



INTERREG V-A
SLOVENSKÁ REPUBLIKA
ČESKÁ REPUBLIKA



EURÓPSKA ÚNIA
EURÓPSKY FOND
REGIONÁLNEHO ROZVOJA

SPOLOČNE BEZ HRANÍC

NÁZEV PROJEKTU:

Podpora edukačných aktivít pre výchovu mladých odborníkov v oblasti mostného staviteľstva v cezhraničnom regióne

EDUMOS



VŠB TECHNICKÁ
UNIVERZITA
OSTRAVA

Projekt je podporovaný z programu Interreg V-A Slovenská republika – Česká republika
a spolufinancovaný z Európskeho fondu regionálneho rozvoja



INTERREG V-A
SLOVENSKÁ REPUBLIKA
ČESKÁ REPUBLIKA



EURÓPSKA ÚNIA
EURÓPSKY FOND
REGIONÁLNEHO ROZVOJA

SPOLOČNE BEZ HRANÍC

NÁZEV PŘEDNÁŠKY:

Hodnocení a diagnostika ocelových mostů ...aktuální poznatky v oboru ...

doc. Ing. Pavel Ryjáček, Ph.D.



VŠB TECHNICKÁ
UNIVERZITA
OSTRAVA

Projekt je podporovaný z programu Interreg V-A Slovenská republika – Česká republika
a spolufinancovaný z Európskeho fondu regionálneho rozvoja



Hodnocení ocelových mostů

Úvod

Obsah přednášky:

1. Diagnostický průzkum ocelových mostů
 - Podrobný průzkum konstrukce
 - Zjištění trhlin a nehomogenit
 - Stanovení parametrů základního materiálu
 - Metodika korozních průzkumů
2. Normativní předpisy pro hodnocení konstrukcí
3. Hodnocení únavové životnosti ocelových mostů
4. Case study – Most Lužná

EDUMOS



INTERREG V-A
SLOVENSKÁ REPUBLIKA
ČESKÁ REPUBLIKA



EURÓPSKA ÚNIA
EURÓPSKY FOND
REGIONÁLNEHO ROZVOJA
SPOLOČNE BEZ HRANÍC

Hodnocení ocelových mostů

Diagnostický průzkum ocelových mostů

Projekt je podporovaný z programu Interreg V-A Slovenská republika – Česká republika
a spolufinancovaný z Európskeho fondu regionálneho rozvoja



Podrobný průzkum konstrukce

- Vady a poruchy, které mají vliv na **únosnost a bezpečnost mostu** a jeho **statické působení**.
- Ověření **statické funkce mostu** – ložiska, mostní závěry, čepy, klouby, styčníky.
- **Poruchy šroubů a nýtů**. Jde zejména o jejich porušení lomem, případně nadměrné deformace v otvoru a související ztráta předpětí.
- Hodnocení deformací a chování **při průjezdu dopravy**. Jde o nezbytnou součást každé diagnostiky, kdy lze zjistit vady a poruchy, které jsou jinak nezjistitelné.





Podrobný průzkum konstrukce

- Kontrola **rizikových styčníků**. Jedná se o styčníky, které jsou zásadní pro únosnost a stabilitu konstrukce.



Vítkovice – průmyslový most

Projekt je podporovaný z programu Interreg V-A Slovenská republika – Česká republika
a spolufinancovaný z Európskeho fondu regionálneho rozvoja



Podrobný průzkum konstrukce

- Kontrola prvků náchylných **ke ztrátě stability** - štíhlé tlačené nebo ohýbané prvky, ke ztrátě stability může přispívat zvětšená imperfekce prvku (náraz vozidla).



Podpření bytového domu, Holešovice



Most Vráž po nárazu vozidla

Projekt je podporovaný z programu Interreg V-A Slovenská republika – Česká republika
a spolufinancovaný z Európskeho fondu regionálneho rozvoja



Podrobný průzkum konstrukce

- Kontrola prvků náchylných na **vznik únavového lomu** - tažené či ohýbané prvky, únavové detaily, oblasti náhlé změny průřezu či změny svaru, křížení svarů, svarové přípoje styčnickových plechů, výztuh stěn nosníků nebo diafragmat komorových průřezů, vady a nehomogenity materiálu, povrchové vady materiálu.



Nízkocycklová únava – provizorium MS Chrastava

Projekt je podporovaný z programu Interreg V-A Slovenská republika – Česká republika
a spolufinancovaný z Európskeho fondu regionálneho rozvoja



Podrobný průzkum konstrukce

- Kontrola prvků náchylných na **vznik únavového lomu** - tažené či ohýbané prvky, únavové detaily, oblasti náhlé změny průřezu či změny svaru, křížení svarů, svarové přípoje styčnickových plechů, výztuh stěn nosníků nebo diafragmat komorových průřezů, vady a nehomogenity materiálu, povrchové vady materiálu.



Vylamování podélníků



Změna průřezu pásnice

Projekt je podporovaný z programu Interreg V-A Slovenská republika – Česká republika
a spolufinancovaný z Európskeho fondu regionálneho rozvoja



Podrobný průzkum konstrukce

- Koroze.



*Koroze pod lokálním tlakem železničního pražce,
použitého pro mostovku (most plukovníka
Šrámka)*



Štěrbínová koroze



Podrobný průzkum konstrukce

- Koroze.



*Železný brod – ocelové nosníky s
kamennou deskou*



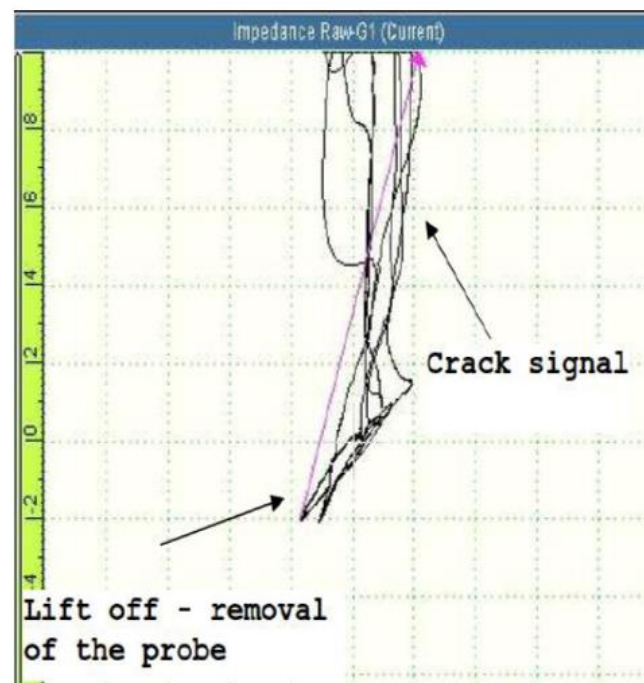
*Koroze mostnic Zores – vpravo po odkrytí v
Pamětníku*

Projekt je podporovaný z programu Interreg V-A Slovenská republika – Česká republika
a spolufinancovaný z Európskeho fondu regionálneho rozvoja



Zjištění trhlin a nehomogenit

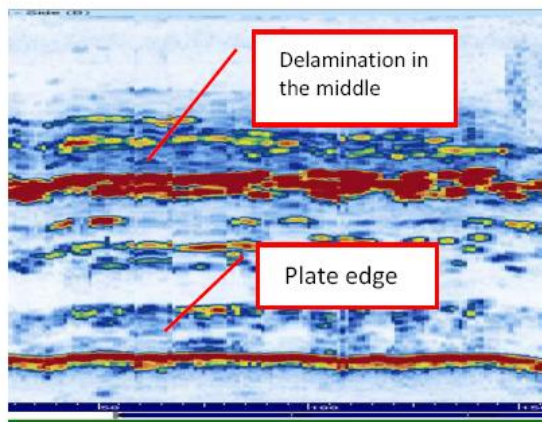
- Pro zjištění trhlin, zejména únavového charakteru, se doporučuje v prvním kroku využít **vizuální hodnocení při přejezdu** dopravy. Dále lze na vybraných či podezřelých místech využít následující doporučené metody:
- **MT – magnetická zkouška**, umožňuje zjišťovat povrchové nebo těsně podpovrchové (max. asi 2 - 3 mm) vady. Její výhodou je plošná detekce v rozsahu nanesení magnetického prášku a rychlé provádění i bez odstranění nátěrů. Je ale nezbytné odstranění hrubých korozních produktů.
- **ET – vířivé proudy**. Výhodou je, že není nutný kontakt mezi sondou a materiálem, zkoušku lze provádět i bez odstranění PKO. Nevýhodou je omezení detekce na cca 4 mm.



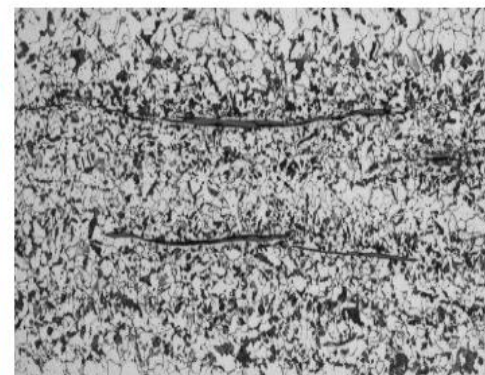
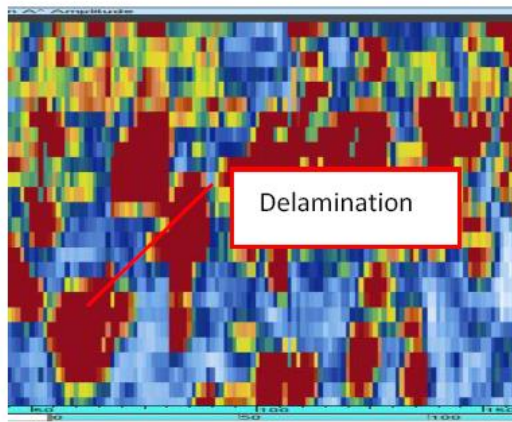


Zjištění trhlin a nehomogenit

- **PA – Phased Array** - technologie fázového pole využívá vícenásobných ultrazvukových prvků a elektronického zpoždování pulsů k vytváření zvukových paprsků, které se dají elektronicky směřovat, vychylovat a zaostřovat a lze tak dosahovat vysokých přesností, rychlosti kontroly a provádění vícenásobných úhlových kontrol. Technologie poskytuje lepší a komplexnější a zaznamatelné výsledky a doporučuje se ji provádět místo klasické UT zkoušky. Metodu PA lze použít pro zjištění únavových trhlin a vnitřních nehomogenit.
- U plechů tloušťky **nad 30 mm** se při diagnostickém průzkumu doporučuje, zejména pokud slouží jako podklad pro rekonstrukci mostu, ověřit plech na přítomnost vměstků, delaminace a vnitřních nehomogenit. Pro zjištění se doporučuje provedení mapování metodou PA.



Sken PA – profil, půdorys

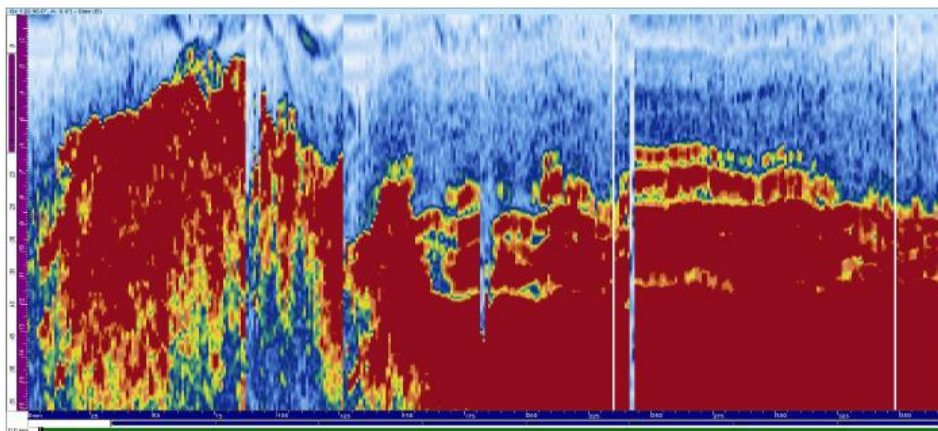


metalografický výbrus s vměstkem



Zjištění trhlin a nehomogenit

- **PA – Phased Array**
- Další aplikací je korozní mapování, to se provádí z opačné strany, než je korozní poškození a je ideální pro diagnostiku štěrbinové koroze a vnitřní koroze dutých profilů.
- Dobrá metoda pro zjištění zdvojení materiálu a vad z důvodu válcování



Sken z PA mapování



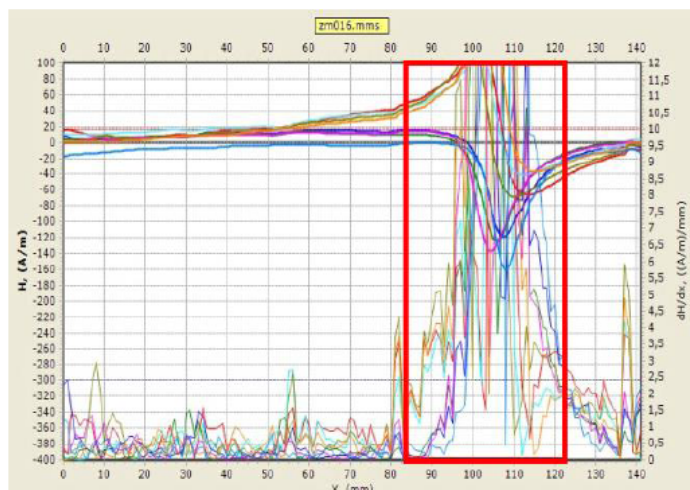
Pohled na měřený profil

Projekt je podporovaný z programu Interreg V-A Slovenská republika – Česká republika
a spolufinancovaný z Európskeho fondu regionálneho rozvoja



Zjištění trhlin a nehomogenit

- **MPM - Magnetická Paměť Materiálu** - založená na snímání intenzity magnetického pole H ve formě zbytkové magnetizace na povrchu materiálu pomocí sond.
- Zbytková magnetizace materiálu je ovlivňována procesem výroby, obráběním, dělením, svařováním, ohýbáním, tepelným zpracováním, ochlazováním, provozním namáháním atd.
- Podobná magnetizace materiálu nastává při procesu degradace materiálu v provozu vlivem degradačních podmínek – **únava materiálu, případná koroze** apod.
- Na základě vyhodnocení pak můžeme určit místa se zvýšenou koncentrací napětí (**Stress Concentration Zones – SCZ**), kde je zvýšená pravděpodobnost výskytu defektů v materiálu. Podstatnou výhodou této metody je rychlost měření a také to, že není potřeba upravovat povrch sledovaného materiálu.

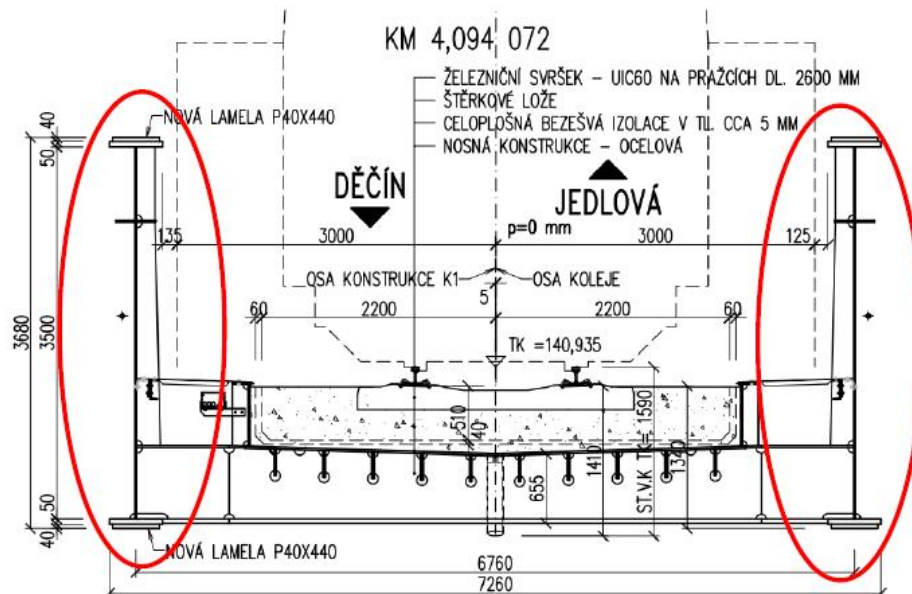


Projekt je podporovaný z programu Interreg V-A Slovenská republika – Česká republika a spolufinancovaný z Európskeho fondu regionálneho rozvoja



Zjištění trhlin a nehomogenit - příklad

- Rekonstrukce mostu „Malá Hrabovka“ (vyroben 1992) při jeho znovuvyužití
- Na základě objednávky SŽDC s.o. probíhalo vizuální hodnocení mostu a podkladů zhotovitele (Metrostav) i projektanta (Topcon) při výrobě NOK
- Na mostě zjištěny vnitřní vady v základním materiálu.
- Z původní NK byly získány materiálové vzorky, které byly podrobeny laboratorní analýze.

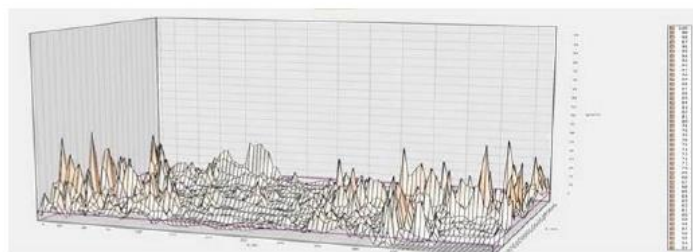


Projekt je podporovaný z programu Interreg V-A Slovenská republika – Česká republika
a spolufinancovaný z Európskeho fondu regionálneho rozvoja

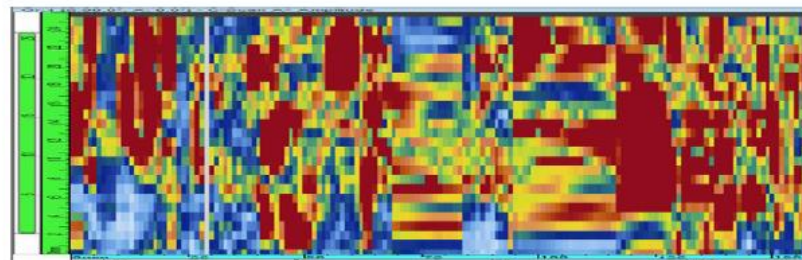
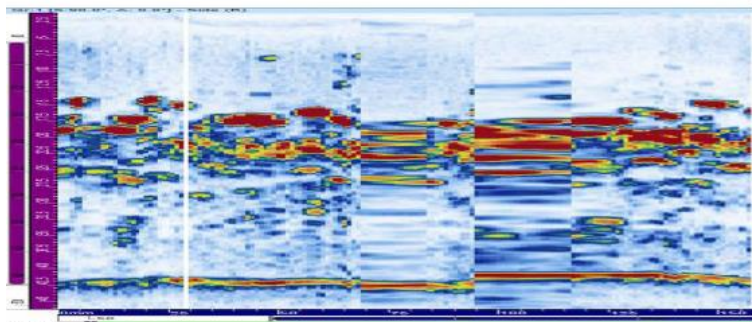


Zjištění trhlin a nehomogenit - příklad

- Při výrobě dále zjištěny rozsáhlé **vady v materiálu a nehomogenity**, které vedly nakonec k nepoužití SOK
- Získány a od SŽDC předány materiálové vzorky
- Zkouška **MPM** – magnetická paměť materiálu (Preditest) - bez SCZ – stress concentration zones



- Zkouška **PA** – Phased Array (RTD QUALITY SERVICES) – nalezeny indikace a nehomogenity

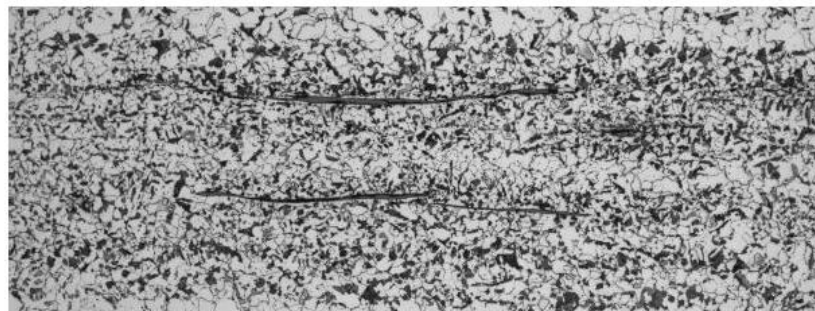
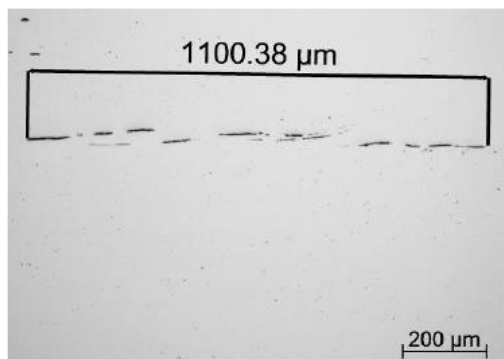


Projekt je podporovaný z programu Interreg V-A Slovenská republika – Česká republika
a spolufinancovaný z Európskeho fondu regionálneho rozvoja



Zjištění trhlin a nehomogenit - příklad

- Provedení metalografie a zkoušky mikrostruktury (SVÚM)
- Od 1/3 tloušťky vysoká četnost nekovových vměstků - sulfidické a oxi-sulfidické inkluze až několik milimetrů, dlouhé uskupení hlinitanových inkluzí a mikropórů.
- Ultrazvuková echa indikovaly nekovové vměstky a diskontinuity, popř. perlitické pásy.
- Lze předpokládat, že tyto inkluze jsou důsledkem nedokonalého procesu válcování.



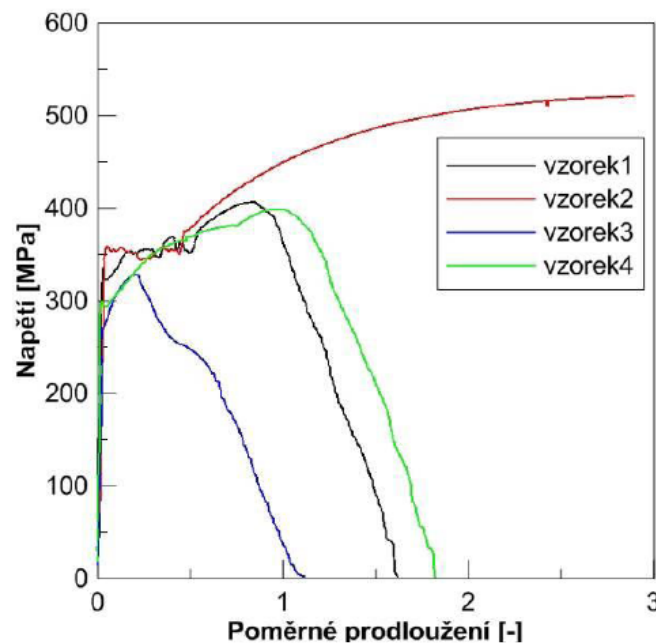
Projekt je podporovaný z programu Interreg V-A Slovenská republika – Česká republika
a spolufinancovaný z Európskeho fondu regionálneho rozvoja



Zjištění trhlin a nehomogenit - příklad

- Vliv na mechanické vlastnosti oceli. Zkoušky:
 - zkouška tahem kolmo k rovině plechu
 - zkouška tahem v rovině plechu
 - zkouška rázem za ohybu při -20°C podélně a příčně na směr válcování.
- Významný vliv na pracovní diagram (v rovině f_y cca 360 MPa, f_u cca 520 MPa)

Číslo vzorku	R_{eH} [MPa]	R_{eL} [MPa]	R_m [MPa]	A [%]	Z [%]
1	334	323	406	7,8	13,3
2	359	344	522	18,5	25,2
3	270	270	328	5,0	14,2
4	299	294	399	8,7	24,6



Projekt je podporovaný z programu Interreg V-A Slovenská republika – Česká republika a spolufinancovaný z Európskeho fondu regionálneho rozvoja

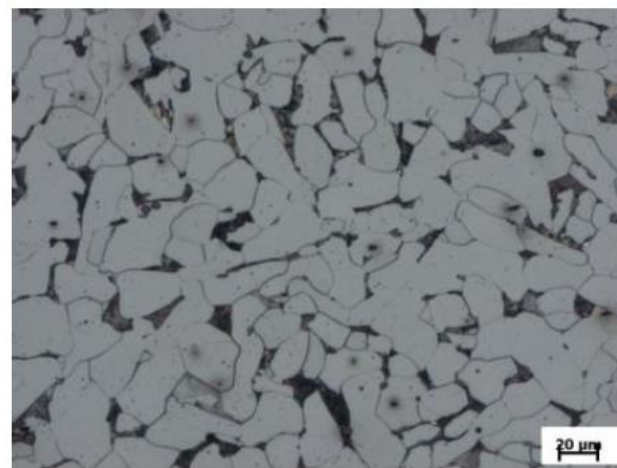


Stanovení parametru základního materiálu

- Tabulkové hodnoty jsou bezpečné, obvykle lze docílit vyšších hodnot po provedení zkoušek
- **Kombinace destruktivních a nedestruktivních metod**
- Důvodem je, že odběry materiálových vzorků lze většinou provádět na podružných prvcích, jen zřídka na důležitých a rozhodujících
- Nutno volit typové prvky - úhelníky, plechy, pásovina (cca min. 4-6 míst/NK)
- Metalografie, chemické složení, vrubová houževnatost -20°C , zkouška tahem
- Vrubová houževnatost obvykle u plávkových ocelí nízká, okolo cca $5-10 \text{ J/cm}^2$, lepší vrubovka u svářkové oceli nebo moderních ocelí



Svářková ocel



Plávková ocel



Příklad: Most v Kuksu:

- Příhradová ocelová konstrukce
- Odběry vzorků – celkem 9ks
- Úhelníky - zřetelná mez kluzu cca $f_y = 280$ Mpa, pevnost $f_u = 390$ Mpa
- Pásovina z horní pásnice – křehké porušení bez meze kluzu, $f_u = 290$ MPa.
- Riziko náhlého porušení konstrukce vlivem křehkého porušení
- V případě odebrání vzorků pouze z úhelníkových profilů by nedošlo ke zjištění nebezpečného chování pásoviny na horním pase i diagonálách

č.	Poloha vzorku	f_y [MPa]	f_u [MPa]
1	úhelník - horní pás	279,7	386,1
2	úhelník - horní pás	251,4	344,4
3	úhelník - svislice	312,7	411,3
4	úhelník - svislice	276,9	421,3
5	Plech – stojina HP	273,6	386,2
6	Plech – pásnice HP		267,9
7	Plech – pásnice HP		283,6
9	Plech – pásnice HP		320,7





Stanovení parametru základního materiálu

- Provedení tvrdoměrných zkoušek na celé konstrukci - 30-40 míst, provádění je rychlé a jednoduché
- Tvrdost měřena na každém typovém prvku a rozhodujících prvcích a koreluje z pevností oceli
- Vyhodnocení tahových zkoušek dle variačního součinitele z tvrdoměrných zkoušek – podchycení reálné variability materiálu v konstrukci



Tvrdoměr



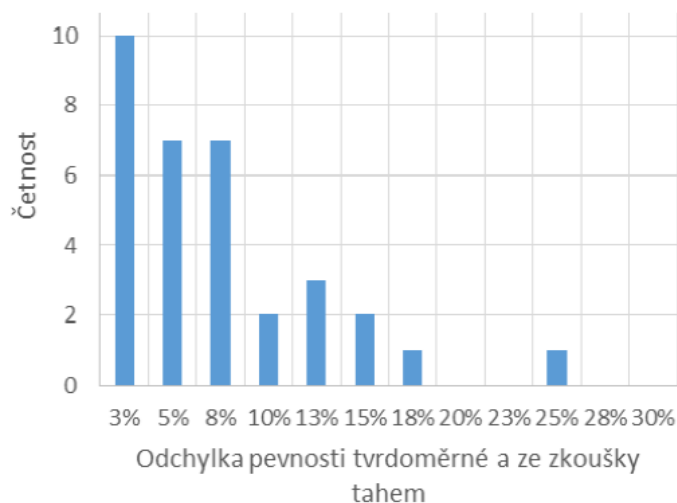
Zkušební místo

Projekt je podporovaný z programu Interreg V-A Slovenská republika – Česká republika
a spolufinancovaný z Európskeho fondu regionálneho rozvoja



Stanovení parametru základního materiálu

- Vyhodnocení tahových zkoušek dle variačního součinitele z tvrdoměrných zkoušek – podchycení reálné variability materiálu v konstrukci
- Příklad na 8 železničních mostech:



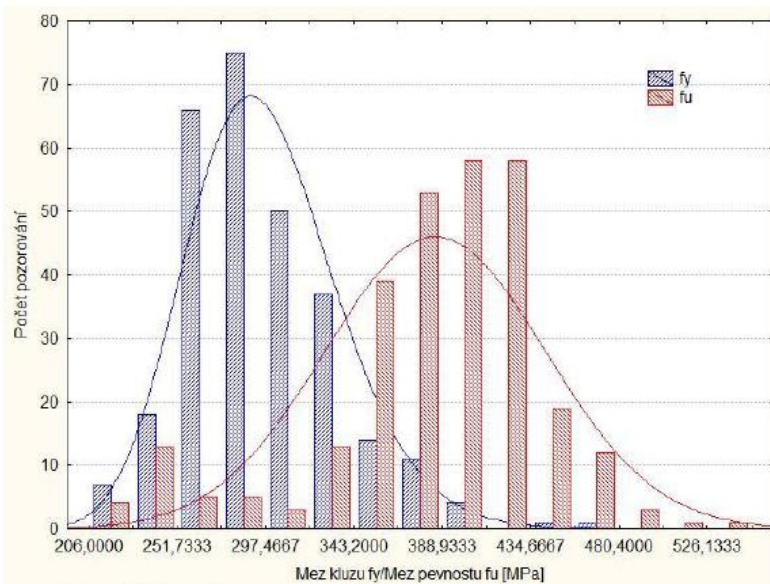
TU 2101, km 74,798 – Kojetín	1953	$f_{yd}=197,4$ MPa	KCV = 7 J/cm ²
TU 1331, km 75,540 - Hanušovice	1874	$f_{yd}=196,6$ Mpa	KCV = 15,5 J/cm ²
TU 2191, km 28,161 - Domašov	1899	$f_{yd}=228,5$ MPa	KCV = 9 J/cm ²
TU 0821, km 1,508 - Kralupy	1964	$f_{yd}=213$ MPa	KCV = 8/14 J/cm ²
TU 206, km 2,512 - Záběhllice	1962	$f_{yd}=179,8$ Mpa	KCV = 7 J/cm ²
TU 0581, km 215,615 - Postoloprty	1872	$f_{yd}=200,4$ MPa	KCV = 5 J/cm ²
TU 0502, km 200,916 - Žatec	1907	$f_{yd}=216,9$ MPa	KCV = 9 J/cm ²
TU 2362, km 25,938 - Lužná	1927 , 1937	$f_{yd}=219,2$ MPa	KCV = 8 J/cm ²

Projekt je podporovaný z programu Interreg V-A Slovenská republika – Česká republika a spolufinancovaný z Európskeho fondu regionálneho rozvoja

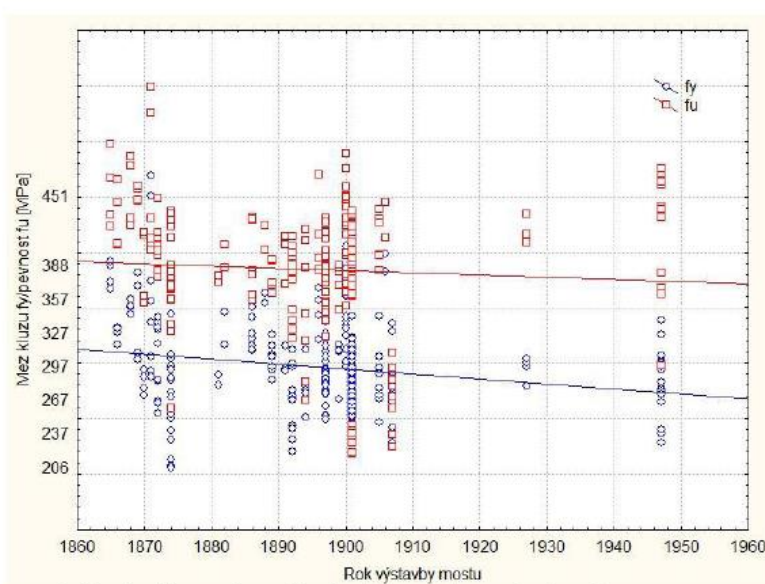


Stanovení parametru základního materiálu

- Výsledky zkoušek z 35 mostů, výsledky, a to zejména mez kluzu a pevnost, mohou být zajímavé pro odbornou veřejnost jako určité vodítko při posuzování a hodnocení obdobných konstrukcí.
- Zobrazeny jsou mosty postavené mezi lety 1865 až 1947, celkem o 284 zkušebních vzorků.
- Pro celou skupinu zkoušek $f_{y,min}=206$ MPa, $f_{y,prům}=296$ MPa, $f_{y,k}=241$ MPa.
- Je tedy patrné, že provedení materiálových zkoušek a diagnostického průzkumu může vést k daleko příznivějším hodnotám, než aplikace normativních hodnot.



Rozdělení pevností a mezí kluzu



Výsledky zkoušek dle roku výstavby

Projekt je podporovaný z programu Interreg V-A Slovenská republika – Česká republika
a spolufinancovaný z Európskeho fondu regionálneho rozvoja



Metodika korozních průzkumů

- **Koroze.** Rozeznává se koroze bodová, místní, rovnoměrná, nerovnoměrná, silná, lístková, koroze ve styčnicích OK, korozní únava, štěrbinová, koroze svaru, prorezavění, podkorodování nátěru, odlupování nátěru, puchýřování nátěru.
- Z hlediska přepočtu zatížitelnosti je zásadní stanovení **korozního oslabení** NK.
- Nejvýraznější korozní oslabení se vyskytuje na vodorovných plochách prvků ve špatně větraných detailech zanášených nečistotami (vodorovné plochy krčnicích úhelníků pasů, vodorovné styčnickové plechy, vodorovné plochy spodních pasů), případně na prvcích nechráněných před účinky vody



Projekt je podporovaný z programu Interreg V-A Slovenská republika – Česká republika
a spolufinancovaný z Európskeho fondu regionálneho rozvoja



Metodika korozních průzkumů

- Pro každý prvek samostatná karta, oslabení maximální a průměrné na dílčích částech prutu (pásnice a stojina vlevo-vpravo), měření šuplerou, tloušťkoměrem

PRŮZKUM KORÓZNÍHO OSLABENÍ OK

PRVEK : DOLNÍ PÁS -

KOLEJ č.

1 - 2

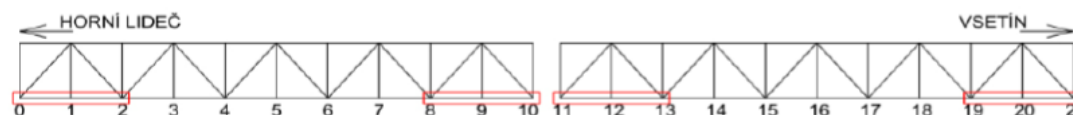
MOST V KM TÚ

PŘÍHRADA :

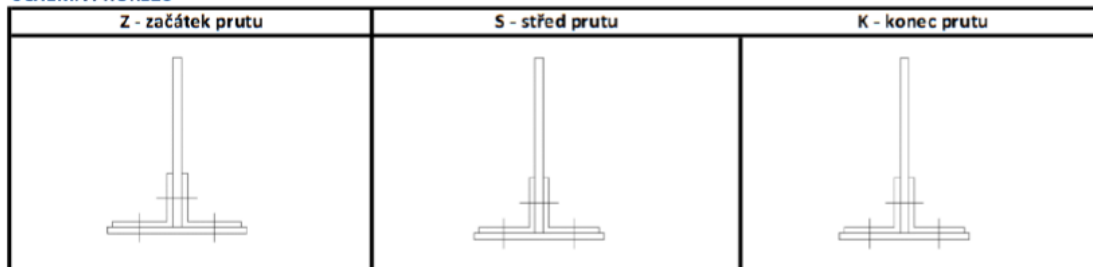
STRANA

L + P

SCHEMA KONSTRUKCE



SCHEMA PRŮŘEZU



H - HORNÍ PÁSNICE, S - STOJINA, D - DOLNÍ PÁSNICE

S - 380x18, D - 280x14 + 2x L120x120x12

Korozní oslabení prutu [mm]

č.	φ/max	Rozměr - š/d	č.	φ/max	Rozměr - š/d	č.	φ/max	Rozměr - š/d
1			1			1		
2			2			2		
3			3			3		
4			4			4		
5			5			5		
6			6			6		
POZN:			POZN:			POZN:		



Metodika korozných průzkumů

- Pro přehlednost se doporučuje sestavit i **mapu korozního oslabení**





Metodika korozních průzkumů

- Nepřístupné prvky bez znečištění – využití dronu s dálkově ovládaným fotoaparátem, v případě významnější koroze nebo nečistot je vždy nutná ruční práce (kladivo, lopatka, drátěný kartáč)
- Obecně lze z provedených průzkumů konstatovat, že zjištěné korozní oslabení bylo na většině mostů menší, než by se zdálo z fotografií.



Pohled na oblouk zhora



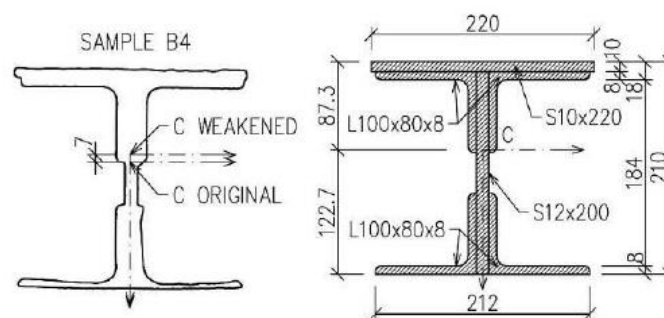
Dron

Projekt je podporovaný z programu Interreg V-A Slovenská republika – Česká republika
a spolufinancovaný z Európskeho fondu regionálneho rozvoja



Proč je podrobný průzkum korozního oslabení nutný?

- Velmi často dochází k záměně – diagnostik uvede maximální oslabení prvku, statik jej implementuje jako průměrné oslabení na všech částech
- Pro zjištění chování zkorodovaných prvků - sada zkušebních vzorků
- Ocelové nýtované příčníky s různou mírou korozního oslabení, odebrané ze skutečné konstrukce
- Statická zatěžovací zkouška 4-bodový ohyb



Projekt je podporovaný z programu Interreg V-A Slovenská republika – Česká republika
a spolufinancovaný z Európskeho fondu regionálneho rozvoja



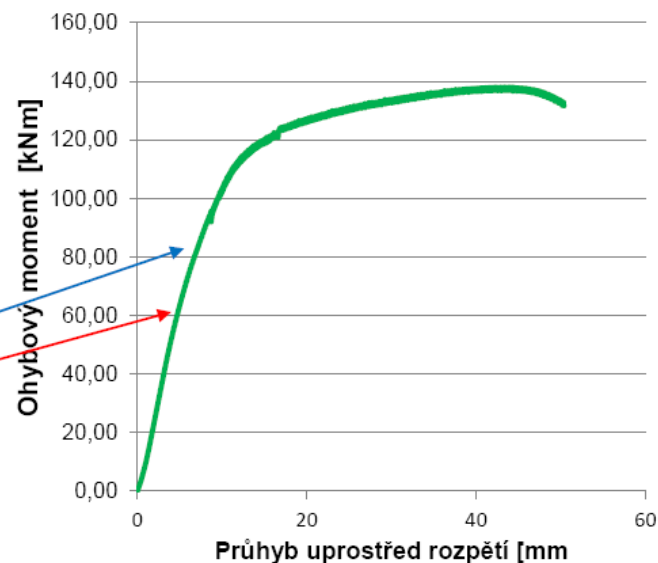
Přepočet mostního objektu – definuje MP

Příklad: Různé metody zohlednění koroze:

- A – použití minimální tloušťky - jednotlivě na dolní, horní pásnici a na stojinu
- **B** – průměrná tloušťka dolní, horní pásnice a stojiny
- **C** – maximální korozní oslabení aplikováno na celý příčný řez

Sample		Mel pro návrh. mez kluzu $f_y=180,2$ MPa	Mel pro návrh. mez kluzu dle ISO $f_y=190,9$ MPa	Mel pro skutečnou mez kluzu $f_y=251$ MPa
		[kNm]	[kNm]	[kNm]
B4	A	70.1	74,3	97.7
	B	81.2	86,0	113.1
	C	62.4	66,1	86.9

B4 – průhyb při zkoušce





Hodnocení ocelových mostů

Normativní předpisy pro hodnocení konstrukcí:



Normativní předpisy pro hodnocení konstrukcí:

- **ČSN ISO 2394/2003** – Obecné zásady spolehlivosti konstrukcí
- **ČSN EN ISO 13822** – Zásady navrhování konstrukcí – Hodnocení existujících konstrukcí
- **ČSN 73 0038** - Hodnocení a ověřování existujících konstrukcí – Doplnující ustanovení
- **SŽ S5/1 Diagnostika, zatížitelnost a přechodnost železničních mostních objektů**
- CEN-TC250 N2176 Draft prCENTS Assessment of Existing Structures – budoucí Eurokód



Normativní předpisy pro hodnocení konstrukcí:

- **ČSN ISO 2394/2003 – Obecné zásady spolehlivosti konstrukcí**
- **Definice obecných zásad pro spolehlivost konstrukcí, nových i existujících**
- **Definice navrhování podle mezních stavů**
- **Principy modelů zatížení, odolnosti**
- **Principy posuzování existujících konstrukcí**
 - Hodnocení má být založeno na obecných principech v ISO 2394
 - Historické předpisy mají být použity **jen jako vodítko** a pomoc při hodnocení
 - Použití skutečných rozměrů konstrukce
 - Zatížení má odpovídat **aktuální** situaci. Lze upravit zejména zatížení stálé, lze upravit dílčí součinitele zatížení
 - Materiálové vlastnosti mají odpovídat existujícímu stavu
 - Modelové nejistoty se uvažují jako pro návrh nového mostu. Nicméně, koeficienty a předpoklady lze stanovit **měřením** na existující konstrukci (**tlak větru**, spolupůsobící šířky atd)



Normativní předpisy pro hodnocení konstrukcí:

- **ČSN ISO 13822/2014 – Zásady navrhování konstrukcí – Hodnocení existujících konstrukcí**
- Původní NA přesunuty do nové ČSN 73 0038
- Několik poznámek k částem:
 - **5 Údaje pro hodnocení**
 - Zatížení se stanovuje podle platných norem
 - Skutečné vlastnosti materiálů a konstrukce
 - **7 Ověřování**
 - Metoda mezních stavů
 - Kontrola **věrohodnosti** – vysvětlit nesoulad mezi nevyhovujícím posudkem a funkční konstrukcí
 - Směrná úroveň spolehlivosti – podle platných norem, nebo na požadovanou úroveň, viz příloha F
 - **8 Hodnocení na základě dřívější uspokojivé způsobilosti**
 - **Vyhovující bezpečnost** – prohlídka bez známek poškození
 - Kontrola nosného systému, z hlediska přenosu napětí
 - Způsobilost v průběhu dostatečně dlouhého intervalu
 - Degradace nemá vliv na trvanlivost, beze změny zatížení
 - **Provozuschopnost** pro budoucí použití – beze známek poškození, degradace, přetížení
 - V dostatečném období vykazuje způsobilost, bez známek kmitání, přetížení..
 - Degradace nemá vliv na trvanlivost, beze změny zatížení



Normativní předpisy pro hodnocení konstrukcí:

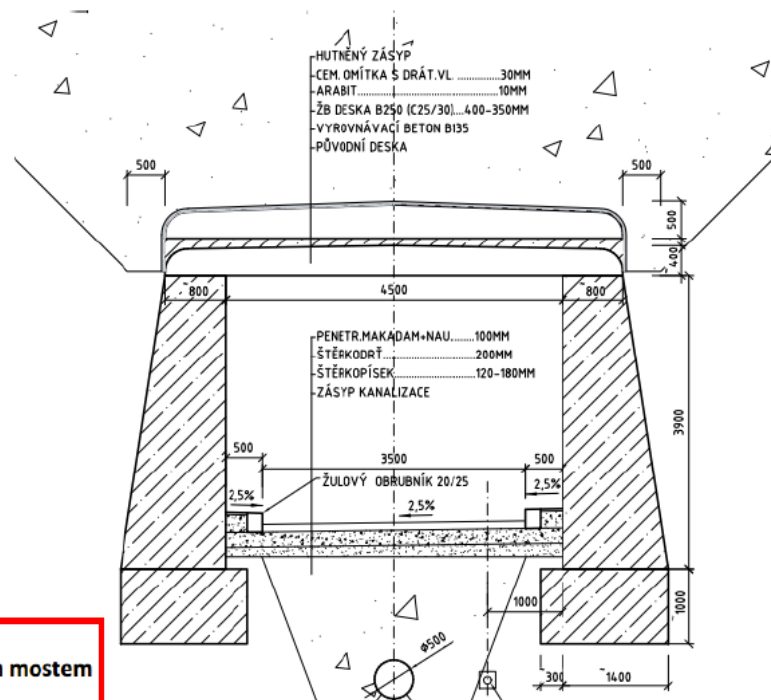
- **Kontrola věrohodnosti – příklad na D1:**
 - Přesýpaný most, výstavba 1940/1972
 - Přepočet zatížitelnosti renomovanou
 - projekční firmou, kde vychází:

6.2. Určení zatížitelnosti a závěr

Zatížitelnost je tedy určena následovně:

$V_N = 0 \text{ t}$	normální zatížitelnost
$V_r = 0 \text{ t}$	výhradní zatížitelnost
$V_e = 0 \text{ t}$	výjimečná zatížitelnost

Most není staticky únosný. Je nutné jej kompletně odstranit a nahradit novým mostem s požadovanou normovou zatížitelností.



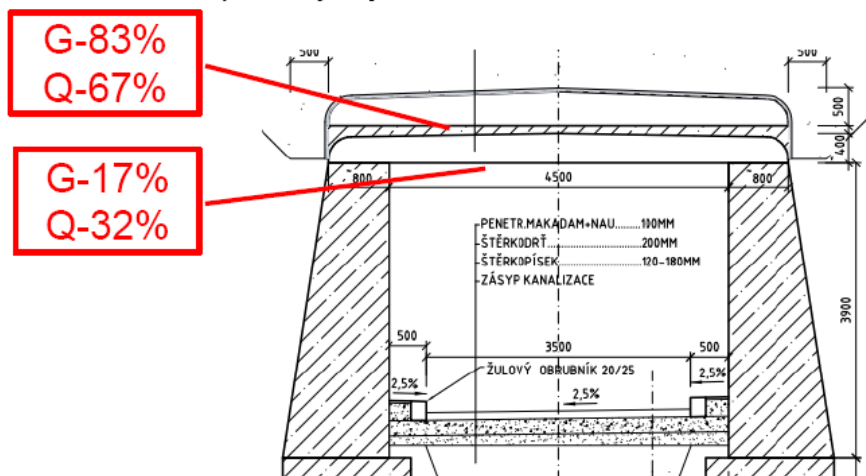
- Most stojí, funguje, beze známek poruch??
- Má investor akceptovat tento závěr??



Normativní předpisy pro hodnocení konstrukcí:

- Kontrola věrohodnosti – příklad na D1:

- roznos zatížení podle tuhosti desek původní/nová
- poměr 32% původní deska, nová deska 67%
- Nevyhověla deska původní, navíc numerická chyba (statik uvažoval roznos pouze v poměru 67/32) !!
- Již po opravě numerické chyby by most pravděpodobně vyhověl
- Hlavně ale – koncepční chyba - omezovat únosnost mostu původní deskou, která je překryta novou konstrukcí?
- Nová NK přenesla vše bez problémů, stará NK je pouze ztracené bednění..
- V reálu pak jsou navzájem spojeny třením, které opět zvyšuje zatížitelnost





Normativní předpisy pro hodnocení konstrukcí:

- **Kontrola věrohodnosti – příklad na D1:**
 - Závěr – přepočet projektantem přepracován:

Původní posudek:

6.2. Určení zatížitelnosti a závěr

Zatížitelnost je tedy určena následovně:

$V_N = 0 \text{ t}$	normální zatížitelnost
$V_r = 0 \text{ t}$	výhradní zatížitelnost
$V_e = 0 \text{ t}$	výjimečná zatížitelnost

Most není staticky únosný. Je nutné jej **kompletně odstranit** a nahradit novým mostem s požadovanou normovou zatížitelností.

7. Závěr

Z dostupných informací o konstrukci je tedy zatížitelnost určena následovně::

• normální zatížitelnost	$V_n = 50 \text{ t}$
• výhradní zatížitelnost	$V_r = 130 \text{ t}$
• výjimečná zatížitelnost	$V_e = 420 \text{ t}$

Nový posudek:



Normativní předpisy pro hodnocení konstrukcí:

- **ČSN 730038 - Hodnocení a ověřování existujících konstrukcí – Doplňující ustanovení**
- Doplňuje **ČSN ISO 13822** a rozvíjí ve vybraných částech
 - 1 Předmět normy
 - 2 Citované dokumenty
 - 3 Termíny, definice, značky
 - **4 Doplňující pokyny k zásadám hodnocení podle ČSN ISO 13822**
 - Zpřesnění zatížení a materiálových vlastností, vč. součinitelů γ
 - Stanovení dílčích součinitelů spolehlivosti zatížení
 - 5 Zkoušky existujících konstrukcí a materiálů
 - 6 Hodnocení existujících betonových konstrukcí
 - **7 Hodnocení existujících ocelových, litinových a spřažených konstrukcí**
 - Parametry historických ocelí, litiny
 - 8 Hodnocení existujících dřevěných a spřažených dřevobetonových konstrukcí
 - 9 Hodnocení existujících zděných konstrukcí
 - **10 Doplňující pokyny k ověřování spolehlivosti existujících mostů**
 - 11 Doplňující pokyny ke konstrukcím objektů kulturních památek



Normativní předpisy pro hodnocení konstrukcí:

- **SŽ S5/1 Diagnostika, zatížitelnost a přechodnost železničních mostních objektů**
- Autor pokynu: prof. Ing. Josef Vičan, CSc. a kol.
- Změny zpracovali:
 - doc. Ing. Pavel Ryjáček
 - Ing. Jan Žitný
 - Ing. Roman Šafář, Ph.D.
 - Ing. Michal Drahorád, PhD.
 - doc. Ing. V. Hrdoušek, CSc.
- kapitola 4, Přílohy A, G, H, K
- Příloha G
- Příloha C, I,
- Příloha C, D, J.
- Příloha C
- Oponentura
 - prof. Ing. Josef Vičan, CSc.
 - Ing. Martin Vlasák



Normativní předpisy pro hodnocení konstrukcí:

- **SŽ S5/1 Diagnostika, zatížitelnost a přechodnost železničních mostních objektů**
- Změny navrženy:
- **Základní část**
- A – ocelové mosty
- C – betonové mosty
- D – zděné mosty
- **Nové části:**
- **G - Korekční součinitele pro zatížení ocelových mostů účinky větru**
- **H - Doporučení pro provádění diagnostického průzkumu ocelových mostů**
- I - Doporučení pro provádění diagnostického průzkumu betonových mostních objektů
- J - Doporučení pro provádění diagnostického průzkumu zděných mostních objektů
- **K - Doporučení pro provedení studijních zatěžovacích zkoušek ocelových a spřažených ocelobetonových mostů pro validaci výpočtového modelu**



Normativní předpisy pro hodnocení konstrukcí:

- **SŽ S5/1 Diagnostika, zatížitelnost a přechodnost železničních mostních objektů**
- **Základní část:**
- Změna součinitele kombinace ψ_0 , pro zatížení větrem jako vedlejší zatížení

Alternativa ověření spolehlivosti	Model zatížení dopravou	Metoda stanovení součinitele síly od zatížení větrem	ψ_0
Stanovení zatížitelnosti a ověření přechodnosti - mosty mladší než 30 let	LM71 Přechodnostní schéma	Zatížení větrem dle kap. G	0,60
		Zatížení větrem dle ČSN EN 1991-1-4	
Stanovení zatížitelnosti a ověření přechodnosti - mosty starší než 30 let	LM71 Přechodnostní schéma	Zatížení větrem dle kap. G	0,50
		Zatížení větrem dle ČSN EN 1991-1-4	
	Skutečné vozy dle tabulky 4	Zatížení větrem dle kap. G	0,75
		Zatížení větrem dle ČSN EN 1991-1-4	0,65



Normativní předpisy pro hodnocení konstrukcí:

- **SŽ S5/1 Diagnostika, zatížitelnost a přechodnost železničních mostních objektů**
- **Základní část:**
- Pro přechodnost, a i pro posudek překlopení, lze zatížení bočním rázem snížit na
 - $Q_{sk} = Q_{VK} / 3 + 10 \text{ kN}$.
- Pro posudek překlopení lze upravit hmotnost nezatíženého vlaku dle skutečné dopravy, nebo v rozmezí 11-14 kN/m dle zatížení tratí
- Snížení brzdných a rozjezdových sil pro ověření přechodnosti



Normativní předpisy pro hodnocení konstrukcí:

- **SŽ S5/1 Diagnostika, zatížitelnost a přechodnost železničních mostních objektů**
- **A - Predikční vztah pro tuhost nýťovaných styčníků**
- Tuhosti styčníků doporučujeme stanovit v 3D modelech v IDEA Statica
- Jinak lze využít predikční vztah (Flores, Ryjáček 2017) – závislost tuhosti na I_y připojeného prutu
- Vztahy je nutno uvažovat jako prvotní odhad tuhosti a kriticky zhodnotit s ohledem na reálnou dispozici styčnicku a případně upravit (například pro jednoznačný kloub a vetknutí)

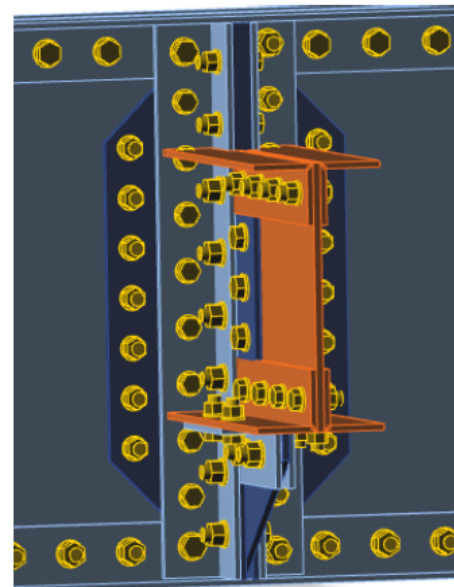
Pro profily do výšky menší než 550 mm lze počáteční ohybovou tuhost styčnicku stanovit jako:
 $S_j = 2 \times 10^{-7} \cdot I + 2.7436 \text{ [MNm/rad]},$

Pro profily výšky od 550 mm do 900 mm lze počáteční ohybovou tuhost styčnicku stanovit jako:
 $S_j = 4 \times 10^{-8} \cdot I + 31.012 \text{ [MNm/rad]},$

kde:

S_j – ohybová počáteční tuhost v MNm/rad

I - moment setrvačnosti připojovaného prutu v mm^4 .





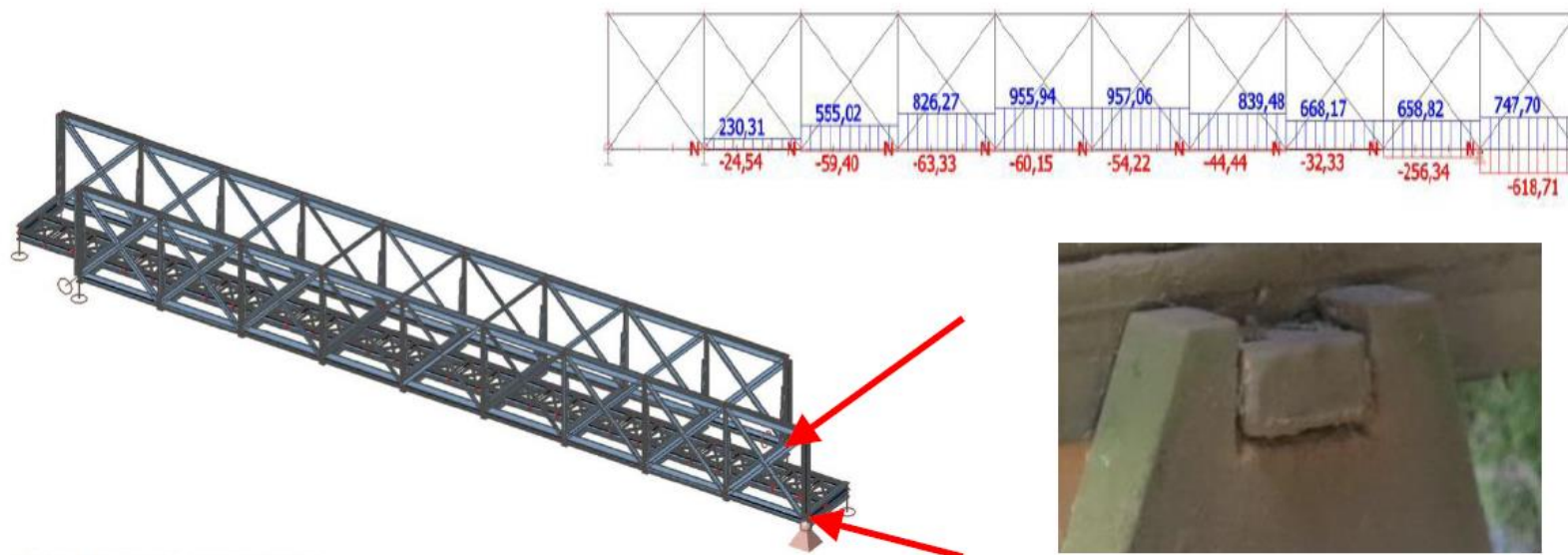
Normativní předpisy pro hodnocení konstrukcí:

- **SŽ S5/1 Diagnostika, zatížitelnost a přechodnost železničních mostních objektů**
- **A - Požadavky na modelování (styčníky, členěné pruty, ložiska)**
- Popis výpočtového modelu mostního objektu
- Popis okrajových podmínek
- Popis uložení
- Způsob modelování přípojů jednotlivých prvků
- Zohlednění excentricit, případných nelinearit,
- Stanovení průřezových charakteristik vlivem koroze – do modelu vkládáme **pouze globální celoplošné oslabení prvků**, lokální oslabení se nezavádí (nebo jen na lokální délce oslabení), neboť může mít významný vliv na vnitřní síly



Normatívni předpisy pro hodnocení konstrukcí:

- **SŽ S5/1 Diagnostika, zatížitelnost a přechodnost železničních mostních objektů**
- **A - Požadavky na modelování (styčníky, členěné pruty, ložiska)**
- Velmi častou chybou je způsob modelování ložisek.
- Stará ocelová pevná ložiska mají v uložení konstrukční vůli, která je obvykle 5 mm. Při působení zatížení tedy dojde nejprve k zatížení, překonávajícímu tření, dále k prokluzu, a až následně fungují jako pevná.
- Pokud je na jedné opěře zadána dvojice ložisek jako pevná, u úzkých mostů dochází k vetknutí mostu na vodorovné účinky větru a vzniku značných reakcí.



Projekt je podporovaný z programu Interreg V-A Slovenská republika – Česká republika
a spolufinancovaný z Európskeho fondu regionálneho rozvoja



Normatívni predpisy pro hodnocení konstrukcí:

- **SŽ S5/1 Diagnostika, zatížitelnost a přechodnost železničních mostních objektů**
- **A - Požadavky na modelování (styčníky, členěné pruty, ložiska)**
- Pohled na most před a při maximálním zatížení
- Patrné zablokování ložisek

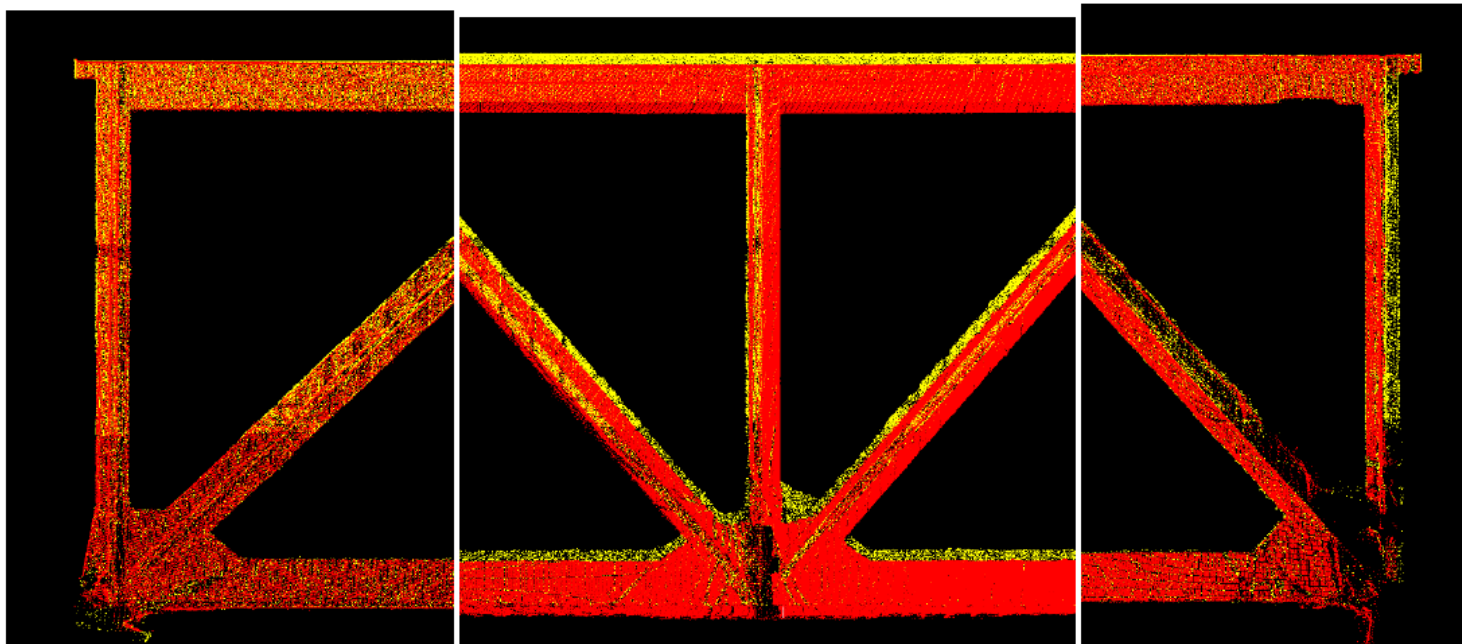


Projekt je podporovaný z programu Interreg V-A Slovenská republika – Česká republika
a spolufinancovaný z Európskeho fondu regionálneho rozvoja



Normativní předpisy pro hodnocení konstrukcí:

- **SŽ S5/1 Diagnostika, zatížitelnost a přechodnost železničních mostních objektů**
- **A - Požadavky na modelování (styčníky, členěné pruty, ložiska)**
- Na druhé straně, vliv zablokování ložisek může být velmi významný, viz most v Petrově nad Desnou
- Stav mostu po zkoušce a odkrytí – posuvná ložiska zablokovaná, zarezlá, dále závěrná zídka na straně posuvného ložiska zabetonována až k NK

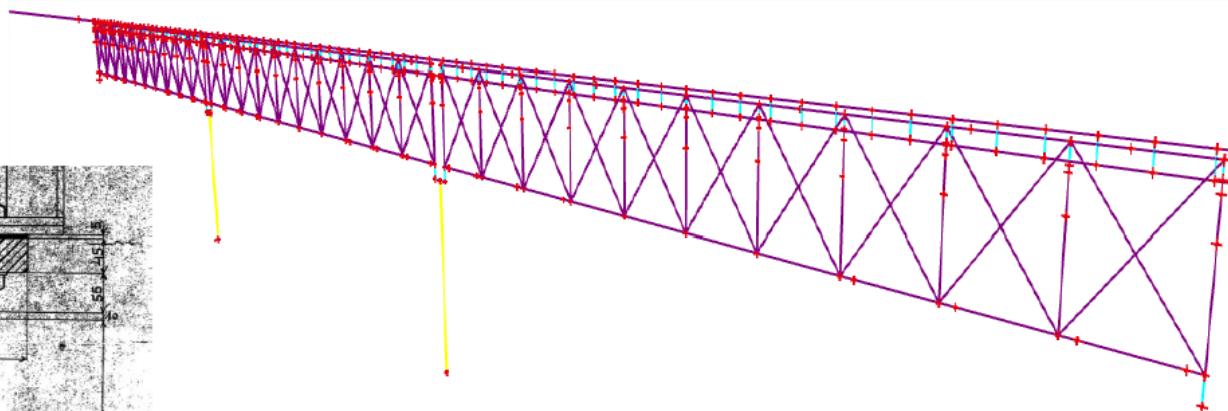
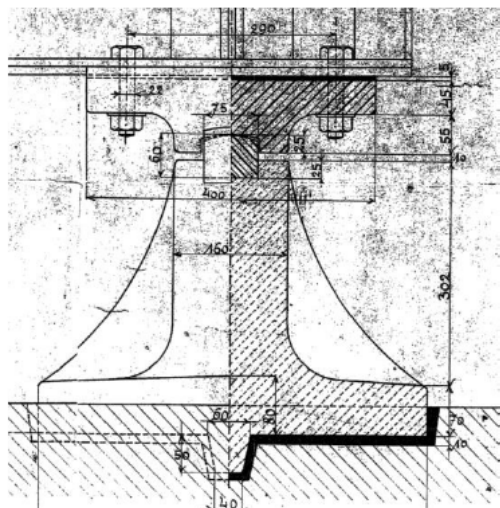


Projekt je podporovaný z programu Interreg V-A Slovenská republika – Česká republika
a spolufinancovaný z Európskeho fondu regionálneho rozvoja



Normativní předpisy pro hodnocení konstrukcí:

- **SŽ S5/1 Diagnostika, zatížitelnost a přechodnost železničních mostních objektů**
- **A - Požadavky na modelování (styčníky, členěné pruty, ložiska)**
- V případě bezstykové koleje na mostě může být velmi účelné provést podrobnější analýzu interakce most/kolej na numerickém modelu.
- Může vést zejména u krátkých mostů k tomu, že velká část brzdných a rozjezdových sil bude přenesena tuhostí koleje, a to díky obvyklé konstrukci vůli v ložiskách



Projekt je podporovaný z programu Interreg V-A Slovenská republika – Česká republika
a spolufinancovaný z Európskeho fondu regionálneho rozvoja



Normativní předpisy pro hodnocení konstrukcí:

- **SŽ S5/1 Diagnostika, zatížitelnost a přechodnost železničních mostních objektů**
- **A - Požadavky na modelování (styčníky, členěné pruty, ložiska)**
- V případě bezstykové koleje může být velmi účelné provést podrobnější analýzu interakce most/kolej na numerickém modelu.
- Problém zjistit vstupní parametry – lze vyjít z (Plášek, 2016)

Bridge structure Bridge deck	Plastic shear resistance k		Displacement u_0	
	observed	rec. ¹⁾	observed	rec. ²⁾
	[kN/m]	[kN/m]	[mm]	[mm]
1. Truss bridge Overhead open deck Bridge timbers – flat support	40	-	0,5	0,5
2. Steel bridge Ballasted deck	20	20 - 40	2,0	2,0
3. Steel bridge Floor ballastless deck Direct fastening	40	-	0,5	0,5
4. Truss bridge Floor open deck Bridge timbers – centric support	5	-	0,5	0,5
5. Combined concrete – steel bridge Ballasted deck	10	20 - 40	2,0	2,0



Normativní předpisy pro hodnocení konstrukcí:

- **SŽ S5/1 Diagnostika, zatížitelnost a přechodnost železničních mostních objektů**
- **A - Redukce kategorie únavového detailu dle korozního poškození**
- Zkoušky únavového chování zkorodovaných prvků
- Sada zkušebních vzorků nýtovaných spojů, odebrané ze skutečné konstrukce (spodní pás příhradového nosníku)
- 4 skupiny - Bez koroze, střední a vysoká koroze, chybějící nýt
- Otryskání povrchu, laserové skenování, Měreno poměrné přetvoření, posuny počet cyklů do vzniku trhliny a do porušení



Projekt je podporovaný z programu Interreg V-A Slovenská republika – Česká republika
a spolufinancovaný z Európskeho fondu regionálneho rozvoja

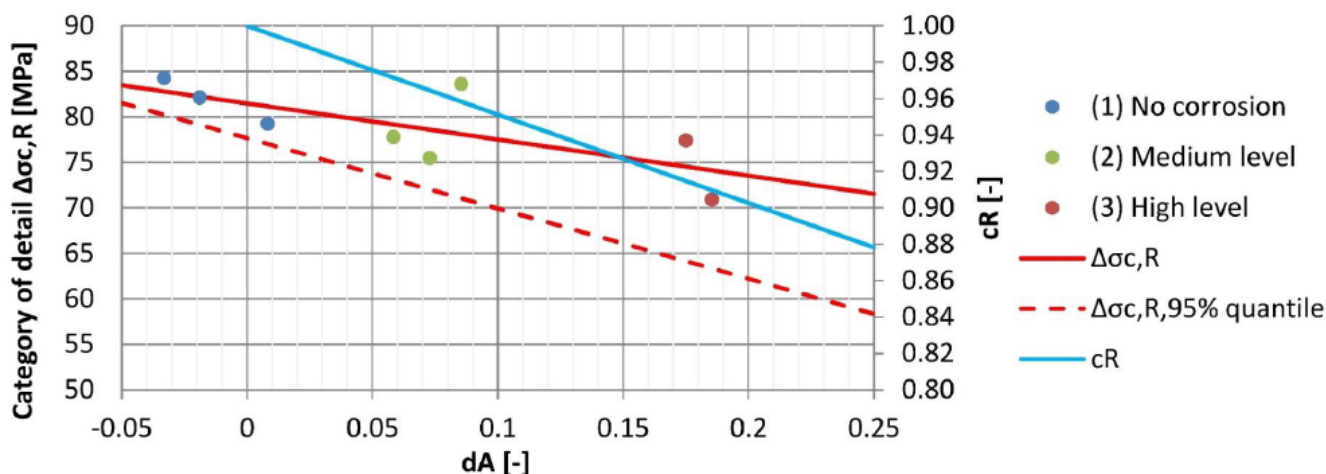


Normativní předpisy pro hodnocení konstrukcí:

- **SŽ S5/1 Diagnostika, zatížitelnost a přechodnost železničních mostních objektů**
- **A - Redukce kategorie únavového detailu dle korozního poškození**
- Snížení únavové pevnosti v důsledku korozního oslabení
- Výsledně vyvinutý vztah (Macho, Ryjáček):

$$\Delta\sigma_{c,R} = \Delta\sigma_c \cdot c_R \quad c_R = (1 - 0.4874 \cdot d_A)$$

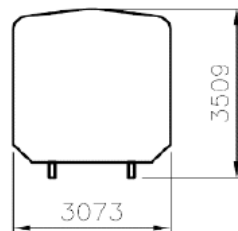
- $\Delta\sigma_c$ je původní kategorie detailu vzorku bez korozního oslabení
- d_A korozní oslabení jako změna plochy příčného řezu prvku, popřípadě plochy příčného řezu posuzované části prvku (u ohýbaných prvků)





Normativní předpisy pro hodnocení konstrukcí:

- **SŽ S5/1 Diagnostika, zatížitelnost a přechodnost železničních mostních objektů**
- **G - Korekční součinitele pro zatížení ocelových mostů účinky větru**
- Vychází z měření ve větrném tunelu (FSv ČVUT a UTAM)
- Metodika:
- Volba tvarového reprezentanta mostu



- Volba kategorie výšky dopravy KVD

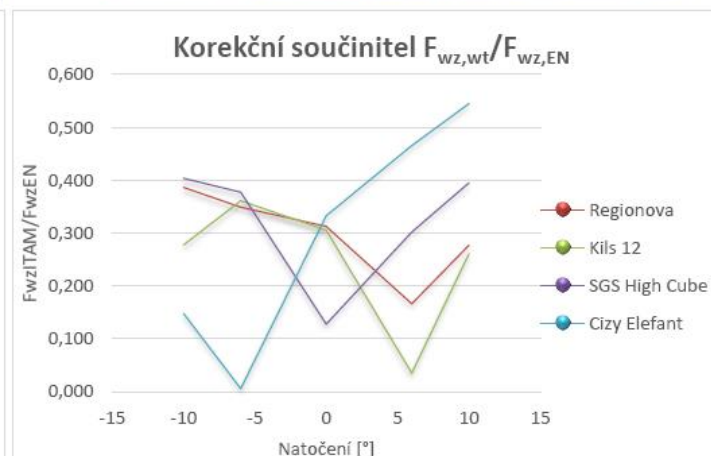
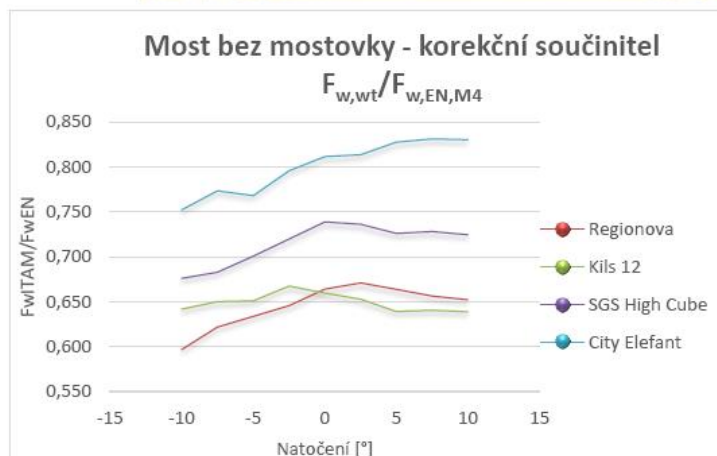
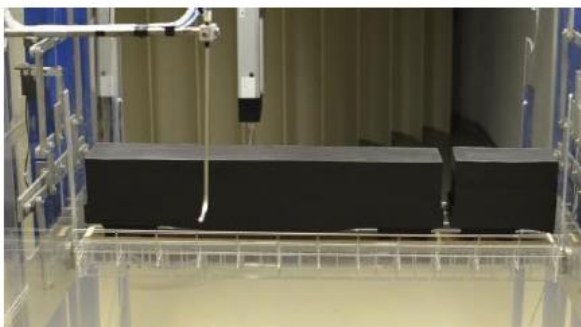
Most č.	Popis mostu	Schéma modelu
1	Příhradový most s dolní prvkovou mostovkou	

- Zjištění korekčního součinitele z tabulek – cca 0,67 – 1,0
- Korekce součinitele síly dle ČSN EN 1991-1-4



Normativní předpisy pro hodnocení konstrukcí:

- **SŽ S5/1 Diagnostika, zatížitelnost a přechodnost železničních mostních objektů**
- **G - Korekční součinitele pro zatížení ocelových mostů účinky větru**
- Významná redukce zejména u trámových mostů s horní mostovkou



Projekt je podporovaný z programu Interreg V-A Slovenská republika – Česká republika a spolufinancovaný z Európskeho fondu regionálneho rozvoja



Normativní předpisy pro hodnocení konstrukcí:

- **SŽ S5/1 Diagnostika, zatížitelnost a přechodnost železničních mostních objektů**
- **G - Korekční součinitele pro zatížení ocelových mostů účinky větru**
- Případně lze dále zpřesnit, a většinou významně snížit, součinitel tvaru dle numerické simulace, kterou lze v programu WENG objednat od ČHMÚ – viz příklad 5 lokalit:

50letá rychlost větru a intenzita horizontální turbulence v požadovaných lokalitách								
Kojetín (49.3505136N, 17.3218983E, 191 m n. m., výška 5.5 m, drsnost 0.2 m, $v_{b,0} = 22.2$ m/s, ref. stanice Holešov)								
Směr větru	S	SV	V	JV	J	JZ	Z	SZ
50letá rychlost větru [m/s]	15,9	14,9	11,7	14,7	14,5	10,0	12,3	13,5
Intenzita horizontální turbulence [%]	30,6	30,8	30,5	28,7	29,8	32,8	33,0	29,1
Hanušovice (50.0912350N, 16.8747378E, 471 m n. m., výška 5.0 m, drsnost 0.8 m, $v_{b,0} = 26.1$ m/s, ref. stanice Šumperk)								
Směr větru	S	SV	V	JV	J	JZ	Z	SZ
50letá rychlost větru [m/s]	7,9	6,8	4,9	7,5	6,9	6,1	8,2	9,7
Intenzita horizontální turbulence [%]	–	–	–	–	–	–	–	–
Kralupy nad Vltavou (50.2339892N, 14.3336544E, 165 m n. m., výška 9.0 m, drsnost 0 m, $v_{b,0} = 21.5$ m/s, ref. stanice Praha Ruzyně)								
Směr větru	S	SV	V	JV	J	JZ	Z	SZ
50letá rychlost větru [m/s]	11,7	4,7	8,2	13,9	10,6	8,8	13,3	20,5
Intenzita horizontální turbulence [%]	27,7	58,8	29,8	14,5	46,6	81,4	45,4	14,4
Postoloprty (50.3640750N, 13.6984358E, 188 m n. m., výška 7.5 m, drsnost 1 m, $v_{b,0} = 22.9$ m/s, ref. stanice Žatec)								
Směr větru	S	SV	V	JV	J	JZ	Z	SZ
50letá rychlost větru [m/s]	5,2	1,1	5,2	7,2	4,3	2,5	9,9	15,9
Intenzita horizontální turbulence [%]	–	–	–	–	–	–	–	–
Žatec (50.3312750N, 13.5185278E, 206 m n. m., výška 11.0 m, drsnost 0.05 m, $v_{b,0} = 21.9$ m/s, ref. stanice Žatec)								
Směr větru	S	SV	V	JV	J	JZ	Z	SZ
50letá rychlost větru [m/s]	9,2	6,8	8,1	9,1	7,4	15,2	14,9	20,0
Intenzita horizontální turbulence [%]	25,2	30,0	22,3	21,7	25,8	29,9	22,1	23,0

Projekt je podporovaný z programu Interreg V-A Slovenská republika – Česká republika
a spolufinancovaný z Európskeho fondu regionálneho rozvoja



Rekapitulace:

- Možné úlevy při hodnocení konstrukcí:

- Zpřesnění geometrie konstrukce a objemové hmotnosti – redukce součinitele γ_g zatížení pro stálé zatížení
- Zpřesnění materiálů konstrukce - a hmotnosti materiálu – redukce součinitele γ_m
- Změna indexu spolehlivosti s ohledem na zbytkovou životnost a následně redukce součinitele γ_Q pro vítr, dopravu, teplotu
- Zpřesnění uvažování součinitele kombinace – problémem ale stanovení modelů zatížení pro daný případ
- Zpřesnění uvažování korozního oslabení
- Zpřesnění znalosti o pevnosti použitých materiálů
- Zpřesnění stanovení různých vlivů, např. zatížení mostu – výsek ve větrném tunelu:



Metody hodnocení únavové životnosti:

1. Metodika EC3 – posouzení ekvivalentního rozkmitu napětí od modelu na únavu (viz MP 2015-2019)
2. Posouzení rozkmitu napětí vůči mezi únavy při konstantní amplitudě – na základě měření, popř. výpočtu
3. Metoda kumulace poškození Palmgren-Miner
4. Lomová metodika pro stanovení šíření únavové trhliny, doby do porušení, inspekčních intervalů



Metody hodnocení únavové životnosti:

1. Metodika EC3 – posouzení ekvivalentního rozkmitu napětí od modelu na únavu (viz MP 2015-2019)
 - Při stanovení zatížitelnosti s ohledem na únavovou životnost se vychází z podmínek spolehlivosti v ČSN EN 1993-1-9. Zatížitelnost ZLM71 s ohledem na únavovou životnost se stanoví ze vztahu

$$Z_{LM71} = \frac{\Delta\sigma_C / \gamma_{Mf}}{\gamma_{Ff} \cdot \Delta\sigma_{E2}}$$

kde $\Delta\sigma_{E2}$ je ekvivalentní rozkmit normálového napětí v posuzovaném místě od účinků zjednodušeného modelu únavového zatížení,

$\Delta\sigma_C$ je charakteristická hodnota únavové pevnosti pro posuzovaný detail,

γ_{Ff} je dílčí součinitel účinků únavového zatížení,

γ_{Mf} je dílčí součinitel únavové pevnosti.

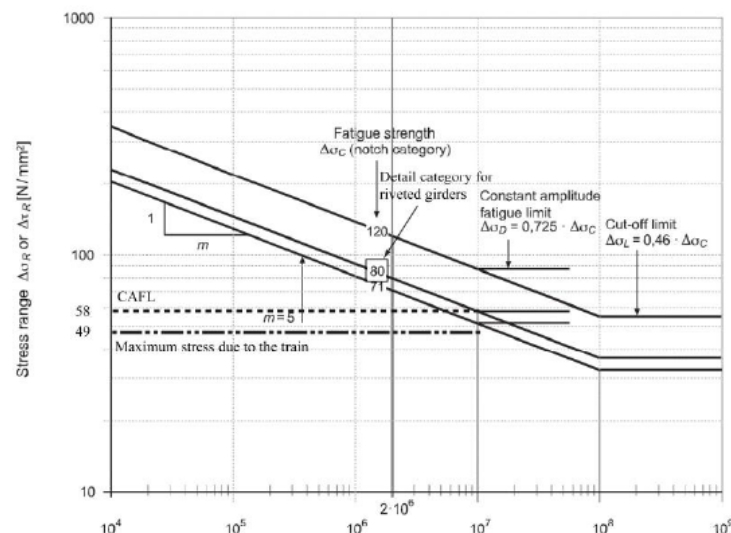
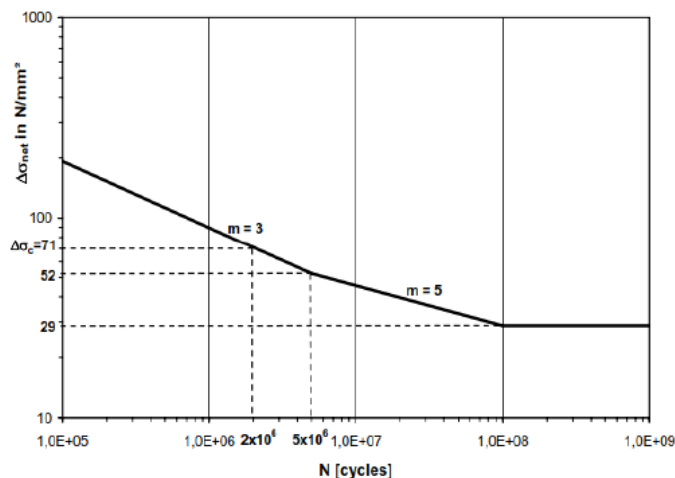
Pro silniční mosty se postupuje analogicky se zatížením od únavového vozidla z ČSN 736222 Vfat.



Metody hodnocení únavové životnosti:

2. Posouzení rozkmitu napětí vůči mezi únavy při konstantní amplitudě – na základě monitoringu, nebo popř. výpočtu od skutečných vozidel na mostě

- **Mez únavy při konstantní amplitudě** – pokud je rozkmit napětí v detailu menší než tato úroveň, únavové poškození nevzniká, definován obvykle $\Delta\sigma_D$ při $5 \cdot 10^6$ cyklů, což odpovídá $0,737 \cdot \Delta\sigma_c$
- Dle typu detailu se tento limit sníží součinitelem materiálu
- Pokud alespoň jeden rozkmit přesahuje tento limit (dnes, dříve či v budoucnu), je třeba provést posouzení metodou kumulace poškození
- Níže ukázáno na SN křivkách pro nýtované konstrukce, vlevo doporučení EN, vpravo SIA269





Metody hodnocení únavové životnosti:

3. Metoda kumulace poškození

- Teorie lineární kumulace poškození - Palmgren-Minerovo pravidlo
- Teorie nelineární kumulace poškození - Corten - Dolanův model, Morowův model, Dattomův model, bohužel komplikované získání materiálových parametrů a parametrů závisících na historii cyklu
- $$D_d = \sum_i^n \frac{n_{Ei}}{N_{Ri}} \leq 1$$
- Kde n_{Ei} je počet cyklů příslušného rozkmitu napětí $\gamma_{Ff}\Delta\sigma_i$ v části i posuzovaného spektra
- N_{Ri} je počet cyklů na mezi únavy, stanovený z příslušné SN křivky
- Hlavním problémem získání spekter napětí
 - pro silniční mosty lze čerpat z ČSN 736222,
 - pro železniční mosty omezeně z neplatné ČSN 73 6203
- Nejefektivnější cestou je získat spektra z dlouhodobého monitoringu konstrukce, ten v mezním případě může obsáhnout alespoň jeden typický týden provozu

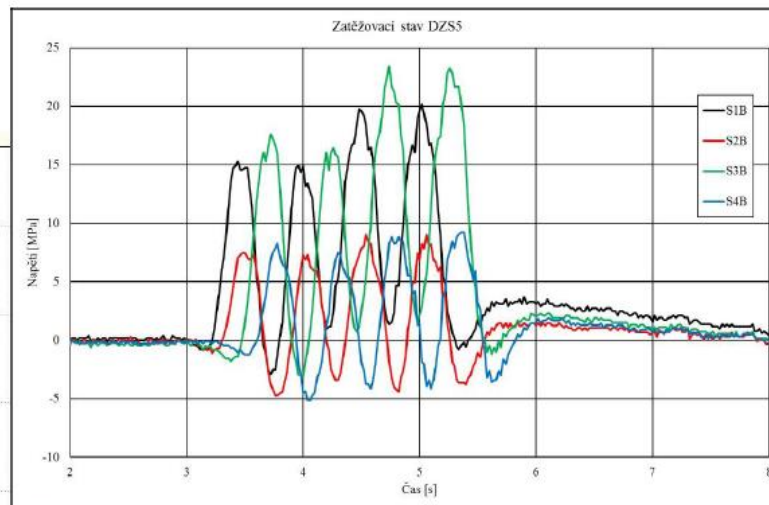
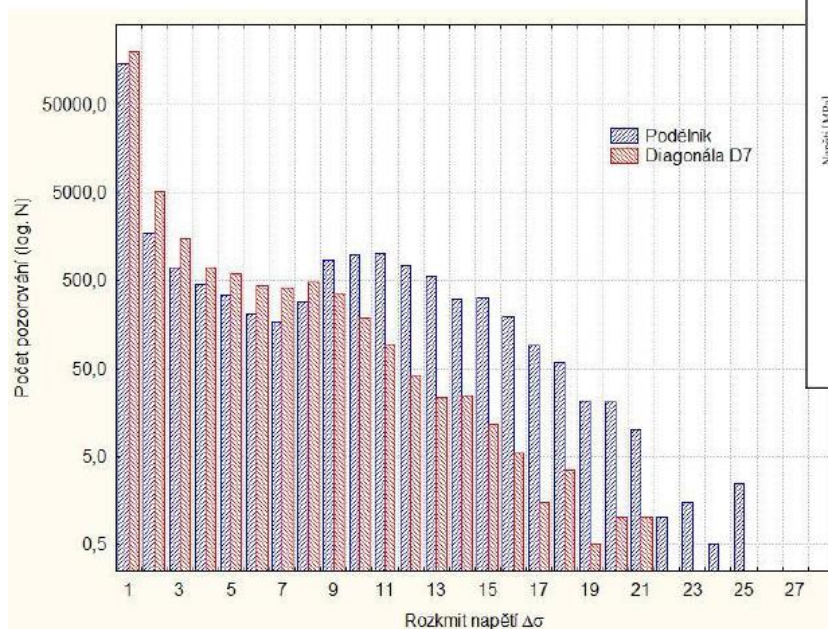
Projekt je podporovaný z programu Interreg V-A Slovenská republika – Česká republika
a spolufinancovaný z Európskeho fondu regionálneho rozvoja



Metody hodnocení únavové životnosti:

3. Metoda kumulace poškození

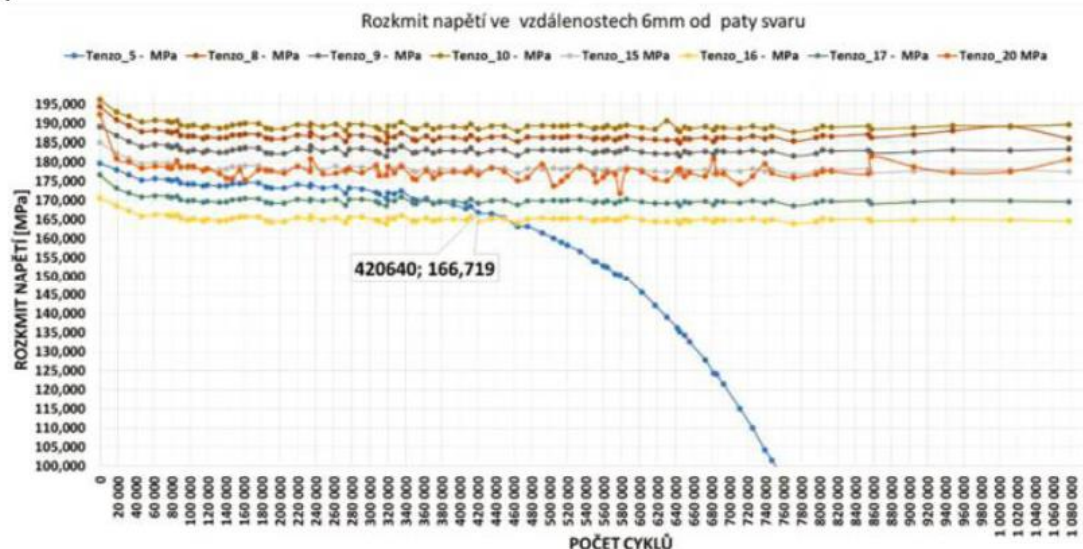
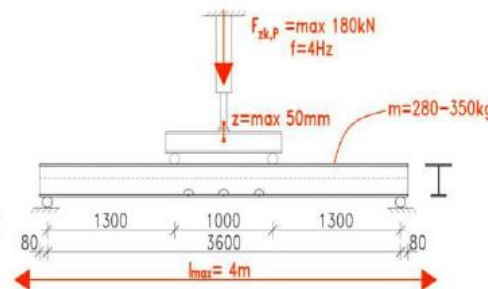
- Most pod Vyšehradem: Spektra napětí na podélníku a diagonále D7 v měřených místech
- Typické zatížení podélníku od přejezdu lokomotivy vpravo
- Rozkmit napětí na podélníku $\Delta\sigma=25$ Mpa – měřené místo (nikoliv maximální rozkmit)





Opatření při negativním hodnocení únavové životnosti:

- Omezení provozu (lze na železnici, na silnici nikdo značky nerespektuje)
- Zesílení/oprava oslabení konstrukce pro snížení rozkmitu napětí (modifikace NK, zesílení příložkami z oceli, CFRP)
- Stanovení zbytkové životnosti a nutných prohlídek
- Je třeba si uvědomit, že $\frac{1}{2}$ únavové životnosti je tvořena fází změny mechanických vlastností a nukleací trhliny, druhá $\frac{1}{2}$ pak šířením trhliny (pro nosníky a větší prvky, u subtilních prvků může být méně)
- Viz experiment níže:

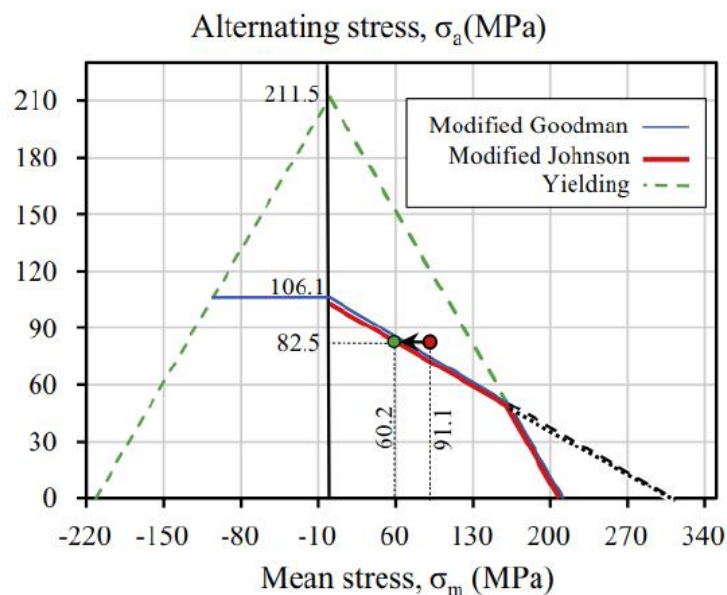


Projekt je podporovaný z programu Interreg V-A Slovenská republika – Česká republika a spolufinancovaný z Európskeho fondu regionálneho rozvoja



Opatření při negativním hodnocení únavové životnosti:

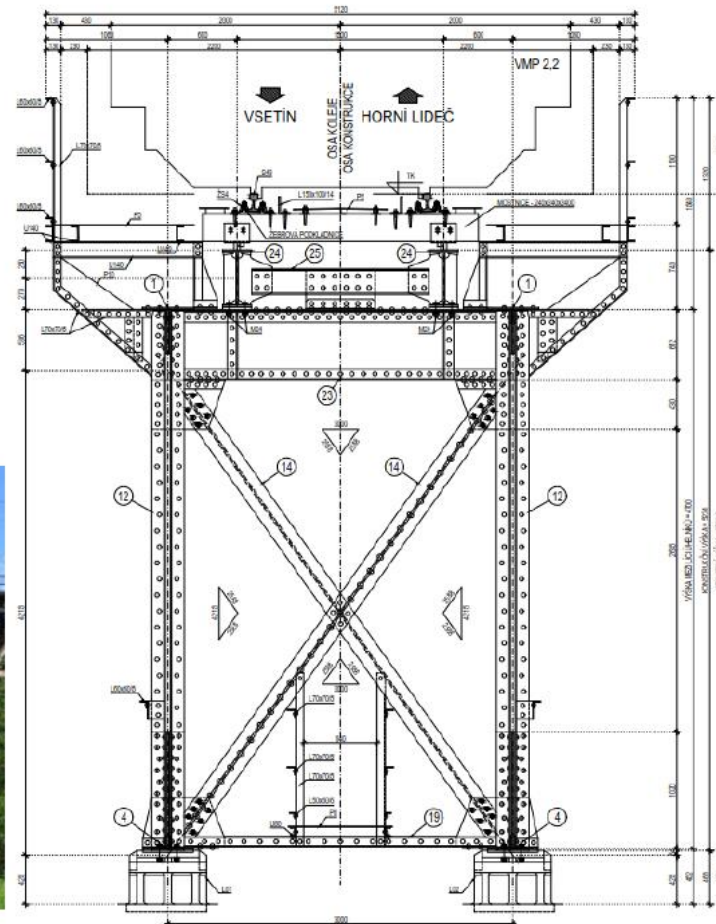
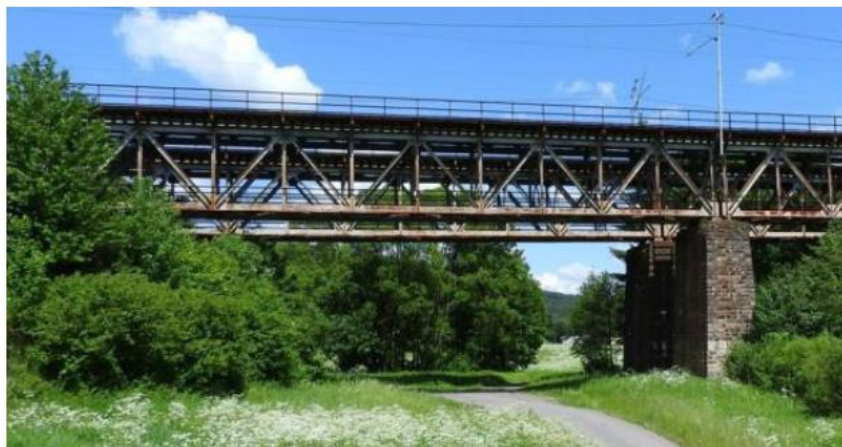
- Způsobení tlakového předpětí na konstrukci, které posune rozkmit v tahu do rozkmitu v tlaku, nebo střídavého nesymetrického rozkmitu
- Tento princip vychází z Goodmanova diagramu trvalé únavové životnosti – tento princip by měl být v novém EN 1993-1-9 umožněn, pro nesvařované NK
- Lze provést například předpínací tyčí, CFRP lamelou, SMA páskem apod.





Příklad přepočtu – TU 2362, km 25,938 – Lužná u Vsetína

- Rozpětí nosné konstrukce: 2 x 38,00 m
- 1927 a 1937

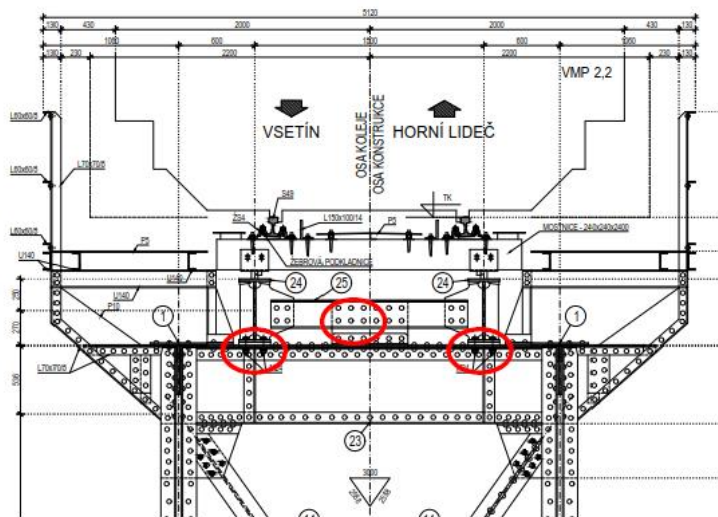


Projekt je podporovaný z programu Interreg V-A Slovenská republika – Česká republika
a spolufinancovaný z Európskeho fondu regionálneho rozvoja



Příklad přepočtu – TU 2362, km 25,938 – Lužná u Vsetína

- Plávková ocel
- Tahovky - f_y od 272 MPa do 298 Mpa, $f_{yd}=219,2$ MPa
- Vrubovka – KCV = 8 J/cm²
- Závady na NK nejsou závažné, lokálně deformace, chybějící nýty a vůle spoje podélník – příčník.
- 1927 a 1937



Projekt je podporovaný z programu Interreg V-A Slovenská republika – Česká republika
a spolufinancovaný z Európskeho fondu regionálneho rozvoja



Příklad přepočtu –TU 2362, km 25,938 – Lužná u Vsetína

- Korozní napadení – vodorovné prvky
- Vodorovné styčnickové plechy – přípoj ztužení k hlavnímu nosníku, ztužení dolního pasu hlavního nosníku - plošná místa i plátková koroze.
- Korozní oslabení jednotlivých prvků je minimální. U hlavního nosníku jde o cca 0-3%, maximum je ojediněle na podélníku 7,7%

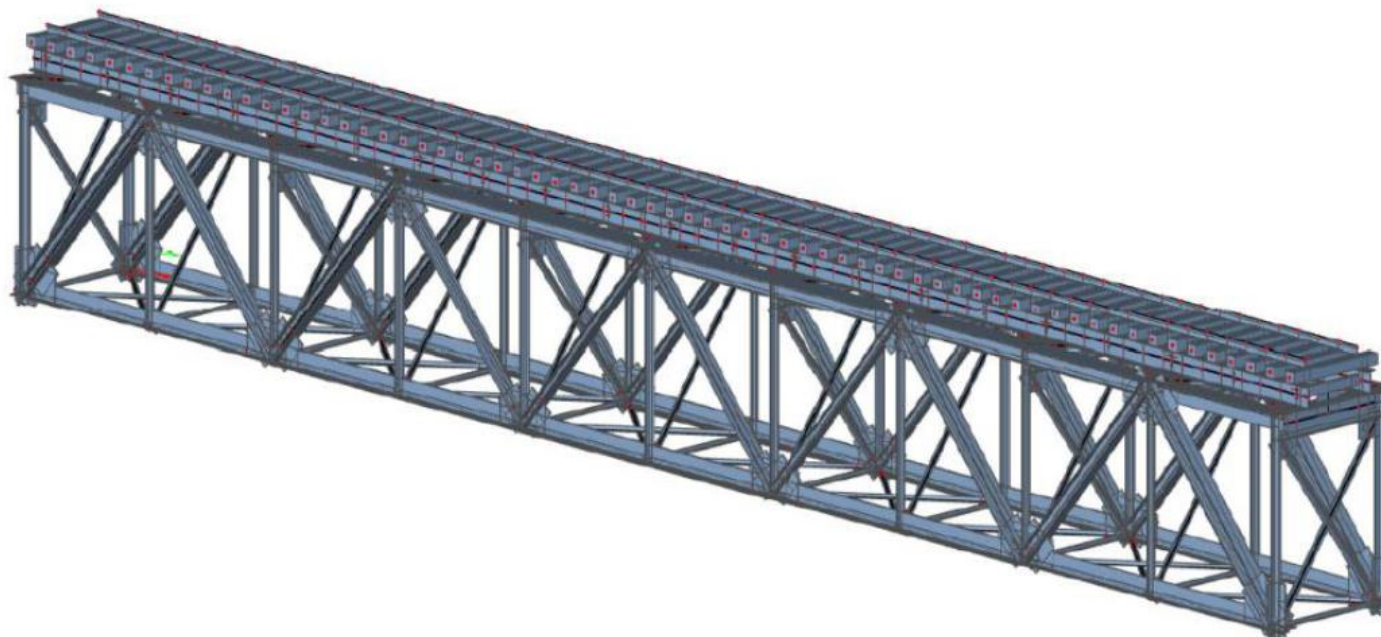


Projekt je podporovaný z programu Interreg V-A Slovenská republika – Česká republika
a spolufinancovaný z Európskeho fondu regionálneho rozvoja



Příklad přepočtu – TU 2362, km 25,938 – Lužná u Vsetína

- Model prutový – posudek hlavních nosníků
- Požadavek na D4/80
- Podepření v pevných ložiskách nutno uvažovat jako poddajné, vliv vůlí (zde +/- 5mm)

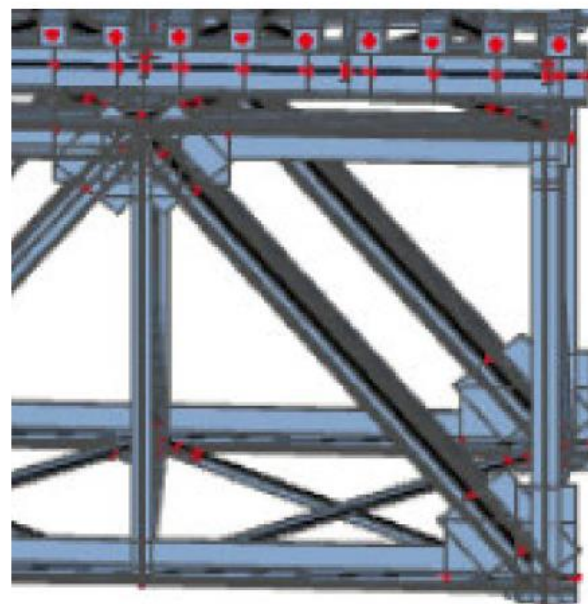
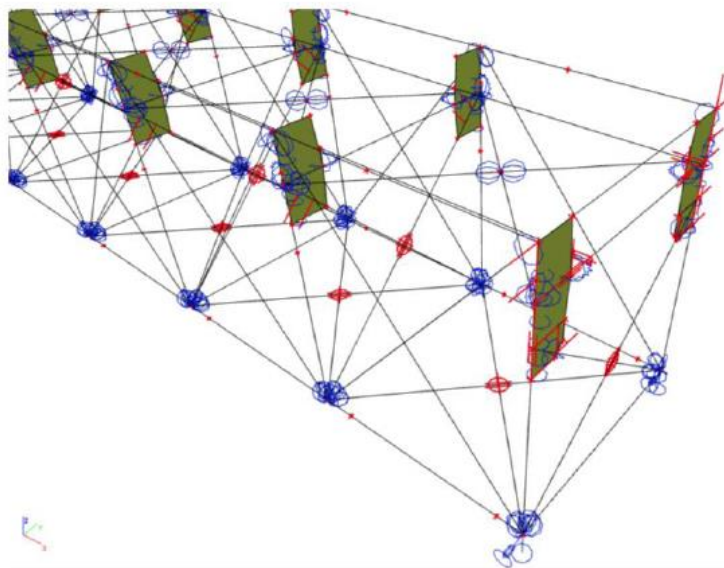


Projekt je podporovaný z programu Interreg V-A Slovenská republika – Česká republika
a spolufinancovaný z Európskeho fondu regionálneho rozvoja



Příklad přepočtu –TU 2362, km 25,938 – Lužná u Vsetína

- Důležité vystihnout vliv styčnickových plechů, významně ztužujících konstrukce
- Například u spoje svislice – příčník – horní pas, kde je účelné použít tuhý prut, nebo vložit 2D prvek

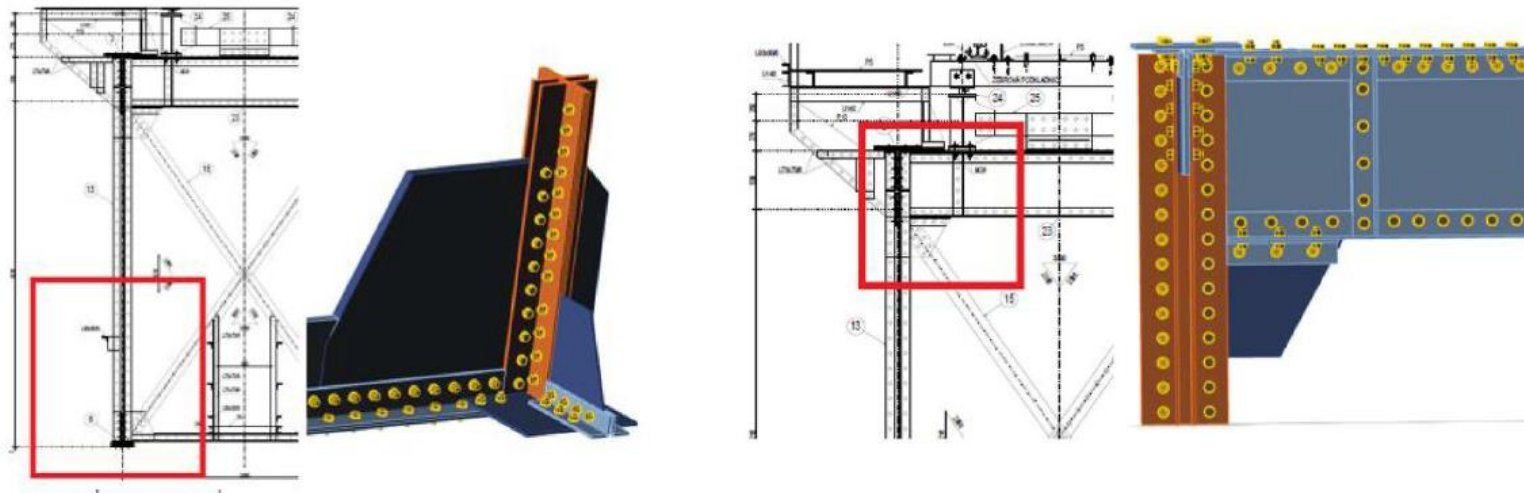


Projekt je podporovaný z programu Interreg V-A Slovenská republika – Česká republika
a spolufinancovaný z Európskeho fondu regionálneho rozvoja



Příklad přepočtu –TU 2362, km 25,938 – Lužná u Vsetína

- Hlavní styčníky modelovány v IDEA Connection (CBFEM)
- Stanovení tuhosti styčníků a zabudování do modelu
- Zásadní je zejména připojení horní pas – příčník, a podélník-příčník

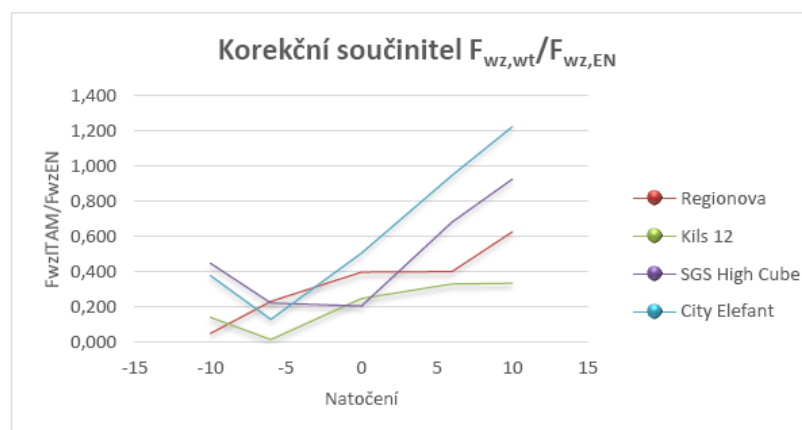
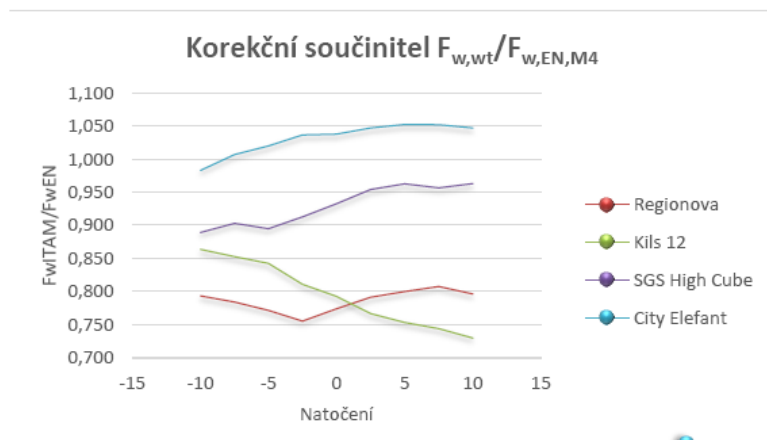


Projekt je podporovaný z programu Interreg V-A Slovenská republika – Česká republika
a spolufinancovaný z Európskeho fondu regionálneho rozvoja



Příklad přepočtu – TU 2362, km 25,938 – Lužná u Vsetína

- Podle MP se standardními součiniteli a zatížením nevyhovuje na D4/80
- Omezení zbytkové životnosti na 5 let – do té doby provést drobné úpravy, pak již most vyhoví
- Redukce zatížení větrem dle UTR – nepoužije se vlak City Elephant, rozhoduje SGS High Cube
- Zpřesnění zatížení brzdými a rozjezdovými silami dle UTR

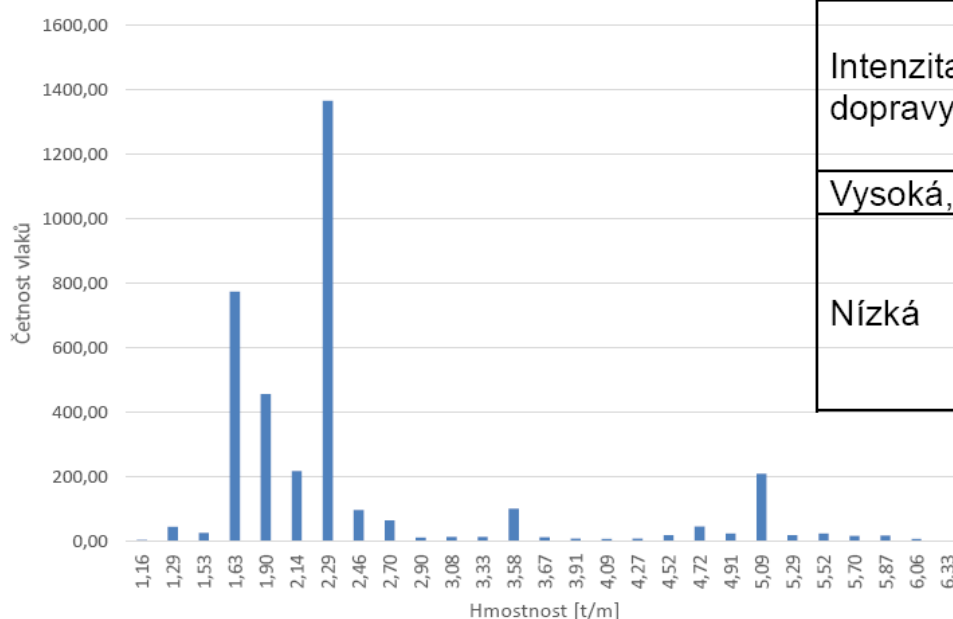


Projekt je podporovaný z programu Interreg V-A Slovenská republika – Česká republika
a spolufinancovaný z Európskeho fondu regionálneho rozvoja



Příklad přepočtu –TU 2362, km 25,938 – Lužná u Vsetína

- Zvýšení hmotnosti nezátíženého vlaku dle skladby dopravy
- Zde uváženo 1,1 t/m – nejmenší zjištěná hmotnost vlaku
- Jinak dle návrhu MP
- Redukován boční ráz na 60kN dle UIC 778-2
- Redukce kombinačních součinitelů



Intenzita železniční dopravy	Charakteristická hodnota tíhy nezátíženého vlaku [kN/m]
Vysoká, střední	11
Nízká	14 (odpovídá hmotnosti nejlehčího osobního vlaku Regionova)



Příklad přepočtu – TU 2362, km 25,938 – Lužná u Vsetína

- V ČHMÚ pro daný terén vytvořen model v programu WENg Engineering. Pro výpočet byla použita rychlost $v_{b,0}=18,4$ m/s - vítr s 50 letým návratem v nejbližší měřené stanici (Holešov).
- Výška nad terénem byla uvažována 18 m, parametr drsnosti $z_0=0,03$ m.
- Výsledkem střední rychlost větru v 18 m - $vm(z)=17,7$ m/s, intenzita turbulence $lv(z)=0,219$.



Lužná								
Směr větru	S	SV	V	JV	J	JZ	Z	SZ
50letá rychlost větru [m/s]	15,2	17,7	10,0	8,6	12,5	11,2	10,8	8,2
Intenzita horizontální turbulence [%]	27,1	21,9	47,1	51,8	33,0	26,8	39,4	64,9
Holešov								
50letá rychlost větru [m/s]	17,9	18,4	15,2	19,0	17,7	13,6	16,6	16,5

Projekt je podporovaný z programu Interreg V-A Slovenská republika – Česká republika
a spolufinancovaný z Európskeho fondu regionálneho rozvoja



Příklad přepočtu – TU 2362, km 25,938 – Lužná u Vsetína

- Dále odečtena hodnota $v_{b,0} = 24,5$ m/s z digitální větrové mapy.
- Vzhledem k tomu, že rozdíl nadmořské výšky lokality mostu a nejbližší stanice je cca 250 m, nešlo použít přímo hodnotu rychlosti větru ze stanice.
- Pro parametry modelu ČHMÚ byl zjištěn součinitel orografie a součinitel turbulence tak, aby výpočet dle ČSN EN 1991-1-4 odpovídal hodnotám zjištěným z modelu.
- Tímto postupem se tlak větru z $ww = 2,51$ kN/m² snížil na $ww = 1,78$ kN/m²



Příklad přepočtu – TU 2362, km 25,938 – Lužná u Vsetína

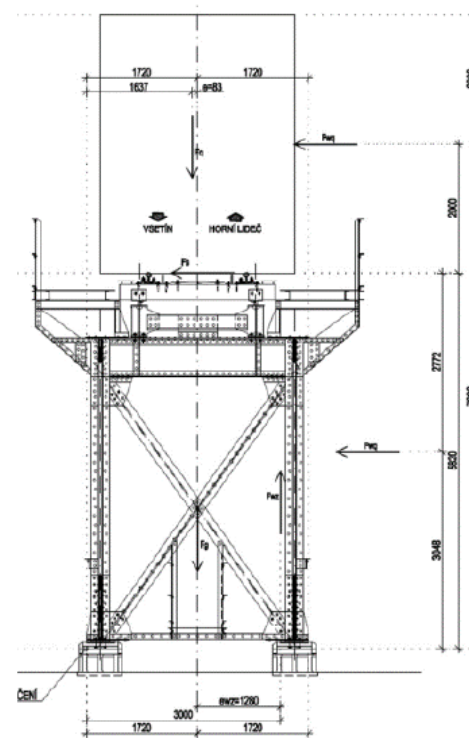
- Bez úlev - nevyhovuje ale MSU – EQU – **273%**

Výpočet stability bez uplatnění redukcí:

POSOUZENÍ STABILITY NOK JAKO CELKU - KONSTRUKCE ZATÍŽENÁ VLAKEM							
zatížení	působící síla - charakteristická hodnota	součinitel zatížení	působící síla - návrhová hodnota	rameno k bodu otáčení	KOMBINACE		
					kombinační součinitel	stabilizující kloubový moment - návrhová hodnota	destabilizující kloubový moment - návrhová hodnota
(-)	(kN)	(-)	(kN)	(m)	(-)	(kNm)	(kNm)
Fg - stálé zatížení - NOK	1295,0	0,95	1230,3	1,720	1,000	2116,1	
Fq - nezatížený vlak	394,1	1,00	394,1	1,637	1,000	645,0	
Fs - boční ráz	100,0	1,30	130,0	5,620	1,000		756,8
Fwg - příčný vítr na konstrukci	491,5	1,35	663,5	3,048	1,000		2022,5
Fwq - příčný vítr na vlak	380,1	1,35	513,2	7,820	1,000		4012,9
Fwz - svislá složka větru	189,7	1,35	256,1	3,000	1,000		768,4
celkem						2761,1	7580,4
					2761,1 < 7580,4 => nevyhovuje - využití na 273,8%		

POSOUZENÍ STABILITY NOK JAKO CELKU - KONSTRUKCE BEZ VLAKU							
zatížení	působící síla - charakteristická hodnota	součinitel zatížení	působící síla - návrhová hodnota	rameno k bodu otáčení	KOMBINACE		
					kombinační součinitel	stabilizující kloubový moment - návrhová hodnota	destabilizující kloubový moment - návrhová hodnota
(-)	(kN)	(-)	(kN)	(m)	(-)	(kNm)	(kNm)
Fg - stálé zatížení - NOK	1295,0	0,95	1230,3	1,720	1,000	2116,1	
Fwg - příčný vítr na konstrukci	387,6	1,35	523,2	3,048	1,000		1594,9
Fwz - svislá složka větru	177,8	1,35	240,1	3,000	1,000		720,2
celkem						2116,1	2315,1
					2116,1 < 2315,1 => nevyhovuje - využití na 109,4%		

POSOUZENÍ STABILITY V PÁTÉ PILÍŘE JAKO CELKU - KONSTRUKCE ZATÍŽENÁ VLAKEM							
zatížení	působící síla - charakteristická hodnota	součinitel zatížení	působící síla - návrhová hodnota	rameno k bodu otáčení	KOMBINACE		
					kombinační součinitel	stabilizující kloubový moment - návrhová hodnota	destabilizující kloubový moment - návrhová hodnota
(-)	(kN)	(-)	(kN)	(m)	(-)	(kNm)	(kNm)
Fg - stálé zatížení - NOK	1295,0	0,95	1230,3	2,685	1,000	3672,4	
Fgp - stálé zatížení - pilíř	8448,1	0,95	6125,7	2,985	1,000	18285,2	
Fq - nezatížený vlak	394,1	1,00	394,1	2,902	1,000	1143,6	
Fs - boční ráz	100,0	1,30	130,0	20,320	1,000		2641,6
Fwg - příčný vítr na konstrukci	491,5	1,35	663,5	17,548	1,000		11643,2
Fwq - příčný vítr na vlak	380,1	1,35	513,2	22,320	1,000		11453,6
Fwz - svislá složka větru	189,7	1,35	256,1	4,265	1,000		1092,5
Fwzp - příčný vítr na pilíř	75,6	1,35	102,0	7,193	1,000		733,7
celkem						23101,1	27564,5
					23101,1 < 27564,5 => nevyhovuje - využití na 110,3%		



Projekt je podporovaný z programu Interreg V-A Slovenská republika – Česká republika a spolufinancovaný z Európskeho fondu regionálneho rozvoja



Příklad přepočtu –TU 2362, km 25,938 – Lužná u Vsetína

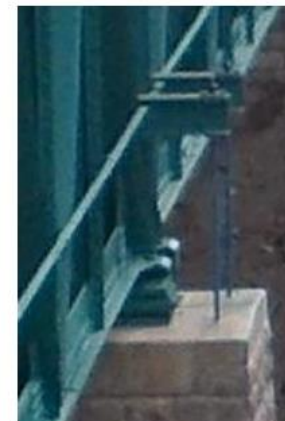
- S úlevami – stále nevyhovuje ale MSU – EQU – **154%**
- Uvažován i vliv příčného odporu koleje, zde bohužel jsou 3xNK a KDZ
- Míra nevyhovění ale již umožňuje provést přijatelná opatření

POSOUZENÍ STABILITY NOK JAKO CELKU - KONSTRUKCE ZATÍŽENÁ VLAKEM							
zatížení	působící síla - charakteristická hodnota	součinitel zatížení	působící síla - návrhová hodnota	rameno k bodu otáčení	KOMBINACE		
					kombinační součinitel	stabilizující klopný moment - návrhová hodnota	destabilizující klopný moment - návrhová hodnota
(-)	(kN)	(-)	(kN)	(m)	(-)	(kNm)	(kNm)
Fg - stálé zatížení - NOK	1295,0	0,95	1230,3	1,720	1,000	2116,1	
Fq - nezatížený vlak	433,5	1,00	433,5	1,637	1,000	709,5	
Fs - boční ráz	60,0	1,24	74,6	5,820	1,000		434,1
Fwg - příčný vítr na konstrukci	277,6	1,33	368,5	2,995	1,000		1103,7
Fwq - příčný vítr na vlak	273,7	1,33	363,3	7,820	1,000		2841,1
Fwz - svislá složka větru	100,5	1,33	133,4	3,000	1,000		400,1
2*Fkot- kotvení v místě ložiska	0,0	0,95	0,0	3,500	1,000	0,0	
Fkl - odpor koleje za mostem	50,0	0,95	47,5	5,820	1,000	276,5	
celkem						3102,1	4779,0
					3102,1<4779=>nevyhovuje - využití na 154,1%		



Příklad přepočtu –TU 2362, km 25,938 – Lužná u Vsetína

- Nutné požadavky na kotvení v místě ložisek, hloubka dána nutnou tíhou zdiva pro zajištění stability
- Dále nutné drobné lokální úpravy NK
- S uvedenými opatřeními vyhoví na přechodnost D4/80 i na mezní stav EQU
- Níže most po rekonstrukci a zakotvení ložisek



Projekt je podporovaný z programu Interreg V-A Slovenská republika – Česká republika
a spolufinancovaný z Európskeho fondu regionálneho rozvoja



Závěr

- Hodnocení existujících mostů – komplexní a náročný proces, v řadě případů složitější než návrh nového mostu
- Vyžaduje zkušenostní, podrobnou znalost konstrukce a jejího působení
- Nelze slepě aplikovat postupy EN norem, platných pro návrh nového mostu, ale je třeba citlivě zpřesňovat jak účinky zatížení, tak odolnost konstrukce a validovat numerický model
- V řadě případů velmi účelné až nezbytné provedení experimentů na konstrukci (statické či dynamické zkoušky, monitoring) – tyto náklady jsou stále mnohem menší, než demolice mostu a výstavba nového
- Klade nároky nejen na projektanta, ale i investora, který se svými požadavky podílí na výsledku

Děkuji za Vaši pozornost

doc. Ing. Pavel Ryjáček, Ph.D.

