

# MALÁ VODNÍ ELEKTRÁRNA LITOMĚŘICE ■ SMALL HYDRO POWER PLANT LITOMĚŘICE

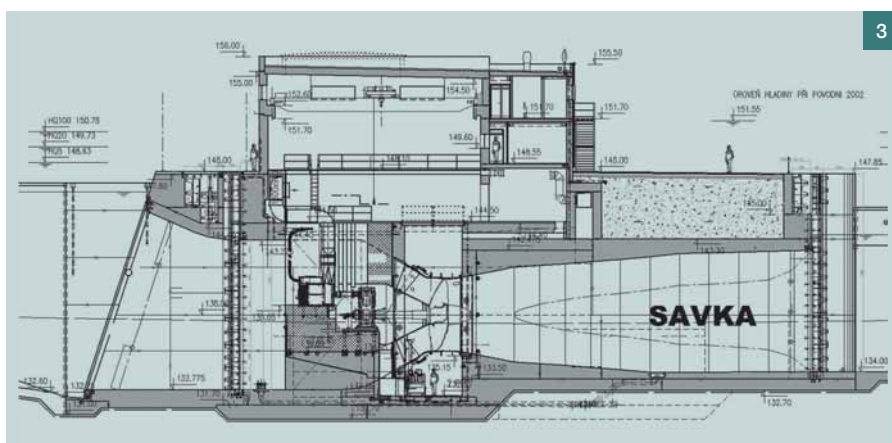
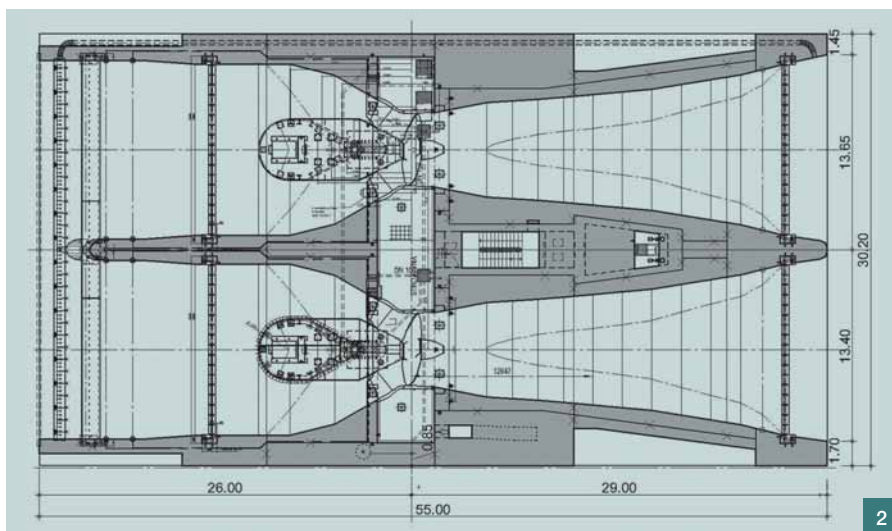
Pavel Janeček, Pavel Kasal,  
Petr Hoke, Ludmila Kostková

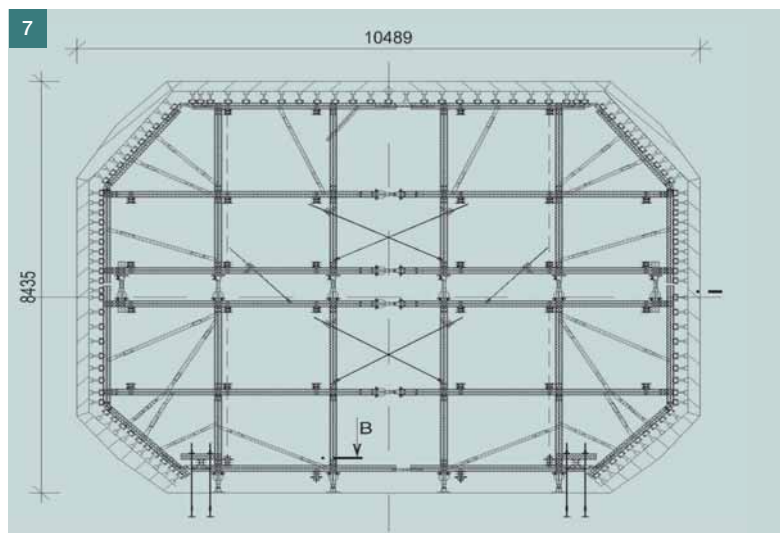
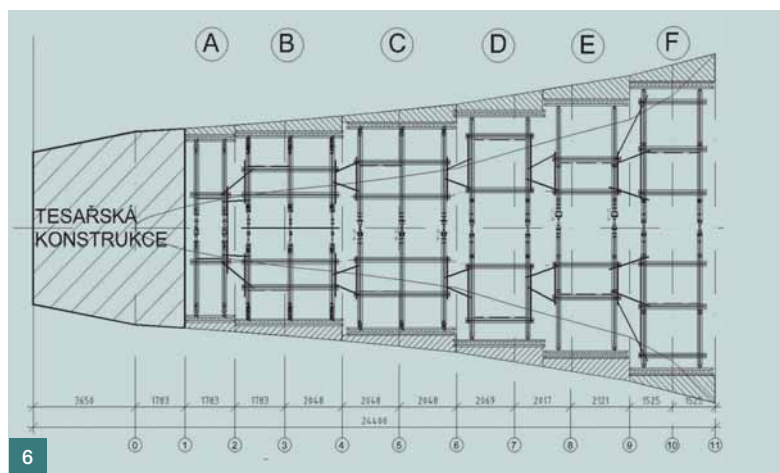
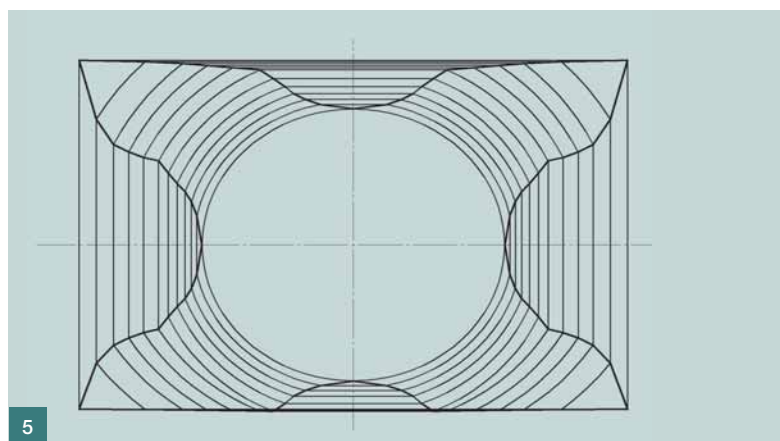
Malá vodní elektrárna Litoměřice bude největší nízkospádovou průtočnou vodní elektrárnou na řece Labe a výrazně přispěje ke zvýšení podílu využití obnovitelných zdrojů v České republice. ■ The small hydro power plant Litoměřice will be the biggest low-head run of-river hydro power plant of its kind on the Labe river and will significantly contribute to increasing the share of exploitation of renewable energy in the Czech Republic.

Malá vodní elektrárna (MVE) Litoměřice se nachází na pravém břehu Labe v říčním km 795,688 nedaleko obce České Kopisty. Stavba elektrárny je výsledkem mnohaletých snah o energetické využití jezu České Kopisty. Po dokončení se stane součástí vodohospodářského díla České Kopisty – Litoměřice, které bylo uvedeno do provozu v roce 1914 v rámci kanalizačních úprav na Labe a Vltavě v úseku Praha–Ústí nad Labem. Toto vodohospodářské dílo se nyní skládá z pohyblivého jezu, plavebních kanálů a malé a velké plavební komory. Původní hradiolový jez byl v letech 1969 až 1971 rekonstruován na pohyblivý jez se sektorovou hradičí konstrukcí. Má tři pole, výška jezu je 3,1 m a jeho celková délka je cca 150 m.

Nový název „Litoměřice“ byl zvolen po diskuzích se zástupci města Litoměřice, v jehož katastru elektrárna leží. Konstrukce MVE Litoměřice bezprostředně navazuje na pravou stranu jezu, kde se nachází pravobřežní jezový pilíř a plomba původní vorové propusti (obr. 1). Objekt elektrárny je realizován v místě nevyužívané vorové propusti a skladu hradel. Elektrárna bude zpracovávat průtok vody v řece až do maximální hltnosti 340 m<sup>3</sup>/s ve dvou strojích typu PIT o průměru oběžného kola 5,1 m. Budou zde osazeny dvě velké přímoproudé Kaplanovy PIT turbíny. Celkový dosažitelný výkon elektrárny bude cca 5,2 MW, tzn. že ročně vyrobí cca 32 GWh elektrické energie. Elektrárna je koncipována jako bezobslužná, pouze s občasným dohledem na chod zařízení.

Navržené technické řešení je šetrné k rybám. Třílopatková Kaplanova turbína typu PIT je vzhledem k nízkým otáčkám (56 ot/min) sama o sobě šetrná k rybám a navíc budou nad vto-





Obr. 1 Letecký pohled na staveništi MVE Litoměřice ■  
Fig. 1 Aerial view of the construction site

Obr. 2 Půdorys elektrárny v ose turbíny ■ Fig. 2 Ground plan in the turbine axis

Obr. 3 Podélný řez elektrárnou v ose turbíny ■ Fig. 3 Longitudinal section in the turbine axis

Obr. 4 Konstrukce rybochodu ■ Fig. 4 Construction of the fish ladder

Obr. 5 Pohled do savky, linie á 2 m ■ Fig. 5 View into the inlet lines á 2 m

Obr. 6 Půdorys savky s rozkreslenými segmenty bednění ■  
Fig. 6 Ground plan of the inlet with drawings of framework segments

Obr. 7 Příčný řez bedněním savky ■ Fig. 7 Cross section of inlet framework

kovým prahem umístěny nejmodernější rybí plašiče, zamezující přístupu ryb do vtokového objektu.

### STAVEBNÍ ČÁST ELEKTRÁRNY

Hlavními částmi MVE Litoměřice jsou vtokový objekt, konstrukce vlastní elektrárny, která se dělí na spodní a horní stavbu, výtokový objekt a rybochody.

Vtokový objekt slouží k přivedení vody z prostoru nadjezí k MVE. Sestává z převýšeného prahu, nábrežní zdi, dna, dělicího pilíře a usměrňovacích křídel. Výtokový objekt odvádí vodu od sa-

vek turbín do prostoru koryta pod zem. Veškeré konstrukce těchto objektů jsou z vodostavebního betonu C30/37 XA1, XF3.

Součástí MVE Litoměřice jsou i rybochody (obr. 4) pro lososovité a kaprovité ryby. Jedná se o rybí přechod se svislými štěrbinami a žlabový rybí přechod s kartáči pro úhoře. Rybochody procházejí dělicím pilířem mezi stávajícím jezem a MVE (obr. 1). Štěrbínový žlab je proveden jako železobetonový. Celý rybochod bude shora chráněn rošty před rybími pytláky.

Vlastní objekt elektrárny má délku 55 m, šířku 31 m a výšku 19 m (obr. 2 a 3). Stavební objekt elektrárny je železobetonový, monolitický a konstrukčně je rozdělen na spodní a horní stavbu. Rozhraní mezi spodní a horní stavbou tvoří upravený terén na kóťě 148 m n. m.

Objekt obsahuje dvě podzemní a dvě nadzemní podlaží (obr. 3). Vzhledem k tomu, že úroveň hladiny vody při průtoku HQ 100 dosahuje kóty 150,78 m n. m., je i horní stavba provedena z vodostavebního betonu



8



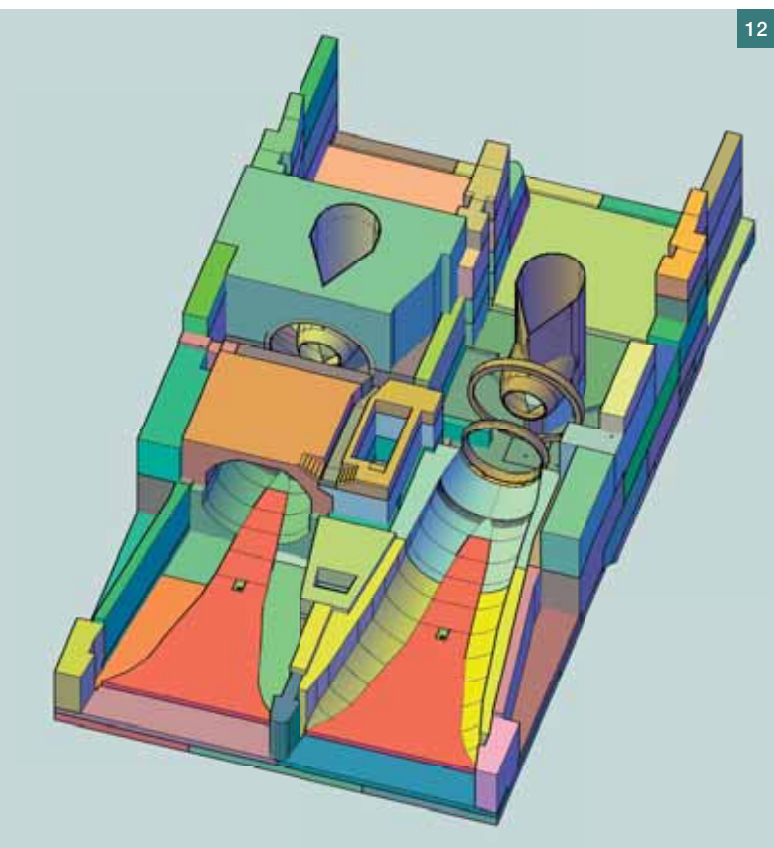
9



10



11



12

C30/37 XC2, XF1 – hloubka průsaku 50 mm – ve smyslu nové ČSN EN 206-1.

V horní stavbě se nachází strojovna s mostovým jeřábem, strojovny vzduchotechniky, velín s technickým zázemím, kancelář, vodárna a sklady. Ve spodní stavbě jsou umístěny vtoky turbín s drážkami pro provizorní hrazení od horní vody a saveky turbín s obdobnými drážkami od dolní vody a spodní část strojovny. Dále jsou zde umístěny ocelové PITy turbín, ocelové kuželové části vtoků a savek, které jsou součástí technologické dodávky. Zbývající části vtoků a savek obsahující přechody z obdélníkového na kruhový profil byly provedeny jako železobetonové. Výstavba obou částí byla velmi náročná na přesnost a pevnost bednění. Pro bednění vtoků byly použity klasické dřevěné ramenáty.

#### BEDNĚNÍ SAVEK

Tvar saveky byl optimalizován pro dosažení co největšího hydraulického výkonu. Vnitřní průřez saveky je po délce proměnný (viz foto na titulní straně). Směrem k odtoku se rozšiřuje z kruhového průřezu  $D = 5,483$  m až na obdélníkový rozměr  $12 \times 8,5$  m. Příčný řez savekou sestává z obdélníků se zaoblenými rohy, trychtýřovitě se rozšiřujícími směrem k výtoku (obr. 5). Délka saveky je 24,4 m. S ohledem na značný rozměr příčného průřezu a zkušenosti z minulých staveb MVE byla pro realizaci bednění saveky zvolena kombinace ocelového modulového bednění doplněného dřevěnými ramenáty, tvarově řešící přesný tvar příčného řezu.



13

Obr. 8 Detail bednění – napojení dřevěných ramenátů na ocelovou nosnou kostru ■ Fig. 8 Detail of the framework – connection of the timber stiffening trusses to the steel loadbearing frame

Obr. 9 Pohled na savky při jejich výstavbě – přesun bednění do druhé savky ■ Fig. 9 Inlet during construction – moving the framework

Obr. 10 Betonáž vrchní části savky ■ Fig. 10 Concreting of the upper part of the inlet

Obr. 11 Demontáž bednění savky ■ Fig. 11 Dismount of the framework

Obr. 12 3D počítačový model konstrukce – rozvržení do betonážních záběrů (celkem 257 taktů) ■ Fig. 12 3D computer model of the structure – dividing into concreting strokes (257 measures altogether)

Obr. 13 Pohled na elektrárnu od vtokového prahu ■ Fig. 13 View to the power plant from the inlet shelf

Obr. 14 Detail betonové konstrukce vtoku u PITu ■ Fig. 14 Detail of the concrete structure of the inlet at PIT

Obr. 15 Celkový pohled na konstrukci elektrárny ■ Fig. 15 Overall view of the power plant construction



14



15

Bednění savky bylo realizováno ve spolupráci s firmou Harsco Infrastructure, která se podílela na návrhu, projektu a dodávce bednění. Bednění savky bylo navrženo na betonovací tlak 60 kN/m<sup>2</sup>. Montážně bylo děleno na segmenty. Ve směru podélné osy se jedná celkem o devět segmentů (obr. 6), a to tři klasické dřevěné a šest ocelových. Montážně byly segmenty děleny po výšce na polovinu. Ocelové segmenty byly ještě dále děleny i ve svislé ose. To bylo nezbytné pro odbednění a použití pro druhou savku bez nutnosti úplného rozebrání na komponenty.

Vnitřní nosné prvky byly sestaveny z bednicího systému Multiform, který zahrnoval nosníky, vzpěry, styčnickové prvky, kloubové styčníky a závory. Ze systému byly sestaveny příčné vazby (obr. 7) a ty pak byly montážně spojovány do dvojic nebo trojic.

Ocelová nosná kostra byla tvořena příčnými vazbami, které byly pro jednotlivé segmenty shodné. Vazby byly spojeny podélnými nosníky, po obvodě byly použity dřevěné příhradové nosníky GT24. Náběhy a postupné rozšiřování stěn savky bylo provedeno pomocí příčných ramenátů z tří vrstev překližky, které v rozteči cca 0,4 m tvořily podporu pro plášť bednění z dvojitého pobití hoblovanými palubkami tloušťky 20 mm stykovanými na tupo. Napojení dřevěných ramenátů na ocelovou nosnou konstrukci je patrné na obr. 8.

Spodní a horní půlsegmenty byly předmontovány včetně bednicího pláště v přípravě přímo na stavbě. Po smontování všech segmentů jednoho záběru byly osazeny do stavební jámy, vzájemně propojeny a zajištěny jak proti nadzvednutí vzlakem, tak i proti tlaku betonu působícího v ose savky směrem k vyústění.

Segmenty byly osazeny pečlivě a přesně. V sesazeních byly mezi segmenty odchylky pouze 5 až 20 mm, což byl při rozměrech bednění 8 x 12,5 m výborný výsledek.

Realizaci bednění savky předcházela důkladná projektová příprava, která byla z důvodů velkých rozměrů a složitosti tvaru konstrukce savky velmi náročná. Návrh, výpočet, optimalizace a zpracování podrobné výkresové dokumentace si vyžádalo skoro 600 h práce. Z hlediska minimalizace potřebného materiálu byla výsledná konstrukce navržena tak, že většina prvků byla pevnostně využita na 80 až 100 %. Toto je v případě použití bednicího modulového sys-

tému, který má jen několik základních prvků o předem známé únosnosti, velice pracné. Je to postup opačný, než při běžné projektové praxi, kdy si statik určí ideální tvar a do něj nadimenzuje nosné prvky.

Hmotnost nejmenšího půlsegmentu včetně ramenátů a opláštění byla 3,7 t a nejtěžšího 10,5 t. Z těchto hmotností pak vycházela požadovaná únosnost věžového jeřábu.

### BETONÁŽE SAVEK

Do základové desky byly před betonáží uloženy kotvy pro tyče DW15. Na základovou desku pak byly vybetonovány stěny výšky odpovídající horní úrovni záběru, tj. cca do úrovně vodorovné osy savky. Jednalo se o obvodové stěny a dělící stěnu mezi savkami, které sloužily jako vnější strana bednění a umožnily oddělit betonáž levé a pravé savky. Jeřábem byly z přípravy přeneseny kompletní předsestavené poloviny segmentů a za účasti geodeta přesně usazeny na místo. Následně byly spojeny a přikotveny. Kotvy byly předepnuty z důvodu utěsnění bednění vůči základové desce a zamezení deformací a prokluzu při působícím vzlaku.

Celá betonáž obou savek byla rozdělena do osmi záběrů. Po délce byly betonovány dva záběry dlouhé 9,7 a 14,7 m a po výšce rovněž na dva záběry s pracovní spárou zhruba uprostřed výšky. Odděleně se betonovala levá a pravá savka. Jako první byl betonován spodní záběr přiléhající k vzdušné části elektrárny a vytvořil tak spodní část tělesa savky. Dále následovala horní část. Záběry se střídaly na pravé a levé savce. Pro první čtyři záběry bylo dodáno bednění, které zůstávalo na místě a dále se nepřesouvalo. Následně betonáž pokračovala záběry u výtoku. Postup byl obdobný s tím rozdíl, že bednění se po betonáži přesouvalo do druhé savky (obr. 9).

Vysunutí bednění do druhé savky se realizovalo po půlsegmentech. Nejprve se na pomocném lešení vysouvaly horní díly. Poté následovaly spodní díly (obr. 11) a bednění se v druhé savce spojilo opět do jednoho celku.

Pro betonáž spodních částí savky byl použit, s ohledem na kvalitní zpracování betonu pod nasazeným bedněním, samozřejmě nejlepší beton C30/37 SCC. Navržená receptura byla předem testována v laboratoři. Počáteční pevnosti betonu po 24 h dosahovaly 18 MPa. U takto masivní konstrukce, kde byla tloušťka betonu místy přes 3 m, byl rovněž

rozhodující průběh vývinu hydratačního tepla. V prvním záběru, který byl betonován v červenci, byla teplota ukládaného betonu 27 °C, maximální teplota v konstrukci však nepřekročila 60 °C. Rychlost betonáže 0,25 m/h byla stanovena s ohledem na povolený betonovací tlak a začátek hydratace ukládaného betonu.

### ZÁVĚR

MVE Litoměřice bude po uvedení do provozu největší nízkospádovou průtočnou vodní elektrárnou na Labi. Stavba je náročná jak ve své stavební, tak i technologické části. Bednění savek turbin o délce cca 25 m s rozměry výstupních profilu 12 x 8,5 m a složitým tvarem příčného profilu kladlo vysoké požadavky na jeho montáž. Výsledkem bude stavba, která bude zásobovat ekologicky čistou elektřinou cca 8 tisíc domácností.

### Základní údaje o stavbě

Investor	Dolnolabské elektrárny, a. s.
Generální projektant	Pöyry Environment, a. s.
Dodavatel stavební části	Metrostav, a. s., divize 6
Dodavatel částí bednění savek	Harsco Infrastructure Cz, s. r. o.
Dodavatel betonu	DK-Beton, s. r. o., Litoměřice
Návrh betonové směsi	BASF Stavební hmoty Česká republika, s. r. o.
Dodavatel technologické části turbin	VOITH Hydro, GmbH, Rakousko
Doba realizace	prosinec 2009 až prosinec 2012

Ing. Pavel Janeček  
e-mail: pjanecek@harsco.com  
tel.: 737 218 521



Ing. Petr Hoke  
tel.: 773 784 799  
e-mail: phoke@harsco.com

oba: Harsco Infrastructure CZ, s. r. o.  
Bečovská 939, 104 00 Praha 10  
www.harsco-i.cz

Ing. Pavel Kasal, Ph.D.  
tel.: 602 337 325  
e-mail: kasal@metrostav.cz



Ing. Ludmila Kostková  
tel.: 602 681 125  
e-mail: kostkova@metrostav.cz

oba: Metrostav, a. s., divize 6  
U Elektry 830/2b, 198 00 Praha 9  
www.metrostav.cz

Fotografie: 1, 10 – Ing. Miroslav Stuchlý; 4, 13–15 – Josef Husák; 8, 9, 11 – Ing. Pavel Janeček