



Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka,
veřejná výzkumná instituce



projekt ISPROFONDU 5006210046

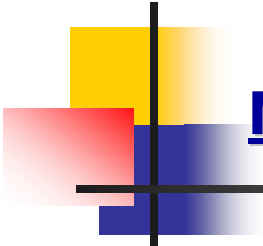
OCHRANA MOSTNÍCH OBJEKTŮ PROTI JEJICH DESTRUKCI VLIVEM POVODŇOVÝCH UDÁLOSTÍ

Ing. Petr Bouška, Ph.D.

Ing. Pavel Balvín

Prof. Ing. Pavel Gabriel, DrSc.

Doc. Ing. Aleš Havlík, CSc.



MOTIVACE VÝZKUMU

- povodně způsobují značné škody na mostních objektech
- škody přímé (mostní konstrukce a komunikace)
- škody nepřímé (omezení dopravní infrastruktury)
- povodeň 2002 → destrukce a poškození > 800 mostů
→ škody překročily hranici 8 miliard Kč
- v přírodních podmínkách ČR je nutné reálně počítat s neočekávaným výskytem lokálních i rozsáhlých povodní na všech tocích
- problematika ochrany mostů je vysoce aktuální ⇒ systematický výzkum = výzkum na hydraulickém, aerodynamickém a matematickém modelu

CHARAKTERISTIKA A CÍLE VÝZKUMU

- analýza příčin havárií mostů
- návržení účinných opatření na ochranu mostních konstrukcí proti ničivým účinkům povodní.
- vypracování metodiky navrhování účinných opatření, která zamezí destrukci mostních konstrukcí i při výskytu extrémních povodní (formou **Technických podmínek** Ministerstva dopravy ČR)
- metodika - podklad pro navrhování a rekonstrukci mostních objektů ohrožených povodněmi
- výsledný efekt - bezpečnější řešení mostů minimalizující u důležitých komunikací ničivé účinky povodní na přijatelnou úroveň ⇒ snížení škod

HLAVNÍ PŘÍČINY DESTRUKCE ČI POŠKOZENÍ MOSTŮ

- nedostatečná průtočnost vody mostním profilem
- nerespektování základních hydraulických zákonů a podceňování dynamických účinků proudící vody za povodně
- nedostatečná údržba záplavového území v úsecích nad mosty



**Zřícený inundační most v Moravičanech na
řece Moravě za povodně v roce 1997**



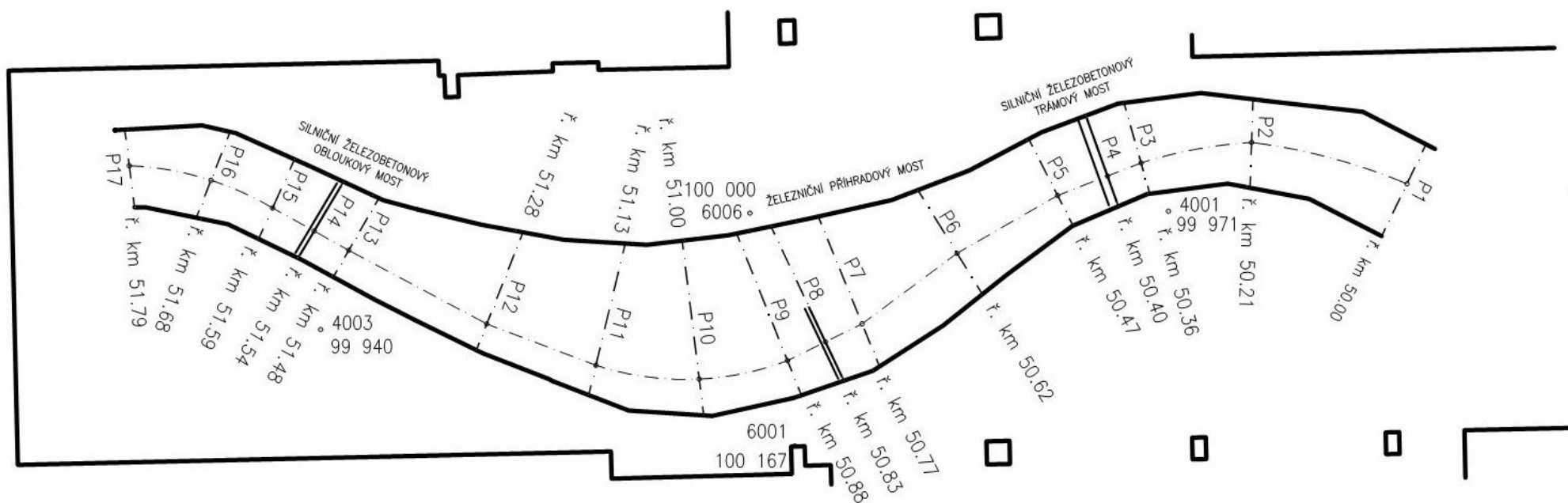
Most v km 92,922 tratě Protivín - Zdice

VÝZKUMNÉ PRÁCE NA MODELECH

- výstavba hydraulického modelu říční tratě se třemi typy mostních objektů v měřítku 1 : 35 ⇒ simulace povodňových průtoků a povodňových vln,
 - ⇒ výzkum negativních účinků proudění (podemílání základů podpěr, ucpání plovoucími předměty)
 - ⇒ výzkum opatření, kterými lze tyto negativní účinky eliminovat
- výstavba aerodynamického modelu – říční koryto s klenbovým mostem o jednom poli ⇒ výzkum proudových poměrů při postupném snižování průtočnosti mostního otvoru plovoucími předměty
 - ⇒ výpočet hloubky výmolů dle různých autorů
- sestavení 1D a 2D matematického modelu
 - ⇒ výběr konkrétní lokality
 - ⇒ výpočet kapacity koryta a mostních objektů pro návrhový průtok a kontrolní návrhový průtok, proudové poměry
 - ⇒ vliv částečného ucpání mostních objektů na proudové a odtokové poměry v dané lokalitě

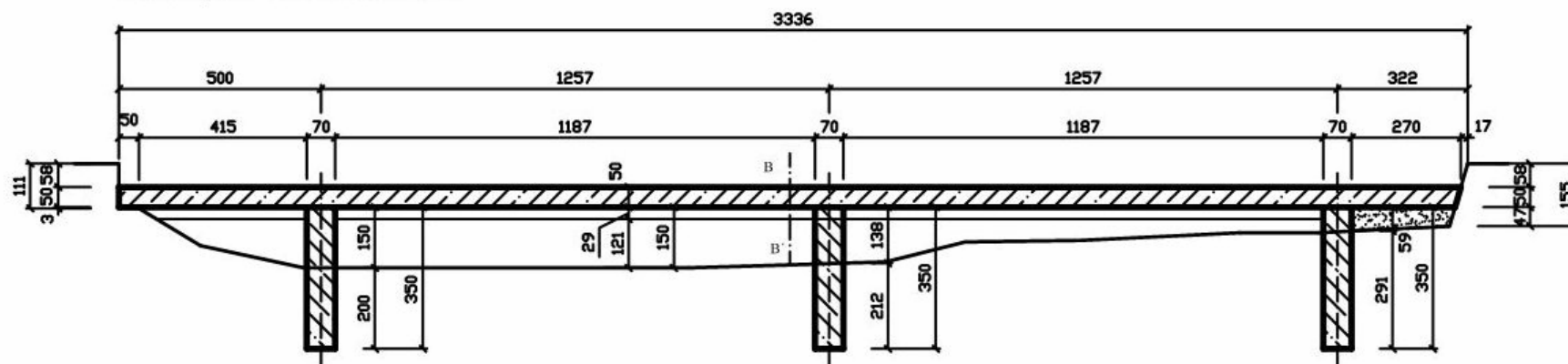
VÝZKUM NA HYDRAULICKÉM MODELU – přípravné práce

- situativní a výškové zaměření modelu, instalace klapky pro nastavování hladin na konci modelu, výroba a osazení modelů mostů, výroba modelů plovoucích předmětů, výroba bářek na jejich zachytávání, nákup materiálu na opevnění apod.

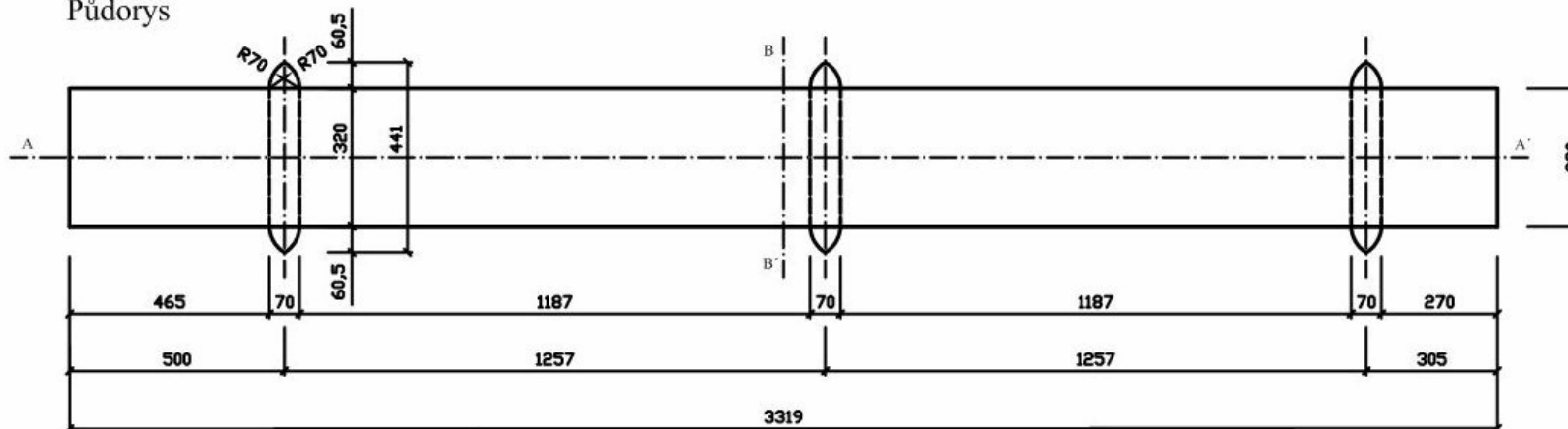


Silniční trémový most – výkres modelu

Podélný řez osou mostu A-A'

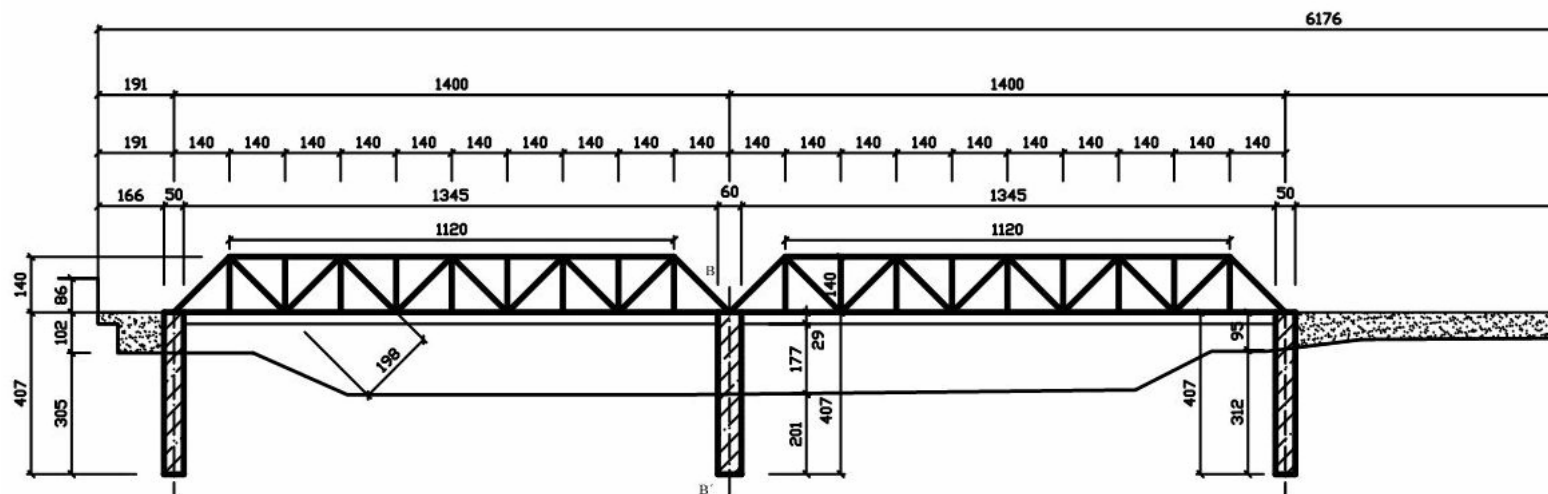


Půdorys

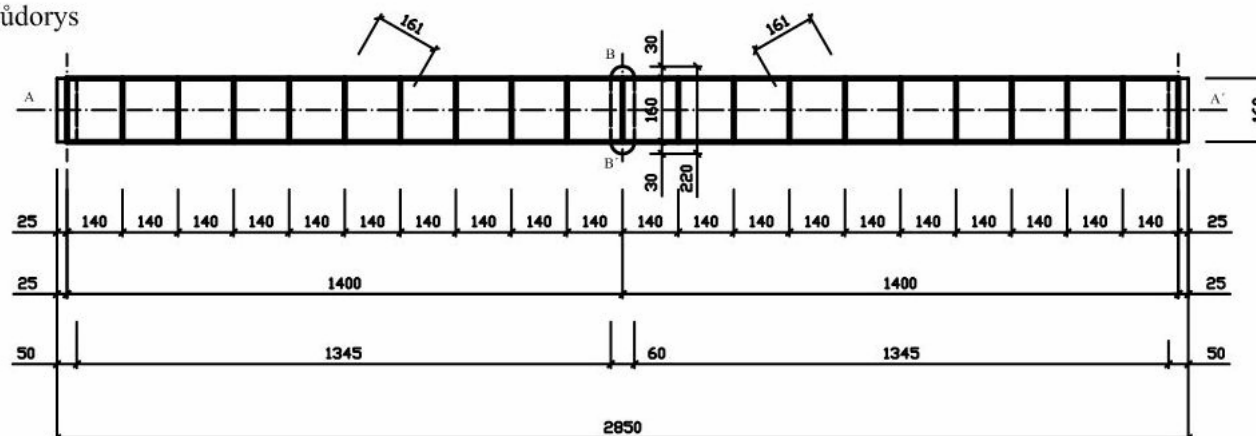


Železniční příhradový most – výkres modelu

Podélný řez osou mostu A-A'

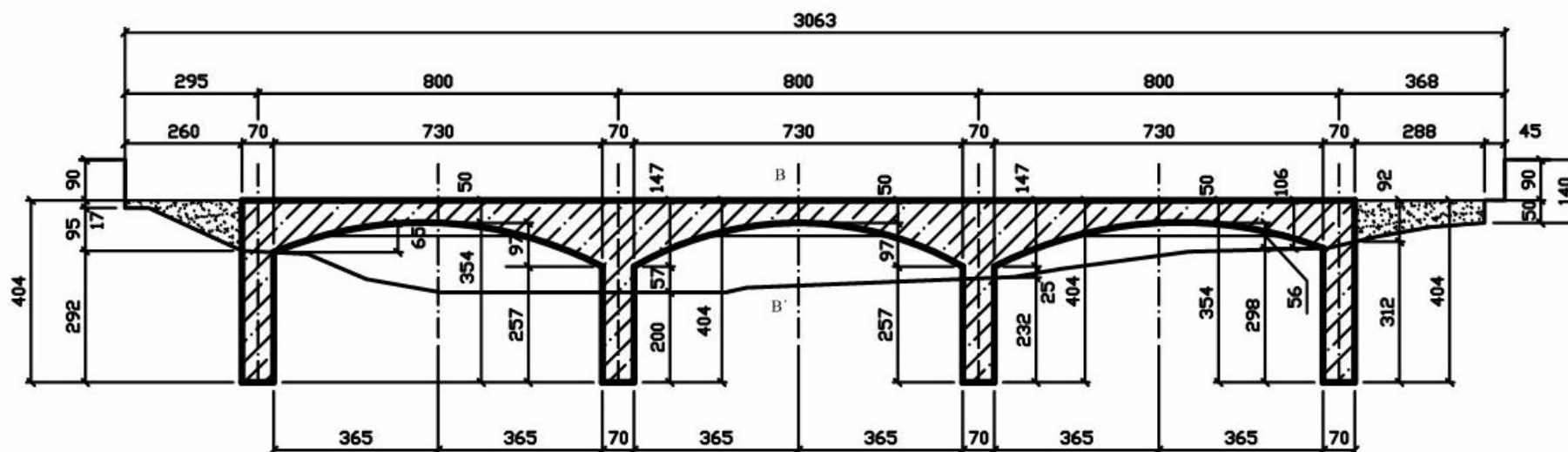


Půdorys

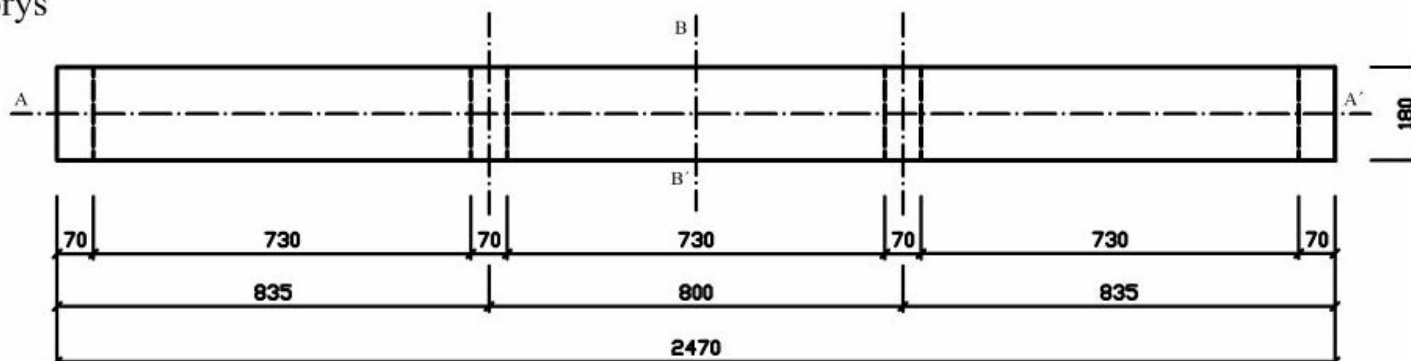


Silniční klenbový most – výkres modelu

Podélný řez osou mostu A-A'



Pudorys

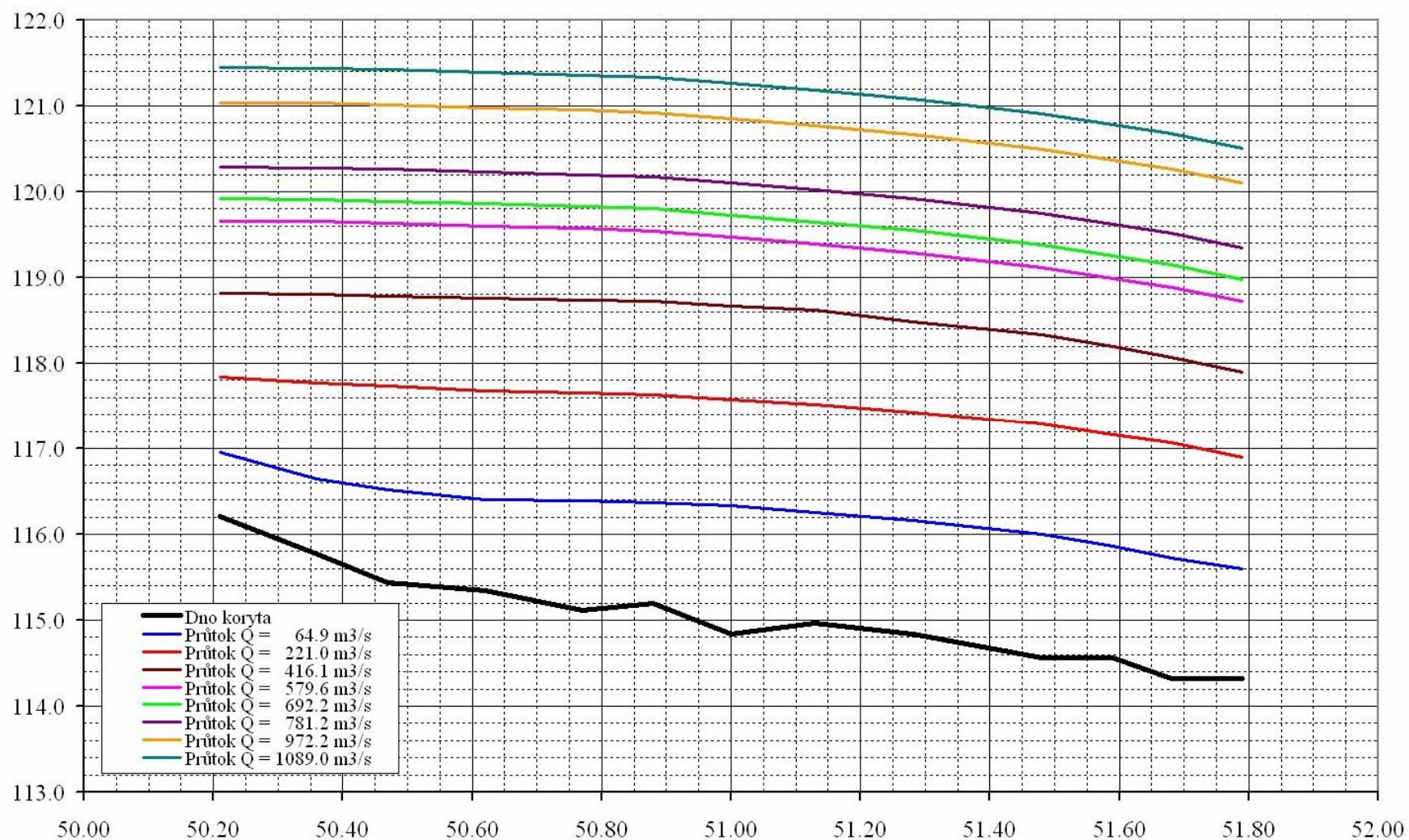


VÝZKUM NA HYDRAULICKÉM MODELU – verifikační pokusy

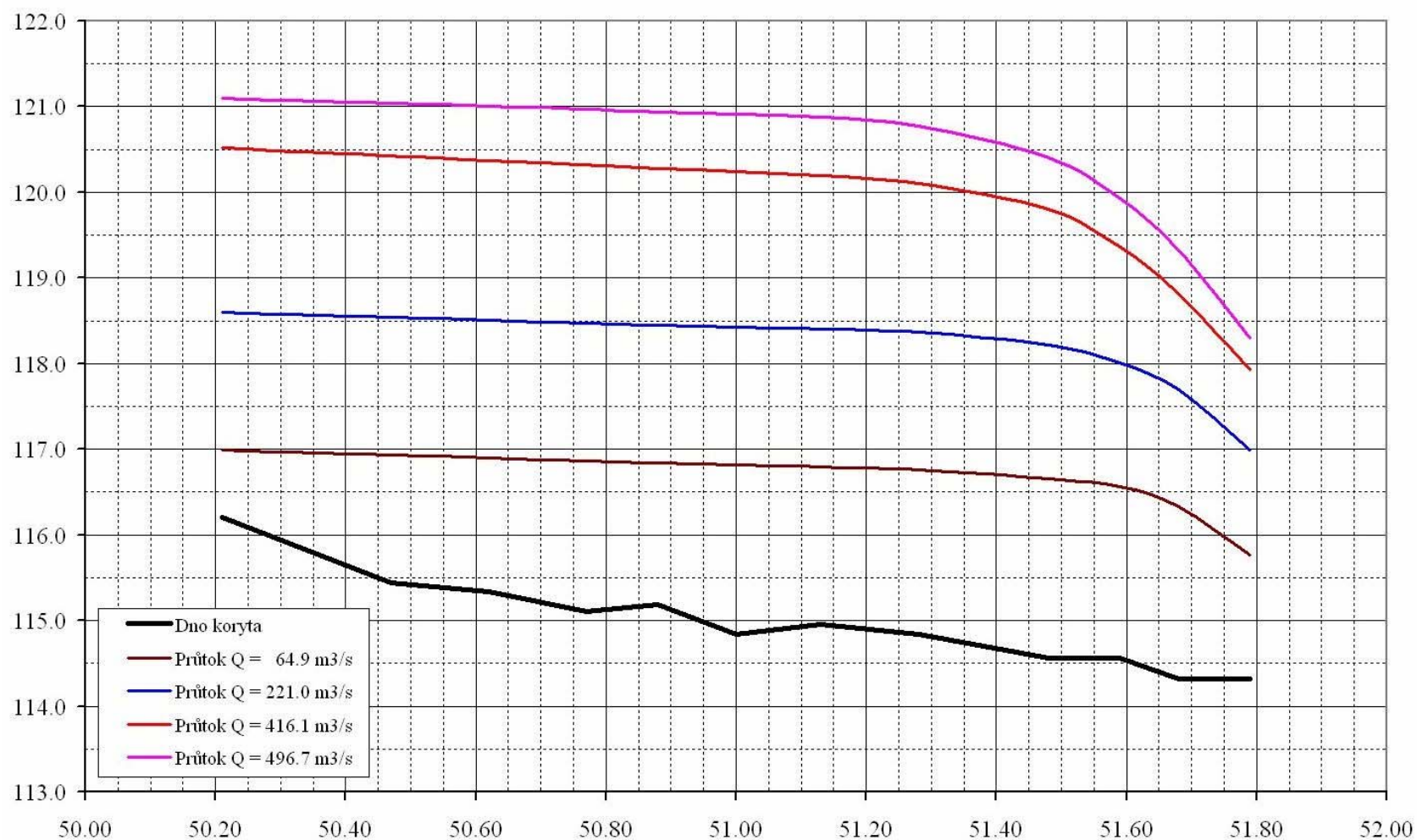
- realizace série pokusů s řadou průtoků od $Q_M = 3.0$ až 150 l.s^{-1} (tj. $Q_S = 19.4$ až $1090 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$)
- při každém průtoku – průběh hladiny na modelu, snaha o dosažení vzájemně rovnoběžných hladin různých průtoků (nastavení dolní vody, úprava zdrsnění pevných částí modelu)



Průběhy hladin – průtočná všechna mostní pole



Průběhy hladin – průtočné pouze jedno mostní pole

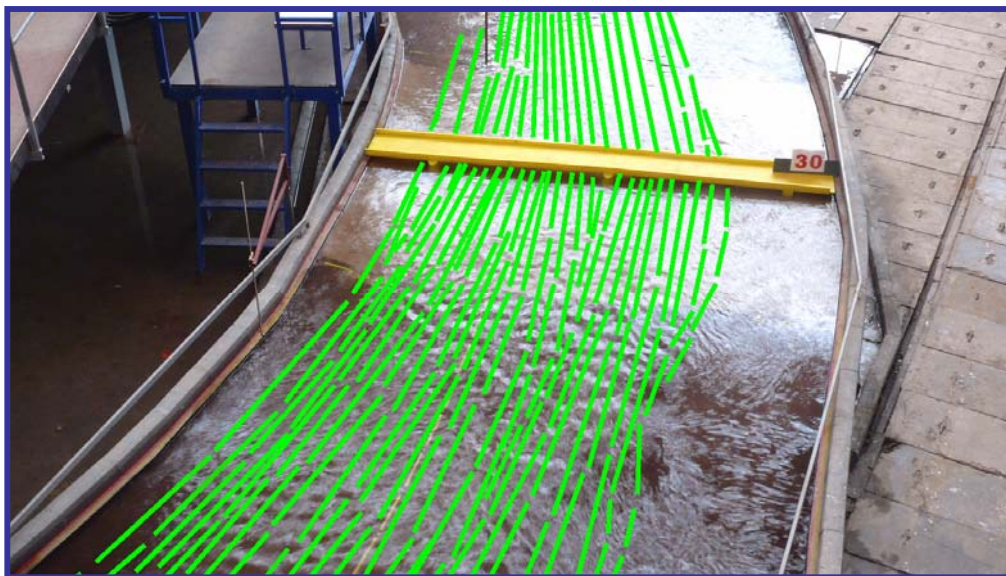


Střední profilové rychlosti proudění vody

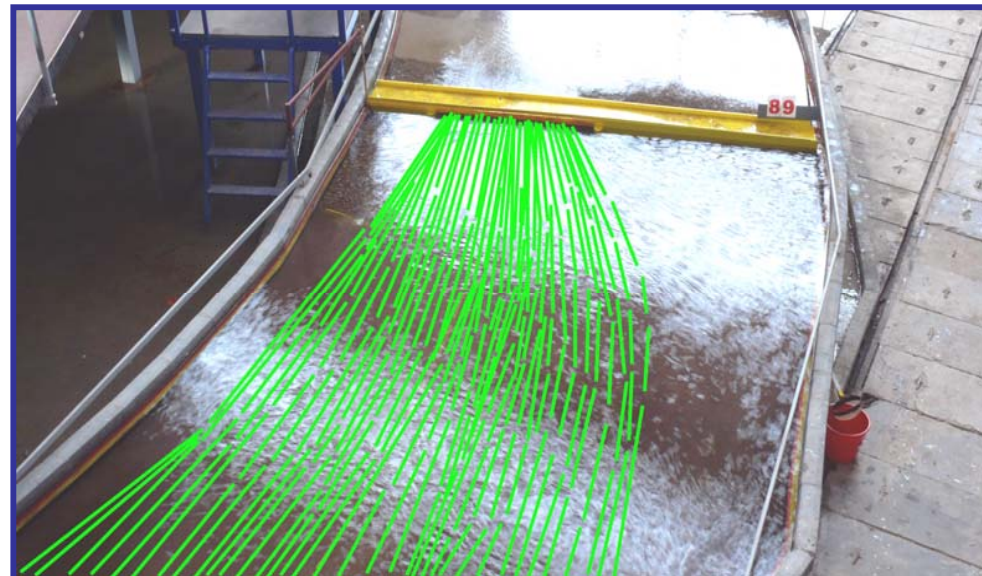
Průtok	Průměrná rychlost v profilu (průtočná všechna mostní pole)			
	před silničním trámovým mostem PF 3	před železničním příhradovým mostem PF 7	před silničním klenbovým mostem PF 13	na konci modelu (zkoumaného úseku) PF 17
$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$	$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$	$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$	$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
64.90	1.53	1.75	0.80	1.36
221.00	1.94	1.70	1.44	1.90
416.10	2.18	1.95	1.74	2.23
579.60	2.27	2.15	1.92	2.41
692.20	2.27	2.22	2.01	2.49
781.20	2.26	2.22	2.06	2.52
972.20	2.26	2.17	2.14	2.56
1089.00	2.26	2.12	2.15	2.58

Průtok	Průměrná rychlost v profilu – jedno pole			
	před silničním trámovým mostem PF 3	před železničním příhradovým mostem PF 7	před silničním obloukovým mostem PF 13	na konci modelu (zkoumaného úseku) PF 17
$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$	$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$	$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$	$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
64.90	1.05	0.50	0.79	1.16
221.00	1.25	0.85	1.14	1.81
416.10	1.13	0.88	1.23	2.23
496.70	1.12	0.86	1.25	2.30

Proudové poměry – silniční trémový most

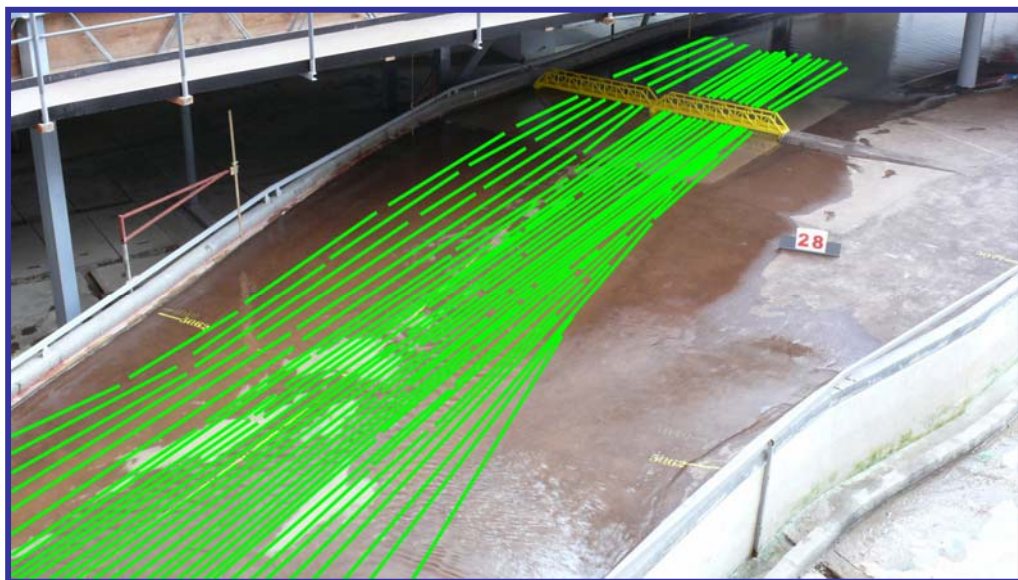


všechna mostní pole - $Q = 692 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

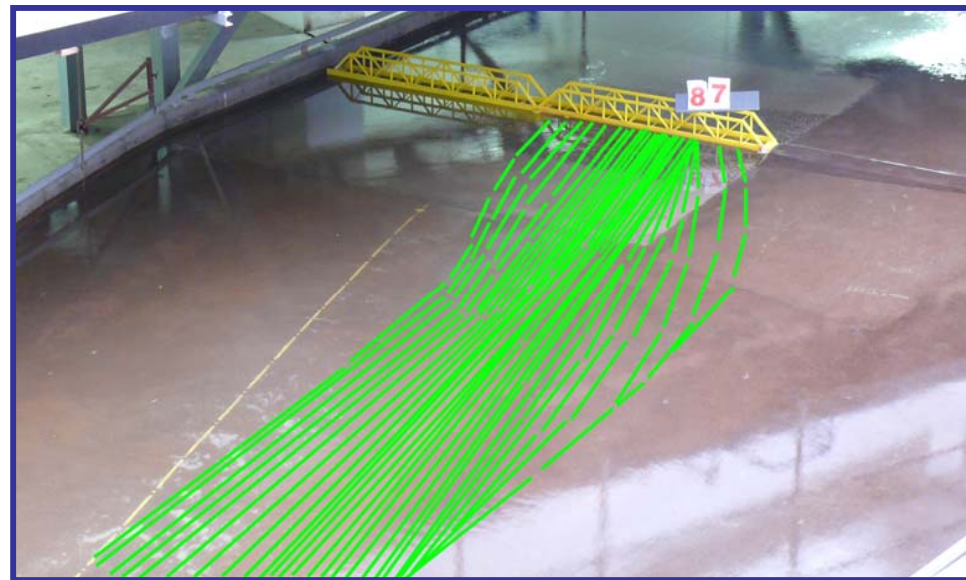


jedno mostní pole - $Q = 497 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

Proudové poměry – železniční příhradový most

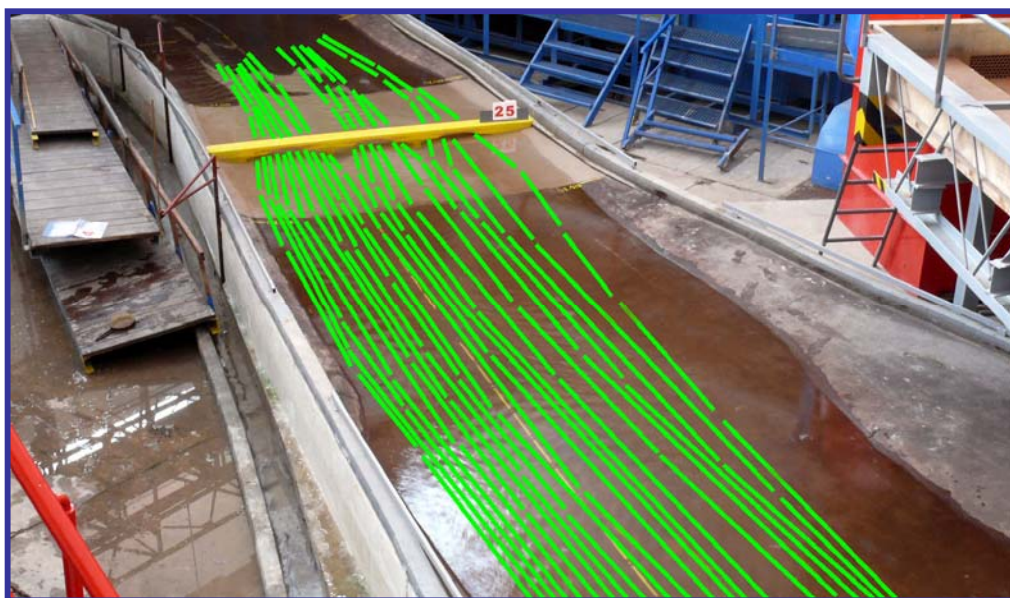


všechna mostní pole - $Q = 692 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

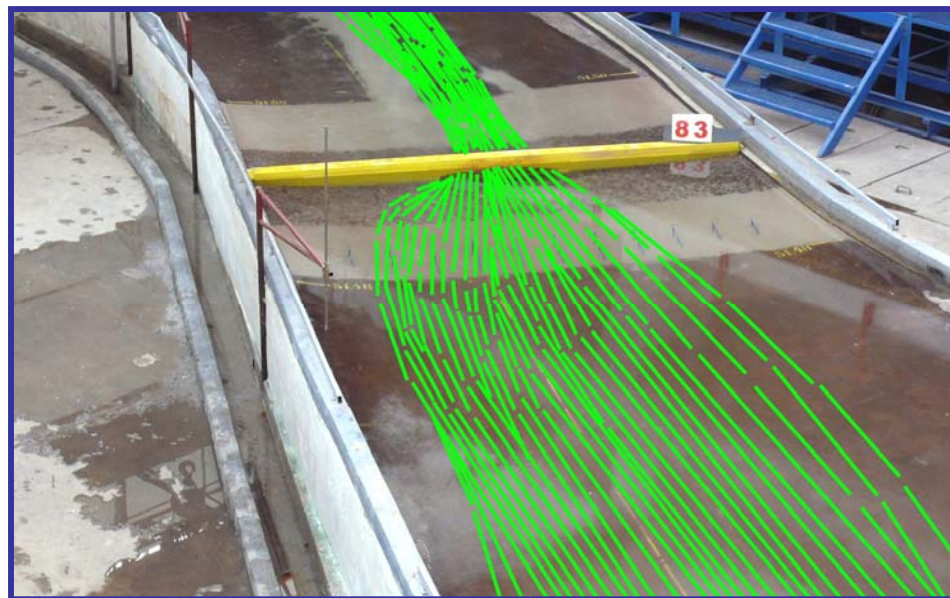


jedno mostní pole - $Q = 497 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

Proudové poměry – silniční klenbový most



všechna mostní pole - $Q = 692 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$



jedno mostní pole - $Q = 497 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

VÝZKUM VÝMOLŮ V OKOLÍ MOSTNÍCH PODPĚR 1

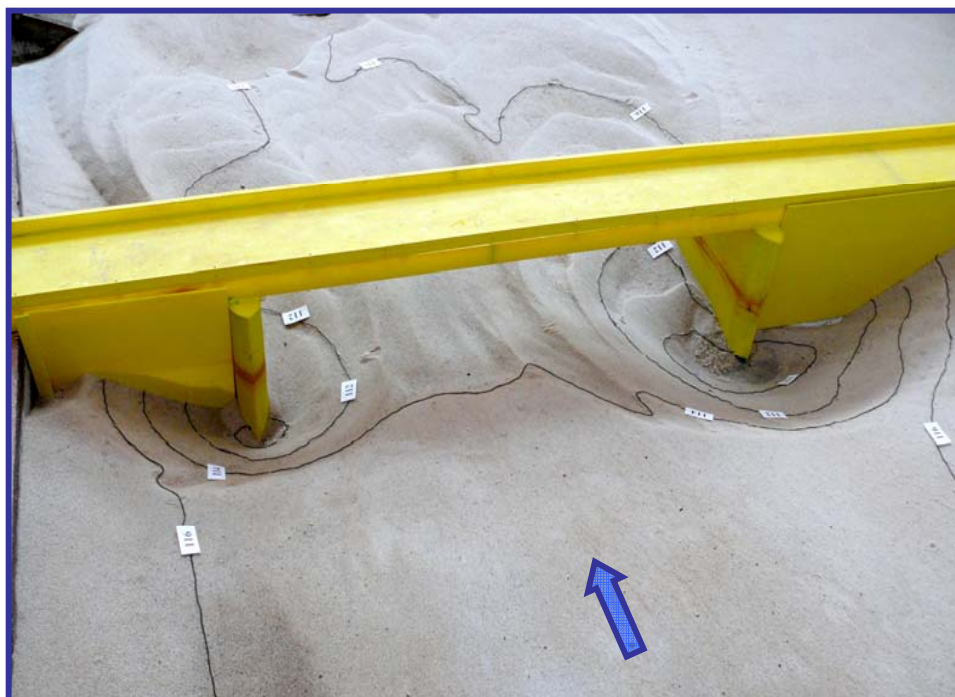
- deformace koryta toku v okolí všech tří mostních objektů účinkem působení ustálených průtoků Q $\Rightarrow Q_{20} = 80.0 \text{ l.s}^{-1}$ (tj. $580 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$) a $Q_{50} = 95.5 \text{ l.s}^{-1}$ (tj. $690 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$)
- v průběhu pokusu $\Rightarrow$ vývoj výmolů v okolí mostních objektů (pozorování, fotodokumentace)
- po odeznění povodňového $Q \Rightarrow$ zhodnocení stupně nebezpečí ohrožení mostů
- kontrolní zaměřování hladin na začátku a na konci procesu vymílání
- celkem zkoumáno 7 základních variant
 - plná průtočnost + pohyblivé dno
 - jedno pole + pohyblivé dno
 - plná průtočnost + zpevněné dno kamennou drtí po celé šířce koryta (16 – 32 mm)
 - jedno pole + zpevněné dno kamennou drtí po celé šířce koryta (16 – 32 mm)
 - plná průtočnost + opevnění dna okolo pilířů (16 – 32 mm)
 - **plná průtočnost + opevnění dna okolo pilířů (8 – 16 mm)**
 - plná průtočnost + zpevněné dno betonovou dlažbou

VÝZKUM VÝMOLŮ V OKOLÍ MOSTNÍCH PODPĚŘ 1



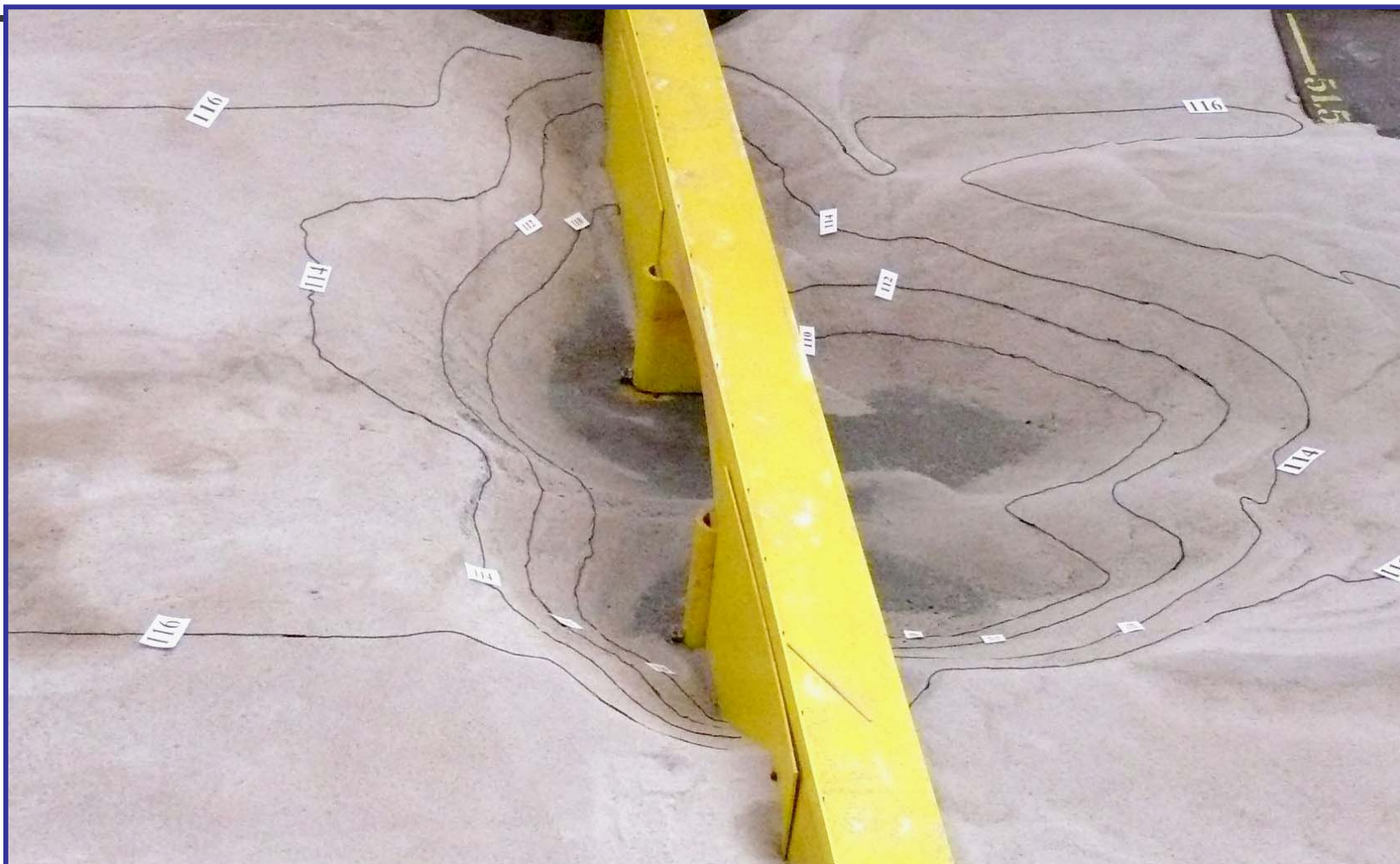
průtočná všechna pole, bez opevnění

VÝZKUM VÝMOLŮ V OKOLÍ MOSTNÍCH PODPĚŘ 1



jedno mostní pole, bez opevnění

VÝZKUM VÝMOLŮ V OKOLÍ MOSTNÍCH PODPĚŘ 1



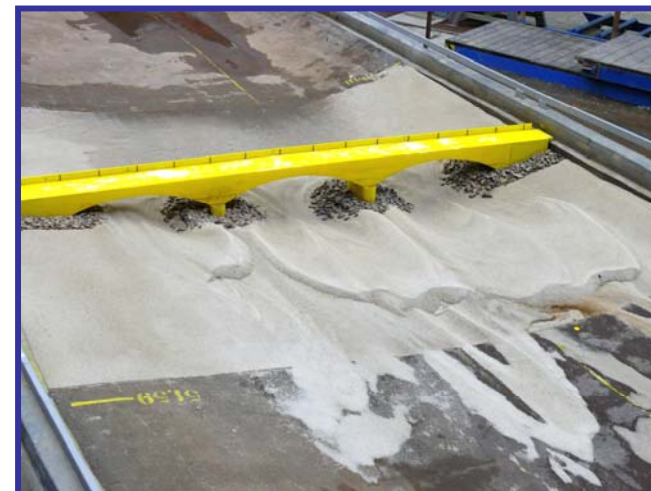
jedno mostní pole, bez opevnění

VÝZKUM VÝMOLŮ V OKOLÍ MOSTNÍCH PODPĚR 1



masivní opevnění kamennou drtí frakce 16 – 32 mm (tj. 0.56 až 1.12 m ve skutečnosti)

VÝZKUM VÝMOLŮ V OKOLÍ MOSTNÍCH PODPĚŘ 1



opevnění mostních podpěr kamenným záhozem frakce 16 – 32 mm (tj. 0.56 až 1.12 m ve skutečnosti)

VÝZKUM VÝMOLŮ V OKOLÍ MOSTNÍCH PODPĚR 2

- pro opevnění kamenným záhozem frakce 8 – 16 mm další pokusy
- přelévání mostovek všech tří mostů za průtoku min. $Q_{100} = 107.8 \text{ l.s}^{-1}$ (tj. $780 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$) $\Rightarrow$ průběh hladin a vývoj výmolů
- po sérii pokusů průtok nastaven až na $Q_{\text{kat}} = 232.2 \text{ l.s}^{-1}$ (tj. $1680 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$)
- větší tvorba výmolů (zejména klenbový most)
- klenbový most - částečné sesunutí záhozů do vytvořených prohlubní $\Rightarrow$ nicméně stabilita mostních opěr nebyla narušena
- trámový a příhradový most – záhozy nebyly znatelně narušeny
- doporučení: v případě hrozby výskytu katastrofální povodně, při níž by mohlo dojít k přelévání mostovky, je třeba navrhovat jednoduše a rychle odstranitelná zábradlí











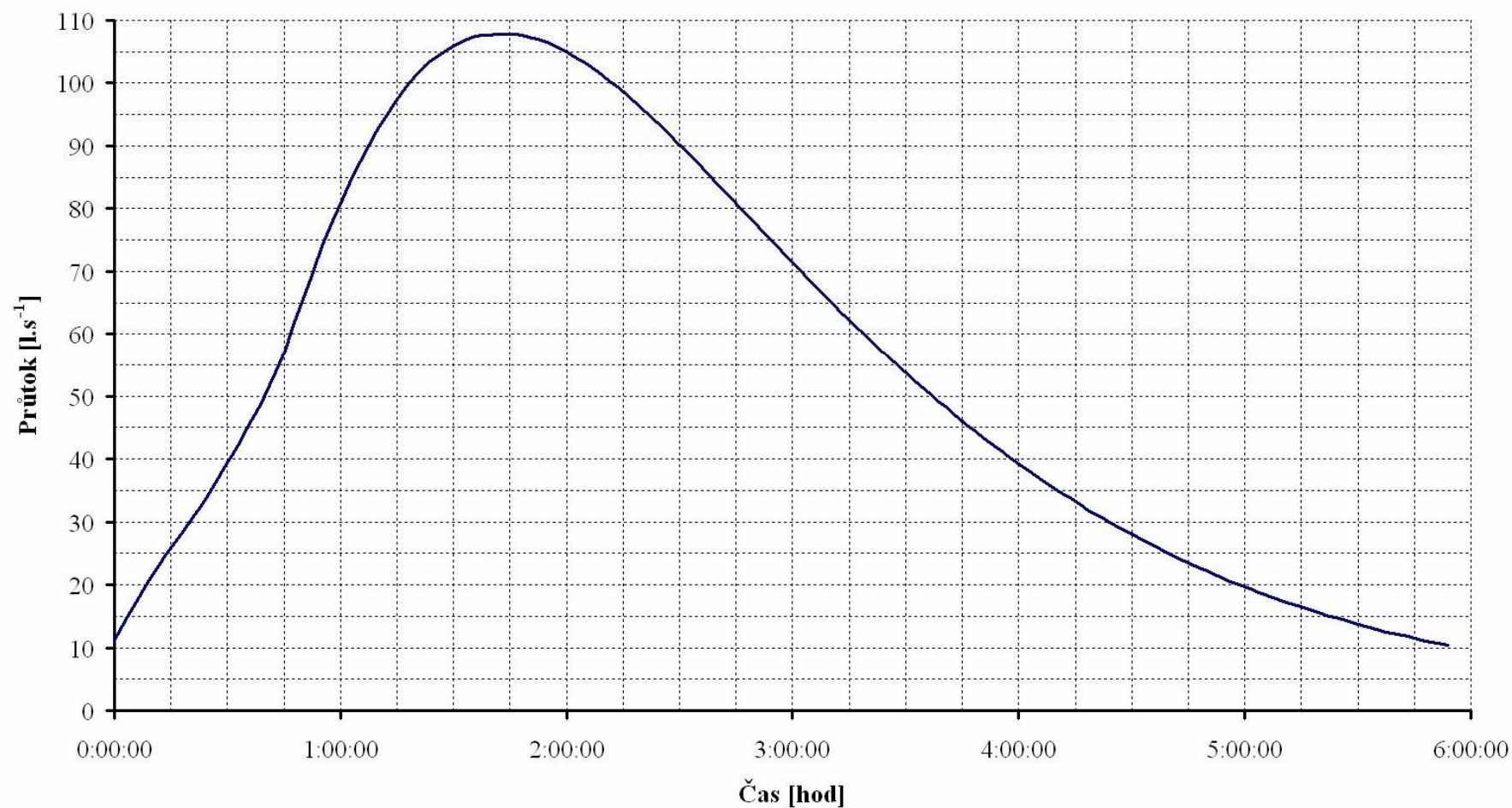


VÝZKUM VÝMOLŮ V OKOLÍ MOSTNÍCH PODPĚR 3

- pro opevnění kamenným záhozem frakce 8 – 16 mm
- převádění povodně s kulminačním průtokem $Q_{100} = 780 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
- účel – ověření postupného vývoje tvorby a přetváření výmolů v lokalitách mostních objektů v průběhu vzestupné a sestupné větve povodňové vlny
- simulována typová povodeň zkonstruovaná na základě zprůměrování řady předcházejících velkých povodní na Labi podle ČHMÚ
- časové měřítko přizpůsobeno reálným možnostem uskutečnění experimentu v průběhu jednoho pracovního dne (doba trvání pokusu 6 až 8 hodin)
- vzestupná větev = vývoj deformací pohyblivého dna shodný s předcházejícími experimenty (záhozy zůstaly stabilní, výmoly omezeného rozsahu se vytvářely ve středních pásech pod mosty a v krátkých úsecích za nimi)
- sestupná větev = nedocházelo k dalšímu prohlubování výmolů, ale spíše k jejich mírnému opětovnému zanášení (potvrzení poznatků z dřívějších výzkumů)

VÝZKUM VÝMOLŮ V OKOLÍ MOSTNÍCH PODPĚR 3

Povodňová vlna Q_{100} - kulminační průtok $Q = 107.8 \text{ l.s}^{-1}$ - model









UCPÁNÍ MOSTNÍCH OTVORŮ PLOVUCÍMI PŘEDMĚTY

- působení ustáleného průtoku $\Rightarrow Q_{50} = 95.5 \text{ l.s}^{-1}$ (tj. $690 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$)
- vhazování plovoucích předmětů z dostatečné vzdálenosti před každým mostním objektem (cca 350 až 420 m)
- vhazování ve zcela nahodilém pořadí
- došlo k ucpání všech tří mostů $\Rightarrow$ vzduť hladiny nad mostem (až 50 mm na modelu, tj. cca 1.8 m ve skutečnosti)
- došlo k výrazně větší tvorbě výmolů než při pokusech bez plovoucích předmětů
- v reálu lze usuzovat, že za určitých okolností může dojít až k přelití mostovky a rozsáhlé záplavě nad mostním objektem
- při zřícení mostu (katastrofický scénář) dojde k vytvoření superponované průlomové vlny v úseku pod ním
- doporučení: při návrhu uvažovat s co možná největší světlou výškou nad výchozí návrhovou hladinu (zejména v místech s hustou obytnou a průmyslovou zástavbou)

UCPÁNÍ MOSTNÍCH OTVORŮ PLOVUCÍMI PŘEDMĚTY

Č.	Objekt	Rozměry	Počet kusů
1	Vyvrácené stromy	v. 10 až 20 m	100
2	Vyvrácené keře	v. 2 až 3 m	100
3	Skládka řeziva	15 x 0,2 x 0,05 m	50
4	Skládka dřevěných prachů	2 x 0,2 x 0,2 m	50
5	Dřevěné ploty	5 x 1,5 m	20
6	Dřevěné chatky v zahrádkách	4 x 3 x 2 m	20
7	Dřevěné boudy a kůlny	3 x 3 x 2 m	20
8	Dřevěné domky	10 x 3 x 2 m	10
9	Provizorní stavební buňky	8 x 3 x 2 m	10
10	Dřevěné pramice	3 x 1,5 m	10
11	Hausbóty a sportovní lodě (nezabezpečené)	různé	15
12	Přístavní můstky pro sportovní lodě	10 x 4 m	10
13	Plovoucí mola určená pro koupající	5 x 3 m	5
14	Dřevěné šatny koupališť	20 x 4 x 2 m	5
15	Různorodé splávy menších rozměrů		100

výběr předpokládané skladby plovoucích předmětů (jejich velikost, počet, hmotnost)

UCPÁNÍ MOSTNÍCH OTVORŮ PLOVOUCÍMI PŘEDMĚTY



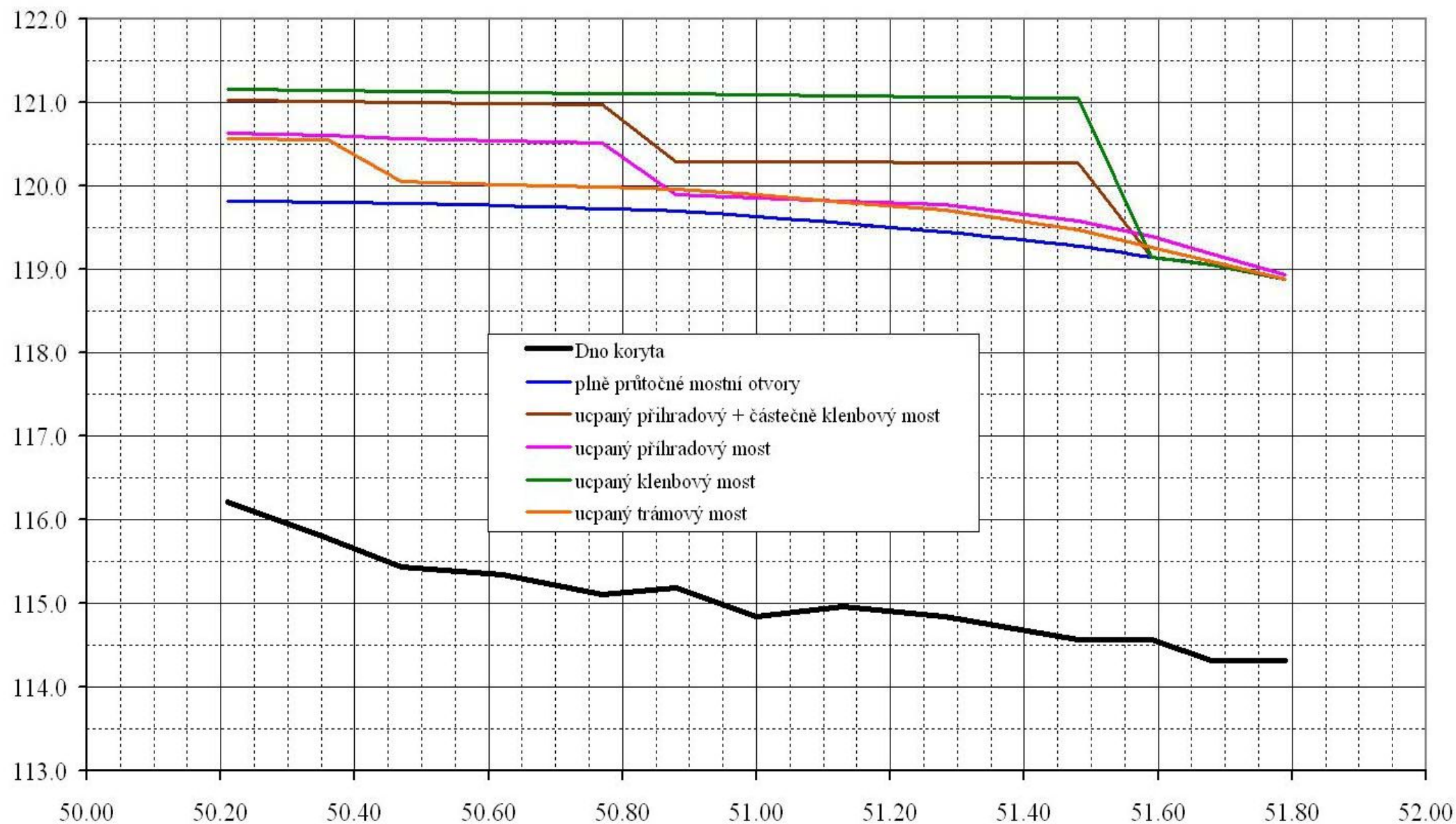
znázornění stromů - rostliny *Kochia trichophylla* a *Thuja occidentalis*







**PRŮBĚHY HLADIN (skutečnost) V ZÁVISLOSTI NA PRŮTOČNOSTI
MOSTNÍCH OTVORŮ - $Q = 690 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, bez bárek**



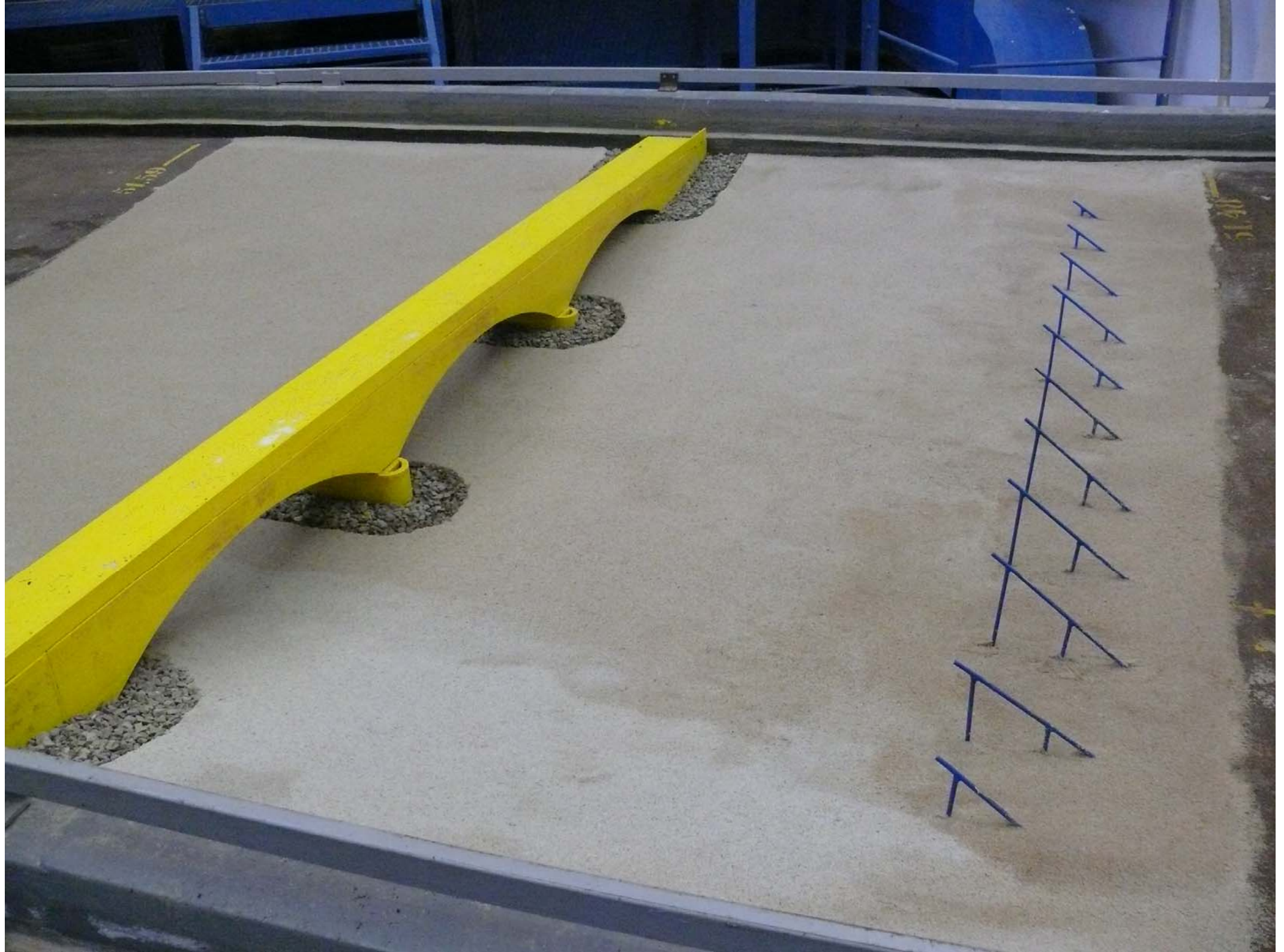




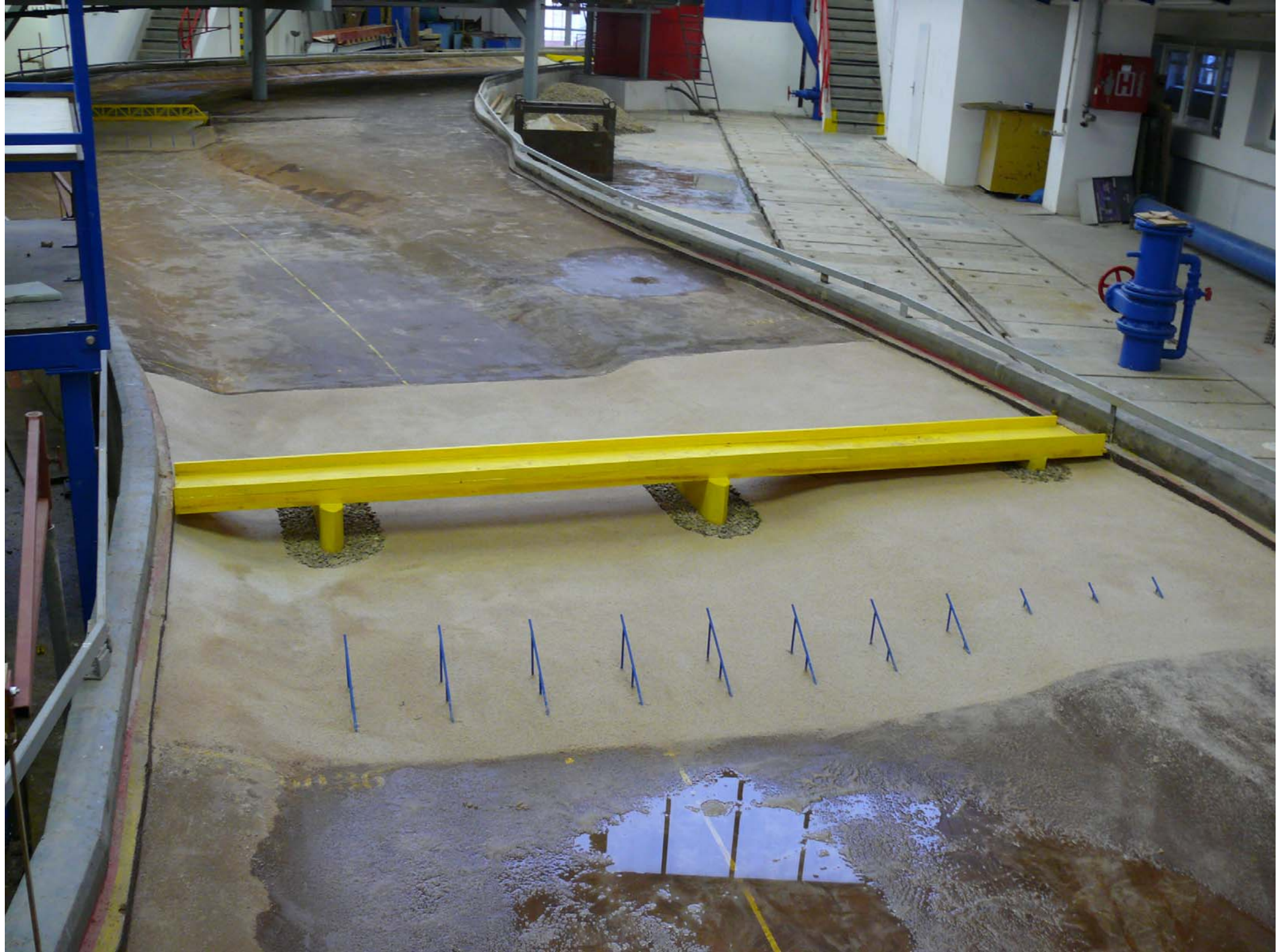


OCHRANA PROTI UCPÁNÍ MOSTNÍCH OTVORŮ POMOCÍ ŘADY PŘEDSUNUTÝCH BÁREK

- působení ustáleného průtoku $\Rightarrow Q_{50} = 95.5 \text{ l.s}^{-1}$ (tj. $690 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$)
- na modelu byla před každý ze tří mostů instalována řada ochranných bárek se šikmou návodní hranou
- výškově osazeny ode dna až do výše 0.5 m nad úroveň návrhové hladiny
- vzdálenost jednotlivých bárek byla 8.0 m
- výsledek: prakticky všechny plovoucí předměty se zachytily na bárkách, mostní otvory zůstaly volné $\Rightarrow$ výrazně nižší vzduť hladiny (max. 0.75 m)
- pod plovoucími předměty na bárkách zůstal zachován průtočný profil
- nicméně se z okolí bárek tvořily významné výmoly propagující se směrem k mostním objektům
- opatření: $\Rightarrow$ systém bárek situovat do dostatečné vzdálenosti před mostní objekt (min. šířka koryta)
 - $\Rightarrow$ na tocích s nesoudržným dnem je třeba dno podél bárek stabilizovat kamenným záhozem
 - $\Rightarrow$ řadu bárek je třeba zřídit napříč celým aktivním průtočným profilem, příp. je instalovat v půdorysu do oblouku (např. před propustky)













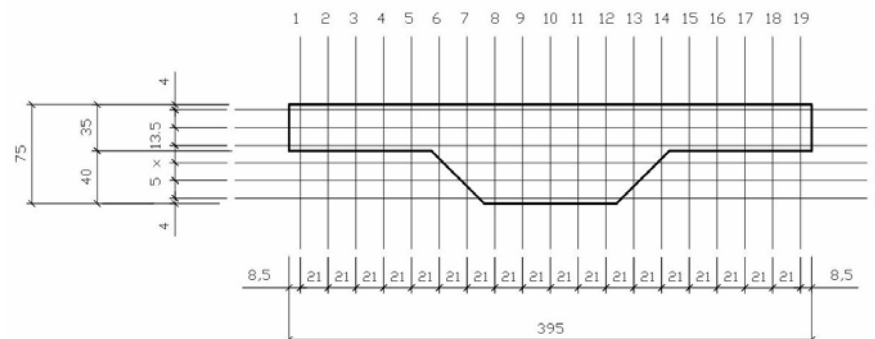


HYDRAULICKÝ VÝZKUM - ZÁVĚRY

- hydraulický model = vhodný prostředek pro zkoumání účinných opatření, vysoká vypovídací schopnost při simulaci zkoumaných fyzikálních jevů a jejich extrapolaci do skutečnosti.
- opevnění okolo mostních pilířů kamenným záhozem frakce 8 – 16 mm (28 až 56 cm) se jeví ve většině případů jako vyhovující
- vývoj výmolů při simulaci povodňové vlny odpovídá poznatkům z dřívějších výzkumů (vzestupná větev – tvorba výmolů, sestupná větev – jejich postupné mírné zanášení)
- ochranné bárky se plně osvědčily, nutno prověřit další varianty (jejich výškové i situační umístění, vzdálenost mezi jednotlivými bárkami apod.)
- následující pokusy: identické pokusy pro opevnění betonovou dlažbou (vyhodnocení a porovnání s předcházejícími pokusy)
- použití nového snímače hladiny (zejména při simulaci povodňové vlny)

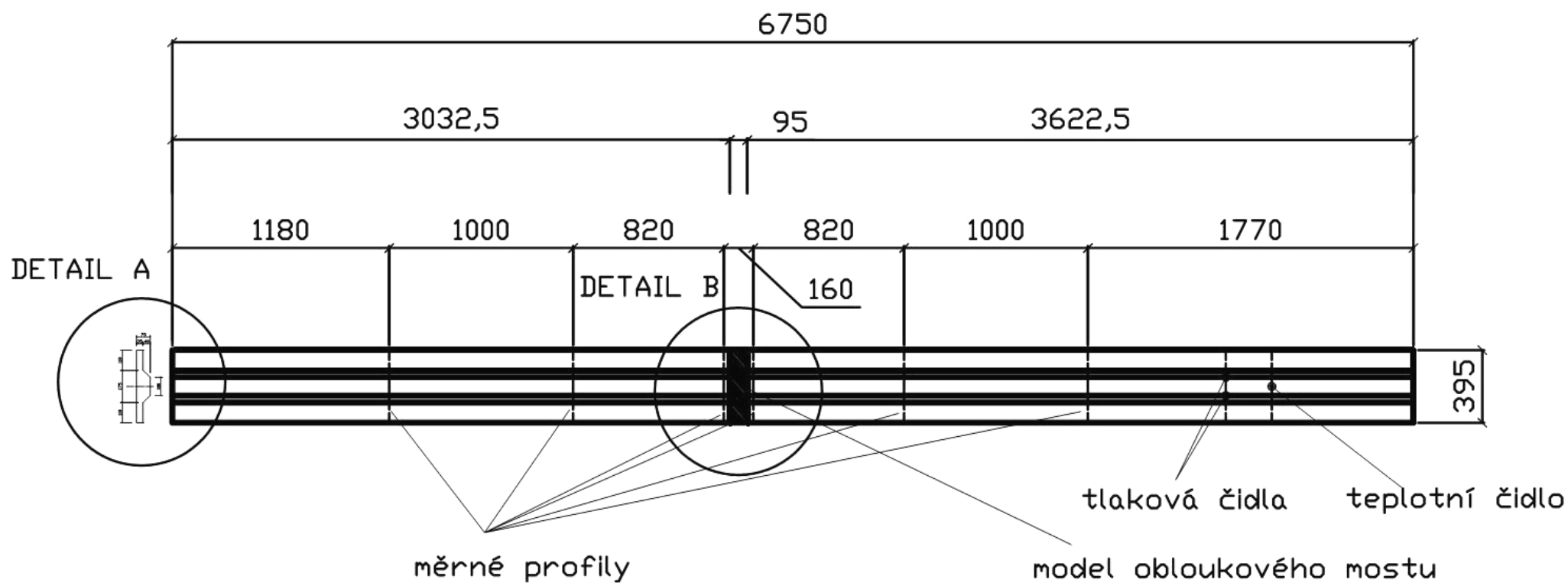
VÝZKUM NA AERODYNAMICKÉM MODELU

- přípravné práce – stanovení a vybavení měrných profilů, příprava aparatur pro měření rychlostí a tlaků
- ověření funkčnosti modelu – pro zvolené měřítko délek $M_1 = 60$ bylo provedeno podrobné proměření rychlostního a tlakového pole ve všech zvolených profilech
⇒ posuzování rovnoměrnosti rozdělení přítoku do modelu, těsnosti modelu, vhodného zdrsnění modelu
- výzkum proudových poměrů – pro daný průtok na modelu byl zkoumán vliv postupného snižování průtočnosti mostního otvoru ucpáváním plovoucími předměty ⇒ 6 měrných profilů
- každý profil = 19 svislic, svislý krok měření 13.5 mm → měrná síť skládající se ze 76 bodů



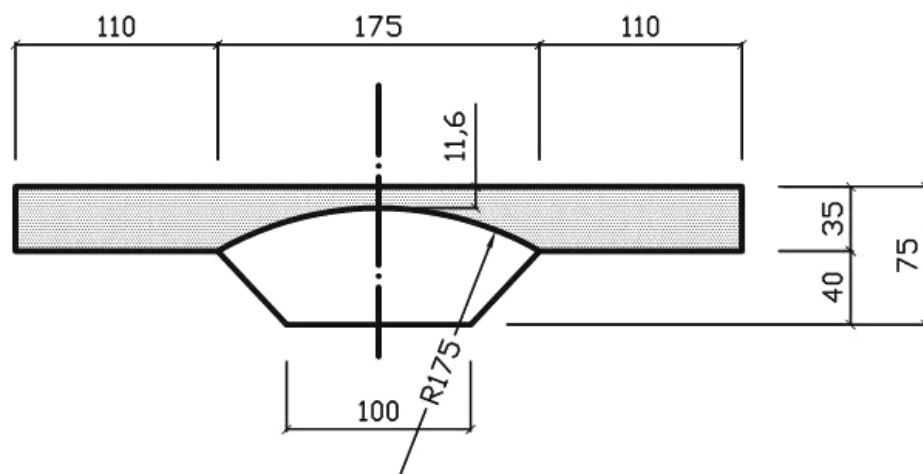
VÝZKUM NA AERODYNAMICKÉM MODELU

AERODYNAMICKÝ MODEL - PŮDORYS



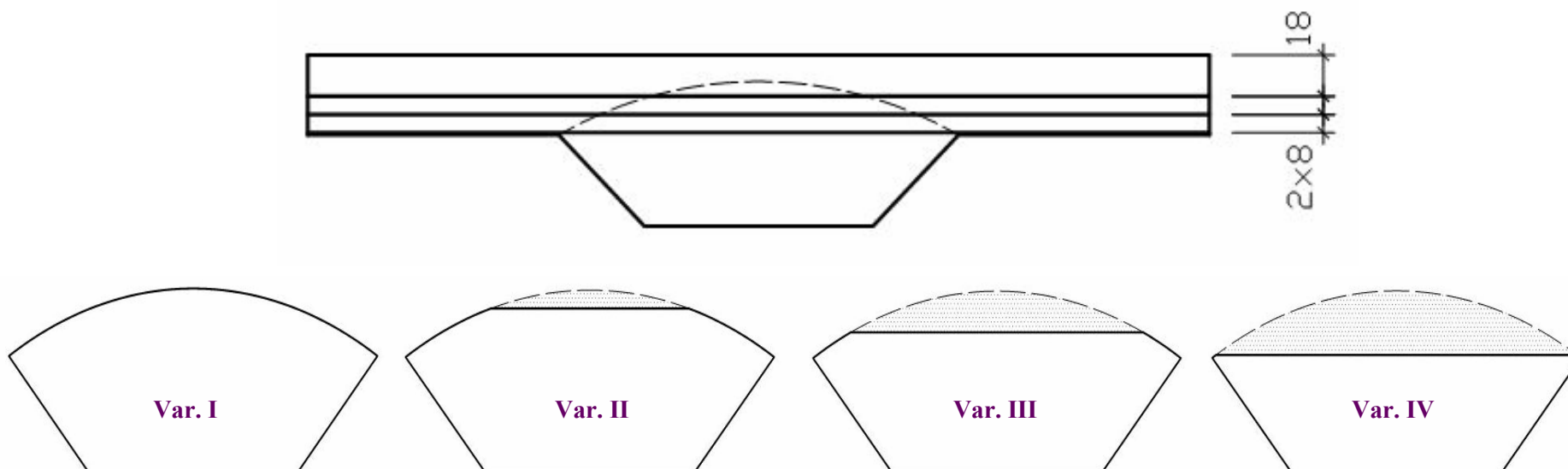
VÝZKUM NA AERODYNAMICKÉM MODELU

DETAIL B - PŘÍČNÝ PROFIL V PROFILU MOSTU



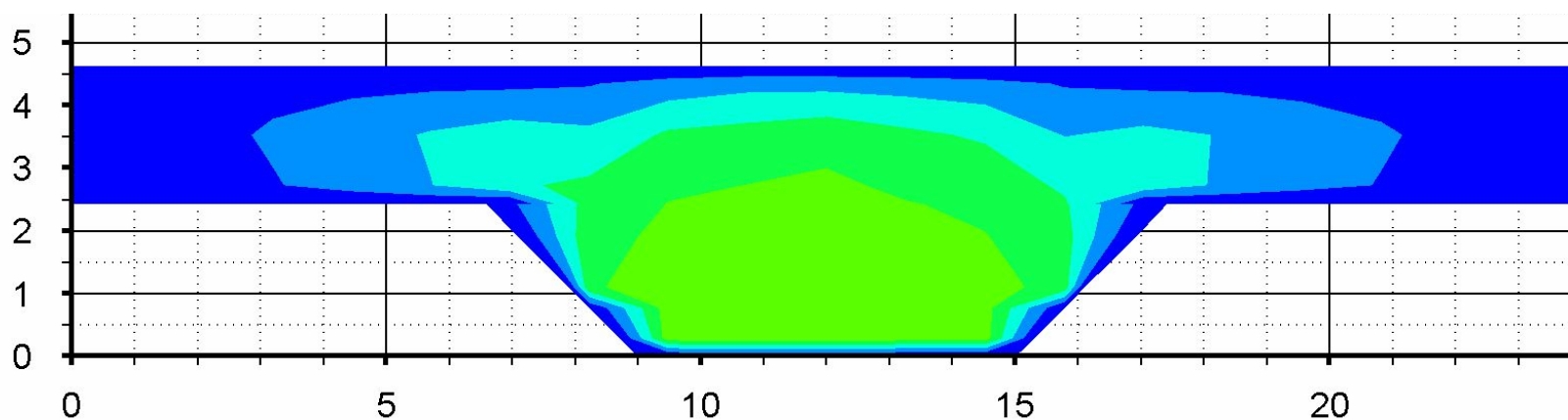
VÝZKUM NA AERODYNAMICKÉM MODELU

- Varianta I: zcela průtočný mostní profil
- Varianta II: na návodní straně mostu byla v horní části připevněna dřevěná lišta tloušťky 18 mm, čímž se snížila průtočnost mostního profilu na 95 % (průtočná plocha v profilu mostu byla snížena o 5 %)
- Varianta III: přidána další lišta tl. 8 mm, čímž se snížila průtočnost na 84 %
- Varianta IV: přidána další lišta tl. 8 mm, čímž se snížila průtočnost na 69 %

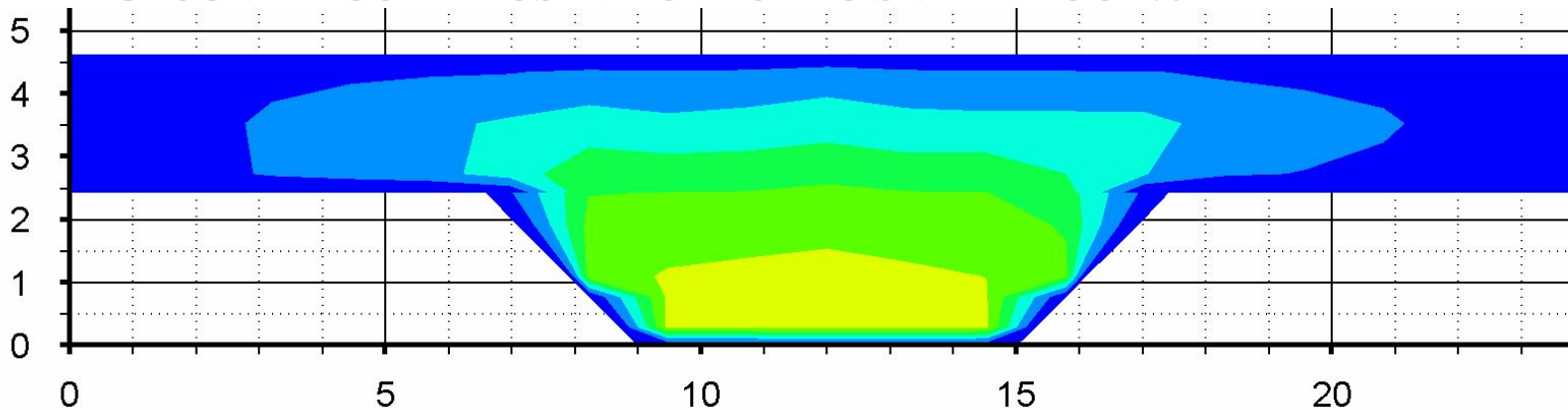


VÝZKUM NA AERODYNAMICKÉM MODELU

PLNĚ PRŮTOČNÝ MOSTNÍ PROFIL

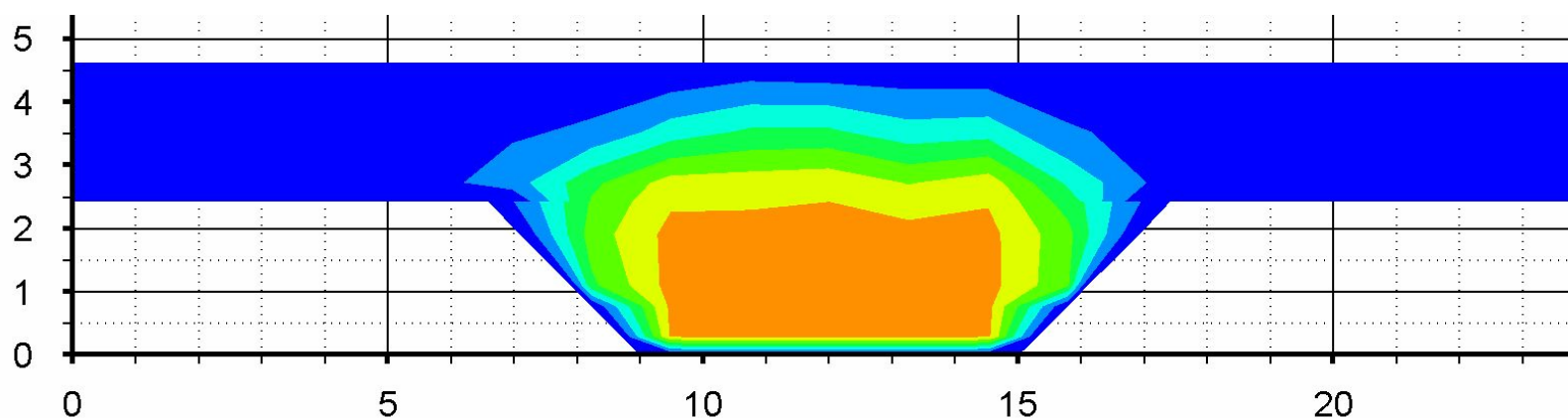


PRŮTOČNÁ PLOCHA MOSTNÍHO PROFILU SNÍŽENA O 31 %

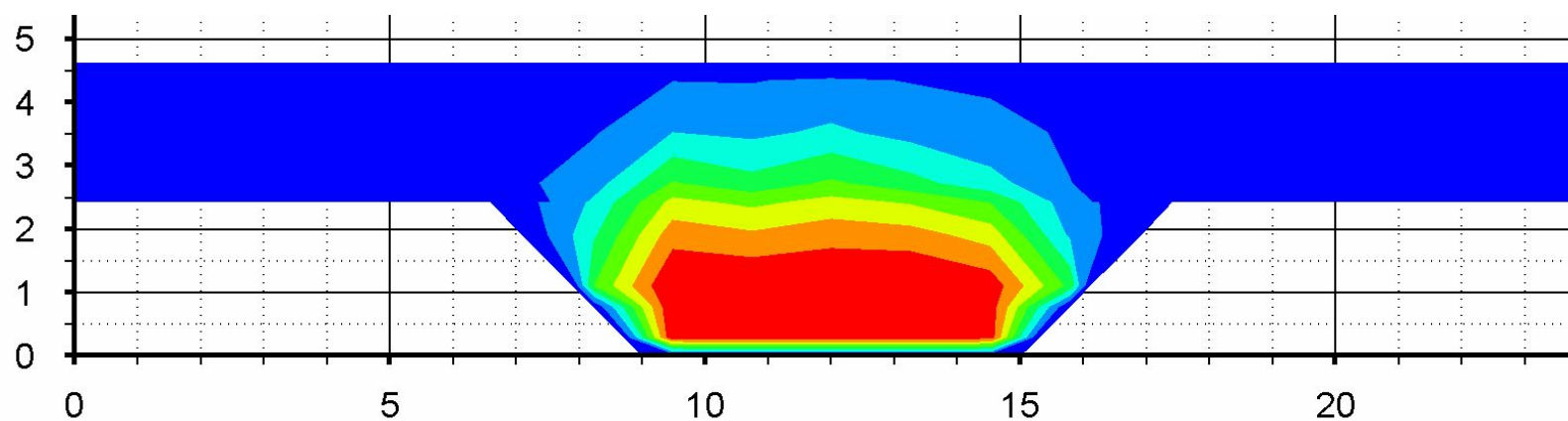


VÝZKUM NA AERODYNAMICKÉM MODELU

PLNĚ PRŮTOČNÝ MOSTNÍ PROFIL



PRŮTOČNÁ PLOCHA MOSTNÍHO PROFILU SNÍŽENA O 31 %



VÝZKUM NA AERODYNAMICKÉM MODELU - ZÁVĚRY

- nárůst rychlosti v závislosti na míře ucpání mostního otvoru
- zmenšení průtočné plochy $S < 5 \%$ $\Rightarrow$ min. vliv na změnu rychlostního pole
- při snížení S o $1/3 \Rightarrow$ zvýšení průměrné rychlosti u dna
 - před mostem - cca 15 % ($2.31 \text{ m.s}^{-1} \Rightarrow 2.65 \text{ m.s}^{-1}$)
 - za mostem - cca 25 % ($3.00 \text{ m.s}^{-1} \Rightarrow 3.75 \text{ m.s}^{-1}$)
- v profilech vzdálených cca 50 m (82 cm na modelu) a více $\Rightarrow$ min. změny
- právě probíhá:
 - podrobná analýza naměřených výsledků
 - obdobný výzkum na trémovém mostu
 - výpočet hloubky výmolů v závislosti na rychlostech proudění



VÝZKUM NA MATEMATICKÝCH MODELECH 2007-08

Cíle matematického modelování

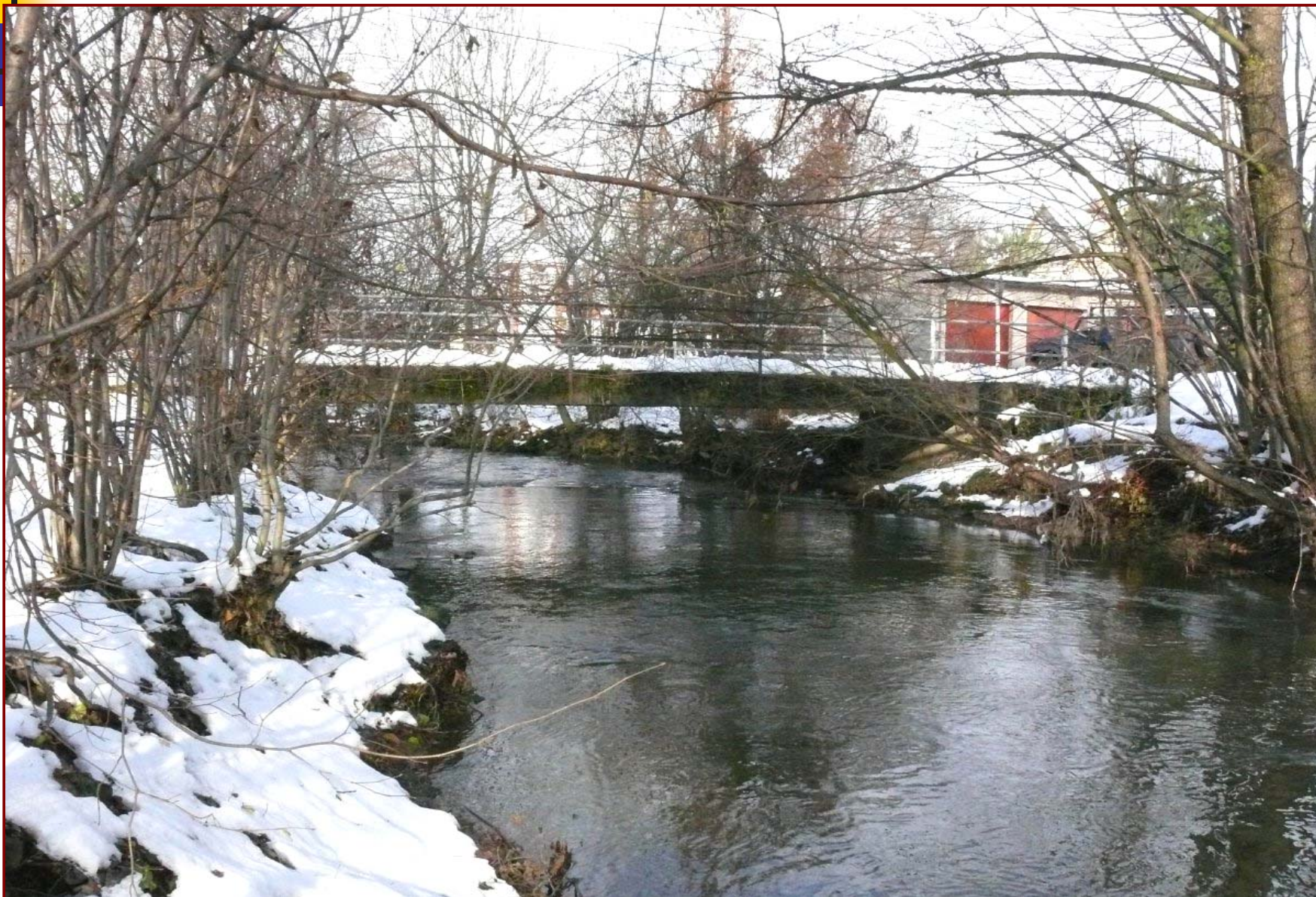
- Aplikace 1D, 2D a 3D matematického modelu
- Stanovení a posouzení proudových poměrů v mostních objektech pomocí 1D, 2D a 3D matematického modelu
- Simulace procesu ucpávání mostních otvorů splavím, jeho vliv na změnu proudových poměrů
- Posouzení tvorby výmolů v okolí mostních podpěr v závislosti na ucpávání mostních otvorů
- Porovnání výsledků z 1D, 2D a 3D modelů z hlediska stanovení proudových poměrů v mostních objektech a s ohledem na vývoj tvorby výmolů v okolí mostních podpěr

- 
- A decorative graphic consisting of overlapping yellow, red, and blue squares with a black crosshair.
- výběr vhodné lokality - lokalita byla vybrána v úzké spolupráci s podnikem Povodí, který projevil o tuto problematiku velký zájem
 - lokalita byla vybrána podle následujících kritérií:
 - ✓ vážnost a druh problematiky způsobené v dané lokalitě výskytem mostních objektů
 - ✓ rozdílnost problematiky z hlediska výskytu mostních objektů
 - ✓ praktická využitelnost dosažených výsledků nejen pro posuzované lokality, ale i jejich metodické využití v rámci vypracování technických podmínek pro potřeby aktualizace normy ČSN 736201
 - ✓ vhodnost vybrané lokality z hlediska aplikovatelnosti 1D, 2D a 3D matematických modelů a možnosti jejich vzájemného porovnání z hlediska dosažených výsledků
 - ✓ historická zkušenost vybraných lokalit z hlediska výskytu povodňových událostí

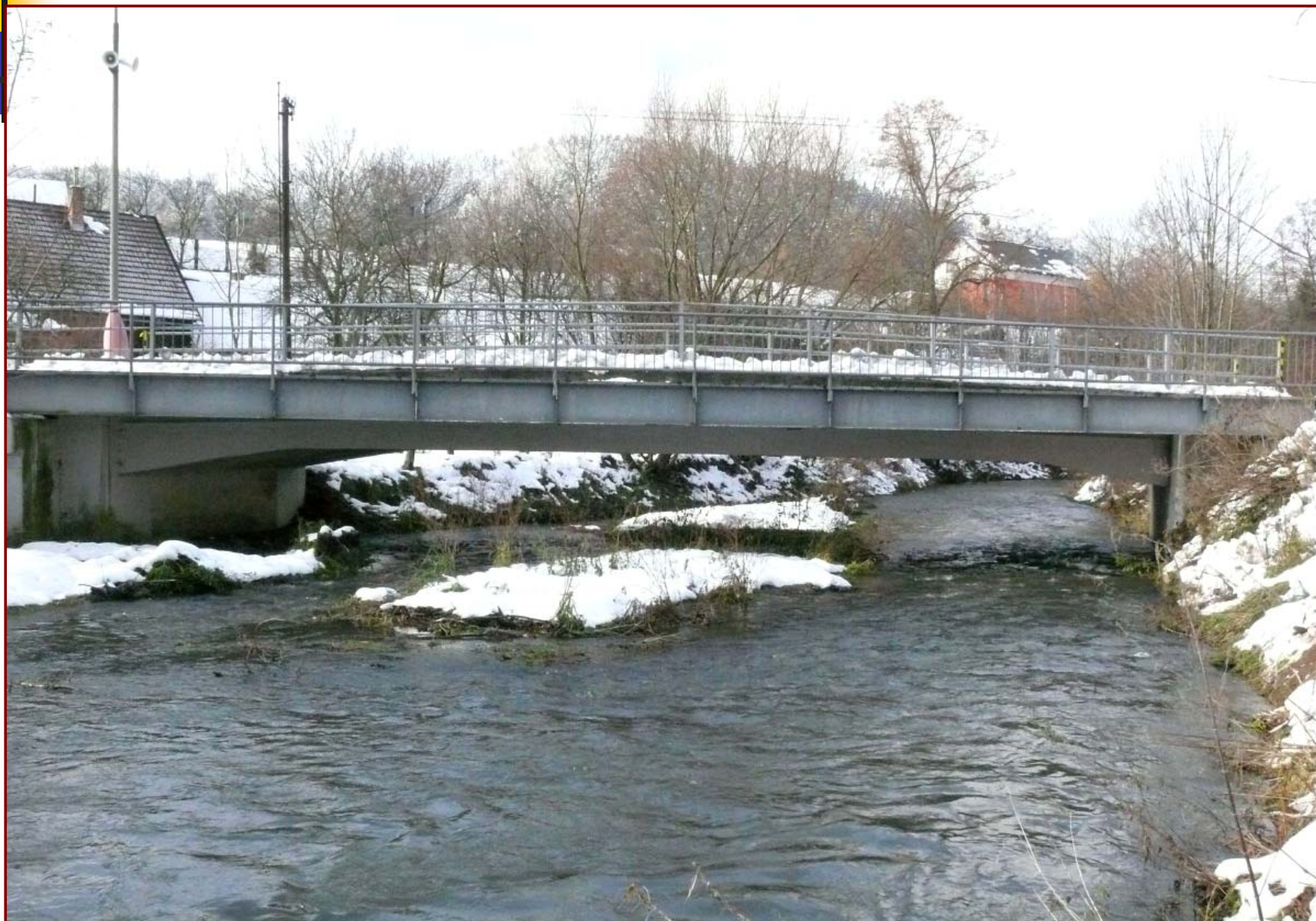
Dlouhá Třebová na řece Třebovce

- mezi městy Ústí nad Orlicí a Česká Třebová
- leží v úzkém údolí, kterým protéká řeka Třebovka, která je levostranným přítokem Tiché Orlice (vybraná lokalita je dlouhá cca 1.5 km v údolí širokém 150 až 200 m)
- lokalita je pravidelně postihována povodňovými událostmi → v posledních letech bylo nad posuzovanou lokalitou vybudováno několik suchých poldrů
- i přes vybudování soustavy suchých poldrů a využívání transformačních účinků VD Hvězda je kapacita koryta Třebovky nedostatečná a při výskytu povodňových událostí dochází k zaplavování přilehlých území
- většina nemovitostí se nachází v inundačním území
- k vybřežení vody z koryta dochází dle informací pracovníků s.p. Povodí Labe a místních obyvatel rovněž z důvodu nízké kapacitní mostních objektů
- v posuzované lokalitě se nachází 5 mostních objektů rozdílného konstrukčního řešení, různého stáří a různé průtokové kapacity

Betonový trémový most



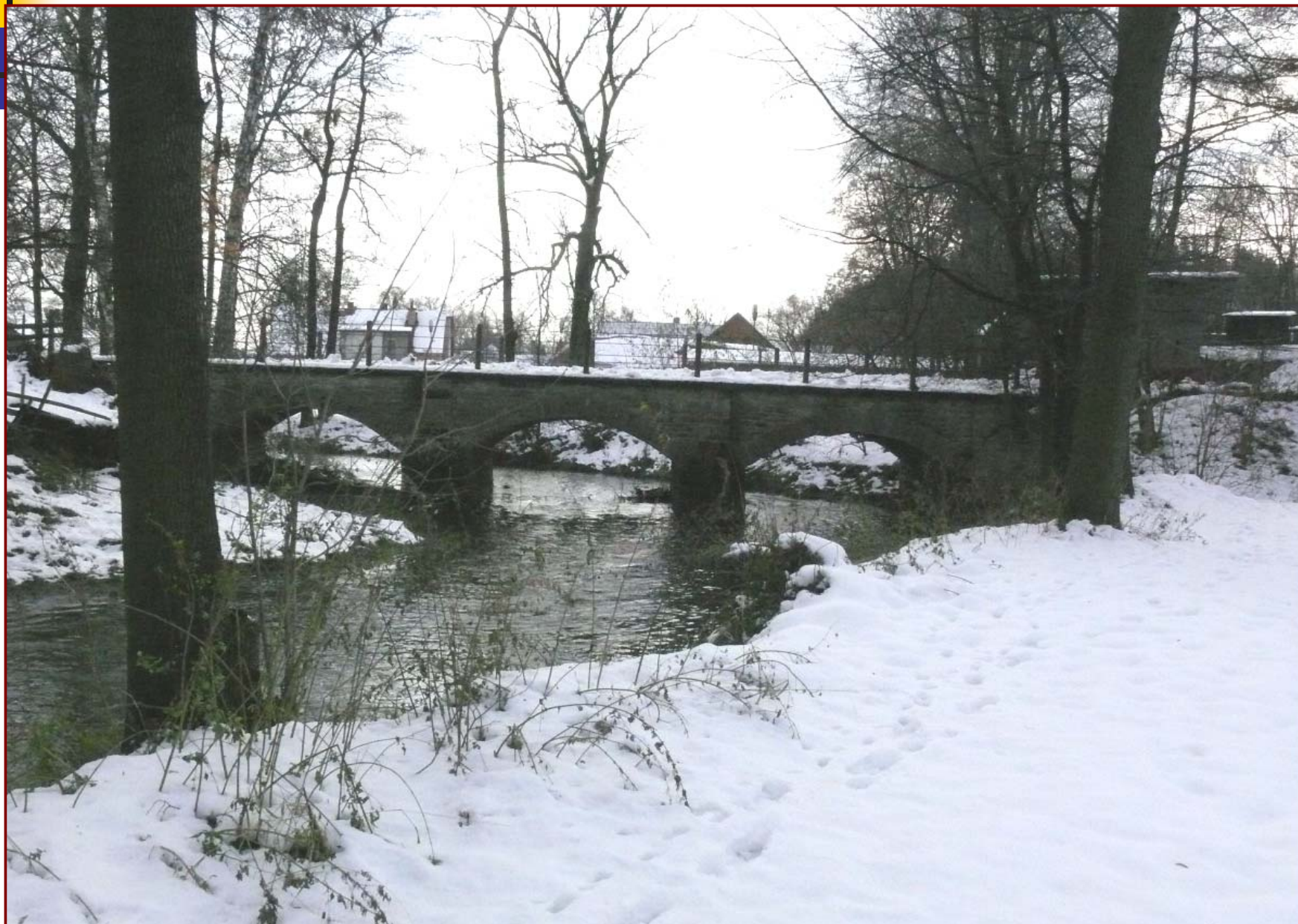
Betonový trémový most



Ocelový trémový most se středovým pilířem



Kamenný klenbový most



Betonový trémový most



Matematické modelování

➤ modelovací prostředky:

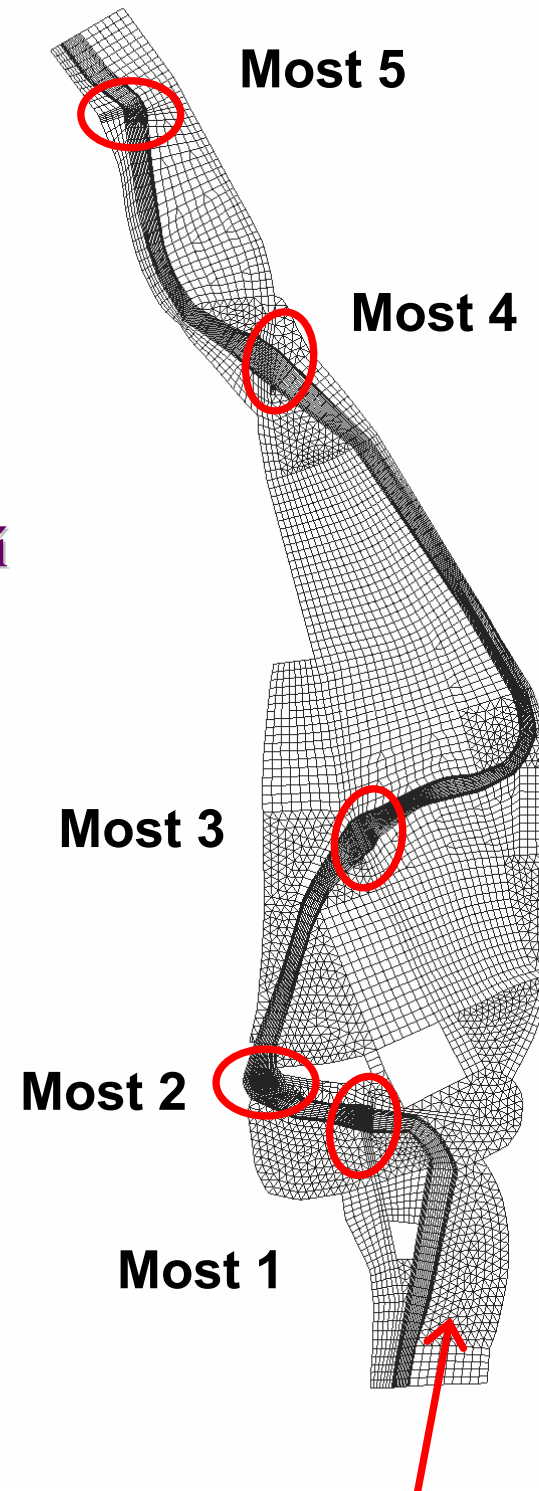
- ✓ 1D matematický model HEC-RAS
 - ověřený modelový nástroj (1997-2008)
 - propracované a přehledné řešení mostních objektů
 - možnost modelování tvorby výmolů v okolí mostních podpěr

- ✓ 2D matematický model - SMS verze 8.1 (součástí SMS jsou mimo jiné matematické modely řešící 2D proudění s volnou hladinou - RMA2 a FESWMS)

- ✓ 3D matematický model Ansys Fluent 6.4.

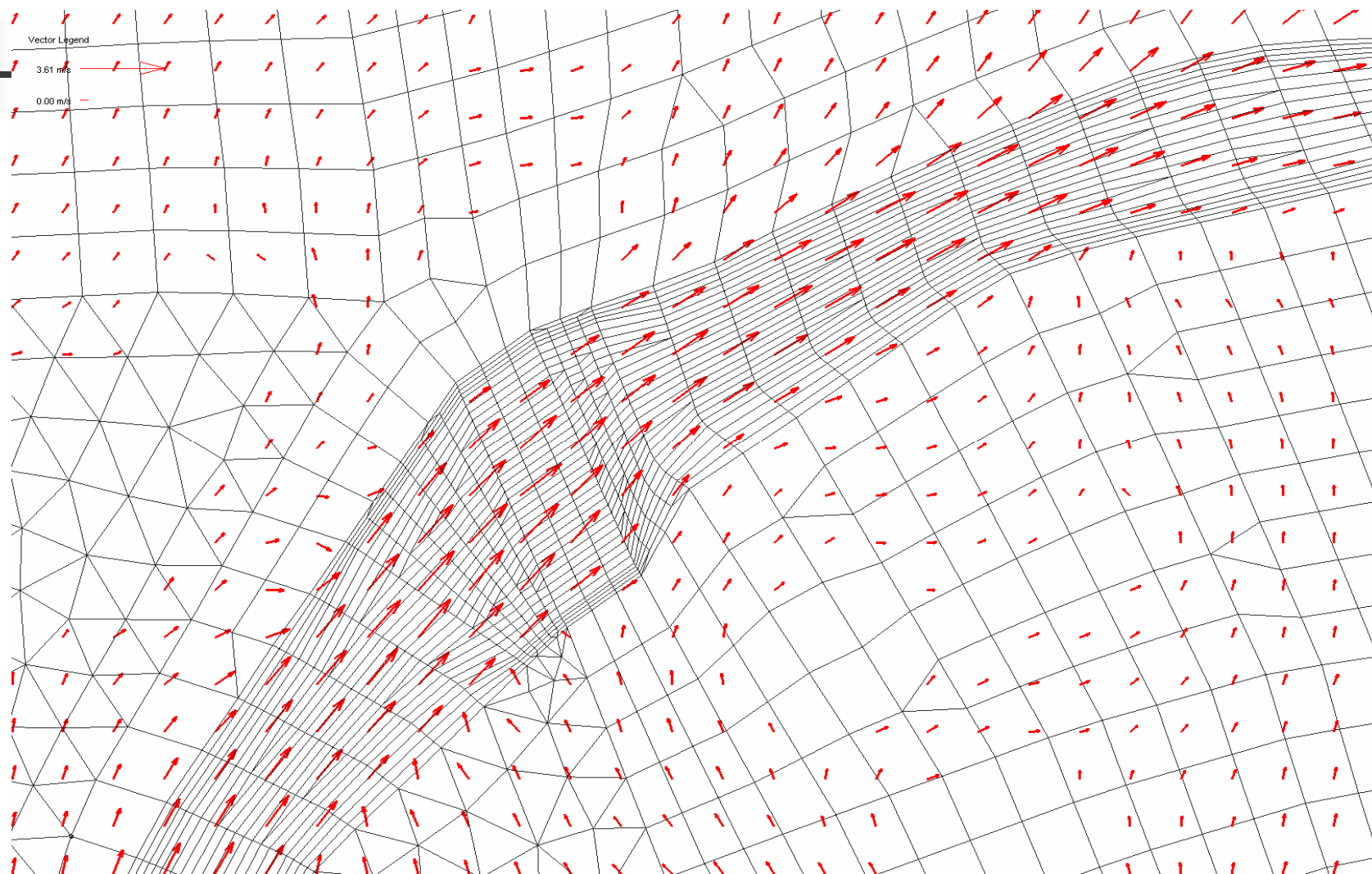
Matematické modelování

Třebovka - 2D matematické modelování



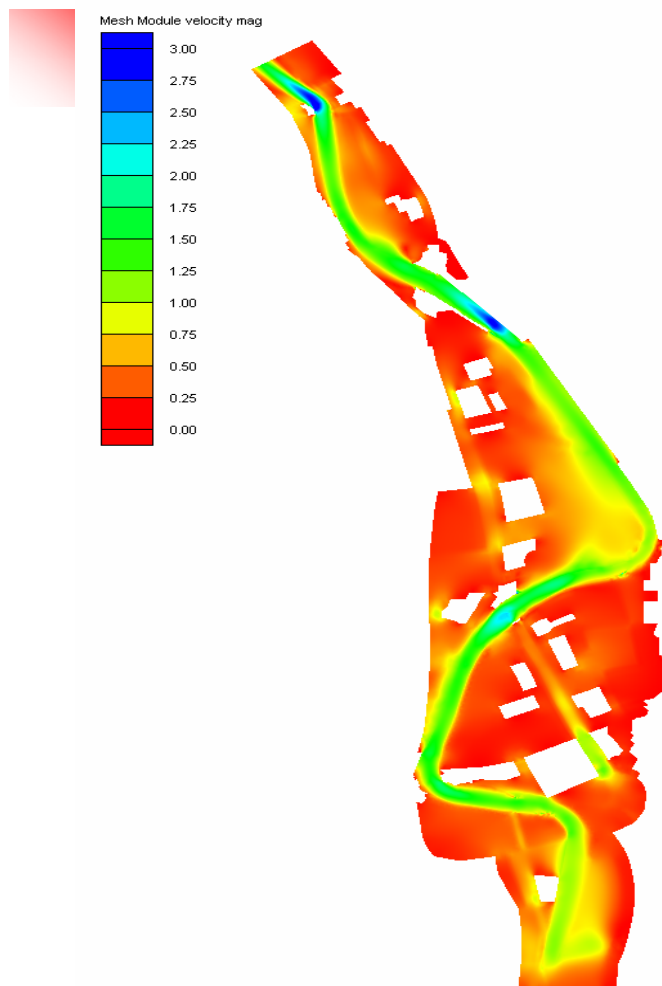
Matematické modelování

Most 3

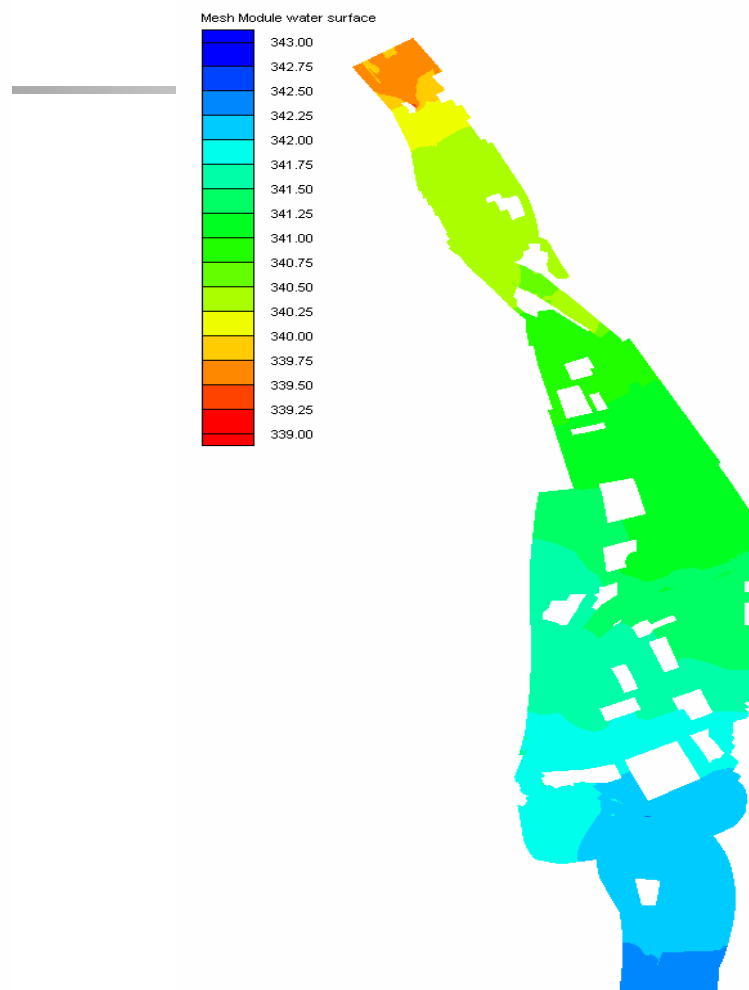


Mapa vektorů rychlostí

Matematické modelování



Mapa rychlostí proudění



Mapa úrovní hladiny

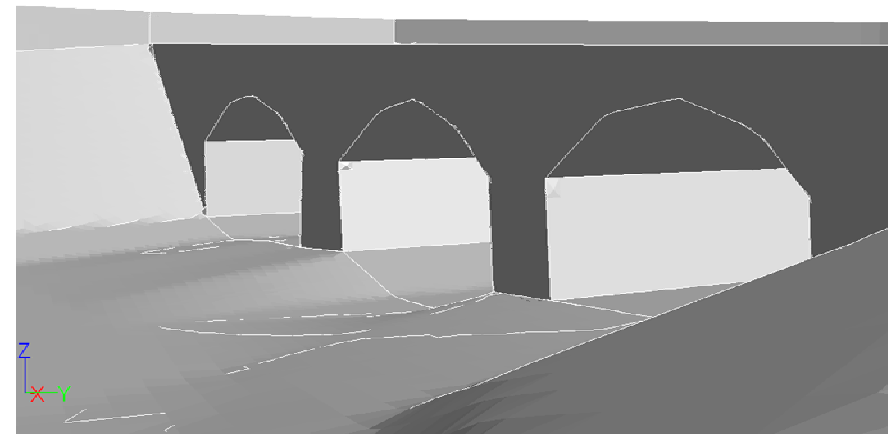
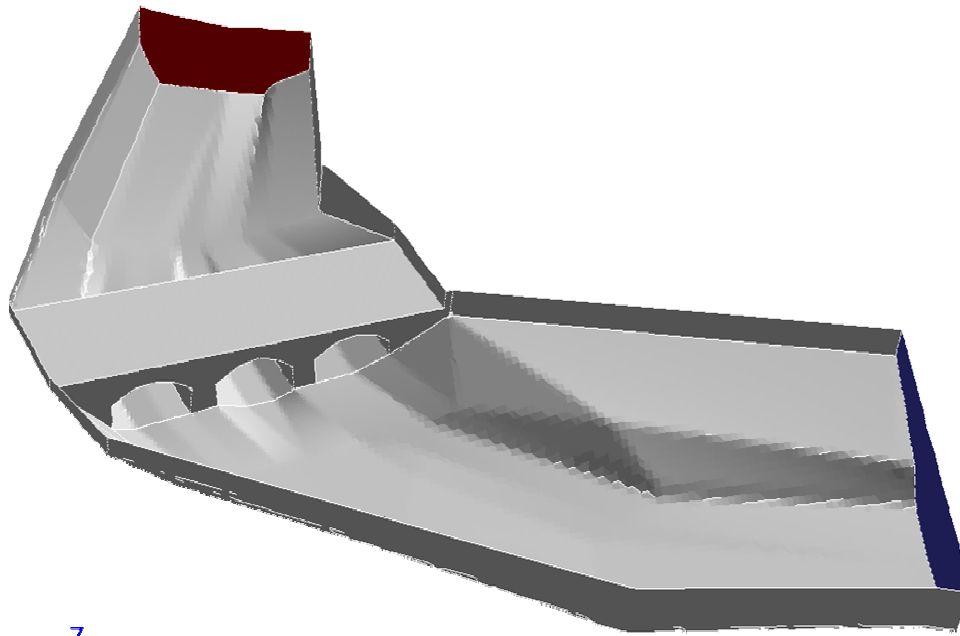
Matematické modelování

3D matematické modelování-Ansys
Fluent 6.4.

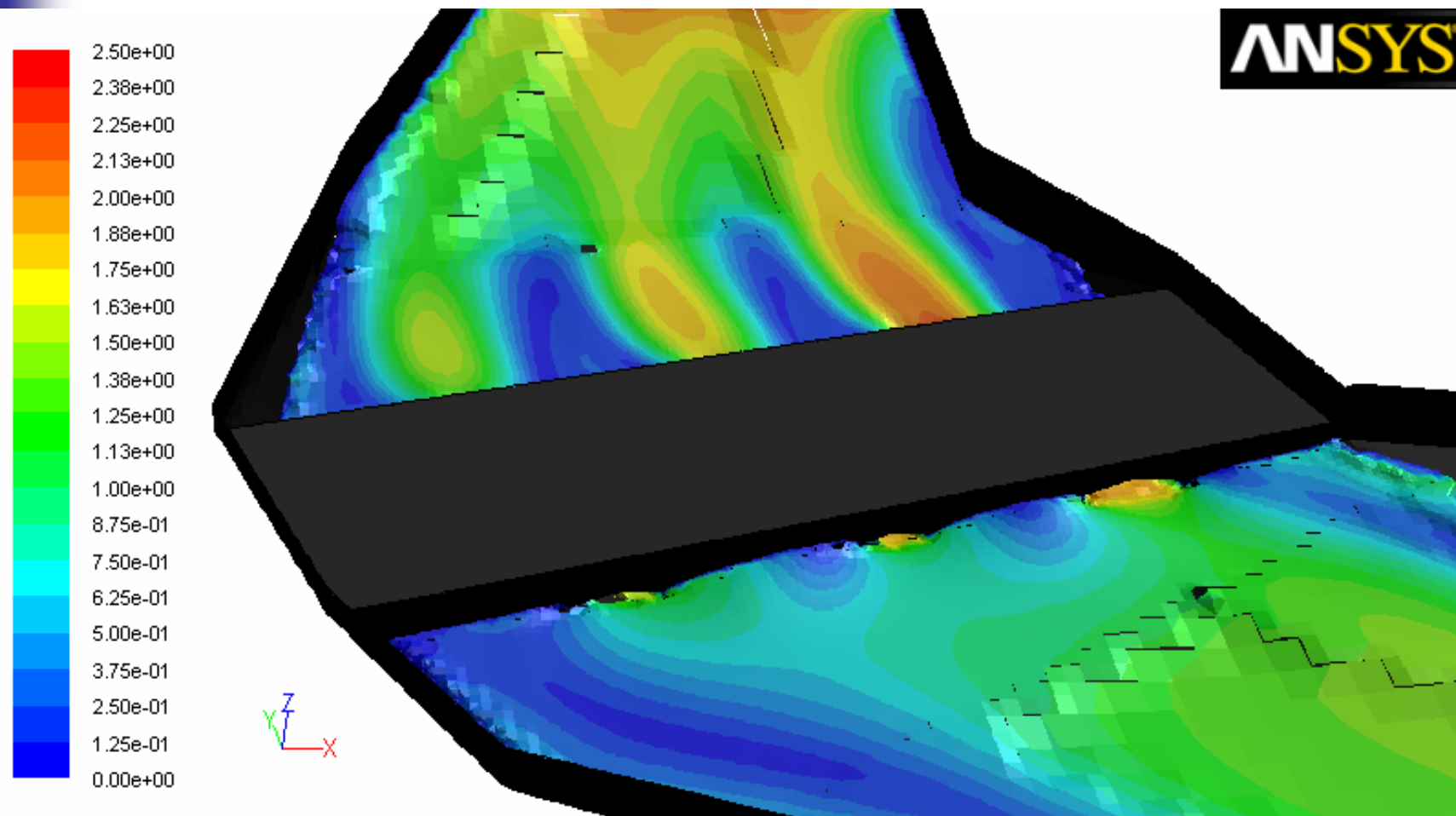
ANSYS



ANSYS



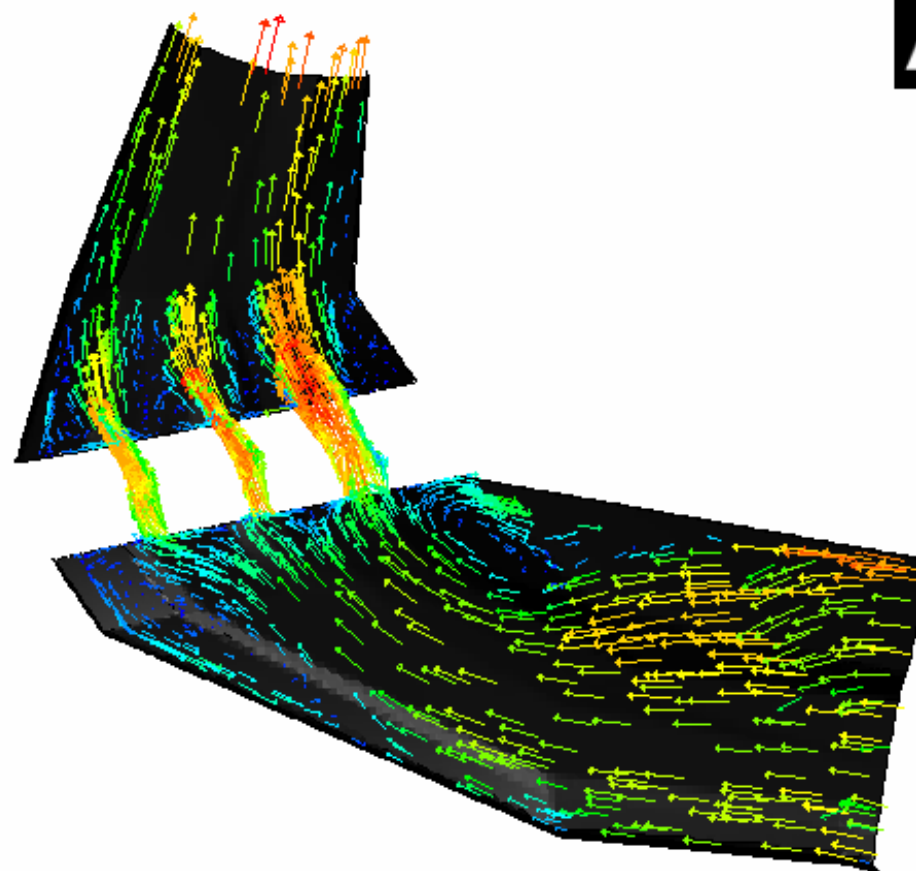
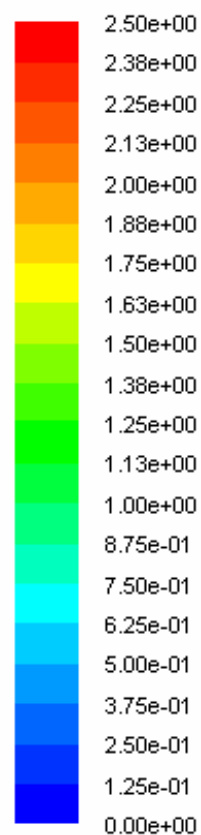
Matematické modelování



Contours of Velocity Magnitude (mixture) (m/s) (Time=1.0497e+03)

Sep 05, 2008
FLUENT 6.4 (3d, pbns, vof, rke, unsteady)

Matematické modelování



Velocity Vectors Colored By Velocity Magnitude (mixture) (m/s) (Time=1.0497e+03)

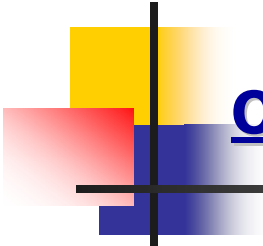
Sep 05, 2008
FLUENT 6.4 (3d, pbns, vof, rke, unsteady)

Matematické modelování - závěry:

- 1D mat. model je vhodným modelovým nástrojem pro stanovení vzduté hladiny nad mostním objektem (malé mostní objekty do 30m)
- 1D mat. model je možné použít pro posouzení tvorby výmolů v okolí mostních podpěr
- 1D mat. model je možno použít i na simulace ucpání mostního otvoru splávim (Proces vzniku výmolů vlivem ucpání mostního otvoru je nutno simulovat zásahem do geometrie vlastního mostního objektu)
- 2D matematické modely mají dobrou vypovídající schopnost z hlediska stanovení vzduté hladiny nad mostem a posouzení proudových poměrů (nelze řešit přelévání mostovky). Jejich využití doporučujeme pro střední a velké mostní objekty, pro malé mostní objekty ve výjimečných případech
- Z hlediska posouzení erozních procesů v okolí mostních podpěr je použití 2D modelů více komplikované (aplikace stále ve fázi testování)
- Aplikace 3D matematických modelů se v současnosti využívá pouze ve výjimečných případech
- Výsledky dosažené na mat. modelech byly použity při zpracování TP k ČSN 736201 závěrečné výzkumné zprávě

OCHRANA MOSTNÍCH OBJEKTŮ – ZÁVĚRY

- při projektování nových resp. rekonstrukci stávajících mostů je třeba zajistit, aby vytvářely co nejmenší překážku proudění za povodňových průtoků
 - dostatečná průtočnost (nadvýšení kóty mostovky o 0.5 m nad NH je nedostatečné, lépe 1.0 m, u klenbových 1.5 m)
 - na významných komunikacích a v intravilánech $\Rightarrow$ návrhová povodeň = nejvyšší dosud zaznamenanou povodeň, min. však Q_{100}
 - na významných komunikacích a v intravilánech $\Rightarrow$ doporučuje se výzkum na 2D či 3D mat. modelech, příp. na hydraulických modelech $\Rightarrow$ návrh dostatečné hloubky založení podpěr, opatření proti podemílání aj.
 - při křížení komunikace s vodním tokem s aktivním inundačním územím $\Rightarrow$ navrhovat estakády (zemní násyp se nedoporučuje)



OCHRANA MOSTNÍCH OBJEKTŮ – ZÁVĚRY

- pro zabezpečení mostních objektů proti ucpání se doporučuje:
- preventivní opatření v celém záplavovém území nad příslušným objektem (odstranění vyvrácených a polovyvrácených stromů a keřů, trvalá údržbu vegetace v příbřežních zónách včetně odstraňování přebujelých břehových porostů z náletů apod.)
 - vybudování ochrany z předsunuté řady bárek
 - použití mobilního jeřábu se závěsným chapadlem – v případě nutnosti rozrušování velkých plovoucích předmětů, resp. jejich usměrnění k plynulému proplutí mostním otvorem

OCHRANA MOSTNÍCH OBJEKTŮ – ZÁVĚRY

- uvedená opatření vycházejí z výzkumu na hydraulickém, aerodynamickém a matematickém modelu $\Rightarrow$ výzkumná zpráva + metodika
- metodika = Technické podmínky MD ČR (k ČSN 73 6201 – Projektování mostních objektů, 2008) = Hydrotechnické posouzení mostních objektů na vodních tocích (Balvín, Gabriel, Bouška) – prosinec 2008