

# Vyhodnocení zbytkové a průměrné životnosti udržovaných silničních mostů

Petr Vnenk<sup>1</sup>, Özgür Yurdakul<sup>1</sup>, Dušan Chocholouš<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Dopravní fakulta Jana Pernera, Univerzita Pardubice

<sup>2</sup>Správa a údržba silnic Pardubického kraje



UNIVERZITA  
PARDUBICE  
DOPRAVNÍ  
FAKULTA  
JANA PERNERA

## Abstrakt

Visuální mostní prohlídky poskytují hodnotná a často aktualizovaná data, která mohou snadno sloužit jako zdroj informací pro správce mostů a osoby v rozhodujících pozicích samospráv. Úroveň degradace částí mostů je zjišťována pravidelnými visuálními prohlídkami. Na základě klasifikačního stupně celkového stavu mostní konstrukce anebo klasifikačních stupňů jednotlivých částí mostní konstrukce je prováděna nezbytná a preventivní údržba. Kromě uvedených možností využití lze z dat z mostních prohlídek za použití vhodných modelů vypočítat zbytkovou a průměrnou životnost mostů a optimalizovat alokaci zdrojů pro údržbu. V tomto článku je diskutována zjednodušená metodika určování zbytkové a průměrné životnosti mostů na základě dat z mostních prohlídek využívající lineární regresi. Teoretický rozbor je doplněn aplikací na vzorku 50 mostů v okresech Chrudim a Pardubice. Při aplikaci této metodiky předpokládající rovnoměrnou rychlost degradace všech mostů (tj. lineární regrese) je vypočtená průměrná doba životnosti 88 let.

## O životnosti mostů řečí čísel

**80** let

průměrná  
životnost  
mostů bez  
pravidelné  
údržby

**267** mld. USD

náklady korozního  
poškození mostů v USA

**100** let

návrhová  
životnost mostů  
podle evropských  
norem

**40** %

mostů v USA stavebně či  
funkčně nevyhovujících

**15** % mostů

v USA špatný stavební  
stav z důvodu koroze

**1** miliarda GBP

náklady na opravy mostů v Evropě

**30** let

průměrná životnost mostů  
v agresivním prostředí bez  
pravidelné údržby

## Reprezentativní vzorek



(a)



(b)

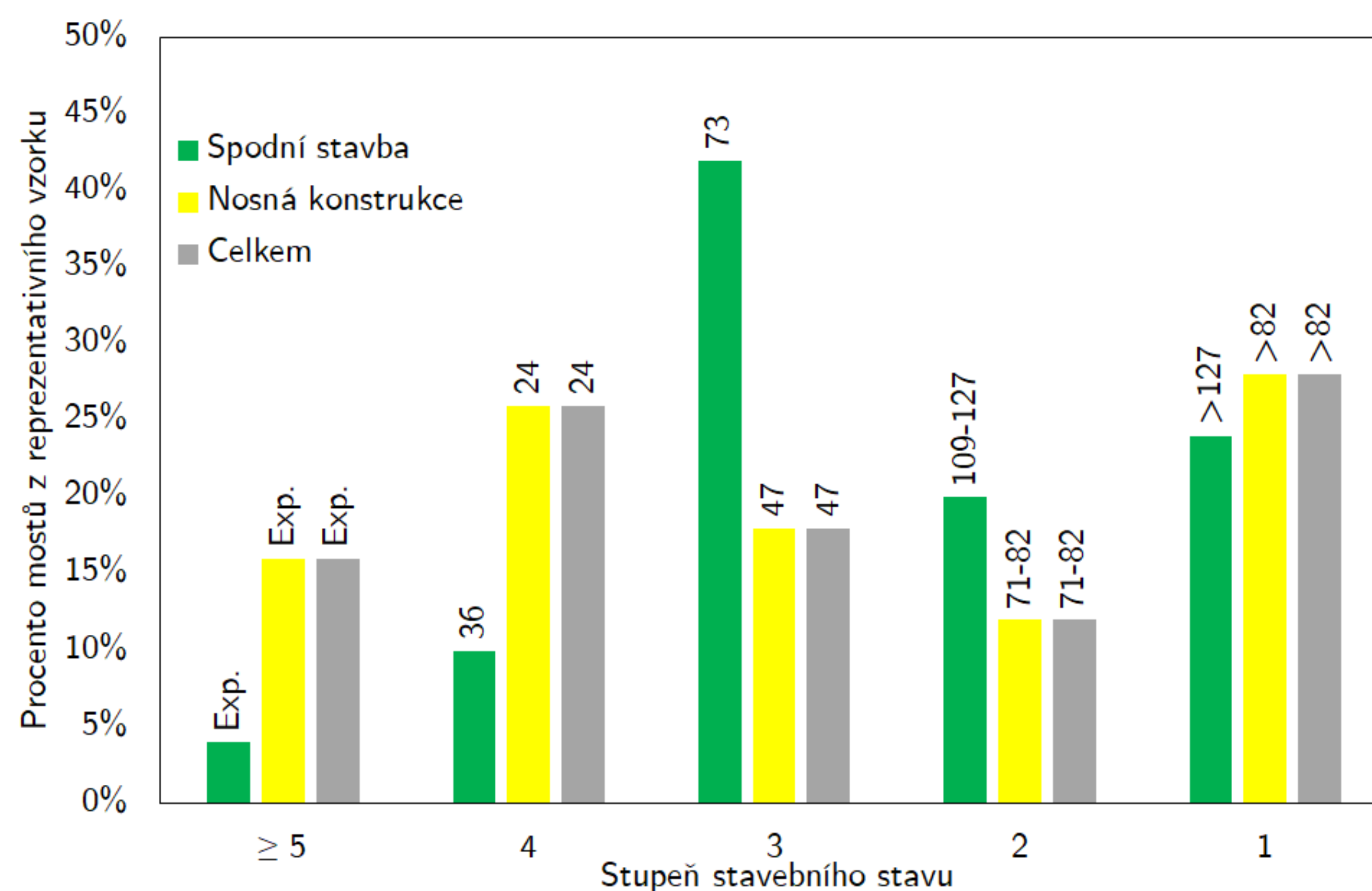


(c)



(d)

Obrázek 2: Degradace částí prohlížených mostů: (a) 3237-2, (b) 35815-1, (c) 34039-2, (d) 3237-1.



Obrázek 3: Zbytková životnost mostů získaná lineární analýzou.

Predikce míry degradace a vývoje rychlosti degradace mostní konstrukce v čase jsou náročnými úlohami, skrze pravidelné mostní prohlídky však mohou být zjištěny. Pravidelná údržba a přijatá opatření udržují stav mostu na určité úrovni, existují však i mosty, jejichž stupeň stavebního stavu mez použitelnosti už překročil a stavební úprava je nezbytná pro obnovu jejich použitelnosti. V celkovém hodnocení stavebního stavu tvoří převážnou většinu mosty na stupni IV a I (obrázek 2).

## Výsledky a diskuse

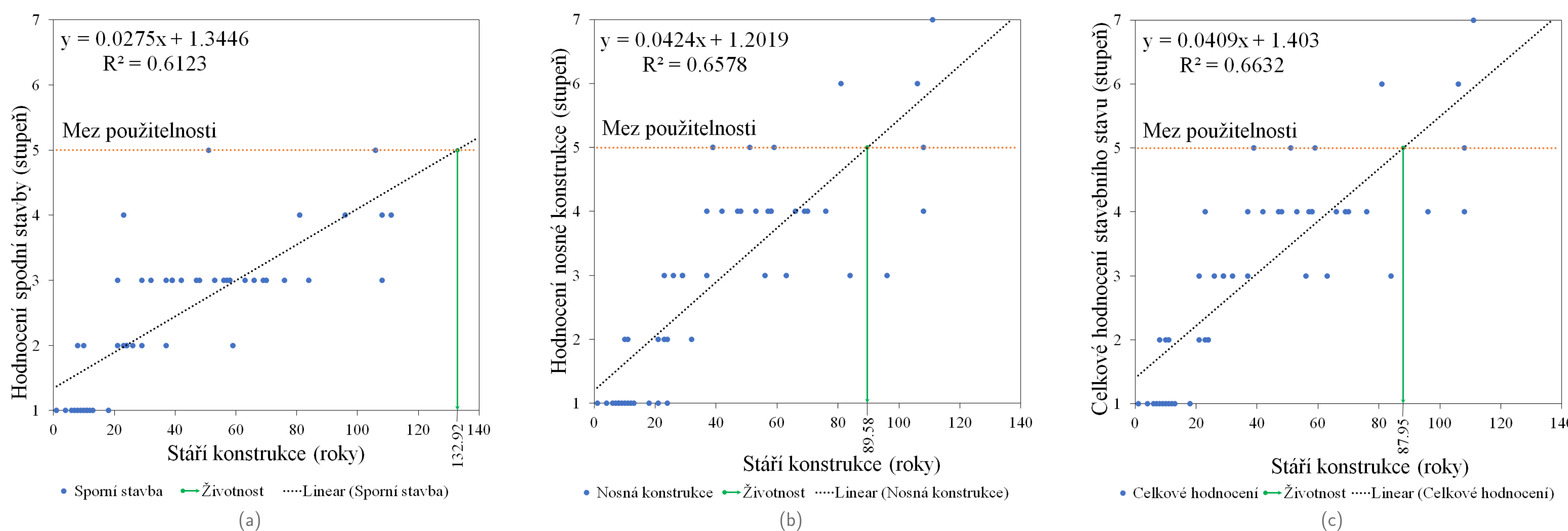
V této studii je určena zbytková životnost mostů metodou založenou na údajích z mostních prohlídek a statistické analýze.

- Byla použita zjednodušená metoda určování zbytkové životnosti mostů počítající s rovnoměrnou rychlostí degradace.
- Byl sestaven graf závislosti jednotlivých stavebních stavů mostů na jejich stáří.
- Tímto grafem byla proložena přímkou sestavená metodou nejmenších čtverců.

Vztah hodnocení stupně stavebního stavu mostu a jeho stáří byl sestaven pro hodnocení spodní stavby, nosné konstrukce a pro celkové hodnocení konstrukce. Pro určení očekávané životnosti mostů byla použita lineární regrese. Zbytková životnost je spočítána podle rovnice, která zahrnuje předpoklad vývoje životnosti mostu s rovnoměrnou rychlostí degradace.

$$R_{TL} = \frac{5 - C_{TL}}{M_{TL}}$$

kde  $R_{TL}$  je zbytková životnost,  $C_{TL}$  je aktuální stupeň stavebního stavu a  $M_{TL}$  je rychlost degradace (tj. směrnice přímky).



Obrázek 4: Aktuální stav mostů s proloženou přímkou degradace: (a) spodní stavba, (b) nosná konstrukce, (c) celkové hodnocení mostů.

Návrhová životnost mostu 100 let nebyla lineární regresí pro celkové hodnocení dosažena. Průměrná životnost do dosažení meze použitelnosti při celkovém hodnocení stavebního stavu konstrukce je 87,95 roku, což je zhruba o 12 let méně, než návrhová hodnota. Také průměrná životnost do dosažení meze použitelnosti nosné konstrukce je nižší, a to 89,58 roku. Naopak průměrná životnost spodní stavby je se 133 lety výrazně vyšší než návrhová, což značí trvanlivější konstrukce.

## Závěr

Cílem této práce je přispět k diskusi o určování zbytkové životnosti silničních mostů z dat z mostních prohlídek. Tato data tvoří praktickou databázi, neboť mostní prohlídky jsou jednou ze základních činností správců mostní infrastruktury. Byla představena zjednodušená metodika určování zbytkové životnosti mostů. Teoretický postup byl aplikován na reprezentativní vzorek 50 mostů, u nichž byla zbytková životnost stanovena a výsledky diskutovány. Dále jsou diskutovány průměrné životnosti spodní stavby, nosné konstrukce a mostů jako celku. Tato analýza může správcům mostní infrastruktury indikovat, jaké mosty, potažmo jejich části vykazují zvýšenou míru degradace a jaká je životnost mostů ve vyšetřované oblasti. Uvedená metodika může pomoci optimalizovat údržbu mostů a také odpovědně alokovat zdroje pro jejich údržbu.

## Metodika

Studie byla provedena na reprezentativním vzorku betonových silničních mostů

- na silnicích I., II. a III. třídy,
- o délce alespoň 5 m,
- v okresech Pardubice a Chrudim.

Z toho důvodu bylo všech 228 mostů ve zmíněných okresech nejprve roztříděno podle

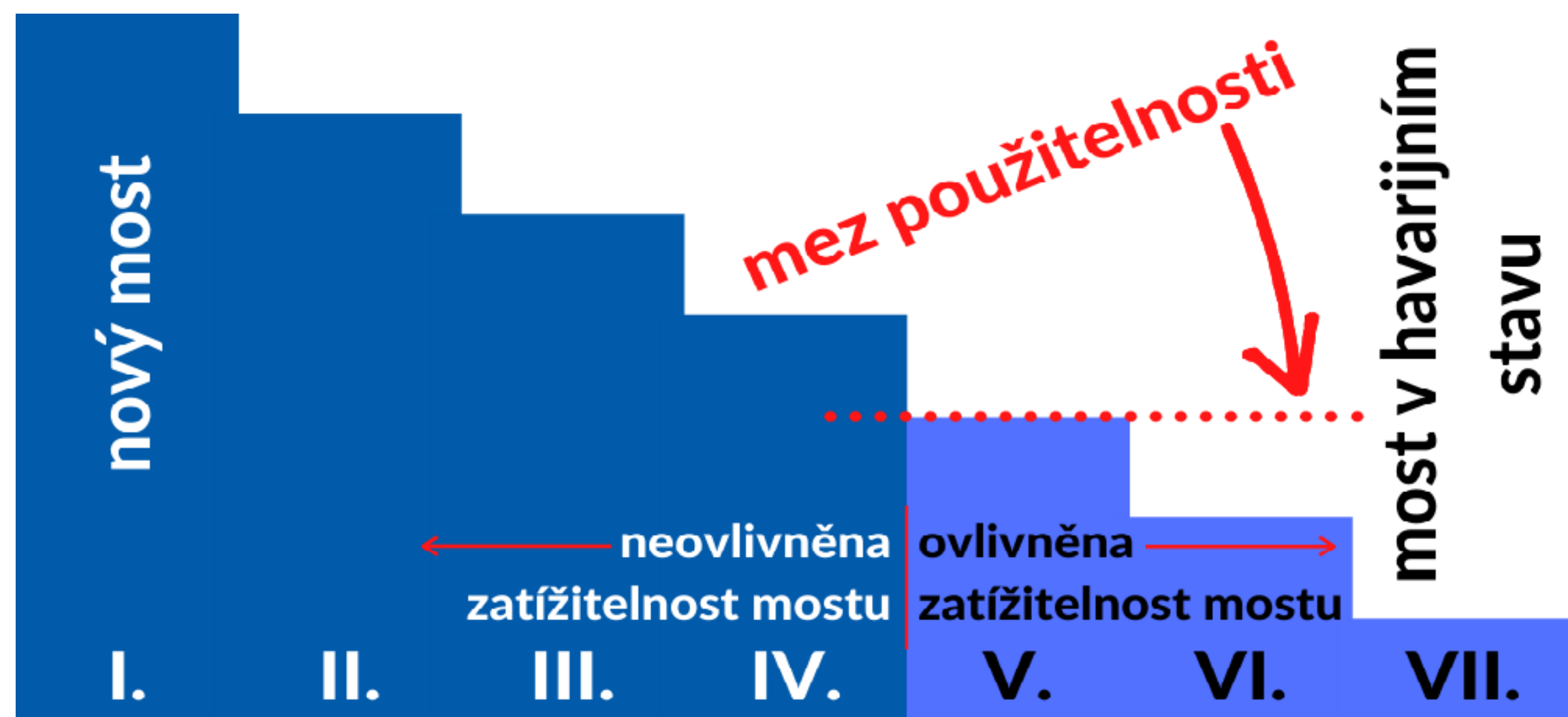
- typu konstrukce,
- statického působení,
- počtu polí,

a dále byl sestaven histogram četnosti výskytu jednotlivých kategorií mostů v okresech. Těchto 228 mostů bylo dále redukováno na 50 pro účely mostních prohlídek, přičemž byla respektována proporcionalita mostů na silnicích I., II. a III. třídy a každého typu konstrukce.

Při výběru mostů do reprezentativních vzorků byla dále použita kritéria

1. stáří mostu,
2. stavební stav mostu.

Mosty byly podle každého z těchto kritérií vybírány tak, aby byly rozdílné hodnoty zastoupeny rovnoměrně (tj. bylo-li třeba vybrat 4 mosty ze 7 v rámci jedné kategorie, mosty byly seřazeny podle stáří a vybrán byl 1., 3., 5. a 7. most).



Obrázek 1: Stupně stavebního stavu mostu podle ČSN 73 6221.