

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra ekonomiky a řízení ve stavebnictví



DIPLOMOVÁ PRÁCE



## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: <u>Veltruská</u>	Jméno: <u>Kateřina</u>	Osobní číslo: <u>410942</u>
Zadávací katedra: <u>Katedra ekonomiky a řízení ve stavebnictví</u>		
Studijní program: <u>Stavební inženýrství</u>		
Studijní obor: <u>Projektový management a inženýring</u>		

### II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: <u>Prefabrikace v mostním stavitelství</u>	
Název diplomové práce anglicky: <u>Prefabrication in bridge building</u>	
Pokyny pro vypracování: Specifika mostního stavitelství; výhody prefabrikace; ekonomické srovnání...	
Specifika mostního stavitelství; analýza současné praxe v ČR a v zahraničí; výhody prefabrikace; ekonomické srovnání metod výstavby mostů	
Seznam doporučené literatury: Tayabji, Shiraz; Ye, Dan; and Buch, Neeraj: Precast Concrete Pavement Technology Mohamed A. El-Reedy, Ph.D.: Advanced materials and techniques for Reinforced concrete Structures	
Jméno vedoucího diplomové práce: <u>Ing. Radan Tomek, MSc.</u>	
Datum zadání diplomové práce: <u>5.10.2017</u>	Termín odevzdání diplomové práce: <u>7.1.2018</u> <i>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</i>
Podpis vedoucího práce	Podpis vedoucího katedry

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

*Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.*

Datum převzetí zadání	Podpis studenta(ky)
-----------------------	---------------------

**Prefabrikace v mostním stavitelství**

**Prefabrication in bridge building**

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně, pouze za odborného vedení vedoucího diplomové práce Ing. Radana Tomka, MSc.

Dále prohlašuji, že veškeré podklady, ze kterých jsem čerpala, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

V Praze 8.1.2018

Bc. Kateřina Veltruská

## **Poděkování**

Ráda bych na tomto místě poděkovala vedoucímu své diplomové práce Ing. Radanu Tomkovi, MSc. za cenné připomínky a odborné rady, kterými přispěl k vypracování této diplomové práce. Dále bych ráda poděkovala rodině za podporu, kterou mi poskytovali po celou dobu studia.

## **Abstrakt**

Cílem této práce je zjistit výhodnost větší míry využití prefabrikace v mostním stavitelství. Nejdříve je analyzován vývoj dopravy, stav silniční a dálniční sítě a nastavení investic do dopravní infrastruktury České republiky. Dále jsou shromážděny informace, zkušenosti a poznatky o využití prefabrikace ze zemí, které jsou z hlediska vývoje nejdále. Následně je pak porovnán vybraný mostní prvek realizovaný oběma způsoby – monoliticky a pomocí prefabrikace. Na závěr je možné tyto informace využít k formulaci návrhů možných řešení pro zlepšení či modifikaci současných postupů výstavby mostních objektů v České republice.

## **Abstract**

The aim of this thesis is to find out the advantage of higher usage of prefabrication in bridge construction. Firstly, the development of transport, the state of road and highway infrastructure and the process and aim of investments in transport infrastructure of the Czech Republic are analyzed. In addition, information, experience and knowledge from the countries where the usage of prefabrication is the most extensive and successful are further analyzed. Subsequently, the selected bridge element was compared as if it was done by both methods – by the cast-in-place method and by prefabrication. Finally, this information can be used to formulate suggestions for possible solutions for improving or modifying current procedures for the construction of bridge buildings in the Czech Republic.

**Klíčová slova**

Prefabrikace, prefabrikovaný beton, mostní stavitelství, prefabrikované prvky a systémy mostů, zrychlený způsob výstavby mostů

**Key words**

Prefabrication, precast concrete, bridge building, PBES, Prefabricated Bridge Elements and Systems, ABC, Accelerated Bridge Construction

# Obsah

1	Úvod.....	10
2	Specifika mostního stavitelství.....	11
2.1	Technologie výstavby betonových mostů .....	14
2.1.1	Monolitické konstrukce.....	14
2.1.2	Prefabrikované konstrukce .....	16
2.2	Vývoj prefabrikace .....	18
2.2.1	Historie prefabrikace .....	18
2.2.2	Současnost prefabrikace .....	19
2.3	Zhodnocení současného stavu v ČR.....	24
2.3.1	Vývoj silniční dopravy .....	25
2.3.2	Stav silnic .....	27
2.3.3	Investice do infrastruktury .....	29
2.3.4	Katalog mostů .....	30
2.3.5	Měrné náklady staveb.....	32
2.3.6	Výrobní prefabrikovaných prvků .....	33
2.4	Porovnání se zahraničím.....	35
2.4.1	Spojené státy americké.....	36
2.4.2	Japonsko a Evropa.....	45
2.5	Rozhodovací rámec .....	53
2.5.1	Diagram.....	54
2.5.2	Matice.....	56
2.5.3	Aplikace .....	58
3	Výhody a nevýhody prefabrikovaných konstrukcí .....	59
3.1	Z hlediska technologie.....	59
3.2	Bezpečnostní výhody.....	63



3.2.1	Zvýšená proveditelnost .....	63
3.3	Z hlediska času (doby výstavby) .....	64
3.4	Z hlediska ceny (nákladů).....	67
3.5	Z hlediska uživatelů.....	70
4	Porovnání prefabrikovaného a monolitického sloupu.....	74
4.1	Harmonogram.....	78
4.2	Kalkulace nákladů .....	79
4.3	Vyhodnocení.....	84
5	Závěr.....	85
	Seznam obrázků .....	87
	Seznam tabulek .....	89
	Seznam grafů.....	90
	Seznam zkratk .....	91
	Bibliografie.....	92

# 1 Úvod

Cílem této diplomové práce je zjistit možné využití prefabrikace v mostním stavitelství v České republice. K získání potřebného přehledu o současné situaci v České republice je zapotřebí zhodnotit situaci z hlediska vývoje dopravní situace, stavu silnic, investic do infrastruktury a zázemí pro výrobu prefabrikovaných prvků.

Jelikož se intenzita dopravy neustále zvyšuje, měl by být kladen důraz na dokončení plánované dálniční sítě, modernizaci již nevyhovujících úseků komunikací, a především na co nejmenší omezení provozu v době oprav těchto komunikací. V kolonách způsobených dopravními omezeními dochází ke zbytečnému plýtvání času a prostředků uživatelů dopravní sítě.

Pro sjednocení informací o možnostech využití prefabrikace v mostním stavitelství je vhodné zjistit více podrobností ze zemí, ve kterých se prefabrikace používá ve větší míře. Těmito státy jsou například Německo, Nizozemí, Belgie, Francie, Japonsko, a především pak Spojené státy americké. V těchto zemích mají již zavedené postupy a metodiky, které jsou osvědčené a bylo by jistě možné je úspěšně aplikovat i v České republice.

Tak jako každá technologie, i prefabrikace má své výhody i nevýhody. Cílem práce je jejich úplné nalezení, porovnání a vyhodnocení. Dále bude provedeno porovnání vybraného konkrétního mostního prvku, zhotoveného jednak pomocí prefabrikace a poté konvenčním způsobem, tedy monoliticky. Výsledkem výše uvedeného pak bude vyhodnocení, za jakých podmínek je použití prefabrikace výhodné.

## 2 Specifika mostního stavitelství

Mostní stavitelství představuje vrchol vývoje inženýrského stavitelství. Pro výstavbu mostů se používají nejnovější materiály, technologie výstavby a výpočetní metody. Mostní stavitelství se zabývá hned z několika hledisek nejnáročnějšími stavebními konstrukcemi. Mostní konstrukce musí být odolné vůči velkému zatížení, musí se vyrovnat s obtížnými podmínkami a vlivy okolního prostředí. [1]

### Názvosloví

Most se dle [2] skládá z následujících částí:

- Spodní stavba,
- Nosná konstrukce,
- Mostní svršek,
- Mostní vybavení,
- Přidružené část,
- Přesypávka apod.

Obrázek 1 Mostní objekt



Zdroj: [3]

Spodní stavbu tvoří základy, piloty, opěry a případně podpěry. Nosná konstrukce se může dle statického působení lišit, tvoří ji však mostovka, mostní závěry a mostní ložiska. Mostní neboli dilatační závěry mohou být podpovrchové, elastické, kobercové, lamelové (nůžkové, roštové) či prstové. Mostní ložiska mohou být elastomerová, hrncová, kalotová a další jako např. betonové a ocelové klouby, ocelolitinová apod. Mostní svršek tvoří chodník, vozovka a hydroizolace, přičemž tvoří povrch pojízdné plochy mostu a chrání nosnou konstrukci mostu

před vlivy prostředí jako je mráz, voda, chemické rozmrazovací látky a účinky dopravy. Mostní vybavení zahrnuje římsy, zábradlí, svodidla, protihlukové střeňy, zábrany, odvodnění, osvětlení a další. [2]

Základní funkcí mostní konstrukce je převezení dopravy přes přírodní nebo umělou překážku. Zároveň by to mělo být jak bezpečné, tak i hospodárné. Od tohoto požadavku by se měl návrh mostních konstrukcí odvíjet. Most by měl být navržen tak, aby co nejvíce zapadal do krajiny, vyjadřoval co nejlépe povahu přemostění, architektonicky vycházel ze správného konstrukčního řešení a současné doby, pokroku ve vědě a technologii a zároveň, aby samotná konstrukce byla ekonomická. [4]

Návrh mostní konstrukce by měl vycházet z dlouholeté zkušenosti s mostním stavitelstvím. Kromě požadované nosnosti, tuhosti a stability by měl dále splňovat požadavky na dobu životnosti, jednoduchou údržbu, bezporuchovost, měl by využívat charakteristických vlastností jednotlivých materiálů, technologických možností a ověřených typů konstrukcí a detailů. Správně navržený most má minimální spotřebu materiálu a jedná se o spojitou konstrukci s minimálním počtem dilatačních spár. Návrh mostu by měl být zároveň přiměřený, a to jak z pohledu rozpětí, tak i stavební výšky a celkově navržené konstrukce. Konstrukce mostu by měla být lehká, dobře čitelná, měla by mít řád, proporci a estetické řešení by mělo vyzdvihovat statické působení konstrukce. [4], [5]

Mostní objekty se dle [6] dělí na:

- Mosty,
- Propustky,
- Lávky.

Most je dle [6] definován jako „mostní objekt s kolmou světlostí alespoň jednoho mostního otvoru o délce větší než 2,0 m.“

Dále lze mosty třídit podle více hledisek. Těmito hledisky jsou podle [2] druh převáděné komunikace, materiál mostu, výšková poloha mostovky, plánovaná doba trvání, statická funkce hlavní nosné konstrukce, úhel křížení a uspořádání příčného řezu.

Podle druhu převáděné komunikace se mosty třídí na:

- Drážní most,
- Most pozemní komunikace,

- Vodohospodářský most,
- Sdružený most,
- Migrační most.

Podle materiálu se mosty dělí na:

- Zděný most,
- Betonový most,
- Kovový most,
- Dřevěný most,
- Kombinovaný (hybridní) most,
- Spřažený ocelobetonový most,
- Spřažený betonový most,
- Integrovaný most.

Podle výškové polohy mostovky se mosty třídí na:

- Most s horní mostovkou,
- Most se zapuštěnou mostovkou,
- Most s mezilehlou mostovkou,
- Most s dolní mostovkou.

Podle plánované doby trvání se mosty třídí na:

- Trvalý most,
- Zatímní most.

Podle statické funkce hlavní nosné konstrukce se mosty dělí na:

- Deskový most,
- Trámový most,
- Rámový most,
- Obloukový most,
- Klenbový most,
- Věšadlový most,
- Vzpínadlový most,
- Vzpěradlový most,

- Zavěšený most,
- Visutý most,
- Integrovaný most.

Podle úhlu křížení se mosty dělí na:

- Kolmý most,
- Šikmý most.

Podle uspořádání příčného řezu se mosty třídí na:

- Otevřeně uspořádaný most,
- Uzavřeně uspořádaný most.

Podrobněji se v této diplomové práci budu věnovat především betonovým mostům pozemních komunikací.

## **2.1 Technologie výstavby betonových mostů**

Betonové mosty mohou být buď monolitické, tedy betonované přímo na místě, nebo montované z prefabrikovaných prvků. Mohou být i kombinací prefabrikovaných prvků s monolitickým betonem, kdy například prefabrikované prvky tvoří ztracené bednění pro monolitický beton.

### **2.1.1 Monolitické konstrukce**

Monolitické konstrukce lze vybetonovat několika způsoby, z nichž každý má své výhody a nevýhody a každý je vhodný do jiných podmínek, pro jiné rozpětí mostu, jiný typ vodorovné nosné konstrukce nebo do jiného terénu v okolí. Těmito způsoby dle [4] jsou:

- Konstrukce betonované na pevných skružích,
- Konstrukce betonované na výsuvných skružích,
- Letmá betonáž – monolitické segmentové konstrukce,
- Vysouvané konstrukce,
- Konstrukce otáčené.

Konstrukce betonované na pevných skružích lze do délky cca 100 m betonovat najednou, u delších mostních konstrukcí jsou mosty betonovány postupně. Postupuje se po jednotlivých

polích s přečnívající konzolou. Tato spára mezi jednotlivými betonovanými částmi se nachází obvykle v místě nulového momentu od stálého zatížení. Konstrukce betonované najednou se předpínají spojitými kabely napnutými z obou konců mostu, konstrukce betonované po částech lze předepnout průběžnými kabely, které se spojují ve spáře. Vzhledem k riziku vzniku trhlin se však ve spáře spojuje maximálně polovina kabelů. [4]

Existuje několik typů pevných skruží, kdy pevné skruže tvoří buď lehké stojky přímo podpírající bednění, nebo jsou skruže tvořeny stojkami a nosníky. Stojky musí být v každém případě zavětřované, aby byla zajištěna stabilita skruže. Skruž musí být bezpečně založena, musí být určeno možné sednutí podloží a je nutné před samotnou montáží vyřešit i způsob demontáže pod hotovou mostovkou. Pevné skruže lze použít při stavbě obloukových mostů, kde záleží především na rozpětí mostu a místních podmínkách. Lze navrhnout buď skruže podobné těm, co se užívají při výstavbě nosíkových konstrukcí, nebo lze navrhnout promyšlenou soustavu vzpěr a nosníků či příhradové nosníky ztužené systémem lan. [4]

Konstrukce betonované na výsuvných skružích jsou vhodné pro trémové konstrukce s rozpětím delším než 400 m, případně pro konstrukce vedoucí nad nepřístupným terénem. Pomocí výsuvných skruží se betonují jak mostovky konstantního, tak i proměnného průřezu. Existují dva typy výsuvných skruží, a to výsuvné skruže, které slouží pro betonování celého pole a skruže sloužící pro symetrické betonování po segmentech, přičemž délka segmentů může být až 10 m. Podle délky rozpětí je vhodný jiný typ výsuvné skruže. Betonáž celého pole je možná při rozpětí od 30 do 60 m, betonáž po segmentech je vhodná při rozpětí od 60 do 100 m. [4]

Výsuvné skruže sloužící pro betonáž celého pole lze umístit pod mostovku, kde je bednění podpíráno samotnou skruží, je zde dostatečný volný pracovní prostor, nicméně z důvodu zajištění dopravy materiálu je nutné doplnění skruže otočným nebo portálovým jeřábem. Druhý způsob umístění skruže je nad mostovkou, přičemž je bednění zavěšeno na závěsných tyčích a tím je omezen pracovní prostor. Doprava materiálu je ale v tomto případě snazší a není potřeba dodatečný jeřáb. Hmotnost skruže může dosahovat až 1000 tun. [4]

Letmá betonáž znamená betonáž konstrukce po segmentech pomocí betonářského vozíku, který podpírá samotné bednění. Betonářský vozík je zakotven v předem vybetonované a předepnuté části konstrukce. Vozík se může nacházet buď nad mostovkou nebo pod ní. Obvyklý postup betonáže směřuje od pilířů ke středu mostu, kdy se nejdříve musí na pevné skruži vybetonovat zárodek, na který se následně betonářské vozíky osadí a následuje betonáž po segmentech, které jsou obvykle dlouhé 3 až 5 m. Betonářský vozík váží obvykle 50 až 80 tun. [4]

Tímto způsobem betonáže lze betonovat jak například mostní konstrukce zavěšené, tak obloukové. [4]

Dalším způsobem výstavby monolitických mostů jsou vysouvané konstrukce, jejichž betonáž probíhá ve formě situované za opěrou po segmentech o délce 15 až 40 m. Důsledkem vysouvání je velký konzolový moment, který v konstrukci vzniká. Tento moment lze redukovat osazením lehkého ocelového výsuvného nosu na konec konzoly nebo pomocí montážního pylonu se závěsy. Vysouvat konstrukci lze pomocí dvou typů výsuvného zařízení, a to buď zařízením tlačným nebo tažným. Vysouvat konstrukci lze jak podélně, kdy musí niveleta mostu mít stálou křivost, tak příčně, kdy se konstrukce postaví rovnoběžně s projektovanou polohou. [4]

Posledním způsobem výstavby monolitických mostů, který v této práci zmiňuji, jsou otáčené konstrukce. Celé konstrukce mostů či části konstrukce se postaví podél překážky určené k překonání a otočí se do projektované polohy. Při návrhu otáčené konstrukce je nutné mít na paměti, že je během otáčení potřeba konstrukci podepřít ve dvou přímkách. Je potřeba navrhnout bod, kolem něhož se konstrukce bude otáčet a kterým bude procházet první přímka. Druhá přímka prochází bodem, kterým se konstrukce uloží na montážní podpěru. Montážní podpěra se posouvá po kruhové dráze do projektované polohy. Otáčení konstrukce je zajištěno hydraulickým lisem. [4]

Podrobný popis, výhody a nevýhody jednotlivých technologií výstavby monolitických betonových mostů nejsou obsahem této práce.

### **2.1.2 Prefabrikované konstrukce**

Konstrukci z prefabrikovaných prvků lze smontovat také několika způsoby, z nichž některé jsou podobné technologiím výstavby monolitických konstrukcí. Prefabrikované prvky mohou být podélné anebo příčné. Podélné prefabrikované prvky tvoří obvykle nosníky otevřeného průřezu a spřažené desky. Montáž prefabrikovaných prvků podélně dělené konstrukce obvykle probíhá buď autojeřábem (jedním nebo dvěma) nebo pomocí zavážecího mostu. [4]

Příčně dělené konstrukce neboli prefabrikované segmentové konstrukce jsou sestavovány ze segmentů délky 2,5 – 4,0 m. Prvky jsou obvykle komorového průřezu a spáry mezi prvky jsou vyplněny nejčastěji epoxidovým tmelem. Výroba segmentů probíhá dvěma metodami. První metodou je metoda dlouhé dráhy, kdy se nejprve postaví dráha, která odpovídá spodní hraně navržené konstrukce. Dráha má obvykle délku poloviny mostního pole a segmenty se postupně betonují. Forma se pohybuje podél dráhy a segmenty se betonují postupně. Tato metoda má



výhodu, že správnou geometrii dráhy lze snadno ověřit, ovšem nevýhodou je potřeba dostatečného prostoru. [4]

Druhá metoda je metoda krátké dráhy, při které má dráha délku dvou segmentů. Po vybetonování prvního segmentu se vybetonuje druhý segment, první segment se odveze do skladu, druhý segment se posune na místo prvního segmentu a betonuje se další segment. Výhodou této metody je menší náročnost na velikost prostoru, nevýhodou je složité nastavování správné geometrie segmentů pomocí podrobného programu. [4]

Po výrobě a dopravení příčných segmentů na místo stavby následuje montáž segmentů, kterou lze provést podobně jako se betonují monolitické konstrukce. Montáž segmentů probíhá buď na skruži nebo letmo. U konstrukcí montovaných na skruži může být skruž umístěna buď pod montovanou mostovkou nebo nad ní. Pokud je skruž umístěna pod mostovkou, jsou segmenty podepřeny rektifikačními vozíky a mohou být montovány portálovými jeřáby jezdícími po jeřábové dráze vedoucí podél montované konstrukce, autojeřáby umístěnými na zemi nebo jeřáby přímo umístěnými na nosné konstrukci mostního objektu. Pokud se skruž nachází nad mostovkou, jsou segmenty zavěšeny na táhlech a skruž slouží přímo jako montážní prostředek. Před montáží segmentu je nutno osadit nejdříve podporový segment. [4]

U konstrukcí montovaných letmo se postupuje směrem od pilířů. Nejdříve se smontují podporové segmenty, které se buď montážně podepřou, aby se daly symetricky montovat jednotlivé segmenty, anebo se rámově spojí se spodní stavbou. Po namontování symetrických segmentů se napnou kabely umístěné v horní desce a tímto postupem se namontují všechny segmenty. Nakonec se osadí a předeprnou kabely spojitosti. Při tomto postupu montáže je nutné zajistit stabilitu konstrukce. Segmenty mohou být montovány podobně jako při použití skruže, a to pomocí autojeřábů, výsuvných mostů, portálových jeřábů umístěných na jeřábové dráze situované na mostě nebo mimo most, anebo vrátky umístěnými na montážních nosnících zakotvených v již smontované konstrukci nebo podepřených smontovanou konstrukcí. [4]

Obdobnými postupy lze provést i hybridní konstrukce, které kombinují ocel, prefabrikovaný beton a monolitický beton. Základní nosný prvek, který může mít podobu visutého nebo zavěšeného kabelu, nosníku nebo oblouku je vytvořen předem a slouží jako podpůrný systém pro další části konstrukce. Prefabrikované prvky tvoří ztracené bednění pro monolitický beton a výhodou tohoto řešení je, že může být konstrukce sestavená z lehkých prvků, což usnadňuje jak dopravu prvků na místo, tak i jejich samotnou montáž. [4]

## 2.2 Vývoj prefabrikace

Prefabrikaci lze rozdělit na dvě oblasti, a to na výrobu typových neboli systémových prvků a na výrobu speciálně navržených prefabrikovaných prvků pro konkrétní objekt. Dále je možné rozlišit výrobu prefabrikovaných prvků na prvky vyrobené v tzv. staveništní výrobně prefabrikátů a na výrobky vyrobené v trvalé výrobně prefabrikovaných prvků. Dle tohoto rozdělení se může lišit i použitá forma na prefabrikované prvky. Formy pro systémové prvky jsou vyrobené z oceli, mohou být případně přestavitelné či s vloženou vnitřní vložkou pro úpravu tvaru výsledného prefabrikovaného prvku. Pro prefabrikované prvky lze využít i systémové bednění určené pro monolitický beton a vybetonovat prvek do systémového bednění ve výrobně prefabrikovaných výrobků. Bednění s nejkratší životností je bednění z překližky, kdy se jedná o výrobu pouze malého počtu atypických prvků. [7]

### 2.2.1 Historie prefabrikace

Nárůst a pokles používání prefabrikovaných prvků lze spojit s vyššími investicemi do infrastruktury a tlakem na urychlení výstavby. Poprvé se prefabrikace rozšířila po 2. světové válce, kdy bylo nutné obnovit infrastrukturu a bylo nutné v co nejkratší době vybudovat velký počet mostních konstrukcí, ale i průmyslových a bytových objektů. Problémem starších prefabrikovaných konstrukcí bylo především používání subtilních monolitických spojů. V dnešní době se místo těchto subtilních spojů navrhuje robustní a masivnější detaily. Díky těmto opatřením lze zvýšit užitkovou hodnotu těchto konstrukcí, prodloužit životnost konstrukce a snížit náklady na její údržbu. [8]

Historii prefabrikace lze rozdělit do několika vývojových etap. První etapa neboli tzv. věk objevů, který trval mezi lety 1850 a 1960 značil průkopnictví, objevy, vývoj standardů, určení kritérií a zavádění předpínání mostních nosníků a železničních pražců, výrobu dutinových dílců a žebrových panelů. Nejdůležitějším faktorem tohoto období byla schopnost vyrábět. [9]

Druhou etapou byl tzn. věk kvality mezi lety 1960 a 2000. Toto období se vyznačuje zaměřením na prefabrikaci a nárůstem výroby prefabrikovaných prvků. V tomto období vznikly nové výrobní závody i celé stavební společnosti, které se zaměřovaly především na hromadnou výrobu systémových prvků, vyráběly však i individuální prvky. Společnosti investovaly do výrobně technologických zařízení a vývoje standardizovaných dílců, zaměřily se na vývoj kontrolních mechanismů a kvality. Pro úspěšnost a odbyt byla rozhodující kvalita prefabrikovaných výrobků. Pro toto období je charakteristická kvalita, managing a prodej. [9]

Třetí a poslední etapa se nazývá věk návrhu a trvá od roku 2000. V tomto období je důraz kladen na vysokou kvalitu prefabrikovaných výrobků. Kromě kvality je důležitým aspektem i estetika a ekologie. Zároveň musí být prefabrikované výrobky konkurenceschopné i cenově. Všechny tyto požadavky vyžadují promyšlenější návrh a přístup oproti minulým obdobím. Významnou roli zde má i marketing. [9]

### **2.2.2 Současnost prefabrikace**

Prefabrikované prvky je vhodné použít při požadavku na vysokou rychlost výstavby a tam, kde je kvůli charakteru terénu pod přemostovanou komunikací nákladné vybudovat pomocné podpěrné konstrukce skruží a bednění. Výhodou prefabrikace mostních prvků je souběžná výroba nosné konstrukce a spodní stavby, minimální omezení dopravy v místě stavby, lepší kvalita betonových prvků a úspora nákladů vzhledem k úspoře času potřebného k dokončení projektu. Prefabrikace samozřejmě přináší i nevýhody a je tedy nutné každý projekt posoudit, zda bude přínos prefabrikace větší než při použití monolitického betonu. Nevýhodou prefabrikace jsou pracovní a dilatační spáry, které je nutno vyřešit, přenos smykového napětí mezi prvky a návaznosti konstrukcí. [10]

V České (a Slovenské) republice se nejčastěji používají systémy prefabrikovaných nosníků se spřaženou deskou, jedná se o dodatečně předpínané nosníky T-93, vylehčené nosníky Petra a nosníky DPS VP-T 07 s hybridním předpětím. Nosníky T-93 se používají již 15 let a jsou určeny pro rozpětí 12 až 27 m, nosníky Petra jsou určeny pro rozpětí 24 až 36 m a nosníky DPS VP-T 07 jsou optimalizované pro rozpětí 33 až 42 m. [10]

Obrázek 2 Prefabrikované nosníky



Zdroj: [11]

Nosníky se velmi často používají pro dálniční mosty a nadjezdy, pro železniční a tramvajové mosty, lávky pro pěší, podzemní garáže a stropy průmyslových budov. Nosná konstrukce působí odlehčeným dojmem a neobsahuje nekontrolovatelné uzavřené dutiny a tenké prvky, které v minulosti snižovaly životnost konstrukce. [10]

Kromě podélných nosníků se v České republice používají i příčně dělené konstrukce montované ze segmentů. Ve státech jihozápadní a severní Evropy, v Severní Americe či v Jihovýchodní Asii je tato technologie velmi využívána, především u mostů středního rozpětí. Tato technologie je náročná na vybavení realizační firmy, dodržování technologických postupů a celkovou odbornou úroveň provádění. Vzhledem k těmto vysokým nárokům není vhodná pro použití za běžných okolností. V případě nepřístupnosti prostoru pod mostem, požadavku na rychlou výstavbu či omezení mokrého procesu z ekologických důvodů své výhody má. [10]

Obrázek 3 Montáž segmentu



Zdroj: [12]

V sedmdesátých a osmdesátých letech dvacátého století se ve výstavbě mostů nejčastěji používala právě segmentová technologie. Využívala se jak při výstavbě dálničních, tak i silničních mostů středního rozpětí. Vzhledem k nedostatečně vyřešeným konstrukčním detailům jak ve fázi návrhu, tak i ve fázi výstavby a údržby, však musely být některé mosty nákladně rekonstruovány. Nejen z tohoto důvodu došlo v České republice v devadesátých letech k útlumu používání této technologie. Kromě malé kvality a vysoké poruchovosti těchto mostů na tom mělo podíl i přejímání předpisů z Německa, kde byli k této technologii skeptičtí, a především pohled investorů na tuto technologii jako na obdobu panelových domů. [10]

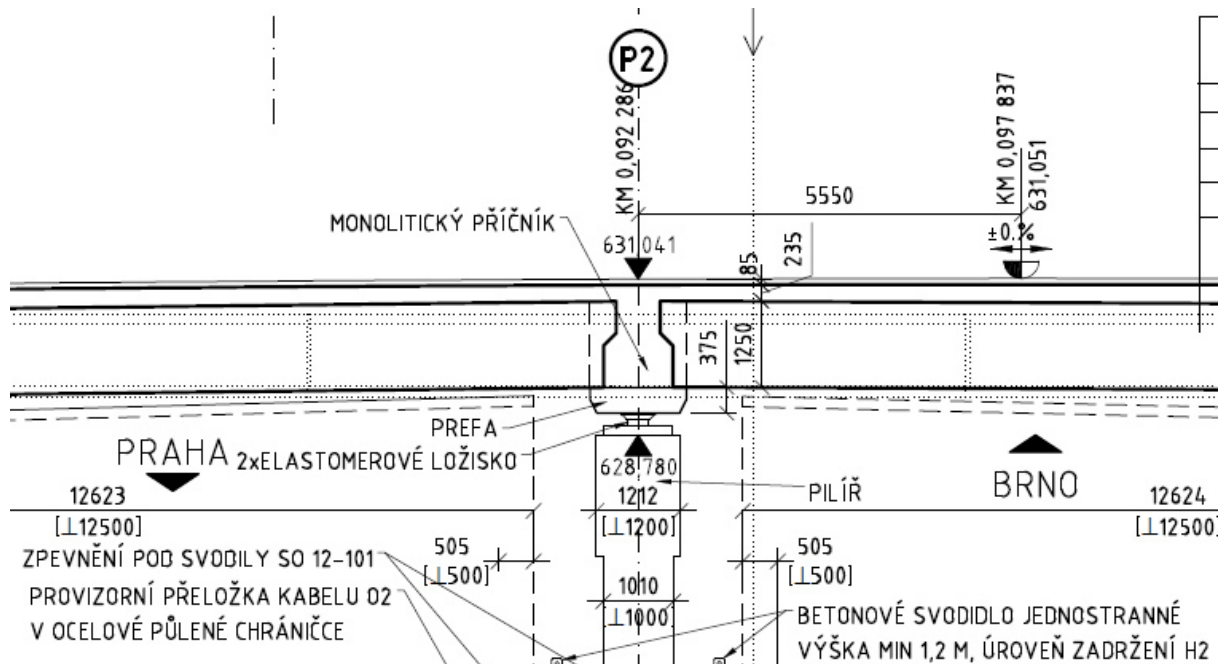
Jedním z mostů, při jehož výstavbě se v poslední době použila segmentová technologie, je například dálniční most dálnice D8 u obce Prackovice, který by dokončen v roce 2015. Montáž segmentu je zachycena na Obrázku 3 Montáž segmentu. Kromě prefabrikované nosné konstrukce se v mostním stavitelství používají prefabrikované výrobky především na mostní

vybavení, a to na betonové římsy, svodidla, zábradlí, obrubníky, odvodňovací zařízení a protihlukové stěny. Dalším prvkem, který se občas použije prefabrikovaný, jsou příčníky. Prefabrikované příčníky spolu s prefabrikovanými nosníky Petra byly použity například při stavbě dálničního mostu dálnice D8 u obce Vchynice uvedeného do provozu v roce 2012, viz Obrázek 4 Příčný řez most u obce Vchynice. [13]



Dále je možné použít prefabrikované bednění příčníků, jaké je navrženo například u nadjezdu na dálnici D1, úsek 12 exit 90 Humpolec – exit 140 Větrný Jeníkov viz. Obrázek 5 Prefabrikované bednění příčniku nadjezd D1. Zde jsou opět navrženy i prefabrikované nosníky, samotný příčník je však navržen monolitický.

Obrázek 5 Prefabrikované bednění příčniku nadjezd D1



Zdroj: [14]

Prefabrikované nosníky jsou oproti jiným prefabrikovaným mostním prvkům běžně používané. U prefabrikovaných příčníků či prefabrikovaného bednění příčníků se jedná spíše o výjimky. V minulosti byly u několika projektů použity i prefabrikované pilíře několika typů, jednalo se například o estakádu Pardubice, most Sychrov, most a lávku v Brně či o silniční hloubený tunel v Liberci. Tyto projekty byly realizovány v období do roku 2000. [15]

## 2.3 Zhodnocení současného stavu v ČR

Pro vyhodnocení vhodnosti použití prefabrikovaných prvků v mostním stavitelství je nutné znát současnou situaci v České republice z hlediska objemu a vývoje silniční dopravy, stavu silniční a dálniční infrastruktury, plánovaných investic do infrastruktury, existujícího systému databáze konstrukcí mostních objektů, používání jednotlivých konstrukcí z hlediska způsobu výstavby a materiálového řešení. V neposlední řadě je vhodné znát i současný stav výroby prefabrikovaných prvků. Vzhledem k značnému používání prefabrikace v sedmdesátých a



osmdesátých letech dvacátého století by zde samotné know-how mělo stále být a je zde značný počet odborníků zabývajících se touto technologií.

### 2.3.1 Vývoj silniční dopravy

Objem silniční dopravy roste již od propadu mezi lety 2008–2012 způsobeného ekonomickou krizí. Roste jak objem přepravy v nákladní dopravě, tak i počet osobních automobilů. Nejedná se pouze o situaci v České republice, ale o většinu zemí v Evropské unii. [16] I přes snižování mezinárodní dopravy se zvyšuje počet přepraveného zboží, jelikož se zvyšuje doprava vnitrostátní.<sup>1</sup> [17]

Tabulka 1 Přeprava zboží a přepravní výkony v ČR

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
přeprava zboží celkem (tis.tun)	453 537	431 854	370 114	355 911	349 278	339 314	351 518	386 243	438 906	431 889
vnitrostátní	407 741	382 420	325 052	301 453	288 581	281 398	289 146	324 129	375 106	382 009
mezinárodní	45 796	49 434	45 062	54 458	60 697	57 916	62 372	62 114	63 800	49 880
přepravní výkony (mil.tkm)	48 141	50 877	44 954	51 832	54 830	51 228	54 893	54 092	58 714	50 314
vnitrostátní	15 783	15 755	13 502	14 776	14 995	14 414	15 401	16 820	21 183	22 304
mezinárodní	32 358	35 122	31 452	37 056	39 835	36 814	39 492	37 272	37 531	28 010

Zdroj: vlastní dle [18]

Celková přeprava zboží v roce 2016 dosáhla přibližně stejné úrovně, na které byla v roce 2008, tedy před vypuknutím ekonomické krize. Mezi lety 2008 a 2012 se přeprava snížila o celých 21 %. Od roku 2012 se postupně zvyšuje a až na mírný pokles v roce 2016 má rostoucí charakter. Z dostupných údajů za první dvě čtvrtletí roku 2017 lze předpokládat, že přeprava zboží opět poroste. Přepravní výkon oproti dopravě zboží spíše kolísá, přičemž vnitrostátní přepravní výkon od roku 2010 každoročně roste (výjimkou je rok 2012). Od roku 2007 se zvýšil o 41 %.

Nákladní doprava na českých dálnicích neustále narůstá. Podle počtu mýtných transakcí lze zjistit, kolik kamionů doopravdy využívá české dálnice. Do těchto dat nevstupují pouze tuzemští dopravci, ale i zahraniční. Jak je uvedeno v tabulce níže, podle počtu mýtných transakcí lze vidět meziroční nárůst za posledních 10 let (od doby, kdy bylo mýtné v České republice zavedeno).

<sup>1</sup> Do těchto údajů se započítávají pouze dopravci registrovaní v dané zemi

Tabulka 2 Počet mýtných transakcí

rok	počet mýtných transakcí na D1 (ks) <sup>2</sup>	meziroční vývoj (%)	počet mýtných transakcí celkem (ks)	meziroční vývoj (%)	vybrané mýtné (Kč)	meziroční vývoj (%)
2007	2 349 515		224 212 034		5 565 277 630	
2008	2 421 600	3 %	262 039 757	17 %	6 144 152 102	10 %
2009	2 208 811	-9 %	239 662 214	-9 %	5 543 272 476	-10 %
2010	2 694 852	22 %	318 913 542	33 %	6 574 441 233	19 %
2011	2 820 212	5 %	349 894 024	10 %	8 126 016 899	24 %
2012	2 753 094	-2 %	345 315 635	-1 %	8 680 051 033	7 %
2013	2 763 985	0 %	357 228 171	3 %	8 554 998 250	-1 %
2014	2 869 577	4 %	378 356 670	6 %	8 714 961 827	2 %
2015	3 084 325	7 %	409 536 827	8 %	9 732 139 723	12 %
2016	3 285 661	7 %	432 273 606	6 %	9 887 562 228	2 %

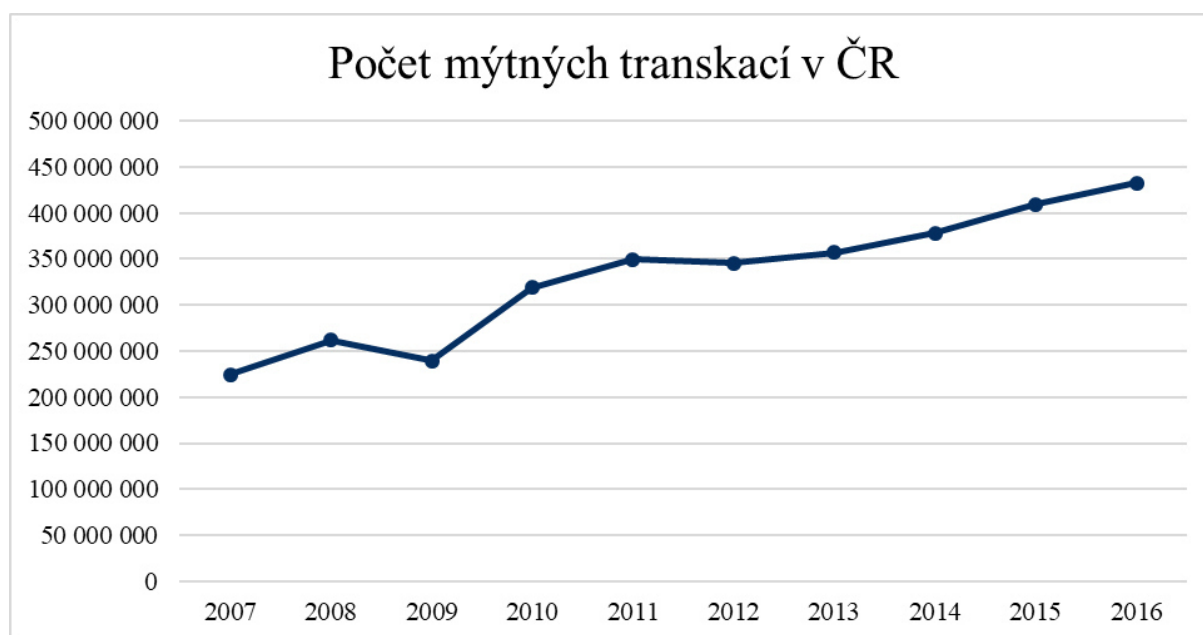
Zdroj: vlastní dle [19]

Počet mýtných transakcí na nejfrekventovanější české dálnici D1 se od roku 2007 zvýšil o 40 %. Počet nákladních kamionů využívající dálnici D1 roste i přes trvající modernizaci dálnice D1, která začala již v roce 2012. Modernizace D1 přináší pro řidiče celou řadu dopravních omezení a uzavírek viz kapitola 2.3.2 Stav silnic.

Počet mýtných transakcí celkem se za posledních 10 let zvýšil o 93 %. Podle dostupných údajů za rok 2017 je průměrný měsíční nárůst 6,45 % oproti stejným měsícům roku 2016. Dá se tedy předpokládat, že i v letošním roce bude celkově vyšší než v předchozích letech. Také výběr mýta se každoročně zvyšuje a do budoucna se dle odhadů bude držet minimálně na hranici těsně pod 10 miliardami Kč ročně.

<sup>2</sup> Jedná se o údaje z úseku Humpolec–Větrný Jeníkov v obou směrech

Graf 1 Počet mýtných transakcí v ČR



Zdroj: vlastní dle [19]

Počet mýtných transakcí je pro sledování vývoje nákladní dopravy vhodnější ukazatel než výběr mýta, jelikož kamiony šetrné k životnímu prostředí (EURO V a vyšší) mají nižší kilometrové sazby a jsou tak zvýhodněny oproti kamionům v emisní třídě EURO IV. [19] Může se tedy stát, že celkový výběr mýta se zvyšovat nebude, kvůli nižším kilometrovým sazbám pro ekologicky šetrnější kamiony, i přesto, že se počet mýtných transakcí bude zvyšovat.

### 2.3.2 Stav silnic

Dálniční síť v České Republice momentálně měří 1250 km. Délka v současnosti plánované dálniční sítě je cca 2000 km. Za posledních deset let (od roku 2007) se celková délka dálnic prodloužila o 23 %. Z původního 1010,6 km dálnic v roce 2007<sup>3</sup> se dálnice prodloužily o 239,4 km na dnešních 1250 km<sup>4</sup>. [20] Dálnice se v České Republice začaly budovat již v roce 1939, kdy byly zahájeny práce na dálnici D1, pozvolna trvaly až do roku 1950, kdy bylo rozhodnuto o jejich zastavení. Opět se začalo stavět až v roce 1967. [21]

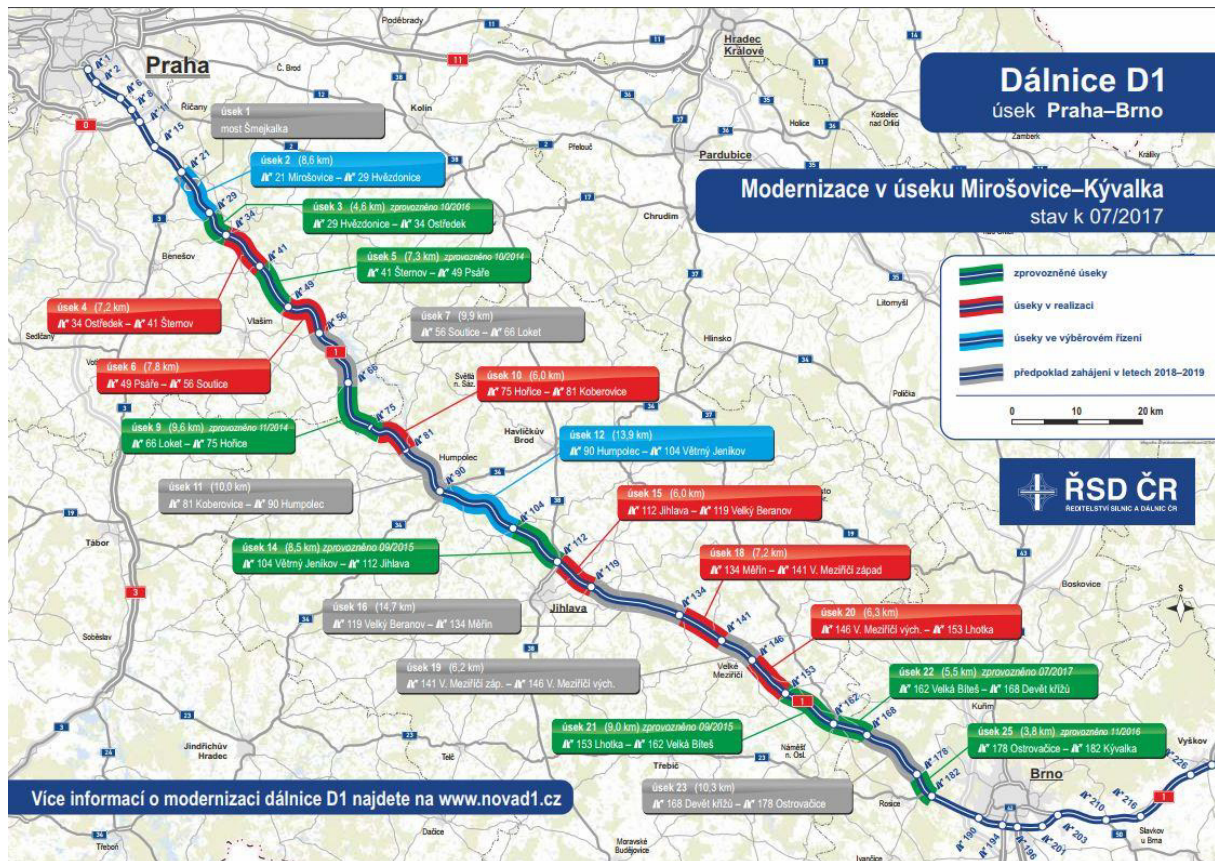
Dálnice D1 jako nejstarší, nejdelší a nejvíce vytížená dálnice v Česku je také nejvíce náchylná k opotřebení. První úsek dálnice byl zprovozněn v roce 1971 a v roce 1980 bylo propojeno Brno

<sup>3</sup> Do 31.12.2015 se nynější dálnice dělily na dálnice a rychlostní silnice. Od 1.1.2016 se většina rychlostních silnic převedla do dálnic. Pouze 32 km nevyhovovalo požadovaným dálničním parametrům a ty byly přerazeny do silnic I. třídy s označením silnice pro motorová vozidla.

<sup>4</sup> Stav k 1.11.2017

s Prahou. Denně po této dálnici projede u Prahy 100 000 vozidel, u Brna 70 000 vozidel a u Ostravy 35 000 vozidel (v obou směrech). Dálnice je zároveň na konci své životnosti a je nutné ji kompletně modernizovat, nikoliv jen rekonstruovat metodou dílčích oprav. [21]

Obrázek 6 Modernizace dálnice D1



Zdroj: [21]

Modernizace D1 v délce 160,8 km se týká úseku Mirošovice–Kývalka. Úsek Praha–Mirošovice je již rozšířen na šest pruhů a v úseku Kývalka–Holubice (v Brně) se rozšíření plánuje. Ostatní úseky zůstanou čtyřpruhové, rozšíří se však z dosavadní kategorie D26,5 na D28 (D27,5). Vzhledem k tomuto rozšíření bude možné i v případě uzavírky a opravy dálnice v jednom směru vést dopravu do směru druhého při zachování dvou zúžených jízdních pruhů v každém směru. Dnes je dálnice příliš úzká a je možné vést na druhé straně dálnice pouze jeden jízdní pruh v opačném směru, přičemž tak snadno vznikají kolony. Celý projekt modernizace D1 je rozdělen na 21 úseků. [21]

Tabulka 3 Stav modernizace D1

Stav modernizace <sup>5</sup>	počet úseků	délka úseku (km)
Zprovozněné úseky	7	48,3
Úseky v realizaci	6	40,5
Úseky ve výběrovém řízení	2	22,5
Předpoklad zahájení 2018-2019	6	51,1

Zdroj: vlastní dle [21]

Zrekonstruováno a opět zprovozněno je 48,3 km dálnice D1, 40,5 km je nyní v realizaci, dva úseky o 22,5 km jsou ve výběrovém řízení a u 6 úseků o délce 51,1 km se předpokládá zahájení v letech 2018–2019. I přes dopravní omezení, které s sebou modernizace D1 od roku 2012 nese, se počet nákladních automobilů, které využívají tuto dálnici zvyšuje, viz Tabulka 2 Počet mýtných transakcí.

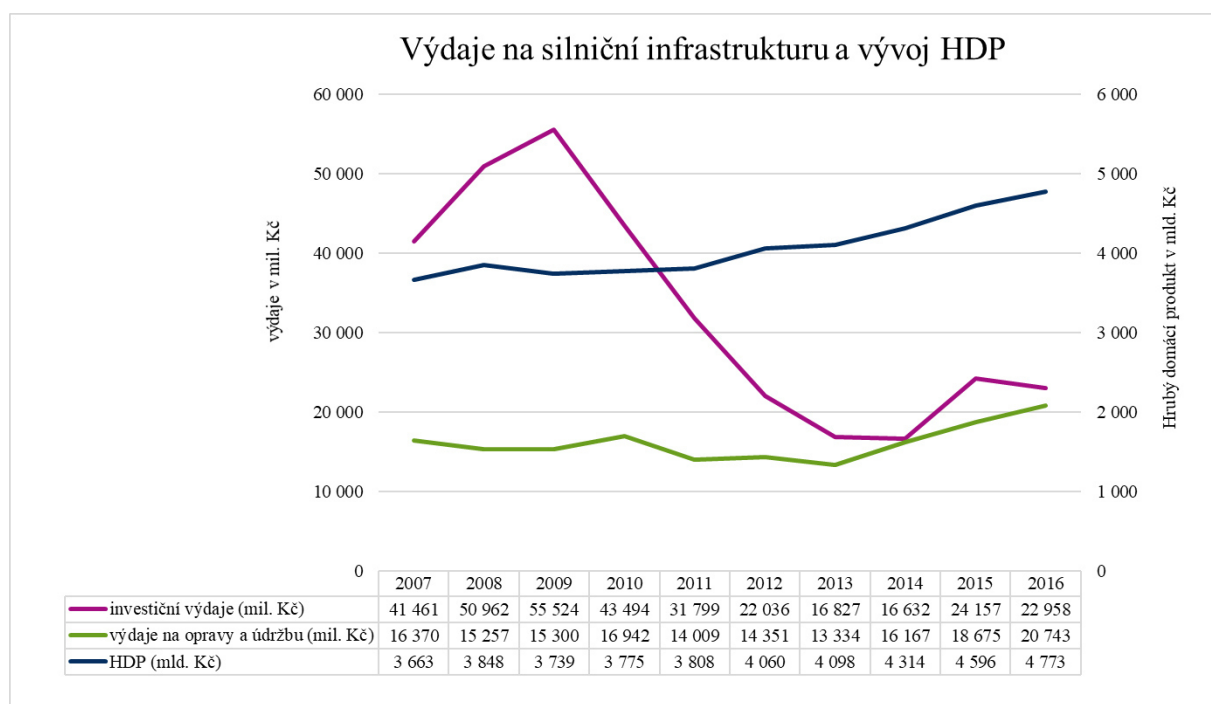
### 2.3.3 Investice do infrastruktury

Investiční výdaje do silniční dopravní infrastruktury dlouhodobě mezi lety 2009–2014 klesaly. Klesly na 41,35 % úrovně hodnoty, které dosahovaly roku 2009. Rok 2009 byl rekordní, avšak průměr za posledních deset let činí 32 584,99 mil. Kč a v roce 2016 dosáhly investice s hodnotou 22 958,3 mil. Kč 70,46 % průměru. Oproti tomu výdaje na opravy a údržbu vzrostly od roku 2007 o 35,57 % a v roce 2016 dosahovaly o 28,72 % více než je průměrná hodnota za roky 2007–2016. [18]

---

<sup>5</sup> Stav ke dni 29.10.2017

Graf 2 Výdaje na silniční infrastrukturu a vývoj HDP



Zdroj: vlastní dle [18]

Dle srovnání grafu investičních výdajů do silniční infrastruktury a vývoje HDP mezi lety 2007 a 2016 mezi těmito veličinami nelze nalézt žádný vztah. HDP kleslo meziročně pouze mezi lety 2008 a 2009, přičemž průměrně roste o 3,03 % ročně. Oproti tomu investiční výdaje rostly pouze mezi lety 2007 až 2009 a od té doby prudce klesly.

### 2.3.4 Katalog mostů

ŘSD ČR si v roce 2013 nechalo zpracovat katalog typizovaných mostních konstrukcí, který obsahuje vhodné konstrukce pro nejčastěji se vyskytující křížení na dálnicích. Katalog byl zpracován s tím účelem, aby zjednodušil návrh mostních konstrukcí, unifikoval navrhované konstrukce a snížil jak investiční náklady, tak náklady na následnou údržbu a provoz. Katalog by měl sloužit jak odborné veřejnosti, tak pracovníkům ŘSD ČR jako rozhodovací pomůcka v předinvestiční (přípravné) fázi projektu. V katalogu je každý typ konstrukce podrobně popsán včetně výhod a nevýhod použití, možných typů konstrukce, cenových ukazatelů a spotřeby materiálu pro jednotlivé typy konstrukce. Jsou zde uvedeny i výkresy – podélný řez, příčný řez a půdorys. [14]

### 3b Dálniční most jednopolový 10–20 m, integrální



#### charakteristika

Integrovaný jednopolový dálniční most světlosti 10 m až 20 m. Nosnou konstrukci lze navhnout z předpjatých betonových prefabrikátů, ze sražené konstrukce ocel-beton nebo z monolitické betonu.

#### použití

Most převádí dálnici kategorie D27.5. Světlost mostu je volena s ohledem na přepracovanou překážku, kterou zpravidla tvoří komunikace nižší třídy, vodní tok nebo biokoridor. Volba typu nosné konstrukce se řídí stavební výškou, která je k dispozici, možnost zřídit pod mostem skruž a požadavkem na rychlost výstavby. Monolitická varianta minimalizuje stavební výšku, ale během výstavby omezuje prostor pod mostem podpěrou skruží. Předpjaté betonové prefabrikáty a sražená konstrukce ocel-beton uvolňují prostor pod mostem omezení minimálně a zároveň zrychlují dobu výstavby.

#### parametry

Šířka vnější římsy je  $A = 0,8$  m. Výška nosné konstrukce  $H$  a počet nosníků jsou předmětem individuálního návrhu, uvedené hodnoty jsou orientační: předpjaté betonové prefabrikáty  $H = 0,8$  m až  $1,1$  m, sražená konstrukce ocel-beton  $H = 0,7$  m až  $1,1$  m, železobetonová deska  $H = 0,6$  m až  $1,0$  m, předpj. betonová deska  $H = 0,5$  m až  $0,8$  m.

#### výhody konstrukce

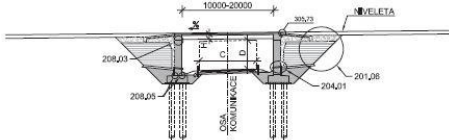
Bezúložkové uclnění nosné konstrukce na opěry nevyžaduje údržbu. Rámové připojení nosné konstrukce do opěr umožňuje snížení stavební výšky uprostřed rozpětí pole.

#### nevýhody konstrukce

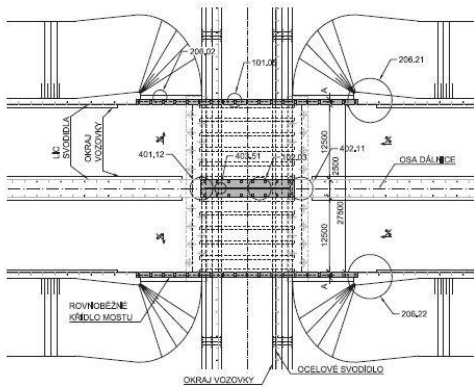
Mostní závěr mezi mostem a komunikací představuje doposud málo užívaný řešení. Řešení podří římsy na křídlech na nižší straně mostu vyžaduje údržbu.

<b>prostorové uspořádání</b>	
<b>světlost otvoru</b>	10 až 20 m
<b>převáděná komunikace</b>	dálnice kategorie D27.5 bez nouzových chodníků
<b>zrcadlo mezi mosty</b>	volná mezera 100 – 250 mm, nad opěrami zakrytá
<b>založení</b>	
<b>typ založení</b>	hlubinné na volkopříměrových pilotách alternativně plošné
<b>spodní stavba</b>	
<b>křídla</b>	železobetonová rovnoběžná
<b>nosná konstrukce</b>	
<b>typ konstrukce</b>	jednopolová integrovaná konstrukce železobetonová monolitická deska pro světlost do 15 m předpjátá monolitická deska předpjátá betonové prefabrikáty sražená konstrukce ocel-beton
<b>ložiska</b>	nejsou
<b>mostní závěry</b>	povrchový
<b>mostní svršek a odvodnění</b>	
<b>izolace</b>	celoplošná z natavovaných asfaltových zbraňných pásů na kotvené impregnační náter
<b>vozovka</b>	asfaltová dvouvrstvá
<b>římsy</b>	monolitické
<b>odvodnění</b>	trubní z tvrdého plastu, zaústěné do dálniční kanalizace
<b>odvodňovače</b>	s lapacím splavenin
<b>mostní vybavení</b>	
<b>svodidla</b>	vnější římsy – ocelové zábradlní svodidlo pro úroveň zadření minimálně H2 vnitřní římsy – ocelové zábradlní svodidlo pro úroveň zadření minimálně H2
<b>zábradlí</b>	není
<b>schodiště</b>	jen podří římsa opěry vždy vpravo při přjezdu k mostu
<b>chráničky v římsě</b>	pouze pro dálniční kabely v nose středové římsy
<b>letopočet a logo zhotovitele</b>	výslem do betonu křídla
<b>clona proti hluku/oslnění</b>	jen na základě hlukové studie

#### PODÉLNÝ ŘEZ



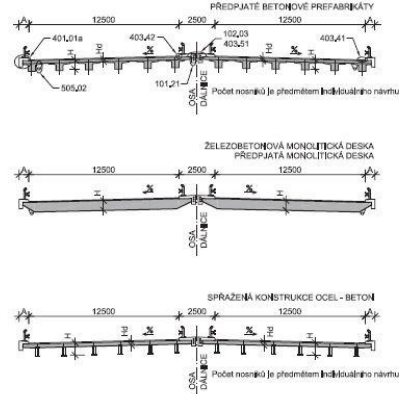
#### PŮDORYS



#### SPOTŘEBA MATERIÁLU na mostní konstrukce

nosná konstrukce	beton	betonářská výztuž	předpínací výztuž	konst. ocel
	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	kg/m <sup>2</sup>	kg/m <sup>2</sup>	kg/m <sup>2</sup>
předpjátá prefab. deska	0,250	50	200	-
předpjátý prefab. nosník	0,300	40	140	18
sražená ocel-beton	0,300	80	270	61
železobetonová deska	1,620	360	220	-
předp. betonová deska	1,300	260	200	24

#### PŘÍČNÝ ŘEZ



#### GENOVÉ UKAZATELE (bez DPH)

nosná konstrukce	založení	spodní stavba	nosná konstrukce	přikluseství
	kč/m <sup>2</sup>	kč/m <sup>2</sup>	kč/m <sup>2</sup>	kč/m <sup>2</sup>
předpjátá prefab. deska	-	-	-	-
předpjátý prefab. nosník	3 100	4 400	21 700	5 800
sražená ocel-beton	3 100	4 600	35 100	5 800
železobetonová deska	15 400	5 900	28 400	5 800
předp. betonová deska	3 400	4 400	23 500	5 800

zdroj: [14]

Tento katalog není nijak závazný. Obsahuje především nepoužívanější typy mostních konstrukcí bez toho, aby doporučoval, který typ konstrukce je vhodnější k použití. Slouží ke sjednocení používaných typů mostních objektů a výsledný způsob realizace je závislý čistě na rozhodnutí zhotovitele.

### 2.3.5 Měrné náklady staveb

ŘSD ČR si od roku 2004 vede statistiku nabídkových cen, která obsahuje 1 460 staveb. Výsledkem jsou cenové databáze ukazující za kolik ŘSD ČR realizovalo jednotlivé stavby. Ceny jsou pak porovnávány jak v různých letech, tak v různých typech konstrukcí. Ceny jsou přepočtené na hladinu cen roku 2015. Z těchto dat lze zjistit i kolik mostních objektů bylo realizováno jednotlivými metodami výstavby. [22]

Tabulka 4 Měrné náklady

popis	počet realizovaných objektů	cena objektů (Kč)	jednotková cena (Kč/m <sup>2</sup> )
<b>Novostavby mostů</b>			
vodorovná nosná konstrukce monolit bet nepředpjatá	349	6 069 696 280	44 071
vodorovná nosná konstrukce monolit bet předpjatá	528	40 827 268 995	34 397
vodorovná nosná konstrukce mont z dílců bet nepředpjatých	36	860 985 170	44 178
vodorovná nosná konstrukce mont z dílců bet předpjatých	81	4 662 325 204	42 995
vodorovná nosná konstrukce spřažená ocelobet <sup>6</sup>	52	13 436 967 833	43 821
vodorovná nosná konstrukce kovová <sup>6</sup>	26	1 382 547 167	62 429
<b>Rekonstrukce mostů</b>			
vodorovná nosná konstrukce monolit bet nepředpjatá	120	1 347 731 808	17 761
vodorovná nosná konstrukce monolit bet předpjatá	30	501 708 080	16 471
vodorovná nosná konstrukce mont z dílců bet nepředpjatých	40	480 642 501	27 473
vodorovná nosná konstrukce mont z dílců bet předpjatých	139	2 837 411 927	17 934
vodorovná nosná konstrukce spřažená ocelobet <sup>6</sup>	8	127 171 296	27 993
vodorovná nosná konstrukce kovová <sup>6</sup>	5	773 857 124	22 139

Zdroj: vlastní dle [22]

<sup>6</sup> Tyto typy konstrukcí mostů nejsou předmětem této práce a jsou uvedeny pouze pro úplnost informací.



V tabulce měrných nákladů jsou stavby rozděleny na novostavby a rekonstrukce mostů pozemních komunikací pro zatížení třída A a dále podle použitého typu vodorovné nosné konstrukce. Z těchto údajů vyplývá, že z celkového počtu novostaveb nepředpjatých betonových mostů bylo pomocí prefabrikace realizováno pouze necelých 10 % mostů, tedy 36 mostů z celkového počtu 385. Novostaveb předpjatých betonových mostů se pomocí prefabrikace realizovalo přes 13 %, tedy 81 mostů z celkových 609 mostů. Jednotková cena u nepředpjatých mostů z monolitického betonu a prefabrikovaných dílců se liší o 0,24 %, u prefabrikátů je vyšší o 107 Kč/m<sup>2</sup>. U předpjatých konstrukcí se jedná o vyšší rozdíl v jednotkové ceně, prefabrikované konstrukce jsou o 24,99 % vyšší, tedy o 8 597 Kč/m<sup>2</sup>, což už je podstatný rozdíl.

Při rekonstrukcích mostních objektů se prefabrikované konstrukce používají více než monolitické (v 54,4 % případů). U nepředpjatých mostních konstrukcí se prefabrikované prvky nosné vodorovné konstrukce použily pouze ve čtvrtině projektů, přičemž u předpjatých konstrukcí tvořily 82,25 % realizovaných mostů. Jednotková cena u nepředpjatých mostů je u prefabrikovaných konstrukcí o necelých 55 % vyšší než při použití monolitického betonu. U předpjatých konstrukcí se jednotková cena liší o necelých 9 %, u prefabrikovaných dílců je vyšší o 1 463 Kč/m<sup>2</sup>.

Je zajímavé, že u novostaveb mostů je jednotková cena u nepředpjatých nosných konstrukcí z monolitického i prefabrikovaného betonu téměř stejná, zato u předpjatých konstrukcí se liší o necelých 25 %, a u rekonstrukcí mostů jsou naopak jednotkové ceny předpjaté nosné konstrukce z monolitického a z prefabrikovaného betonu téměř vyrovnané, ale u nosných konstrukcí nepředpjatých se liší o téměř 55 %.

Z tohoto porovnání nákladů jednotlivých typů vodorovných nosných konstrukcí je vidět, že je použití prefabrikovaných dílců pro vodorovnou nosnou konstrukci dražší než klasická metoda výstavby s použitím monolitického betonu. V některých případech se jedná o zanedbatelnou částku, v jiných je ale navýšení znatelné. Data vychází pouze z vítězných nabídek zhotovitelů a nereflektují charakter jednotlivých mostních objektů a jejich okolí, dobu trvání výstavby, dopravní omezení ani teoretické náklady uživatelů dopravy.

### **2.3.6 Výrobní prefabrikovaných prvků**

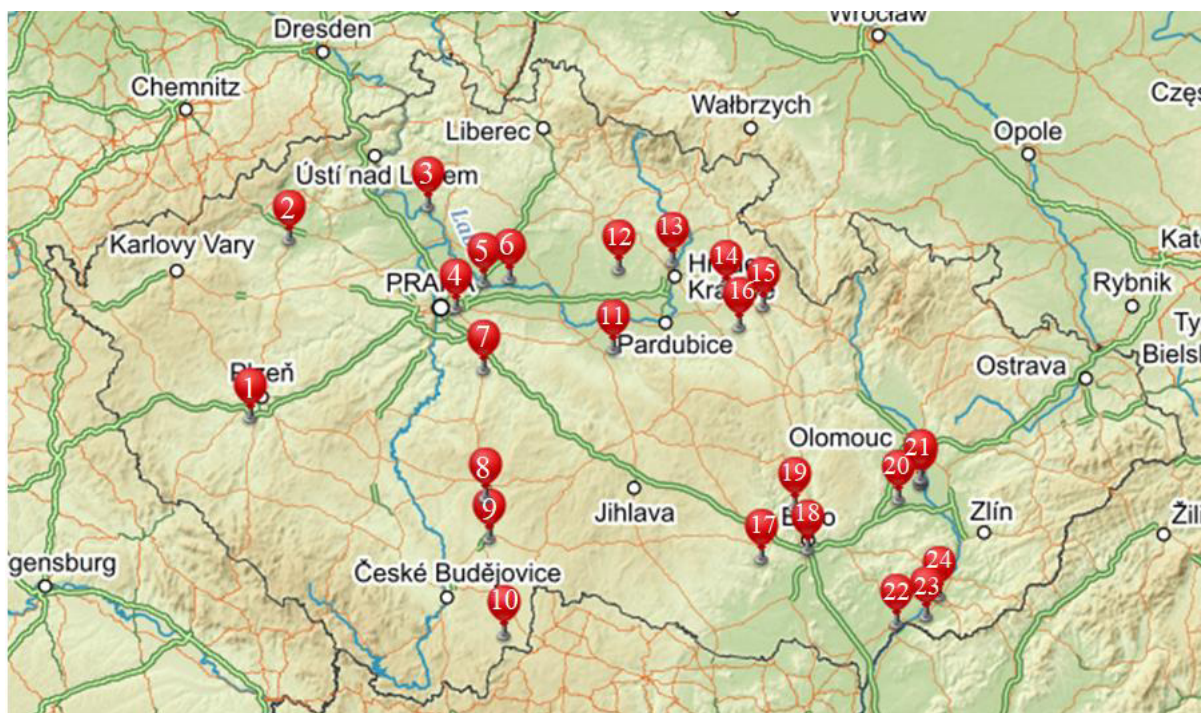
V České republice byl vzhledem k historickému používání prefabrikovaných prvků a výrobků vysoký počet výroben prefabrikátů. Jak již bylo zmíněno výše, největší boom zaznamenala

technologie prefabrikace v sedmdesátých a osmdesátých letech minulého století, a od té doby se zájem o tuto technologii zmenšoval. Jedním z důvodů bylo, že budovy a konstrukce z těchto let se nevyznačovaly ani vysokou kvalitou provedení ani kvalitou návrhu a obsahovaly plno nedořešených konstrukčních detailů.

Dalším obdobím, kdy se počet těchto výroben prefabrikovaných výrobků redukoval, bylo období ovlivněné ekonomickou krizí a následným snižováním investic na výstavbu silniční infrastruktury. [13] Toto snižování investic začalo v roce 2009 a trvalo až do roku 2014 viz Graf 2 Výdaje na silniční infrastrukturu a vývoj HDP.

Současný stav výroben prefabrikátů v České republice lze vidět na Obrázku 8 mapa výroben prefabrikovaných prvků v ČR. Na mapě nejsou vyznačeny všechny výroby prefabrikovaných výrobků, ale pouze ty větší a také ty, které se zabývají výrobou prvků pro mostní konstrukce. [23]

Obrázek 8 Mapa výroben prefabrikovaných prvků v ČR



Zdroj: vlastní úprava [24]

Tabulka 5 Legenda k mapě

Označení	Společnost	Závod
1	BOEGL a KRÝSL, k.s.	Dobřany
2	PREFA ŽATEC s.r.o.	Žatec
3	KŠ Prefa s.r.o.	Prefa Štětí

4	PREFA PRAHA a.s.	Praha 10
5	PREFA PRO a.s.	Zápy
6	H.A.N.S. Prefa, a.s.	Lysá nad Labem
7	ŽPSV a.s.	závod Čerčany
8	HOCHTIEF CZ a.s.	Planá nad Lužnicí
9	MABA Prefa spol. s r.o.	Veselí nad Lužnicí
10	ŽPSV a.s.	závod Nové Hradky
11	GOLDBECK Prefabeton s.r.o.	Vrdu
12	M-SILNICE a.s.	PREFA Nový Bydžov
13	PREFA PRODUKT s.r.o.	závod Předměřice nad Labem
14	BETONIKA spol. s r.o.	provozovna Rašovice
15	ŽPSV a.s.	závod Litice
16	ŽPSV a.s.	provoz Běstovice
17	Prefa Brno a.s.	závod Oslavany
18	Prefa Brno a.s.	Brno
19	Prefa Brno a.s.	závod Kuřim
20	ŽPSV a.s.	závod Doloplazy
21	BETONIKA spol. s r.o.	provozovna Lobodice
21	KŠ Prefa s.r.o.	Prefa Tovačov
22	Prefa Brno a.s.	závod Hodonín
23	Prefa Brno a.s.	závod Strážnice
24	ŽPSV a.s.	závod Uherský Ostroh

Zdroj: vlastní dle [23]

Každá z těchto výroben prefabrikovaných prvků má jinou kapacitu i velikost výrobní haly. Pro výrobu některých prvků je omezující především výška výrobní haly a tím i případná možná délka prvků, pokud by se měly vyrábět ve vertikální poloze. Limitní délka prvků vyráběných ve svislé poloze je cca 4–5 metrů pro většinu výroben. Výrobky lze vyrábět i v horizontální poloze, zde je už délka méně omezující. Formy pro výrobu vertikálních prefabrikovaných prvků betonovaných v horizontální poloze jsou nákladnější než formy, ve kterých se tyto prvky betonují ve svislé poloze. [25]

## 2.4 Porovnání se zahraničím

Dálniční infrastruktura nejen ve Spojených státech amerických, ale i v Evropě, vyžaduje kvůli stáří mostů a dalších konstrukcí průběžné opravy a rekonstrukce. Vzhledem k rostoucímu objemu dopravy je nutné zajistit plynulý provoz a omezit tak stavební práce na co nejkratší dobu a nejlépe i mimo dopravní špičku. Rekonstrukce nebo výměna mostu či mostovky

klasickou metodou výstavby se většinou nachází na kritické cestě harmonogramu opravy celé komunikace. Rekonstrukce mostu je časově náročná především kvůli dlouhým technologickým přestávkám mezi prováděním jednotlivých částí konstrukce. [26]

Kvůli časové náročnosti klasického postupu výstavby je nutné zavést nový systém výstavby mostů, který umožňuje vyrobit jednotlivé prvky mimo místo staveniště a dopravit je na místo připravené přímo k montáži. To by umožnilo výrazné zrychlení postupu výstavby a omezení uzavírek a dopravních omezení. V závislosti na specifických podmínkách místa stavby může systém prefabrikace zkrátit dopravní výluky a omezení, zlepšit bezpečnost práce na staveništi, zmenšit dopady stavby na životní prostředí, zlepšit proveditelnost konstrukce, zvýšit její kvalitu a snížit celkové náklady životního cyklu stavby. Metoda prefabrikace je vhodná jak pro rekonstrukce stávajících mostů, tak pro výstavbu mostů nových. [26]

Vzhledem k odlišnému historickému vývoji a rozdílným požadavkům na životnost, vzhled, platným technickým předpisům atp. se systém prefabrikace v jednotlivých zemích vyvíjel odlišně. [8]

### **2.4.1 Spojené státy americké**

Ve Spojených státech amerických se systém prefabrikace používá například při rekonstrukcích dálničních mostů. Dále je popsáno několik úspěšných projektů, při kterých se prefabrikace osvědčila. Jedná se o devět kompletních výměn mostovek, kdy největší prioritou bylo zkrácení doby výstavby a tím snížení dopadů uzavírek a dopravních omezení na silniční provoz. Každý projekt je ukázkou toho, kolik možných variant a kombinací prefabrikace a efektivních strategií uzavírání smluv je možné použít, aby se opravdu dosáhlo co nejkratší doby trvání projektu. U všech těchto projektů byl čas výstavby rapidně zkrácen, dokonce u pěti z nich proběhla výměna mostovky v době mimo dopravní špičku a nebyl nijak ovlivněn silniční provoz v kritické době. Zároveň, díky použití tohoto systému výstavby, vznikla úspora nákladů v přibližné hodnotě celkem 30 milionů USD (úspora je definovaná jako rozdíl mezi odhadem nákladů a vítěznou nabídkou ve veřejné soutěži). [27]

Níže jsou popsány konkrétní úspěšné projekty, při kterých byl použit systém prefabrikace PBES (Prefabricated Bridge Elements and Systems=Prefabrikované prvky a systémy mostů) a ABC (Accelerated Bridge Construction=zrychlený způsob výstavby mostů).

## **1. Dálnice 86 most přes Mitchell Gulch v Coloradu, realizace 2002**

Původní most byl postaven roku 1953 jako dřevěný most a v roce 2002 byl ohodnocen jako jeden z deseti nejhorších mostů v Coloradu. Na základě tohoto hodnocení se Colorado Department of Transportation (CDOT) rozhodlo most opravit a na základě analýzy hodnotového inženýrství přijalo projekt na zcela prefabrikovaný most realizovaný přes víkend v srpnu 2002. Přes tento most projede denně 12 000 vozidel a jelikož by objízdná trasa v případě uzavírky mostu byla neúměrně dlouhá, byl tento návrh podpořen. Jelikož se tento most pomocí zcela prefabrikované nové konstrukce mostu podařilo zprovoznit již 46 hodin po jeho uzavření, kdy uzavírka trvala pouze jeden víkend, nebyl provoz v dopravní špičce nijak ovlivněn. Pokud by se nový most stavěl klasickou metodou s použitím monolitického betonu, trvala by výstavba 2 až 3 měsíce. [27]

Původní návrh tohoto mostu, na který Colorado Department of Transportation vypsal veřejnou soutěž, byl tvořen třemi monolitickými propustky umístěnými vedle sebe. Nicméně zhotovitel (firma Lawrence Construction Company) vzhledem k pochybám o bezpečnosti svých pracovníků, kvůli strmým svahům pod mostem, navrhl změnu projektu. Společně s místní statickou společností Wilson & Company navrhli kompletně prefabrikovaný most o jednom mostním poli realizovaný přes jediný víkend. CDOT schválilo návrh na změnu projektu pod podmínkou, kdyby se most nezprovoznil do 6 hodin ráno v pondělí, bude zhotovitel platit pokutu 500 USD za každou započatou hodinu zpoždění. Výše pokuty byla odvozena na základě nákladů uživatelů dopravy při uzavírci silnice. [27]

Odhad nákladů byl pro tuto stavbu 394 200 USD, nejnižší nabídku dala firma Lawrence Construction Company a byla o 7 % nižší než odhad nákladů. Výměna konstrukce mostu trvala pouze 46 hodin a neměla žádný vliv na dopravu během pracovního týdne. Zhotoviteli se podařilo most otevřít již v 17 hodin v neděli, tedy 13 hodin před požadovaným časem. Nejenže se podařilo most zprovoznit v rekordním čase, ušetřilo se na nákladech uživatelů dopravy (user costs), zajistila se větší bezpečnost na pracovišti, ale zároveň byl dodržen i rozpočet. [27]

## **2. MD route 24 most přes Deer Creek v Marylandu, realizace 2001**

Most na silnici č. 24 v Marylandu byl postaven roku 1934 a jednalo se o zařazení mostu do Národního Registru Historických Památek (National Register of Historic Places). Technický stav mostovky se stále zhoršoval a v roce 2001 bylo nutné mostovku vyměnit, samozřejmě při zachování historické podoby mostu. Most bylo možné, vzhledem k umístění na trase školního autobusu, uzavřít pouze na dobu letních prázdnin, tedy na 10 týdnů. Požadavkem bylo vyměnit

mostovku za novou, která bude mít životnost delší než klasických 40 let, a to i v místním nepříznivém počasí. Dále bylo nutné zajistit, aby se kvůli nové mostovce ještě více nesnížila únosnost mostu, který byl už tak váhově omezen. Vzhledem k malé světlé výšce nosné konstrukce mostu (7,5 m) byl omezen i výběr jeřábu, který montoval panely. [27]

V roce 2001 nechalo Maryland State Highway Administration zpracovat projekt na mostovku s použitím FRP panelů (Fiber Reinforced Polymer). Rychlá montáž panelů umožnila stihnout rekonstrukci mostu v daném termínu a otevřít most před začátkem školního roku. Odolnost panelů vůči korozi je předpokládána téměř na dvojnásobek životnosti mostovky, přibližně na 70 let. Zároveň se díky malé váze FRP panelů zvýšila únosnost mostu a samotná montáž byla snazší. [27]

Odhad nákladů pro tento most byl 924 400 USD, přičemž soutěž vyhrála firma s nabídkovou cenou 911 100 USD. Za překročení plánované doby výstavby byla stanovena pokuta 4 700 USD denně, nebyly stanoveny žádné pobídky pro dřívější dokončení. Projekt na obnovu mostovky trval 10 týdnů a díky použití FRP panelů byl hotov za téměř třetinu času potřebného při použití klasické monolitické mostovky. Po odstranění stávající mostovky a po očištění nosníků trvalo pouhých 15 dnů zprovoznit most veřejnosti. [27]

### **3. Mill street most přes řeku Lamprey v New Hampshire, realizace 2004**

Původní most vedoucí přes řeku Lamprey byl 8,5 metrů široký a měl 2 mostní pole. Mostní pole byla ve špatném stavu a potřebovala vyměnit. Vzhledem k malé dopravní vytiženosti mostu, a případné krátké objížďce, bylo možné most zcela uzavřít. Tento most byl vybrán jako první most se zcela prefabrikovanou spodní stavbou pod vedením New Hampshire DOT. [27]

V srpnu 2004 byl stávající most nahrazen novým prefabrikovaným mostem o délce 35 metrů pouze s jedním mostním polem. Celkem bylo pro tento most použito 32 prefabrikovaných prvků. Od umístění základů po otevření mostu veřejnosti trvala montáž prefabrikátů 8 dní. Celková doba uzavírky mostu trvala 2 měsíce, ale pokud by se použila klasická metoda výstavby, trvala by rekonstrukce přibližně 5 měsíců. Vzhledem k použití vysokopevnostního betonu, kvalitně vyrobeným prefabrikovaným prvkům, precizním spojícím detailům a důkladné údržbě je předpokládána doba životnosti mostu 75 let. [27]

New Hampshire DOT vypsalu veřejnou soutěž s podmínkou 14denní lhůty na montáž a pobídky/pokuty za splnění/nesplnění této lhůty činily 5 000 USD denně. Zakázku vyhrála R. M. Piper Construction s cenou 1 050 000 USD. Inženýrský odhad nákladů činil 950 000 USD

a nabídková cena byla o 10 % vyšší. Díky poznatkům získaných z tohoto projektu může New Hampshire DOT dále pokračovat na vytvoření podrobných výkresů standardizovaných prefabrikovaných prvků, které mohou nahradit prvky z monolitického betonu. Pokud si zhotovitel místo navržených monolitických prvků vybere prvky prefabrikované, bude muset navíc doložit pouze montážní plán. Standardizované výkresy budou obsahovat zcela prefabrikované deskové panely (pro částečně prefabrikované deskové panely již standardizované výkresy existují), příčníky na více podpěrách, základy a opěry. [27]

#### **4. Route 1 - mosty přes ulice Olden Avenue a Mulberry Street v New Jersey, realizace 2005**

Přes silnici č. 1 (Route 1), která spojuje město Trenton jak se státem New Jersey, tak se státem Pensylvánie, projede denně kolem 50 000 vozidel. Na této silnici se nacházely tři mosty, které byly ve špatném technickém stavu a vyžadovaly neustálé opravy. V roce 2005 se výměna všech těchto mostů stala prvním Hyperbuild projektem New Jersey DOT. [27]

Hyperbuild projekty byly založeny ke zkrácení doby výstavby silničních staveb a úspoře milionů USD již od samotného návrhu, přes výstavbu, až po zahrnutí nákladů uživatelů dopravy. Aby projekt dostal status Hyperbuild, musí splňovat některá kritéria. Těmito kritérii jsou například dobře definovaný rozsah projektu, pokud je to možné, tak aby projekt vyžadoval jen omezené množství pozemků a objektů, které nejsou ve vlastnictví státu a musí se vykoupit, dále aby bylo nutné realizovat jen minimálně přeložky vedení technické infrastruktury a aby měl minimální dopad na životní prostředí. [27]

Všechny tři mosty se podařilo vyměnit bez jakéhokoliv dopadu na provoz v době dopravní špičky. Mosty byly vyměněny postupně během víkendu v srpnu, září a říjnu v roce 2005. Pokud by se používaly klasické metody výstavby, předpokládaná doba trvání by byla 22 měsíců. [27]

Veškeré betonové prvky musely být vyrobeny z vysokopevnostního betonu a prefabrikované prvky musely být dopraveny na místo 24 hodin před zahájením demolice mostu. Životnost mostů je odhadována na 75-100 let díky kombinaci kvalitně provedených prefabrikovaných prvků vrchní stavby, použití vysokopevnostního betonu a pozornosti, která byla věnována uzavřením spojů. V New Jersey mají mosty postavené konvenční metodou výstavby požadovanou životnost minimálně 50 let. [27]

V zadání projektu byly definovány jak pokuty za zpoždění, tak i pobídky/odměny za dřívější dokončení. Pokud by zhotovitel přesáhl 57 hodinovou lhůtu na uzavření a znovu otevření

mostu, pokuta by činila 10 000 USD denně. Dále byly specifikovány milníky, které musel zhotovitel dodržet. Inženýrský odhad nákladů na tento projekt činil 3,8 milionu USD a soutěž vyhrála firma s nabídkou 3,5 milionu USD. Všechny tři mosty se podařilo znovu otevřít dříve než za požadovaných 57 hodin. Vzhledem k tomu, že uzavírky během tohoto projektu trvaly dohromady pouhých 6 dní a celý projekt byl dokončen dříve, než za odhadovaných 22 měsíců (při použití konvenčních metod výstavby), tak se i se započítáním nákladů uživatelů dopravy spojených s uzavírkami, objížděnkami a zdrženými, ušetřilo kolem 2 milionů USD. [27]

### **5. Belt Parkway most přes Ocean Parkway v New Yorku, realizace 2004**

V roce 2004 rozhodlo New York DOT, že je potřeba zrekonstruovat Belt Parkway most v Brooklynu. Celý design-build projekt zahrnoval výměnu starého mostu za nový, přebudování stávajícího zastaralého čtyřlístkového typu nájezdů a sjezdů na nájezdy a sjezdy přímé a další úpravy okolí. Byla vyžadována rychlá výstavba vzhledem k vysokému počtu vozidel, která tudy projedou. Denně se jedná průměrně o 166 000 vozidel. Zároveň je na této silnici závislá nemocnice a dvě školy. [27]

Montáž mostu na místě zabrala pouze několik nocí během dvou týdnů výstavby a celkem byl projekt dokončen za 14 měsíců, včetně tříměsíční zimní přestávky. Pokud by se použily klasické metody výstavby, projekt by trval odhadem 3 až 4 roky. [27]

Původní most měl pouze 2 pruhy a byl rozšířen na 3 jízdní pruhy včetně dalších pruhů napojovacích a odbočovacích. Při demolici starého mostu a výstavbě mostu nového nebyl uzavřen ani jeden jízdní pruh během dopravní špičky. Aby se mohly minimalizovat dopravní omezení a uzavírky, byly použity prefabrikované prvky. Prefabrikované byly pilíře, T-nosníky, příčnický, hlavní nosná konstrukce, římsy, obrubníky a nájezdové rampy. Všechny prefabrikované komponenty byly vyrobeny z vysokopevnostního betonu. Zároveň v prefabrikované mostovce, římsách a obrubnicích byla použita nerezová ocel, která sice zvýšila náklady na výstavbu cca o 1 %, zároveň ale prodloužila dobu životnosti na dvojnásobek, tedy na 75-100 let. [27]

Odhad nákladů činil 60 milionů USD s délkou trvání omezení provozu cca 585 dnů. Tuto zakázku vyhrála firma Granite Halmar Construction Co. Inc. s nabídkou 55,5 milionů USD a délkou trvání omezení provozu pouze 285 dní. Nakonec byl provoz ovlivněn pouze 256 dní. V zadání byly opět definovány pobídky za dřívější dokončení a pokuty za zpoždění, jejich výše



byla odvozena od nákladů uživatelů dopravy v případě uzavírky a činila 85 000 USD denně. [27]

### **6. Route 22 most přes řeku Scioto v Ohiu, realizace 2003**

Tento 45 let starý most postavený roku 1957 zajišťuje přístup do města a z města průměrně pro 12 900 vozidel denně. Zároveň je to důležitá příjezdová cesta pro školní autobus, zajištění dopravy místních vypěstovaných plodin do mlýnů a pro záchrannou službu. Most byl postaven z betonových desek a ocelových nosníků a nejenže byly tyto nosníky zchátralé, ale zároveň byl most příliš úzký pro nákladní dopravu a zemědělskou techniku. [27]

V roce 2003 byla vrchní konstrukce tohoto mostu vyměněna za novou, širší, která umožnila snazší průjezd zemědělské techniky. Tento design-build projekt byl jeden z prvních Accelerated Bridge Construction (projektů zrychleného způsobu výstavby mostů) z programu Fast Track Bridge, které Ohio Department of Transportation zadalo. Program Fast Track Bridge byl iniciován pro rychlejší, promyšlenější a lepší výstavbu mostů. [27]

Kompletní uzavírka mostu byla možná pouze od začátku letních prázdnin do začátku sklizně (v srpnu), na odstranění vrchní stavby mostu a provedení nové bylo dohromady 60 dnů. I přes silné deště a následné záplavy byl nový most zprovozněn již za 48 dní. Pomocí konvenčních metod výstavby by uzavírka mostu trvala přibližně 18 měsíců. [27]

Odhad nákladů byl 5 milionů USD a vyhrála firma s nejnižší nabídkou, která činila 2,7 milionu USD. V zadání projektu byly opět obsaženy pobídky za dřívější dokončení a pokuty za zpoždění, které činily 50 000 USD denně. Vzhledem k použitým materiálům (vysokopevnostní beton, vysokopevnostní a pozinkovaná ocel) je předpokládaná doba životnosti mostu 75 let. [27]

### **7. Dálnice 66 most přes jezero Ray Hubbard v Texasu, realizace 2003**

V roce 2000 Texas Department of Transportation vypsal soutěž na rekonstrukci mostu vedoucího přes jezero Ray Hubbard. Původní, 40 let starý dvouproudový most byl nahrazen dvěma mosty, z nichž má každý dva dopravní pruhy v obou směrech. Díky použití 43 identických prefabrikovaných stativ pilířů se doba výstavby zkrátila o 215 dnů oproti použití klasických monolitických stativ. [27]

Obrázek 9 Montáž prefabrikovaného stativa



Zdroj: [27]

Odhad nákladů byl 48,2 milionu USD a vyhrála firma s nabídkou 40,9 milionu USD. I přesto, že ve smlouvě nebyly specifikovány žádné pobídky za dřívější dokončení, zhotovitel navrhl změnu projektu z monolitických stativ pilířů na prefabrikované a projekt se tak dokončil o 215 dní dříve. Nejdříve byl postaven most hned vedle původního mostu, následně na něj byla převedena doprava, starý most byl zdemolován a na jeho místě byl postaven druhý most. [27]

### **8. Silnice 95 most přes řeku James ve Virginii, realizace 2002**

Vnitrostátní silnici 95, která přes řeku James vede přes dva tříproudové mosty, využije každý den kolem 110 000 vozidel. Téměř 50 let staré konstrukce vykazovaly známky opotřebení a bylo potřeba je vyměnit. V roce 2002 Virginia Department of Transportation dokončilo výměnu vrchní stavby mostů a rekonstrukci spodní stavby. Celkem 102 mostních polí bylo vyměněno během 137 nocí v průběhu 17 měsíců, bez jakéhokoliv vlivu na dopravu v dopravní špičce. Konvenčními metodami výstavby by tento proces trval od 24 do 36 měsíců a měl by nemalý vliv na dopravu. [27]

Odhad nákladů činil 48,5 milionu USD. Vyhrála firma Archer-Western Contractors, Ltd. s nabídkou 43,4 milionu USD a délkou trvání nočních uzavírek 179 dnů. V zadání byly stanoveny pobídky za dřívější dokončení a pokuty za zpoždění, ve výši 30 000 USD denně. A dále také byly stanoveny pokuty za uzavírku jízdnic pruhů během dne. [27]

Jelikož se zhotoviteli podařilo vyměnit všech 102 mostních polí během 137 nocí, obdržel zhotovitel pobídku za včasné dokončení ve výši 1,3 milionu USD. [27]

## 9. Silnice 433 most Lewise a Clarka přes řeku Columbii na hranici Washingtonu a Oregonu, realizace 2004

Most přes řeku Columbii byl postaven roku 1929 a spojuje státy Washington a Oregon. Jedná se o ocelový most, jehož nosnou konstrukci tvořila příhradová konstrukce, který navrhl slavný inženýr Joseph B. Strauss, a který je zapsán v Národním registru historických míst. Denně přes tento most projede 18 000 vozidel. Kolem roku 2000 začala mostovka vykazovat známky opotřebení a bylo nutné ji vyměnit. Vzhledem k dlouhé objížďce v případě uzavření mostu, která by byla při použití trajektu 70 km dlouhá nebo bez využití trajektu 125 km dlouhá, bylo nutné co nejvíce urychlit rekonstrukci mostu. [27]

V roce 2004 proběhla výměna mostovky během 124 nočních a 3 víkendových uzavírek komunikace a rekonstrukce neměla žádný vliv na provoz během dopravní špičky. K montáži byly použity SPMT (self propelled modular transporters=samohybné modulární dopravníky). V případě použití jedné z konvenčních metod výstavby by výměna mostovky trvala přibližně 4 roky. Výměna mostovky prodloužila životnost mostu o dalších 25 let. [27]

Obrázek 10 SPMT



Zdroj: [28]

V zadání bylo začleněno několik pobídek za dřívější dokončení projektu, a to za včasné dokončení všech prací vyžadujících uzavírku celého mostu, za méně víkendových uzavírek a za méně uzavírek jízdnic pruhů. Byly stanoveny i pokuty za zpoždění, a to za pozdní zprovoznění mostu po jeho uzavírce a za větší počet uzavírek celého mostu nebo jízdnic pruhů. Odhad nákladů projektu byl 28,8 milionu USD a vyhrála firma s nabídkou 18 milionů USD. Celkem firma na pobídkách obdržela 185 000 USD. [27]

Těchto vybraných devět projektů reflektuje výhody použití prefabrikovaných prvků při rekonstrukcích mostů. Nejenže se na těchto konkrétních projektech ušetřilo přibližně 30 milionů USD, což je přibližně 16% úspora oproti odhadu nákladů, ale rapidně se u všech projektů zkrátila doba výstavby.

Tabulka 6 Shrnutí úspěšných projektů

projekt	odhad nákladů (USD)	vítězná nabídka (USD)	rozdíl cen (%)	odhadovaná doba trvání	skutečná doba trvání
1	394 200	366 606	-7 %	2-3 měsíce	46 hodin
2	924 400	911 100	-1 %	30 týdnů	10 týdnů
3	950 000	1 050 000	+11 %	5 měsíců	2 měsíce
4	3 800 000	3 200 000	-16 %	22 měsíců	6 dnů
5	60 000 000	55 500 000	-8 %	3-4 roky	14 měsíců (3 měsíce přestávka)
6	5 000 000	2 700 000	-46 %	18 měsíců	48 dnů
7	48 200 000	40 900 000	-15 %		o 215 dnů méně
8	48 500 000	43 400 000	-11 %	24-36 měsíců	17 měsíců (137 nočních uzavírek)
9	28 800 000	18 000 000	-38 %	4 roky	124 nočních a 3 víkendové uzavírky

Zdroj: vlastní dle [27]

Kromě zkrácení doby výstavby a snížení nákladů na realizaci projektů přineslo použití prefabrikovaných prvků i další výhody. U některých projektů omezení dopravy a uzavírky nijak nezasáhly do provozu v době dopravní špičky. Zvýšila se tím jak bezpečnost práce na staveništi, jelikož pracovníci zhotovitele nebyli vystaveni hustému dopravnímu provozu, tak i bezpečnost řidičů. Zároveň se ušetřilo na nákladech uživatelů dopravy, které ve Spojených státech amerických berou v potaz při plánování rekonstrukcí a oprav stávajících komunikací.

Další zajímavou ukázkou použití prefabrikace v mostním stavitelství je Linn Cove Viaduct na silnici Blue Ridge Parkway vedoucí přes Národní park v Severní Karolíně. Jelikož se tento most nachází v Národním parku a vede po úbočí hory Grandfather Mountain, trvalo necelých dvacet let, než byl návrh tohoto mostu schválen a mohla být zahájena výstavba. Tento most byl pro veřejnost otevřen v roce 1987, dvacet let po dokončení ostatních úseků Blue Ridge Parkway. [29]



Zdroj: [29]

Vzhledem k citlivému ekosystému na úbočí hory byl jako nejšetrnější způsob výstavby zvolen systém prefabrikace. Tento most byl sestaven z celkem 153 kusů prefabrikovaných prvků, kdy každý prvek vážil téměř 50 tun. Mostovku, sestavenou z příčných segmentů, podpírá sedm pilířů, které jsou také sestaveny ze segmentů. [29] Schéma tohoto mostu je znázorněno na Obrázku 25 Prefabrikovaný most.

## 2.4.2 Japonsko a Evropa

V Evropě, Japonsku a Spojených státech amerických se prefabrikace vyvíjela nezávisle na sobě. Odborníci ze Spojených států amerických v roce 2004 provedli průzkum v dalších zemích, jehož cílem bylo zjistit mezinárodní použití PBES (Prefabricated Bridge Elements and Systems=Prefabrikované prvky a systémy mostů), identifikovat procesy rozhodování, navrhnout metodiky, technologii výstavby, umět odhadnout náklady, doporučit údržbu a předepsat kontroly související s použitím této metody výstavby. Prefabrikovat lze všechny typy prvků od základů, pilířů, sloupů, podpěr, hlavic pilířů, nosníků, průvlaků, až po mostovku a doplňky jako římsy, svodidla atd. Hlavním předmětem zkoumání byly mosty s rozpětím od 6 do 40 metrů, zároveň však průzkumný tým zkoumal i mosty s větším rozpětím, zda i u takových mostů lze použít systém prefabrikace. [26]

Hlavními předměty průzkumu byly systémy prefabrikace, které splňují tato kritéria:

1. minimalizují omezení provozu,
2. zlepšují bezpečnost práce na staveništi,
3. minimalizují dopad na životní prostředí,
4. zlepšují proveditelnost,
5. zvyšují kvalitu provedení a
6. snižují náklady životního cyklu stavby.

Průzkum proběhl v Japonsku, Nizozemí, Belgii, Německu a Francii. Těchto pět států bylo vybráno díky jejich znalostem a zkušenostem s použitím prefabrikace, Japonsko navíc má i bohaté zkušenosti s návrhem konstrukcí vzhledem k seismické aktivitě v oblasti. [26]

V závěrečném vyhodnocení bylo nalezeno celkem 35 technologií výstavby, které se liší od zavedených systémů prefabrikovaných mostů používaných v USA. Ne všechny tyto technologie splnily požadovaná kritéria, následně tedy bylo identifikováno 9 kompletních technologií, které by se mohly nejen ve Spojených státech amerických zavést.

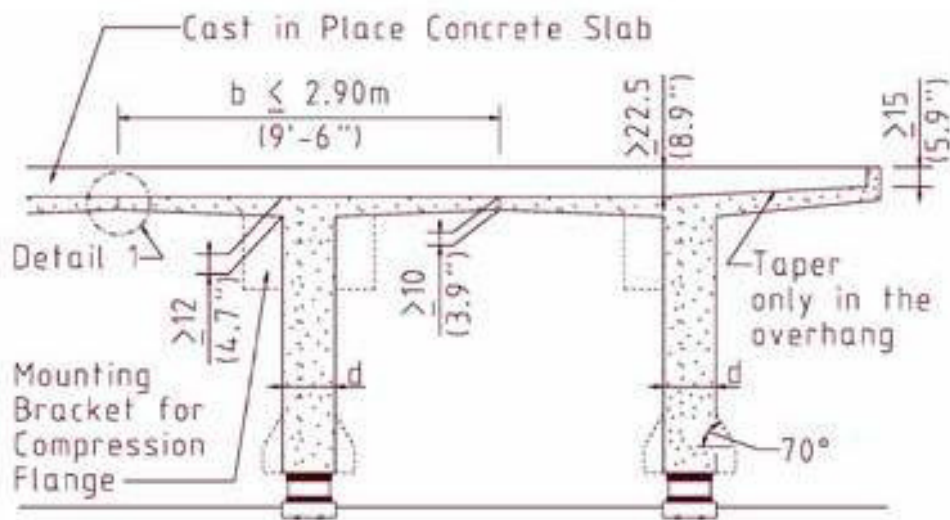
### **Systémy vrchní stavby mostu**

Klasický postup výstavby vrchní stavby mostu spočívá ve vybudování betonových nebo ocelových nosníků, zřízení dočasného nebo ztraceného bednění z ocelových nebo betonových panelů, položení výztuže, vybetonování desky a odstranění bednění. Odstranění kroků zřízení a odstranění bednění z postupu prací může zrychlit výstavbu a zlepšit bezpečnost práce, jelikož se často jedná o práci ve výškách a nad fungující komunikací. Z průzkumu vyplynuly dva systémy výstavby, které tyto kroky vypustily. [26]

### **Částečně prefabrikované betonové desky na ocelových nebo betonových nosnících**

V Německu používají systém částečně prefabrikovaných desek na betonových nebo ocelových nosnících, kdy se část tloušťky desky vybetonuje ještě před samotnou montáží nosníků. Když se nosníky namontují, konce jednotlivých prefabrikovaných desek k sobě přiléhají a není nutné zřizovat bednění pro dobetonávku zbývající tloušťky desky. [26]

Obrázek 12 Částečně prefabrikovaná mostovka



Zdroj: [28]

Tento proces zrychluje výstavbu a redukuje riziko padajícího nářadí, vybavení či části bednění na silnici pod mostem, neboť nosníky zajišťují ihned po montáži bezpečný pracovní prostor. [26]

### **Poutre Dalle Systém**

Další metoda, při které se nepoužívá systém bednění a urychluje se tím výstavba a snižuje se riziko při práci na lešení, je známá jako Poutre Dalle Systém, který vynalezli ve Francii. Tento systém spočívá v montáži předpjatých prefabrikovaných obrácených T-nosníků, které následně tvoří ztracené bednění pro betonáž monolitické desky. Nosníky na sebe podélně přímo navazují, výztuž vyčnívající z nosníků je precizně navržena a zapadá do sebe. Konce výztuže jsou ohnuty do tvaru U, kam se umístí podélná výztuž a následně se zmonolitní betonem. [26]

Obrázek 13 Poutre Dalle Systém



Zdroj: [26]

Tento systém je vhodný pro rozpětí od 6 do 25 metrů, po lehké modifikaci může být použit až do délky 32 metrů. Konce nosníků mohou být ukončeny s návazností buď na opěry nebo příčníky. S použitím tohoto systému může být most vybudován během jednoho dne. [26]

### **Zcela prefabrikovaná betonová mostovka**

Systém zcela prefabrikované betonové mostovky se začal používat v Japonsku před několika lety. Tento systém zlepšuje odolnost konstrukce, snižuje deformace konstrukce, a především zrychluje výstavbu mostů. Zároveň je nutné použít méně nosníků oproti počtu vyžadovanému při použití monolitické betonové mostovky. Obdobný systém se používá i ve Francii. [28]

Obrázek 14 Prefabrikované desková mostovka



Zdroj: [28]

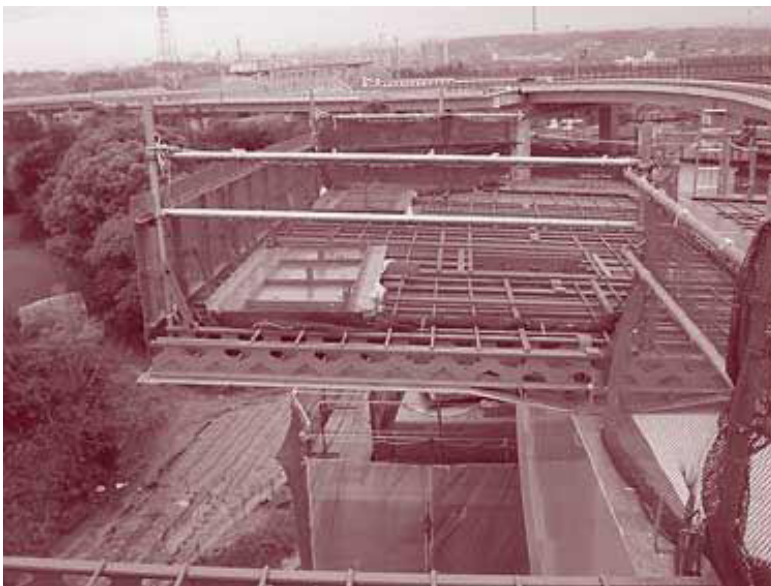


Použití prefabrikované mostovky urychluje výstavbu, neboť není nutné zřizovat bednění, zajišťovat betonáž a následně odstraňovat bednění. Prefabrikované panely jsou spojeny s ocelovými nosníky pomocí hřebů umístěných v kapsách betonových desek. Panely jsou příčně spojeny pomocí ok výztuže, kterými se protáhne tyčová výztuž a následně se spoje zalijí betonem. Tyto panely se dodatečně podélně nepředpínají. [26]

### **Hybridní ocelobetonová mostovka**

V Japonsku vyvinuli systém hybridní ocelobetonové mostovky. Ocelové komponenty se skládají z příčných trámů, které podpírají podélné nosníky. Spodní přírubu příčných nosníků podpírá ocelové bednění pro spodní hranu desky, zatímco horní příruba příčných nosníků pomáhá nést podélnou výztuž desky. Po zalití monolitickým betonem se tato deska chová jako kompozitní deskový systém. [26]

*Obrázek 15 Hybridní ocelobetonová mostovka*



Zdroj: [28]

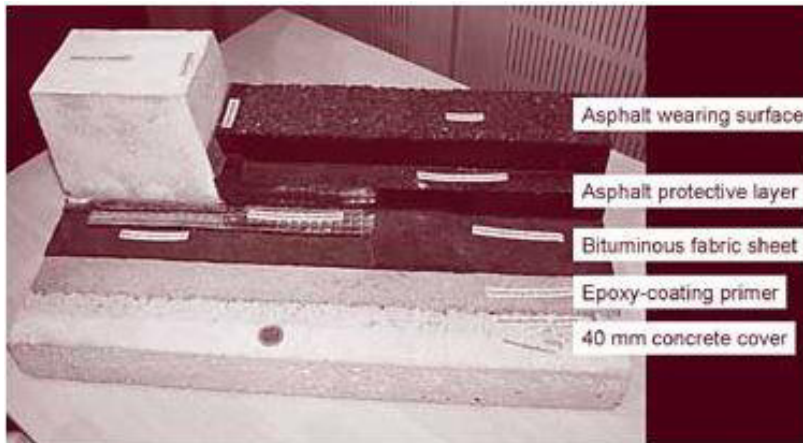
Tento systém umožňuje rychlou montáž a pokládku lehkých deskových forem bednění společně s vyztužením, aniž by byl zapotřebí zdvihací prostředek pro zvedání těžkých břemen. [26]

### **Vícetupňový systém na ochranu proti korozi**

V Japonsku, Německu a Francii jsou betonové mostovky chráněny několika vrstvami ochrany proti korozi, aby se zabránilo proniknutí vody a chemikálií do konstrukce. Tato ochrana zahrnuje krycí vrstvu betonu okolo výztuže v minimální tloušťce 40 mm, epoxidový základní

nátěr, voděodolnou vrstvu a dvě vrstvy asfaltu. Tento systém ochrany může být vhodný i při použití prefabrikovaných prvků a zajištění delší životnosti jednotlivých prvků konstrukce. [26]

Obrázek 16 Ochrana proti korozi



Zdroj: [28]

Systémy na ochranu proti korozi se používají již od osmdesátých let dvacátého století, ale v minulosti nedokázaly zabránit vniknutí nemrznoucích směsí do konstrukcí, což způsobovalo degradaci těchto prvků. [28]

### **Systémy spodní stavby**

Systém spodní stavby, který se používá jinde než ve Spojených státech amerických a je zajímavý z hlediska ekonomického, ať už úsporou času a nákladů, z hlediska technického, tedy zvýšením kvality výsledné konstrukce, či z hlediska ekologického, je především SPER systém.

### **SPER systém**

SPER systém (The Sumitomo Precast form for resisting Earthquakes and for Rapid construction), neboli systém prefabrikovaných forem pro konstrukce odolné vůči vlivům zemětřesení a pro rychlou výstavbu, byl vyvinut v Japonsku firmou Sumitomo Mitsui Construction Co.. Japonsko se nachází ve velmi aktivní seismické oblasti a je proto nutné všechny konstrukce navrhnout tak, aby nebyly zemětřesením ohroženy. Tento systém byl již použit při stavbě čtyř mostů v Japonsku a může zkrátit dobu výstavby u pilířů do výšky 10 metrů až o 60 %, u vyšších pilířů přibližně o třetinu. Podobný systém byl vyvinut i další Japonskou společností Kajima Corporation. [26]

Obrázek 17 SPER systém



Zdroj: [26]

Tento systém spočívá v rychlé výstavbě spodní stavby užitím prefabrikovaných betonových panelů použitých zároveň jako konstrukční prvky i bednění pro monolitický beton, tedy jako ztracené bednění. Vysoké pilíře jsou duté a prefabrikované panely tvoří jak z vnější, tak i z vnitřní strany bednění. Krátké pilíře jsou celé vyplněné monolitickým betonem, zde tedy prefabrikované panely tvoří pouze obvodové bednění. Zkoušky ukázaly, že tento systém zajišťuje stejnou odolnost vůči seismické aktivitě jako klasický systém spodní stavby využívaný v seismicky aktivní oblasti. Oproti klasickému postupu je však rychlejší, má snazší proveditelnost a vyšší kvalitu. [26]

### **Přemísťující systémy**

V Evropě bylo vynalezeno mnoho metod, jak přemístit částečně nebo kompletně hotové mosty z místa, kde se vybudují, na místo, kam patří. Tyto metody umožňují postavit nový most nedaleko místa stávajícího mostu a následně ho v krátké době za stávající most zaměnit. Výstavba se tak může přesunout do prostředí, kde nebude zasahovat do provozu na komunikaci. Díky těmto metodám se doba omezení dopravy zkrátí z měsíců na dny nebo dokonce na hodiny, rekonstrukce dálniční sítě může probíhat mnohem rychleji,lepší se bezpečnost práce, kdy pracovníci nejsou vystaveni projíždějícím vozidlům ve vedlejšímu pruhu, minimalizuje se dopad na životní prostředí alepší se proveditelnost výstavby. [26]

### **Self propelled modular transporters**

V Evropě se používá takový systém, při kterém jsou velké části mostu nebo dokonce i celé mosty vážící několik tisíc tun postaveny na jednom místě a následně jsou dopraveny na jejich

místo určení použitím série zdvihacích prostředků známých jako SPMTs (self propelled modular transporters). Tyto počítačem ovládané prostředky jsou schopné pohybovat s břemenem všemi směry ve vodorovné rovině, zatímco udržují geometrii nákladu horizontálně neporušenou. [26]

*Obrázek 18 Most přemísťovaný pomocí SPMTs*



Zdroj: [28]

Tyto samohybné modulární dopravníky se používají například ve Francii, Nizozemí a Belgii. Na Obrázku 18 Most přemísťovaný pomocí SPMTs je zachyceno přesunutí do finální polohy dálničního mostu nacházejícího se blízko Amsterdamského letiště Schipol v Nizozemí. Tento most vážil přibližně 3 600 tun a během dvou hodin byl posunut o 120 metrů na svou finální pozici. [28]

V evropských státech se používají ještě další systémy zkracující dobu výstavby mostů, technické vlastnosti konstrukcí nebo vliv výstavby na životní prostředí. Ve Francii se používá systém podobný Poutre Dalle Systému, označovaný jako Dalle Preflex Systém, který se místo z prefabrikovaného betonového nosníku skládá z ocelového I nosníku a prefabrikované betonové desky o tloušťce 150 mm. Tento systém má podobné výhody jako již zmíněný Potre Dalle Systém. [26]

Některé materiály jako například UHPC (Ultra High Performance Concrete=ultra vysokohodnotný beton) se používají již po celém světě. Tento beton dosahuje pevnosti 150 až 250 MPa a díky svým vlastnostem je možné snižovat tloušťku betonových desek. Tento materiál byl použit při výstavbě mostů v Kanadě, Francii, Jižní Koreji, Japonsku, Švýcarsku, Austrálii a dalších státech. [26]

## 2.5 Decision making framework

Úspěšnost projektu je závislá na důkladném zvážení, zda má být projekt proveden co nejrychleji (fast track), použitelnosti návrhu, vyhodnocení cílového trhu ohledně schopností zhotovitelů a jejich subdodavatelů, přístupu na staveniště a rozpoznání, jak požadavky stavby ovlivňují náklady a harmonogram projektu. Úspěch ABC projektu je závislý na přístupu jak zhotovitele, tak objednatele, efektivnosti jejich spolupráce, vztahu k povinnostem, které se v průběhu stavby objevují, sdílené zodpovědnosti mezi účastníky, a porozumění, že čas jsou peníze pro všechny zúčastněné. [30]

Pochopení výše uvedených faktorů je obzvlášť důležité, jelikož zhotovitelé vyhodnocují riziko a bezpečnost na trhu, od kterého se odvíjí pojištění a záruky. Pokud je v zadání složitého projektu nereálný čas na provedení, bude se o něj ucházet jen pár uchazečů. Protože riziko spojené se specifikacemi a harmonogramem nese zhotovitel, bude to znamenat vyšší náklady pro objednatele. Objednatelé musí porozumět, jak předem kontrolovat náklady. Musí pochopit, co ovlivňuje výši nabídek a co mohou udělat pro to, aby nebyly nabídky zbytečně vysoké. Zakázky, které jsou málo promyšlené a veškerá rizika spojená s dodržováním harmonogramu, a s tím spojenými náklady, nese zhotovitel, mají pouze vyšší počáteční nabídky, nižší počet uchazečů a menší šanci na dosažení představ objednatele. Objednatelé by měli očekávat cenově přijatelné, odolné a rychle provedené konstrukce, což by jim umožnilo stihnout provést víc projektů s přijatelnými náklady. Zhotovitelům by to umožnilo vytvořit rozumný zisk a mít více možností zúčastnit se veřejných soutěží. [30]

Výhody spojené s výstavbou prefabrikovaných mostů, jako je kvalita, výše nákladů a dodržování harmonogramu, by vždy měly být brány v potaz při výběru typu mostní konstrukce nebo způsobu rekonstrukce. [30]

Ve Spojených státech amerických pro posouzení jednotlivých případů používají rozhodovací rámec, podle kterého by se měl objektivně zvážit přínos prefabrikace na výstavbu mostu. Tedy jestli je prefabrikace použitelná a efektivní v konkrétních případech. Jinými slovy, pokud jsou prefabrikované mosty podstatně lepší, rychleji proveditelné a bezpečnější, je v konkrétních případech použití prefabrikace i levnější a zaručí delší životnost v porovnání s konvenční výstavbou mostu? [30]

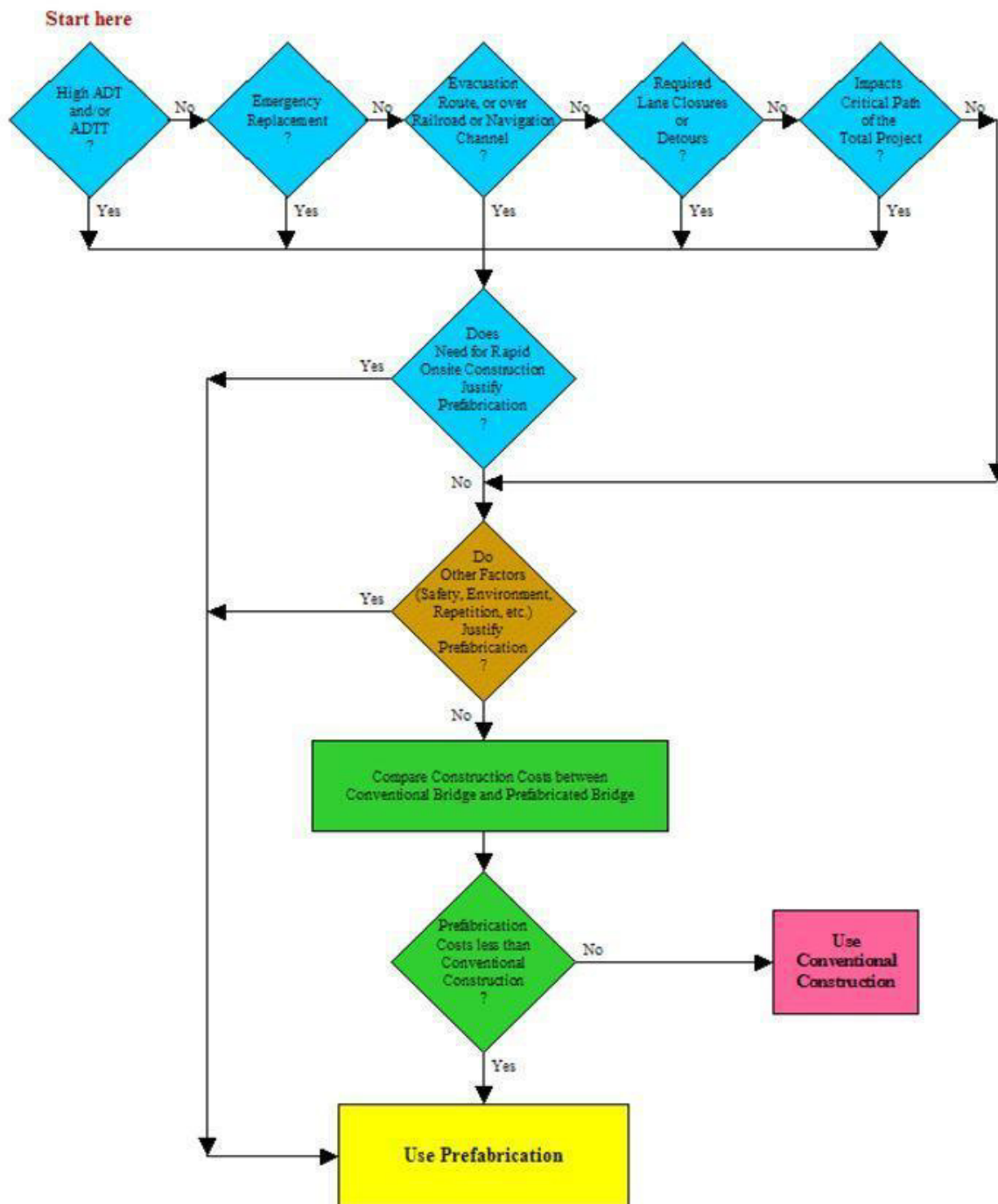
Rozhodovací rámec se skládá ze čtyř částí. Záleží na požadované podrobnosti hodnocení. První část je předmluva, v které je popsán smysl/účel samotného rozhodovacího rámce, jeho možní

uživatelé a samotná struktura. Druhá část je rozhodovací diagram, z kterého se lze dozvědět, jestli je použití prefabrikace ekonomickou a efektivní možností v konkrétním případě. Matice, která tvoří třetí část, je podrobnější než diagram a tyto dvě části lze použít jak společně, tak samostatně. Čtvrtá část obsahuje body k úvaze rozdělené do několika kategorií společně s diskuzí a referencemi pro možné podrobnější vyhodnocení vhodnosti prefabrikace. [30]

### **2.5.1 Diagram**

Diagram je základní částí rozhodovacího rámce a je tvořen jednoduchými otázkami, na které se odpovídá pouze Ano/Ne. Na základě těchto odpovědí se uživatel dostane až ke konci diagramu, kde mu buď vyjde výsledek, že je vhodnější použít prefabrikovaný systém nebo jednu z konvenčních metod výstavby. Pokud byly odpovědi jednoznačné, není potřeba použít další části rozhodovacího rámce, jako matice či reference a body k úvaze. Pokud však odpovědi jednoznačné nebyly a uživatel chce jít více do hloubky a zkoumat podmínky detailněji, může použít více podrobné části rozhodovacího rámce.

Obrázek 19 Rozhodovací diagram



Zdroj: [30]

Diagram je barevně rozdělen do třech částí, kdy každá barva znamená jiný tematický okruh otázek. První část (modrá) se týká provozu na komunikaci vedoucí přes řešený most. Obsahuje otázky, zda se přes most denně projede vysoký počet osobních či nákladních automobilů, zda se jedná o nouzový případ opravy mostu, zda se most nachází na evakuační trase, vede nad

železnicí či nad jinou komunikací, zda bude rekonstrukce mostu vyžadovat uzavírky a objížděky, zda se samotná oprava mostu nachází na kritické cestě harmonogramu prací nebo zda je požadavek na rychlou výstavbu mostu dostatečným důvodem pro použití systému prefabrikace. Dalším tématem jsou ostatní faktory, které jsou ovlivněné výstavbou jako je životní prostředí, bezpečnost či zda se jedná o mostní objekt, který se vyskytuje víckrát a nepřipadá tak v úvahu prefabrikace. Posledním tématem jsou náklady. Výše nákladů tak není nejdůležitějším kritériem, je to rozhodující kritérium pouze v tom případě, kdy v předchozích rozhodovacích uzlech nevyplývalo použití prefabrikace jako výsledné řešení.

### **2.5.2 Matice**

Matice je podrobnějším rozhodovacím nástrojem než diagram, jelikož umožňuje kromě odpovědí Ano/Ne i Možná. Zároveň se odpovídá na všechny otázky a mohou mít všechny stejnou váhu. Matice je barevně rozdělena do třech oblastí, stejných jako v rozhodovacím diagramu, v každé části je ale víc otázek. V posledním řádku se sečtou odpovědi v každém sloupci a podle toho se rozhodne, zda je vhodnější prefabrikace či konvenční způsob výstavby. V případě nejasností a většího počtu odpovědí Možná je pro lepší rozhodovací proces možné využít další část rozhodovacího rámce, kterou jsou odpovědi na časté otázky, reference z již dokončených projektů a body k úvaze.



Obrázek 20 Rozhodovací matice

Question	Yes	Maybe	No
Does the bridge have high average daily traffic (ADT) or average daily truck traffic (ADTT), or is it over an existing high-traffic-volume highway?	Yes	Maybe	No
Is this project an emergency bridge replacement?	Yes	Maybe	No
Is the bridge on an emergency evacuation route or over a railroad or navigable waterway?	Yes	Maybe	No
Will the bridge construction impact traffic in terms of requiring lane closures or detours?	Yes	Maybe	No
Will the bridge construction impact the critical path of the total project?	Yes	Maybe	No
Can the bridge be closed during off-peak traffic periods, e.g., nights and weekends?	Yes	Maybe	No
Is rapid recovery from natural/manmade hazards or rapid completion of future planned repair/replacement needed for this bridge?	Yes	Maybe	No
Is the bridge location subject to construction time restrictions due to adverse economic impact?	Yes	Maybe	No
Does the local weather limit the time of year when cast-in-place construction is practical?	Yes	Maybe	No
Do worker safety concerns at the site limit conventional methods, e.g., adjacent power lines or over water?	Yes	Maybe	No
Is the site in an environmentally sensitive area requiring minimum disruption (e.g., wetlands, air quality, and noise)?	Yes	Maybe	No
Are there natural or endangered species at the bridge site that necessitate short construction time windows or suspension of work for a significant time period, e.g., fish passage or peregrine falcon nesting?	Yes	Maybe	No
If the bridge is on or eligible for the National Register of Historic Places, is prefabrication feasible for replacement/rehabilitation per the Memorandum of Agreement?	Yes	Maybe	No
Can this bridge be designed with multiple similar spans?	Yes	Maybe	No
Does the location of the bridge site create problems for delivery of ready-mix concrete?	Yes	Maybe	No
Will the traffic control plan change significantly through the course of the project due to development, local expansion, or other projects in the area?	Yes	Maybe	No
Are delay-related user costs a concern to the agency?	Yes	Maybe	No
Can innovative contracting strategies to achieve accelerated construction be included in the contract documents?	Yes	Maybe	No
Can the owner agency provide the necessary staffing to effectively administer the project?	Yes	Maybe	No
Can the bridge be grouped with other bridges for economy of scale?	Yes	Maybe	No
Will the design be used on a broader scale in a geographic area?	Yes	Maybe	No
Totals:	Yes	Maybe	No

Zdroj: [30]

Matice je barevně rozdělená do třech oblastí, první oblast se zabývá vytížeností mostu, druhá oblast se zabývá bezpečností a dopady výstavby na životní prostředí a poslední oblast se zabývá náklady a možnostmi, jak je snížit. První oblast obsahuje stejné otázky jako obsahuje rozhodovací diagram, jsou zde ovšem navíc ještě další otázky. Těmito otázkami jsou, zda je možnost uzavírky mostu v době mimo dopravní špičku (především v noci a o víkendech), zda je v případě budoucích rekonstrukcí mostu vyžadováno rychlé provedení opravy, zda je z důvodu nepříznivého ekonomického dopadu na okolí, kde je most situován, požadována co

nejkratší doba dopravních omezení a zda se most nachází v oblasti, kde je kvůli nepříznivému počasí pouze omezená část roku vhodná pro provedení monolitické konstrukce.

Druhá oblast otázek je oproti rozhodovacímu diagramu rozsáhlejší. Obsahuje otázky, zda není ohrožena bezpečnost pracovníků z důvodu vedení elektrické energie nebo výskytu vodní hladiny v blízkosti mostu, zda se most nenachází v ekologicky citlivé krajině (chráněná krajinná oblast, požadavky na čistotu vzduchu, požadavky na omezení hluku atd.) vyžadující minimální narušení ekosystému, zda v okolí mostu nežije specifický nebo ohrožený druh zvířat, který by vyžadoval pouze krátké doby výstavby nebo omezení v určitou část roku (táhnutí lososů, hnízdění ptáků, říje atd.), pokud se most nachází na seznamu Národního Registra Historických Památek, zda je prefabrikace možná, zda může být most navržen o více mostních polí o stejném rozsahu a zda lokace mostu neznamená problém pro dopravu betonové směsi.

Poslední oblast otázek se týká nákladů a obsahuje otázky zda se výrazně změní plán řízení dopravy v průběhu projektu kvůli rozvoji v okolí, místní expanzi či jiným projektům v oblasti, zda jsou náklady za zpoždění znepokojivě vysoké, zda mohou být v zadání projektu z důvodu dosažení zrychlené výstavby zahrnuty některé inovativní smluvní strategie, zda může být poskytnut potřebný personál pro zajištění efektivní správy projektu, zda může být návrh mostu spojen s dalšími mosty pro úsporu plynoucí z většího počtu podobných projektů a zda může být tento návrh použit víckrát v okolí projektu.

### **2.5.3 Aplikace**

Tento rozhodovací rámec by mohl být předlohou pro vznik rozhodovacího rámce použitelného v České republice. Po adaptaci na místní podmínky, zvyklosti a schopnosti účastníků by se mohl stát součástí Katalogu mostů. Katalog mostů by pak sloužil nejen jako katalog nejčastěji realizovaných mostních objektů. Po doplnění o rozhodovací rámec a například i o jednotný katalog prefabrikovaných prvků a o důležité konstrukční detaily by mohl katalog sloužit jak ŘSD ČR při výběru technologie výstavby konkrétního projektu, tak i projektantům pro zachování jednotnosti řešení problematických detailů.

## **3 Výhody a nevýhody prefabrikovaných konstrukcí**

Prefabrikace stejně jako ostatní technologie výstavby má své výhody a nevýhody. Mnoho lidí má stále prefabrikaci spojenou pouze s výstavbou sídlišť, panelových domů a jejich negativy. Přístupu veřejnosti k prefabrikaci nepomáhá ani historie prefabrikace v mostním stavitelství, kdy se stavěly konstrukce bez důmyslnějšího návrhu detailů a kvůli těmto chybným detailům konstrukce degradovaly a vyžadovaly nákladné opravy a rekonstrukce. [8]

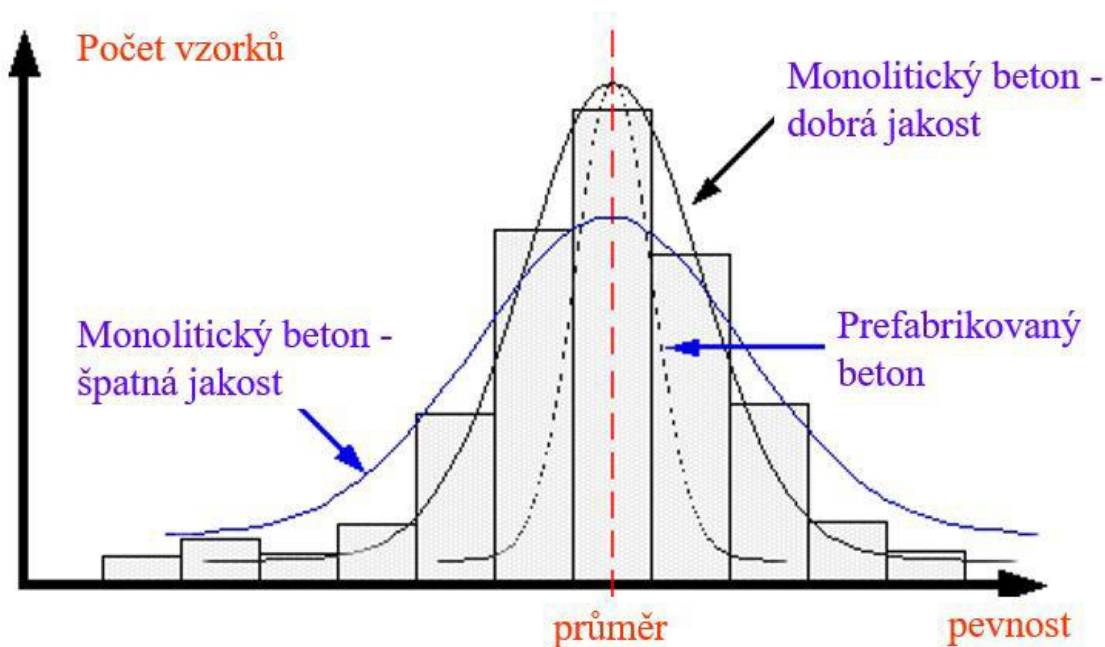
V této kapitole jsou popsány jednotlivé výhody a nevýhody prefabrikace ať už z hlediska technologie, bezpečnosti práce při provádění prací, času, tedy doby výstavby konstrukcí, ceny neboli výše nákladů potřebných na zhotovení konstrukcí, a v neposlední řadě, i z hlediska uživatelů, tedy řidičů a cestujících využívajících silniční vozidla.

### **3.1 Z hlediska technologie**

Prefabrikované konstrukce jsou vyráběny v kontrolovaném neměnném prostředí mimo místo stavby, což zvyšuje kvalitu jednotlivých výrobků. Prefabrikované prvky jsou při výrobě vystaveny menšímu vlivu počasí, jsou zde zavedeni dodavatelé materiálů, což zaručuje neměnicí se kvalitu směsi, je zaveden standardizovaný postup prací a je k dispozici dostatečný čas jak pro ošetřování betonu, tak pro jeho vytvrdnutí. Z těchto poznatků vyplývá, že tento způsob výstavby mostů znamená spolehlivější způsob výstavby při nižších nákladech životního cyklu stavby a vyšší odolnosti konstrukce. [30]

V minulosti byly používány komorové nosníky s neprůleznou dutinou, která neumožňovala kontrolu stavu konstrukce. Vniknutí vody do konstrukce pak způsobilo korozi předpínací výztuže. Z tohoto důvodu se již prvky s neprůleznou dutinou nepoužívají a místo nich s navrhuji buď prvky otevřeného průřezu, či s dostatečně velkou dutinou umožňující dostatečnou kontrolu. [4]

## Jakost betonu



Zdroj: [31]

Prefabrikované výrobky mají povrch vysoké jakosti, který zaručuje trvanlivost i stálý vzhled. Oproti tomu monolitický beton má povrchové imperfekce snižující jak trvanlivost, tak i vzhled konstrukce. [31]

Potenciální slabé místo prefabrikovaných konstrukcí jsou spoje mezi jednotlivými prvky např. uzavření spojení deskových panelů, sloupu a hlavice a základu a sloupu. Uzavření příčných a podélných spojů u mostovky je největší výzvou pro dosažení dlouhodobé trvanlivosti konstrukce s minimální údržbou a splněním požadavků na jízdní vlastnosti. Zatímco prefabrikované komponenty jsou vyráběny v kontrolovaném prostředí, uzavírací spoje jsou vystaveny všem vlivům počasí na staveništi. Uzavírací spoje musí být nejen důkladně navrženy, spoje musí být zároveň vyrobeny z kvalitních materiálů, musí být lehce proveditelné a zajištěné spolehlivou kontrolou kvality. U spojů se musí kontrolovat, jestli jsou komponenty v pořádku a jejich výdrž je dlouhodobě spolehlivá. U těchto dobře navržovaných pasivně vyztužených, svařovaných, šroubovaných, nebo dodatečně předpjatých spojů záleží i na dalších aspektech, aby bez deformací roznesly zatížení, které na ně bude působit. Důležité je, aby byly zároveň vyplněny odpovídající vysokopevnostní nesmršťovací cementovou záplivkovou maltou nebo

betonovou směsí navrženou do prostředí konkrétního místa. Rozhraní mezi prefabrikátem a uzavřením spojů by mělo být důkladně zapečetěné, aby se zabránilo vniknutí vlhkosti a chemikálií do konstrukce. [30]

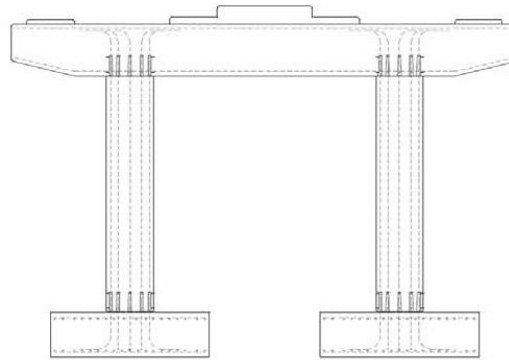
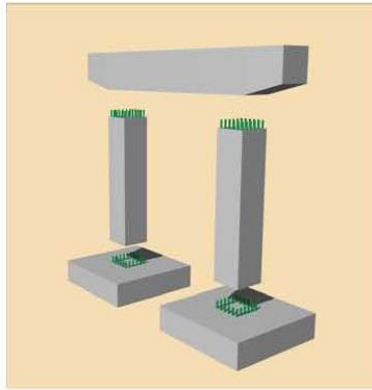
Ve Spojených státech amerických vypracovávají standardizované detaily pro konstrukce z prefabrikovaných prvků. Tyto podklady jsou vhodné již při rozhodování a vybírání vhodné konstrukce a způsobu výstavby, neboť kromě detailů spojů jednotlivých prefabrikovaných prvků obsahují i jednoduché hodnocení vybrané metody. Hodnocení je provedeno z hlediska doby výstavby, proveditelnosti, výše nákladů, trvanlivosti konstrukce, následné údržby a kontroly stavu konstrukce a je možné ohodnotit konstrukci na škále od 1 do 10, kde 10 znamená nejlepší.

**Description, comments, specifications, and special design procedures**

See Reverse side for more information on this connection

The UTAH DOT is currently in the process of developing standard details for prefabricated bridge elements. The detail depicted is based on several successful details that are included in the manual. The success of the other projects warranted the Level 1 detail classification. The details below depict one of the preliminary pier configurations. Others are also being developed.

CME Associates is developing the standard details; therefore they are listed as the contact.



**Editor's Notes**

What forces are the connection designed to transmit? (place x in appropriate boxes)

Shear  Moment  Compression  Tension  Torsion

What year was this detail first used?  Condition at last inspection (if known)

How many times has this detail been used?  Year of last inspection

Would you use it again?  (yes/no/maybe)

On a scale of 1 to 10, how would you rate the performance of this connection in the following categories?

Speed of Construction  (0 very slow, 10 very fast) When compared to conventional construction

Constructability  (0 difficulty making connection, 10 went together easily)

Cost  (0 expensive, 10 cost effective) When compared to other connection methods

Durability  (0 not durable, 10 very durable)

Inspection Access  (0 not visible, 10 easily inspected)

Future Maintenance  (0 will need maintenance, 10 no maintenance anticipated)

Zdroj: [32]

Nevýhodou prefabrikovaných konstrukcí může být dále velikost výrobních skladů pro skladování vyrobených prvků i samotná velikost výroben, například z hlediska omezení výšky

prefabrikovaných prvku (při betonáži ve svislé poloze). Dalším omezením je pak maximální přípustná váha vyrobených prvků z důvodu manipulace, dopravy i montáže. [13] [25]

## **3.2 Bezpečnostní výhody**

Při tradiční výstavbě mostů jsou pracovníci vystaveni projíždějícím automobilům, kdy se především v dopravní špičce může jednat o nebezpečné situace. Řidiči si směrových značek, ukazatelů nebo uzavírek jednotlivých pruhů buď nemusí všimnout nebo je mohou vědomě ignorovat a mohou tak ohrozit životy lidí pracujících na opravovaném úseku komunikace. Vzhledem k tomu, že použití prefabrikovaných prvků zkracuje dobu výstavby, zkracuje se tím i čas, po který jsou pracovníci tomuto nebezpečí vystaveni. [33]

Nebezpečí pro pracovníky při výstavbě mostů vzniká i při práci nad vodní hladinou nebo blízko vedení inženýrských sítí. Jelikož prefabrikace umožňuje více kroků výstavby mostů uskutečnit v bezpečném kontrolovaném prostředí, nebezpečí se minimalizuje a doba strávená v provozu v dopravní špičce nebo nad vodou se redukuje. [33]

### **3.2.1 Zvýšená proveditelnost**

Mnoho stavenišť přináší obtížná omezení pro samotnou výstavbu mostu. Například most na dálnici může být vytížen množstvím dopravy, výška mostu může představovat potíže při výstavbě pomocných podpurných konstrukcí skruží a bednění, anebo plocha staveniště může být omezena sousedícími budovami, sklady a dalšími objekty. [33]

Použití PBES (Prefabricated Bridge Elements and Systems=Prefabrikované prvky a systémy mostů) může vyřešit plno takových problémů. S použitím PBES se většina časově náročných procesů výroby přesune mimo staveniště a je možno je realizovat v továrně v kontrolovaném prostředí a dovézt je na místo stavby až těsně před montáží. Zřízení bednění, odstranění bednění, kladení výztuže a samotná betonáž může proběhnout mimo staveniště. Pokud je to nutné, oblast vhodná pro přípravu prefabrikovaných prvků může sousedit s místem stavby, může se však nacházet mimo místa staveniště. Varianta staveništní výroby prefabrikovaných prvků může být užitečná, pokud je převoz těžkých komponentů z nějakého logistického důvodu nemožný. Prostředí výroby prefabrikátů může být neustále kontrolováno a na finální místo se prefabrikáty přesunou, až když jsou potřeba, nejlépe těsně před montáží. [33]

### 3.3 Z hlediska času (doby výstavby)

Prefabrikace nabízí velkou úsporu času oproti tradičnímu způsobu výstavby mostů. V tradičním systému výstavby se nejdříve musí vybudovat základy pro pilíře a podpěry, sloupy a hlavice musí být hotové před provedením příčníků a mostovky a mezi všemi těmito kroky jsou dlouhé technologické přestávky. S použitím prefabrikovaných prvků se všechny tyto prvky mohou vyrábět zároveň a na místo se mohou dopravit až těsně před samotnou montáží. [33]

ABC (Accelerated Bridge Construction=zrychlený způsob výstavby mostů) je nový systém výstavby mostů zavedený ve Spojených státech amerických. Jednou z možností, jak dosáhnout cílů ABC je použití PBES. Dalšími možnostmi jsou zefektivnění postupů v rámci standardních procesů, například co se týče zpřístupnění (vyvlastnění) pro výstavbu potřebných pozemků či objektů (v anglické terminologii zvané „Right of Way“), projektového plánování, technické infrastruktury (neboť polovina všech projektů výstavby dálnic a mostů ve Spojených státech amerických vyžaduje přeložení vedení technické infrastruktury, což stavbu nejen prodražuje, ale zároveň i prodlužuje), montáž konstrukcí, geotechnická řešení či metody zasmlouvání. PBES pomáhá především se snížením doby výstavby, ale poskytuje i další výhody. [32]

Obrázek 23 Schéma ABC



Zdroj: [32]



ABC zlepšuje:

- proveditelnost,
- celkovou dobu trvání projektu,
- kvalitu materiálů a celkovou trvanlivost konstrukce,
- bezpečnost jak pro pracovníky, tak pro řidiče.

ABC redukuje:

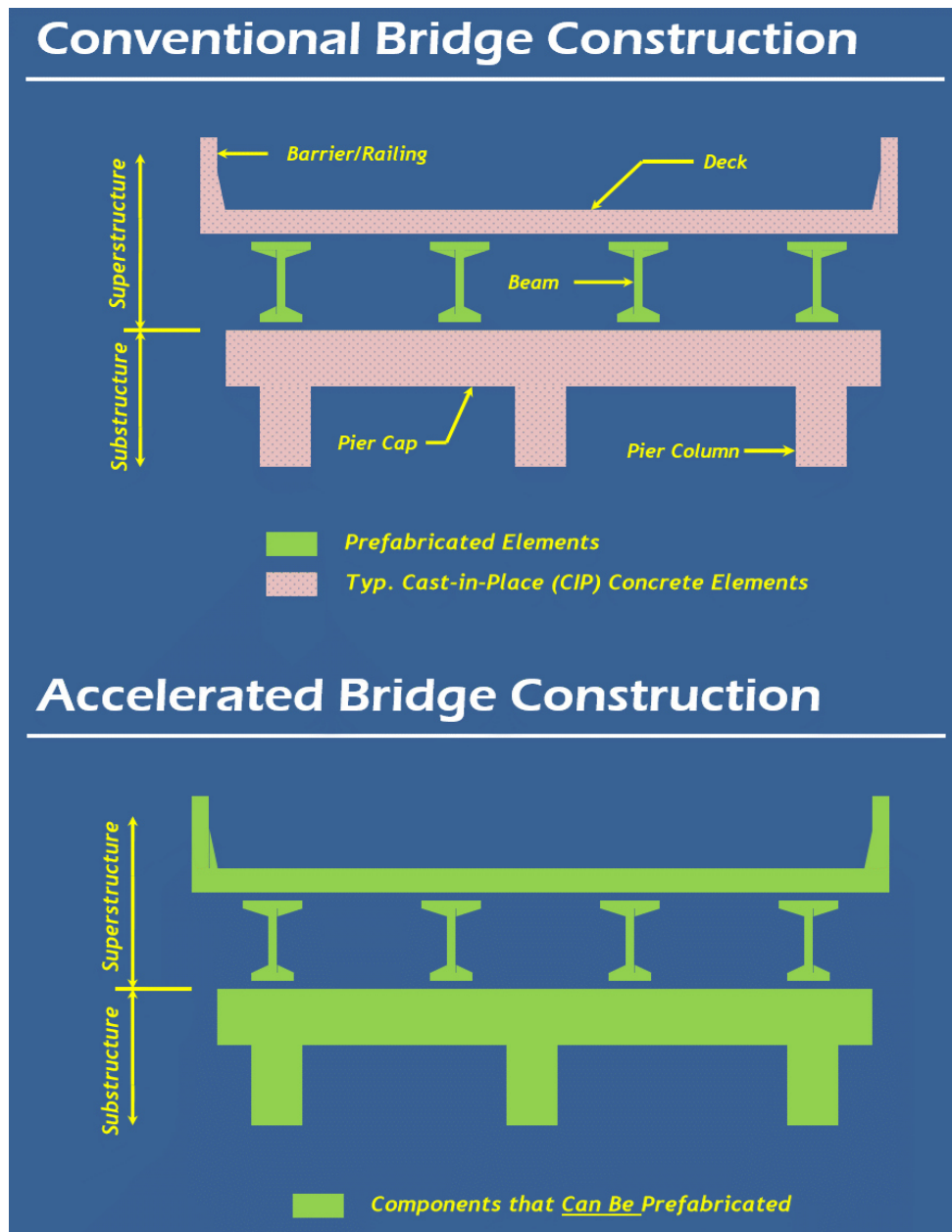
- dopravní omezení,
- dobu výstavby,
- zpoždění projektu způsobené povětrnostními vlivy.

ABC může minimalizovat:

- dopady stavby na životní prostředí,
- dopravní omezení,
- přeložení vedení technické infrastruktury a zpřístupnění pozemků potřebných pro výstavbu. [32]

Na Obrázku 24 Srovnání konvenčního typu konstrukce a ABC je vidět rozdíl mezi konvenčním způsobem výstavby mostů a ABC výstavbou mostů. Barevně jsou rozlišeny mostní prvky z monolitického betonu a prefabrikované prvky. I v konvenčním způsobu výstavby se dnes často používají prefabrikované nosníky, ostatní prvky se ale provádí monoliticky. V ABC způsobu výstavby se co nejvíce prvků vyrábí z prefabrikovaných prvků, kdy se zároveň vyrábí spodní stavba i hlavní nosná konstrukce mostu a redukuje se tím čas potřebný pro dokončení předchozí části konstrukce a následující technologické přestávky. Na obrázku je napsáno, že tyto prvky mohou být prefabrikovány. Záleží na konkrétních podmínkách jednotlivých projektů a posouzení, zda je prefabrikace vhodná.

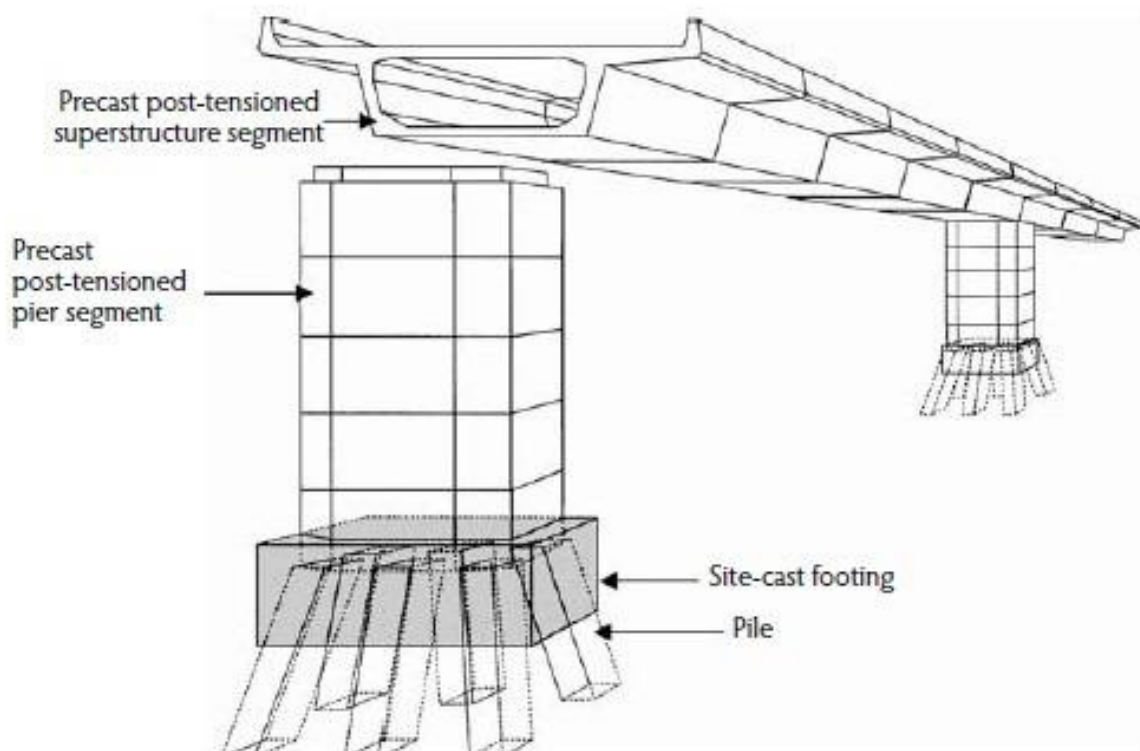
Obrázek 24 Srovnání konvenčního typu konstrukce a ABC



Zdroj: [32]

PBES zároveň umožňuje lepší využití pracovního času. Prefabrikované prvky jsou vyráběny v kontrolovaném prostředí imunním vůči změnám počasí. Počasí tedy ovlivňuje pouze ty práce, které se provádí přímo na místě (montáž prefabrikovaných prvků, provedení detailů, spojů atd.). To znamená, že zpoždění způsobená vlivem počasí jsou méně častá, a jelikož se díky zkrácenému času výstavby sníží i dopravní omezení, je potřeba méně pracovníků řídicích provoz. [33]

Obrázek 25 Prefabrikovaný most



Zdroj: [29]

V Tabulce 6 Shrnutí úspěšných projektů jsou uvedeny projekty, při kterých se významně zkrátila doba trvání výstavby v porovnání s předpokládanou dobou výstavby při použití konvenčních metod výstavby. Pokud se již při vypsání veřejné soutěže definují vysoké pokuty za zpoždění dokončení projektu, nejlépe odvozené od nákladů uživatelů dopravy při uzavírcce komunikace, je zhotovitel motivován nepřesáhnout požadovanou dobu výstavby. Pokud se v zadání zároveň definují i pobídky za dřívější dokončení, má zhotovitel větší snahu o rychlejší postup výstavby, popřípadě je více motivován k návrhu řešení, které urychlí dokončení projektu.

### 3.4 Z hlediska ceny (nákladů)

Úspora času potřebného k realizaci projektu zároveň snižuje i celkové náklady projektu. Například Federal Highway Administration (FHWA) Cost Study uvádí devět úspěšných projektů rekonstrukcí mostů, u kterých úspora nákladů dosáhla dohromady 30 milionů USD. [33] Více je o těchto projektech uvedeno v kapitole 2.4.1 Spojené státy americké.

S použitím PBES (a zkrácením doby výstavby) je nutné zavádět méně uzavírek a objížděk mostů, čímž mají nákladní vozidla menší zpoždění a snižují se tím náklady dopravních společností. Některé projekty při použití PBES nevyžadují žádné uzavírky během dopravní špičky. Vzhledem k tomu, že dopravní zácpy jenom ve Spojených státech amerických stojí miliony USD ročně ve zbytečně spotřebovaných pohonných hmotách a nevyužitém času osob, PBES může tyto náklady snížit. PBES má tedy i pozitivní vedlejší efekt na místní, popřípadě národní ekonomiku. [33] Podle ÚAMK (Ústřední Automotoklub) byly tyto náklady v České republice za rok 2015 vyčísleny na 118 miliard Kč. [34]

Náklady na konstrukce z betonu monolitického a prefabrikovaného jsou u některých typů konstrukcí přibližně stejné u jiných však velice rozdílné, jak lze vidět v Tabulce 4 Měrné náklady. Vhodný typ konstrukce by se však neměl posuzovat pouze podle výše nákladů na výstavbu, ale dle více kritérií. Dalšími kritérii jsou dopravní omezení způsobené výstavbou, doba trvání projektu, náklady na údržbu, kvalita celé konstrukce či životnost konstrukce.

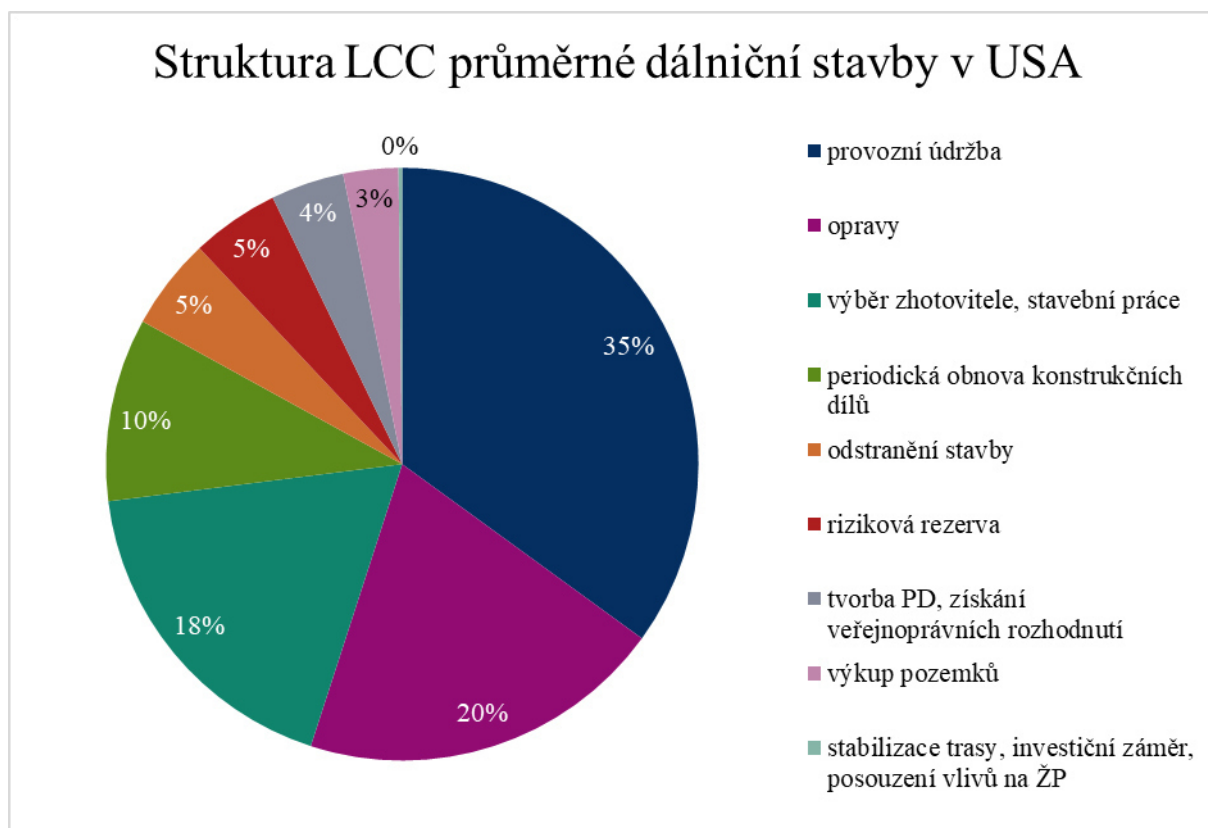
Na diagramu níže je znázorněna struktura nákladů životního cyklu průměrné dálniční stavby ve Spojených státech amerických. Náklady na realizaci stavby (včetně projektových prací a získání potřebných povolení) tvoří pouze 22 % z celkových nákladů životního cyklu stavby, neměly by být tedy rozhodující při výběru vhodné mostní konstrukce.

Provozní údržba tvoří 35 % z životních nákladů stavby a dalších 30 % nákladů tvoří opravy a periodická obnova konstrukčních dílů. Vzhledem k tomu že tyto náklady tvoří dohromady více jak polovinu z celkových životních nákladů stavby, bylo by vhodné se na tyto náklady zaměřit. Pokud je každý mostní objekt unikátní, mohou se objevit špatné konstrukční detaily a ty mohou být na každém objektu jiné. Zároveň to znamená plán údržby specifický pro každý objekt, což může údržbu nejen prodloužit, ale i prodražit.

Pokud se navrhne spolehlivý funkční systém konstrukcí, který se bude používat vždy, kdy to bude možné, zjednoduší a zlevní se tím jak samotný návrh mostního objektu, tak i jeho údržba.

Ředitelství silnic a dálnic ČR žádné podobné údaje jako jednotlivé Department of Transportation Spojených států amerických neposkytuje, dalo by se však předpokládat, že struktura nákladů životního cyklu dálničních staveb v České republice bude přibližně stejná jako ve Spojených státech amerických.

Graf 3 Struktura nákladů životního cyklu průměrné dálniční stavby v USA

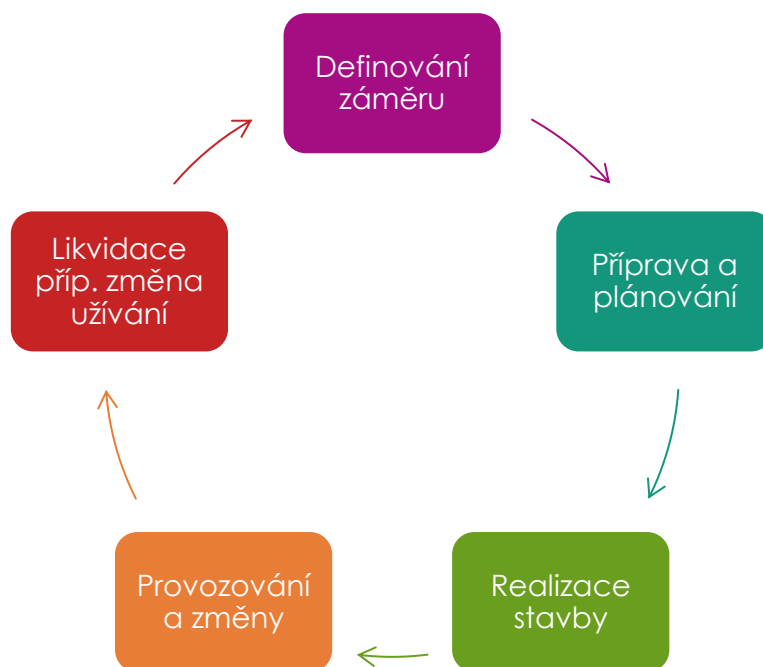


Zdroj: [35]

Vhodnou metodu k posouzení použití různých typů nosné konstrukce a technologií výstavby je Analýza nákladů životního cyklu stavby (LCC=Life Cycle Cost=náklady životního cyklu). Tato analýza umožňuje vyčíslit srovnatelné náklady ve vymezeném časovém období, vzhledem ke všem relevantním ekonomickým faktorům od pořizovacích nákladů po provozní náklady a náklady spojené s likvidací. [35]

Životní cyklus stavby začíná již definováním záměru, pokračuje přípravou a plánováním stavby, samotnou realizací stavby, provozováním a změnami v době provozování a končí demolicí objektu, případně změnou užívání.

Obrázek 26 Životní cyklus stavby



Zdroj: vlastní dle [35]

Klíčovými parametry pro Analýzu nákladů životního cyklu stavby jsou náklady, čas a použitá metoda ekonomického hodnocení. Z hlediska nákladů je nutné určit rozsah nákladů které se zahrnou do porovnání, způsob vyčíslení, strukturu a indexování dle místa stavby. Z hlediska času je nutné určit analyzované období, většinou vztahené k technické, morální či ekonomické životnosti stavby. Pro metodu ekonomického hodnocení, nejčastěji používanou čistou současnou hodnotu (NPV) je nutné určit diskontní sazbu. [35]

Vzhledem k tomu, že lze Analýzu nákladů životního cyklu stavby vyhodnotit již v předinvestiční fázi a ovlivnit tak budoucí náklady, vyhodnotit jednotlivé varianty návrhu, kompromisní řešení, jedná se o komplexnější plánování budoucích nákladů. Analýza nákladů životního cyklu stavby přináší transparentnost a udržitelnost budoucích nákladů stavby. Analýza nákladů životního cyklu stavby je založena na expertních odhadech a je nutno společně s Analýzou LCC vyhodnotit i Analýzu rizika. [35]

### 3.5 Z hlediska uživatelů

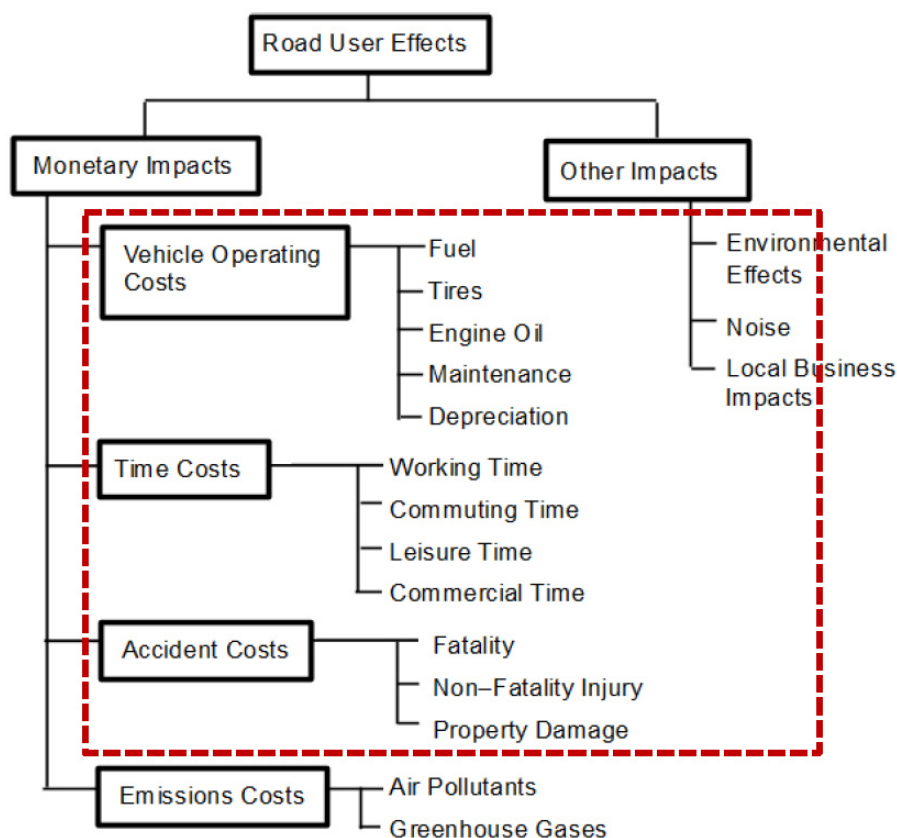
Použití PBES minimalizuje dobu výstavby, čímž minimalizuje i dobu, po kterou je doprava omezena. Doprava se může rychle vrátit do své původní podoby a nejsou nutné dlouhodobé uzavírky a objížďky po náhradní trase. Zároveň i během výstavby je doprava omezena

minimálně. Vzhledem ke krátké době nutné k výměně starého mostu za nový je možné úplnou uzavírku komunikace naplánovat na víkendy a další časy mimo dopravní špičku. Uzavírky je možné naplánovat i na noc, kdy je provoz menší. Stejně tak samotný transport prefabrikovaných prvků může proběhnout v noci či o víkendu, kdy ani převoz nadměrných břemen nebude ovlivňovat provoz. [33]

Ve Spojených státech amerických se pokuty za zpoždění dokončení opravované komunikace odvozují od nákladů uživatelů dopravy spojených s těmito omezeními. Pokuty mohou být stanoveny i za nadměrný počet uzavírek komunikace, či za zpoždění zprovoznění jednotlivých pruhů a omezení provozu v době dopravní špičky. Nadměrné uzavírky lze definovat jako uzavírky nad počet uzavírek uvedených v nabídce, pokud objednatel tento údaj požadoval nebo definoval jejich maximální povolený počet. [27]

Existuje několik metodik pro výpočet nákladů uživatelů dopravy, které vydalo buď United States Department of Transportation (U.S. DOT), American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) či Federal Highway Administration (FHWA). Tyto metodiky jsou si velice podobné, některé jsou podrobnější a pokrývají větší spektrum dopadů, v zásadě ale obsahují stejné oblasti nákladů vstupujících do výpočtu. Záleží pak na konkrétní metodice, zda některé vlivy započítává či ne, například z důvodu složitého vyčíslení dopadů.

Obrázek 27 Náklady uživatelů dopravy



Zdroj: [36]

V nákladech uživatelů dopravy jsou započítány veškeré náklady spojené s užíváním silnic v případě nějakého dopravního omezení. Může se jednat o dopravní omezení či uzavírku způsobenou rekonstrukcí či výstavbou dopravní infrastruktury. Náklady uživatelů dopravy se dělí na finanční a ostatní dopady. Finanční dopady se dále dělí na provozní náklady vozidel, časové náklady, náklady v případě nehody a na emisní náklady. Emisní náklady se skládají ze znečišťujících látek ve vzduchu a skleníkového efektu způsobeného dopravou. Tyto náklady je těžké určit, a tak se do nákladů uživatelů dopravy nezapočítávají. Ostatní dopady se skládají z dopadů na životní prostředí, hluku a dopadu na místní ekonomiku. Ostatní dopady je také těžké přesně určit a např. podle AASHTO se nezapočítávají, podle FHWA však ano. [36]

Oblasti, které jsou obsaženy ve všech metodikách jsou tedy provozní náklady vozidel, časové náklady a náklady v případě nehody. Do provozních nákladů vozidel patří náklady na palivo, motorový olej, na opotřebení pneumatik, náklady na opravy a údržbu vozidla a zároveň započítání opotřebení vozidla. Časové náklady neboli hodnota času se skládá z pracovního času, z času dojíždění, z volného času a obchodního času. Tato hodnota se odvíjí od průměrné mzdy, neboť se počítá jako promarněný čas, kdy mohl být člověk produktivní. Náklady



v případě nehody se skládají z nákladů v případě úmrtí následkem nehody, z nákladů na zranění způsobená nehodou a z poškození majetku. Tyto náklady se započítávají z důvodu vyšší pravděpodobnosti nehody v případě dopravních omezení a hustého provozu. Náklady na zranění či úmrtí v důsledku nehody obsahují veškeré náklady přes lékařskou péči, případné odškodnění, nemocenskou, následky úrazu až po vyčíslení doby, kdy mohl člověk produktivně pracovat. [36]

V nákladech uživatelů dopravy jsou tedy započítány jak náklady spojené s vyšší spotřebou pohonných hmot, tak i doba strávená buď v koloně, nebo na náhradní objízdě trase. Zároveň je v nich zahrnuto i nepohodlí spojené s dopravním omezením. Frekventovaný most s velkým počtem projíždějících vozidel či důležitý spojující most, při jehož uzavírce je k dispozici pouze dlouhá objízdě trasa bude mít náklady uživatelů dopravy vysoké.

Nejedná se pouze o zbytečně vynaložený čas, který musí řidiči na cestě strávit navíc, ale i o zpoždění, která nabírají nákladní automobily a autobusy dopravních společností při přepravě osob a zboží, tedy o ušlý zisk přepravních společností.

Ve Spojených státech amerických se náklady uživatelů dopravy zahrnují do všech analýz, jako jsou Analýza nákladů životního cyklu staveb či Analýza nákladů a přínosů (CBA). [36]

V České republice se náklady uživatelů dopravy vůbec neřeší. Pobídky za dřívější dokončení se nestanovují a zhotovitelé tak nejsou motivováni k urychlení prací. Zhotovitelé nenasadí dostatečný počet pracovníků, práce se nedokončují dle harmonogramu, vystávají nové změny a skutečnosti a termín dokončení se posune, aniž by objednatel na zhotovitele uvalil vysoké pokuty odvozené například od nákladů uživatelů dopravy.

## 4 Porovnání prefabrikovaného a monolitického sloupu

Jak již bylo uvedeno výše, jsou určité mostní prvky, které se v České republice standardně používají prefabrikované. Těmito prvky jsou především mostní nosníky a mostní vybavení. Dále jsou pak mostní prvky, které se používají prefabrikované pouze ve výjimečných případech, kdy je důraz kladen na rychlost výstavby. Jedná se například o prefabrikované příčnice při výstavbě dálničního mostu dálnice D8 u obce Vchynice nebo o prefabrikovanou mostovku složenou z příčných segmentů u dálničního mostu dálnice D8 u obce Prackovice, u dálničního mostu dálnice D5 přes řeku Úhlavu a dalších.

A následně jsou mostní prvky, které se v České republice prefabrikované nepoužívají. Jedná se například o sloupy a mostní pilíře. Historicky zde vzniklo několik mostů s těmito prefabrikovanými prvky, ale dnes už se prefabrikované nedělají. [37] Oproti tomu v zahraničí (například ve Spojených státech amerických) se tyto prvky prefabrikované standardně používají a vzhledem k propracovaným spojovacím detailům různých typů prefabrikovaných prvků úspěšně využívají benefitů PBES a ABC.

Obrázek 28 Estakáda v USA



Zdroj: vlastní

Pokud se jedná například o stávající nadjezdy dálnic a jejich rekonstrukce, mělo by být prioritou je zrekonstruovat co nejrychleji a při co nejmenším vlivu na provoz dálnice. Použití nejen prefabrikovaných nosníků, ale i dalších prvků, například příčnicku a sloupů, by výrazně zkrátilo dobu rekonstrukce nadjezdů. U staveb, kde jsou opakující se prvky, jako například u silničních estakád, je výhoda prefabrikace ještě zřetelnější. Sloupy lze vyrobit ve výrobně prefabrikovaných prvků o různých výškách a na místo stavby je dopravit připravené přímo k montáži.

Účelem této práce primárně není porovnání pouze konkrétního příkladu, ale porovnání prefabrikovaného a monolitického betonového sloupu obecně. Toto porovnání je založeno na několika předpokladech, které se týkají především ŘSD ČR. Těmito předpoklady jsou:

- Rozšíření stávajícího Katalogu mostů o rozhodovací rámec,
- stanovení výsledků rozhodovacího rámce jako závazných a
- vytvoření katalogu unifikovaných prefabrikovaných prvků.

Rozšíření Katalogu mostů o rozhodovací rámec by bylo vhodné především proto, že nyní je u každého typu mostu uvedena pouze poznámka o možnosti použití prefabrikovaných prvků, avšak výsledný způsob realizace záleží na zhotoviteli. Rozhodovací rámec by mohl být podobný například tomu, který se používá ve Spojených státech amerických při výběru vhodného způsobu výstavby mostů (Decision making framework). Rozhodovací rámec by byl uzpůsoben pro místní podmínky v České republice. Stanovení výsledků rozhodovacího rámce jako závazných není nutná podmínka. Avšak v opačném případě, pokud by z rozhodovacího rámce vyplynula prefabrikace jako vhodnější (například vzhledem k důležitosti komunikace, preference minimálního vlivu na provoz a zkrácení doby výstavby) a následně by kdokoliv zpochybnil rozhodnutí použití prefabrikovaných prvků (například z důvodu vyšších nákladů oproti konvenční metodě výstavby), mohl by se přínos prefabrikace zanedbat a rozhodovacím kritériem by byla opět jen výše nákladů. Poslední předpoklad je vhodný především z důvodu zaručení využití forem pro prefabrikované prvky, které budou muset výrobní prefabrikátů pořídit. Prvky samozřejmě nemohou být unifikované obecně pro všechny mostní objekty, ale například stejné typy nadjezdů přes dálnice mohou být totožné. Jak již bylo zmíněno výše, usnadní se tím nejen údržba.

Dalšími předpoklady, které by mohly přispět k využívání benefitů prefabrikovaných prvků je:

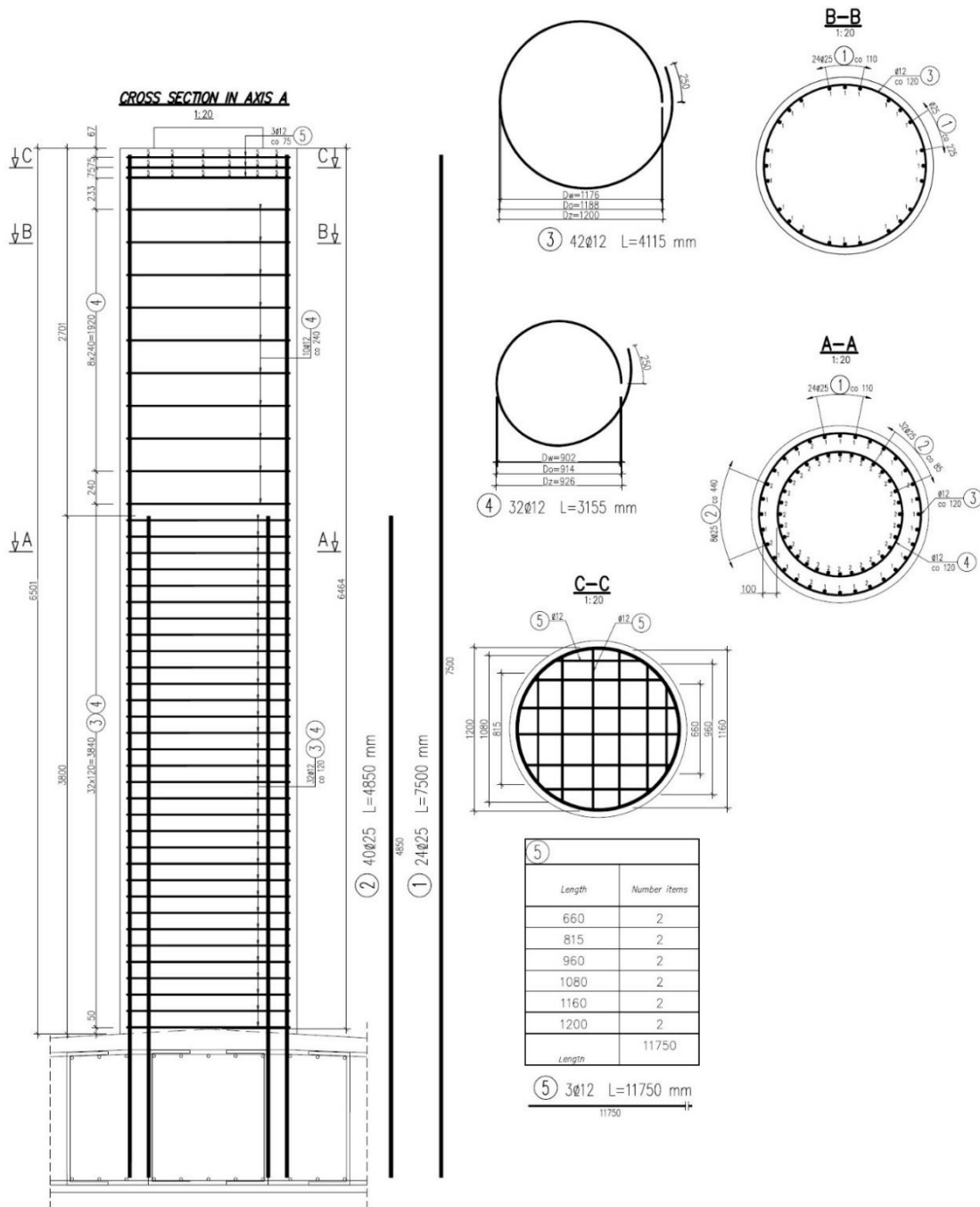
- zavedení pobídek a pokut odvozených od nákladů uživatelů dopravy a
- doplnění Katalogu mostů o doporučené konstrukční detaily.

Nejen zavedení pobídek a pokut odvozených od nákladů uživatelů dopravy, ale obecně uvědomění si a braní v potaz těchto nákladů by mohlo změnit přístup k zadávání veřejných zakázek v oblasti dopravních staveb. Doplnění katalogu o doporučené konstrukční detaily je opět snaha o usnadnění údržby a kontroly stavu konstrukcí a zamezení degradace prefabrikovaných konstrukcí z důvodu použití nevhodných detailů, jak tomu bylo v minulosti.

Pro účely porovnání byl vybrán dálniční nadjezd přes dálnici D1. Tento nadjezd byl navržen (a realizován) jako betonový monolitický s prefabrikovanými nosníky Petra, což je standardní návrh. Pro účely porovnání prefabrikovaného a monolitického prvku byl vybrán podpěrný sloup, jelikož se jedná o prvek, který se v České republice již prefabrikovaný nepoužívá. Podpěru bude tvořit dvojice prefabrikovaných betonových sloupů. Statický návrh a technické řešení není obsahem této práce.

Výztuž a rozměry sloupu jsou uvedeny na Obrázku 29 Výkres sloupu. Tento sloup byl vybrán z důvodu jednoduchého tvaru, dostupnosti výkresu vyztužení a také proto, že i prefabrikované sloupy používané ve Spojených státech amerických mají často kruhový průřez.

Obrázek 29 Výkres sloupu



**(Remarks):**

- (All dimensions are given in mm)
- (Cover thickness 50mm)
- (Drawing is to be read in conjunction with:
  - (Pier 2. Geometry)
  - (Pier 2. Base of foundation reinforcement)
- Bars no. 1,2 embedded before concreting of foundation)
- (Total length of a bar is given as an axial length)
- (Dimensions of bars are given as an external contour)
- (Reinforcement of bearing seats according to KEP)

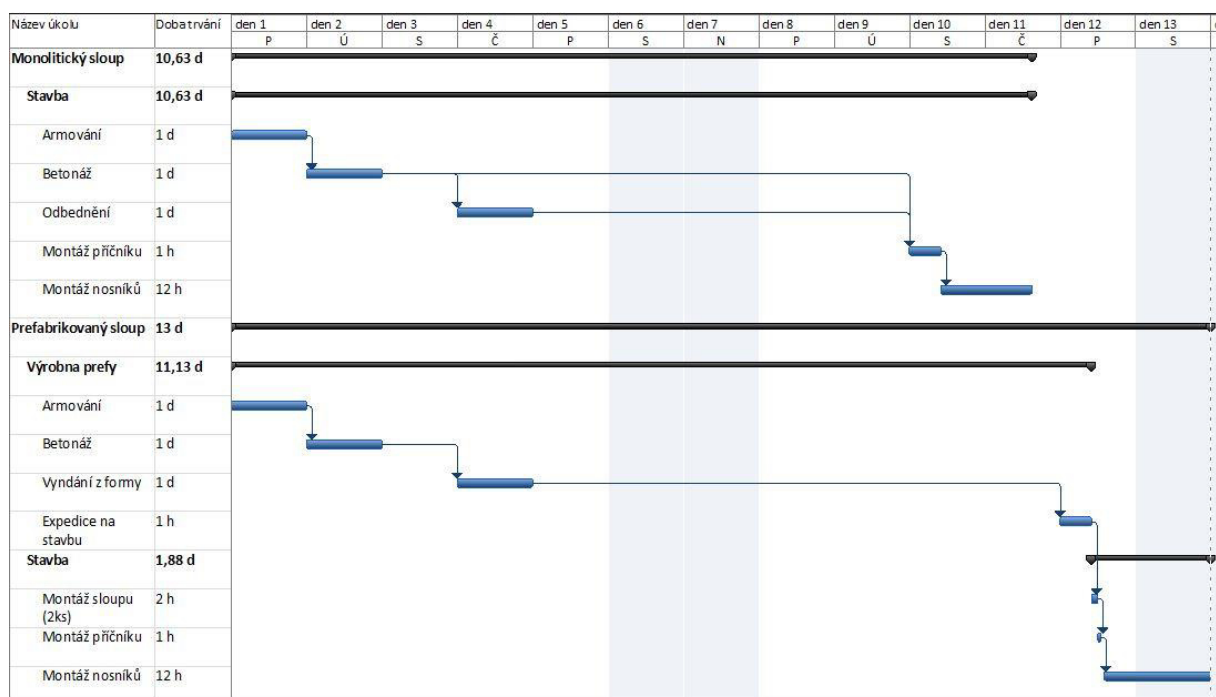
BENDING SCHEDULE						
Bar No	Size	Number	Length	General length [m]		Notes
				B500SP	B500SP	
	[mm]	[wt]	[mm]	ø12	ø2.5	
Element:						
1	ø25	24	7500		180	
2	ø25	40	4850		194	
3	ø12	42	4115	172.83		
4	ø12	32	3155	100.96		
5	ø12	3	11750	35.25		
	(length)		[m]	326.04	374	
	(mass 1m bar)		[kg/m]	0.888	3.85	
	(mass)		[kg]	274.4	1439.9	
	(general mass)		[kg]	1714		
	(make) 2 szt. (Items)			2 x 1714 = 3428 kg		

Zdroj: [38]

## 4.1 Harmonogram

Z harmonogramu níže je patrná výhoda použití prefabrikovaných prvků z hlediska času. Při použití prefabrikovaných sloupů je doba výstavby zkrácena o 9 dnů oproti použití monolitických sloupů. V obou případech je počítáno s prefabrikovaným příčnickem a prefabrikovanými nosníky Petra. Při delším přemostění a opakujících se podpěrách bude zkrácení času potřebného na výstavbu mostu ještě více patrné.

Obrázek 30 Harmonogram



Zdroj: vlastní dle [7], [13]

U prefabrikovaných prvků se výroba prvků přesune do výroby prefabrikátů, kde se provede armování, betonáž prvku, vyjmutí z formy a následně se prvek po dobu přibližně 7 dní nechá zrát a tvrdnout na skladě prefabrikátů. Po 7 dnech má již dostatečnou pevnost a je možné prvek expedovat na montáž. Samotná montáž sloupů, příčnicku a nosníků na stavbě pak trvá přibližně dva dny (při průměrné době montáže jednoho prvku jednu hodinu). U monolitických sloupů se všechny tyto procesy provádí na stavbě, a především kvůli potřebné technologické přestávce trvá proces zhotovení sloupů, montáž příčnicku a nosníků téměř jedenáct dní.

## 4.2 Kalkulace nákladů

Kalkulace obsahuje z důvodu porovnatelnosti nákladů obou typů sloupu pouze přímé náklady. Kalkulace nákladů výroby monolitického sloupu obsahuje směrné ceny z databáze ÚRS Praha, a.s. Nepřímé náklady (výrobní režie, správní režie a zisk) nejsou započteny, jelikož tyto náklady nejsou započteny ani v případě kalkulace prefabrikovaného sloupu. Kalkulace nákladů výroby prefabrikovaného sloupu vychází z cenových nabídek obdržených na základě poptávky.

Tabulka 7 Kalkulace monolitický sloup

Poř	Typ	Kód	Popis	MJ	Výměra	Jedn. cena	Cena
			<b>1: Monolitický sloup</b>				<b>117 792</b>
			<b>003: Svislé konstrukce</b>				<b>113 394</b>
1.	SP	334323418	Mostní pilíře a sloupy ze ŽB C 30/37	m3	8,629	3 586,24	30 945
2.	SP	334361246	Výztuž dřívků kruhových sloupů z betonářské oceli 10 505	t	1,714	31 104,67	53 313
3.	SP	334353121	Bednění kruhového sloupu konstantního průřezu ze systémového bednění s výplní z překližek – zřízení	m2	26,537	958,55	25 437
4.	SP	334353221	Bednění kruhového sloupu ze systémového bednění s výplní z překližek – odstranění	m2	26,537	139,35	3 698
			<b>099: Přesun hmot HSV</b>				<b>4 398</b>
5.	SP	998212111	Přesun hmot pro mosty zděné, monolitické betonové nebo ocelové v do 20 m	t	23,171	189,82	4 398

Zdroj: vlastní

Přímé náklady na výrobu jednoho monolitického sloupu činí 117 792 Kč. Kalkulace nákladů výroby prefabrikovaného sloupu je rozdělena na více částí. První část kalkulace obsahuje náklady na samotnou výrobu prefabrikátu. Jsou zde obsaženy náklady na beton včetně jeho uložení a náklady na pořízení výztuže včetně stříhu, ohybu a vázání výztuže.

Tabulka 8 Kalkulace výroby prefabrikovaného sloupu

Poř	Typ	Kód	Popis	MJ	Výměra	Jedn. cena	Cena
			<b>2: Prefabrikovaný sloup</b>				<b>108 453</b>
			<b>003: Svislé konstrukce</b>				<b>108 453</b>
1.	SP	R-1	Beton C 30/37 (vč. uložení)	m3	8,629	8 000,00	69 031
2.	SP	R-2	Výztuž z betonářské oceli 10 505 (vč. stříhu, ohybu a vázání)	t	1,714	23 000,00	39 422

Zdroj: vlastní dle [7]

Náklady na beton a výztuž činí 108 453 Kč. V těchto nákladech nejsou započítané náklady na pořízení ocelové formy pro výrobu prefabrikátu. Náklady na pořízení formy se liší nejen podle

složitosti tvaru výsledného prefabrikátu, ale i podle polohy betonovaného prvku a podle toho, jestli je forma přestavitelná. Forma uvažovaná v tomto případě je přestavitelná na tři délky s možností výroby prvku o maximální délce 7,5 metru. Část válcové plochy je nahrazena rovnou hlazenou rovinou o šířce cca 100 mm. Forma je určena pro odlévání výrobky vodorovně, tedy při ose sloupu v horizontální poloze. Životnost ocelové formy je přibližně 15 let.

Tabulka 9 Kalkulace formy

Počet kusů	1	2	5	10	50	100
Náklady na formu (Kč/ks)	590 000	295 000	118 000	59 000	11 800	5 900

Zdroj: vlastní dle [25]

Pokud by se totožné sloupy používaly u stejných typů nadjezdů, pořizovací cena formy by se rozpočítala na teoretický počet prvků vyrobitelných v dané formě. Pořizovací cena formy je 590 000 Kč. Pokud by se náklady na pořízení formy rozpočítaly mezi například 100 vyrobených kusů prefabrikovaných sloupů, činily by tyto náklady 5 900 Kč na jeden prefabrikát.

Poslední položkou kalkulace jsou náklady na dopravu a montáž prefabrikovaného prvku. Dopravu výrobní prefabrikátů vždy poptává a cena dopravy se odvíjí od hmotnosti prvku, popřípadě rozměrů a vzdálenosti. Pro dopravu je omezující pouze maximální možná výška prvku 4,5 metru, šířka 3 metry a především hmotnost. Od hmotnosti 50 tun je již nutné vyřídít povolení, trasování, posoudit mosty, zda je možné po nich náklad převážet a podobně.

Obrázek 31 Podvalník



**GOLDHOFER STZ-L 5-59/80 A F2**  
(5osý podvalník)

Nosnost: 50 t  
Šířka: 2,55 – 3,0 m  
Délka: 8,5 – 13,8 m

Zdroj: [39]

Doprava sloupů je zajištěna 5osým podvalníkem o nosnosti 50 tun. Doprava je kalkulována na vzdálenost 34 km. Tato vzdálenost odpovídá vzdálenosti realizovaného dálničního nadjezdu od výrobní prefabrikovaných prvků. Cena dopravy se bude lišit podle skutečné vzdálenosti místa



stavby a výroby prefabrikovaných prvků, jelikož se v této práci neřeší konkrétní projekt, bude také uvažováno se vzdáleností 34 km.

Tabulka 10 Kalkulace dopravy prefabrikovaného sloupu

Cena dopravy	34 000 Kč
Počet přepravovaných prvků	2 ks
Cena dopravy na jeden prvek	17 000 Kč

Zdroj: [39]

Nosnost podvalníku je 50 tun, a i vzhledem k rozměrům sloupů, lze přepravit oba sloupy najednou. Náklady na dopravu jednoho sloupu činí 17 000 Kč. V ceně dopravy je obsažena nakládka, převoz a vykládka prefabrikovaných prvků.

Obrázek 32 Jeřáb



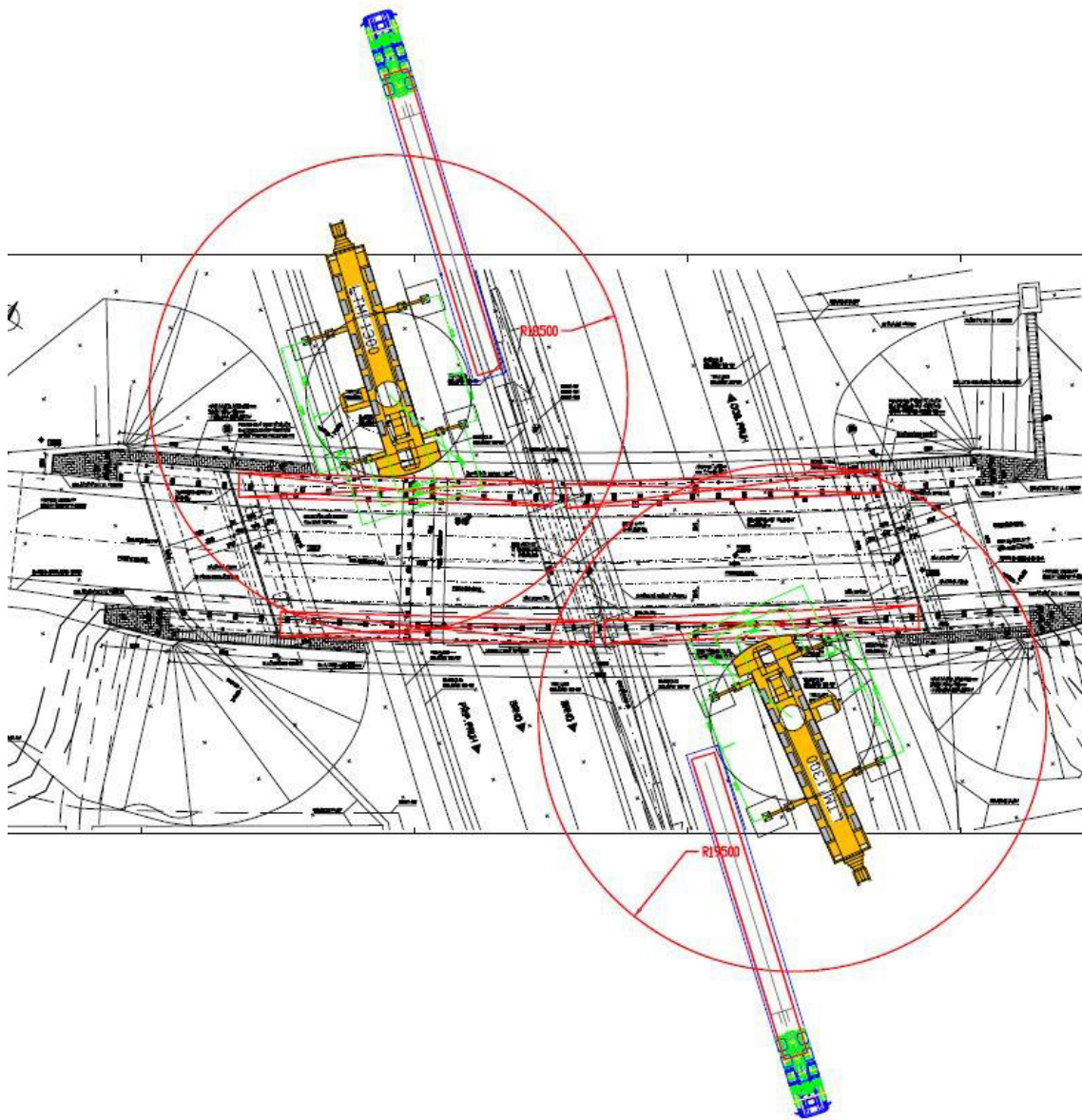
**LIEBHERR LTM 1300**

Max. nosnost:	300 t
Max. vyložení:	84 m
Max. výška zdvihu:	116 m
Počet náprav:	7

Zdroj: [39]

Montáž prefabrikovaných prvků bude provedena za pomoci jeřábu Liebherr LTM 1300 o maximální nosnosti 300 tun. Jeřáb bude sloužit kromě montáže prefabrikovaných sloupů i k montáži prefabrikovaného příčnicku a nosníků. Montáž všech prvků bude provedena na dvě etapy, v první etapě budou osazeny prefabrikované sloupy, příčnick a jedno pole prefabrikovaných nosníků. Ve druhé etapě bude z druhé strany mostu provedena montáž nosníků druhého mostního pole.

Obrázek 33 Schéma montáže prefabrikátů



Zdroj: [39]

Jeřáb je navržen pro montáž přímo z podmostí. Z tohoto důvodu je nutné zajistit uzavěr dálnice na 5 hodin pro mobilizaci jeřábu, 5 hodin pro demobilizaci jeřábu a na potřebný počet hodin nutných k montáži prvků. Montáž jednoho prvku je odhadována na přibližně jednu hodinu. Jeřáb je navržen pro břemeno o hmotnosti 39 tun (mostní nosník) usazovaného na vzdálenost 21 metrů.

Tabulka 11 Kalkulace montáže

Varianta 1 (12 ks nosníků, 1 ks příčnicku)	
Mobilizace + demobilizace jeřábu	90 800 Kč
Pronájem – při 6 hod manipulace (1 nosník=1 hod)	51 000 Kč
Každá další hodina nad 6 hodin	8 500 Kč
<b>Celkem vč. dvou nájezdů a odjezdů (při 13 hod práce)</b>	<b>292 100 Kč</b>
Varianta 2 (12 ks nosníků, 1 ks příčnicku, 2 ks sloupů)	
Mobilizace + demobilizace jeřábu	90 800 Kč
Pronájem – při 9 hod manipulace (1 nosník=1 hod)	76 500 Kč
Každá další hodina nad 9 hodin	8 500 Kč
<b>Celkem vč. dvou nájezdů a odjezdů (při 15 hod práce)</b>	<b>309 100 Kč</b>

Zdroj: vlastní dle [39]

V Tabulce 11 Kalkulace montáže jsou uvedeny dvě varianty nabídky na montáž prefabrikovaných prvků. První varianta obsahuje pouze montáž nosníků a příčnicku. Ve druhé variantě jsou obsaženy i prefabrikované sloupy. Existují dvě možnosti, jak určit náklady na montáž prefabrikovaného sloupu na základě těchto dvou variant. První možností je rozpočítat celkovou cenu montáže z varianty 2 mezi počet prefabrikovaných prvků. V tomto případě by montáž jednoho prvku vycházela na 20 607 Kč. Druhou možností je spočítat pouze rozdíl obou variant, tedy spočítat nárůst ceny montáže při použití prefabrikovaných sloupů oproti variantě 1, kde jsou sloupy monolitické. Montáž jednoho kusu prefabrikovaného sloupu by pak vycházela na 8 500 Kč.

Tabulka 12 Kalkulace prefabrikovaného sloupu

Výroba	108 453 Kč
Forma	5 900 Kč
Doprava	17 000 Kč
Montáž	8 500 Kč
<b>Celkem prefabrikovaný sloup</b>	<b>139 853</b>

Zdroj: vlastní

Kalkulace přímých nákladů na výrobu, dopravu a montáž prefabrikovaného sloupu činí 139 853 Kč. Tyto náklady vychází z předpokladu, že bude vyrobeno minimálně 100 kusů sloupů v jedné formě a z rozdílu cen montáže prefabrikovaných prvků při použití monolitických a prefabrikovaných sloupů.

### 4.3 Vyhodnocení

V celkovém porovnání přímých nákladů na výrobu monolitického a prefabrikovaného sloupu je výroba prefabrikovaného sloupu o necelých 19 % dražší než výroba monolitického sloupu. V porovnání doby výstavby sloupu je však výstavba prefabrikovaného sloupu o necelých 82 % kratší, což znamená úsporu celkem 9 dní oproti času potřebného pro výstavbu sloupu monolitického.

Tabulka 13 Porovnání monolitický a prefabrikovaný sloup

	Monolitický sloup	Prefabrikovaný sloup	Rozdíl v MJ	Rozdíl v %
Přímé náklady (Kč)	117 792	139 853	22 061	18,73 %
Doba výstavby (den)	11	2	-9	-81,82 %

Zdroj: vlastní

Pokud by se uvažovalo s náklady uživatelů dopravy, náklady na realizaci monolitického sloupu by se zvýšily více než náklady na prefabrikovaný sloup. Od těchto nákladů by se daly odvodit pobídky za dřívější dokončení projektů, kdy by všichni zúčastnění měli stejný zájem, a to co nejvíce urychlit samotnou výstavbu. V opačném případě lze na základě těchto nákladů určit pokuty za pozdější dokončení či za nadměrné uzavírky jednotlivých pruhů komunikace. Podrobnější vysvětlení je uvedeno v následující kapitole.

## 5 Závěr

Cílem této diplomové práce bylo zjistit výhodnost větší míry využití prefabrikace v mostním stavitelství. Úvodem práce byl analyzován vývoj dopravy, stav silniční a dálniční sítě a nastavení investic do dopravní infrastruktury České republiky. Zároveň byly shromážděny informace, zkušenosti a poznatky o využití prefabrikace ze zemí, které jsou z v tomto z hlediska vývoje nejdále. Následně pak tedy bylo tyto shromážděné informace možné využít k formulaci návrhů možných řešení pro zlepšení či modifikaci současných postupů výstavby mostních objektů v České republice.

Navrhovanými úpravami stávajícího systému výstavby jsou doplnění Katalogu mostů o rozhodovací rámec, jednotný katalog prefabrikovaných prvků a zavedení výsledků z rozhodovacího rámce jako závazných. Z ekonomického hlediska není důvod, aby stejné typy mostních objektů byly na každém individuálním projektu unikátní. V případě, že budou mostní objekty a s tím spojené konstrukční detaily unifikované, zjednoduší se tím nejen návrh a samotná realizace, ale i údržba. Celkově by se tak zároveň podařilo snížit náklady životního cyklu stavby.

Zároveň by nejdůležitějším kritériem při výběru vhodné konstrukce mostního objektu neměla být výše nákladů, ale mělo by se, především na frekventovaných komunikacích, dbát na dobu výstavby a vliv na dopravní provoz v průběhu výstavby. Vhodným ukazatelem by mohly být náklady uživatelů dopravy, které zohledňují nejen promarněný čas způsobený dopravním omezením, ale i vliv na životní prostředí.

Z nákladů uživatelů dopravy by bylo možné odvodit i pokuty za pozdní dokončení projektů, přičemž v případě použití prefabrikace je výstavba méně náchylná ke zpožděním způsobených vlivy počasí. V případě, že by se jednalo o důležitou komunikaci by tak mohly být pokuty za zpoždění vysoké a zhotovitelé by měli snahu o co nejrychlejší realizaci.

Stejně tak je vhodným nástrojem pro posouzení více variant analýza nákladů životního cyklu stavby, která kromě samotných nákladů na realizaci obsahuje i náklady na provoz a údržbu a v neposlední řadě i náklady na demolici objektu. Po vyhodnocení této analýzy dostaneme ekonomicky nejvýhodnější variantu pro konkrétní projekt.

Prefabrikace není nejlepším řešením v každém případě, ale v konkrétních projektech, kde je kladen důraz na dobu výstavby, kvalitu provedení a minimální dopad na životní prostředí má větší předpoklady pro splnění těchto požadavků než monolitická konstrukce.

Největší výhodou prefabrikovaných konstrukcí je rychlost výstavby. Použití co nejvíce prefabrikovaných prvků při výstavbě či rekonstrukci mostních objektů je vhodné v takových případech, kde je požadavek na co nejkratší dobu výstavby a minimální omezení provozu. Prefabrikované prvky zřejmě nikdy nebudou realizovatelné za stejné investiční náklady jako monolitické konstrukce, vzhledem k benefitům, které však tato technologie přináší by jediným kritériem pro výběr neměla být výše investičních nákladů. Jelikož je výroba prefabrikovaných prvků imunní vůči povětrnostním podmínkám a samotná kvalita prefabrikovaných výrobků je vyšší než u prvků realizovaných na stavbě, mají prefabrikované prvky větší trvanlivost. Z těchto výhod prefabrikovaných prvků vyplývá i minimální dopad počasí na dobu realizace projektů, a při precizním provedení spoju jednotlivých prefabrikovaných prvků, i nižší náklady na údržbu konstrukcí a s tím spojenými náklady životního cyklu stavby.

Při započítání nákladů uživatelů dopravy, uvažování nákladů životního cyklu stavby a delší životnosti kvalitně provedených prefabrikovaných konstrukcí, je použití prefabrikovaných prvků oproti monolitickým konstrukcím výhodnější. Vzhledem k těmto skutečnostem lze prefabrikaci pro výstavbu dopravní infrastruktury v České republice doporučit.

# Seznam obrázků

Obrázek 1 Mostní objekt .....	11
Obrázek 2 Prefabrikované nosníky .....	20
Obrázek 3 Montáž segmentu .....	21
Obrázek 4 Příčný řez most u obce Vchynice .....	23
Obrázek 5 Prefabrikované bednění příčnicku nadjezd D1 .....	24
Obrázek 6 Modernizace dálnice D1 .....	28
Obrázek 7 Katalog mostů .....	31
Obrázek 8 Mapa výroben prefabrikovaných prvků v ČR .....	34
Obrázek 9 Montáž prefabrikovaného stativa .....	42
Obrázek 10 SPMT .....	43
Obrázek 11 Výstavba Linn Cove Viaduct.....	45
Obrázek 12 Částečně prefabrikovaná mostovka .....	47
Obrázek 13 Poutre Dalle Systém .....	48
Obrázek 14 Prefabrikované desková mostovka .....	48
Obrázek 15 Hybridní ocelobetonová mostovka .....	49
Obrázek 16 Ochrana proti korozi .....	50
Obrázek 17 SPER systém.....	51
Obrázek 18 Most přemíst'ovaný pomocí SPMTs.....	52
Obrázek 19 Rozhodovací diagram .....	55
Obrázek 20 Rozhodovací matice.....	57
Obrázek 21 Jakost betonu .....	60
Obrázek 22 Detaily PBES .....	62
Obrázek 23 Schéma ABC .....	64
Obrázek 24 Srovnání konvenčního typu konstrukce a ABC.....	66
Obrázek 25 Prefabrikovaný most .....	67
Obrázek 26 Životní cyklus stavby.....	70
Obrázek 27 Náklady uživatelů dopravy .....	72
Obrázek 28 Estakáda v USA .....	74
Obrázek 29 Výkres sloupu .....	77
Obrázek 30 Harmonogram .....	78
Obrázek 31 Podvalník .....	80

Obrázek 32 Jeřáb .....	81
Obrázek 33 Schéma montáže prefabrikátů.....	82



# Seznam tabulek

Tabulka 1 Přeprava zboží a přepravní výkony v ČR .....	25
Tabulka 2 Počet mýtných transakcí .....	26
Tabulka 3 Stav modernizace D1 .....	29
Tabulka 4 Měrné náklady .....	32
Tabulka 5 Legenda k mapě .....	34
Tabulka 6 Shrnutí úspěšných projektů .....	44
Tabulka 7 Kalkulace monolitický sloup.....	79
Tabulka 8 Kalkulace výroby prefabrikovaného sloupu .....	79
Tabulka 9 Kalkulace formy .....	80
Tabulka 10 Kalkulace dopravy prefabrikovaného sloupu.....	81
Tabulka 11 Kalkulace montáže .....	83
Tabulka 12 Kalkulace prefabrikovaného sloupu.....	83
Tabulka 13 Porovnání monolitický a prefabrikovaný sloup .....	84

## Seznam grafů

Graf 1 Počet mýtných transakcí v ČR.....	27
Graf 2 Výdaje na silniční infrastrukturu a vývoj HDP.....	30
Graf 3 Struktura nákladů životního cyklu průměrné dálniční stavby v USA .....	69

## Seznam zkratek

AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials
ABC	Accelerated Bridge Construction (Zrychlený způsob výstavby mostů)
DOT	Department of Transportation
FHWA	Federal Highway Administration
LCC	Life Cycle Cost (Náklady životního cyklu)
PBES	Prefabricated Bridge Elements and Systems (Prefabrikované prvky a systémy mostů)
ŘSD ČR	Ředitelství silnic a dálnic ČR
SPMT	Self propelled modular transporter
ÚAMK	Ústřední Automoto Klub

# Bibliografie

- [1] VRÁBLÍK, Lukáš. *Realizace a provoz mostů: Mostní stavitelství*. Praha, 2016. Přednášky. FSv ČVUT.
- [2] ŠAFÁŘ, Roman. *Kalkulace inženýrských staveb: Mosty 1*. Praha, 2017. Přednášky. FSv ČVUT.
- [3] STŘELCOVÁ, Iveta. *Kalkulace inženýrských staveb: Rozpočtování inženýrských staveb*. Praha, b.r. Přednášky. FSv ČVUT.
- [4] STRÁSKÝ, Jiří. *Betonové mosty*. 1. vyd. Praha: ŠEL, 2001. Technická knihovna autorizovaného inženýra a technika. ISBN 80-864-2605-X.
- [5] ŠAFÁŘ, Roman. *Betonové mosty 1: přednášky*. 1. vyd. V Praze: České vysoké učení technické, 2010. ISBN 978-80-01-04661-6.
- [6] ČSN 73 6200. *Mosty - Terminologie a třídění*. Praha: Český normalizační institut, 2011.
- [7] Rozhovor s Jiřím ŠIMŮNKEM, vedoucí výroby PREFA PRO a.s. Praha, 2017.
- [8] NĚMEC, Pavel, Petr KLIMEŠ, Jan DUŠKA a Jan KOMANEC. Přínos prefabrikace pro ekonomická a efektivní řešení mostních konstrukcí. *SILNICE ŽELEZNICE: Mosty* [online]. Ostrava: KONSTRUKCE Media, 2011 [cit. 2017-11-18]. ISSN 1803-8441. Dostupné z: <http://www.silnice-zeleznice.cz/clanek/prinos-prefabrikace-pro-ekonomicka-a-efektivni-reseni-mostnich-konstrukci/>
- [9] *BETON: TECHNOLOGIE - KONSTRUKCE - SANACE* [online]. BETON TKS, 2006, 6(1) [cit. 2017-11-18]. ISSN 1213-3116. Dostupné z: [http://www.betontks.cz/sites/default/files/BETON\\_TKS\\_2006-01.pdf](http://www.betontks.cz/sites/default/files/BETON_TKS_2006-01.pdf)
- [10] KALNÝ, Milan. Prefabrikace nosných konstrukcí mostů umožňuje zrychlení výstavby. *Inžinierske stavby/Inženýrské stavby* [online]. JAGA GROUP, 2009 [cit. 2017-11-18].

Dostupné z: <https://www.asb-portal.cz/inzenyrske-stavby/mosty/prefabrikace-nosnych-konstrukci-mostu-umoznuje-zrychleni-vystavby>

- [11] Referenční projekty: Estakáda Einsteinova, Bratislava. *SMP CZ* [online]. Praha: SMP CZ, 2011-2014 [cit. 2017-11-18]. Dostupné z: <http://www.smp.cz/referencni-projekty/detail/estakada-einsteinova-bratislava>
- [12] Aktuální projekty: Segmentový most na dálnici D8 u obce Prackovice. *SMP CZ* [online]. Praha: SMP CZ, 2011-2014 [cit. 2017-11-18]. Dostupné z: <http://www.smp.cz/aktualni-projekty/detail/segmentovy-most-na-dalnici-d8-u-obce-prackovice>
- [13] Rozhovor s Lukášem BLUDSKÝM a Lukášem KLAČEREM, přípraváři a kalkulanti EUROVIA CS a.s. Praha, 2017.
- [14] *Ředitelství silnic a dálnic ČR* [online]. Ředitelství silnic a dálnic ČR, 2015 [cit. 2017-10-29]. Dostupné z: <https://www.rsd.cz/wps/portal/>
- [15] KUBÍČEK CONSULT LIBEREC. *Nosné konstrukce spřažených mostů z nosníků MK-T: Podklad pro projektování a užívání* [online]. Železniční průmyslová stavební výroba Uherský Ostroh, 2004 [cit. 2017-11-30]. Dostupné z: <https://www.zpsv.cz/>
- [16] Passenger cars in the EU - Statistics explained. *Statistical Office of the European Union - Eurostat* [online]. 2017 [cit. 2017-10-26]. Dostupné z: [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Passenger\\_cars\\_in\\_the\\_EU](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Passenger_cars_in_the_EU)
- [17] Road freight transport statistics - Statistics explained. *Statistical Office of the European Union - Eurostat* [online]. 2016 [cit. 2017-10-26]. Dostupné z: [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Road\\_freight\\_transport\\_statistics](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Road_freight_transport_statistics)
- [18] *Dopravní statistika* [online]. b.r. [cit. 2017-10-29]. Dostupné z: <http://www.sydos.cz/>
- [19] *MÝTO CZ: Elektronický mýtný systém v České republice* [online]. 2017 [cit. 2017-10-26]. Dostupné z: <http://www.myto.cz/>

- [20] *České dálnice* [online]. 2002-2016 [cit. 2017-11-02]. Dostupné z: <http://www.ceskedalnice.cz/>
- [21] *Nová D1 | Oficiální stránka ŘSD* [online]. Ředitelství silnic a dálnic ČR, 2017 [cit. 2017-10-29]. Dostupné z: <https://www.novad1.cz/>
- [22] Ředitelství silnic a dálnic ČR: Měrné ceny - porovnání shodných typů konstrukcí dopravních staveb. *Měrné náklady* [online]. Praha 4: Ředitelství silnic a dálnic ČR, 2016 [cit. 2017-10-29]. Dostupné z: [http://www.merne-naklady-staveb.cz/2\\_8\\_konstrukce/typy\\_konstrukci.html](http://www.merne-naklady-staveb.cz/2_8_konstrukce/typy_konstrukci.html)
- [23] *BETON SERVER - BETON, VŠE Z BETONU A VŠE PRO BETON V ČR* [online]. b.r. [cit. 2017-12-03]. Dostupné z: <https://www.betonserver.cz/>
- [24] *Mapy.cz* [online]. Seznam.cz, OpenStreetMap, NASA, b.r. [cit. 2017-12-03]. Dostupné z: <https://mapy.cz/>
- [25] Rozhovor s Jiřím BARTLEM, výrobní ředitel PREFA Technologies a.s. Praha, 2017.
- [26] Prefabricated Bridge Elements and Systems in Japan and Europe: Scan Team Implementation Plan. *U.S. Department of Transportation: Federal Highway Administration* [online]. Washington DC: FHWA, 2004 [cit. 2017-10-10]. Dostupné z: <https://www.fhwa.dot.gov/bridge/prefab/stip.cfm>
- [27] PBES Cost Study: Accelerated Bridge Construction Success Stories. *U.S. Department of Transportation: Federal Highway Administration* [online]. Washington DC: FHWA, 2006 [cit. 2017-10-10]. Dostupné z: <https://www.fhwa.dot.gov/bridge/prefab/successstories/091104/index.cfm>
- [28] Office of International Programs. *U.S. Department of Transportation: Federal Highway Administration* [online]. Washington DC: FHWA, b.r. [cit. 2017-12-07]. Dostupné z: [https://international.fhwa.dot.gov/prefab\\_bridges/](https://international.fhwa.dot.gov/prefab_bridges/)
- [29] Timeless Gem of the Blue Ridge Parkway. *National Precast Concrete Association* [online]. National Precast Concrete Association, 2017 [cit. 2017-12-03]. Dostupné z: <http://precast.org/2010/07/timeless-gem-of-the-blue-ridge-parkway/>

- [30] Framework for Decision-Making. *U.S. Department of Transportation: Federal Highway Administration* [online]. Washington DC: FHWA, 2006 [cit. 2017-10-10]. Dostupné z: <https://www.fhwa.dot.gov/bridge/prefab/framework.cfm>
- [31] HOLICKÝ, Milan. *Betonové konstrukce 11*. Praha, 2004. Přednášky. ČVUT.
- [32] Prefabricated Bridge Elements and Systems -ABC - Accelerated - Technologies and Inovations - Construction. *U.S. Department of Transportation: Federal Highway Administration* [online]. Washington DC: FHWA, 2017 [cit. 2017-03-28]. Dostupné z: <https://www.fhwa.dot.gov/bridge/prefab/>
- [33] EDC-2: Prefabricated Bridge Elements and Systems. *U.S. Department of Transportation: Federal Highway Administration* [online]. FHWA Resource Center: Beerman, 2016 [cit. 2017-03-28]. Dostupné z: <https://www.fhwa.dot.gov/innovation/everydaycounts/edc%20AD2/pbes.cfm>
- [34] ÚAMK - *Asistenční služby pro motoristy* [online]. ÚAMK, 2015 [cit. 2017-11-19]. Dostupné z: <http://www.uamk.cz/>
- [35] SCHNEIDEROVÁ HERALOVÁ, Renáta. *Analýza nákladů životního cyklu dopravních staveb* [online]. 2015 [cit. 2017-11-23]. Dostupné z: [http://www.cesti.cz/wc15/01\\_Heralova\\_LCC.pdf](http://www.cesti.cz/wc15/01_Heralova_LCC.pdf). Seminář Management dopravní infrastruktury. FSv ČVUT.
- [36] QIN, Xiao a Chase CUTLER. *Review of Road User Costs and Methods*. South Dakota, 2013. South Dakota State University, Department of Civil and Environmental Engineering.
- [37] Rozhovor se Zdeňkem ŽABKOU, Mostní konstrukce a propustky ŽPSV a.s. Praha, 2017.
- [38] Projektová dokumentace.
- [39] Konzultace s Vojtěchem MALÍKEM, technik jeřábů Hanyš - Jeřábnické práce s.r.o. Praha, 2017.