



KLOKNERŮV
ÚSTAV
ČVUT V PRAZE

Shrnutí poznatků z diagnostik a přepočtů zděných klenbových mostů z projektu Strategická přemostění

Milan Holý, David Čítek, Aleš Mezera, Jiří Kolísko

22. 1. 2026 – Konference ŽELEZNIČNÍ MOSTY A TUNELY 2026



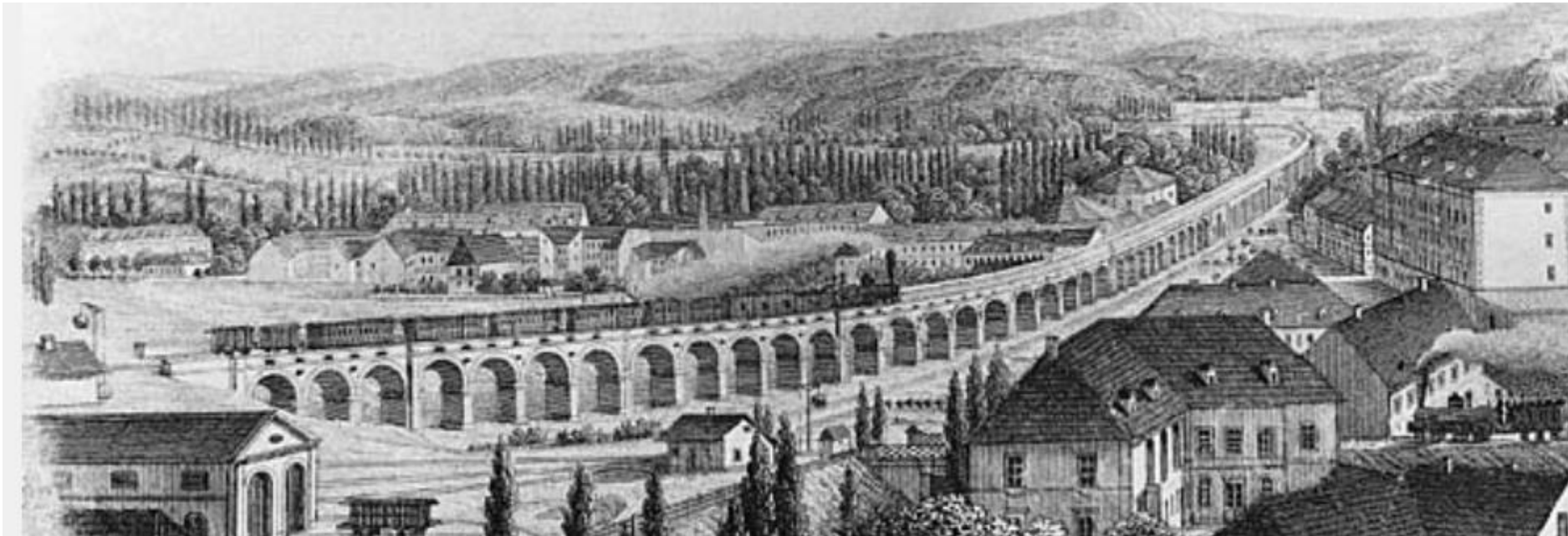
TESIA





Klenbové mosty na železnici

- Zděné klenbové mosty spojené s počátky výstavby železniční sítě od 30. let 19. století a jejím zahušťováním až do cca 30. let 20. století, následně zdivo pro přesypané oblouky nahrazováno prostým betonem a okolo 2. světové války železobetonem a modernějšími typy konstrukcí.
- Historické konstrukce – trvanlivé, robustní, s velkou spotřebou materiálu, geometrická omezení



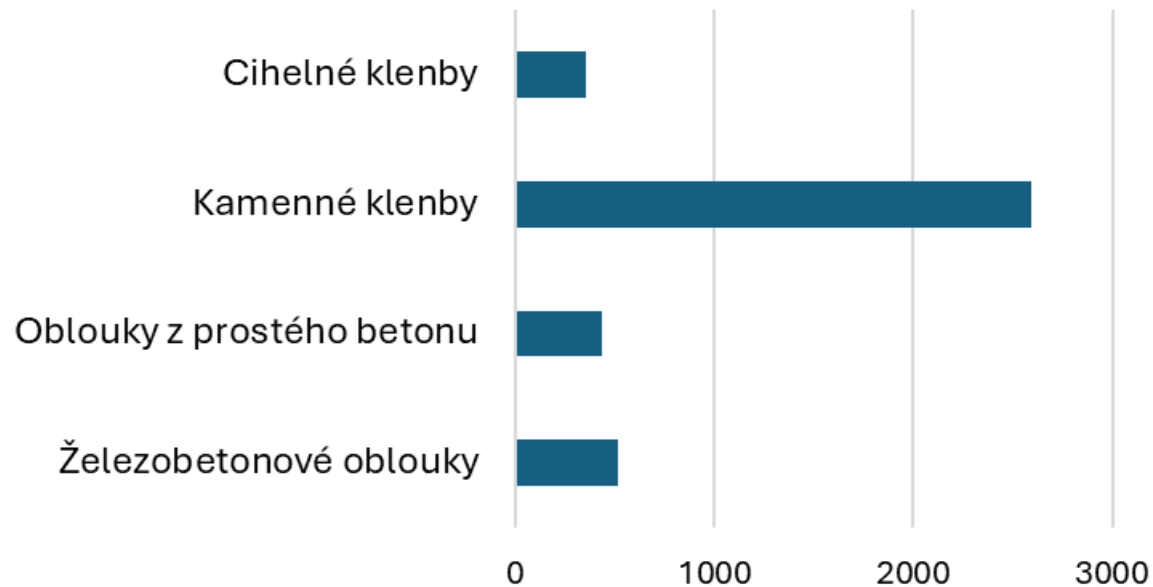
Negrelliho viadukt - stavěn v letech 1846–49. S délkou 1 110 m až do roku 1910 nejdelším mostem Evropy.



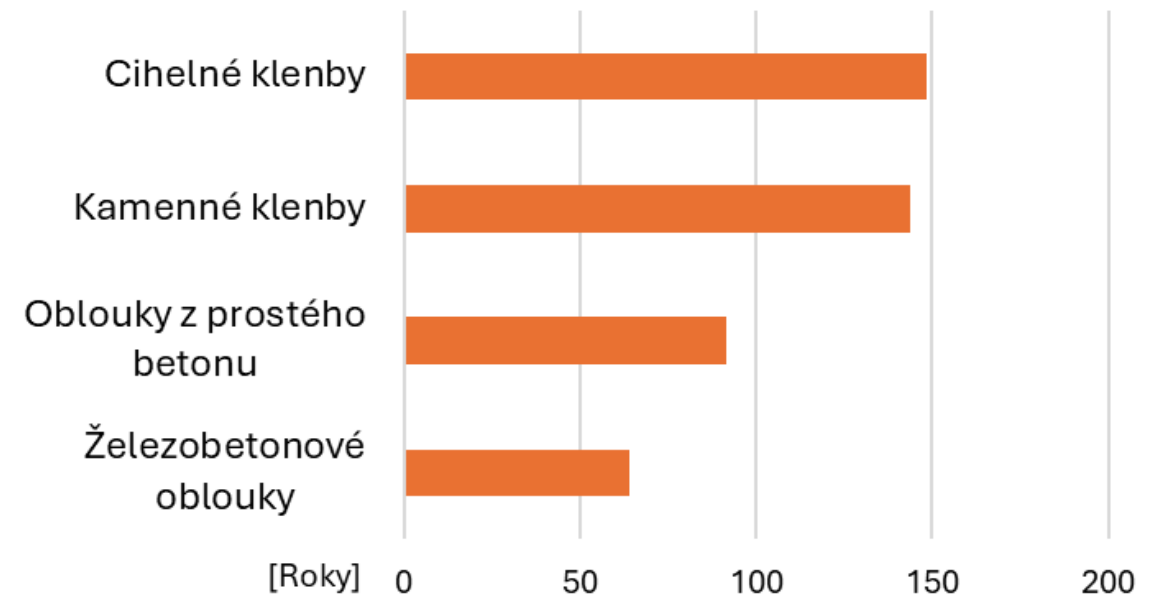
Klenbové mosty na železnici

- Kamenné a cihelné klenby tvoří cca 27 % z celkového počtu NK na železnici (cca 2950 NK).
- Průměrné stáří okolo 150 let, nejstarší přes 180 let.
- (Včetně betonových a žb. cca 35 % z celkového počtu všech NK).

Počty klenbových a obloukových NK



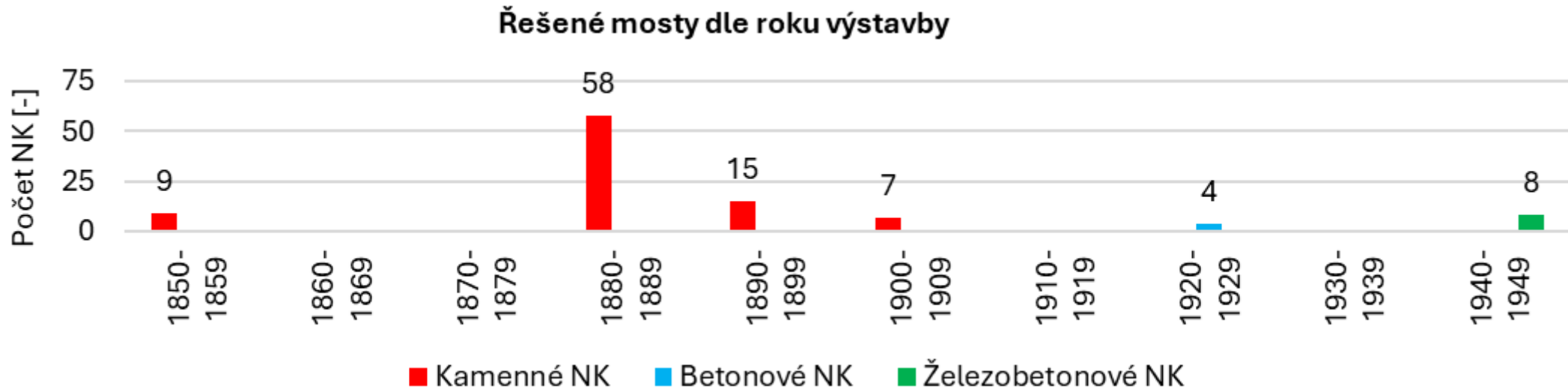
Průměrné stáří klenbových a obloukových NK



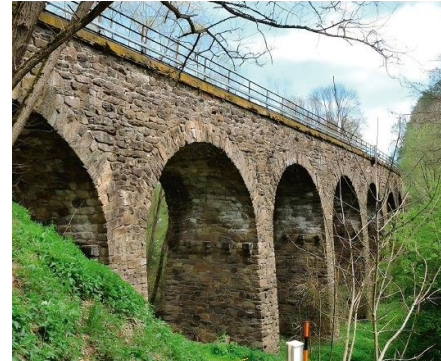
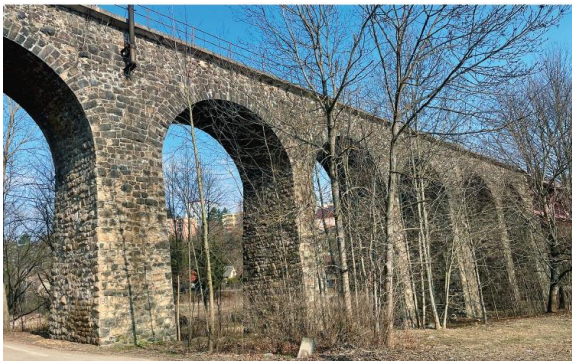


Projekt SŽ - Strategická přemostění

- Projekt zahrnuje analýzu dopravně významných mostů – I. etapa v letech 2022-2024.
- Zejména konstrukce delší než 100 m a konstrukce jejichž stáří překračovalo uvažovanou návrhovou životnost 100 let.
- Diagnostické průzkumy a přepočty provedeny u 11 klenbových mostů - viadukty.
- Celkem 101 nosných konstrukcí, 89 kamenných, 4 betonové a 8 železobetonových.



Řešené klenbové mosty

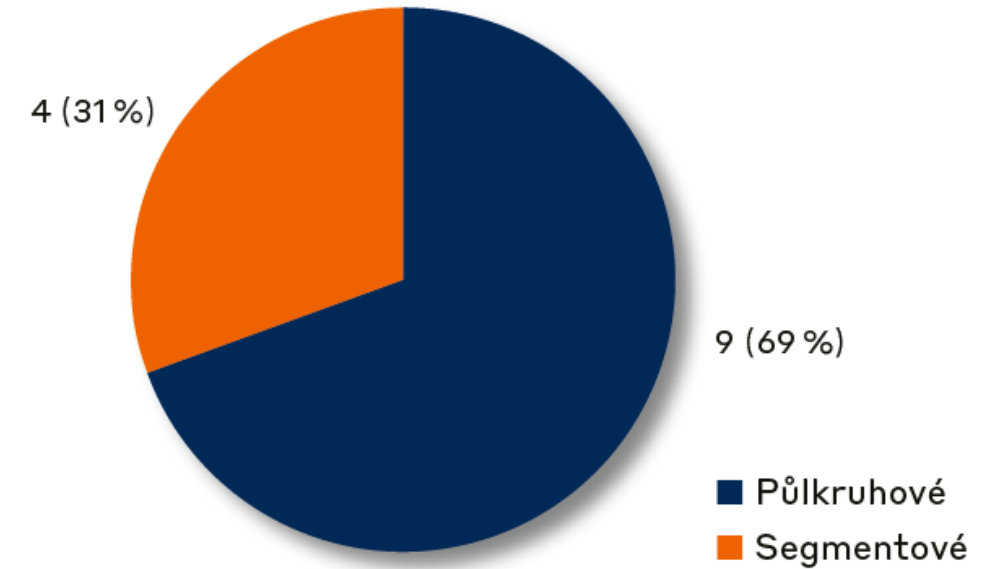




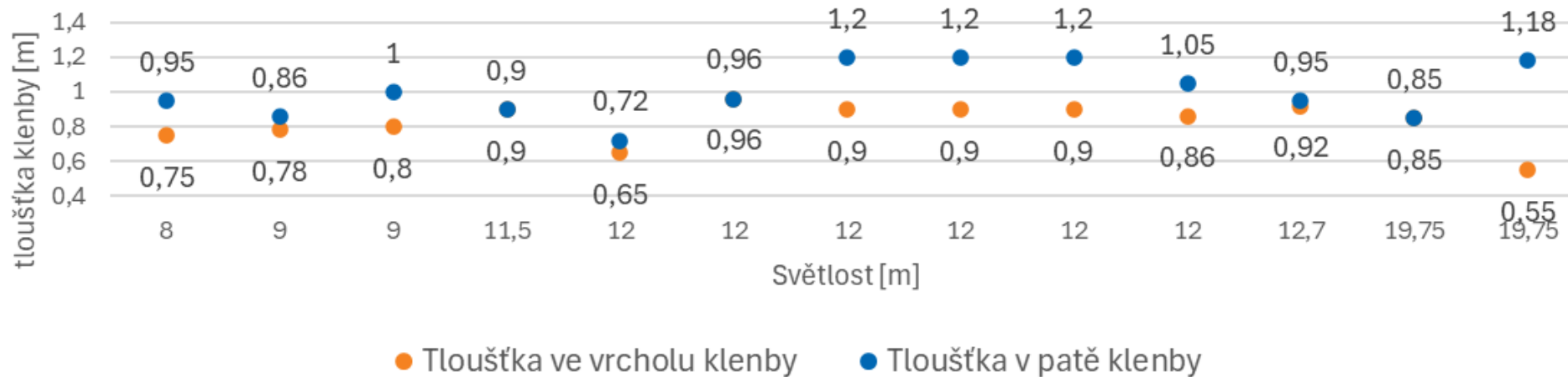
Analyzované konstrukce

- Půlkruhové či segmentové klenby
- Světlost nejčastěji okolo 12 m = rozpětí (UIC 778-3)
- Nejčastěji proměnná tloušťka okolo 0,8-1,0 m

Typy kleneb



Světlosti kleneb a jejich tloušťky

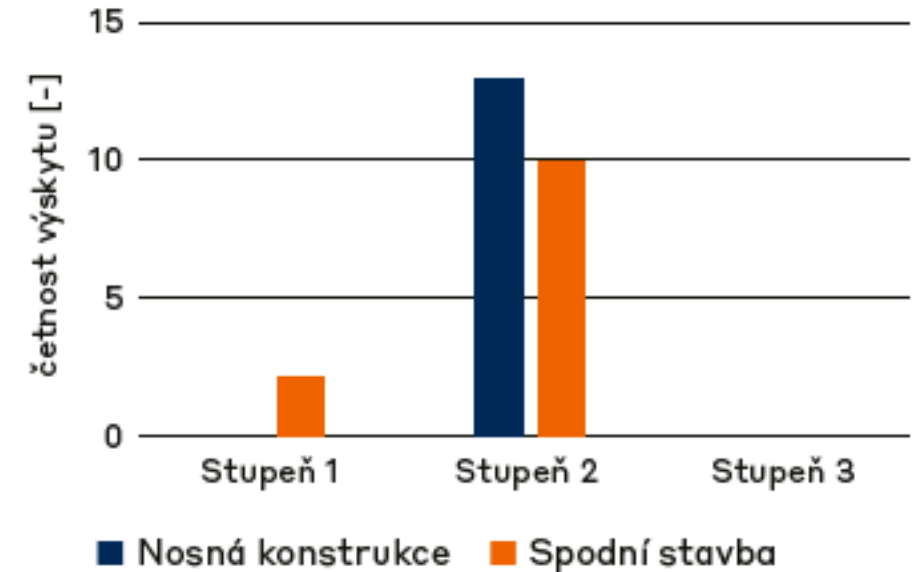




Stavební stavy řešených mostů

- U všech posuzovaných mostů stavební stav nosných konstrukcí hodnocen stupněm 2
- Stupeň 2 označuje objekty, které vyžadují opravu přesahující rámec běžné údržby.
- Spodní stavba většinou také ve stupni 2, u 3 mostů hodnocena stupněm 1, tzn. stav vyžadující pouze běžnou údržbu.
- **Obecně lze konstatovat, že přes vysoké stáří řešených konstrukcí je jejich stavební stav mnohdy lepší než u jiných typů konstrukcí výrazně mladších.**

Počet mostů dle stavebního stavu





Diagnostický průzkum

Zaměřen na nutné vstupy pro stanovení zatížitelnosti a způsob údržby/opravy konstrukce

Zásadní úkoly:

- Průzkum archivní dokumentace, historie konstrukce, dodatečné zásahy
- Ověření geometrie a dimenzí konstrukce, statického působení -> sondy
- Ověření typu zdiva a materiálu konstrukce -> laboratorní zkoušky, petrografie
- Degradace a poruchy, jejich lokalizace -> podrobná vizuální prohlídka





Materiály zdiva

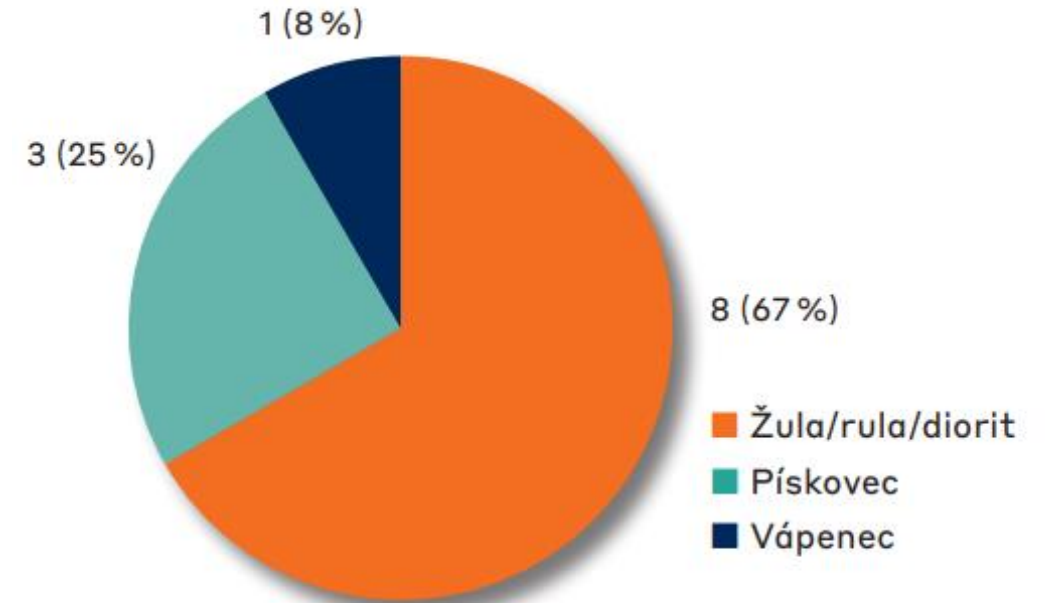
- Zásadní vstup do výpočtu a z hlediska trvanlivosti

- I více typů na 1 objektu

Parametry zjišťované při DP:

- Pevnost v tlaku (zdivo/zdící prvky/malta)
- Objemová hmotnost (zdivo/zásyp)
- Nasákavost
- (Mezerovitost)
- Petrografický rozbor zcela zásadní pro odvození dalších parametrů a kontrolu hodnot z materiálových zkoušek!

Typy kamenného zdiva



Vápnitý jílovec a pískovec – most Bohušovice



Granit, metagranit – most Cheb



KLOKNERŮV
ÚSTAV
ČVUT V PRAZE

Poruchy - Zatékání do konstrukce

- Aktivní průsaky s výluhy u 10/11 kcí



Nová hydroizolace a sanace NK v roce 2005



Stav v roce 2023 – silné aktivní zatékání a výluhy v podélných trhlinách



Degradace materiálů

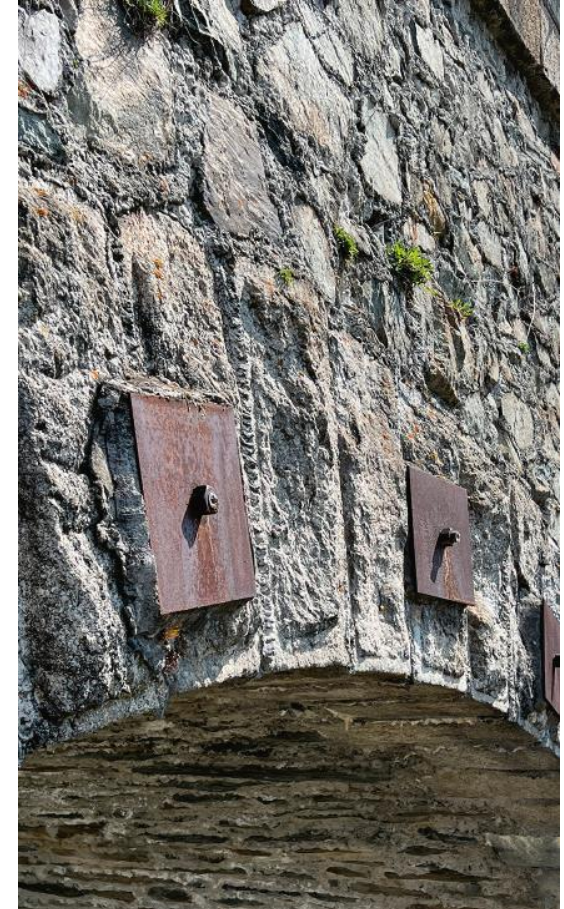
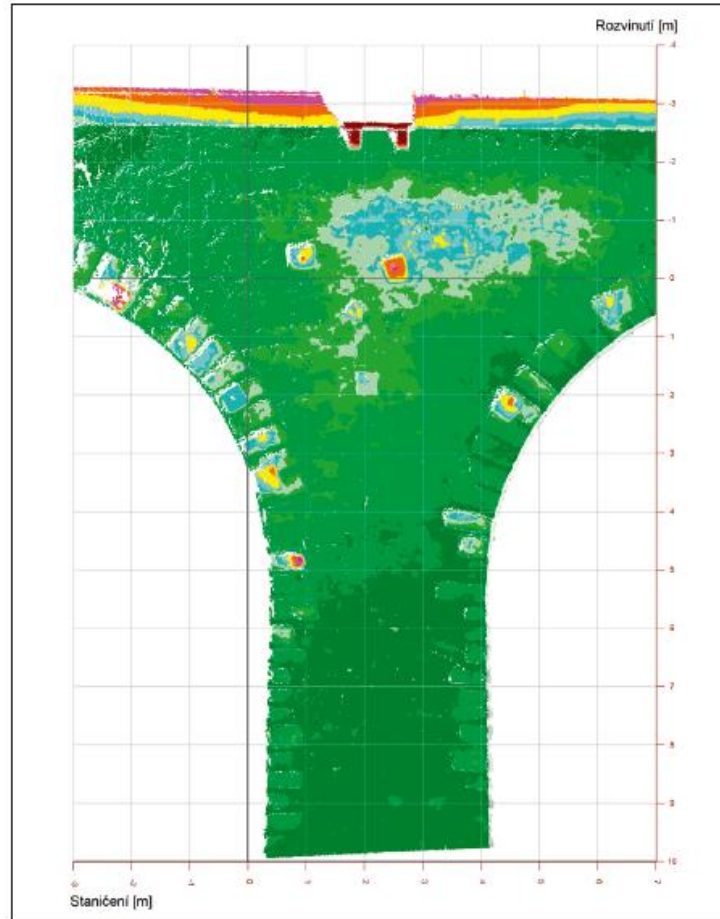
- Většinou vliv vody, mrazu, či náletové vegetace
- Degradace pojiva, zdělicích prvků
- Časté řešení povrchové degradace torkretem - způsobuje zadržování vody ve zdivu a další degradaci!





Trhliny a deformace

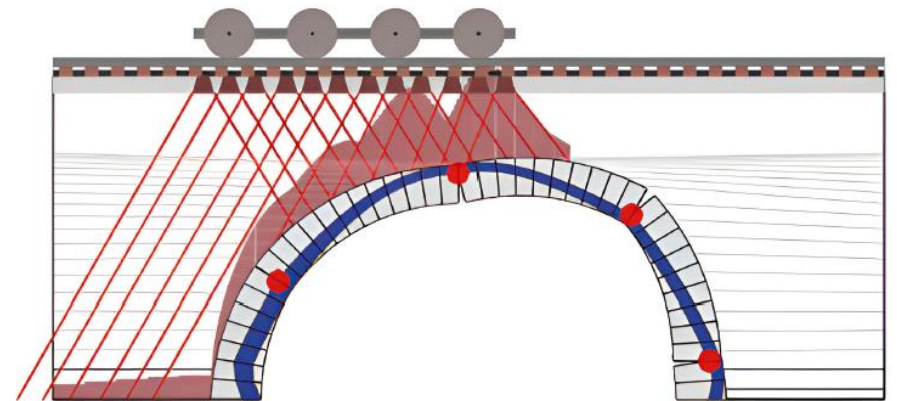
- Trhliny u 7/11 kcí, rozlišovat typy
- Deformace klenby ne, boulení čelních zdí 1/11





Statické působení kleneb

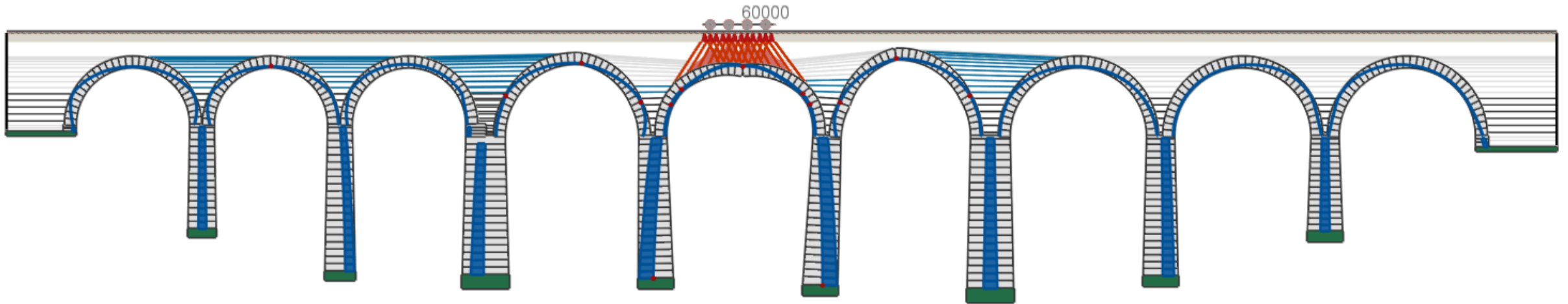
- Analýza a stanovení zatížitelnosti komplikováno velmi složitým statickým působením klenbových konstrukcí v kombinaci s typickými vlastnostmi zdiva (materiálová nelinearita).
- Chování klenbové konstrukce je silně ovlivněno tvarem konstrukce, kdy dominantním namáháním je kombinace tlaku a ohybu. Dochází ke spolupůsobení klenby s materiálem zásypu a významné redistribucí zatížení a vnitřních sil.
- Zdivo současně v důsledku své téměř nulové tahové pevnosti v zásadě neumožňuje přenos tahových sil, a v návaznosti na působícím zatížení tak dochází ke změnám tuhosti konstrukce a změně průběhu tlakové čáry v konstrukci.
- **Vlivem těchto skutečností vede úloha stanovení zatížitelnosti a přechodnosti na nelineární analýzu a iterační výpočet.**





Posouzení MSÚ

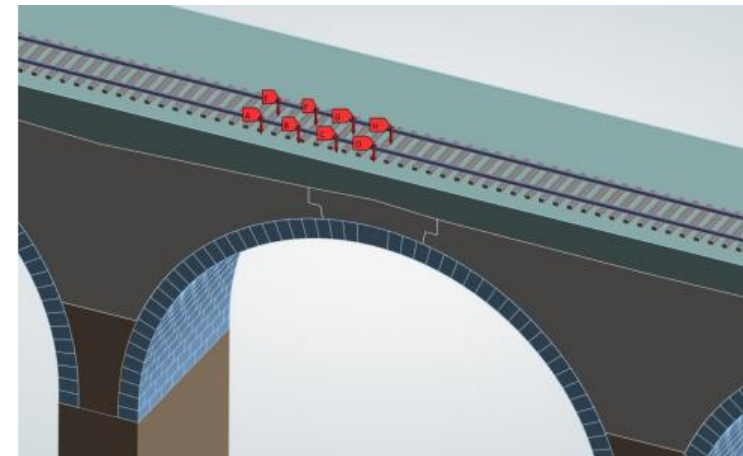
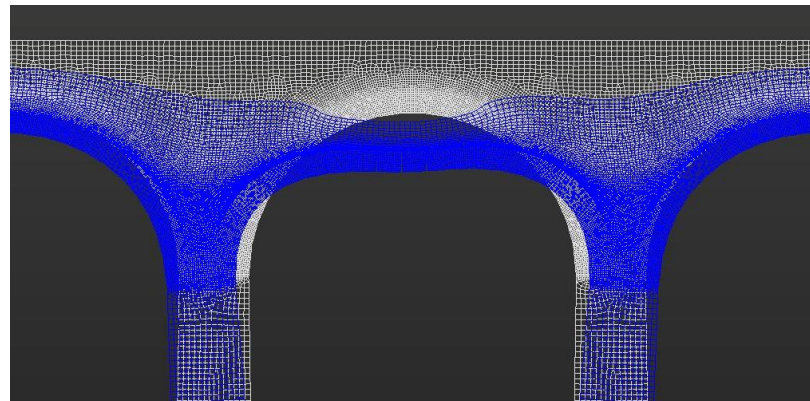
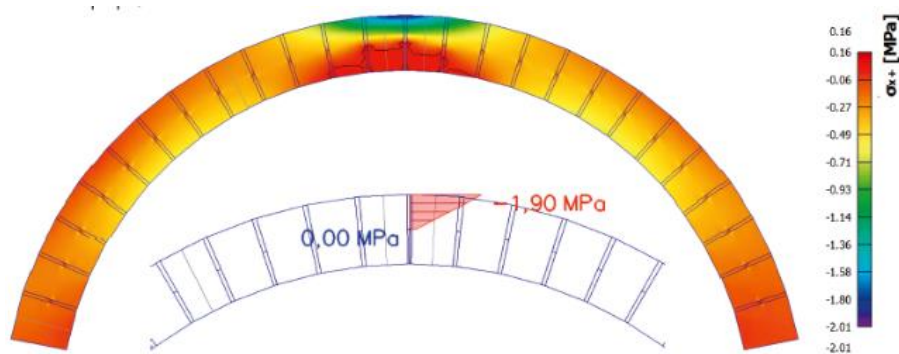
- Chování konstrukce se mění se zvyšujícím se zatížením, rozdílný přístup pro MSÚ a MSP
- MSÚ velké deformace před kolapsem – čtyřkloubový mechanismus nebo smykové porušení
- Nejvíce používaný způsob výpočtu - metoda mezní rovnováhy v LimitState RING
- Do výpočtu musí být zahrnuty zjištěné materiálové charakteristiky, skutečná geometrie a poruchy zjištěné diagnostickým průzkumem





Posouzení provozních stavů - MSP

- MSP ověření chování při provozu - pružné chování konstrukce (tzn. nevznikají plastické klouby, bez významných deformací)
- Pro charakteristickou kombinaci zatížení ověřit, že tlakové napětí v klenbě nepřekračuje $0,45 f_k$ (45 % charakteristické pevnosti zdiva), že **otevření spáry není větší než polovina tloušťky průřezu (min. polovina průřezu zůstává tlačaná), tento posudek nejčastěji rozhoduje o zatížitelnosti konstrukce**
- Podle předpisu SŽ S5/1 a ČSN P 73 6213 lze zanedbat či uvažovat snížené zatížení teplotou

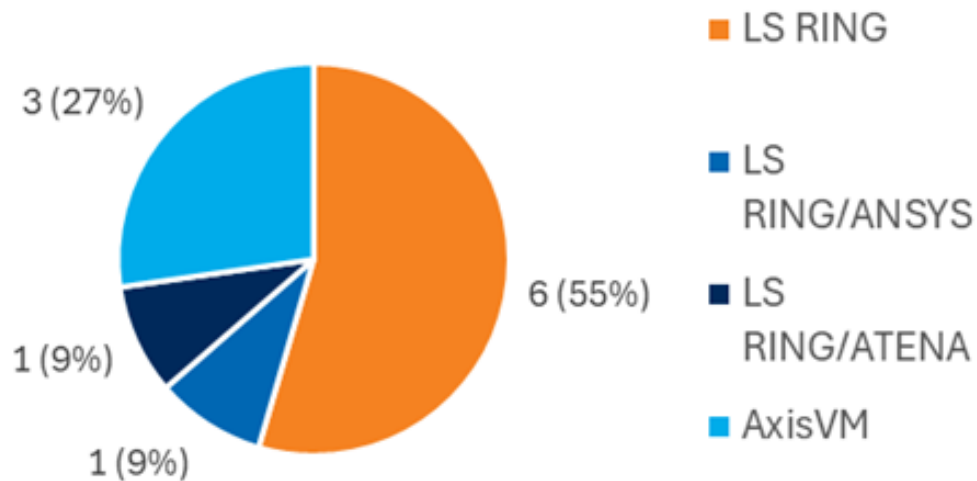




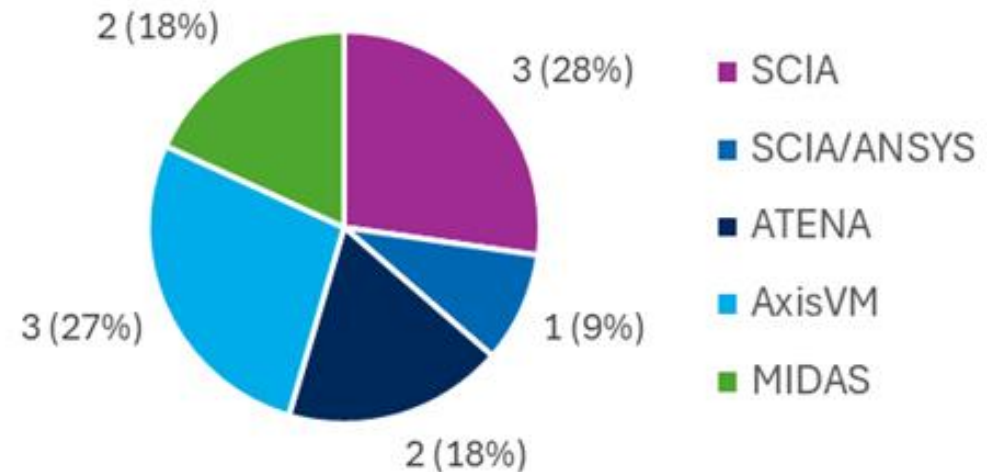
Výpočetní analýza v projektu

- Podrobný přepočet kategorie C podle SŽ S5/1
- Pro posouzení MSÚ ve většině případů metoda mezní rovnováhy v programu LS RING
- Pro posouzení MSP více běžných MKP programů, zpravidla 2D deskový model a nelineární výpočet, v případě složitějších konstrukcí aplikován 3D model

Programy využívané k posouzení MSÚ



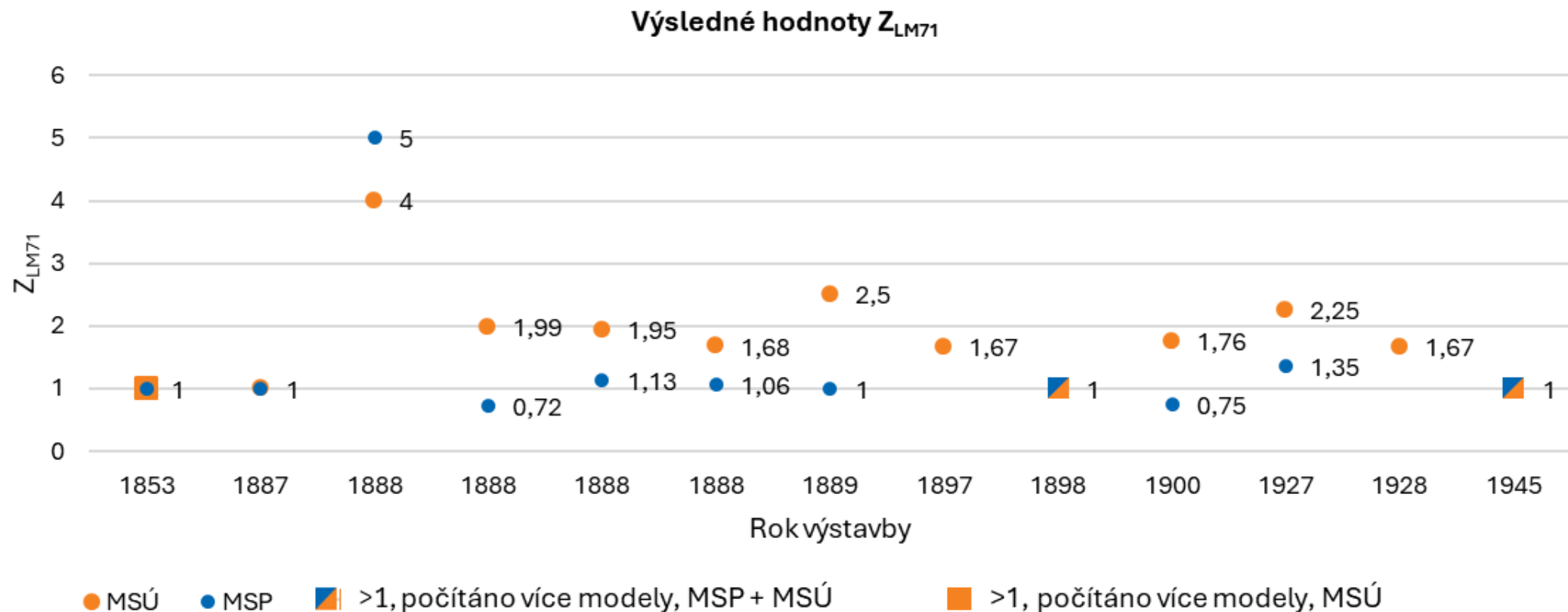
Programy využívané k posouzení MSP





Vyhodnocení zatížitelnosti řešených mostů

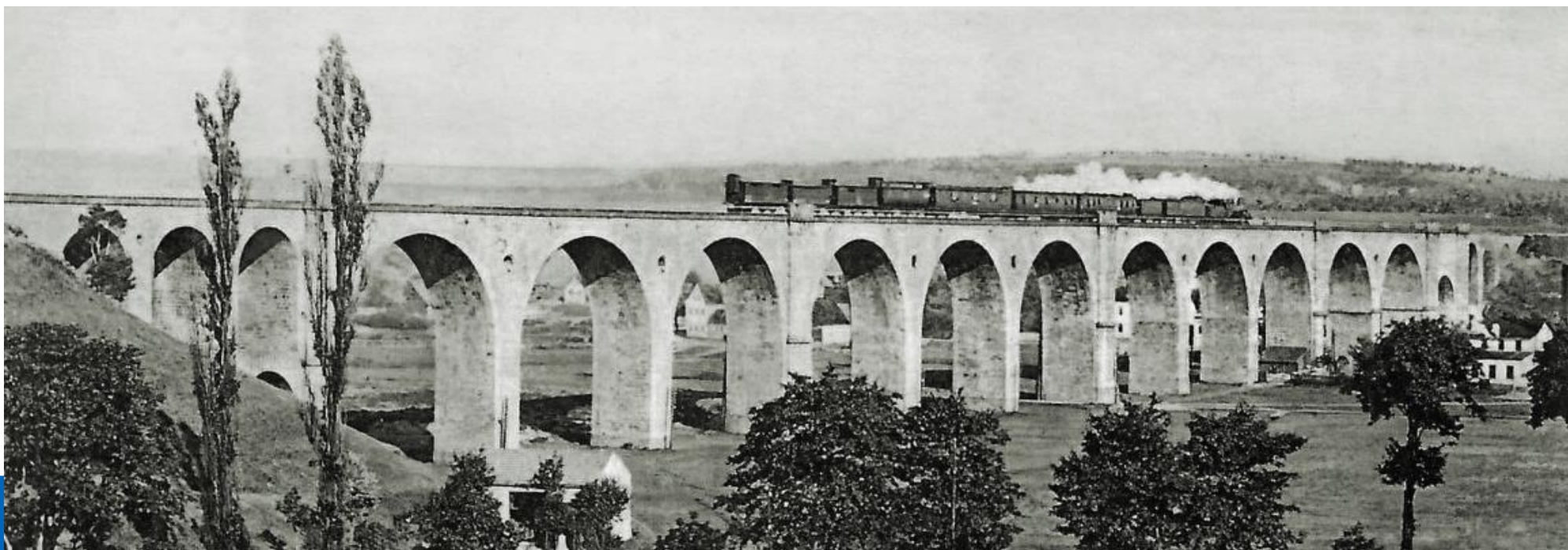
- U většiny klenbových mostů zatížitelnost vyhodnocena jako $Z_{LM71} \geq 1$
- Zpravidla rozhodující posudek MSP (ověření min. tlačené výšky průřezu)





Závěry

- Zděné klenbové mosty lze zařadit k nejstarším a nejtrvanlivějším typům mostních konstrukcí na železnici, průměrné stáří cca 150 let, nejstarší přes 180 let
- Dnes se jedná již o historické typy konstrukcí, které se nově nenavrhují.
- Ačkoliv vykazují mimořádnou životnost, nejsou zcela imunní vůči degradačním procesům.
- V rámci projektu Strategická přemostění bylo diagnostikováno a výpočetně analyzováno celkem 11 klenbových mostů, jednalo se zpravidla o vícepolové viadukty (101 NK).





Závěry

- Diagnostické průzkumy provozovaných klenbových mostů neodhalily žádné závažné poruchy s významným vlivem na spolehlivost.
- Výsledky přepočtů ukázaly, že tyto konstrukce jsou schopné spolehlivě odolávat i stále se zvyšujícím nárokům na železniční dopravní zatížení.
- Závěry z vyhodnocení DP se obecně shodují – při zajištění správné funkce hydroizolace a odvodnění lze předpokládat zajištění dlouhodobé životnosti a trvanlivosti.
- Zděné klenbové mosty představují konstrukčně spolehlivé a ověřené řešení, které při adekvátní péči a údržbě může ještě dlouho bezpečně sloužit v podmínkách moderní železniční dopravy.





KLOKNERŮV
ÚSTAV
ČVUT V PRAZE

Děkuji za
pozornost

Strategická přemostění Správy železnic



Volně ke stažení: <https://www.spravazeleznic.cz/dodavatele-odberatele/technicke-pozadavky-na-vyrobky-zarizeni-a-technologie-pro-zdc/zeleznicni-mosty-a-tunely/2.8-strategicka-premosteni>