému zaplavení stavební jámy.

Návrh opatření proti tlakové vodě

Pro první úvahy byl pro posouzení stability dna stavební jámy použit nejjednodušší model, a to pouze porovnání vztaku na spodní hranu nepropustné vrstvy s vlastní hmotností zemního masivu nad touto úrovní.

Opatření proti tlakové vodě byla rozvržena do několika etap s tím, že po provedení každé etapy se měla jejich účinnost vyhodnotit a posoudit, zda jsou dostatečná pro bezpečné otevření stavební jámy, či je bude potřeba v další etapě doplnit. Touto metodou postupných kroků jsou zkušenosti získané při provádění



V oblasti pod mostem bylo pažení jámy provedeno mohutným kotveným blokem ze sloupů tryskové injektáže

okamžitě zapracovány do následujícího kroku, a je tak minimalizován rozsah prací i náklady. Vyžaduje však velmi těsnou spolupráci a důvěru mezi dodavatelem, investorem a projektantem.

V první etapě bylo navrženo provést po obvodu stavební jámy těsnicí clonu zavázanou do přirozených jílovcových izolačních vrstev a tak zamezit bočním přítokům do prostoru stavební jámy.

V případě zavázání pouze do horní izolační dvojvrstvy by byl vztlak na počtu této vrstvy v úrovni 135,80 m n. m.: $(151,0 - 135,8) \times 10 = 152 \text{ kPa}$. Přetížení zeminou při výkopu na 138,50 by pak v této úrovni bylo: $(138,5 - 135,8) \times 21 = 63 \text{ kPa}$. Pro dosažení rovnováhy by vztlak v této úrovni musel být tedy snížen o cca 90 kPa, tj. na výtlačnou výšku 142,0 m n. m., což se však jevílo, vzhledem k zjištěným faktům, jako velmi problematické.



Podchycení mostního a jezového pilíře zemním blokem zpěvněným pomocí tryskové injektáže, výkop pro kotvení



Zemní práce ve stavební jámě před dokončením poslední kotvení úrovně



Kotvení návodní strany stěny stavební jámy na 2. kotvení úrovni



Armování základové desky stavební jámy v nejnižším místě v oblasti budoucí strojovny



Zapažená stavební jáma s ponechanou stabilizační zemní lavicí na výtoku

Pokud by se však clona zavázala do dolní izolační dvojvrstvy, pak by byl podle stejného modelu vztlak v úrovni 127,8 m n. m. velikosti 232 kPa a přetížení v místech s maximálním výkopem 225 kPa. Vztlak a přetížení by byly v tomto případě prakticky v rovnováze a teoreticky by stačilo, pokud by obvodová clona i dno bylo nepropustné, uvolnit vodní tlak mezi izolačními vrstvami. Ve skutečnosti však obvodová clona ani dno není nikdy úplně nepropustné, navíc, jak bylo zmíněno výše, zde bylo indikováno slabé místo tektonické poruchy. S určitým čerpáním vody z prostoru mezi oběma vrstvami bylo tedy nutno uvažovat.

V rámci první etapy byla následně metodou horninové injektáže provedena podél obvodu stavební jámy těsnicí clona zavázaná do dolní

izolační dvojvrstvy a stejným způsobem bylo dotěsněno porušení přirozených izolačních vrstev podél tektonické poruchy.

Poté byl proveden čerpací pokus, který měl prokázat, zda je reálné zčerpávat přítoky do prostoru mezi dvěma izolačními dvojvrstvami tak,

aby výtlačná výška tlakové vody v této oblasti v místě pod nehlubšími výkopy stavební jámy nepřesáhla 142,0 m n. m. Pokusem bylo prokázáno, že to možné je a další dotěšňování pomocí injektáže již nebylo nutné.

V půdoryse stavební jámy byly doplněny další vrtý do celkového počtu 15, z nichž 7 bylo vystrojeno tak, aby z nich bylo možno aktivně čerpat, a zbylých 8 mělo sloužit jako pozorovací, eventuálně jako pomocné pro snižování tlaku přetokem. V definitivním stavu bylo aktivních 12 vrtů.

Tlak vody ve vrtech a čerpaná množství byly po celou dobu výstavby pravidelně monitorovány a intenzita čerpání byla upravována podle momentálního stavu úrovně výkopů, respektive později podle postupu výstavby vlastního objektu elektrárny.

Pro ilustraci uvádím v tab. 1 měření vztlaků a čerpaných množství v jednotlivých vrtech z 6. 12. 2012.

Ing. Karel Staněk, FG Consult, s. r. o.

Foto: Libor Štěřba a ing. Jakub Helus

Securing foundation pit for small hydropower plant in Roudnice nad Labem

The design for securing walls in the foundation pit consisted in using two sheeting technologies: firstly, secant pile walls were used in deeper excavation parts; secondly, sheet pile walls were designed for areas where ramming to the necessary depth was potentially possible. Areas around bridge and weir piers and bridge abutments were sheeted by carrying out a massive block of jet grouted columns.

With respect to the fact that the construction site is located in an area with pressurized water present in the subsoil, it was necessary to carry out appropriate measures to achieve sufficient riverbed stability prior to foundation pit excavation. A sealing curtain strapped into the lower insulation layer was realised along the foundation pit perimeter using the rock grouting method. The same technology was used to seal damaged natural insulation layers along the tectonic line. This measure was accompanied by installation of pumping relief wells.

Výtlačná výška v m n. m.															
kóta ústí vrtu	141,8	141,5	143,3	143,8	144,2	144,5	144,5	144,8	144,0	143,0	144,2	144,3	144,3	144,0	144,0
ústí po zkrácení			140,5	141,5		142,0	140,5	140,7		141,0		141,2	140,5	142,5	141,5
datum	OV-1	OV-2	ČS-3	ČS-4	OV-5	ČS-6	ČS-7	OV-8	ČS-10	OV-11	ČS-12	ČS-13	ČS-13**	OV-14	OV-15
6. 12.	142,0		142,5	142,9	145,2	142,0	142,0	141,9	142,5	146,0			141,5	144,3	144,2

Čerpaná množství z jednotlivých vrtů v l/s															
6. 12	0,42		3,57	0,61	0,56		0,43	0,38		4,20			0,61	0,5	0,13

Tab. 1: Z tabulky je patrné, že celkové množství vody odváděné z prostoru pode dnem stavební jámy pro stav s maximálními výkopy, který byl z hlediska nároků na snížení vztlaků nejnáročnější, dosahovalo přijatelných 11,5 l/s. Provádění pak potvrdilo, že přijatá koncepce dotěšnění kombinované s čerpáním a odlehčováním byla zvolena vhodně. Využití dolní izolační vrstvy pak znamenalo významnou finanční úsporu.



Štětové stěny na výtoku jsou přerozpřeny do konstrukce elektrárny, stabilizační lavice je postupně odtěžována



Řízené zaplavlávání stavební jámy při povodni přes jezový pilíř