

**Ministerstvo dopravy  
Odbor silniční infrastruktury**

**TP 216**

**Navrhování, provádění, prohlídka, údržba, opravy a rekonstrukce  
ocelových a ocelobetonových mostů PK**

**TECHNICKÉ PODMÍNKY**

Schváleno MD – OSI čj. 984/09-910-IPK/1  
ze dne 15.12.2009, s účinností od 1.1.2010.

Fakulta stavební ČVUT v Praze

Praha, prosinec 2009

## **Obsah**

1. Všeobecně
  2. Třídění závad
  3. Hodnocení závad
    - 3.1 Stav mostu
    - 3.2 Klasifikační stupeň
    - 3.3 Závady protikorozní ochrany
  4. Příčiny vzniku závad
  5. Hodnocení vlivu závad
    - 5.1 Vliv závad na použitelnost mostu
    - 5.2 Vliv závad na zatížitelnost mostu
    - 5.3 Vliv závad na životnost mostu
    - 5.4 Vliv závad na estetiku mostu
  6. Doporučení pro navrhování nových nebo rekonstruovaných mostů
  7. Doporučení pro provádění
  8. Doporučení pro provádění prohlídek
  9. Doporučení pro provádění údržby
  10. Doporučení pro provádění oprav
  11. Doporučení pro provádění rekonstrukcí
  12. Návod pro stanovení zatížitelnosti mostu s převrstvenou vozovkou
  13. Závěr
- Související předpisy a literatura
- Příloha 1: Doporučení pro volbu teoretického modelu spřaženého ocelobetonového mostu  
Příloha 2: Dlouhodobé sledování mostů pozemních komunikací

## 1. Všeobecně

TP platí pro:

- ocelové trémové mosty plnostěnné a příhradové, ocelové obloukové mosty včetně Langerova trému,
- ocelobetonové trémové mosty plnostěnné, příp. i příhradové,
- ocelové mosty z trub z vlnitého plechu.

TP přiměřeně platí také pro ocelové a ocelobetonové trémové a obloukové lávky pro chodce (dále jen mosty).

Ocelové zavěšené a visuté mosty nejsou předmětem těchto TP.

TP jsou určeny pro projektanty, objednatele, zhotovitele, správce a osoby oprávněné k provádění prohlídek ocelových a ocelobetonových mostů na pozemních komunikacích.

V některých kapitolách se toto TP odvolává na TP 215 „Využití modální analýzy pro návrh, posouzení, opravy, kontrolu a monitorování mostů TP“ [25].

Hlavním obsahem těchto TP je:

- upozornění na nejčastěji se vyskytující závady na ocelových a ocelobetonových mostech
- definování příčiny vzniku závad
- stanovení klasifikace (třídění a hodnocení) závad dle Katalogu závad [15]
- stanovení míry vlivu závad na klasifikační stupeň stavu mostu dle ČSN 73 6221 [5] a na zatížitelnost mostu
- doporučení pro navrhování nových ocelových a ocelobetonových mostů s cílem eliminace nevhodných (neosvědčených) postupů návrhu a konstrukčních a materiálových řešení
- doporučení pro provádění ocelových a ocelobetonových mostů (doporučení pro práci v mostárně i na staveništi) při současném splnění požadavků uvedených v TKP 19 [16]
- doporučení pro provádění prohlídek ocelových a ocelobetonových mostů (upozornění na místa nejčastějších závad, pomůcky pro klasifikaci závad)
- obecná doporučení pro provádění údržby mostů
- obecná doporučení pro provádění oprav mostů (vhodné postupy)
- obecná doporučení pro provádění rekonstrukcí mostů (kdy je nutná rekonstrukce, volba způsobu rekonstrukce)
- návod pro stanovení zatížitelnosti plnostěnných ocelových mostů malých rozpětí s převrstvenou vozovkou

Obecná sdělení mají upozornit projektanta na nebezpečí vzniku závad na ocelových a ocelobetonových mostech v průběhu životnosti mostu tak, aby projektant navrhoval konstrukce, na kterých nebezpečí vzniku závad bude eliminováno. Jedná se o správnou volbu koncepce mostu, konstrukčního řešení, konstrukčních detailů, volbu materiálu, stanovení správného technologického postupu a důsledné stanovení všech kvalitativních podmínek.

Doporučení v těchto TP vycházejí z provedených prohlídek velkého počtu ocelových a ocelobetonových mostů na pozemních komunikacích v České republice v období 2006-2008, ze zkušeností a v malé míře i z publikovaných případů závad na mostech u nás i v zahraničí. Tyto TP tvoří základ otevřeného systému, který bude možno v budoucnosti doplňovat na základě zkušeností získaných z nových konstrukčních řešení, nových technologií a nových materiálů.

Cílem těchto TP je konkretizovat obecné zásady navrhování, provádění a péče o mosty tak, aby bylo v největší možné míře dosahováno požadované životnosti ocelových a ocelobetonových mostů s minimálními finančními nároky. Zásady TP se vztahují na nejčastěji se vyskytující mosty trémové (plnostěnné i příhradové) malých a středních rozpětí. Pro mosty obloukové, pro trémové mosty velkých rozpětí nebo neobvyklých konstrukčních soustav a pro mosty z trub z vlnitého plechu budou požadavky v mnoha ohledech specifické.

Zvláštním problémem nových ocelových a ocelobetonových mostů je přesné stanovení požadovaných kvalitativních parametrů pro výrobu a montáž ocelové nosné konstrukce a dodržování a kontrola těchto parametrů při přejímkách v mostárně a na staveništi. Hlavním smyslem specifikace kvalitativních parametrů je předejít vzniku závad všeho druhu a omezit opravy a rekonstrukce mostů v budoucnosti.

Tyto technické podmínky (TP) jsou výstupem výzkumného projektu Ministerstva dopravy ČR „Hodnocení závad na ocelových mostech“ řešeného v letech 2005 – 2008. Výchozím materiálem pro tvorbu těchto TP bylo 135 prohlédnutých mostů na pozemních komunikacích, což bylo vykonáno v rámci a s podporou uvedeného výzkumného projektu. Byly prohlédnuty ocelové a ocelobetonové mosty všech věkových skupin a všech konstrukčních soustav v silniční síti ČR. Prohlédnuté mosty se nacházely podle starého územního členění ve středočeském, severočeském a východočeském kraji včetně horských oblastí Jizerských hor a Krkonoš. Při počtu prohlédnutých mostů (tvoří cca 10 % všech ocelových a ocelobetonových mostů pozemních komunikací v České republice) je zřejmé, že se z hlediska závad jedná o dostatečně reprezentativní vzorek.

## 2. Třídění závad

Třídění závad zjištěných při prohlídce mostu se provádí s pomocí Katalogu závad [15]. Tyto technické podmínky nenahrazují Katalog závad, neuvádějí všechny skutečnosti, které jsou v Katalogu závad obsaženy. Jsou zde však uvedeny některé změny, ke kterým došlo v důsledku vydání nových evropských norem.

Závady se označují podle Katalogu závad [15] čtrnáctimístným číselným kódem, který obsahuje následující identifikační údaje závady:

Místo kódu:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Id. údaj:	A	A	B	B	C	C	C	M	R	Z	P	N	O	-

Na místě:	1 a 2	třídění podle:	konstrukční části mostu (id. údaj A)
	3 a 4		druhu materiálu (id. údaj B)
	5 až 7		typu závady (id. údaj C)
	8 až 14		se uvádí charakteristika závady (id. údaj M až O)

Prvních sedm míst číselného kódu uvádí identifikační údaje závady. Na osmém až čtrnáctém místě se uvádí charakteristika závady (jaké má důsledky z hlediska únosnosti a provozuschopnosti a jaká opatření se mají přijmout k odstranění závady).

**Na místě 1 a 2** číselného kódu se provádí třídění podle konstrukční části.

**Na místě 3 a 4** číselného kódu se provádí třídění podle druhu materiálu. Zde se upozorňuje na existenci položky 47, která se týká systémů protikorozi ochrany (PKO).

**Na místě 5 až 7** číselného kódu se provádí třídění podle typu závady. Nejčastější závadou ocelových nebo ocelobetonových mostů je koroze ocelové konstrukce nebo závada PKO (podskupina 200). Podskupiny 210 až 280 jsou určeny pro korozní závady ocelové konstrukce z hlediska jejich stavu a funkce (napadení ocelové konstrukce korozi, rozsah napadení, oslabení konstrukce v důsledku koroze apod.). Podskupina 290 se týká závad PKO z hlediska stavu PKO bez ohledu na stav ocelové konstrukce pod PKO.

Závady 210 až 280 mohou ovlivňovat stav a funkci ocelové konstrukce. Mohou snižovat zatížitelnost nebo zbytkovou životnost konstrukce. Závady 291 až 299 hodnotí stav protikorozi ochrany z hlediska způsobu a velikosti poškození PKO bez ohledu na stav ocelové konstrukce pod PKO.

Závady ocelové konstrukce podle Katalogu závad:

- 210 **bodová koroze:**  
bodové zbarvení povrchu ocelové konstrukce v místech porušené PKO
- 220 **povrchová koroze:**  
PKO je porušena plošně, dochází k plošné korozi některých prvků nebo některých částí konstrukce
- 230 **rovnoměrná koroze:**  
PKO je porušena v převážné ploše konstrukce a dochází k celoplošné korozi zatím bez zjištěných korozních úbytků
- 240 **nerovnoměrná koroze:**  
v některých místech konstrukce dochází již ke koroznímu oslabení, jedná se lokální výskyt; korozní úbytek v procentech se vyjádří na 7. místě kódu:
  - 241 korozní oslabení do 5 %
  - 242 korozní oslabení do 10 %
  - 243 korozní oslabení do 20 %
  - 244 korozní oslabení více než 20 %
- 250 **lístková koroze:**  
jedná se o značně pokročilý stav korozního napadení, kdy se odlupují korozní produkty ve formě lístků, při lístkové korozi dochází k výraznému zvětšení objemu korozních produktů, které mohou vést k další degradaci ocelové konstrukce; korozní úbytek v procentech se vyjádří na 7. místě kódu:
  - 251 korozní oslabení do 10 %
  - 252 korozní oslabení do 20 %
  - 253 korozní oslabení do 50 %
  - 254 korozní oslabení více než 50 %
- 260 **silná koroze:**  
jedná se o povrchovou nebo rovnoměrnou korozi se zjištěným korozním oslabením ocelové konstrukce v plochách; korozní úbytek v procentech se vyjádří na 7. místě kódu:
  - 261 korozní oslabení do 10 %
  - 262 korozní oslabení do 20 %
  - 263 korozní oslabení do 50 %

264 korozní oslabení více než 50 %

**270 koroze styčnicků a přípojů:**

jedná se o korozi styčnicků příhradových konstrukcí nebo o korozi v místech šroubů nebo svarů spoje nebo přípoje; na 7. místě kódu se vyjádří korozní úbytky v procentech pro případ styčnicku příhradové konstrukce nebo míra snížené únosnosti šroubového nebo svarového přípoje:

271 koroze styčnicku bez zjistitelných korozních úbytků

272 korozní oslabení nejvíce poškozeného prvku ve styčnicku do 10 %

273 korozní oslabení nejvíce poškozeného prvku ve styčnicku do 20 %

274 korozní oslabení nejvíce poškozeného prvku ve styčnicku do 50 %

275 korozní oslabení nejvíce poškozeného prvku ve styčnicku více než 50 %

276 koroze šroubů ve spoji nebo přípoji bez podezření na sníženou únosnost spoje nebo přípoje

277 koroze šroubů ve spoji nebo přípoji, která snižuje únosnost spoje nebo přípoje

278 koroze svaru ve spoji nebo přípoji bez podezření na sníženou únosnost spoje nebo přípoje

279 koroze svaru ve spoji nebo přípoji, která snižuje únosnost spoje nebo přípoje

**280 korozní trhliny:**

jedná se o korozi v místech trhlín

Závady PKO podle ČSN EN ISO 8044 [14] a ČSN EN ISO 4628-1 [13]:

**291 místní koroze:**

koroze soustředěná především na jednotlivých oddělených místech kovového povrchu, který je vystaven koroznímu prostředí

**292 rovnoměrná koroze:**

celková koroze probíhající téměř stejnou rychlostí na celém povrchu, který je vystaven koroznímu prostředí

**293 štěrbinová koroze:**

místní koroze, která souvisí s úzkými štěrbinami nebo mezerami mezi kovovým a jiným povrchem (kovovým nebo nekovovým) a která probíhá podél nich nebo v jejich bezprostředním okolí

**294 koroze svaru:**

koroze související s přítomností svarového spoje, která probíhá na něm nebo v jeho okolí

**295 prorezavění:**

jedná se o prorezavění nátěru, jehož projevem je rez pronikající na povrch

**296 podkorodování:**

výskyt zkorodovaného povrchu pod protikorozní ochranou

**297 odlupování:**

oddělení a odtržení částí povrchové vrstvy

**298 puchýřování:**

proces, jehož výsledkem jsou viditelné vypouklé vady na povrchu prvku, které vznikly místní ztrátou soudržnosti pod povrchem (může se vyskytnout na kovu s povlakem, kdy ztrátu přilnavosti k podkladu způsobuje nahromadění produktů vzniklých místní korozi)

**299 korozní únava:**

děj se společným působením koroze a střídavého mechanického namáhání kovu, který často vede k praskání

Charakteristika závad se uvádí na osmém až čtrnáctém místě číselného kódu závad. Tato charakteristika se vztahuje k uvedenému typu závady. Určují se zde parametry konkrétní závady, její důsledky na ocelovou konstrukci a navrhuje se opatření na odstranění zjištěné závady.

**Na místě 8** číselného kódu se uvádí míra závady. Pro podskupiny závad 210 až 280 se hodnotí závažnost závady na spolehlivou funkci celé ocelové mostní konstrukce nebo posuzovaného prvku. Míra závady se hodnotí u jednotlivých typů závad individuálně. Pro ocelové a ocelobetonové mosty se doporučuje stupnice 1 až 5, přičemž závada označená stupněm 1 neomezuje funkci konstrukce a ani nesnižuje zatížitelnost nebo životnost konstrukce. Závada označená stupněm 5 výrazným způsobem omezuje funkci konstrukce nebo podstatně snižuje zatížitelnost nebo životnost konstrukce.

Odchylně se přistupuje k hodnocení závad PKO, podskupina závad 290. Hodnocení je nutno provádět podle ČSN EN ISO 8044 [14] a ČSN EN ISO 4628-1 [13], kde se hodnotí prorezavění nátěru nebo množství a velikosti defektů:

Pro korozní závady 291, 292, 295, 296:

- se hodnotí prorezavění nátěru stupněm 0 až 5 podle ČSN EN ISO 4628-3 [13].

Hodnocení charakterizuje stupeň vytvořeného prorezavění (rez pronikající na povrch a viditelné podkorodování) na nátěru.

Stupeň prorezavění Ri se hodnotí pomocí obrázkových standardů uvedených v normě.

Stupeň prorezavění:	Ri 0	plocha s výskytem rzi (%):	0
	Ri 1		0,05
	Ri 2		0,5
	Ri 3		1,0
	Ri 4		8,0
	Ri 5		40 až 50

Pro ostatní závady PKO 293, 294, 297, 298, 299 se hodnotí množství a velikosti defektů stupněm 0 až 5:

pro závady:	293, 294, 299	podle ČSN EN ISO 4628-1
	297	podle ČSN EN ISO 4628-5
	298	podle ČSN EN ISO 4628-2

Pro hodnocení stavu ochranného nátěrového systému lze využít Přílohu K ČSN EN ISO 12944-8 [26].

Při hodnocení závady PKO, která je vytvořena metalizací nebo kombinovaným systémem (metalizace + ochranný nátěr), nutno použít doplňující kritéria pro hodnocení ochranné účinnosti.

**Na místě 9** číselného kódu pro podskupiny závad 210 až 280 se hodnotí četnost výskytu závady na ocelové konstrukci. Opět z hlediska ocelových nebo ocelobetonových mostů se doporučuje stupnice 1 až 5, přičemž stupeň 1 znamená ojedinělý výskyt závady a stupeň 5 znamená výskyt závady na celé konstrukci.

Hodnocení závad PKO se provádí s ohledem na stav a funkci PKO podle ČSN EN ISO 4628-1 [13], kde se hodnotí velikost defektů:

Pro závady 293, 294, 297, 298, 299 se hodnotí velikost defektu stupněm 0 až 5 podle příslušné části ČSN EN ISO 4628 [13]:

pro závady: 293, 294, 299	podle ČSN EN ISO 4628-1
297	podle ČSN EN ISO 4628-5
298	podle ČSN EN ISO 4628-2

Pro závady 291, 292, 295 a 296 se velikost defektu nehodnotí, vyplní se kód 9.

**Na místě 10** číselného kódu se provádí třídění s ohledem na zatížitelnost. Parametrem této charakteristiky je klasifikační stupeň stavu konstrukce podle ČSN 73 6221 [5] s úpravami podle kap. 3.2 těchto TP.

**Na místě 11** číselného kódu se provádí třídění ve vztahu k použitelnosti mostu podle Katalogu závad [15].

**Na místě 12** číselného kódu se provádí třídění podle naléhavosti odstranění závady podle Katalogu závad [15].

**Na místě 13** číselného kódu se provádí třídění podle opatření k odstranění závad podle Katalogu závad [15].

**Na místě 14** číselného kódu je rezerva.

Součástí Katalogu závad [15] jsou **katalogové listy**, které tvoří jistý srovnávací etalon, pomocí kterého se určuje odpovídající klasifikace zjištěné závady. Každá závada je uvedena na jednom katalogovém listu závady a označena identifikačním číslem.

### **3. Hodnocení závad**

#### **3.1 Stav mostu**

Stav mostu se stanovuje na základě zjištěných závad při hlavních a mimořádných prohlídkách. Stav mostu bezprostředně ovlivňuje:

- použitelnost mostu (z hlediska bezpečnosti provozu)
- zatížitelnost mostu (okamžité snížení zatížitelnosti)
- životnost mostu (závada vyvolávající postupnou degradaci nosné konstrukce)
- estetiku mostu (např.: ztráta barevnosti vrchního nátěru)

Stav mostu se stanoví pomocí klasifikačního stupně dle ČSN 73 6221 [5].

#### **3.2 Klasifikační stupeň**

Pro hodnocení závad zjištěných na ocelových nebo ocelobetonových mostů se použije následující způsob třídění:

I – bezvadný stav:

Bez jakýchkoliv zjevných závad.

II – velmi dobrý stav:

Ztráta barevnosti ochranného protikorozního systému, barevné fleky, zatekliny, vzhledové vady nátěru, konstrukce beze stop po korozním napadení.

III – dobrý stav:



Povrchové vady ochranného protikorozního systému, které vedou k jeho postupné degradaci (odlupování, praskání vrstev nátěru, pórovitost, trhlinky a puchýřování vrchních vrstev, první stopy koroze ocelové konstrukce, počínající bodová koroze).

IV – uspokojivý stav:

Výskyt korozních produktů na ploše povrchu menší než 5%, počínající proces důlkové koroze bez znatelného oslabení korodujících profilů, hromadění mokrých nečistot ve styčnicích.

V – špatný stav:

Povrch pokrytý korozními produkty v ploše větší než 5%, zrnitý povrch plochy s korozními produkty, počínající silná koroze s počínajícím oslabením nosných částí do 5% průřezové plochy, koroze v místech svarových spojů po celé ploše svarového kovu s počínajícím hlubším korozním napadením, počínající únavové trhliny, mírná deformace tlačných prutů, stěn a výztuh, ojediněle uvolněné nýty nebo šrouby.

VI – velmi špatný stav:

Oslabení kteréhokoli nosného prvku v důsledku koroze do 15% průřezové plochy, více únavových trhlin různé délky, vybočení tlačných prutů, stěn a výztuh, uvolněné šroubové nebo nýtové spoje (snížení únosnosti spoje do 15%).

VII – havarijný stav:

Korozní oslabení jakéhokoliv nosného prvku v rozmezí 15 – 30% oslabené plochy průřezu, lokálně proděravělé pruty, celkové hluboké korozní napadení, zkorodované svary, nýty, šroubové spoje, rozvinuté únavové trhliny, uvolněné šroubové nebo nýtové spoje (snížení únosnosti spoje do 30%).

*Poznámka:*

*Toto třídění se navrhuje do připravované změny ČSN 73 6221 [5] Prohlídky mostů pozemních komunikací.*

### **3.3 Závady protikorozní ochrany**

Souhrnně lze stupeň stavu protikorozní ochrany hodnotit písmeny A až G podle tab.1. Pro závady 291, 292, 295 a 296 se hodnocení provádí podle stupně prorezavění uvedeného ve 2. sloupci tab.1. Pro závady 293, 294, 297, 298 a 299 se hodnocení provádí podle množství a velikosti defektů uvedeného v příslušném 3., 4. nebo 5. sloupci tab.1.

Tab.1 Nejvyšší přípustný stupeň prorezavění, množství a velikost defektů PKO

Stupeň stavu protikorozní ochrany	Závada protikorozní ochrany			
	291, 292, 295, 296	293, 294, 299	298	297
	ČSN EN ISO 4628-3	4628-1	4628-2	4628-5
	stupeň prorezavění	množství defektů		
		velikost defektu		
A	0	0	0	0
		0	0	0
B		1	2	1
		1	2	1
C	1	1	2	2
		2	3	2
D	2	2	3	3
		3	3	3
E	3	3	3	3
		4	4	4
F	4	4	4	4
		5	5	5
G	5	5	5	5
		5	5	5

Poznámky: 1. Čísla v horní řádce ve sloupcích 3 až 5 udávají množství defektů a čísla v dolní řádce velikost defektů podle příslušné části normy ČSN EN ISO 4628.

2. Stupeň stavu PKO: A odpovídá dle odst. 3.2 klasifikačnímu stupni: I  
 B, C II  
 D, E III  
 F IV  
 G V

#### 4. Příčiny vzniku závad

Příčiny vzniku závad na ocelových a ocelobetonových mostech jsou v některých případech zcela jasné, jindy příčinu závady tak jednoznačně odhalit nelze. Obecně se ale dají příčiny závad rozčlenit následovně:

- chybný projekt (např.: chybná volba teoretického modelu pro návrh dimenzí, nerespektování spolupůsobení jednotlivých prvků, nesprávné uložení nosné konstrukce na spodní stavbu, použití členěných prutů, nepřístupné detaily, apod.)
- nevhodně použité materiály (např.: nevhodný výběr třídy a jakosti oceli z hlediska únavy a křehkého lomu, ocelový materiál s vnitřními vadami nebo nevhodným povrchem, nevhodně navržený materiál na vodotěsné izolace, apod.)
- chybné provedení (např.: chybné nebo nevhodné detaily z hlediska únavové pevnosti, nesprávná nebo nedokonale provedená příprava povrchu ocelového materiálu před provedením PKO, nedodržení technologických předpisů pro provádění PKO, bránění volné dilataci nosné konstrukce (navržená dilatační mezera mezi koncem ocelové konstrukce a závěrnou zdí musí být volná a musí mít projektovou dokumentací

navrženou šířku po celou dobu životnosti mostu), zabránění pootáčení v kloubových podpěrách (ložiska musí být čištěna a udržována tak, aby zajišťovala požadované pootáčení a případně posunutí po celou dobu jejich životnosti apod.)

- nedodržování intervalů běžných a hlavních prohlídek (včetně neodborně provedené prohlídky)
- nedostatečná údržba a opravy (nedodržena lhůta k odstranění závady uvedená na 12. místě číselného kódu v katalogovém listu, dlouhodobé zanedbání údržby v létech minulých, apod. )
- chybně provedená oprava nebo rekonstrukce (přetěžování novými vrstvami vozovky, nevhodně provedená obnova PKO, nedodržení technologických předpisů, apod.)
- přetěžování vozidly
- náraz vozidla
- mimořádné a jiné příčiny (povodeň, požár, apod.)

## 5. Hodnocení vlivu závad

### 5.1 Vliv závad na použitelnost mostu

Jedná se o závady, které ovlivňují bezpečnost silničního provozu na mostě. Patří sem:

nerovnosti a výtluky na vozovce na mostě,  
nerovnosti vozovky před mostním závěrem,  
špatné odvodnění vozovky (tvorba kaluží v důsledku nerovností vozovky a špatně provedeného vyspádování povrchu vozovky v příčném nebo podélném směru),  
zanesené odvodňovače, odvodňovací žlaby nebo potrubí,  
zamrzání odvodňovacích žlabů nebo potrubí,  
chybně osazené vtokové mříže na vozovkových odvodňovačích (s ohledem na bezpečnost cyklistů musí být mřížování kolmo ke směru jízdy),  
poškozené nebo vyvrácené obrubníky a svodidla,  
uvolněné mostní závěry,  
poškozené zábradlí (deformace sloupků, madla, prvků svislé výplně, uvolněné sloupky, zkorodované sloupky v místě vetknutí do římsy),  
chybějící označení snížené zatížitelnosti mostu dopravní značkou,  
chybějící vodorovné značení.

### 5.2 Vliv závad na zatížitelnost mostu

Vliv některých závad na zatížitelnost mostu lze stanovit výpočtem nebo speciálním statickým posouzením. Výpočtem lze posoudit korozně oslabenou konstrukci nebo konstrukci s převrstvenou vozovkou. Únavově porušenou konstrukci trhlinami lze posoudit speciálním statickým posouzením.

V případě **korozního oslabení** ocelové konstrukce je nutné na základě diagnostického průzkumu stanovit korozní oslabení všech prvků nosné konstrukce mostu. Korozně oslabené průřezy se vloží do výpočetního modelu konstrukce, provede se globální analýza a vypočte se zatížitelnost mostu. O zatížitelnosti celého mostu rozhoduje prvek nosné soustavy s nejnižší zatížitelností. V případě vnitřně staticky neurčité konstrukce lze uvážit, jaký vliv může mít vypuštění některého prvku na změnu statického chování celé konstrukce (např. některý prut podmostovkového ztužení je výrazně korozně oslaben a ovlivňuje zatížitelnost celého mostu, přičemž jeho vypuštěním v teoretickém modelu dojde k přerozdělení sil a tvarová určitost mostu bude zachována).

S **převrstvením vozovky** se setkáváme často na mostech na nižších třídách komunikací. Dříve se při obnově obrusné vrstvy pokládaly nové vrstvy bez předchozího odfrézování poškozených vrstev. (Na mostech malých rozpětí se provedl nový asfaltový koberec bez jakéhokoliv přerušení v místech ukončení mostu. Staré mosty malých rozpětí nemají žádné mostní závěry). Takto položených obnovovacích vrstev může být několik a celková tloušťka vozovkových vrstev je potom značná. Zatížitelnost mostu s převrstvenou vozovkou lze hodnotit postupem uvedeným v odst. 12 těchto TP.

Zatížitelnost mostu mohou ovlivňovat i další závady způsobené zejména **nárazem vozidel** do nosné konstrukce mostu nebo do spodní stavby mostu. Náraz může být způsoben při vyjetí vozidla z jeho jízdní dráhy nárazem do ocelové konstrukce vyčnívající nad vozovku (kterou může být hlavní nosná konstrukce nebo zábradlí resp. zábradelní svodidlo) nebo nárazem vozidla projíždějícím pod mostem do ocelové konstrukce mostu (kterou může být hlavní nosná konstrukce nebo její vodorovné podmostovkové ztužení). Při silnějším nárazu může dojít k posunu celé konstrukce v uložení mostu na opěrách, příp. k sesunutí konstrukce z ložisek. V tomto případě se už nejedná o snížení zatížitelnosti mostu, ale o havárii, která vede k okamžitému vyloučení provozu na mostě.

Na ocelových nebo ocelobetonových mostech by mohly být zjištěny **únavové trhliny** po jisté době provozu. Případný vznik únavových trhlin je většinou spojen s nevhodným konstrukčním detailem. Zatížitelnost únavově porušené konstrukce může být snížena, většinou tomu však tak nemusí být. Rozhodnutí o vlivu únavových trhlin na okamžitou zatížitelnost lze stanovit speciálním statickým posouzením. Únavové trhliny však ovlivňují zbytkovou životnost konstrukce (viz odst. 5.3).

Další příčinou, která může snížit zatížitelnost je **požár pod mostem**. Jedná se o celkem nahodilý jev. Jeho důsledky mohou být značně rozdílné a hodnocení zatížitelnosti mostu ovlivněného požárem je nutno řešit individuálně. Obecně však platí zásada, že je záhodno stanovit teplotu ocelové konstrukce při požáru a rovněž průběh teplot při ochlazování konstrukce. Nejvyšší dosažená teplota při požáru může být poměrně spolehlivě stanovena rozbořem vrstev protikorozi ochrany zasažených požárem. Nejvyšší dosažená teplota konstrukce při požáru může ovlivnit strukturu oceli a tím i mez kluzu oceli. Rychlý pokles teploty ocelové konstrukce (např. vlivem hašení požáru) může výrazně snížit vrubovou houževnatost a tím zvýšit náchylnost ke křehkému porušení ocelové konstrukce.

### **5.3 Vliv závad na životnost mostu**

Jedná se o závady, které snižují návrhovou životnost nebo zbytkovou životnost mostu. Návrhová životnost nových mostů je 100 let a může ji ovlivnit buď chybný návrh konstrukce nebo nekvalitní výroba. Zbytková životnost se stanovuje na konstrukci se zjištěnou vadou, ke které došlo důsledkem některého degradačního procesu.

Stav mostu s ohledem na životnost mostu lze hodnotit z hlediska použitelnosti nebo zatížitelnosti a při tom:

- respektovat stáří mostu a hodnotit jeho zbytkovou životnost s ohledem na zjištěné závady
- hodnotit zbytkovou životnost mostu s ohledem na rychlost degradačního procesu způsobeného závadou
- posoudit technické možnosti a finanční nároky na odstranění závady a na základě technicko ekonomického vyhodnocení rozhodovat o dalším postupu

Životnost mostu může být ovlivněna některým z degradačních procesů. U ocelových mostů to jsou buď koroze nebo únava. Jedná se o procesy, které probíhají v čase a které postupně snižují použitelnost nebo zatížitelnost mostu.

**Korozní oslabení**, ke kterému dochází v důsledku selhání funkce PKO, může vznikat pouze v jednotlivých místech konstrukce (bodová nebo místní koroze) nebo se může vyskytovat na ocelové konstrukci plošně. Ke korozi dochází hlavně v místech, kde je trvalá vlhkost často spojená s nečistotami a s obtížnou přístupností pro čištění a údržbu. Vzniku koroze vždy předchází selhání funkce PKO. V případě dlouhodobě probíhající koroze dochází k oslabování průřezu a tím ke snížení zatížitelnosti. S ohledem na rychlost korozního degradačního procesu lze hodnotit zbytkovou životnost mostu. Postupující korozi lze zabránit vhodnou obnovou PKO.

Vznik **únavové trhliny** na konstrukci je vyvolán častou proměnou proměnného zatížení (zatížení vozidly). Únavové trhliny vznikají v detailech konstrukce s vysokou mírou vrubového účinku, tj. v místech s náhlou změnou průřezu, v místech vysoké koncentrace napětí, většinou v místech svarů, v místech nehomogenit ocelového materiálu apod. Projevem únavové trhliny je její růst. Délka stádia růstu únavové trhliny bývá dost dlouhá, takže většinou je dost času přijmout vhodná opatření k zajištění bezpečnosti konstrukce. S ohledem na rychlost šíření únavové trhliny je možné odhadovat zbytkovou životnost konstrukce.

#### 5.4 Vliv závad na estetiku mostu

Některé závady mohou být pouze estetické, které nemají žádnou souvislost s mezním stavem únosnosti, se zatížitelností nebo se zbytkovou životností. Estetická kritéria patří do mezního stavu použitelnosti.

Nejčastější závadou mostu z estetického hlediska je **změna barevnosti** ocelové konstrukce. Plošná změna barevnosti bývá vyvolána UV zářením. Lokální změna barevnosti bývá vyvolána nejčastěji stékající vodou nebo stékající rzi po konstrukci nebo také stékajícími výluhy z betonových částí konstrukce. Ve všech těchto případech se jedná o estetické závady, které mohou vyvolávat v pozorovateli dojem vážného porušení nebo snížení spolehlivosti konstrukce. Většina těchto estetických závad ale upozorňuje na jinou závadu, která může mít vliv např. na zatížitelnost mostu.

Častou estetickou závadou je **prolínání vlhkosti** ve spodní stavbě, v křídlech nebo v opěrách mostu. Právě tyto závady signalizují poruchu vodotěsné izolace a mohou v dalším období vést k závažným poruchám.

Estetickou závadou může být jakákoliv **deformace**, která nemusí mít vliv na zatížitelnost mostu. Jedná se hlavně o linie konstrukce, které jsou vystaveny pozorovateli (linie madla zábradlí, linie hran říms apod.). Rovněž nerovné plochy, zvláště při šikmém osvětlení, jsou vnímány pozorovatelem negativně. Nerovnost ocelových stěn bývá zapříčiněna deformací stěny od svařování. Nerovnost betonových povrchů (opěr, křídel, pilířů apod.) vzniká nekvalitně provedeným bedněním nebo chybným postupem při betonáži. Většina těchto estetických závad má svůj původ v nesprávné montáži příp. i v chybném návrhu. Podle kap.3.2 se jedná o stav II nebo III.

#### 6. Doporučení pro navrhování nových nebo rekonstruovaných mostů

Při návrhu nových mostů nebo jejich rekonstrukci je nutno naplnit podmínky ČSN 73 6201 [1], které zajišťují zejména bezpečnost konstrukce z hlediska zajištění únosnosti a stability, bezpečnost při provádění a bezpečnost při používání.

Při návrhu nových mostů nebo jejich rekonstrukci je nutné používat odpovídající návrhové metody, správně volit materiál ocelových a ocelobetonových mostů a eliminovat nevhodná nebo neosvědčená konstrukčních řešení.

Při návrhu ocelových a ocelobetonových mostů se postupuje podle evropských norem zavedených do systému ČSN:

- ČSN EN 1990, vč. Přílohy A2 Zásady navrhování konstrukcí, Příloha A2: Použití pro mosty [8],
- ČSN EN 1991-2 Zatížení konstrukcí – Část 2: Zatížení mostů dopravou [9],
- ČSN EN 1992-2 Navrhování betonových konstrukcí – Část 2: Betonové mosty – navrhování a konstrukční zásady [10]
- ČSN EN 1993-2 Navrhování ocelových konstrukcí – Část 2: Ocelové mosty [11],
- ČSN EN 1994-2 Navrhování spřažených ocelobetonových konstrukcí – Část 2: Obecná pravidla a pravidla pro mosty [12].

**Volbu teoretického modelu** mostu je vhodné přizpůsobit stupni projektové dokumentace. V projektovém stupni dokumentace pro územní rozhodnutí nebo ve stupni dokumentace pro stavební povolení je vhodné používat jednoduché teoretické modely (např. prutové nebo rovinné modely). Až v projektovém stupni zadávací dokumentace stavby nebo v realizační dokumentaci je vhodné použít sofistikované modely, které umožňují vystihnout skutečné chování nosné konstrukce. Pokud se tyto modely použijí, je nutné správně výsledky interpretovat při posouzení v mezním stavu únosnosti a v mezním stavu použitelnosti. Požadavku posuzovacího kritéria je někdy nutné přizpůsobit volbu softwaru. Pro zpracování statického výpočtu se požaduje jeho kontrolovatelnost. Obecně je nutno splnit požadavky uvedené v Technických kvalitativních podmínkách pro dokumentaci. Požadavky na obsah realizační dokumentace jsou podrobně uvedeny v TKP 19 [16].

**Při statickém přepočtu** stávajícího ocelového nebo ocelobetonového mostu je nutné, aby byl nejdříve proveden diagnostický průzkum mostu, který obsahuje mimo jiné zjištění skutečného stavu nosné konstrukce, míry korozního oslabení jednotlivých prvků nosné konstrukce, skutečného stavu uložení hlavní nosné konstrukce na spodní stavbu, stavu a funkce mostních závěrů apod. Všechny tyto skutečnosti je potom nutné zohlednit v teoretickém modelu konstrukce. Respektovat, zda v uložení může nebo nemůže docházet k pootáčení hlavní nosné konstrukce vůči spodní stavbě a zda hlavní nosná konstrukce může v závislosti na rovnoměrném oteplení/ochlazení měnit volně svoji délku. Pootáčení a posuny uložení hlavní nosné konstrukce vůči spodní stavbě je ovlivněno způsobem uložení (funkcí a stavem ložisek) a konstrukčním řešením a stavem mostních závěrů. Doporučení pro volbu teoretického modelu spřaženého ocelobetonového mostu je v Příloze 1.

Pro volbu teoretického modelu při návrhu nového mostu nebo při přepočtu stávajícího mostu lze v některých případech využít modální analýzu. Možnosti jsou uvedeny v TP 215 [25].

**Volba konstrukčního systému** má být přiměřená okolnostem, zvolený systém musí být respektován ve skutečném provedení konstrukce mostu. Je vhodné omezit počet mostních závěrů a ložisek používáním spojitých konstrukcí, případně lze u kratších rozpětí navrhovat mosty integrované bez ložisek. Konstrukční detaily musí být jednoduché a přístupné pro údržbu. Je nutné zajistit vyměnitelnost ložisek. Je nutné dbát na odvodnění mostu a i na to, aby se na samotné ocelové konstrukci nevytvářely prostory, kde se voda bude zadržovat. Komerové nosníky lze vzduchotěsně uzavřít, pokud ale komory jsou otevřené, je nutné dbát na jejich odvodnění a dostatečnou ventilaci. Nejsou vhodné členěné pruty s nepřístupnými mezerami.

## 7. Doporučení pro provádění

Výroba mostní konstrukce musí být prováděna dle ČSN EN 1090-2 [6] a doplňujících požadavků obsažených v TKP 19 [16]. Z hlediska ocelových a ocelobetonových mostů se jedná o doporučení pro výrobu ocelové konstrukce v mostárně a pro montáž ocelové konstrukce na staveništi. Součástí provádění je i doprava transportních dílů na staveniště a manipulace s nimi.

Obecně lze doporučení pro provádění shrnout následovně:

- Správná **volba ocelového materiálu** odpovídající budoucímu použití v ocelové konstrukci (volba materiálu nejen z hlediska pevnosti a svařitelnosti, ale také z hlediska křehkého lomu, případně i povrchových vad). S ohledem na postup svařování je nutné provést správnou volbu přídatného materiálu.
- Dodržení **technologické kázně** při svařování, která zásadním způsobem ovlivňuje kvalitu svarového spoje a zbytková pnutí (a tím i únavovou životnost konstrukce).
- Dodržení **tvarových tolerancí** (ovlivňuje kupř. odvodnění povrchu konstrukce, vytváří předpoklady pro montáž ocelové konstrukce na staveništi, ovlivňuje estetický vzhled konstrukce aj.).
- Dodržení předepsaných **způsobů dopravy** transportních dílců ocelové konstrukce na staveniště včetně předepsaných způsobů manipulace s nimi.
- Dodržení předepsaných **montážních postupů** (má vliv na výsledný geometrický tvar konstrukce, na velikost zbytkových pnutí aj.).
- Dodržení předepsaných technologických a montážních předpisů při osazování **mostních závěrů** podle TP 86 [18].
- Dodržení technologické kázně při **provádění PKO** např. v místech montážních styků či v místech oprav poškozené ochrany (výrazně ovlivňuje životnost PKO). Oprava nebo obnova PKO většinou vyžaduje finančně nákladné zpřístupnění konstrukce (lešení, zakrytí konstrukce apod.).
- Dodržení technologické kázně při **provádění vodotěsných izolací** a odvodnění povrchu izolační vrstvy (zásadním způsobem ovlivňuje životnost vodotěsné izolace). Případná obnova vodotěsné izolace je většinou finančně náročná a vyžaduje omezení nebo přerušování provozu na mostě.

Podrobná ustanovení o požadavcích na zajištění kvality při provádění ocelových a ocelobetonových mostů jsou obsažena v TKP 19 [16].

## 8. Doporučení pro provádění prohlídek

Pro provádění běžných, hlavních a mimořádných prohlídek platí ČSN 73 6221 [5].

Při provádění běžných, hlavních (zvláště pak při provádění první hlavní prohlídky) a mimořádných prohlídek ocelových a ocelobetonových mostů je nutné se zaměřit na místa nejčastěji se vyskytujícími závadami. Nejčastěji se závady vyskytují na mostovce, v místech uložení nosné konstrukce na spodní stavbu, na ložiskách a na mostních závěrech. Klasifikace zjištěných závad při prohlídce se provádí podle Katalogu závad [15].

*Poznámka:*

*Při běžné prohlídce se nehodnotí stav mostu. Stav mostu se hodnotí při hlavní prohlídce.*

Správci mostů musí mít pracovníka s Osvědčením pro provádění běžných prohlídek. Pro provádění hlavních a mimořádných prohlídek musí správci mostů využívat pracovníky

s Oprávněním dle Metodického pokynu MD ČR. Správci musí dodržovat předepsané termíny běžných a hlavních prohlídek. Intervaly pro provádění běžných a hlavních prohlídek jsou předepsány v závislosti na stavu mostu v ČSN 73 6221 [5]. Prohlídku mostu může vykonávat osoba, která má odpovídající vzdělání, praxi a vybavení k výkonu prohlídky dle Metodického pokynu MD ČR [27].

Je účelné, aby prohlídku každého mostu prováděl po jistou dobu stejný pracovník, resp. stejná fyzická nebo právnická osoba, aby byla lépe zajištěna kontinuita vzniku a rozvoje závad. Je rovněž účelné pro vybrané mosty postupovat podle projektu diagnostiky a údržby (která místa je nutné sledovat, jakými metodami sledování provádět, za jakých vnějších podmínek provádět prohlídku apod.).

Hodnocení korozních závad je potřebné provádět podle Katalogu závad [15].

Přejímka nových mostů a mostů po rekonstrukci a hlavně první hlavní prohlídka musí probíhat v souladu s TKP 19 [16], u mostních závěrů rovněž s TP 86 [18]. Tyto podmínky musí být dodrženy i na všech úrovních výroby, zahrnujících přejímku použitého materiálu a spojovacích součástí, dílenskou přejímku, montážní přejímku, první hlavní prohlídku a mimořádnou prohlídku před ukončením záruční doby.

## 9. Doporučení pro provádění údržby

Obecná doporučení pro provádění údržby jsou uvedena v ČSN 73 6221, Příloha A [5]. V praxi jde zejména o to, aby se údržba vykonávala pravidelně a zodpovědně. Z ekonomického hlediska obecně platí, že pravidelná údržba je vždy levnější než jakákoli oprava.

V rámci předávacího řízení objektu musí být zhotovitelem stavby předložena objednateli dokumentace údržby pro zajištění předepsané životnosti ocelové konstrukce, včetně speciálních požadavků na údržbu podle TKP 19 [16].

Doporučení pro provádění údržby ocelových a ocelobetonových mostů zahrnuje údržbu:

- **povrchu vozovky** (jakékoliv nerovnosti vozovky vyvolávají zvýšené dynamické účinky, které vedou k rychlejší degradaci mostovky, hlavní nosné konstrukce, ložisek a spodní stavby)
- **mostních závěrů** (spočívá v pravidelném čištění mostních závěrů, aby byla zajištěna schopnost délkových změn nosné konstrukce; zabránění volné dilataci nosné konstrukce může vyvolat vážné poškození mostního závěru, mostovky nebo hlavní nosné konstrukce; zvláštní pozornost je nutno věnovat kontrole vodotěsnosti mostních závěrů; případné průsaky vyvolávají poškození samotných mostních závěrů, korozi ložisek a degradaci spodní stavby)
- **odvodnění** (spočívá v čištění odvodňovačů, odvodňovacích žlabů a potrubí; zanedbání této údržby vede ke vzniku nebezpečných situací na vozovce, dále vede k průsakům vody deskou mostovky a ke stékání vody po nosných částech konstrukci a tudíž ke vzniku koroze ocelových částí)
- **ložisek** (údržba závisí na druhu použitého ložiska; obecně spočívá v čištění úložných prahů a v čištění samotných ložisek; nečistoty v ložisku zabraňují jeho základní funkci, tj. umožnění pootáčení a posunutí hlavní nosné konstrukce po spodní stavbě; v případě selhání těchto funkcí ložiska může dojít k vážným závadám na ložiskách, na spodní stavbě nebo na hlavní nosné konstrukci)



- **ocelové konstrukce** (spočívá v čištění povrchu ocelové konstrukce; jedná se hlavně o čištění vodorovných ploch a jinak obtížně přístupných míst, kde dochází k usazování prachu, nečistot, holubího trusu apod.; zanedbání této údržby vede ke zvýšení nebezpečí vzniku koroze, protože na místech s nečistotami je povrch ocelové konstrukce trvale vystaven vlhkosti)

## **10. Doporučení pro provádění oprav**

Oprava ocelového nebo ocelobetonového mostu může být vyvolána nevhodným návrhem mostu nebo jeho detailů, chybným provedením, nedostatečnou údržbou, vlivem přetěžování nebo mimořádného zatížení. Oprava ocelového nebo ocelobetonového mostu se provádí na základě výsledků běžné, hlavní nebo mimořádné prohlídky nebo na základě diagnostického průzkumu. Výsledkem prohlídky nebo diagnostického průzkumu je návrh opatření, který je východiskem pro přípravu opravy mostu. S ohledem na rozsah a velikost zjištěných závad je nutno rozhodnout, zda odstranění závad bude zajištěno opravou nebo rekonstrukcí.

Při provádění oprav je nutné řídit se projektovou dokumentací pro opravu mostu, přičemž je nutné dbát na to, aby kvalita prováděných prací odpovídala TKP 19 [16]. Projektová dokumentace musí předepsat způsob kontroly kvality provedených prací. Musí se plně využít zákonné nebo smluvně upravené záruční doby a před jejím ukončením je nutné provést mimořádnou nebo hlavní prohlídku rekonstruovaného mostu.

Údržba, oprava nebo obnova PKO stávajících ocelových mostů musí vycházet ze systému PKO, který má být opraven. Při opravách PKO je nutno respektovat celou řadu skutečností, které ve svém důsledku zpravidla povedou na individuální návrh údržby, opravy nebo obnovy PKO. Návrh má být v souladu s požadavky TKP 19, část B, Příloha 19.B.P5 [16].

## **11. Doporučení pro provádění rekonstrukcí**

Rozhodnutí, kdy je nutná rekonstrukce nebo pouze oprava, je možné učinit pouze na základě podrobné kalkulace nákladů, přičemž je nutné uvážit i odhadovanou dobu životnosti k další opravě nebo rekonstrukci.

Způsob rekonstrukce, pokud se pro rekonstrukci správce mostu rozhodne, je dán projektovou dokumentací pro rekonstrukci mostu. Součástí této dokumentace musí být požadavek na kvalitu prováděných prací dle TKP 19 [16] a musí být předepsán způsob kontroly kvality provedených prací. Musí se plně využít zákonné nebo smluvně upravené záruční doby a před jejím ukončením je nutné provést mimořádnou nebo hlavní prohlídku rekonstruovaného mostu.

Rekonstrukce ocelového nebo ocelobetonového mostu většinou obsahuje zásah do nosných prvků nebo do celého hlavního nosného systému ocelové konstrukce. Součástí rekonstrukce je statický výpočet nebo přepočítání nosné konstrukce. Ve statickém výpočtu je nutno respektovat skutečný stav ocelové konstrukce a rovněž požadovanou zbytkovou životnost konstrukce. Doporučuje se stanovit materiálové charakteristiky ocelové konstrukce, mez kluzu a vrubovou houževnatost (zjištěná mez kluzu může být využita ve statickém výpočtu). Důležitou součástí je návrh postupu rekonstrukce s ohledem na vnesení účinků od stálého zatížení do prvků dotčených rekonstrukcí (např. při zesilování ohýbaného nosníku pomocí přivařeného nebo přišroubované příložky je nutné zesilovaný nosník podepřít a přizvednout tak, aby nebyl namáhán od stálého zatížení a v tomto stavu provést připojení zesilovací příložky). Pokud se bude při rekonstrukci používat svařování, tak je nutno ověřit svařitelnost ocelové konstrukce.

## **12. Návod pro stanovení zatížitelnosti mostu s převrstvenou vozovkou**

Přepočítání mostu s převrstvenou vozovkou je specifickým statickým případem. V tomto případě je žádoucí vhodným způsobem zahrnout vozovkové souvrství jako spolupůsobící do nosné konstrukce mostu, pokud hlavní nosná konstrukce není ve stavu VI nebo VII. V teoretickém modelu je nutné se zabývat mírou spolupůsobení vozovkových vrstev s deskou mostovky a s hlavními ocelovými nosníky (pozor na značně proměnný modul pružnosti asfaltových vrstev vozovky v závislosti na teplotě). Při dosud běžně používaném přepočtu, kdy převrstvená vozovka pouze zatěžuje hlavní nosnou konstrukci a nijak nespůsobí, tak vychází velmi nízká zatížitelnost v rozporu se skutečností.

U plnostěnného mostu s rozpětím do 20 m, který je tvořen prostě uloženými nebo vetknutými ocelovými nosníky spojenými nad horními pásnicemi železobetonovou deskou pokrytou velkou vrstvou vozovkového souvrství, přičemž vozovkové souvrství pokračuje za opěrami ve stejné tloušťce a u opěr nejsou známky porušení této vrstvy, lze při výpočtu zatížitelnosti postupovat takto:

- lze předpokládat plné roštové spolupůsobení nosníků při neměnném příčném řezu (tj. lze uvážit roznášení zatížení na nosníky jako při dokonale tuhém ztužení),
- každý jednotlivý nosník lze potom považovat za spřažený ocelobetonový (s úplným smykovým spojením), i když není prokázáno, že spřahovací prvky jsou použity,
- vozovkové souvrství lze považovat za nosnou část nosníku, která je dokonale (neposuvně) spojena s betonovou deskou,
- v přibližném výpočtu lze předpokládat následující moduly pružnosti: ocel = 210 000 MPa, beton = 30 000 MPa, vrstvy vozovky = 2 500 MPa,
- výpočet se provede podle teorie pružnosti, za předpokladu nulového posunu mezi ocelí a betonem a mezi betonem a vozovkou.

Tyto předpoklady jednoduchého výpočtu byly prověřeny zatěžovací zkouškou podobného mostu s rozpětím 7,6 m. Přesnější výpočet je samozřejmě přípustný.

U velmi starých mostů malého rozpětí na nižších třídách komunikací se stále ještě vyskytují mosty, u kterých jsou místo betonové desky mostovky použita tzv. železa ZORÉS, položená na ocelové nosníky. Na nich může být betonová nebo v horším případě pouze šterková vrstva. Vodotěsná izolace mostovky nebyla provedena vůbec nebo je dnes zcela nefunkční. Železa ZORÉS jsou většinou zcela zkorodovaná. Roznášení kolových tlaků do hlavních nosníků provizorně zajišťuje betonová deska a spolupůsobící vozovkové souvrství. Takové mosty vyžadují okamžitou rekonstrukci, neboť bezpečnost provozu nelze zajistit.

## **13. Závěr**

Tyto technické podmínky obsahují doporučení pro navrhování, provádění, prohlídky, údržbu, opravy a rekonstrukce ocelových a ocelobetonových mostů. Cílem všech doporučení je vytvořit takové podmínky, aby vznik závad na těchto mostech po celou dobu životnosti byl minimalizován. Předpokladem úspěšnosti je dodržování všech technických a kvalitativních požadavků podrobně specifikovaných v TKP 19 [16].

## **Související předpisy a literatura**

- [1] ČSN 73 6201 Projektování mostních objektů
- [2] ČSN 73 6203 Zatížení mostů
- [3] ČSN 73 6205 Navrhování ocelových mostů
- [4] ČSN 73 6209 Zatěžovací zkoušky mostů
- [5] ČSN 73 6221 Prohlídky mostů pozemních komunikací
- [6] ČSN EN 1090-2 Provádění ocelových a hliníkových konstrukcí – Část 2: Technické požadavky na ocelové konstrukce
- [7] ČSN EN 1337 Stavební ložiska
- [8] ČSN EN 1990, vč. Přílohy A2 Zásady navrhování konstrukcí, Příloha A2 : Použití pro mosty
- [9] ČSN EN 1991-2 Zatížení konstrukcí – Část 2: Zatížení mostů dopravou
- [10] ČSN EN 1992-2 Navrhování betonových konstrukcí – Část 2: Betonové mosty – Navrhování a konstrukční zásady
- [11] ČSN EN 1993-2 Navrhování ocelových konstrukcí – Část 2: Ocelové mosty
- [12] ČSN EN 1994-2 Navrhování spřažených ocelobetonových konstrukcí – Část 2: Obecná pravidla a pravidla pro mosty
- [13] ČSN EN ISO 4628 Nátěrové hmoty – Hodnocení degradace nátěru – Klasifikace množství a velikosti defektů a intenzity jednotných změn vzhledu  
Část 1: Obecný úvod a systém klasifikace  
Část 2: Hodnocení stupně puchýřování  
Část 3: Hodnocení stupně prorezavění  
Část 4: Hodnocení stupně praskání  
Část 5: Hodnocení stupně odlupování  
Část 6: Hodnocení stupně křídování metodou samolepící pásky  
Část 7: Hodnocení stupně křídování metodou sametu  
Část 8: Hodnocení stupně delaminace a koroze v okolí řezu  
Část 10: Hodnocení stupně nitkové koroze
- [14] ČSN EN ISO 8044 Koroze kovů a slitin – Základní termíny a definice
- [15] Katalog závad mostních objektů pozemních komunikací, Pontex, 2009
- [16] TKP 19 Technické kvalitativní podmínky staveb pozemních komunikací – Kapitola 19: Ocelové mosty a konstrukce, Pragoprojekt, 2008
- [17] TP 42 Opravy ocelových nosných konstrukcí silničních mostů – metody a technologie ke zvýšení zatížitelnosti a prodloužení životnosti
- [18] TP 86 Mostní závěry
- [19] TP 157 Mostní objekty PK s použitím ocelových trub z vlnitého plechu
- [20] TP 160 Mostní elastomerová ložiska
- [21] TP 173 Použití mostních hrncových ložisek
- [22] TP 175 Stanovení životnosti betonových konstrukcí objektů PK, Změna 1 – Příloha C

- [23] TP 197 Mosty a konstrukce PK z patinujících ocelí
- [24] TP 200 Stanovení zatížitelnosti mostů PK navržených podle norem a předpisů platných před účinností EN
- [25] TP 215 Využití modální analýzy pro návrh, posouzení, opravy, kontrolu a monitorování mostů PK
- [26] ČSN EN ISO 12944-8 Nátěrové hmoty – Protikorozi ochrana ocelových konstrukcí ochrannými nátěrovými systémy – Část 8: Zpracování specifikací pro nové a údržbové nátěry.
- [27] MP Oprávnění k výkonu prohlídek mostů PK, 2009
- [28] TP 144 Doporučení pro navrhování, posuzování a sledování betonových mostů PK, 2009



## **Příloha 1:**

### **Doporučení pro volbu teoretického modelu spřaženého ocelobetonového mostu**

#### **P1.1 Obecná ustanovení**

Příloha 1 Technických podmínek TP 216 platí pro statický výpočet hlavní nosné konstrukce spřažených ocelobetonových mostů. Hlavní důraz Přílohy 1 je kladen na volbu teoretického modelu spřaženého ocelobetonového mostu.

Předmětem Přílohy 1 není:

- návrh konstrukce mostu
- stanovení zatížení mostu
- výpočet spodní stavby a založení mostu

#### **P1.2 Statický výpočet - obecně**

Spřažené ocelobetonové mosty patří v České republice mezi nejčastěji používané typy. Nejběžnějším konstrukčním uspořádáním jsou mosty s horní mostovkou se dvěma či více ocelovými nosníky a železobetonovou deskou spřaženou v oblastech horních pásnic nosníků. Vyskytují se mosty s jedním i s více poli (spojité i jako soustava prostých polí), šikmé, v oblouku apod., ve výjimečných případech mohou být půdorysně zakřiveny i ocelové nosníky.

Statický výpočet má být vždy co nejpriléhavěji nastaven pro konkrétní uspořádání konstrukce. Některá pravidla výpočtu lze zobecnit. Hlavní otázkou statického výpočtu těchto konstrukcí je stanovení podílu jednotlivých nosníků na obecně působící zatížení.

Pro většinu mostů je vhodné pro statickou analýzu použít větší počet výpočetních modelů než jeden. Pomineme-li specializovaný software, který je schopen zohlednit v jednom modelu různé způsoby montáže, reologické vlastnosti betonu apod., obvykle s jedním modelem nelze vystačit.

Dále je nutné, aby výpočetní model poskytoval výstupy nezbytné pro posouzení mostu v mezním stavu použitelnosti i v mezním stavu únosnosti. Podle ČSN EN 1994-2 Navrhování spřažených ocelobetonových konstrukcí – Část 2: Obecná pravidla a pravidla pro mosty [12], to znamená, že výstupem programů musí být vnitřní síly pro posouzení MSÚ (ohybové momenty a posouvající síly) a pokud možno napětí pro posouzení v MSP. Podrobněji bude tato skutečnost komentována v odst. P1.5.

#### **P1.3 Výpočetní modely**

Při statické analýze je třeba zohlednit:

- způsob montáže konstrukce
- reologické vlastnosti betonu
- ohybovou, smykovou a torzní tuhost všech prvků konstrukce
- excentricitu horní desky vzhledem k podélným trámům
- ochabnutí smykem v deskových pásech mezi nosníky

Respektování těchto požadavků závisí na možnostech zvoleného výpočetního modelu a je obvykle kritériem vhodnosti jeho užití.

Pro statickou analýzu konstrukce obvykle postačí lineární výpočet.

#### P1.4 Způsoby statické analýzy

Přístupů ke globální analýze spřaženého mostu obecně může být celá řada. Základní rozdělení může vypadat následovně:

- ruční výpočet,
- stěnodeskový model,
- kombinovaný model,
- další modely.

Obecný popis a komentář k jednotlivým případům je uveden v následujících odstavcích.

##### P1.4.1 Ruční výpočet

Ruční výpočet se obvykle provádí za předpokladu dokonale tuhých příčných řezů mostu. Klasický výpočet spočívá ve stanovení poměrného zatížení jednotlivých nosníků (pomocí příčinkové čáry příčného rozdělení zatížení (tab. P1.1).

Je nutné stanovit spolupůsobící šířky betonové desky v jednotlivých úsecích mostu (např. podle ČSN EN 1994-2, 5.4.1.2 [12], jak je uvedeno dále):

V poli  $i$  ve vnitřní podpoře se celková účinná šířka  $b_{\text{eff}}$ , viz obrázek 1, určí ze vztahu:

$$b_{\text{eff}} = b_0 + \sum b_{\text{ei}} \quad (\text{P1.1})$$

kde  $b_0$  je vzdálenost mezi osami vnějších spřahovacích prvků;

$b_{\text{ei}}$  hodnota účinné šířky betonové desky na každé straně stojiny. Tato hodnota je  $L_e/8$ , ale ne větší než je šířka  $b_i$ . Hodnota  $b_i$  se má uvažovat jako vzdálenost mezi vnějším spřahovacím prvkem a středem desky mezi nosníky, měřeno uprostřed tloušťky betonové desky. U převislého konce je  $b_i$  vzdálenost mezi spřahovacím prvkem a okrajem desky. Délka  $L_e$  se má určit jako přibližná vzdálenost mezi body nulového momentu. Pro typické spojité spřažené nosníky, kde je návrh ovlivněn momentovou obálkou pro různá uspořádání zatížení, a pro konzoly, lze  $L_e$  předpokládat podle obr. P1.1.

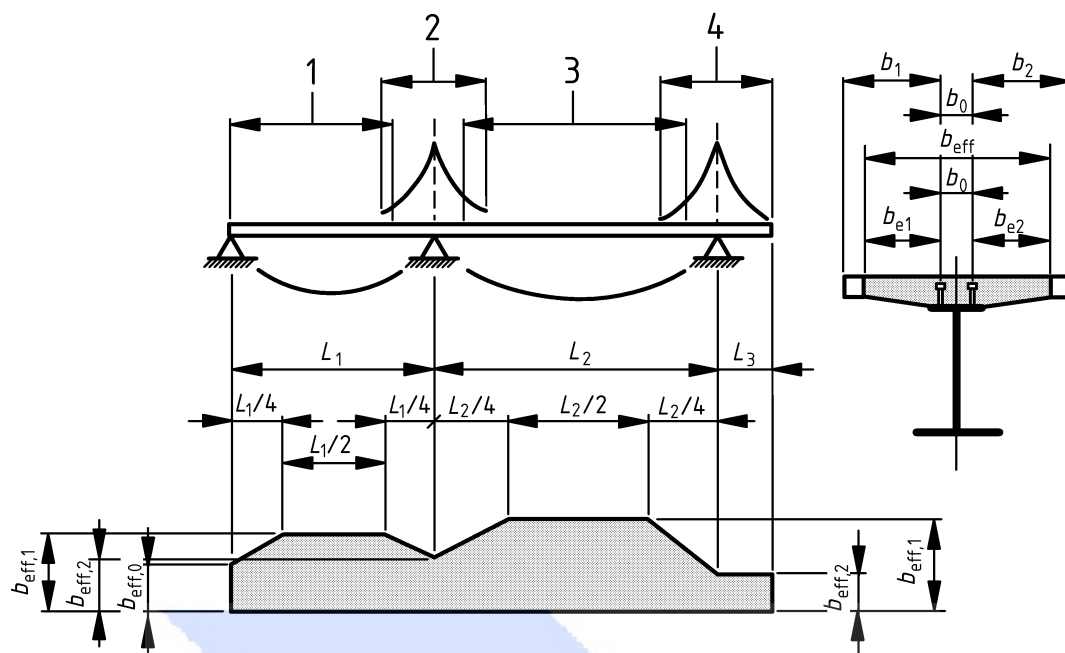
Účinnou šířku v koncové podpoře lze určit ze vztahu:

$$b_{\text{eff}} = b_0 + \sum \beta_i b_{\text{ei}} \quad (\text{P1.2})$$

$$\text{kde } \beta_i = (0,55 + 0,025L_e/b_{\text{ei}}) \leq 1,0 \quad (\text{P1.3})$$

a kde  $b_{\text{ei}}$  je účinná šířka uprostřed koncového pole;

$L_e$  ekvivalentní rozpětí koncového pole podle obr. P1.1.



**Legenda:**

- 1  $L_e = 0,85L_1$  pro  $b_{eff,1}$
- 2  $L_e = 0,25(L_1 + L_2)$  pro  $b_{eff,2}$
- 3  $L_e = 0,70L_2$  pro  $b_{eff,1}$
- 4  $L_e = 2L_3$  pro  $b_{eff,2}$

Obr. P1.1 – Ekvivalentní rozpětí pro určení účinné šířky betonové desky

Dále je třeba uvážit reologické vlastnosti betonu a následně v posouzení rozhodujících průřezů. Zohlednění reologie betonu podle ČSN EN 1994-2, 5.4.2.2 [12], je uvedeno dále. Zavádí se pracovní součinitele v závislosti na typu zatížení:

$$n_L = n_0 (1 + \psi_L \varphi_t) \quad (P1.4)$$

kde  $n_0$  je poměr modulů  $E_a/E_{cm}$  pro krátkodobé zatížení;

$E_{cm}$  sečnový modul pružnosti betonu pro krátkodobé zatížení podle ČSN EN 1992-1-1, tab. 3.1 nebo tab. 11.3.1 [10];

$\varphi_t$  součinitel dotvarování  $\varphi(t, t_0)$  podle ČSN EN 1992-1-1, 3.1.4 nebo 11.3.3 [10], závisující na stáří ( $t$ ) betonu v okamžiku posuzování a stáří ( $t_0$ ) při zatížení;

$\psi_L$  násobitel součinitele dotvarování, závisující na typu zatížení. Pro stálé zatížení je 1,1, pro primární a druhotné účinky smršťování 0,55 a pro předpínání vnesením deformací 1,5.

Tento postup je poměrně jednoduchý, v praxi dostatečně prověřený a je možné jej v některých případech úspěšně aplikovat i ve vztahu k novým návrhovým normám. Méně vhodný je pro složitější dispozice (půdorysně zakřivené mosty, šikmé mosty, spojité mosty apod.), kdy je obtížné rozdělit ručně účinky zatížení na jednotlivé nosníky.

Součástí ručního výpočtu může být i model se samotnými ocelovými nosníky, který zohlední eventuální montáž mostu bez lešení.

Tab. P1.1 Hodnoty pořadnic příčinkových čar příčného roznášení zatížení pro nekonečně tuhý příčný řez

Počet hlavních nosníků	Příčinková čára pro nosník	Příčinková pořadnice příčného roznášení v místě nosníku							
		1	2	3	4	5	6	7	8
3	1	0,833	0,333	-0,167					
	2	0,333	0,333	0,333					
4	1	0,700	0,400	0,100	-0,200				
	2	0,400	0,300	0,200	0,100				
5	1	0,600	0,400	0,200	0,000	-0,200			
	2	0,400	0,300	0,200	0,100	0,000			
	3	0,200	0,300	0,200	0,200	0,200			
6	1	0,524	0,381	0,238	0,095	-0,048	-0,190		
	2	0,381	0,295	0,210	0,124	0,038	-0,048		
	3	0,238	0,210	0,181	0,152	0,124	0,095		
7	1	0,464	0,357	0,250	0,143	0,036	-0,071	-0,179	
	2	0,357	0,286	0,214	0,143	0,071	0,000	-0,071	
	3	0,250	0,214	0,179	0,143	0,107	0,071	0,036	
	4	0,143	0,143	0,143	0,143	0,143	0,173	0,143	
8	1	0,417	0,333	0,250	0,167	0,083	0,000	-0,083	-0,167
	2	0,333	0,274	0,214	0,155	0,095	0,036	-0,024	-0,083
	3	0,250	0,214	0,179	0,143	0,107	0,071	0,036	0,000
	4	0,167	0,155	0,143	0,131	0,119	0,107	0,095	0,083

Tab. P1.2 Zhodnocení ručního výpočtu

Přednosti	Nedostatky
<ul style="list-style-type: none"> <li>Názornost, jednoduchost, možnost použití tabulek příčinkových čar.</li> <li>Není nezbytný software.</li> <li>Jednoduché vyhodnocení MSP i MSÚ.</li> <li>Vhodný pro prosté nosníky v přímé.</li> <li>Snadné zohlednění způsobu montáže.</li> <li>Lze na jediném modelu řešit i vliv spojitých přetvoření (teplota, smršťování).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Někdy nepřesný model, tuhost příčného řezu není dokonalá, navíc se mění po délce mostu.</li> <li>Nevhodný pro složitější dispozice.</li> </ul>

#### P1.4.2 Stěnodeskový model

Stěnodeskový model odstraňuje problémy klasického ručního výpočtu pro složité dispozice. Pomocí stěnodeskových prvků je možné modelovat prakticky libovolný tvar mostu. Pomineme-li vyšší pracnost ve srovnání s klasickým postupem, největší obtíže nastávají právě při vyhodnocení modelu a posouzení v MSÚ.

Stěnodeskové prvky lze velmi dobře a výhodně používat v případech, kdy pro návrh postačují průběhy napětí. Plastické posouzení průřezu ovšem vyžaduje jako vstupní hodnotu velikost momentu působícího na daný průřez. I když takový výstup stěnodeskového modelu není nemožný, rozhodně není běžný a snadný. Další výraznou nepřesností tohoto modelu je fakt, že nerespektuje odlišné chování taženého betonu.

Stěnodeskový model se také výhodně uplatňuje pro vyšetřování účinků od teploty a smršťování.



Tab. P1.3 Zhodnocení výpočtu pomocí stěnodeskového modelu

Přednosti	Nedostatky
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Konstrukce modelována jako prostorový systém, zohledňuje spolupůsobení systému.</li> <li>• Lze zadávat libovolné dispozice.</li> <li>• Snadné vyšetřování vlivu teploty a smršťování.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nezohledňuje vliv trhlin v betonu v oblastech záporných momentů.</li> <li>• Zvýšená pracnost.</li> <li>• Nezohledňuje vliv montáže.</li> </ul>

### P1.4.3 Kombinovaný model

Největší problém stěnodeskových modelů do značné míry řeší kombinovaný model. Tento model je vytvořen stěnodeskovými i prutovými prvky. Železobetonová deska je modelována pomocí stěnodeskových prvků a ocelový nosník jako prut. I toto řešení však přináší svá úskalí. Pokud prutový prvek představuje pouze ocelový nosník, není vyřešen problém se stanovením momentu na celý spřažený spřažený průřez. Modifikacemi tohoto modelu ovšem můžeme dosáhnout požadované výstupy.

Jednou z možných modifikací je modelovat železobetonovou desku jako ortotropní, jejíž tuhost v příčném směru mostu a ve stěnovém smyku je dána a v podélném směru je nulová. Prutové prvky potom modelujeme jako spřažené nosníky s proměnným průřezem, který odpovídá průřezu ocelového nosníku v daném místě mostu a šířka železobetonové části je dána „ručně“ stanovenou spolupůsobící šířkou desky. Výstupy takového modelu jsou velmi výstižné a lze je analyzovat v souladu s novými návrhovými postupy. Vytvoření takového modelu je obvykle pracnější, nehledě na to, že významná část dnes běžně používaných statických programů neumožňuje zadávání ortotropních desek.

Reologické vlastnosti betonu je třeba stanovit pro každý typ zatížení zvlášť, z čehož vyplyne hned několik modelů. Z uvedených způsobů výpočtu je kombinovaný model patrně nejpracnější.

Kombinovaný model obecně nelze použít pro výpočet montážních stádií. I proto je zpravidla nezbytné použít větší množství modelů, popřípadě doplnit výpočet o stěnodeskový či ruční model (viz odst. P1.5.3).

Tab. P1.4 Zhodnocení výpočtu pomocí kombinovaného modelu

Přednosti	Nedostatky
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zohledňuje chování taženého betonu.</li> <li>• Lze zadávat téměř libovolné dispozice.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nezohledňuje obvykle plně spolupůsobení všech prvků (ztužidla, torzní tuhost nosníků apod).</li> <li>• Vysoká pracnost.</li> <li>• Nezohledňuje vliv montáže.</li> <li>• Nelze používat pro vyšetřování vlivu teploty a smršťování</li> </ul>

#### **P1.4.4 Další modely**

Další modely obvykle vycházejí z uvedených typů nebo využívají speciálních možností použitého softwaru. Je možné například modelovat ortotropní desku jen v oblastech záporných momentů a v místech s kladnými momenty ponechat desku izotropní.

Je možné také použít výpočetní program, který umožňuje modelovat reologické vlastnosti betonu apod. Těmito modely se dále nebudeme zabývat.

#### **P1.5 Volba modelů**

Následující kapitola obsahuje obecná doporučení volby modelů v jednotlivých základních stupních projektové dokumentace.

##### **P1.5.1 Orientační výpočet (DÚR)**

Cílem orientačního statického výpočtu v Dokumentaci pro územní řízení (DÚR) je ověřit proveditelnost konstrukce a orientačně stanovit staticky nutné vnější dimenze mostu s ohledem na plánované návaznosti a celkovou situaci stavby.

V této fázi řešení konstrukce zpravidla není třeba zpracovávat statický výpočet v pravém slova smyslu, ale postačí zjednodušený postup ručního výpočtu v kombinaci s odborným odhadem konstruktéra.

##### **P1.5.2 Předběžný výpočet (DSP)**

Předběžný statický výpočet ve fázi Dokumentace pro stavební povolení (DSP) navazuje na orientační statický výpočet a musí být zpracován do té míry, aby byly zřejmé staticky nutné rozměry průřezu vzhledem k požadovanému rozpětí, prostorové úpravě a zatěžovací třídě komunikace na mostě a vzhledem k průjezdným průřezům nebo plavebním profilům všech přemostovaných překážek.

U předběžného výpočtu je nutné zohlednit i chování mostu během montáže. Pokud je montáž mostu prováděna bez lešení, projeví se tato skutečnost v posouzení průhybů a napětí v MSP. Způsob provedení předběžného výpočtu do značné míry závisí na dispozici mostu. U běžných dispozic (prostý nosník v přímé) je možné použít kompletní ruční výpočet (viz odst. P1.4.1) s uvážením všech vlivů (teplota, smršťování apod.). Pokud je dispozice složitější, je třeba už ve stupni DSP použít např. kombinovaný model (viz odst. P1.4.3) s některými zjednodušeními (zohlednit reologii betonu jen pro krátkodobá zatížení, zjednodušit výpočet smykového ochabnutí desky apod.). Vliv nerovnoměrného oteplení konstrukce a smršťování betonu může být v tomto kroku stanoven jen orientačně ručním výpočtem, popřípadě může být zanedbán.

##### **P1.5.3 Podrobný výpočet (ZDS a RDS)**

V zadávací dokumentaci stavby a v realizační dokumentaci stavby je nezbytné zabývat se všemi vlivy s maximální pečlivostí. K tomu účelu je možné obecně doporučit použití kombinovaných výpočetních modelů (viz odst. P1.4.3), popř. při použití speciálního softwaru dalšího modelu (viz odst. P1.4.4). Pro stanovení účinků smršťování betonu a teploty je možné použít další model, nejlépe stěnodeskový (viz odst. P1.4.2).

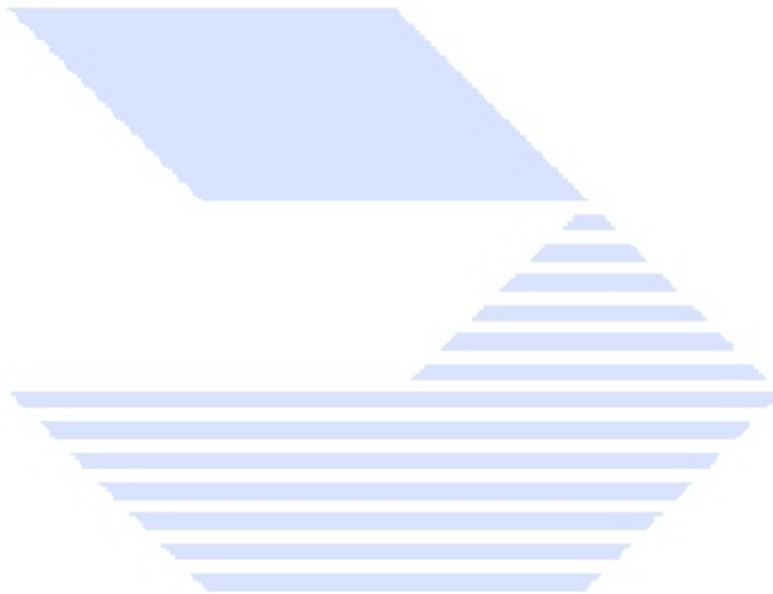
Obecně tedy bude nutné vytvořit tyto modely (předpínání nepředpokládáme):

- ruční (nebo kombinovaný bez desky) výpočet pro montážní zatížení
- kombinovaný model pro stálé a dlouhodobé zatížení

- kombinovaný model pro krátkodobé zatížení
- stěnodeskový model pro teplotu a smršťování.

## **P1.6 Závěr**

Uvedená doporučení pro modelování a statický výpočet spřažených ocelobetonových mostů mají sloužit projektantům jako hrubé vodítko při návrhu konstrukce. Každá konstrukce se nachází ve specifických podmínkách a předepisovat zobecněný postup návrhu by mohlo být v některých případech zavádějící.



## Příloha 2:

### Dlouhodobé sledování mostů pozemních komunikací

#### P2.1 Účel dlouhodobého sledování

Zjišťování účinků zatížení na skutečném mostě od zatížení:  
dopravou (zvláště těžkou nákladní dopravou)  
teplotou (nutnost dlouhodobého sledování)

Cíl dlouhodobého sledování:

- upřesňování teoretického modelu konstrukce
- změny v měřené odezvě konstrukce v průběhu času  
(odhalení příčin změny, důsledek na zatížitelnost)
- změny v odezvě konstrukce při změně proměnného zatížení
- změny v odezvě na změněné konstrukci (důsledkem závady, rekonstrukce)
- získávání podkladů pro návrhové normy předepisující zatížení mostů  
(teplotou, dopravou)
- plánování termínů prohlídek a oprav
- sběr informací pro stanovení zbytkové životnosti konstrukce

Předpokladem úspěšnosti dlouhodobého měření je zjištění odezvy konstrukce na známé zatížení v době uvedení mostu do provozu (ověřený výpočtový model pomocí statické nebo dynamické zatěžovací zkoušky v době uvedení do provozu)

#### P2.2 Metodika sledování

Sledování: průběžné  
v pravidelných intervalech: na pokyn z řídicího centra  
v intervalech hlavních prohlídek

V dalším se předpokládá nepřetržité kvantitativní sledování zatížení a odezvy mostu.

Sledování a měření proměnného zatížení:

**Zatížení dopravou** lze sledovat pomocí silniční váhy nebo na základě kalibrace mostu:

Měřením proměnného zatížení pomocí silniční váhy lze stanovit počet náprav, nápravové síly, kategorii projíždějícího vozidla, rychlost vozidla a skladbu dopravní proudu. Tyto údaje jsou důležité pro mosty s těžkou nákladní dopravou, zvláště pak pro stanovení počtu vozidel kategorie 9 (dvounápravový tahač + třinápravový návěs).

Vyhodnocení hmotnosti vozidla lze provádět také na základě kalibrace mostu nebo prvku mostovky. Jedná se o nepřímé sledování zatížení dopravou měřením odezvy mostu např. tenzometry nebo snímači zrychlení. Spolehlivost identifikace jednotlivých vozidel závisí jednak na typu a konstrukčním řešení mostu, jednak na konkrétní konfiguraci vozidel na mostě. Kalibrace měřicího systému umožňuje usuzovat na hmotnost vozidel. Nelze sledovat zatížení jednotlivých náprav.

Pro dynamická měření jsou vhodné příložné snímače deformací, absolutní snímače dynamických výchylek, rychlosti kmitání nebo zrychlení. Obvykle není měřena odezva mostu na zatížení od jednotlivého vozidla, ale odezva na zatížení od všech vozidel na mostě a jejich konkrétní vzájemnou konfiguraci.

**Klimatické zatížení** (teplotou) a sledování odezvy konstrukce:

- lokální teploty vzduchu, povrchu konstrukce a obrusné vrstvy,
- průběh teploty po průřezu nosné konstrukce mostu,
- teplota vzduchu v komoře komorového mostu,
- podélné posuny nosné konstrukce.

Jedná se vždy o nepřetržité sledování lokální teploty vzduchu, povrchu konstrukce a obrusné vrstvy vozovky (alt. rychlost a směr větru). Časové navázání lokálních teplot v okolí mostu a související odezvy mostu na měření ČHMÚ. Nepřetržitý sběr informací o klimatických jevech zajišťují pracoviště ČHMÚ (teplota, sluneční svit, vítr).

### **Mimořádné zatížení**

Mohou se vyskytnout nárazy vozidel do hlavní nosné konstrukce, do mostovky nebo do spodní stavby. Dalším mimořádným zatížením může být požár vozidla pod mostem. V důsledku těchto mimořádných zatížení dojde k poškození a ke změně chování mostní konstrukce.

### **Snímače pro měření odezvy konstrukce:**

Pro sledování dynamické odezvy konstrukce se používají:

- relativní snímače průhybu
- absolutní snímače výchylek
- absolutní snímače rychlosti
- absolutní snímače zrychlení
- tenzometry

Pro sledování statické (kvazistatické) odezvy konstrukce se používají:

- relativní snímače průhybu
- geodetické přístroje
- tenzometry

Sledování teploty se provádí:

- měření teploty okolního vzduchu
- měření teploty konstrukce: na povrchu  
uvnitř konstrukčního prvku

Pro dlouhodobý záznam měřených údajů je nutné speciální přístrojové vybavení, které je dlouhodobě instalované na zkoušeném mostě. Dále je nutné zařízení pro dálkový přenos změřených údajů na vyhodnocovací pracoviště. Pro vyhodnocení velkého souboru experimentálně získaných dat jsou potřeba speciální softwary.

Modální analýzu lze provádět s použitím TP 215 [25].

### **P2.3 Měřené veličiny**

Při experimentálním sledování mostní konstrukce se většinou dlouhodobě sledují následující veličiny:

- průhyby (posuny, výchylky)
- pootočení
- zrychlení
- relativní deformace
- frekvence
- teplota

### **P2.4 Vyhodnocení**

Vyhodnocení se provádí z hlediska:

- mezních hodnot v mezním stavu únosnosti nebo použitelnosti,
- shody změřených a vypočtených veličin (za účelem verifikace teoretického modelu),
- shody změřených a návrhových hodnot (např. zatížení teplotou).

Vyhodnocována může být:

- statická odezva konstrukce,
- dynamická odezva konstrukce ( např.vlastní tvary a frekvence)

Cílem vyhodnocení jsou:

- informace o zatížení dopravou a jeho vývoji v čase (s využitím statistických postupů při vyhodnocení)
- informace o odezvě mostu na zatížení teplotou a osluněním (tuto informaci lze využít pro zpřesnění metod výpočtu odezvy daného typu mostní konstrukce)
- informace o dlouhodobých změnách konstrukce (např.: pokles podpěr, vlastnosti materiálu nosné konstrukce, kvalita provedených oprav apod.).

Volba typu zkoušky závisí mimo jiné na požadované vypovídací úrovni zkoušky. Každá zkouška (statická zkouška, dynamická zkouška nebo modální analýza) má jinou odbornou a finanční náročnost a z toho vyplývající jinou vypovídací úroveň.

### **Zatěžovací zkoušky mostů**

Cíle, metody provádění a způsoby vyhodnocení statické a dynamické zatěžovací zkoušky mostu uvádí ČSN 73 6209 [4].

Modální analýza je vhodná pro detailní ověření výpočtového modelu nosné konstrukce (vlastní frekvence, tvary kmitání a útlum). Tyto charakteristiky lze použít při dlouhodobém sledování (monitoringu) změn okrajových podmínek nebo změn vlastností materiálu, při vyhledávání nebo prokazování poruch mostu nebo při posuzování kvality provedených oprav. Možnosti využití závisí na vazbě mezi sledovaným jevem a vyšetřovanými charakteristikami, které se liší u různých typů mostu z hlediska použitého materiálu (ocelový nebo spřažený ocelobetonový most).

### **P2.5 Zkušenosti z dlouhodobého sledování**

V letech 2004 až 2007 bylo prováděno dlouhodobé experimentální sledování tří charakteristických typů mostních konstrukcí v rámci výzkumného projektu Ministerstva dopravy „Odezva mostů na zatížení teplotou a dopravou“.

Výstupem řešeného projektu bylo vyšetření teplotního gradientu mostních konstrukcí, stanovení odezvy mostních konstrukcí na zatížení nerovnoměrným oteplením, na zatížení těžkou nákladní dopravou a na kombinaci zatížení teplotou a dopravou. Projekt byl zaměřen na dlouhodobé sledování odezvy mostních konstrukcí při současném monitorování dopravy.

Pro experimentální vyšetřování odezvy mostních konstrukcí byly vybrány tři charakteristické typy mostních konstrukcí:

**Segmentový komorový most** na dálnici D1 u Sedlic. Most se nachází na nejvíce zatížené komunikaci v České republice. Před mostem byla již dříve zřízena silniční váha.

**Monolitický předpjatý dvoutrámový most** na dálnici D8 u Doksan. Jedná se o spojitý trámový most o běžném rozpětí jednotlivých polí. Výhodou tohoto mostu byla blízkost profesionální meteorologické stanice.

**Spřažený ocelobetonový most** na okraji Prahy na ulici K Barrandovu přes Silniční okruh kolem Prahy. Na mostě bylo v době experimentálního sledování velké dopravní zatížení těžkou nákladní dopravou.

Všechny tři mosty byly vystrojeny snímači pro měření teploty, relativních deformací a příp. zrychlení a zařízením pro záznam měřených veličin.

Sledování změn teploty bylo na všech třech mostech prováděno kontinuálně. Měření odezvy na zatížení teplotou a dopravou bylo v jednom případě rovněž kontinuální, ve zbývajících dvou případech se provádělo v pravidelných časových intervalech. Na jednom mostě byl sběr

měřených dat řízen dálkově pomocí telefonní linky. Zpracování a vyhodnocování naměřených dat se provádělo na Fakultě stavební a v Kloknerově ústavu ČVUT.

Na základě experimentálně vyšetřených hodnot teploty konstrukce se zpracovávaly základní statistické charakteristiky, které byly dále použity pro výpočet teplot mostu podle ČSN EN 1991-1-5. Pro jednotlivé reprezentativní typy mostů byly dále vyšetřovány závislosti mezi změnami teploty a poměrnými deformacemi. Z porovnání experimentálně vyšetřené odezvy s teoreticky vypočtenými hodnotami dle ČSN EN 1991-1-5 se ukázalo, že postup dle ČSN EN 1991-1-5 není zcela v souladu s experimentálně zjištěnými hodnotami

Z vyhodnocení změřených teplot a účinků dopravy na **segmentovém komorovém mostu** na dálnici D1 u Sedlic byly předloženy k diskusi hodnoty součinitelů kombinace zatížení. Bylo doporučeno ponechat hodnotu součinitele kombinace pro teplotu v hodnotách uvedených v Eurokódech, protože celková doba měření teplot nebyla z hlediska výskytu extrémních teplot dostatečně dlouhá. Dále bylo doporučeno uvažovat hodnotu součinitele kombinace pro dopravní zatížení v souvislosti se součiniteli pro častou kombinaci zatížení vstupující do posouzení mezního stavu použitelnosti. Monitorování konstrukce ukázalo, že i přes dopravně velice zatíženou dálnici D1 nebyly využity návrhové parametry mostu pro zatížení dopravou. Současně se ukázalo, že rozdílová složka zatížení teplotou o 5 °C vyvolávala vyšší účinky, než od zatížení dopravou.

Z vyhodnocení experimentálních výsledků teplot na **monolitickém předpjatém dvoutrámovém mostu** na D8 u Doksan vyplynulo, že doporučený postup pro stanovení rovnoměrné složky teploty mostu z maximálních teplot vzduchu podle obr. 6.1 v ČSN EN 1991-1-5 není v souladu s výsledky měření teploty na sledované mostní dvoutrámové konstrukci. Tato norma také neobsahuje vhodné podklady pro tento typ mostu, který se běžně používá např. při stavbě dálnic. Proto bylo navrženo doplnění grafu na obr. 6.1 v ČSN EN 1991-1-5 o „4. typ“ nosné konstrukce mostu - betonová mostní konstrukce s plným trámem (upravená verze grafu je uvedena v závěrečné zprávě k výše uvedenému projektu v příloze 4.3.2.1 na obr. P.10 a je také uvedena v [28] v příloze 6). Tato úprava přináší snížení návrhových teplot, které odpovídá větší tepelné setrvačnosti masivního průřezu trámu. Ověření tohoto poznatku by bylo žádoucí i na jiných mostech tohoto typu s jinými rozměry trámu.

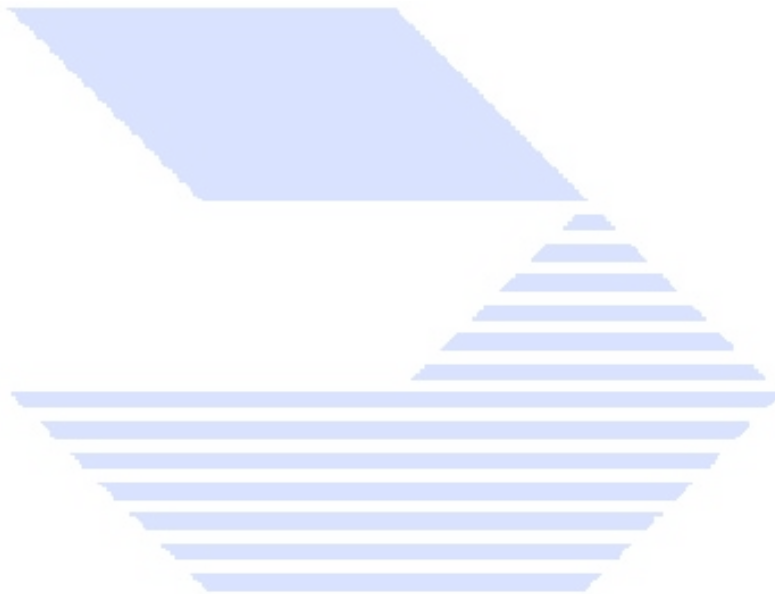
Na **spřaženém ocelobetonovém mostu** na ulici K Barrandovu se ukázalo, že statický předpoklad o dokonale tuhém příčném řezu nebyl v tomto konkrétním případě zcela splněn.

Z vyhodnocení změřených hodnot teploty se ukázalo, že rozdílová složka zatížení teplotou nebyla zcela v souladu s ustanoveními ČSN EN 1991-1-5. Pro potvrzení výsledků by bylo účelné experimentální vyšetřování teplot na obdobných spřažených ocelobetonových mostních konstrukcích v budoucnu.

V **závěrečné zprávě projektu** je obsaženo doporučení pro statický výpočet nových a posuzování stávajících mostů pozemních komunikací. Uvedená doporučení se liší podle stupně projektové dokumentace. Měla by sloužit projektantům pro volbu teoretického modelu a při zpracování statických výpočtů betonových a spřažených ocelobetonových mostů. Pro betonové mosty velkých rozpětí jsou zásady pro volbu teoretického modelu a pro postup statického výpočtu uvedeny v TP 144.

Přínosem pro obdobná experimentální ověřování odezvy mostů na zatížení dopravou je metodika pro stanovení celkové hmotnosti projíždějících vozidel z časových průběhů odezvy. Podle této metodiky lze stanovit celkové hmotnosti všech projíždějících vozidel podle klasifikace GRO3-EUR13 (s výjimkou lehkých vozidel tříd 1 a 2) a soubory vozidel lze dále analyzovat z hlediska jejich hmotnosti a časového sledu.

Řešením projektu „Odezva mostů na zatížení teplotou a dopravou“ byly získány nové poznatky o statickém chování, o účincích teplot a dopravy na napěťovou a deformační odezvu mostů, které lze dále využít při projektování mostů na pozemních komunikacích.







## TECHNICKÉ PODMÍNKY TP 216

Název: **Navrhování, provádění, prohlídky, údržba, opravy a rekonstrukce ocelových a ocelobetonových mostů pozemních komunikací**

Vydal: Ministerstvo dopravy, Odbor silniční infrastruktury  
Zpracoval: Fakulta stavební ČVUT v Praze:  
Doc. Ing. Tomáš Rotter, CSc.

Realizační výstup : 1F55A/004/120 Hodnocení závad na ocelových mostech

Počet stran: 33  
Formát: A4  
Tisk a distribuce: PRAGOPROJEKT a.s., K Ryšánce 16, 147 54 Praha 4  
( [www.pragoprojekt.cz/předpisy](http://www.pragoprojekt.cz/předpisy))