

Ondřej Motl, Ján Šepeľák, Pavel Gabriel

VÝZKUM PLAVEBNÍHO STUPNĚ DĚČÍN

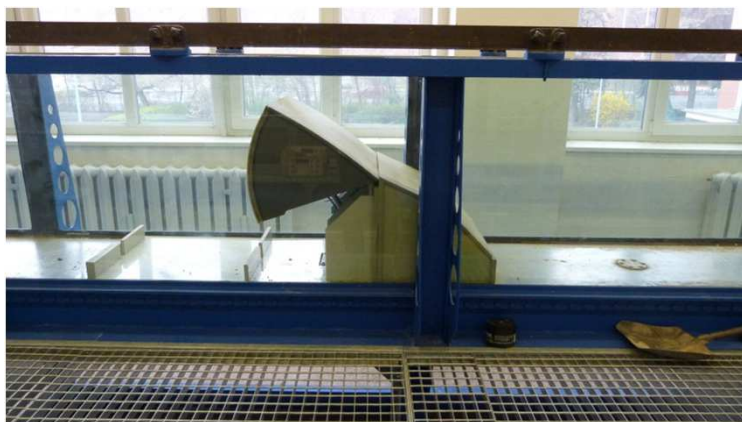
MODELOVÝ VÝZKUM VÝVARU JEZOVÉHO POLE PLAVEBNÍHO STUPNĚ DĚČÍN NA VÝSEKOVÉM FYZIKÁLNÍM MODELU



HYDRAULICKÝ OKRUH



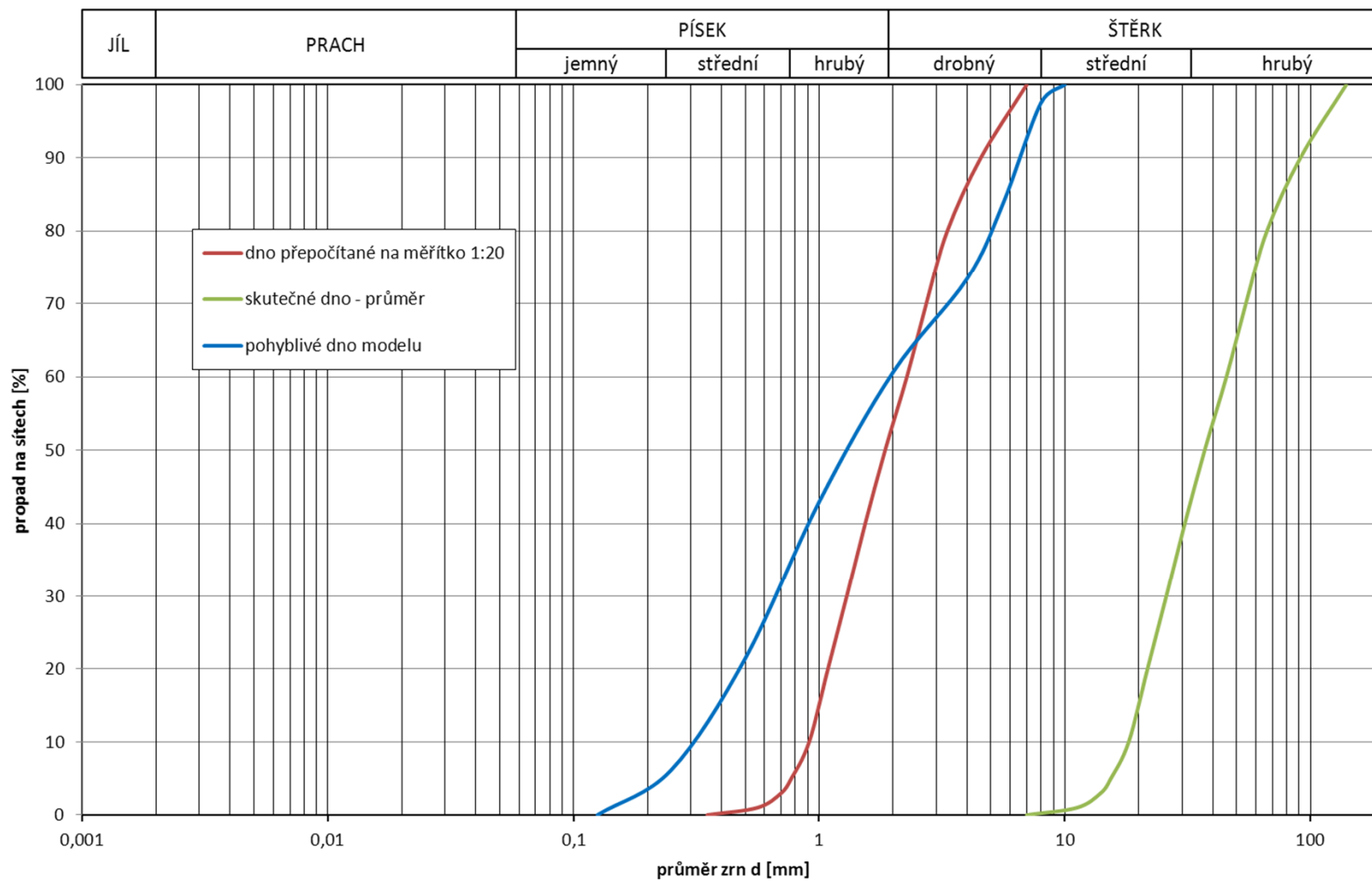
VÝSTAVBA MODELU



VÝSTAVBA MODELU



DNOVÝ MATERIÁL



MODEL V PROVOZU

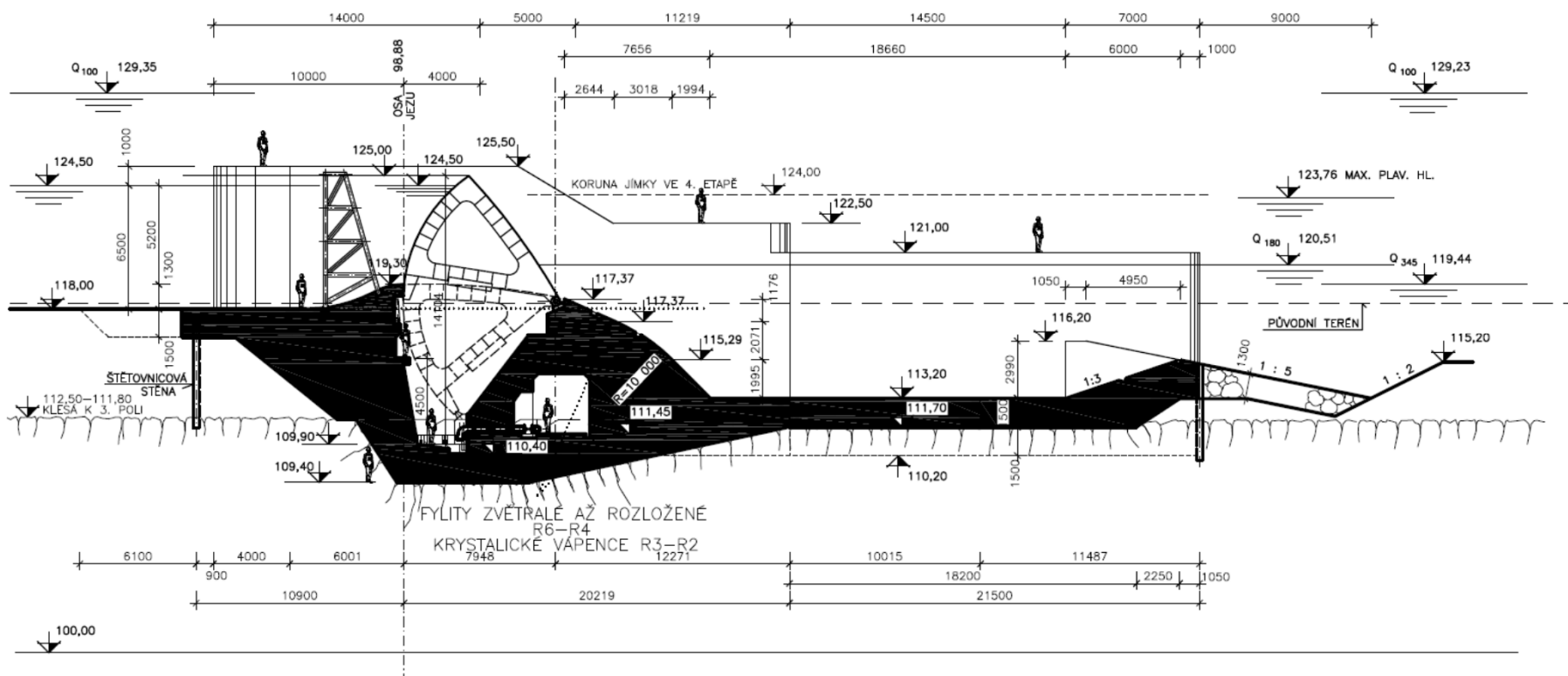


SPECIFIKACE VÝZKUMNÝCH PRACÍ

- vyšetření způsobu převádění ledů přes jezové pole pro škálu šesti průtokových stavů v celém profilu $Q = 117 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, $169 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, $248 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, $350 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, $633 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, $1140 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
- vyšetření podtlaků na přelivné ploše pro výše uvedenou škálu šesti průtokových stavů
- vyšetření proudových poměrů ve vývaru pro výše uvedenou škálu šesti průtokových stavů
- vyšetření závislosti jednotkového průtoku přes jezové těleso se sklopenou hradicí konstrukcí na poloze dolní a horní hladiny a určení z toho plynoucího přepadového součinitele pro výpočet přepadu přes jezové těleso
- vyšetření závislosti jednotkového průtoku přes jezové těleso s hradicí konstrukcí udržující polohu hladiny horní hladiny na kótě 125,0 m n.m. na poloze dolní hladiny a určení z toho plynoucího přepadového součinitele pro výpočet přepadu přes jezové těleso,

VARIANTA 1

ŘEŠENÍ POMOCÍ VÝVARU – HYDROPROJEKT CZ



Plavební stupeň Děčín – optimalizace vývaru jezu

VÝSLEDKY VÝZKUMU NA VARIANTĚ 1

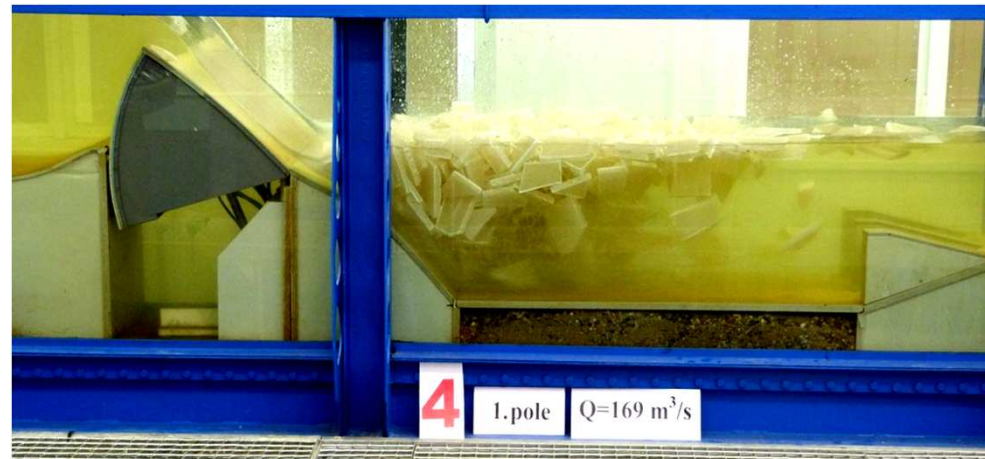
- kromě převádění $Q = 248 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ jedním jezovým polem docházelo u všech ostatních průtoků k ucpávání vývaru ledovými krami, k jejich stlačení a zastavení jejich pohybu. Hrozí tudíž jejich přimrzání k sobě a vznik velkých bloků ledu,
- kry jsou unášeny přepadajícím paprskem a dochází k jejich narážení do dna vývaru a do rozražečů,
- zpětný válec ve vývaru tlačí kry na přelivnou plochu a zejména v místě uchycení sektoru je konstrukce nadměrně namáhána. Pouze při $Q = 1140 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ byl přepadající paprsek dost silný, aby ledy nenarážely na přelivnou plochu jezu,
- pohyblivé dno za vývarem zůstalo převáděním série průtoků bez poškození,
- zpracování dílčí zprávy pro ŘVC ČR a Hydroprojekt CZ, a.s.,
- podtlaky za přelivnou hranou nepřesahují 0,3 m v. sl.

PŘEVÁDĚNÍ LEDŮ



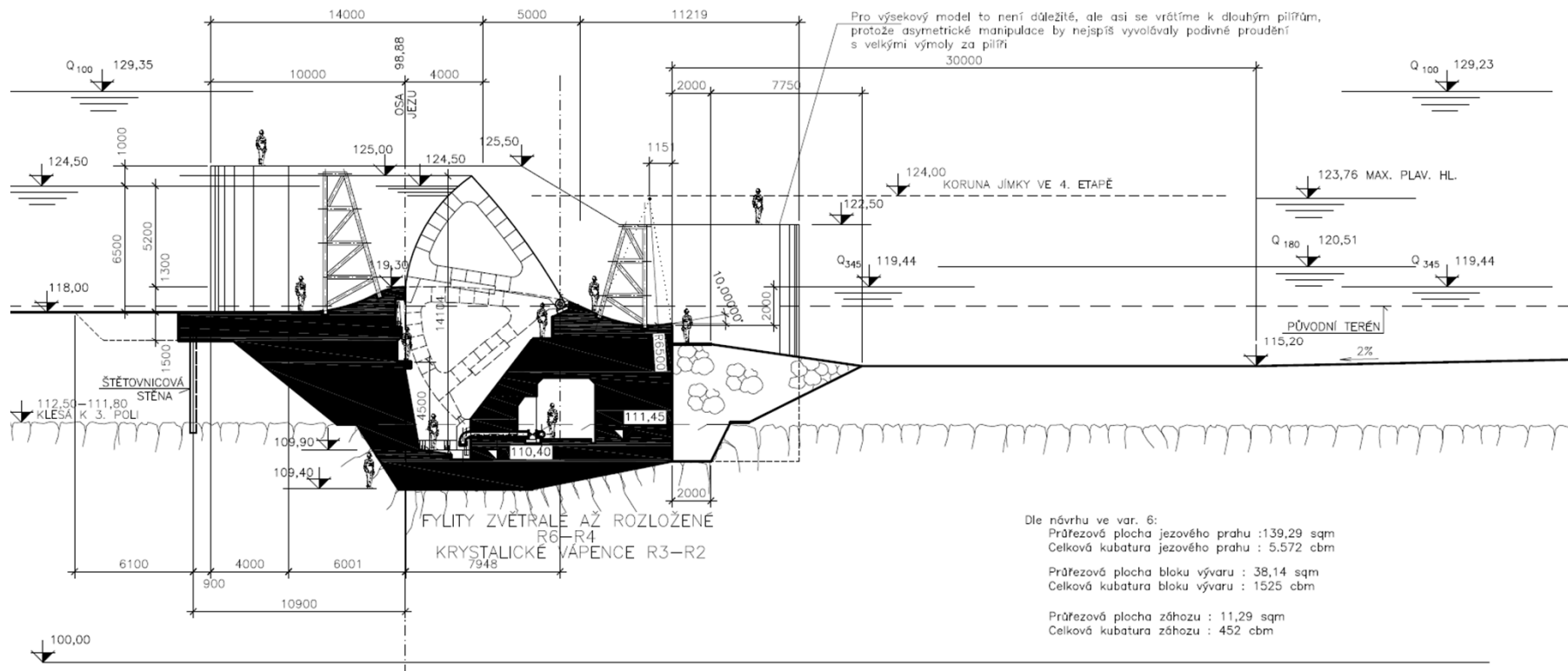
Transport ledů
při průtoku $Q = 117 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
jedním jezovým polem

Transport ledů
při průtoku $Q = 169 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
jedním jezovým polem



VARIANTA 2

BEZVÝVAROVÉ ŘEŠENÍ BEZ ROZRAŽEČŮ – HYDROPROJEKT CZ



VÝSLEDKY VÝZKUMU NA VARIANTĚ 2

- při převádění průtoku $Q = 248 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ jedním jezovým polem došlo ke vzniku 2 m hlubokého výmolu bezprostředně za záhozem.
- při převádění průtoku $Q = 1140 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ všemi jezovými poli došlo k ucpání vývaru ledovými krami a k jejich stlačení. Hrozí tudíž jejich přimrzání k sobě a vznik velkých bloků ledu,
- při nesymetrické manipulaci jezových uzávěrů se dosáhlo uvolnění ledového nápěchu za jezovým polem,
- pohyblivé dno za vývarem zůstalo převáděním série průtoků (kromě převádění $Q = 248 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ jedním polem) bez většího poškození,
- podtlaky za přelivnou hranou nepřesahují 0,3 m v. sl.

PŘEVÁDĚNÍ LEDŮ



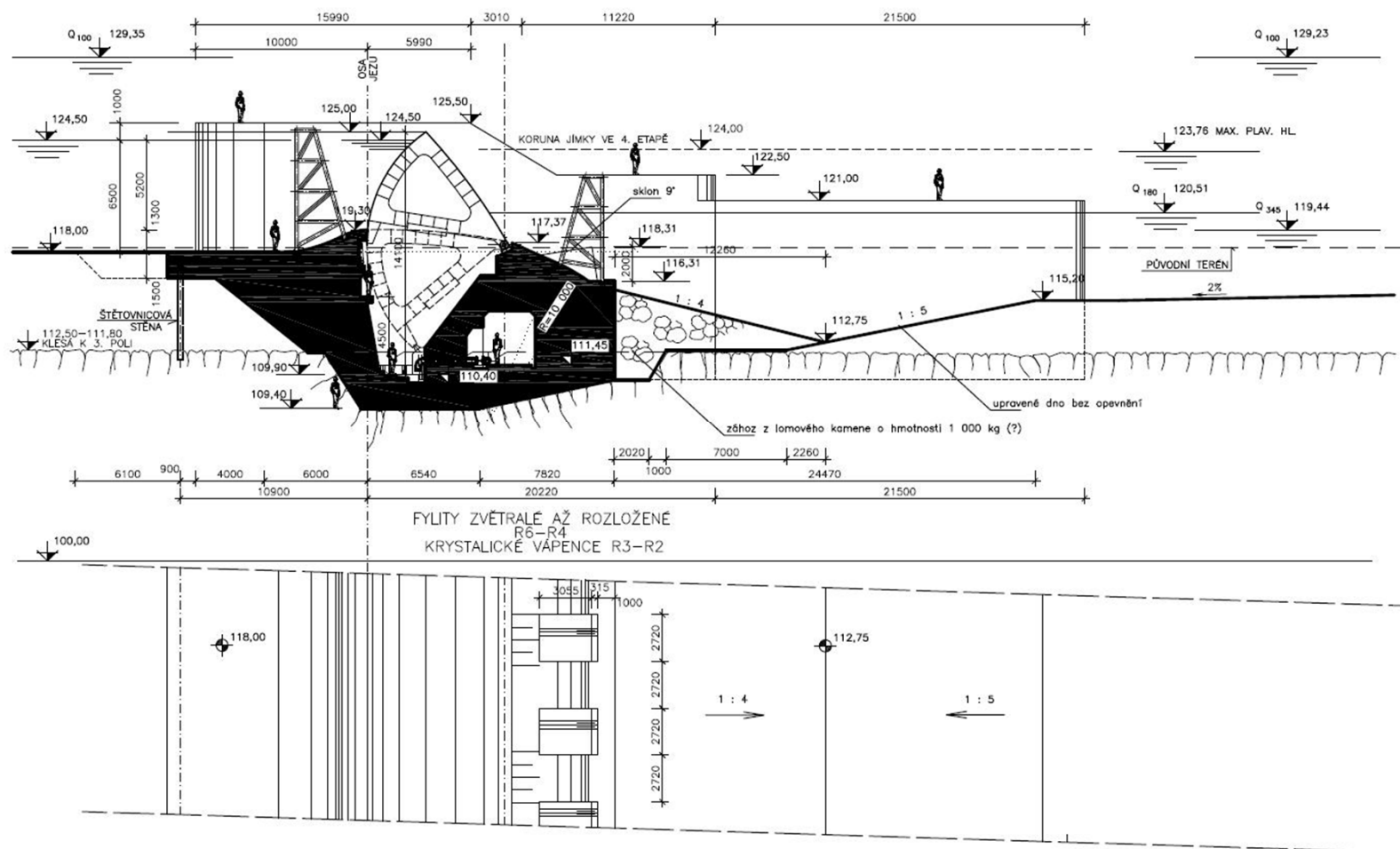
Transport ledů
při průtoku $Q = 248 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
jedním jezovým polem

Transport ledů
při průtoku $Q = 350 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
dvěma jezovými poli



VARIANTA 3

BEZVÝVAROVÉ ŘEŠENÍ S ROZRAŽEČI – HYDROPROJEKT CZ

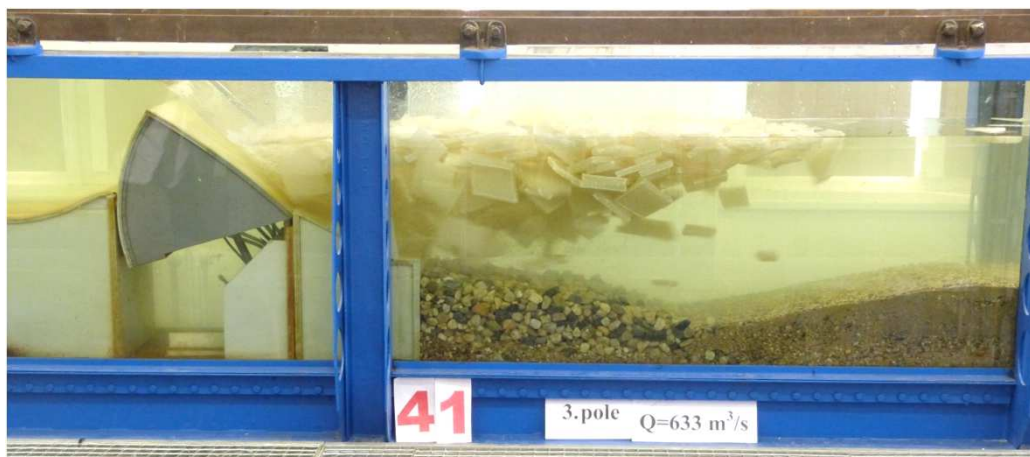


Plavební stupeň Děčín – optimalizace vývaru jezu

VÝSLEDKY VÝZKUMU NA VARIANTĚ 3

- při převádění průtoků nedocházelo ke vzniku výmolů. Došlo pouze k vymytí dnové dlažby na protisvahu z pohyblivého dna,
- těžký zához byl od průtoku $Q = 248 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ nestabilní. Doporučujeme zvětšit použitou frakci ze současných 0,5 m až na 1,0 m ve skutečnosti,
- při nesymetrické manipulaci jezových uzávěrů se dosáhlo při průtoku $Q = 1140 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ uvolnění ledového nápěchu za jezovým polem,
- podtlaky za přelivnou hranou nepřesahují 0,3 m v. sl.

PŘEVÁDĚNÍ LEDŮ



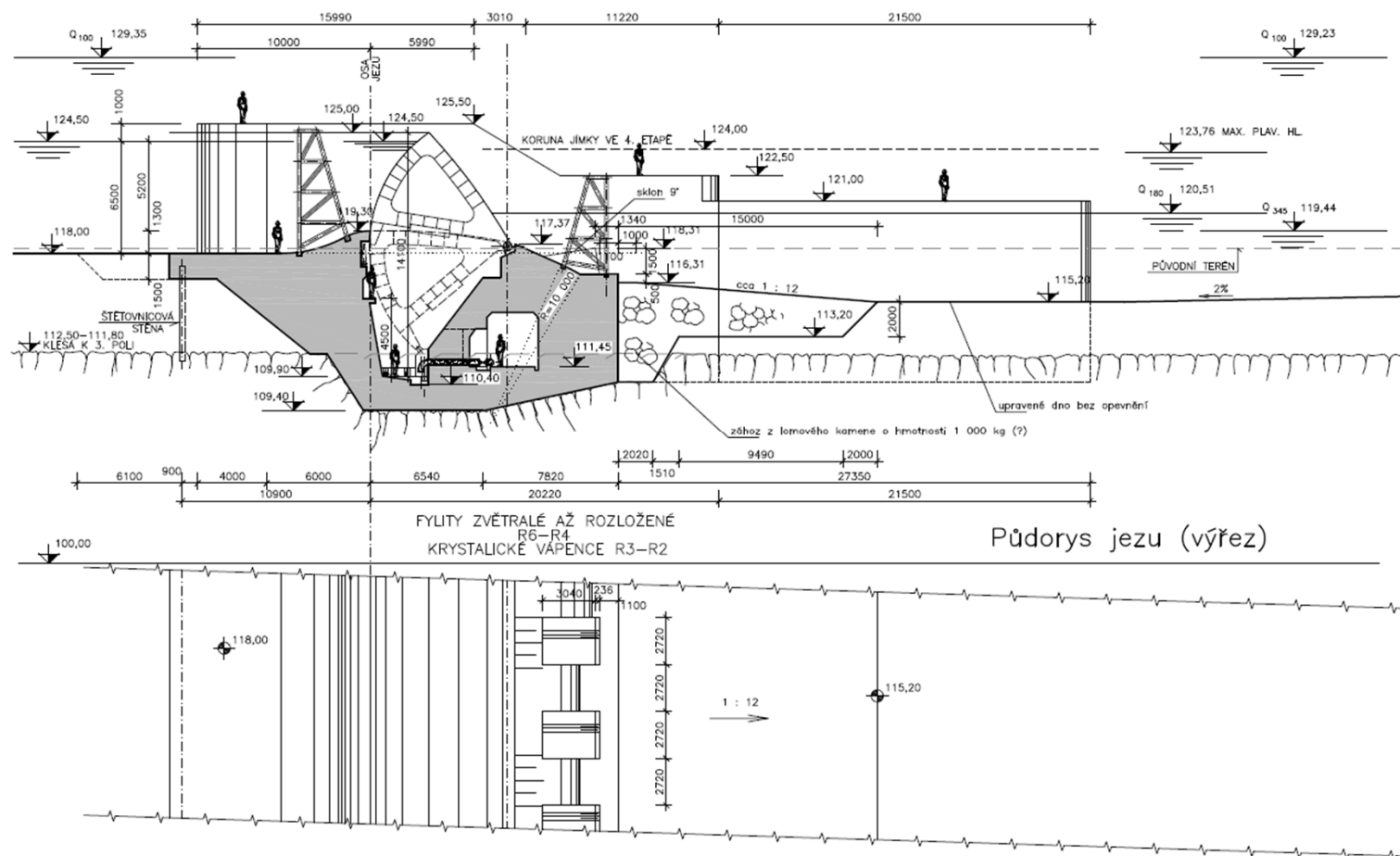
Transport ledů
při průtoku $Q = 633 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
všemi třemi jezovými poli

Transport ledů
při průtoku $Q = 1140 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
všemi třemi jezovými poli



VARIANTA 4

BEZVÝVAROVÉ ŘEŠENÍ S ROZRAŽEČI – HYDROPROJEKT CZ



Plavební stupeň Děčín – optimalizace vývaru jezu

PŘESTAVĚNÝ MODEL



Pohled proti vodě

Boční pohled



PROVEDENÉ VÝZKUMNÉ PRÁCE NA VAR. 4

- vyšetření způsobu převádění ledů přes jezové pole pro škálu šesti průtokových stavů v celém profilu $Q = 117 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, $169 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, $248 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, $350 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, $633 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, $1140 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
- vyšetření podtlaků na přelivné ploše pro výše uvedenou škálu šesti průtokových stavů
- vyšetření proudových poměrů ve vývaru pro výše uvedenou škálu šesti průtokových stavů
- vyšetření závislosti jednotkového průtoku přes jezové těleso se sklopenou hradicí konstrukcí na poloze dolní a horní hladiny a určení z toho plynoucího přepadového součinitele pro výpočet přepadu přes jezové těleso
- vyšetření závislosti jednotkového průtoku přes jezové těleso s hradicí konstrukcí udržující polohu hladiny horní hladiny na kótě 125,0 m n.m. na poloze dolní hladiny a určení z toho plynoucího přepadového součinitele pro výpočet přepadu přes jezové těleso,
- zpracování dílčí zprávy pro ŘVC ČR a Hydroprojekt CZ, a.s.

PŘEVÁDĚNÍ LEDŮ



Transport ledů
při průtoku $Q = 117 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
jedním jezovým polem

Transport ledů
při průtoku $Q = 169 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
jedním jezovým polem



PŘEVÁDĚNÍ LEDŮ



Transport ledů
při průtoku $Q = 248 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
jedním jezovým polem

Transport ledů
při průtoku $Q = 350 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
dvěma jezovými poli



PŘEVÁDĚNÍ LEDŮ



Transport ledů
při průtoku $Q = 633 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
všemi třemi jezovými poli

Transport ledů
při průtoku $Q = 1140 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
všemi třemi jezovými poli



PŘEVÁDĚNÍ LEDŮ



Transport ledů
při průtoku $Q = 633 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
dvěma jezovými poli

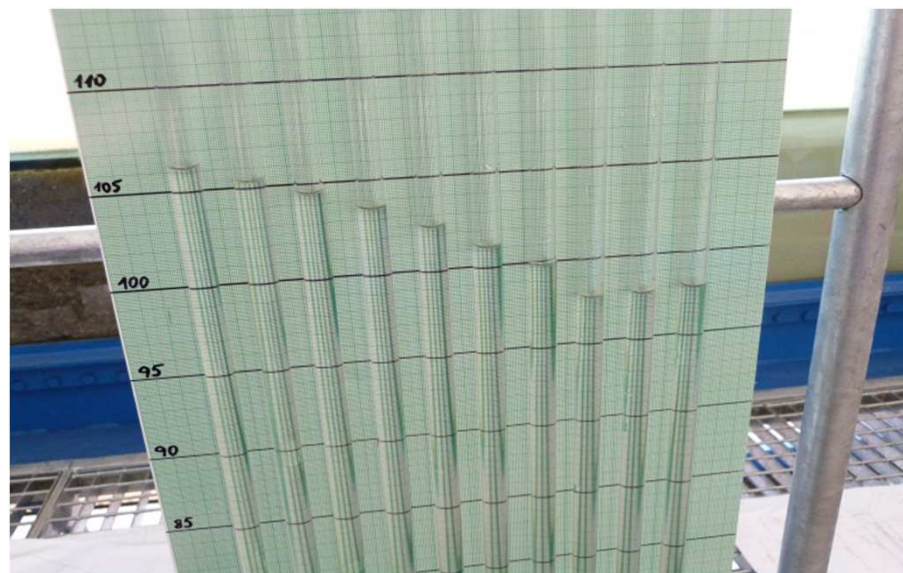


PŘEVÁDĚNÍ LEDŮ



PODTLAKY NA PŘELIVNÉ PLOŠE

- vyšetření podtlaků na přelivné ploše pro škálu šesti průtokových stavů v celém profilu $Q = 117 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, $169 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, $248 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, $350 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, $633 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, $1140 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
- na přelivné ploše docházelo ke vzniku podtlaků pouze kousek pod přelivnou hranou sektoru, které ovšem nepřesahovaly 0,3 m v.sl.



PROUDOVÉ POMĚRY



Proudové poměry
při průtoku $Q = 633 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
dvěma sklop. jezovými poli

Proudové poměry při průtoku
 $Q = 633 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ dvěma poli



Proudové poměry
při průtoku $Q = 633 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
všemi třemi jezovými poli



PROUDOVÉ POMĚRY



Proudové poměry
při průtoku $Q = 1140 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
dvěma sklop. jezovými poli

Proudové poměry při průtoku
 $Q = 1140 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ dvěma poli



Proudové poměry
při průtoku $Q = 1140 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
všemi třemi jezovými poli



PŘEPADOVÝ SOUČINITEL PŘI HZ = 125,0 m n.m.

Rovnice přepadu:

$$Q = \sigma_z \cdot m \cdot b_0 \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot h_0^{\frac{3}{2}}$$

Celkový průtok jezem [m ³ .s ⁻¹]	117	169	248	350	633	1140
Průtok výsekem (b ₀ = 10 m)	29,25 (1 p.)	42,25 (1 p.)	62,00 (1 p.)	43,75 (2 p.)	79,13 (2 p.)	142,50 (2 p.)
h [m]	1,23	1,58	2,05	1,64	2,40	3,91
v ₀ [m]	0,42	0,64	0,96	0,66	1,28	2,49
v ₀ ² /(2.g) [m]	0,01	0,02	0,05	0,02	0,08	0,32
h ₀ [m]	1,24	1,60	2,10	1,66	2,48	4,23
σ _z [-]	1,00	1,00	1,00	1,00	0,97	0,79
m [-]	0,479	0,471	0,461	0,461	0,470	0,470
Součinitel [-] σ_z · m	0,479	0,471	0,461	0,461	0,456	0,370

ZÁVĚREČNÉ SHRNUÍ VÝSLEDKŮ VÝZKUMU

- klasický vývar by sice zabezpečoval při běžném provozu účinné tlumení kinetické energie vodního proudu, avšak vyvolával problémy v zimním mrazovém období,
- bylo rozhodnuto zaměřit se na prověření tzv. bezvývarového řešení podjezí,
- ukázalo se jako nezbytné, umístit na konec přelivné plochy rozražeče, které rozbijí přepadající kry a zároveň zlepší proudové poměry pro jejich převádění dále do dolní vody,
- Jako nejvýhodnější ze všech zkoumaných variant se ukázala úprava podjezí plavebního stupně podle varianty 4, protože:
 - umožňuje bezproblémové převádění ledů při celé škále zkoušených průtoků – nedochází ke kupení ker v podjezí
 - těžký zához i pohyblivé dno zůstávají při všech zkoušených průtocích stabilní
 - hodnoty podtlaků na přelivné ploše nepřesahují 0,3 m v.sl.
 - má oproti klasickému vývaru investiční a provozní výhody

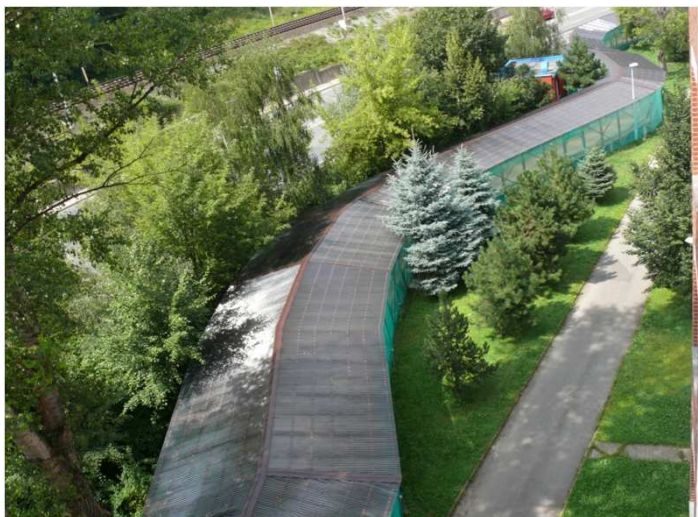
ZÁVĚREČNÉ DOPORUČENÍ

Vzhledem k tomu, že se navrhovaná úprava podjezí dost podstatně liší od původní úpravy pomocí rozměrného vývaru, domníváme se, že by bylo žádoucí toto nové řešení ověřit na stávajícím prostorovém hydraulickém modelu v měřítku 1:70, a to zejména při převádění povodňových průtoků až po povodeň Q_{kat} .

VENKOVNÍ MODEL 1:70

- v současném návrhu plavebního stupně Děčín podle varianty lb je řešen i úsek toku mezi profilem plavebního stupně v ř. km 737,12 a státní hranicí v ř. km 726,60
- v úseku mezi ř. km 736,73 a ř. km 733,61 se předpokládají regulační úpravy formou kombinace břehových koncentračních výhonů a prohrábky dna
- v úseku mezi ř. km 733,61 a ř. km 730,42 pak pouze dílčí rozšíření plavební dráhy při okrajích formou prohrábky dna
- ve zbývajícím úseku po státní hranici jsou již nyní dostatečné plavební hloubky, takže zde nejsou potřebné žádné úpravy
- navrhované řešení vyžaduje ověření hydraulické funkce na fyzikálním hydraulickém modelu, především požadovaných plavebních podmínek, ale i průchodu povodní a stability koryta řeky, jejich břehů a uvažovaných regulačních staveb

VENKOVNÍ MODEL 1:70



Plavební stupeň Děčín – optimalizace vývaru jezu



DĚKUJI ZA POZORNOST

VÝZKUMNÝ ÚSTAV
VODOHOSPODÁŘSKÝ
T.G. MASARYKA

Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i. | Podbabská 30/ 2582, 160 00 Praha 6 | +420 220 197 111
info@vuv.cz, www.vuv.cz, **Pobočka Brno** | Mojmírovo náměstí 16, 612 00 Brno-Královo Pole | +420 541 126 311
info_brno@vuv.cz, **Pobočka Ostrava** | Macharova 5, 702 00 Ostrava | +420 595 134 800 | info_ostrava@vuv.cz