

# PROJEKT LODNÍHO ZDVIHADLA NA VODNÍM DÍLE SLAPY DESIGN OF SHIP LIFT STRUCTURE AT THE SLAPY DAM

MARTIN JAKOUBEK, PAVEL UHER,  
RADEK VESELÝ

Otázka dokončení lodního zdvihadla na vodním díle (VD) Slapy je v současné době znovu otevřena. V článku jsou popsány dvě uvažované alternativy technického řešení: varianta šachtové plavební komory a šikmého lodního zdvihadla.

*Question of ship lift structure at the Slapy Dam ending is opened again in present days. Two main alternatives of technical resolution are described in following text: the lock with high lift or slopping ship lift*

## HISTORIE PROJEKTU

Vodní dílo Slapy bylo uvedeno do provozu v roce 1955 bez plavebního zařízení a tento stav trvá dodnes. Slapská přehrada zůstává hlavní překážkou splavnění Vltavské vodní cesty z Prahy do Čes-

kých Budějovic pro plavidla o nosnosti do 300 t (obr. 1).

Při stavbě VD Slapy bylo již od prvních studií uvažováno o zřízení plavebního zařízení. Pro časovou tíseň v době stavby, velké stavební náklady a vznikající technologické komplikace po napuštění přehrady nebyl tento záměr dokončen. Byla vybudována pouze stavební část horního zhlaví plavební komory na pravém břehu v horní zdrži.

Dostavba plavebního zařízení na Slapech vyvolává mezi odborníky v České republice živou polemiku již více než padesát let. Do dnešní doby bylo zpracováno několik alternativ stavebních i technologických koncepcí. Původní projekt [1] předpokládal výstavbu vertikálního zdvihadla v železobetonovém věžovém objektu umístěném mimo těleso hráze v pravém břehu. Objekt měl být zaústěn do obtokového tunelu, který při stavbě sloužil k převádění vody stavenišťem přehrady (obr. 2).

## SOUČASNÝ STAV PROJEKTOVÉ PŘÍPRAVY ZÁMĚRU

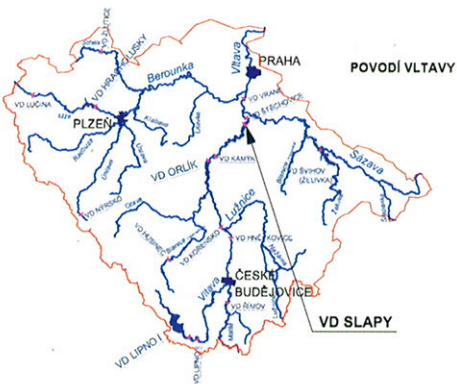
V poslední expertní studii [2] byly rozpracovány tři varianty technického řešení lodního zdvihadla:

- šachtové lodní zdvihadlo s plným vyvážením,
- šachtová plavební komora s úspornými nádržemi a
- šikmé lodní zdvihadlo.

První i druhá varianta mají v podstatě stejné dispoziční uspořádání, které se opakuje také v některých předchozích studiích. Využívá v největší možné míře plavební komoru v horní vodě a část stávajícího obtokového tunelu pro příjezd lodí ke zdvihadlu z dolní vody. Třetí varianta uvažuje s přepravou plavidla převážně po povrchu, s překonáním výškového rozdílu pomocí šikmé dráhy, umístěné na pravém svahu pod hrází.

V současné době není pro další stupně projektové přípravy vybrána žádná z uvedených variant. V článku jsou podrobněji popsány dvě odlišné koncepce technického řešení. Rozdíl spočívá zejména ve způsobu přepravy plavidla. Šachtová plavební komora využívá v maximální míře podzemních objektů, šikmé lodní zdvihadlo je umístěné na povrchu. V textu je popsáno především stavební řešení prezentovaných variant.

Všechny varianty jsou navrženy podle současně platných parametrů I. třídy evropské klasifikace vodních cest pro plavidla o nosnosti do 300 t. Užité rozměry plavebního zařízení jsou 45 x 6 m, s hloubkou nad záporníkem 3 m. Specifickým požadavkem je umožnit provoz lodního zdvihadla při výrazném denním kolísání hladin v obou zdržích, v horní



Obr. 1 Mapa povodí Vltavy s vyznačením VD Slapy

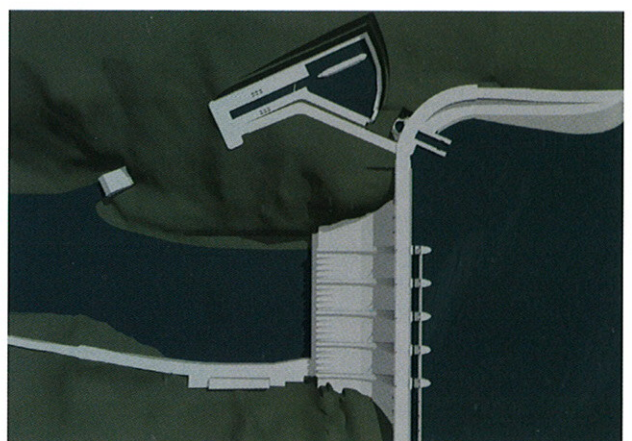
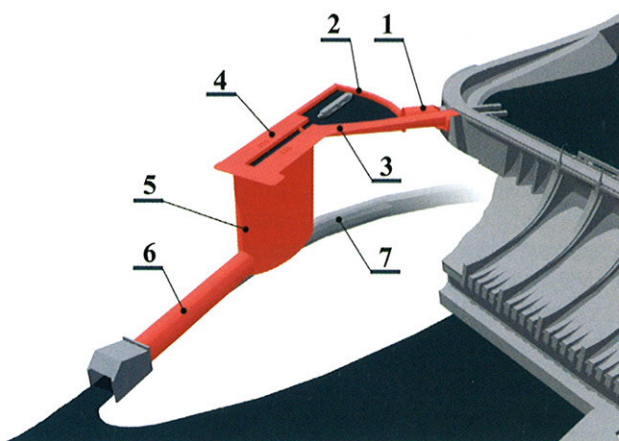
Fig. 1 Map of Vltava river basin with marked the Slapy Dam

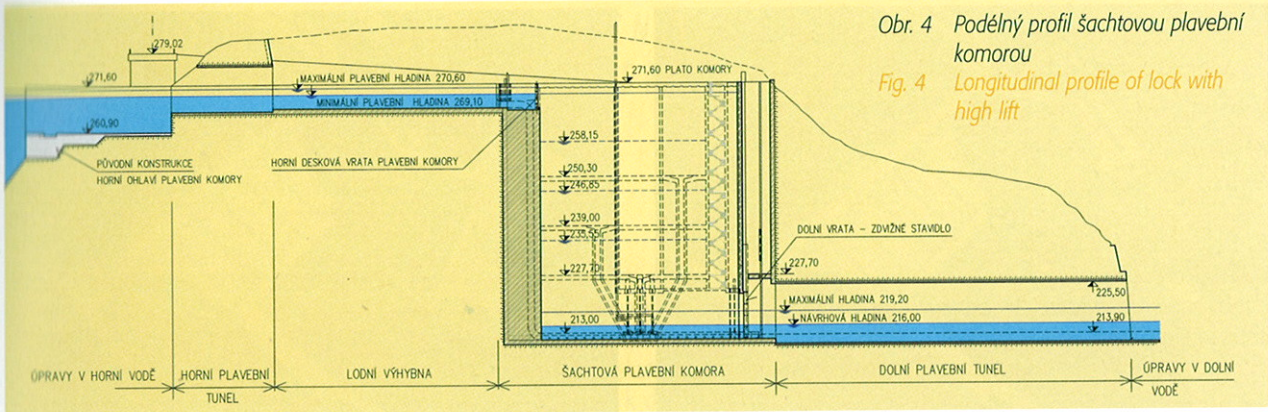
Obr. 2 Schéma technického řešení šachtové plavební komory. 1 – plavební tunel v horní vodě, 2 – lodní výhybna, 3 – příjezdová komunikace, 4 – plato plavební komory, 5 – šachtová plavební komora, 6 – dolní plavební tunel, napřímení stávajícího obtokového tunelu, 7 – uzavření obtokového tunelu

Fig. 2 Design diagram of lock with high lift

Obr. 3 Letecký pohled na šachtovou plavební komoru

Fig. 3 Ground plan of lock with high lift





Obr. 4 Podélný profil šachtovou plavební komorou

Fig. 4 Longitudinal profile of lock with high lift

zdrži VD Slapy 1,5 m a v dolní zdrži VD Stěchovice 3,2 m.

### ŠACHTOVÁ PLOVEBNÍ KOMORA

Výstavba plavební komory s sebou přináší celou řadu problémů hydraulických, naučických i statických. Bylo nutné vyřešit dispoziční uspořádání objektů s ohledem na zajištění optimálních vjezdových a výjezdových poměrů z horní i dolní zdrže. Pro bezpečné vplutí a vyplutí návrhového plavidla v dolní vodě je nezbytné, aby se tento manévry uskutečnil v přímé trati. Proto je nutné stávající obtokový tunel napřímit v místě napojení svislé šachty. Náhlá změna směru plavby, která je z popsané dispozice nutná, bude prováděna při zastavení plavidla v lodní výhybně v horní vodě. Výhybna současně umožní křížení protisměrně jedoucích plavidel, což výrazně zkrátí proplavovací cyklus. Vazby jednotlivých objektů jsou patrné na obr. 2, šedě jsou vyznačeny stávající konstrukce, červeně nově budované objekty.

### Horní plavební kanál

Ze stávajícího horního zhlaví plavební komory bude postaven plavební kanál vedený z části otevřeným zářezem a z části krátkým plavebním tunelem. Ražený profil bude realizován Novou rakouskou tunelovací metodou. Definitivní ostění je navrženo z monolitického železobetonu. Na obou stěnách tunelu budou pochozí (únikové) lávky, jejichž stěny budou mít v rozsahu kolísání hladiny 1,5 m funkci svodidel. Plavební tunel bude ukončen v bázenu lodní výhybny přibližně lichoběžníkového půdorysu (obr. 3).

Konstrukce výhybny je navržena z monolitického železobetonu. Proti vzlakovým účinkům působícím na nosnou konstrukci výhybny bude její základová spára trvale odvodněna systematickou drenáží, zaústěnou do dolní vody. Výhybna bude

vybavena dvěma pohyblivými vázacími zařízeními, která umožní natočení plavidla, případně jejich vyhybání.

### Plavební komora

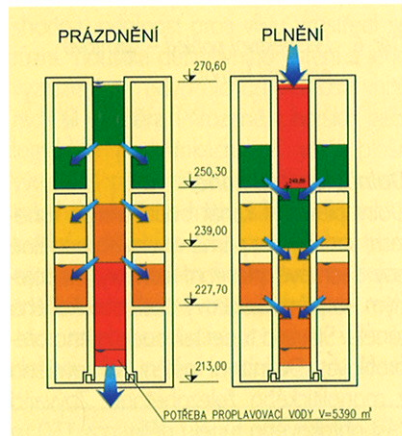
Ve směru po vodě navazuje na bazén lodní výhybny vlastní objekt šachtové plavební komory.

Plavební komora bude umístěna v šachtě eliptického půdorysu 60 x 25 m s plochou příčného řezu cca 1300 m<sup>2</sup> a hloubkou 60 m (obr. 4). Světlý profil komory je 45 x 6 m, vzniklý meziprostor bude využit pro úsporné nádrže.

Výstavba by měla dle zadání probíhat za plného provozu hydroelektrárny a bez mimořádného snížení hladin v horní i dolní zdrži. Hloubení i ražby budou probíhat v relativně složitých hydrogeologických podmínkách [3] (mimořádně tvrdé amfibolity s pevností v tlaku 300 MPa, rozpadlé do bloků s přítomností puklinové podzemní vody pod tlakem až 50 m vodního sloupce). Šachta bude při tomto dispozičním uspořádání umístěna v bezprostřední blízkosti přehradu, v nejbližším místě je navržena její vzdálenost od tělesa hráze 100 m. Pro zajištění bezpečnosti přehradního díla během výstavby bude minimalizován vliv otřesů na konstrukci hráze a provozované hydroelektrárny. Proto bude před zahájením postupného hloubení proveden zajištěný obvodový vrub pomocí hydrofrézy na celou výšku šachty. Mezi primární a sekundární ostění bude vložena hydroizolace s trvalým drenážním systémem svedeným do dolní vody. Bude tak eliminován případný hydrostatický tlak z puklinových systémů na definitivní konstrukce šachty. Díky tomu lze výrazně snížit dimenze jednotlivých prvků.

Definitivní ostění i vnitřní konstrukce budou provedeny z monolitického železobetonu.

Vnitřní konstrukce šachty, které budou

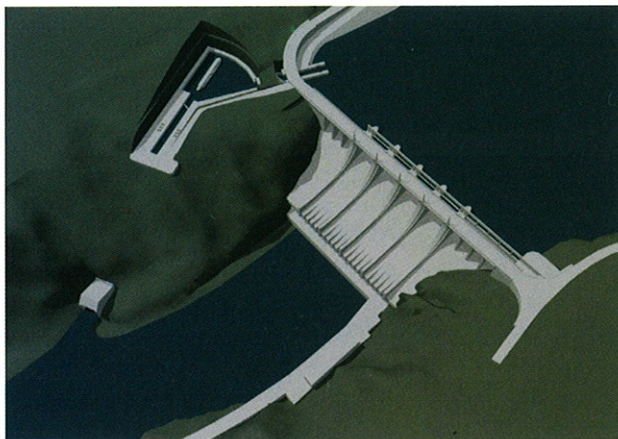


Obr. 5 Schéma plnění a prázdnění komory

Fig. 5 Design diagram of filling and discharging processes

využívány jako úsporné nádrže, jsou navrženy na přenesení rozdílných hydrostatických tlaků při pravidelném kolísání hladiny během napouštění a vypouštění plavební komory. Plavební komora se středním spádem 53,85 m bude vybavena třemi dvojicemi úsporných nádrží propojených plnicími a prázdníci kanály. Realizaci úsporných nádrží bude potřeba vody při jednom proplavení snížena z 14 540 m<sup>3</sup> na 5 390 m<sup>3</sup>. Princip úsporných nádrží spočívá v přepouštění vody při klesání či stoupání hladiny v plavební komoře do odpovídajících úsporných nádrží (obr. 5). Plnění a prázdnění komory bude dlouhými obtoky uzavíranými stavítky. Součástí díla budou technologická zařízení v horní i dolní vodě.

Pro psychickou pohodu pasažérů budou plavební komora i dolní plavební tunel na stěnách osvětleny. Pro provoz a údržbu vlastní plavební komory i úsporných nádrží budou sloužit dvě suché přístupové šachty vybavené schodištěm a výtahem v centrálním prostoru pro dopravu materiálu a zařízení.



Obr. 6 Perspektivní pohled – šachtová plavební komora

Fig. 6 Perspective view – lock with high lift

### Dolní plavební kanál

Dolní plavební kanál bude tvořen tunelem, vedeným v přímé ve směru podélné osy šachtové plavební komory, napojeným na přímý koncový úsek obtokového tunelu. Stávající tunel tak bude nutno pře-profilovat. Definitivní ostění je navrženo z monolitického železobetonu. Zbývající část obtokového tunelu délky cca 130 m bude využita pro zakládku rubaniny, která bude následně zmonolitněna injektáží a profil tunelu tak bude uzavřen. Na obou stěnách tunelu budou pochozí (únikové) lávky, jejich stěny budou mít v rozsahu kolísání hladiny funkci svodidel.

### ŠIKMÉ LODNÍ ZDVIHADLO

Princip proplavení návrhového plavidla horním plavebním kanálem a lodní výhybnou je obdobný jako u šachtové plavební komory, rozměry jednotlivých objektů jsou ovšem rozdílné. K překonání úrovně horní a dolní vody je navržena šikmá dráha, po které se pohybuje vana zdvihadla s protizávažím. Základ dráhy rozměru cca 50 x 140 m tvoří mohutná železobetonová konstrukce, která je zavázána do skalního masivu po etážích zazubenou základovou spárou.

#### Literatura:

- [1] Záruba L.: Vodní dílo Slapy, Technický projekt lodního zdvihadla, 1953
- [2] Uher P., Trnka M., Suchý J., Veselý R., Jakoubek M., Kuřák J.: Expertní technicko-ekonomická studie k výstavbě lodního zdvihadla na vodním díle Slapy, 2006
- [3] Záruba Q. & kol.: Geologie přehrad na Vltavě. Praha, 1967

Navržené dispoziční uspořádání ovlivnila morfologie svahu. Nasazení šikmé dráhy bylo vyprojektováno na 3D modelu s ohledem na zajištění optimálních vjezdových a výjezdových parametrů z horní a dolní vody. Proti posunu skalních bloků pod konstrukcí dráhy bude jejich povrch systematicky přikotven do skalního podkladu pomocí mikropilot. Železobetonová konstrukce tvoří při horním povrchu průběžnou podporu kolejové dráhy. Na levé straně dráhy bude umístěno nouzové schodiště a svážnice. Na konstrukci v dolní části plynule navazuje vanová konstrukce pro nasměrování plavidla na dráhu, která ji rozšiřuje zhruba o 50 m. V horní části bude umístěna železobetonová halová konstrukce provozního objektu.

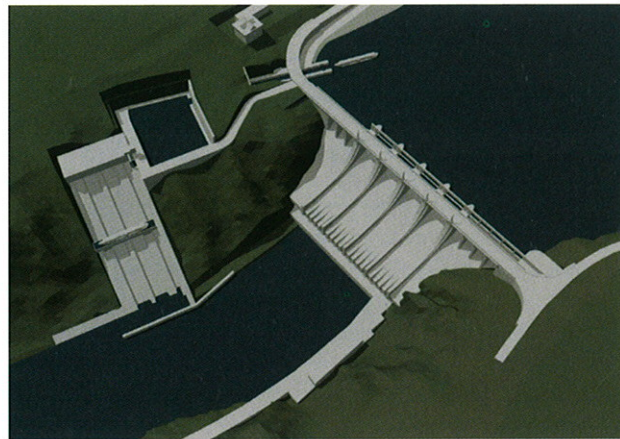
Celý obtokový tunel bude zavezen rubaninou, která bude následně zmonolitněna injektáží a profil tunelu bude v celé délce uzavřen. Povrch u portálu obtokového tunelu bude sanován.

Po dobu provádění šikmého lodního zdvihadla bude zřízena v korytě Vltavy stavební jímka, spojená provizorním přemostěním s komunikací na levém břehu.

### ZAVĚR

Šachtová plavební komora díky využití podzemních objektů představuje minimální zásah do pravého břehu. Šikmá dráha pro zdvihadlo naopak značně zasahuje do stávajícího terénu. Jelikož je stavba zdvihadla situována do nádherné krajiny v údolí řeky Vltavy, bude během povolovacího řízení a rozhodování o volbě varianty zvažováno zasazení projektu do prostředí a jeho vizuální ztvárnění.

V dosahu díla bude zřízeno návštěvnícké centrum pro cestující z lodí i pro veřejnost, která dílo pouze navštíví. Lze očekávat mimořádný zájem veřejnosti, neboť dílo se stane svými technickými paramet-



Obr. 7 Perspektivní pohled – šikmé lodní zdvihadlo

Fig. 7 Perspective view – sloping ship lift

ry i mimořádným řešením vyhledávaným turistickým cílem v evropském měřítku. Také s tímto využitím se počítá při posuzování efektivnosti investice.

Představená technická řešení zpracovaná na úrovni studie jsou dle současných předpokladů možná a konstrukčně proveditelná. Bezpečnostní rizika spojená s výstavbou a provozem plavebního zařízení by neměla převyšovat běžná rizika spojená s provozem vodních cest a nejsou tedy na překážku výstavbě. Technické návrhy budou dále rozpracovány a ekonomicky zhodnoceny v dalších stupních projektové dokumentace, na základě kterých bude vybrána optimální varianta pro realizaci lodního zdvihadla.

Je nesporné, že technicky mimořádné a náročné dílo bude i velice nákladné. Předpokládané náklady se podle řešených variant pohybují mezi 1620 až 1780 mil. Kč.

Ing. Martin Jakoubek  
METROPROJEKT Praha, a. s.  
I. P. Pavlova 2, 120 00 Praha 2  
tel.: 296 154 404  
e-mail: jakoubek@metroprojekt.cz

Ing. Pavel Uher  
PÖYRY Environment, a. s.  
Bezová 1658, 147 14 Praha 4  
tel.: 244 062 353  
e-mail: pavel.uher@poyry.com

Ing. Radek Veselý  
HYDROPROJEKT CZ, a. s.  
Táborská 31, 140 16 Praha 4  
tel.: 261 102 348  
e-mail: radek.vesely@hydroprojekt.cz