

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra dřevěných výrobků a konstrukcí



Návrh dřevěné lávky

Diplomová práce

Autorka: Bc. Eliška Oberhofnerová

Vedoucí práce: Ing. Martin Sviták, Ph.D.

2014

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra dřevěných výrobků a konstrukcí

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Oberhofnerová Eliška

Dřevařské inženýrství

Název práce

Návrh dřevěné lávky

Anglický název

Design of wood bridge

Cíle práce

Cílem diplomové práce je návrh dřevěné lávky. Lávka bude sloužit pro potřeby pěších, cyklistů a vodáků. Hlavním cílem práce je prokázat vhodné mechanické vlastnosti konstrukčního dřeva a dospět k návrhu, který bude vyvážený po statické, konstrukční i architektonické stránce.

Metodika

1. Úvod - důvody realizace a použitých materiálů
2. Dřevěné lávky na území ČR - výskyt dřevěných lávek a mostů na území ČR
3. Výběr lokace - DUR, informace o dopravní infrastruktuře a potřebách nové lávky, běžný provoz, sezónní provoz, klimatické podmínky
4. Architektonický návrh - technický, estetický, uživatelský, společenský
5. Konstrukční návrh - zvolená nosná konstrukce, druhy zatížení, výpočty mezních stavů únosnosti a použitelnosti
6. Vliv použité dřeviny na konstrukci - volba dvou druhů použitých dřevin v konstrukci lávky a numerické zhodnocení statického posudku
7. Shrnutí a závěr

Harmonogram zpracování

Datum zadání práce: únor 2013

Vypracování zadávacího listu: květen 2013

Příprava a zpracování podkladů: červenec 2013

Literární rešerše a zpracování textové části: září 2013

Zpracování výkresové dokumentace: prosinec 2013

Finální úprava práce a odevzdání ke kontrole: únor 2014

Datum odevzdání práce: 20.4.2014

Rozsah textové části

50 - 60 stran

Klíčová slova

architektonický návrh, technická dokumentace, dřevěná lávka

Doporučené zdroje informací

ČSN EN 1995-1-1. Eurokód 5. Navrhování dřevěných konstrukcí: Část 1-1: Obecná pravidla - Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. 114 s.

ČSN EN 1995-1-1. Eurokód 5. Navrhování dřevěných konstrukcí: Část 2: Mosty. 32 s.

METTEM, Ch., J. Timber bridges. Abingdon: TRADA, 2001, 176 s. ISBN 13:978-0-415-57796-0.

ŠTEFKO, J.; REINPRECHT, L.; KUKLÍK, P. Dřevěné stavby – konstrukce, ochrana a údržba. Bratislava: Jaga group, spol. s r.o., 2006, 196 s. ISBN 80-8076-043-8.

GANDELOVÁ, L.; HORÁČEK, P.; ŠLEZINGEROVÁ, J. Nauka o dřevě. 3. vydání, Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2009, 180 s. ISBN 978-80-7375-312-2.

Vedoucí práce

Sviták Martin, Ing.

Konzultant práce

Ing. Jakub Ryspler

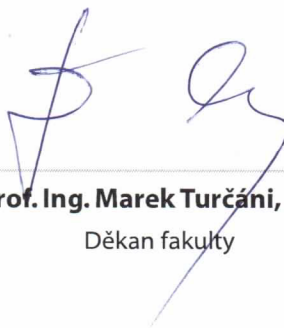
Termín odevzdání

duben 2014



doc. Ing. Martin Böhm, Ph.D.

Vedoucí katedry



prof. Ing. Marek Turčáni, Ph.D.

Děkan fakulty

V Praze dne 8.8.2013

Prohlášení

„Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Návrh dřevěné lávky vypracovala samostatně pod vedením Ing. Martina Svitáka, Ph.D. a použila jsem jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědoma, že zveřejněním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách v platném znění, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.“

V dne

Podpis autorky

Poděkování

Chtěla bych poděkovat vedoucímu diplomové práce Ing. Martinu Svitákovi, Ph.D. za vedení a cenné rady při zpracování práce. Dále bych poděkovala projekční kanceláři Pontika s.r.o. za spolupráci, poskytnuté materiály a předané zkušenosti z praxe.

Abstrakt

Práce se zabývá návrhem dřevěné lávky, vyhovujícím po architektonické, konstrukční a statické stránce. Lávka je situována do konkrétní přírodní lokality Hubertus v blízkosti Karlových Varů a navazuje na plánovanou cyklostezku lemující levý břeh řeky Ohře, penzion a lesní tábořiště. Po zhodnocení podmínek a požadavků vztahujících se k vybranému území byla navržena visutá dřevěná lávka se ztužujícími příhradovými nosníky. Jako materiál na pylony a příhradové nosníky bylo zvoleno lepené lamelové dřevo. Na ostatní dřevěné prvky bylo použito rostlé modřínové dřevo, s výjimkou pochozí vrstvy mostovky a madla zábradlí, které byly navrženy z trvanlivějšího dubového dřeva. Rozhodující průřezy dřevěných prvků konstrukce byly staticky posouzeny pomocí metody mezních stavů. Při návrhu byla věnována pozornost výběru materiálu a ochraně dřeva s cílem zvýšit životnost konstrukce. Byla vypracována architektonická studie návrhu lávky, na jejímž základě byla zpracována dokumentace pro společné územní rozhodnutí a stavební povolení podle vyhlášky č. 62/2013. Návrh dřevěné lávky byl proveden podle platných evropských norem.

Klíčová slova

dřevěná lávka, visutá konstrukce, architektonický návrh, technická dokumentace

Abstract

The objective of this thesis is to design a timber footbridge convenient from the architectural, structural and static point of view. The footbridge is situated in a particular locality of Hubertus near Karlovy Vary and connected with future bicycle path on the left bank of the river Ohře, country house hotel and camping site. After assessing all the conditions and requirements attached to this locality the suspension timber footbridge with stiffening trusses had been designed. Glued laminated timber was chosen as a material for pylons and trusses. Larch timber was used for the fabrication of all other remaining wooden components with the exception of the upper layer bridge deck and handrail for which the resilient oak timber was chosen. The designed construction was statically determined using the method of limit states. Special attention was paid to the selection of suitable construction material and wood protection to increase durability of the construction. The architectural study of footbridge construction was carried out, the documentation for common area management and planning permission according to regulation No. 62/2013 was elaborated on its bases. The design of timber bridge was carried out according to valid European standards.

Keywords

timber footbridge, suspension construction, architectural design, technical documentation

Obsah

SEZNAM OBRÁZKŮ	10
SEZNAM TABULEK	12
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ.....	13
1 ÚVOD	16
2 CÍLE PRÁCE	18
3 HISTORIE A SOUČASNOST DŘEVĚNÝCH LÁVEK A MOSTŮ	19
3.1 Historie dřevěných lávek a mostů	19
3.1.1 Dřevěné lávky a mosty ve světě.....	19
3.1.2 Dřevěné lávky a mosty na území ČR	22
3.1.3 Používané materiály, konstrukce a spoje.....	24
3.1.3.1 Používané materiály na stavbu mostů	24
3.1.3.2 Používané mostní konstrukce	24
3.1.3.3 Používané spoje konstrukcí.....	26
3.2 Současné dřevěné lávky a mosty	26
3.2.1 Používané materiály na nosné konstrukce dřevěných lávek a mostů	27
3.2.1.1 Rostlé dřevo (řezivo)	27
3.2.1.2 Konstrukční dřevo (KVH)	28
3.2.1.3 Lepené rostlé dřevo	28
3.2.1.4 Lepené lamelové dřevo (LLD, Glulam, BSH)	28
3.2.1.5 Kompozitní materiály na bázi dřeva	29
3.2.1.6 Používané druhy dřevin	30
3.2.1.7 Vybrané mechanické vlastnosti dřeva	31
3.2.1.8 Porovnání stavebních materiálů	32
3.2.2 Používané konstrukce dřevěných lávek a mostů	33
3.2.2.1 Obloukové konstrukce	34
3.2.2.2 Trámové konstrukce	36
3.2.2.3 Zavěšené konstrukce.....	37
3.2.2.4 Visuté konstrukce.....	38
3.2.3 Používané spoje	39
3.2.3.1 Spoje s mechanickými spojovacími prostředky	39
3.2.3.2 Tesařské spoje.....	41
3.2.3.3 Lepené spoje	41
4 METODIKA	42
5 VÝBĚR LOKALITY	43
5.1 Vybraná lokalita.....	43
5.1.1 Konkrétní umístění lávky.....	45
5.2 Podklady a požadavky pro návrh lávky	45

5.2.1	Stavebně technické požadavky	46
5.2.2	Hydrotechnické podmínky	48
5.2.3	Geotechnické podmínky	50
5.2.4	Klimatické podmínky a provoz	50
5.2.5	Dopravní infrastruktura	50
6	ARCHITEKTONICKÝ NÁVRH LÁVKY	51
6.1	Typ konstrukce	51
6.2	Šířkový profil lávky	52
6.3	Zábradlí	53
6.4	Rampy	53
6.5	Úprava okolí lávky	54
7	KONSTRUKČNÍ NÁVRH LÁVKY	55
7.1	Použité materiály.....	56
7.2	Návrh konstrukčních prvků lávky.....	57
7.2.1	Pochozí vrstva mostovky.....	57
7.2.2	Podélné nosníky	58
7.2.3	Příčné nosníky	59
7.2.4	Příhradový nosník	60
7.2.5	Stojky pylonu.....	61
7.2.6	Vodorovné zavětrování.....	62
7.2.7	Ocelová lana a závěsy	63
7.2.8	Spodní stavba	64
7.2.9	Spojovací prostředky.....	64
7.3	Ochrana dřeva	66
7.3.1	Konstrukční ochrana lávky	67
7.3.2	Chemická ochrana.....	68
7.3.3	Požární ochrana	69
7.4	Montáž lávky	70
8	STATICKÉ POSOUZENÍ KONSTRUKCE	71
8.1	Zatížení konstrukce.....	71
8.1.1	Uvažovaná zatížení a kombinační stavy	72
8.2	Statické působení lávky	73
8.3	Mezní stavy	74
8.3.1	Mezní stavy únosnosti	74
8.3.2	Mezní stavy použitelnosti	77
8.4	Základní namáhání dřevěných konstrukčních prvků	78

8.4.1	Prvky namáhané tahem	79
8.4.2	Prvky namáhané tlakem.....	79
8.4.3	Prvky namáhané ohybem	81
8.4.4	Prvky namáhané smykem	82
8.4.5	Prvky namáhané kroucením	82
9	SHRNUTÍ.....	83
9.1	Vliv použité dřeviny na životnost konstrukce.....	83
9.2	Vliv použité dřeviny na únosnost konstrukce.....	84
9.3	Vliv použité dřeviny na vzhled konstrukce	84
9.4	Ekonomické zhodnocení	84
10	ZÁVĚR.....	87
	SEZNAM LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ.....	89
	SEZNAM PŘÍLOH	95

Seznam obrázků

Obrázek 1: Trajánův most	20
Obrázek 2: Kappelbrücke	20
Obrázek 3: Model Grubenmannova mostu v Kubelu.....	21
Obrázek 4: Grubenmannův most u Schaffhausenu	21
Obrázek 5: Černvírský most	23
Obrázek 6: Chebský most	23
Obrázek 7: Vývoj dřevěných mostních příhradových nosníků	25
Obrázek 8: Nosnost trámu podle průběhu letokruhů a poměru stran	32
Obrázek 9: Některé používané mostní konstrukce	34
Obrázek 10: Typy obloukových mostů	35
Obrázek 11: Příklad mezilehlé mostovky - Lávka u Nového Boru.....	35
Obrázek 12: Příklad spodní mostovky - Lávka ve Valašském Meziříčí	35
Obrázek 13: Příklad horní mostovky - Most v Montmorency	36
Obrázek 14: Příklad příhradové konstrukce - Lávka přes Metuji	36
Obrázek 15: Konstrukce s lepenými nosíky- Lávka v Olomouci	36
Obrázek 16: Typy zavěšených konstrukcí lávek a mostů	37
Obrázek 17: Příklad zavěšené konstrukce - Lávka v Magdeburgu	37
Obrázek 18: Schéma visuté konstrukce bez výztužného nosníku	38
Obrázek 19: Typy visutých konstrukcí mostů s výztužným nosníkem	38
Obrázek 20: Příklad visutého mostu - Lávka přes Spokane River ve Washingtonu	39
Obrázek 21: Visutá konstrukce s výztužným nosníkem- Lávka v Benešově	39
Obrázek 22: Ocelové spojovací prostředky	40
Obrázek 23: Přehled základních tesařských spojů	41
Obrázek 24: Mapa s vyznačenou polohou lokality Hubertus	43
Obrázek 25: Projekt cyklostezky podél řeky Ohře	44
Obrázek 26: Konkrétní lokalita Hubertus.....	45
Obrázek 27: Katastrální území	47
Obrázek 28: Vyznačené parcely	48
Obrázek 29: Typy konstrukcí dřevěných lávek a mostů podle rozpětí	51
Obrázek 30: Volný prostor cyklisty v pohybu	53
Obrázek 31: Navržená konstrukce lávky	55
Obrázek 32: Pochozí vrstva mostovky	58
Obrázek 33: Podélné nosíky.....	59
Obrázek 34: Příčné nosíky.....	60
Obrázek 35: Příhradové nosíky	61
Obrázek 36: Vzpěry	61
Obrázek 37: Pylony	62

Obrázek 38: Vodorovné zavětrování	63
Obrázek 39: Lana a závěsy	64
Obrázek 40: Spodní stavba	64
Obrázek 41: Složky průhybu	77
Obrázek 42: Pevnost dřeva ve vzpěru	80

Seznam tabulek

Tabulka 1: Předepsaná vlhkost dřeva určeného na stavební konstrukce	30
Tabulka 2: Porovnání stavebních materiálů	33
Tabulka 3: Vybrané vlastnosti použitých materiálů	56
Tabulka 4: Rozdělení dřevin dle trvanlivosti	66
Tabulka 5: Třídy ohrožení a výskyt biotických činitelů podle EN 335-1	68
Tabulka 6: Třídy provozu.....	72
Tabulka 7: Třídy trvání zatížení	72
Tabulka 8: Zatěžovací stavy	73
Tabulka 9: Hodnoty součinitele spolehlivosti při zatížení dopravou	75
Tabulka 10: Hodnoty součinitele spolehlivosti materiálu.....	76
Tabulka 11: Hodnoty k_{mod} pro rostlé a lepené lamelové dřevo	76
Tabulka 12: Hodnoty k_{def} pro rostlé a lepené lamelové dřevo.....	78
Tabulka 13: Dovolené hodnoty průhybu prostého nosníku	78
Tabulka 14: Ekonomické zhodnocení.....	86

Seznam použitých zkratk a symbolů

BSH	<i>Brettschichtholz (lepené lamelové dřevo)</i>
ČNI	<i>Český normalizační institut</i>
ČSN	<i>Česká technická norma</i>
EN	<i>Evropská norma</i>
Glulam	<i>Glued laminated timber (lepené lamelové dřevo)</i>
KNH	<i>kontrolní návrhová hladina</i>
KNP	<i>kontrolní návrhový průtok</i>
KÚ	<i>katastrální území</i>
KVH	<i>konstrukční dřevo</i>
LLD	<i>lepené lamelové dřevo</i>
LSL	<i>Intrallam</i>
LVL	<i>vrstvené dřevo</i>
MVŠ	<i>minimální volná šířka</i>
MVV	<i>minimální volná výška</i>
NH	<i>návrhová hladina</i>
NP	<i>návrhový průtok</i>
PSL	<i>Parallam</i>
TSL	<i>DeltaStrand</i>
ÚNMZ	<i>Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví</i>
b	<i>šířka</i>
d	<i>průměr</i>
$E_{0,05}$	<i>hodnota 5% kvantilu modulu pružnosti</i>
E_{mean}	<i>průměrná hodnota modulu pružnosti</i>
F	<i>síla</i>
f_c	<i>pevnost v tlaku</i>
F_d	<i>návrhová síla</i>
f_m	<i>pevnost v ohybu</i>
f_t	<i>pevnost v tahu</i>
f_v	<i>pevnost ve smyku</i>
g_k	<i>charakteristická hodnota spojitého stálého zatížení</i>
g_d	<i>návrhová hodnota spojitého stálého zatížení</i>
G	<i>stálé zatížení</i>
h	<i>výška</i>
i	<i>moment setrvačnosti</i>
$k_{c,0}$	<i>součinitel vzpěrnosti</i>
k_{def}	<i>součinitel pro zjišťování dotvarování s uvažováním příslušné třídy provozu</i>

k_m	<i>součinitel zohledňující redistribuci ohybových napětí v průřezu</i>
k_{mod}	<i>modifikační součinitel pro vliv trvání zatížení a vlhkosti na pevnost</i>
l	<i>rozpětí, délka</i>
l_{ef}	<i>účinná délka</i>
M_d	<i>návrhový moment</i>
N	<i>osová síla</i>
Q	<i>nahodilé zatížení</i>
q_k	<i>charakteristická hodnota spojitého nahodilého zatížení</i>
q_d	<i>návrhová hodnota spojitého nahodilého zatížení</i>
Q_{10}	<i>desetiletý návrhový průtok/návrhová hladina</i>
Q_{100}	<i>stoletý návrhový průtok/návrhová hladina</i>
Q_{50}	<i>padesátiletý návrhový průtok/návrhová hladina</i>
r	<i>poloměr zakřivení</i>
R_d	<i>návrhová hodnota únosnosti</i>
R_k	<i>charakteristická hodnota únosnosti</i>
t	<i>tloušťka</i>
u_{creep}	<i>deformace od dotvarování</i>
u_{fin}	<i>konečná deformace</i>
$u_{fin,G}$	<i>konečná deformace pro stálé zatížení G</i>
$u_{fin,Q,1}$	<i>konečná deformace pro hlavní proměnné zatížení Q_1</i>
$u_{fin,Q,i}$	<i>konečná deformace pro ostatní proměnná zatížení Q_i</i>
u_{inst}	<i>okamžitá deformace</i>
V	<i>posouvající síla</i>
W	<i>průřezový modul</i>
X_d	<i>návrhová hodnota pevnostní vlastnosti</i>
X_k	<i>charakteristická hodnota pevnostní vlastnosti</i>
β_c	<i>součinitel meze zakřivení</i>
γ_F	<i>dílčí součinitel pro zatížení</i>
ρ_k	<i>charakteristická hodnota hustota</i>
γ_M	<i>dílčí součinitel vlastnosti materiálu</i>
λ	<i>štíhlostní poměr</i>
λ_{rel}	<i>poměrný štíhlostní poměr</i>
σ_c	<i>napětí v tlaku</i>
$\sigma_{c,crit}$	<i>kritické tlakové napětí</i>
σ_m	<i>napětí v ohybu</i>
σ_N	<i>normálové napětí</i>
σ_t	<i>napětí v tahu</i>

σ_{tor}	<i>napětí ve smyku od kroucení</i>
τ_d	<i>napětí ve smyku</i>
ψ_0	<i>součinitel pro kombinační hodnotu proměnných zatížení</i>
ψ_2	<i>součinitel pro kvazistálou hodnotu proměnných zatížení</i>

1 Úvod

Předmětem diplomové práce je návrh dřevěné lávky. Téma bylo vybráno z důvodu, že se jedná o aktuální záležitost, neboť obliba dřevěných konstrukcí se v České republice zejména v posledních letech značně zvýšila. Vzestup míry využití dřeva jako vhodného materiálu je spojen především s rozvojem jeho použití ve stavebnictví. Dřevěné konstrukce (obecně se konstrukce považuje za dřevěnou, pokud je dřevo převládajícím materiálem použitým na nosné prvky) jsou schopny vyhovět současným vysokým požadavkům na ekologii, obnovitelnost zdrojů i ekonomickou stránku výstavby. Mezi další nesporné výhody dřevěných konstrukcí patří nízké výrobní, přepravní a montážní náklady a také relativně nízké náklady na jejich zakládání, podpěry a opěry. K výčtu pozitivních vlastností dřevěných konstrukcí můžeme přidat také nízkou vlastní hmotnost a jednoduchou a rychlou montáž. Dalšími důvody, proč se zvyšuje zastoupení dřevěných konstrukcí, je vývoj nových materiálů na bázi dřeva, spojovacích prostředků, lepidel či povrchových úprav. V případě konstrukce lávek se poslední dobou nejvíce uplatňuje lepené lamelové dřevo, které dosahuje velké únosnosti a umožňuje překlenout velká rozpětí. V porovnání s masivním dřevem vykazuje větší rozměrovou a tvarovou stálost, lepší požární vlastnosti a pohledovou kvalitu.

Díky uvedeným přednostem dřeva a dřevěných konstrukcí se v současné době nejen v České republice stále častěji setkáváme s dřevěnými lávkami i mosty. Konstrukce lávky se obecně liší od konstrukce mostu zejména v uvažovaném zatížení. Zatímco mosty jsou zpravidla dimenzovány na přenášení nahodilých zatížení od motorových vozidel, lávky, přednostně využívané chodci a cyklisty, jsou jen výjimečně určeny pro udržovací a záchranná vozidla, a tudíž se dimenzují na podstatně menší nahodilé zatížení. Lávek se hojně využívá k přemostění silnic a dálnic, vodních toků a také pro překonání různých překážek v lesích a lesoparcích.

Důležitým kritériem návrhu je výběr materiálu pro konstrukci lávky, vhodných spojovacích prostředků a způsobu ochrany dřeva. Práce se zabývá návrhem konstrukce dřevěné lávky, včetně vytvoření potřebné dokumentace objektu ve formě architektonické studie a projektové dokumentace s technickými zprávami, výkresovou dokumentací, statickými výpočty a vizualizacemi.

Diplomová práce se zabývá i smysluplným zasazením lávky do konkrétní lokality. Jako území pro umístění lávky byla zvolena oblast v blízkém okolí Karlových Varů. Toto území bylo vybráno z důvodu, že zde takový typ stavby chybí. Jedná se o přírodní lokalitu Hubertus na břehu řeky Ohře. Propojení obou břehů zde výrazně usnadní provoz vodáckého tábořiště a umožní napojení plánovaného úseku karlovarské cyklostezky na parkovací plochu, komunikaci vedoucí z Karlových Varů a penzion Hubertus. Lávka bude mít v rámci daného území široké uplatnění a bude určena pro potřeby pěších, cyklistů a vodáků.

2 Cíle práce

Hlavním cílem práce je na základě teoretických poznatků navrhnout vhodnou dřevěnou konstrukci lávky pro konkrétní vybranou lokalitu. Záměrem je demonstrovat vyhovující mechanické vlastnosti dřeva jako konstrukčního materiálu a dospět k návrhu, který bude vyvážený po statické, konstrukční a architektonické stránce.

Dílčí cíle:

- výběr lokality pro realizaci dřevěné lávky;
- volba vhodného typu konstrukce lávky (na základě literární rešerše a podmínek vyplývajících z vybrané lokality);
- návrh lávky s ohledem na ochranu dřeva;
- zpracování projektové dokumentace a statického posouzení zvolené konstrukce;
- zhodnocení vlivu použitého materiálu.

3 Historie a současnost dřevěných lávek a mostů

Dřevo se jako stavební materiál používalo už od dob prehistorických. Díky svým nesporným výhodám měly dřevěné konstrukce své uplatnění téměř ve všech kulturách a ve všech obdobích vývoje lidské společnosti. Prvotně bylo dřevo využíváno na stavbu nejjednodušších lidských obydlí primárně určených pro ochranu člověka před vnějšími vlivy. S postupným získáváním znalostí o vlastnostech dřeva a zvyšující se úrovni nástrojů a posléze strojů začalo být využíváno na složitější konstrukce jako mosty, železnice, krovy, vícepatrové budovy, halové stavby i bytové domy. Odedávna je základním předpokladem pro použití dřeva na stavební konstrukce znalost jeho vlastností.

3.1 Historie dřevěných lávek a mostů

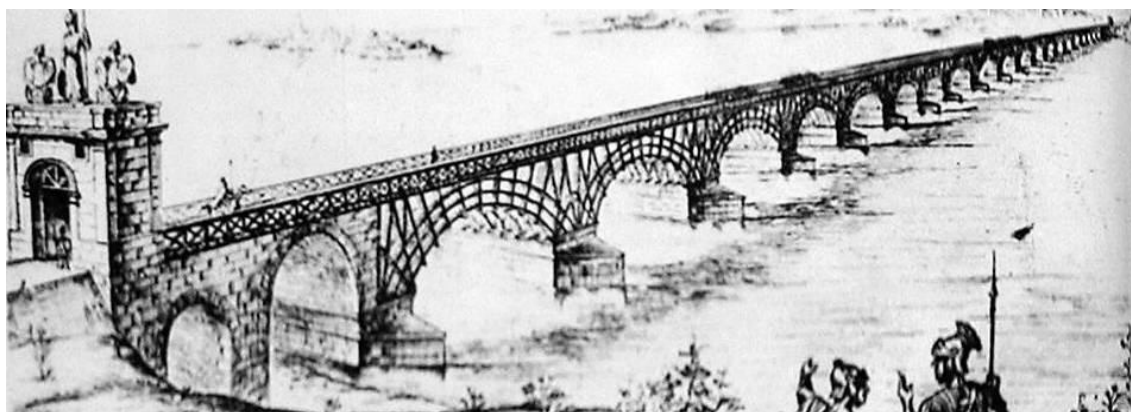
Díky snadné dostupnosti dřeva jako stavebního materiálu můžeme hledat příklady historických dřevěných konstrukcí po celém světě. Už v antickém Římě bylo dřevo využíváno na řadu náročných technických staveb, jako byly vodovody, mlýny, cesty a samozřejmě mosty. Například z roku 3300 BC pochází cesta z dřevěných klád, která byla nalezena zakonzervovaná v bažině poblíž města Glastonbury v Anglii (Historické cesty, 2013).

V následující kapitole jsou uvedeny pouze nejznámější a nejuváděnější příklady dřevěných mostů a lávek, které by měly poskytnout přehled o celkovém vývoji těchto konstrukcí.

3.1.1 Dřevěné lávky a mosty ve světě

První mostní stavbou byl pravděpodobně kmen stromu, který člověk přešel přes vodní překážku. Tento nejprimitivnější trámový most byl brzy nahrazen trámovým konzolovým mostem, který umožnil překlenout větší překážky. Na jeho konzolovité vyložení zatížené zeminou nebo kamením byly ukládány jednotlivé dřevěné trámy (Dutko et al., 1966). Nejstarší historicky zaznamenané dřevěné mosty pochází z období kolem roku 600 BC, kdy se začaly rozvíjet obchodní styky a rostly komunikační sítě. Jednalo se o jednoduché trámové konstrukce z otesaných kmenů, uložené na

dřevěných mostních bárkách. Příkladem je trámový most Pons Sublicius přes řeku Tiberu v Římě. Zajímavostí je, že byl postaven pouze za 10 dní a s pravidelnými opravami vydržel 900 let (Kuklík, 2005; Koželouh, 2004). Z období počátku našeho letopočtu pochází obloukový dřevěný most přes Dunaj, nazývaný Trajánův (Obrázek 1), postavený v roce 103 AD. Světlost polí mostu byla 35 m, šířka pilířů 18 m a celkově byl most dlouhý 1070 metrů (Kuklík, 2005).



Obrázek 1: Trajánův most (Aboutfacts, 2014)

V roce 1333 byl postaven známý most Kapellbrücke ve Švýcarsku (Obrázek 2), který je zajímavý svým zastřešením a lomeným půdorysem. Dodnes existuje a je chráněný jako švýcarská národní památka (Dutko et al., 1966).



Obrázek 2: Kappelbrücke (Europeancastles, 2014)

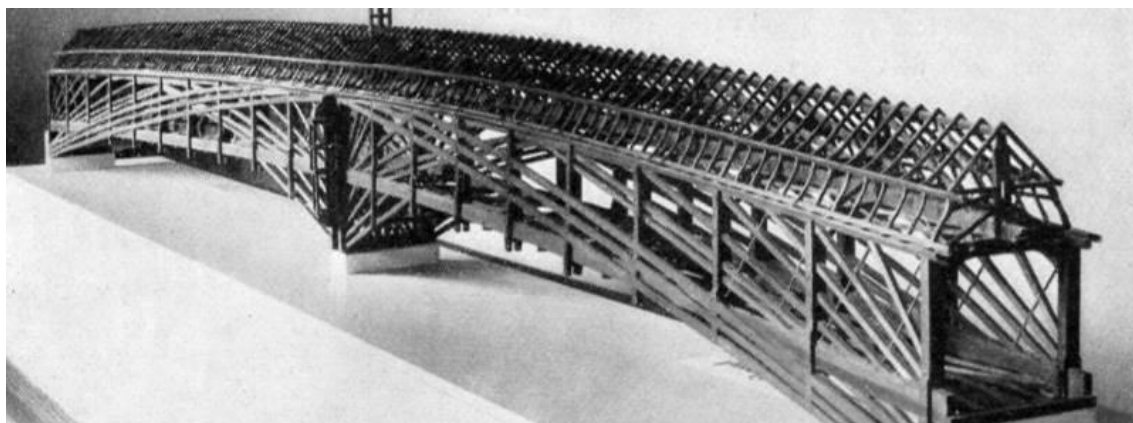
V 16. století žil a tvořil italský architekt Andrea Palladio, kterému je přičítána řada návrhů mostních příhradových konstrukcí, například dřevěný most přes Cismone z roku 1550 (Dutko et al., 1966). V Queen's College byl v roce 1750 postaven dřevěný most nazývaný „matematický most“. Byl navržen Williamem Etheridgem. Vzhledově odpovídá oblouku, ve skutečnosti je ale vytvořen z přímých dřevěných prvků, které

jsou uspořádány tangenciálně k zakřivení. Tyto prvky jsou ve všech průsečných bodech spojeny svorníky (Koželouh, 2004). V průběhu 18. století byly ve Francii vyvinuty mosty, jejichž vozovka byla uložena na plochých obloucích s lamelovým průřezem. Příkladem je Ludvíkův most přes Isar u Freisingu. Dalším známým stavitelem této doby byl Hans Ulrich Grubenmann, který v 18. století navrhl několik zastřešených mostů s rozpětím až 120 metrů. Jeho prací je most v Kubelu (Obrázek 3), který kombinuje princip obloukového a věšadlového mostu. Střecha u něj působí jako ztužení. V těchto všech konstrukcích bylo používáno komplikované přeplátování pro vytvoření dlouhých tažených prvků z krátkých dřevěných částí (Koželouh, 2004).



Obrázek 3: Model Grubenmannova mostu v Kubelu (Karin Bucher, 2014)

Dále Koželouh (2004) uvádí další známé Grubenmannovo dílo, most přes Rýn u Schaffhausenu ve Švýcarsku (Obrázek 4). Byl navržen s rozpětím 104 metrů přes celou řeku, ale na základě požadavku městské rady byl návrh změněn a musela být použita střední podpora. Provedený most pozůstával ze tří vzpěradel. Krátce po dokončení mostu Grubenmann údajně odstranil podklady na středním pilíři a demonstroval tím tak to, že jeho původní koncepce byla proveditelná (Kuklík, 2005).



Obrázek 4: Grubenmannův most u Schaffhausenu (Rdk-zikg, 2013)

Během období rozvoje železnic v 19. století byla ze dřeva konstruována řada mostů a viaduktů (Koželouh, 2004). Významným inženýrem této doby byl Brit Isambard Kingdom Brunel, který navrhoval konstrukce ze štíhlých prvků. Charakteristickým znakem jeho návrhu byla možnost výměny jakéhokoli konstrukčního prvku během jedné hodiny a bez přerušení provozu. Brunel prováděl zatěžovací zkoušky a vyžadoval trvalou údržbu dřeva, bylo impregnováno ochrannými látkami - roztokem chloridu rtuťnatého.

Dále Koželouh (2004) uvádí, že v USA bylo dřevo jako materiál pro mostní konstrukce velmi rozšířené. Stavba mostů souvisela s rozvojem železnice (Bell, 2008). Původní severoamerické mosty spočívaly v jednoduché trámové a sloupové konstrukci. Příkladem je Great Bridge přes řeku Charles River z roku 1660. Od roku 1792 začal Timothy Palmer stavět příhradové obloukové mosty, v roce 1796 si nechal patentovat ideu zcela uzavřeného dřevěného mostu se střechou a stěnami, jehož očekávaná životnost vzrostla z 10-12 let na 40 let. Lewis Wernwag postavil celkem 29 mostů, nejznámějším je „Colossus“ ve Philadelphii z roku 1812. Most byl zcela zastřešený dřevěným příhradovým obloukem s volným rozpětím 103,7 metru. V případě správného návrhu mostu a jeho zastřešení bylo v této době možné očekávat životnost 50 až 100 let. V roce 1890 byly náklady na stavbu dřevěného mostu přibližně poloviční než u srovnatelného železného mostu.

3.1.2 Dřevěné lávky a mosty na území ČR

Území České republiky se vyznačuje tím, že zde vždy docházelo ke styku evropských kultur, proto u nás můžeme zaznamenat dřevěné konstrukce typické pro celou střední Evropu. Co se týče mostů a lávek, v minulosti se jich na našem území nacházelo poměrně značné množství. V Praze byl pravděpodobně první dřevěný most přes Vltavu postaven roku 795, není ale známo, jak dlouho existoval (Kuklík, 2005). Na konci 10. století byl přes Vltavu postaven další dřevěný most, který byl poškozen při povodni roku 1118. Později byl v Praze postaven patrně třetí dřevěný most, který byl v letech 1158-1172 nahrazen kamenným Juditiným mostem. Dalším zástupcem je pak Prašný most, který byl v 16. století postaven před branou Pražského hradu. Později byl ale zbořen a nahrazen náspem. Nejstarší u nás dochovaný silniční most ze dřeva se

nachází v osadě Černvír na Moravě (Obrázek 5). Pochází z roku 1718, je dlouhý 32 metrů a široký 2,6 metru. Konstrukční systém je věšadlový (Kuklík, 2005).



Obrázek 5: Černvířský most (Černvír, 2013)

Dalším typem dřevěných mostů jsou tzv. rechle, které sloužily pro zadržování polen a špalků plavených po řece do papíren. Do otvorů v podlaze mostu se zasouvaly trámký, které tvořily bariéru pro plavené dřevo. Příkladem je krytý dřevěný most v Lenoře pravděpodobně z roku 1780 (Špitálský, 2001). Další ukázkou dřevěné konstrukce je most v Chebu (Obrázek 6). Současná podoba nahrazuje původní most, zničený na konci války v roce 1945.



Obrázek 6: Chebský most (Středověk, 2014)

V roce 1838 navrhl tesařský mistr Ránek dřevěnou krytou lávku přes Vltavu, projekt však nebyl realizován. Na konci 19. a začátku 20. století stálo v Praze několik velkých dřevěných mostů. Příkladem byl starý Libeňský most z roku 1903, který měl 21 polí a délku 449 metrů (Kuklík, 2005).

3.1.3 Používané materiály, konstrukce a spoje

Do vývoje mostního stavitelství spadá jak postupný vývoj konstrukcí mostů a lávek, tak vývoj používaných spojů, spojovacích prostředků a materiálů. Druh používaných prostředků, materiálů a konstrukcí úzce vypovídá o celkové úrovni stavitelství v daném období.

3.1.3.1 Používané materiály na stavbu mostů

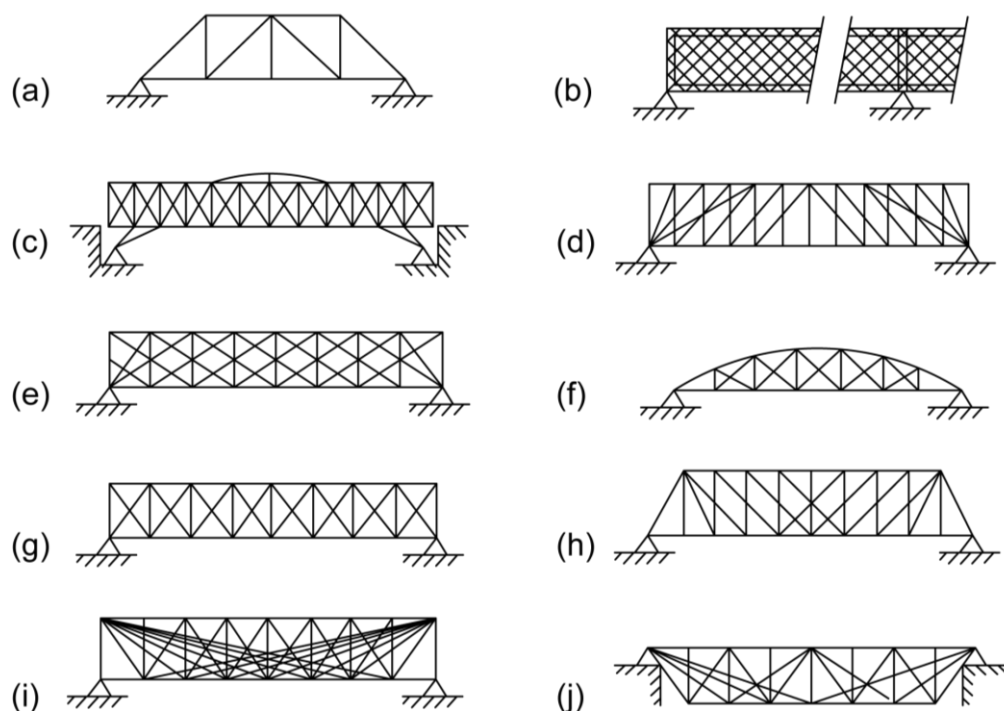
V minulosti se pro stavební účely využívalo výhradně rostlé dřevo, v zásadě se jednalo o ručně opracované i neopracované kmeny. Konstrukce byly většinou těžké a robustní. S rozvojem řemesel se začaly rozvíjet i mechanismy využívající sílu vody a větru. Přesto pracovní nářadí zůstalo převážně ruční, tak i stavba mostů měla řemeslný ráz. Na jejich stavbu se nejvíce používala kulatina, méně pak hraněné řezivo (Dutko et al., 1966). V souvislosti s rozvojem strojních zařízení a způsobů využití energií se na začátku 18. století začínají využívat lehké stavební konstrukce, kdy první pily zpracovávají kulatinu na prkna a fošny. V této době se také začínají užívat spojovací prostředky jako hřebíky, svorníky a hmoždinky.

Dále Dutko (1966) uvádí, že přechod od manufaktur k strojové výrobě umožnil rychlejší opracování dřeva. Vznikly velké pilařské závody, které ve velkém množství vyráběly řezivo do zásoby. Továrenská výroba nahradila dotehdy ručně vyráběné, drahé a nepřesné spojovací prostředky, a to zejména hřebíky, kolíky a svorníky. Novodobé spojovací prostředky, včetně lepidel, umožnily změny v použití spojovacích prostředků a v řešení styčníků příhradových konstrukcí. Postupem času byly vynalezeny další materiály na bázi dřeva a možnosti jejich spojování. Například systém spojování dřevěných konstrukcí ocelovými deskami s prolisovanými trny byl patentován v roce 1955 v USA (ASB, 2008).

3.1.3.2 Používané mostní konstrukce

Koželouh (2004) uvádí, že na počátku vývoje dřevěných mostů se používaly převážně trámové konstrukce, později se začaly objevovat konstrukce ve formě

oblouků. Od počátku 19. století začíná rozsáhlý vývoj mostních příhradových nosníků (Obrázek 7).



Obrázek 7: Vývoj dřevěných mostních příhradových nosníků. (Koželouh, 2004)

(a) Most Androscoggin Brunswick, 1804, (b) mřížový příhradový nosník Town, 1819, (c) Col. Longs brace truss, 1830, (d) příhradový nosník Haupt, 1839, (e) příhradový nosník Howe, 1830, (f) obloukový příhradový nosník Whipple, 1846, (g) příhradový nosník Pratt, 1846, (h) příhradový nosník Whipple, 1846, (i) příhradový nosník Bollman, 1852, (j) příhradový nosník Fink, 1857 (zdroj: autorka, převzato z Koželouh, 2004).

Stavitelé Palmer, Wernwag a Burr patentovali rozličné tvary příhradových nosníků kombinovaných s obloukem. První moderní návrh příhradového nosníku vyvinul Ithiel Town v roce 1820. Tento nosník měl jednoduchou nebo dvojnásobnou mezipásovou příhradovinu a jeho výroba a montáž byly velmi snadné. Dále byly vyvinuty další typy příhradových nosníků obsahující železné tažené prvky. Zavedení železa ke konstrukci nosníků však vedlo k postupnému nahrazování dřevěných prvků příhradových nosníků (Koželouh, 2004). U nás se nejvíce používaly Howe-Žuravského soustavy, vzpěradla, věšadla a trémové rošty, později plnostěnné hřebíkové nosníky, různé typy vzpínadel a lepené nosníky. Původně se u nás začala zabývat lepenými dřevěnými konstrukcemi firma Müller-Kapsa (Dutko et al., 1966).

Ve 20. Století se dřevěné konstrukce začaly staticky přepočítávat a jejich rozměry se začaly určovat podle výsledků výpočtu, což je hlavním znakem dřevěných inženýrských konstrukcí. Největší rozdíl mezi navrhovanými novodobými dřevěnými konstrukcemi a konstrukcemi z minulosti nespočívá ani tak v rozpětí nebo složitosti konstrukce, ale především v úsporném dimenzování. Dalším důležitým znakem dnešních konstrukcí jsou moderní spojovací prostředky. Části konstrukce a jejich spoje tak mají téměř stejnou míru bezpečnosti. Neposledním znakem novodobého navrhování je zkušebnictví v oboru dřevěných konstrukcí. Začátky zkoušení dřeva sahají až do 18. století (Dutko et al., 1966).

3.1.3.3 Používané spoje konstrukcí

Původní spojování dřevěných prvků vázáním různými provazci postupně nahradily tesařské spoje a později kovové spojovací prostředky a lepení (Stavební komunita, 2012). Dutko et al. (1966) ve své publikaci uvádí, že původním spojováním dřevěných prvků bylo svazování. Později bylo nahrazeno spojováním pomocí jednoduchých zářezů, čepů, dlabů a dřevěných kolíků. V období rozvoje řemesel se prvky mostních konstrukcí spojovaly propracovanějšími tesařskými vazbami, takže trámy musely být v důsledku značného oslabení nadměrně dimenzované. Druhořadými prostředky byly klíny a kolíky ze dřeva i kovu, různé objímky a pásy. Ještě v průběhu 19. století se většinou prováděly tesařské vazby a spoje se dimenzovaly na základě řemeslného a zkušenostního navrhování, bez statických výpočtů, nanejvýš podle empirických pravidel.

3.2 Současné dřevěné lávky a mosty

V současné době se dřevěné lávky a mosty těší velké oblibě, přestože nemají tak neomezené konstrukční možnosti jako ocelové nebo betonové. Na druhou stranu vynikají řadou jiných vlastností, ať už se jedná o rychlost a jednoduchost výstavby, cenu, ekologickou stránku, dostupnost materiálu či estetický vzhled. Některé příklady realizovaných lávek a mostů v ČR i zahraničí jsou uvedeny v podkapitole Používané konstrukce dřevěných lávek a mostů.

3.2.1 Používané materiály na nosné konstrukce dřevěných lávek a mostů

Současná etapa rozvoje dřevěných konstrukcí započatá na přelomu 70. a 80. let minulého století se vyznačuje používáním stále novějších materiálů a konstrukčních prvků na bázi dřeva, vykazujících vysoké parametry pevnosti a dále vývojem nových spojovacích prostředků, které umožňují provádět ty nejnáročnější spoje konstrukčních prvků. Rozvoj dřevěných konstrukcí vždy úzce souvisel s možnostmi výroby, jak z hlediska zpracování dřeva, tak i spojování dřevěných konstrukcí. Na dřevěné konstrukce se nejprve používala kulatina, v další etapě přibýlo deskové a hraněné řezivo a později lepené lamelové dřevo a materiály na bázi dřeva (Stavební komunita, 2012).

3.2.1.1 Rostlé dřevo (řezivo)

Pro nosné dřevěné konstrukční prvky se smí v zásadě používat jen takové rostlé dřevo, které lze na základě třídění přiřadit k určité pevnosti. To se provádí na základě vizuálního nebo strojního třídění (Blass, 2008). Rostlé dřevo se používá ve formě deskového, hraněného nebo polohraněného řeziva. Jeho nevýhodou je přítomnost vad, trhlin a prasklin a také menší odolnost vůči biotickým a abiotickým škůdcům. Ve střední Evropě se vyrábí do délky 16 m v odstupňování po 0,5 m. Přířezy jsou odstupňované po 20 mm až do velikosti 200/240 mm. Standardní délka fošen, desek a latí je 4,0 m. Dostupné délky jsou od 1,5 m do 6,0 m. Při projektování dřevěných konstrukcí se rostlé dřevo používá pro všechny typy nosných prvků, jako jsou sloupy, nosníky, vaznice a jiné (Augustin, 2008a).

Pro nosné konstrukce mostního typu se v ČR zpravidla používá konstrukční dřevo z jehličnatých dřevin třídy pevnosti C24 (třídy jakosti S10) a listnatých dřevin třídy pevnosti D30, D35 (třídy jakosti S10). Konstrukce může být vyrobena jen z rostlého dřeva nebo jako kombinace rostlého a lepeného dřeva, zpravidla hlavní nosníky jsou z lepeného dřeva a ostatní prvky z rostlého dřeva (Straka, 1996).

3.2.1.2 Konstrukční dřevo (KVH)

Konstrukční dřevo nastavované zubovitým spojem (KVH) je délkově nastavovaný, čtyřstranně frézovaný a tloušťkově egalizovaný materiál, který se vyrábí v délkách až 18 metrů. Dalším typem konstrukčního dřeva jsou dvouvrstvé a třívrstvé hranoly (Duo – Trio hranoly), které se vyrábí plošným slepením jednovrstvého konstrukčního dřeva (Böhm et al., 2012). Jedná se tedy o uměle vysušené řezivo s vyřezanými vadami, které se délkově nastavuje zubovitým spojem. Výhodami jsou stabilní rozměry, odstraněné vady, přesné dimenze, certifikace a známé pevnostní třídy. Rozdíl oproti běžnému konstrukčnímu řezivu spočívá v nadstandardně stanovených požadavcích přesahujících požadavky běžných norem (Blass, 2008). Dle normy ČSN EN 338 (2010) se dělí na třídy pevnosti dle charakteristické hodnoty pevnosti v ohybu (Příloha 3.2).

3.2.1.3 Lepené rostlé dřevo

Norma ČSN EN 14080 (2013) uvádí definici lepeného rostlého dřeva jako nosného dřevěného prvku s celkovými rozměry průřezu maximálně 280 mm vytvořeného z 2-5 rovnoběžných lamel, které mají stejnou třídu pevnosti nebo specifickou třídu pevnosti určenou výrobcem a vykazují konečnou tloušťku lamely od 45 mm do 85 mm (včetně).

3.2.1.4 Lepené lamelové dřevo (LLD, Glulam, BSH)

Norma ČSN EN 14080 (2013) uvádí definici lepeného lamelového dřeva jako nosného dřevěného prvku vytvořeného nejméně ze dvou v zásadě rovnoběžných dřevěných lamel, které mohou obsahovat jedno nebo dvě prkna vedle sebe, s opracovanou tloušťkou od 6 mm do 45 mm (včetně). V současnosti nejpoužívanějším materiálem na stavbu dřevěných lávek a mostů. Lze z něj vyrobit konstrukční prvky velkých rozměrů. Má výrazně lepší užitné vlastnosti než dřevo rostlé (Kuklík, 2005). Princip výroby spočívá v plošném lepení dřevěných lamel na sebe. Lepená spára nemá negativní vliv na mechanické vlastnosti dřeva, prvek z lepeného lamelového dřeva se tedy posuzuje jako celistvý profil. Lze vyrobit přímé i tvarové nosníky. Délky vyrobených prvků se pohybují do 35, někdy až do 50 metrů, limitujícím faktorem je

způsob dopravy. Mezi nejvýraznější výhody patří přesné tvarové provedení, rozměrová stabilita, kvalitní povrch, třídy pevnosti podle harmonizovaných norem a libolný tvar a rozměry nosníků (Böhm et al., 2012).

Pro hlavní nosné prvky mostů i lávek se běžně používá rovněž lepené lamelové dřevo třídy pevnosti GL24, případně i vyšší pevnosti GL28 a GL33 (Straka, 1996). Mohou se dodávat ve variantě s homogenním průřezem, kdy mají všechny lamely po průřezu stejné pevnosti. Oproti tomu kombinovaný průřez je tvořen lamelami o vyšší pevnosti na okrajích a lamelami o nižší pevnosti uprostřed. Důvod je patrný z průběhu napětí po průřezu, kdy při ohybu není v oblasti neutrální osy nutná tak vysoká pevnost lamel jako na okrajích průřezu. Dělení lepeného lamelového dřeva homogenního průřezu dle pevnostních tříd je uvedeno v normě ČSN EN 14080 (Příloha 3.3).

3.2.1.5 Kompozitní materiály na bázi dřeva

Jsou vyrobené z dřevních částic a oproti masivnímu dřevu neobsahují suky, trhliny a jiné růstové vady. Poměr mezi hmotností a pevností je lepší než u ocelových nosníků. Mezi další výhody se počítá rozměrová stabilita, lehká opracovatelnost, požární odolnost, přesné rozměry dílců a odolnost proti kroucení, borcení a praskání. Všechny níže popsané materiály snesou relativně vysoké zatížení a primárně se používají pro výrobu dlouhých nosníků. Vrstvené dřevo (LVL, Microllam) je vyráběné slisováním sestaveného souboru dýh. Dýhy (obvykle smrkové, březové nebo bukové) jsou po nanesení lepidla na sebe ukládány paralelně se směrem výroby. Po slisování se deskový materiál rozřeže na nosníky požadovaných rozměrů. Parallam (PSL) se vyrábí zejména z jedle, douglasky nebo kanadské borovice. Pásky dýh se po nanesení fenol-formaldehydového lepidla skládají do bloků a lisují. Tímto postupem se vyrábějí nosníky o délce 20 metrů. Dalším typem kompozitního materiálu je Intrallam (LSL), který se vyrábí z velkých třísek převážně osikového dřeva. Po nanesení polyuretanového lepidla se třísky formují a lisují. Z plošných desek se pak vyrábí požadované přířezy. Jako další typ může být uveden materiál DeltaStrand (TSL), který je vyráběn z dřevěných částic o průřezu rovnostranného trojúhelníka (Böhm et al., 2012).

3.2.1.6 Používané druhy dřevin

Kuklík (2005) uvádí používané druhy dřevin na dřevěné konstrukce:

- **Smrkové dřevo** – nejčastější, je bílé až nažloutlé barvy, mírně smolnaté a s pevnými zarostlými suký. Je pružné a lehko zpracovatelné, vhodné k lepení. V suchu je trvanlivé, ve vlhku rychle hnije.
- **Jedlové dřevo** – náročnější na zpracování než smrk, šedobílá barva, suký někdy vypadávají. Je ohebné a nosné, méně trvanlivé než smrk a borovice, časem šediví až černá.
- **Borové dřevo** – sukovité, načervenalá barva, značný obsah pryskyřice – velmi odolné proti vlivům vlhkosti. Nedoporučuje se používat na konstrukční prvky namáhané ohybem. Osvědčuje se v prostředí, kde se střídá sucho a vlhko.
- **Modřínové dřevo** – trvanlivé a vzdoruje střídání vlhka a sucha, světle žlutá barva, stářím červená, hnědná a tmavne. Je velmi pružné.
- **Dubové dřevo** – žlutohnědá barva, tvrdé, pevné, těžké, houževnaté a trvanlivé. Má velkou pevnost v tahu i tlaku. Na suchu vydrží 500 až 700 let. Odolné proti ohni.
- **Bukové dřevo** – načervenalá barva, těžko opracovatelné. Špatně odolává vlhkosti.

Použité materiály by měly být do konstrukce zabudovány s určitou vlhkostí (Tabulka 1). Vlhkost dřeva na stavební účely je dána podle druhu a použití v konstrukci.

Vlhkost dřeva [%] ¹⁾	Použití dřeva
nejvýše 10 % ²⁾	spojovací součásti (hmoždíky, kolíky, klíny apod.) a prvky vystavené dlouhodobým zvýšeným teplotám nepřevyšujícím 55 °C
nejvýše 15 % ³⁾	lepené prvky
nejvýše 20 % ²⁾	konstrukční prvky spojované hřebíky ⁴⁾ , svorníky, kovovými hmoždíky apod.
nejvýše 25 % ²⁾	prvky vystavené nechráněné expozici (tj. třídě použití/vlhkosti 3 podle ČSN P ENV 1995-1-1), u kt. vysychání dřeva není na závalu
bez omezení	prvky, které budou trvale ve vlhkém nebo mokřém prostředí
¹⁾ Uvedené vlhkosti platí pro zpracování dřeva (výrobu konstrukčních prvků)	
²⁾ Nepovažuje se za závalu, vykazuje-li dřeva (max 10% zprac. množství) vlhkost vyšší nejvýše o 2 %	
³⁾ viz ČSN EN 386	
⁴⁾ Hřebíkové konstrukce se doporučuje vyrobit ze dřeva vysušeného na vlhkost nejvýše 18%.	

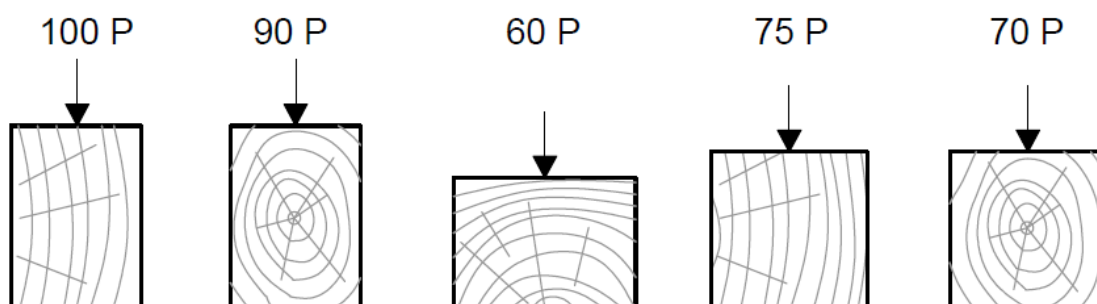
Tabulka 1: Předepsaná vlhkost dřeva určeného na stavební konstrukce (Kuklík, 2005)

3.2.1.7 Vybrané mechanické vlastnosti dřeva

Mechanické vlastnosti dřeva charakterizují schopnost dřeva odolávat účinku vnějších sil. Vykazují anizotropní charakter (Gandelová et al., 2009). Ve směru rovnoběžném s vlákny má dřevo největší pevnost a tuhost a také deformace s měnící se teplotou a při vysychání jsou nejmenší. Naopak ve směru kolmém na vlákna vznikají největší deformace a pevnost i tuhost je minimální (Studnička a Medřický, 1993).

- **Pružnost dřeva** charakterizuje jeho schopnost dosahovat původní tvar a rozměry po uvolnění vnějších sil. Jsou zavedeny moduly pružnosti, které vyjadřují vnitřní odpor materiálu proti pružné deformaci. Čím je modul pružnosti větší, tam větší napětí je potřebné na vyvolání deformací. Při normálových namáháních (tah, tlak, ohyb) působí Youngovy moduly pružnosti E a při tangenciálních namáháních (smyk, krut) rozeznáváme smykové moduly G .
- **Pevnost dřeva** charakterizuje odolnost dřeva proti jeho trvalému porušení. Rozeznáváme pevnost dřeva v tlaku a tahu rovnoběžně s vlákny a kolmo k vláknům. Nejvyšší hodnoty dosahuje pevnost dřeva v tahu rovnoběžně s vlákny (průměrně 120 MPa pro naše dřeviny, asi dvojnásobné hodnoty oproti pevnosti v tlaku). Této vlastnosti ale nelze prakticky využít, protože často dochází k porušení dřeva v místech upevnění konstrukčních dílů. Naopak pevnost dřeva v tahu kolmo k vláknům představuje jednu z nejmenších pevností dřeva. U pevnosti dřeva v ohybu se zpravidla využívá pevnost kolmo k vláknům, která dosahuje poměrně vysokých hodnot, a proto se dřevo často používá na konstrukční prvky namáhané ohybem (nosníky, nábytek atd.). Ve směru vláken dřevo dosahuje poměrně malé smykové pevnosti, ještě menších hodnot pak dosahuje kolmo na vlákna.
- **Tvrdost dřeva** charakterizuje schopnost dřeva klást odpor proti vnikání jiného tělesa do jeho struktury. Význam tvrdosti je znatelný především upří opracování reznými nástroji.

Pro nosné trámy je z důvodu zabezpečení největší nosnosti vhodné volit rozměry v poměru 5:7. Zkouškami byla totiž prokázána největší únosnost dřeva u trámu s poměrem stran 5:7 (Obrázek 8) a letokruhy téměř kolmými k užší straně (Hájek, 1997).



Obrázek 8: Nosnost trámu podle průběhu letokruhů a poměru stran (Hájek, 1997)
(hodnoty uvádí přibližný poměr nosnosti)

3.2.1.8 Porovnání stavebních materiálů

Mezi nejpoužívanější materiály pro stavbu lávek a mostů patří ocel, beton a v dnešní době také dřevo. Každý druh materiálu má své nesporné výhody a nevýhody. Vyhovující materiál je vhodné vybírat až na základě určitých podmínek a požadavků. Následně (Tabulka 2) jsou uvedeny základní hodnoty a parametry některých mechanických a fyzikálních vlastností těchto materiálů.

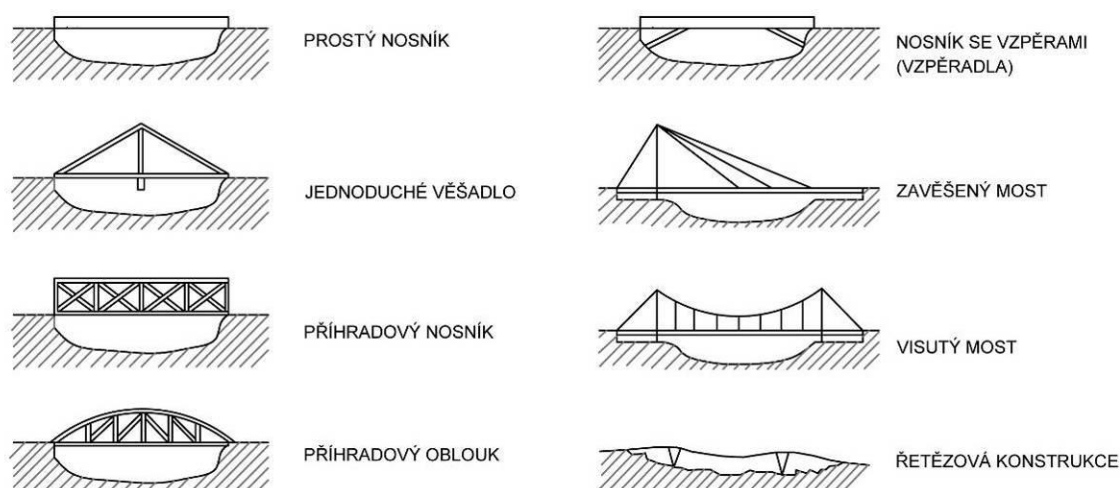
	dřevo	ocel	beton
objemová hmotnost	500 - 800 kg/m ³	7 850 kg/m ³	2 300 - 2 500 kg/m ³
pevnost v ohybu	dle pevnostních tříd	dle pevnostních tříd	dle pevnostních tříd
	14 - 70 MPa	360 - 510 MPa	250 - 2 000 MPa
pevnost v tlaku	⁰ 16 - 34 MPa	dle pevnostních tříd	dle pevnostních tříd
	^{E90} 2 - 13,5 MPa	360 - 510 MPa	12 - 50 MPa
pevnost v tahu	⁰ 8 - 42 MPa	dle pevnostních tříd	dle pevnostních tříd
	^{E90} 0,4 - 0,6 MPa	360 - 510 MPa	1,1 - 2,9 MPa
modul pružnosti	⁰ 10 000-15 000 MPa	210 000 MPa	15 000 - 40 000 MPa
	^{E90} 300 - 600 MPa		
modul pružn. ve smyku	600 - 800 MPa	81 000 MPa	0,42 × E MPa
souč. tep. roztažnosti	3 × 10 ⁻⁶ °C ⁻¹	12 × 10 ⁻⁶ °C ⁻¹	10 × 10 ⁻⁶ °C ⁻¹
chování při styku s ohněm	hoření, ztráta objemu, ale ne pevnosti	ztráta pevnosti vlivem vysoké teploty	objemové změny, vznik trhlin
chování při styku s vodou	bobtnání, změna materiá. vlastností	oxidace, ztráta objemu	voda s nízkým obsahem iontů extrahuje minerály
výhody	nekoroduje, v podél. směru vláken vysoká pevnost, tuhost, nejmenší deformace od účinků teplot	vysoká pevnost v tahu a tlaku, vysoká únosnost	dobrá pevnost v tlaku
nevýhody	snadno podléhá škůdcům a atmosférickým vlivům, hořlavé, mění tvar s vlhkostí	není odolná proti vlhkosti a vysokým teplotám, nutné ochrana proti korozi	koroduje
přibližná cena	7 000 Kč/m ³	25 Kč/kg	2 000 Kč/m ³

Tabulka 2: Porovnání stavebních materiálů (Vlastní tvorba)

Uvedené hodnoty jsou pouze orientační. Pevnostní charakteristiky závisí na použité třídě materiálu. Hodnoty pro dřevo odpovídají pouze rostlému jehličnatému a listnatému dřevu.

3.2.2 Používané konstrukce dřevěných lávek a mostů

V současné době se lze setkat s různými druhy a kombinacemi mostních konstrukcí (Obrázek 9). Dle normy ČSN 73 6200 Mosty – Terminologie a třídění (2011) se rozlišují druhy mostů podle statické funkce hlavní nosné konstrukce. V následující kapitole jsou podrobněji rozvedeny pouze ty typy konstrukcí, které jsou v praxi běžně používané pro návrhy dřevěných mostních objektů.



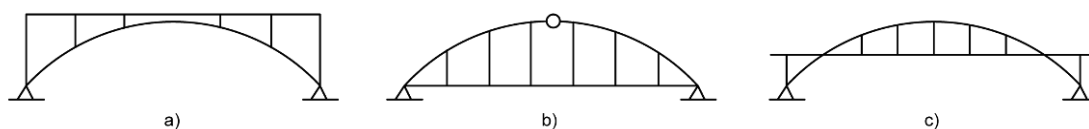
Obrázek 9: Některé používané mostní konstrukce (Vlastní tvorba)

Základní konstrukce dřevěných lávek a mostů je možné rozdělit na obloukové, trémové, visuté a zavěšené konstrukce. Toto rozdělení je pouze orientační, nejedná se o výčet všech typů konstrukcí, ale dle mého názoru o ty nejběžnější. Všechny uvedené typy konstrukcí mají své výhody i nevýhody. Zvolená konstrukce se musí individuálně posoudit podle podmínek každého projektu.

3.2.2.1 Obloukové konstrukce

V případě obloukových mostních konstrukcí je zatížení přenášeno téměř výhradně osovým tlakem, čímž se tato forma stává velmi příznivou z ekonomického hlediska. Rozlišuje se více druhů obloukových mostů – oblouk může mít tvar paraboly, kružnice nebo může být tvar určený jiným poměrem mezi rozpětím a vzepětím. Mostovka může být horní, podepřená svislými pruty, které přenáší osově tlakové síly z mostovky do oblouku (Obrázek 10a a Obrázek 13). Výhodou tohoto řešení je fakt, že mostovka chrání obloukovou konstrukci, není omezený počet paralelních oblouků a snadno se dosahuje příčné tuhosti. Dalším případem obloukového provedení konstrukce je dolní mostovka, která je zavěšena pomocí ocelových nebo dřevěných táhel na oblouku (Obrázek 10b a Obrázek 12). U tohoto řešení konstrukce vzniká problém se zajištěním tuhosti oblouků v příčném směru, proto často dochází k umístění příčného zavětrování. V posledním uvedeném případě se jedná o mezilehlou mostovku (Obrázek 10c a Obrázek 11). Ve všech případech je svislé zatížení

(vlastní tíha konstrukce, stálá a proměnná zatížení) přenášeno do oblouku vertikálními prvky. Oblouk následně přenáší zatížení do podpor mostu (Bell, 2008).



Obrázek 10: Typy obloukových mostů (Bell, 2008)

Pro rozpětí do 50 m bývá průřez oblouku obdélník, pro větší rozpětí se používá příhradový oblouk. Z hlediska možnosti výroby a přepravy jednotlivých dílců se většinou používá systém trojkloubového oblouku (Obrázek 10b), který se často využívá v případech změn vlhkosti, teploty a v případě sedání konstrukce. Materiálem je prakticky ve všech případech lepené lamelové dřevo (Bell, 2008).



Obrázek 11: Příklad mezilehlé mostovky - Lávka u Nového Boru (Konstrukce Tesko, 2013a)



Obrázek 12: Příklad spodní mostovky - Lávka ve Valašském Meziříčí (Silnice železnice, 2013)



Obrázek 13: Příklad horní mostovky - Most v Montmorency (Lemondeforestier, 2013)

3.2.2.2 Trámové konstrukce

Dalším typem konstrukce mostů jsou trámové, jejichž hlavní nosné prvky jsou tvořeny nosníky, které přenášejí zatížení do spodní stavby. Jedná se o nosníky příhradové (Obrázek 14) nebo plnostěnné (Obrázek 15), ve formě věšadla, vzpěradla nebo vzpínadla či jinak zakřivené. Oproti obloukovým konstrukcím mají tu výhodu, že v místech uložení nevznikají velké horizontální reakce. Výrobní a dopravní možnosti příhradových nosníků nejsou výrazně omezené, jelikož spájení jednotlivých prutů je relativně jednoduché (Bell, 2008). Trámové konstrukce se navrhují pro rozpětí několika desítek metrů (Karmazínová et al.).



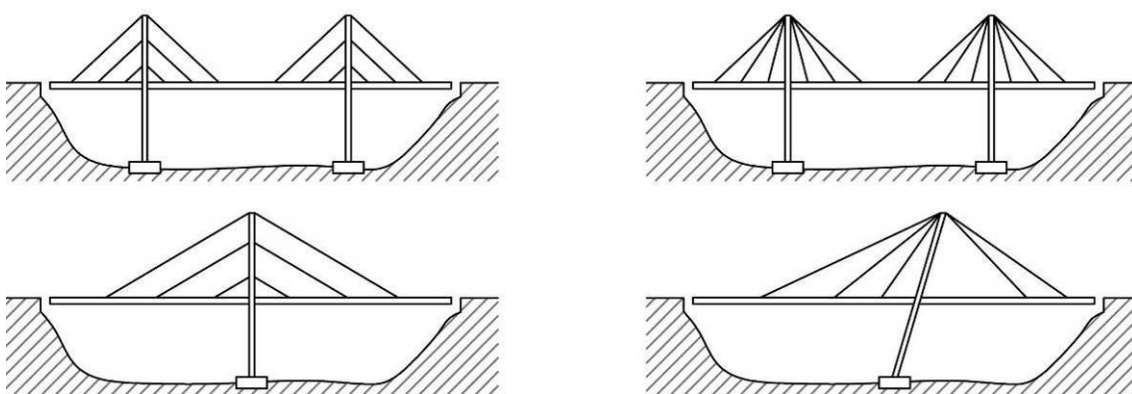
Obrázek 14: Příklad příhradové konstrukce - Lávka přes Metuji (Novemestonm, 2014)



Obrázek 15: Konstrukce s lepenými nosníky- Lávka v Olomouci (Konstrukce Tesko, 2013b)

3.2.2.3 Zavěšené konstrukce

Hlavním principem zavěšených konstrukcí je trémový nosník mostovky, který je zavěšený na šikmých závěsech vedených přes pylony a působících na podpory šikmými tahy (Karmazínová et al.). Typy zavěšených mostů se liší zejména počtem pylonů a uspořádáním závěsů (Obrázek 16). Pylony mohou být svislé nebo šikmé. Zavěšené konstrukce lávek pro chodce se navrhují pro rozpětí kolem 100 metrů a méně (Obrázek 17).



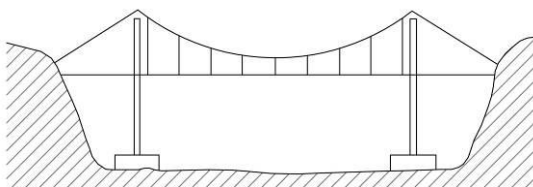
Obrázek 16: Typy zavěšených konstrukcí lávek a mostů (Vlastní tvorba)



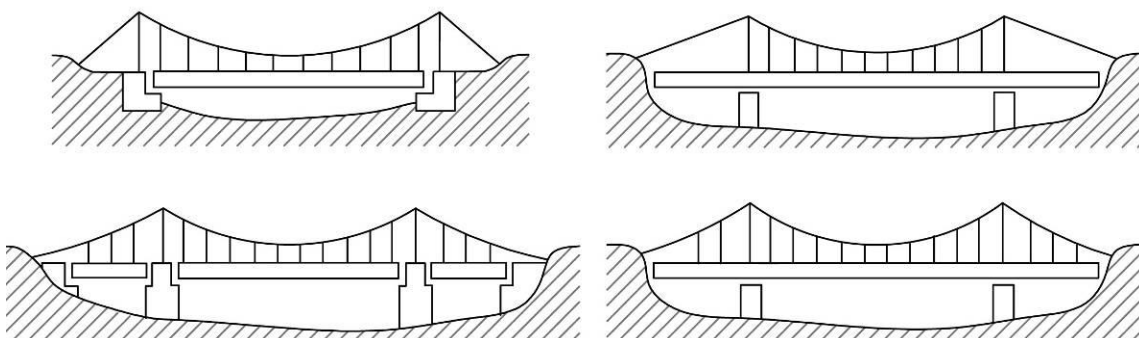
Obrázek 17: Příklad zavěšené konstrukce - Lávka v Magdeburgu (Kuklík, 2005)

3.2.2.4 Visuté konstrukce

Visuté mosty slouží v porovnání s ostatními typy konstrukcí k překlenutí mnohem větších rozpětí. Hlavní nosný prvek je visutý pás, který je namáháný tahem a na kotevní bloky působí šikmými podporovými tahy. Zpočátku byla mostovka zavěšena přímo na visutém pásu (Obrázek 18 a Obrázek 20), což ale vedlo k velkým deformacím, a proto se při projektování přistoupilo k návrhu visutých mostů s výztužnými nosníky (Obrázek 19 a Obrázek 21). Řetězy byly nahrazeny nejdříve vinutými lany a později kabely z rovnoběžných drátů (Karmazínová et al.).



Obrázek 18: Schéma visuté konstrukce bez výztužného nosníku (Vlastní tvorba)



Obrázek 19: Typy visutých konstrukcí mostů s výztužným nosníkem (Vlastní tvorba)

Nosná lana jsou většinou kotvena do základových bloků. V některých případech jsou šikmé tahy lan ukotveny do výztužného nosníku, v tom případě dochází v podporách ke vzniku svislých tlaků a most působí jako konstrukce s trémovým účinkem. Výhodou tohoto typu konstrukce je překlenutí velkých rozpětí při velmi malých rozměrech výztužného nosníku. S tím souvisí nevýhody jako značná aerodynamická nestabilita konstrukce, která se zvyšuje při nevhodném tvaru a rozměrech výztužného nosníku. To může způsobit rozkmitání konstrukce vlivem větru.



Obrázek 20: Příklad visutého mostu - Lávka přes Spokane River ve Washingtonu (Bridgemeister, 2014)



Obrázek 21: Visutá konstrukce s výztužným nosníkem- Lávka v Benešově (Braunstein, 2014)

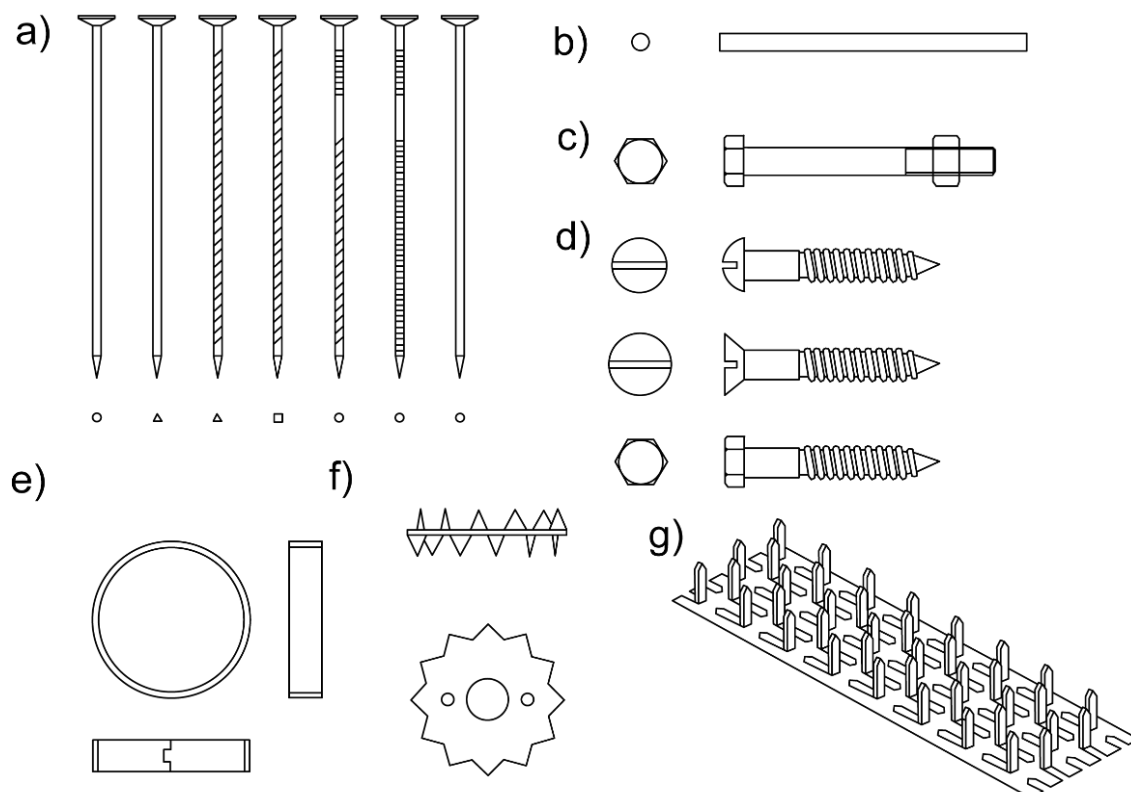
3.2.3 Používané spoje

Konstrukční prvky dřevěných konstrukcí se v současnosti spojují různými mechanickými prostředky (Obrázek 22), tesařskými spoji (Obrázek 23) a pomocí lepidel. Spoje se podle uspořádání mohou rozdělovat na nastavování (spojování v podélném směru), sdružování (spojování v příčném směru) a spojování do styčníku (spojování pod různými úhly v rovině a v prostoru). Podle charakteru působení rozlišujeme poddajné spoje (tesařské a s mechanickými prostředky) a nepoddajné spoje (lepené).

3.2.3.1 Spoje s mechanickými spojovacími prostředky

Podle přenosu sil ve spoji se rozlišují spojovací prostředky kolíkového a povrchového typu. Spojovací prostředky kolíkového typu jsou při přenosu sil ohýbány a

zatlačovány do dřeva. Jejich únosnost je dána jejich ohybovou tuhostí a pevností dřeva. Do této skupiny patří hřebíky, svorníky, sponky, kolíky a vruty (Kuklík, 2005).



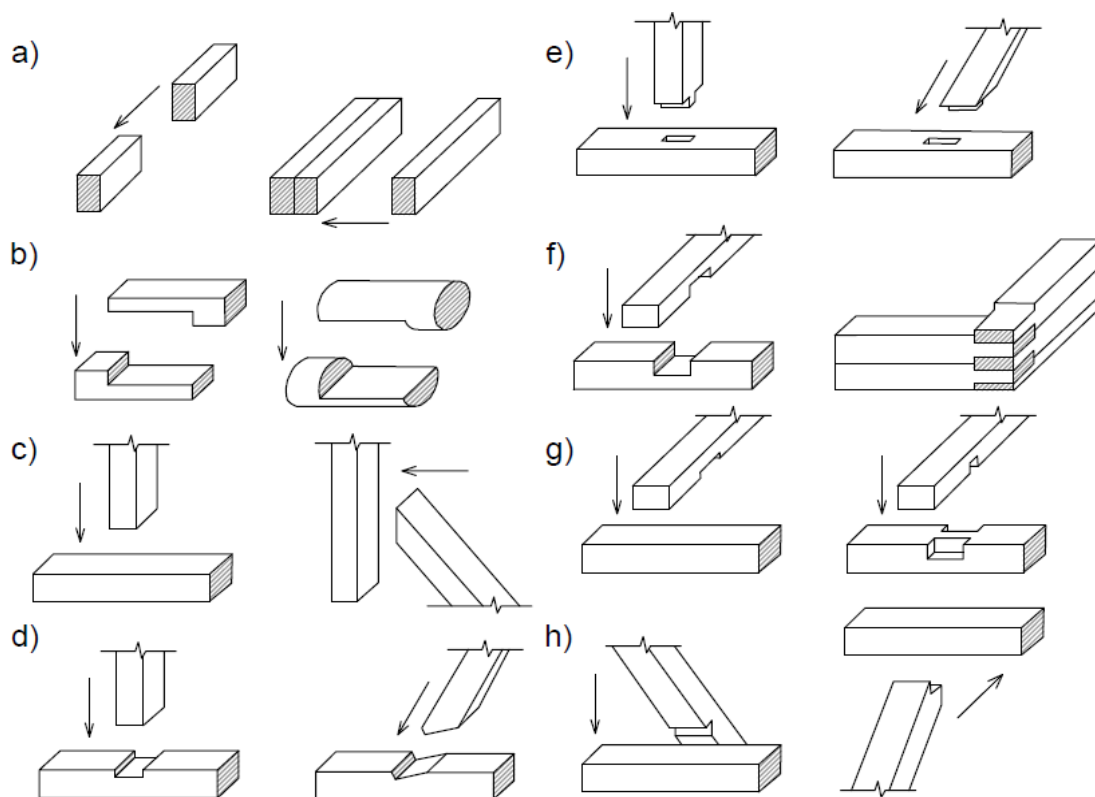
Obrázek 22: Ocelové spojovací prostředky (Kuklík, 2005)

a) hřebíky, b) kolík, c) svorník, d) vruty, e) prstencový hmoždík, f) ozubený hmoždík, g) deska s prolisovanými trny

Hřebíky jsou nejpoužívanějším spojovacím prostředkem v dřevěných konstrukcích, dostupné jsou v různých délkách a průřezech. Kolíky jsou štíhlé ocelové válcové tyče s hladkým nebo lehce drážkovaným povrchem. Svorníky jsou kolíkové spojovací prostředky, které jsou opatřeny hlavou a maticí, osazují se do předvrtaných otvorů a posléze se utahují tak, aby dřevěné prvky byly v těsném kontaktu. Díky rozměrovým změnám dřeva se svorníky v některých případech musí dotahovat. V porovnání jsou svorníkové spoje méně tuhé než spoje kolíkové. Vrutky mají vyšší únosnost na vytažení než hřebíky, a proto se především používají pro připevnění prvků, které jsou namáhané na odtržení. Hmoždíky se vkládají nebo zatlačují do spár mezi dřevěnými prvky. Vždy se používají spolu se svorníky. Nejeefektivnější náhradou tesařských vazeb a sbíjených konstrukcí jsou spoje s deskami s prolisovanými trny. Desky jsou vyrobeny ze žárově zinkovaných plechů.

3.2.3.2 Tesařské spoje

Tento druh spojů patří mezi nejstarší spoje dřevěných konstrukcí. Jejich nevýhodou je, že vyžadují kvalitní provedení, oslabují konstrukční prvky a jsou pracné.



Obrázek 23: Přehled základních tesařských spojů (Kuklík, 2005)

a) sraz, b) plátování, c) lípnutí, d) zapuštění, e) čepování, f) přeplátování, g) kámpování, h) osedlání

3.2.3.3 Lepené spoje

U dřevěných konstrukcí se s lepenými spoji setkáme hlavně u lepeného lamelového dřeva (Kuklík, 2005). Pevnost samotného lepidla by měla být vyšší než je pevnost spojovaných dřevěných částí. Základním požadavkem na lepidlo je zabezpečení takové pevnosti spoje, která odpovídá minimálně pevnost dřeva ve smyku rovnoběžně s vlákny. Trvanlivost lepidla musí odpovídat prostředí, ve kterém je konstrukce použita a také její životnosti (Studnička a Medřický, 1993). Při zatížení se lepený prvek chová jako jeden celek. K lepení stavebních konstrukcí se používají lepidla založená na polykondenzaci - RF, PRF, MF, MUF, UF a lepidla založení na polyadici - PUR (Augustin, 2008b). Lze konstatovat, že lepené spoje jsou výhodné z důvodu, že neoslabují spojované průřezy.

4 Metodika

Ke splnění vytyčených cílů práce byla dodržena následující metodika. Nejdříve byla zpracována literární rešerše, díky které byla rozebrána problematika související s lávkami a mosty a dřevěnými konstrukcemi obecně.

Pro samotné vypracování práce je nutné zvolit si lokalitu vhodnou pro umístění dřevěné lávky a posoudit možnosti jejího využití. Na příslušných státních orgánech a dostupných internetových portálech je třeba zjistit související limity a podmínky vybraného území. Posléze následuje architektonické zpracování, kdy je zvolen vhodný typ konstrukce a použité materiály. Výstupem této fáze je architektonická studie, která obsahuje základní údaje o lávce, základní zobrazení a vizualizace. Po architektonickém návrhu následuje návrh konstrukční, který jasně stanoví rozměry, materiál, umístění a působení jednotlivých konstrukčních prvků, způsob jejich spojení a vhodnou ochranu. Další bodem metodického postupu je statická část, ve které jsou posouzeny navržené konstrukční prvky a spoje. V rámci výpočtu je třeba s použitím norem stanovit působící zatížení. Statický výpočet je dřevěných prvků je proveden pomocí metody mezních stavů. Výstupem konstrukční a statické části je projektová dokumentace pro společné územní rozhodnutí a stavební povolení, která obsahuje příslušné položky stanovené vyhláškou č.62/2013.

Pro zpracování popsaného metodiky práce jsou použity programy AutoCAD, IDA Nexis a 3Ds Max. V samotné práci jsou používány symboly a zkratky uvedené v seznamu. Použitá odborná terminologie převzatá z ČSN 73 6200 *Mosty – Terminologie a třídění* je uvedena v Příloze 3.

5 Výběr lokality

Výběr lokality zásadně ovlivňuje celý návrh. Lávka by měla být v daném území dobře využitelná a přístupná a současně nerušeně zapadnout do krajiny jak po architektonické, tak estetické stránce. Je tedy nutné se důkladně seznámit s danou lokalitou, územním plánem a respektovat veškeré požadavky a limity území.

5.1 Vybraná lokalita

Vybraná lokalita se nachází v blízkosti Karlových Varů ve směru na obec Kyselka (Obrázek 24). Konkrétně se jedná o řeku Ohři a její 168. říční kilometr. Na levém břehu řeky se v těchto místech nachází lesní tábořiště a lesní stezka vedoucí od chatové osady Všeborovice směrem k obci Šemnice. Na pravém břehu řeky se nachází silnice vedoucí z Karlových Varů do Kyselky a penzion Hubertus. V této části řeky Ohře se také nachází tréninková dráha pro kanoisty s uměle vytvořenou cvičnou peřejí, která se místním názvem nazývá Hubertus.



Obrázek 24: Mapa s vyznačenou polohou lokality Hubertus (Mapy, 2014)

Tato oblast byla pro stavbu lávky vybrána z několika důvodů. Hlavním důvodem je plánovaná výstavba úseku cyklistické stezky, který bude pokračováním cyklostezky Loket – Karlovy Vary a v budoucnu propojí Karlovarský kraj s Ústeckým krajem a Bavorskem. Momentálně rozpracovaný úsek cyklostezky vede z městské části Karlových Varů Dalovic do obce Šemnice, bude se nacházet na levém břehu řeky Ohře a povede kolem zmíněného tábořiště (Obrázek 25). Úsek je součástí zamýšlené patnáctikilometrové stezky mezi Karlovými Vary a Kyselkou. Po její výstavbě lze předpokládat zvýšený zájem cyklistů. Nová lávky by propojila cyklostezku s penzionem

a silnicí vedoucí z Karlových Varů do Kyselky. V blízkosti místa lávky je možnost parkování, tudíž by se mohlo jednat o vhodné místo, kde by lidé nechávali svá vozidla a vstoupili na cyklostezku. Před penzionem se nachází autobusová zastávka Hubertus, tudíž se jedná o snadno přístupné místo i pro turisty, kteří nevlastní automobil.



Obrázek 25: Projekt cyklostezky podél řeky Ohře (Pontika, 2013)

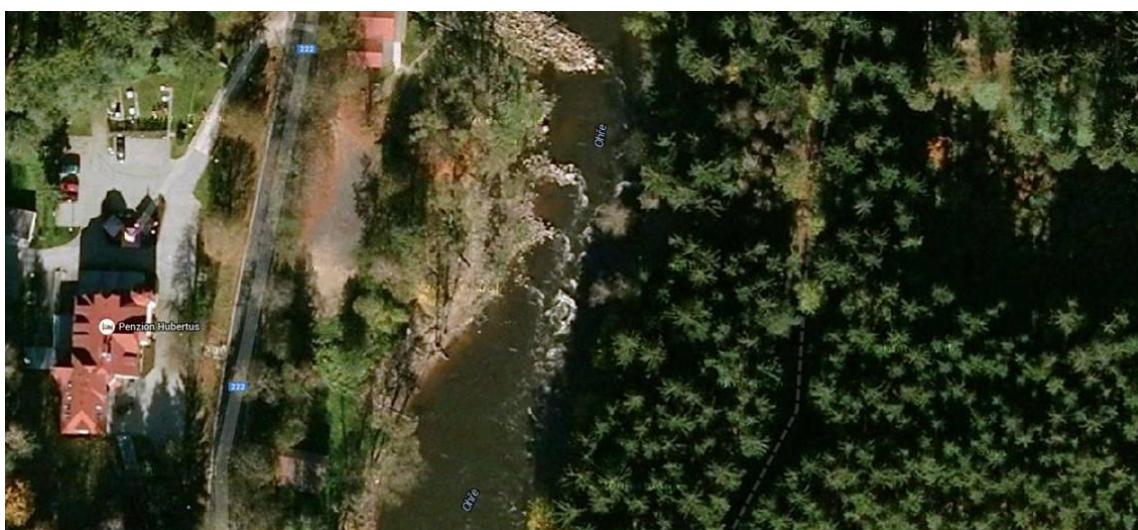
Dalším významným důvodem pro stavbu lávky je propojení obou břehů kvůli lesnímu tábořišti. V jarním a letním období je velmi navštěvované, a to nejen vodáky. V této době je možné zaparkovat asi 1 300 metrů od tábořiště v zahrádkářské kolonii nebo u penzionu Hubertus. V druhém případě je přeplutí jedinou možností, jak se dostat na druhou stranu řeky. Nejbližší lávka se nachází v městské části Karlových Varů Dalovice a je vzdálená od Hubertusu cca 4 km, v druhém směru na obec Kyselku se nejbližší přemostění nachází cca 4,5 km daleko od Hubertusu. Stavbou nové lávky by se také velice zjednodušilo zásobování kempu.

Nezanedbatelnou výhodou je možnost využití služeb penzionu Hubertus, zejména jeho letní venkovní terasy, pro uživatele cyklostezky a tábořiště na druhém břehu Ohře. Toto by přilákalo i větší počet turistů, neboť z hlediska přírody je v této lokalitě co obdivovat.

Díky lávce by také mohli lidé milovníci vodních sportů lépe sledovat sjíždění peřeje Hubertus a tréninky kanoistů. Tuto oblíbenou podívanou lze v současné době sledovat pouze z levého břehu řeky.

5.1.1 Konkrétní umístění lávky

Konkrétní poloha pro umístění lávky byla vybrána pod uměle zúženou cvičnou peřejí Hubertus, v místě relativně malého rozpětí řeky (Obrázek 26). Lávka navazuje na parkovací plochu, cyklostezku a lesní tábořiště. Břehy jsou porostlé vegetací. Levý břeh je lesnatý a rovinatý, pravý je strmější.



Obrázek 26: Konkrétní lokalita Hubertus (Maps, 2014)

Přesné GPS souřadnice lávky: 50.237313, 12.928817

5.2 Podklady a požadavky pro návrh lávky

Návrh lávky vychází z podkladů poskytnutých firmou Pontika, která je zhotovitelem projektu cyklostezky v daném území. K dispozici je profilový řez korytem řeky Ohře, který se nachází nad zamýšleným místem stavby lávky. Dále je při návrhu vycházeno ze zaměření, které bylo pořízeno pro projekt plánované cyklistické stezky na levém břehu řeky. Pravý břeh řeky byl doměřen ve spolupráci s geodetem za použití GPS přístroje X900 GNSS od výrobce CHC.

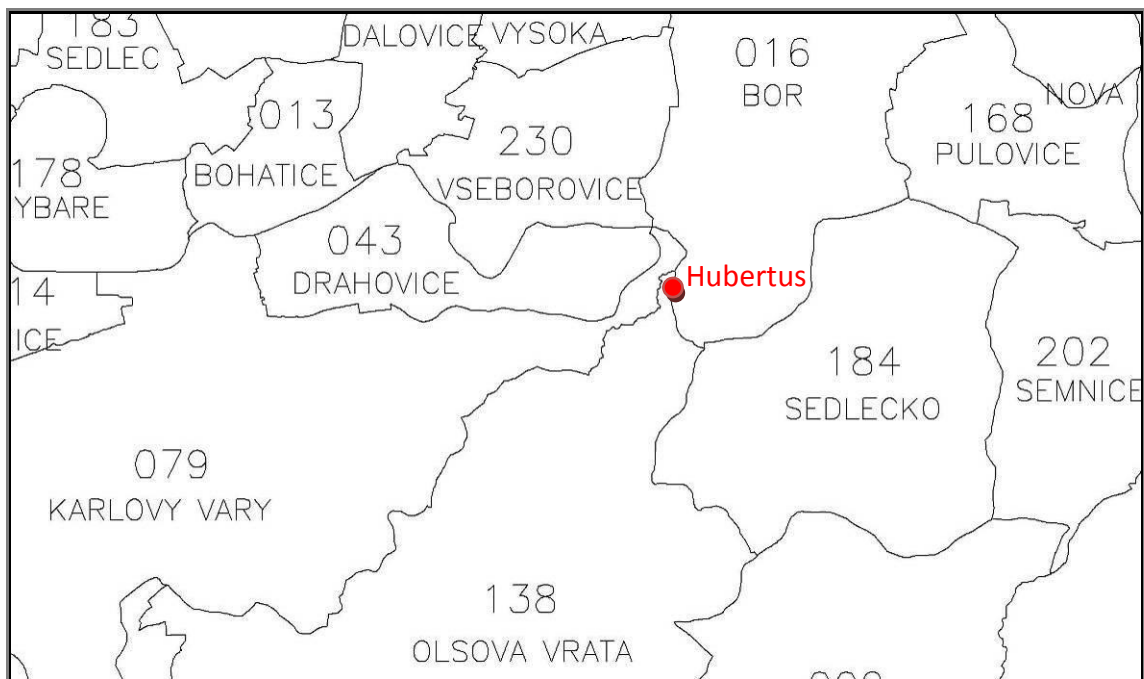
5.2.1 Stavebně technické požadavky

Vzhledem k potřebě zjištění skutečných požadavků na stavbu lávky v dané lokalitě byl kontaktován příslušný odbor stavebního úřadu v Karlových Varech. Byly tak stanoveny požadavky, které je při návrhu třeba respektovat. Zamýšlená lokalita pro stavbu lávky se nachází na hranici dvou katastrálních území, a to katastrálního území Olšová vrata a katastrálního území Bor (Obrázek 27). Katastrální území Olšová vrata je v územně plánovacím dokumentu Územního plánu města Karlovy Vary definováno jako území rekreace. V Obecně závazné vyhlášce o závazných částech územního plánu č. 1/2000, v platném znění, je toto území definováno:

Čl. 18 - Území rekreace R- Území je určeno téměř výlučně pro rekreaci.

V tomto území je přípustné umísťovat: individuální rekreační objekty, dětské chatové a stanové tábory, kulturní a sportovní zařízení – sloužící pro obsluhu tohoto území. V tomto území je podmíněně přípustné umísťovat: byty služební a majitelů zařízení, zařízení maloobchodu a veřejného stravování – sloužící pro obsluhu tohoto území, malá zařízení veřejného ubytování do 20 lůžek, jednotlivé rekreační zahrádky. Komunikace a sítě technického vybavení je možné umísťovat ve všech funkčních plochách.

Katastrální území Bor spadá do Územního plánu sídelního útvaru Sadov a je definováno jako plocha lesa. Dle Vyhlášky č.5/2003 o závazných částech Územního plánu sídelního útvaru Sadov, v aktualizovaném znění, se jedná o nezastavitelné monofunkční plochy vod a lesů, na kterých není dovoleno umísťovat stavby s výjimkou staveb drah a na dráze, pozemních komunikací, liniových staveb technického vybavení, meliorací lesní půdy, úprav vodních toků a s výjimkou staveb sloužících k obhospodařování těchto ploch.



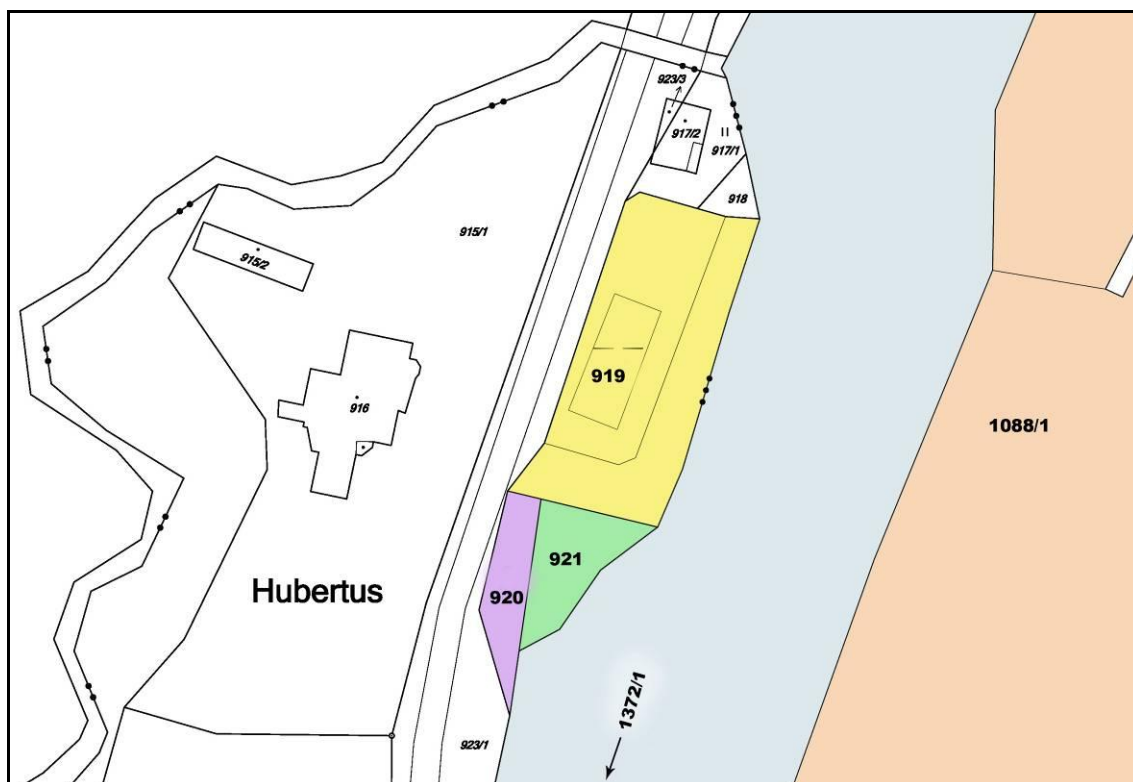
Obrázek 27: Katastrální území (MMKV, 2014)

V daném území je třeba dodržet následující limity:

- aktivní zóna záplavového území,
- záplavové území,
- ochranné pásmo silnice II. třídy,
- ochranné pásmo lesa,
- na jižní hranici areálu Hubertus navazuje regionální biocentrum – Bukový vrch.
- Přibližně po východním okraji komunikace procházející areálem Hubertus v KV běží hranice NATURY 2000 – ptačí oblast – Doupovské hory – tato oblast přechází řeku Ohře a zahrnuje část obce Sadov katastrálního území Bor u Karlových Varů.
- Po této komunikaci, na území města Karlovy Vary, je vedena hranice mezi ochrannými pásmy II. stupně IIA a IIB přírodních léčivých zdrojů lázeňského místa Karlovy Vary.
- Při navrhování umístění lávky nutno přihlédnout k zaústění Vratského potoka, který vtéká do řeky Ohře na severním okraji areálu Hubertus.

Z údajů dostupných na webových stránkách Českého úřadu zeměměřického a katastrálního (2014) vyplývá, že zamýšlená lávka bude zasahovat do několika parcel (Obrázek 28):

- parcela č.919 náležející soukromému vlastníkovi (pravý břeh, KÚ Olšová vrata), druh pozemku: vodní plocha,
- parcela č.920 náležející Tělovýchovné jednotě Ohře (pravý břeh, KÚ Olšová vrata), druh pozemku: ostatní plocha,
- parcela č.921 náležející státnímu podniku Povodí Ohře (pravý břeh, KÚ Olšová vrata), ostatní plocha,
- parcela č.1088/1 Lesní pozemek náležející státu (levý břeh, KÚ Bor), druh pozemku: lesní pozemek.



Obrázek 28: Vyznačené parcely (CUZK, 2014)

5.2.2 Hydrotechnické podmínky

Podle pokynů Povodí Ohře je jako výchozím a směrodatným dokumentem v případech povolení na stavbu mostních objektů ČSN 73 6201 Projektování mostních objektů. Vyjádřevní správce toku prakticky posuzuje předložené projekty z hlediska, zda jsou tyto projekty zpracované v souladu s touto normou. Tím pádem dalším kritériem, kterým se návrh lávky řídí, byly požadavky plynoucí z normy ČSN 73 6201 Projektování mostních objektů (1995). Tato norma uvádí požadavky pro výškové a

půsorysné uspořádání mostních objektů ve vztahu k vodnímu toku. Dle normy se mají mostní konstrukce navrhovat tak, aby nevytvářely překážku přirozenému odtoku vody při všech odtokových stavech. Přednostně se pak také mostní objekty navrhují tak, aby svojí spodní stavbou nezasáhly do průtočného profilu koryta toku a nezměnily tak poměry proudění a minimálně ovlivnily přirozený charakter a chování toku.

Jako výchozí podklad pro navrhování mostních objektů přes vodní překážky slouží hodnoty návrhového průtoku, kontrolního návrhového průtoku, návrhové hladiny a kontrolní návrhové hladiny a nutná volná výška nad těmito hladinami. Tyto údaje vyplývají ze standardních hydrologických údajů o n-letých průtocích. Firma Pontika poskytla údaje z povodňového modelu Ohře o návrhových průtocích příslušejícím profilu řeky Ohře číslo 64 (staničení 169,067 km):

- dno 358,27 m.n.m.
- hladina desetileté vody $Q_{10} = 362,91$ m.n.m.
- hladina padesátileté vody $Q_{50} = 363,81$ m.n.m.
- hladina stoleté vody $Q_{100} = 364,20$ m.n.m.

Říční profil č. 64 se nachází ve vzdálenosti 120 metrů od místa navrhované lávky. Z údajů o výšce hladiny profilových řezů 64 a 65 (staničení 168,311) byl stanoven podélný sklon koryta a tak byly zjištěny hodnoty pro konkrétní místo lávky:

- dno 357,86 m.n.m.
- hladina desetiletého průtoku vody $Q_{10} = 362,77$ m.n.m.
- hladina padesátiletého průtoku vody $Q_{50} = 363,53$ m.n.m.
- hladina stoletého průtoku vody $Q_{100} = 364,05$ m.n.m.

Hlásný profil č.229 Karlovy Vary – Drahovice má stanoven (Povodí ohře, 2014):

- stoletý maximální průtok $Q_{100} = 645 \text{ m}^3/\text{s}$
- jednoletý maximální průtok $Q_1 = 150 \text{ m}^3/\text{s}$.

Z údajů z normy ČSN 73 6201 vyplývá, že nad návrhovou nebo kontrolní návrhovou hladinou musí být k nejnižšímu místu mostní konstrukce nejméně zachována volná výška určená dle tabulky. Podle zjištěných údajů byl proveden výpočet variačního rozpětí, které je poměrem hodnot a poskytuje orientaci o možné velikosti katastrofálních povodní v daném místě vodního toku.

- variační rozpětí $= Q_{100}/Q_1 = 645/150 = 4,3$

Podle dostupných hodnot se konstrukce lávky zařadila do návrhové kategorie číslo 3, pro kterou je určena minimální volná výška (MVV) ve výšce 0,50 metru nad návrhovou hladinou, kterou tvoří hladina Q_{50} (viz tabulka 12.1 – Nejmenší přípustné NP, KNP a minimální volné výšky nad návrhovými hladinami – norma ČSN 73 6201). Nejnižší místo mostní konstrukce bude tedy navrženo ve výšce 364,03 m.n.m. Hladina toku v době zaměření byla stanovena na 359,30 m.n.m.

5.2.3 Geotechnické podmínky

Podle údajů z geologického portálu (Geofond, 2014) je v dané lokalitě podloží tvořeno hlubinnými vyvřelými horninami – žulami a v místě vodního toku se nachází nivní sediment (hlína, písek, štěrk). Z geologického hlediska se zde nenachází žádná chráněná území.

5.2.4 Klimatické podmínky a provoz

Dle údajů Českého statistického úřadu se v Karlovarském kraji průměrná teplota vzduchu v roce 2010 pohybovala okolo 6,8 °C. Roční úhrn srážek byl cca 775 mm (CZSO, 2014). Lze předpokládat zvýšené využití lávky zejména v letním období, kdy je v provozu lesní tábořiště, řeka je sjížděna vodáky a je předpokládána vyšší návštěvnost cyklostezky.

5.2.5 Dopravní infrastruktura

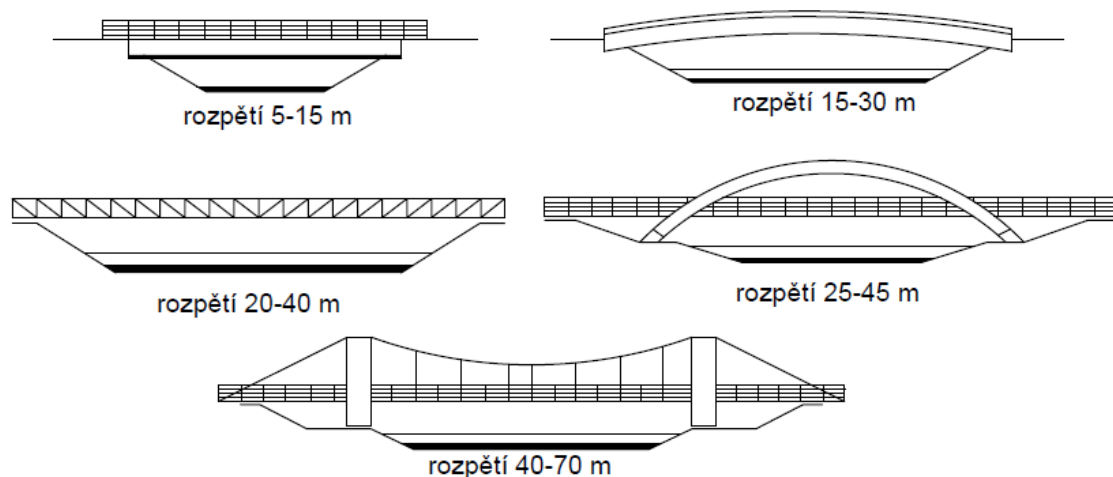
Z Karlových Varů do Kyselky vede po pravém břehu řeky Ohře silnice II. třídy číslo 222. Na levém břehu se připravuje výstavba cyklostezky, která bude pokračováním již realizované cyklostezky Loket – Karlovy Vary a v budoucnu propojí Karlovarský kraj s Ústeckým krajem a Bavorskem. V rámci výstavby stezky dojde ke zpevnění a úpravě současné lesní cesty.

6 Architektonický návrh lávky

Při navrhování lávky je třeba respektovat řadu požadavků, které vedou k dosažení co nejlepších užitných vlastností objektu. Dle Kuklíka (2005) se jedná o požadavky plynoucí z polohy a tvaru terénu, základové poměry, rozpětí lávky, uvažovaná zatížení, světlý profil lávky a architektonický tvar. V následující kapitole postupně jsou uvedeny jednotlivé aspekty, které měly svůj podíl na návrhu dřevěné lávky. Architektonická studie je uvedena v Příloze 1.

6.1 Typ konstrukce

Při volbě konkrétního typu konstrukce lávky se rozhodujícím faktorem ukázalo relativně velké rozpětí (43,50 metrů) v daném úseku řeky Ohře. Díky faktu, že standardně není dovoleno umisťovat podpěry mostů a lávek do řeky tak, aby zamezovaly průtoku vody, byly vyloučeny některé typy konstrukce, které by v tomto případě vyžadovaly navržení střední podpory a nejsou tak vhodné pro stavbu lávky v daném území (Obrázek 29).



Obrázek 29: Typy konstrukcí dřevěných lávek a mostů podle rozpětí (CB stavby, 2014)

Vzhledem k velké vzdálenosti obou břehů se jako nejlepší možnost jeví visutá konstrukce, která nejjednodušším způsobem umožňuje tuto vzdálenost překlenout. I přes velké rozpětí tento typ lávky nepůsobí robustním dojmem a je schopen vhodným způsobem zapadnout do dané krajiny. Jedná se o poměrně subtilní konstrukci, která kombinuje využití dřeva a ocelových lan a závěsů. Samotná konstrukce je rozdělena do 3 polí, ty jsou od sebe navzájem oddílané v místech pylonů. Konstrukce tohoto

typu lávky spočívá ve dvou dřevěných pylonech, které nesou ocelové lano. Na laně jsou upevněny ocelové závěsy nesoucí dřevěné příčníky. Na nich je umístěn příhradový nosník a mostovka lávky. Konstrukce lávky je navržena dle normy nad návrhovou hladinou vodního toku.

Dalším klíčovým kritériem ovlivňující návrh byla nutnost ochrany dřeva. Dřevo může být poškozeno biotickými i abiotickými činiteli. Takové poškození může vést ke změně pevnosti, vzhledu, rozměrů atd. Proto je nutné navrhnout vhodnou konstrukci a detaily, které zajistí maximální konstrukční ochranu dřevěných prvků. Následně tam, kde není konstrukční ochrana možná, je třeba přistoupit k ochraně chemické (Ptáček, 2009). Vzhledem ke zvolenému typu visuté lávky není konstrukčně vhodné realizovat její zastřešení. Maximální ochrana dřeva bude zajištěna vhodnou volbou druhu dřeviny a konstrukční a chemickou ochranou. Konkrétní zvolená ochrana konstrukce bude popsána v následující kapitole.

Nevýhodou visutých lávek je ovšem jejich značné přetvoření účinky zatížení. To bude eliminováno vhodnou konstrukční formou visuté lávky s výztužným příhradovým nosníkem. Účinky zatížení na lávku budou následně ověřeny statickým výpočtem.

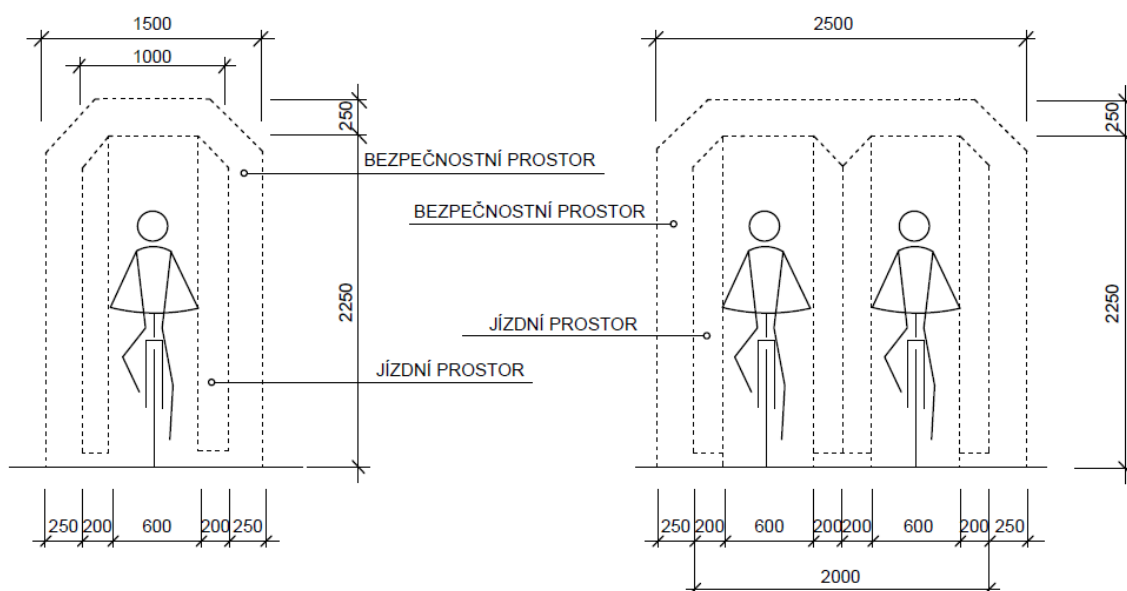
6.2 Šířkový profil lávky

Lávka bude sloužit pro obousměrný provoz cyklistů a turistů. Zároveň by měla vyhovovat i z hlediska bezbariérového využívání. Z těchto parametrů vychází základní rozměry lávky. Stanovení rozměrů lávky se opírá o hodnoty:

- šířka jízdního kola 0,60 m
- nutný jízdní prostor 2 x 0,20 m
- bezpečnostní prostor 2 x 0,25 m
- podjezdná výška 2,50 m (Obrázek 30).

Základní šířka jízdního pruhu pro cyklisty je tedy v součtu 1,00 m. Volná výška nad komunikací pro cyklisty je nejméně 2,50 m (Bartoš, 2006). Při návrhu šířky mostů a lávek, které jsou určeny pro turisty a cyklisty, je třeba respektovat tato doporučení. Stezky pro společný provoz cyklistů a chodců mají mít šířku $\geq 3,00$ m. Při intenzitě ≤ 50 cyklistů/h a 100 chodců/h se šířka stezky může snížit na 2,00 m, ve stísněných poměrech dokonce na 1,75 m (Kotásková a Hrůza, 2013). Norma ČSN 73 6201 (2008)

uvádí jako minimální šířku trvalých lávek 2,00 m a minimální volnou výšku 2,50 m. Navrhovaná lávka navazuje na cyklistickou trasu, proto musí splňovat požadavky na průjezdný profil jízdního kola a cyklisty, do něhož nesmějí zasahovat žádné pevné překážky. Vzhledem k oboustrannému provozu byla zvolena šířka lávky 2,00 m.



Obrázek 30: Volný prostor cyklisty v pohybu (Bartoš, 2006)

6.3 Zábradlí

Lávka je opatřena zvýšeným zábradlím o výšce 1300 mm z důvodu využívání lávky cyklisty (Stráský, 2005). Zábradlí je tvořeno příhradovým nosníkem, který ztužuje konstrukci v podélném směru. Příhradový nosník je tvořen spodním a horním pásem z lepeného lamelového dřeva. Svislice tvoří sloupky zábradlí a diagonály slouží jako výplň zábradlí. Horní pás nosníku má zkosenou horní plochu. Zkosení umožňuje vodě volně odtékat a neulpívat na povrchu dřeva. Pro zvýšení komfortu chodců je zábradlí opatřeno dřevěným madlem ve výšce 900 mm o rozměrech 50 x 70 mm. Madlo je z trvanlivého dubového dřeva a má také zkosenou horní hranu, aby se na něm neudržovala voda a lépe se dalo držet.

6.4 Rampy

Na obou koncích lávky se nachází rampy navržené ve sklonu, který je vhodný pro užívání cyklisty. Jedná se o samostatný prvek, nezávislý na lávce. Rampy vedou od

krajních polí lávky až na přilehlou úroveň terénu. Jde o zpevněný podklad – zhutněný štěrkopísek, který je opatřen zábradlím ve výšce 1300 mm. Zábradlí je stejně jako u lávky opatřeno dřevěným madlem ve výšce 900 mm. Rampa na levém břehu řeky je navržena i se schody, ty vedou směrem k parkovací ploše. Zároveň je ale rampa sjízdná i na kole, navazuje totiž na zpevněnou komunikaci, která vede pod konstrukcí lávky a stáčí se k parkovací ploše.

6.5 Úprava okolí lávky

Při výstavbě lávky je nutné v okolí provést několik změn. Na levém i pravém břehu bude v místě nástupní rampy vytvořen násyp. Na levém břehu řeky je navržena zpevněná komunikace, která vede od lávky a napojuje se na cyklostezku. Na pravém břehu je také navržena zpevněná komunikace, která vede pod krajním polem lávky k parkovací ploše a silnici. Na lávce je osazeno veřejné osvětlení. Svítidla jsou umístěna na pylonech.

7 Konstrukční návrh lávky

Pro navrhovanou lávku byla na základě zdůvodnění v předchozích kapitolách zvolena visutá konstrukce. Tento druh konstrukce sice podléhá silnému přetvoření díky působícím zatížením, ale je schopen překonat dlouhá rozpětí. Lávka je navržena se třemi poli, krajní pole a střední pole jsou od sebe v místech pylonů oddílátována. Z důvodu zajištění co největší možné tuhosti je konstrukce lávky navržena s výztužným příhradovým nosníkem, který zároveň tvoří zvýšené zábradlí lávky (Obrázek 31). Svislice nosníku slouží jako sloupky zábradlí a diagonály mají funkci výplně zábradlí.

Hlavní princip visuté konstrukce lávky je v příčných nosnících (příčnících), které jsou zavěšeny na ocelových závěsech. Na těchto příčnících jsou uloženy příhradové nosníky a podélné nosníky (podélníky) menších rozměrů, na kterých je uložena pochozí vrstva lávky. Pochozí vrstva je tvořena dubovými fošami. Příčníky, podélníky a pochozí vrstva tvoří mostovku lávky. Svislice příhradového nosníku jsou opatřeny vzpěrami uloženými na příčných trámech. Ocelové závěsy vedoucí z každého příčníku jsou uchyceny na hlavním nosném laně, které je vedeno přes pylony lávky a je ukotveno do betonových základů. Pylony lávky jsou tvořeny z dřevěných prvků a jsou kotveny do betonového základu.



Obrázek 31: Navržená konstrukce lávky (Vlastní tvorba)

Prostorová tuhost konstrukce je zajištěna diagonálními dřevěnými ztužidly umístěnými mezi příčnými nosníky. Niveleta lávky má mírně obloukový tvar s poloměrem zakružovacího oblouku $r = 612$ m. Výkresová dokumentace a technická zpráva ke konstrukčnímu návrhu je uvedena v Příloze 2.

Základní parametry lávky:

- rozpětí: 43,50 m (střední pole), 11,60 (krajní pole)
- délka: 66,92 m
- délka přemostění: 66,20 m
- šířka: 2,32 m
- výška: 6,91 m
- volná výška na lávce: 3,05 m
- šířka mezi zábradlím: 2,0 m
- stavební výška: 0,78 m
- konstrukční výška: 1,53 m

Statické výpočty byly provedeny v programu IDA Nexis 32 a ke každému počítanému prvku jsou uvedeny zvlášť v Příloze D.1.2.

7.1 Použité materiály

Na konstrukci lávky je použito rostlé dřevo a lepené lamelové dřevo. Pro zajištění delší životnosti lávky bylo přistoupeno k použití dvou druhů dřevin. Na nosnou konstrukci lávky bude použito modřínové dřevo pevnostní třídy C24 a na pochozí vrstvu mostovky a madlo bude použito těžké, ale trvanlivé dubové dřevo pevnostní třídy D30. V Tabulce 9 jsou uvedeny některé vybrané vlastnosti použitých materiálů.

	Rostlé modřínové dřevo	Rostlé dubové dřevo	Lepené lamelové dřevo
Pevnostní třída	C24	D30	GL24h
Hustota [kg/m ³]	420	640	420
Pevnost v ohybu [MPa]	24	30	24
Pevnost ve smyku [MPa]	4	4	3,5
Prům.hodn. modulu pružnosti rovnoběžně s vlákny [MPa]	11 000	11 000	11 500
Průměrná hodnota modulu pružnosti ve smyku [MPa]	690	690	650

Tabulka 3: Vybrané vlastnosti použitých materiálů (Vlastní tvorba)

Dub a modřín jsou ve vodním stavitelství nejčastěji používané a nejvhodnější dřeviny (Studnička a Medřický, 1993). Modřínové dřevo je trvanlivé a má velkou odolnost proti střídavému působení sucha a vlhka. Z těchto důvodů je vhodné pro

konstrukce vystavené vlivům povětrnosti. Dubové dřevo je tvrdé, pevné, houževnaté a trvanlivé. Ve stavebnictví ho lze použít i na značně namáhané konstrukční prvky (Straka, 1996).

Spodní a horní pásnice příhradového nosníku bude tvořena lepeným lamelovým dřevem, které je únosnější, rozměrově stálější, přesnější a odolnější než rostlé dřevo. Také stojky pylonu jsou navrženy z lepeného lamelového dřeva. Použité lepené lamelové dřevo patří do pevnostní třídy GL24 s homogenním průřezem. Dodává se v šířkách 60 - 280 mm a výškách 120 - 1280 mm. Tloušťka lamel je 40 mm. Je dodáno v pohledové kvalitě Si. Použité řezivo je strojně tříděno. Dodává se s 12% +/- 2% vlhkostí. Na vyžádání firma Theurl-holz z Rakouska poskytuje lepené lamelové dřevo z modřínu. Na lepení je použito melaminformaldehydová lepidla s transparentní spárkou (Theurl, 2013).

Nosná lana jsou navržena jako uzavřená vinutá lana se dvěma vrstvami uzavřených drátů lan jmenovitého průměru 31mm pevnostní třídy 1570kN podle ČSN EN 12385-10 s antikorozií úpravou zinkováním. Závěsy jsou vyrobeny z oceli s antikorozií úpravou. Kotvící bloky jsou navrženy z betonu pevnostní třídy C 30/37.

7.2 Návrh konstrukčních prvků lávky

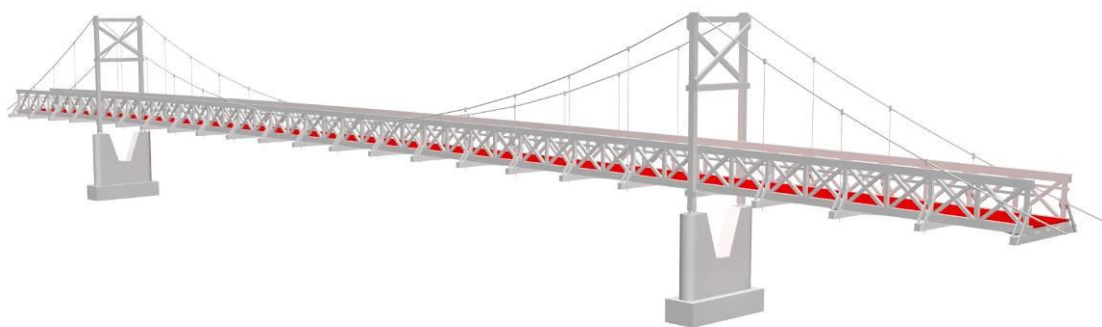
V následující podkapitole je popsáno provedení jednotlivých dřevěných konstrukčních prvků a spojů lávky, jejich rozměry, materiál, provedení spojů a způsob jejich působení v konstrukci. Metodika způsobu statického posouzení těchto prvků a uvažovaná zatížení a kombinace zatěžovacích stavů jsou uvedeny v samostatné kapitole 7. Numerické posouzení je uvedeno v Příloze D.1.2.

7.2.1 Pochozí vrstva mostovky

Pro lávky je vhodná a dostačující mostovka provedená s otevřenou drážkou, na kterou by mělo být použito kvalitní dřevo (Mettem, 2011). Pochozí vrstva je navržena z trvanlivých dubových fošen třídy pevnosti D30 o rozměrech 140 x 50 x 1 980 mm (Obrázek 32). Mezi jednotlivými fošnami a v prostoru mezi fošnou a příhradovým nosníkem je ponechána mezera 10 mm, která zabezpečí možnost tvarových změn bez

deformace konstrukce. K podélným nosníkům je každá deska připevněna šesti vruty Rapid 2000 60 x 140 mm.

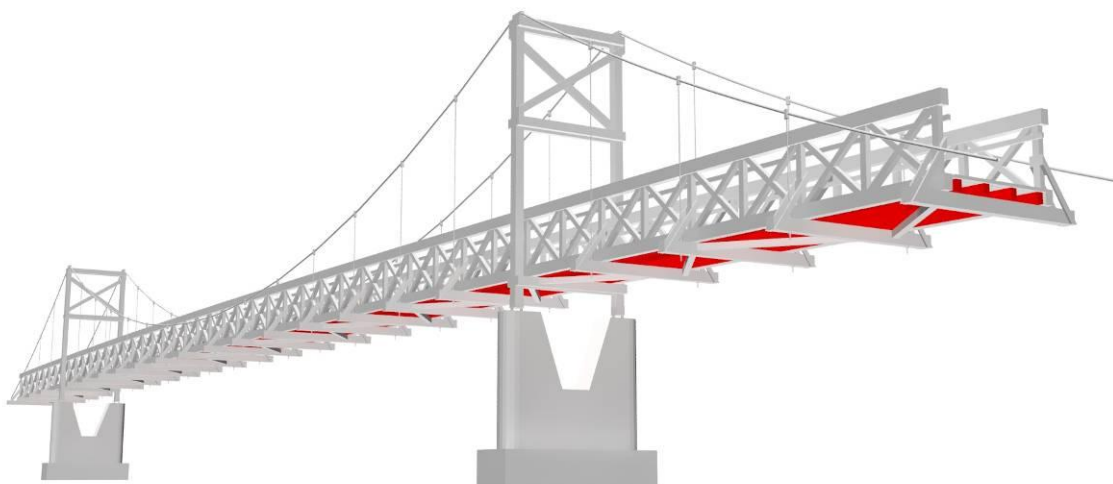
Uvažované zatížení pro návrh a posouzení prvku bylo zatížení vlastní tíhou (stálé zatížení) a zatížení osamělým lokálním břemenem o velikosti 2 kN působící na ploše 0,1 x 0,1 m (zatížení chodci – krátkodobé zatížení). Pro zjednodušení výpočtu bylo použito statické schéma prostého nosníku. Tento výpočet je na straně bezpečnosti, protože na prostém nosníku dosahují ohybové momenty vyšších hodnot než na nosníku spojitém. Statický výpočet se nachází v Příloze D.1.2.1.



Obrázek 32: Pochozí vrstva mostovky (Vlastní tvorba)

7.2.2 Podélné nosníky

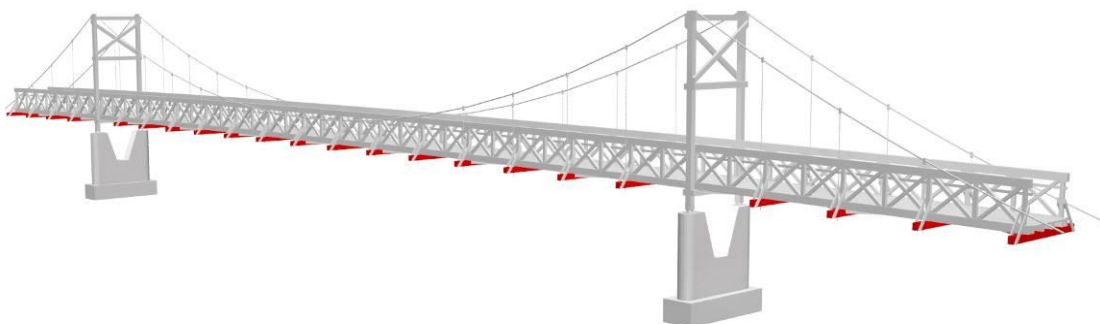
Podélné nosníky jsou součástí mostovky a nesou pochozí vrstvu lávky. Jsou navrženy z rostlého modřínového dřeva třídy C24. Uloženy jsou na příčných zavěšených nosnících (Obrázek 33). Podélníky jsou rozmístěny mezi příhradovými nosníky v osové vzdálenosti 580 mm. Mezi příhradovým nosníkem a krajním podélným nosníkem je ponechána mezera 70 mm kvůli snadné montáži spojovacích prostředků. Podélné nosníky mají rozměry 120 x 180 x 5 800 mm a jsou přímé. Při výpočtu bylo uvažováno zatížení vlastní tíhou a tíhou pochozí vrstvy (stálé zatížení) a plošné zatížení z provozu chodců (krátkodobé zatížení). Pro zjednodušení výpočtu bylo použito statické schéma prostého nosníku, výpočet je ale na straně bezpečnosti, protože na prostém nosníku dosahují ohybové momenty vyšších hodnot než na nosníku spojitém. Statický výpočet podélného nosníku se nachází v Příloze D.1.2.2.



Obrázek 33: Podélné nosníky (Vlastní tvorba)

7.2.3 Příčné nosníky

Příčné nosníky je vhodné rozmístit po celé konstrukci lávky symetricky. (Suspension-bridge design, 2012). Jsou navrženy z rostlého modřínového dřeva třídy pevnosti C24 o rozměrech 180 x 220 x 3 500 mm v osových vzdálenostech 2 900 mm. Na příčnících jsou uloženy příhradové a podélné nosníky (Obrázek 34). Příčníky jsou oproti užité šířce lávky rozšířeny z důvodu ukotvení ocelových závěsů a umístění vzpěr příhradového nosníku. Uvažovaná zatížení jsou stálá zatížení vlastní tíhou samotného příčníku, příhradového nosníku, podélných nosníků a pochozí vrstvy mostovky a nahodilé plošné zatížení z provozu chodců. Výpočet byl proveden na zjednodušeném modelu prostého nosníku, jedná se však o výpočet na straně bezpečnosti, protože na prostém nosníku probíhají větší ohybové momenty než na oboustranně vykonzolovaném nosníku. Statický výpočet příčného nosníku se nachází v Příloze D.1.2.3.

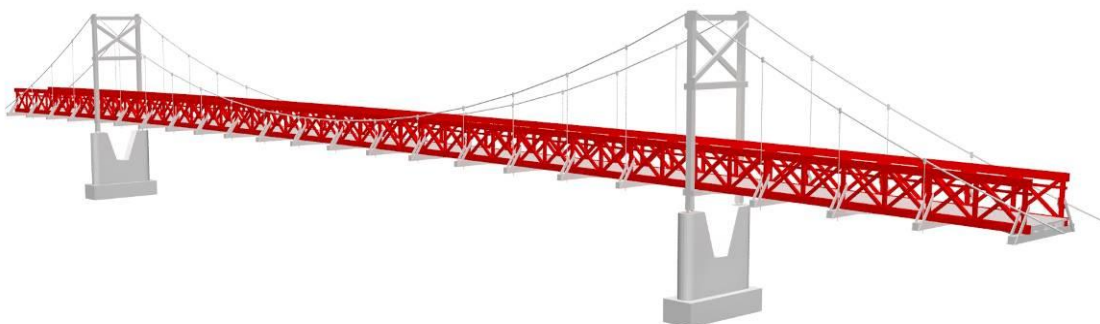


Obrázek 34: Příčné nosníky (Vlastní tvorba)

7.2.4 Příhradový nosník

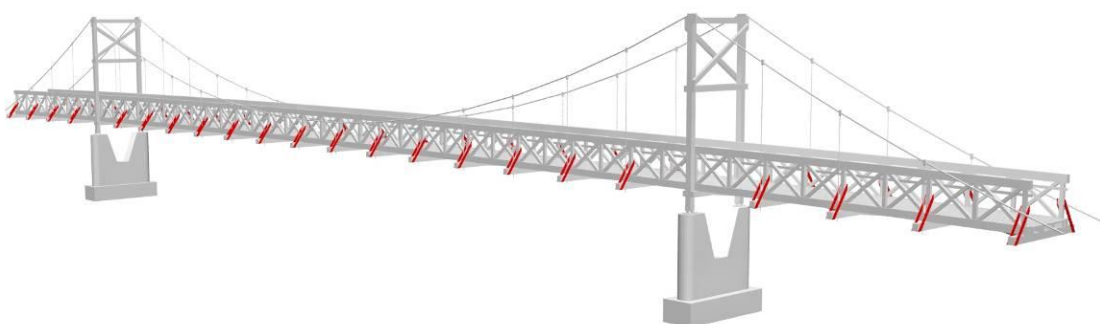
Spodní a horní pás příhradového nosníku je tvořen lepeným lamelovým dřevem třídy pevnosti GL24h s homogenním průřezem. Na délku je lávky složena z několika vzájemně spojených pásů. Krajní pole je tvořeno jedním pásem délky 11 700 mm. Střední pole je tvořeno 4 prvky s délkou 10 860 mm. Jednotlivé pásy jsou spojeny pomocí spojovacích ocelových plechů s kolíky a v místě styku je mezi nimi ponechána mezera 10 mm. V místě napojení dvou pásů u pylonu je z důvodu dilatace mostních polí navržena mezera 30 mm. Protože má niveleta lávky mírně obloukový tvar s poloměrem zakružovacího oblouku $r = 612$ m, nosníky vyrovnávají zaoblení lávky v místech těchto spojů, kde jsou mírně pootočený do požadovaného tvaru.

Pásy mají průřez 160 x 240. Horní tlačný pás je na horní ploše zkosený, aby se zde neudržovala voda a mohla volně odtékat. Svislice a diagonály jsou navrženy z rostlého modřínového dřeva třídy pevnosti C24. Diagonály jsou spojeny pomocí přeplátování a svorníku (Obrázek 35). Svislice mají rozměry 120 x 100 x 1050 mm a diagonály 100 x 100 x 1550 mm. K příhradovému nosníku jsou připojeny pomocí spojovacího ocelového plechu tloušťky 5 mm s kolíky o průměru 8 mm. Plech je upravený žárovým zinkováním ponorem.



Obrázek 35: Příhradové nosníky (Vlastní tvorba)

Nosník je opatřen vzpěrami vedoucími z příčných nosníků (Obrázek 36). Vzpěry příhradového nosníku jsou provedeny z modřínového řeziva o rozměrech 32 x 100 x 1 200 mm. Vzpěry jsou upevněny na příčném zavěšeném nosníku pomocí svorníků. K příčníku a sloupku jsou vzpěry připevněny pomocí svorníků a podkladních dřevěných prvků. Posouzení pásů, svislic a diagonál příhradového nosníku se nachází v Příloze D.1.2.4 – D.1.2.7.



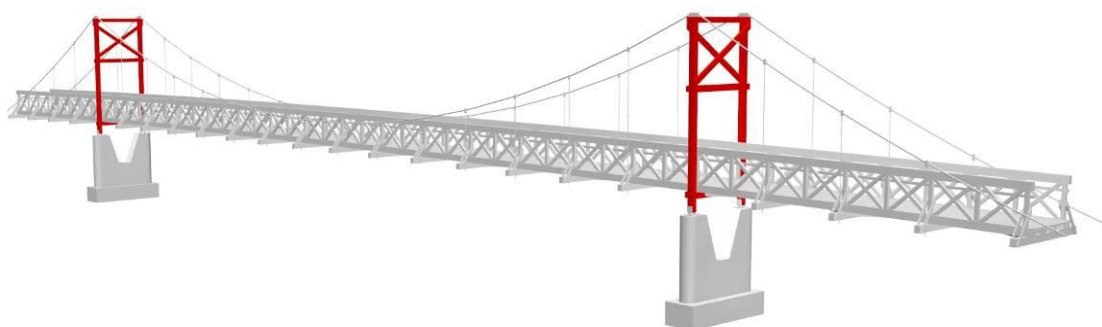
Obrázek 36: Vzpěry (Vlastní tvorba)

7.2.5 Stojky pylonu

Při navrhování mostních pylonů je snaha dosáhnout jejich shodné a co nejmenší výšky a zachovat vzdálenost mezi nimi co nejkratší. Výška pylonů vychází z vertikálních reakcí hlavního nosného lana na nich uloženého (Suspension - bridge design, 2012). Stojky pylonu jsou navrženy z lepeného lamelového dřeva třídy GL24h s rozměry 240 x 280 x 6 400. Příčně jsou kvůli zabránění namáhání na vzpěr vyztuženy hranoly z rostlého modřínového dřeva o průřezu 120 x 200 mm (Obrázek 37). V místě pylonu je navržena dilatace krajního a středního lávky. Je zde vynechán příčný nosník, který je nahrazen dvěma ocelovými nosníky tvaru C, které jsou upevněny na pylonu a

podporují mostovku. Na nosníky jsou navařeny plechy, na které jsou v místě pylonu pomocí svorníků upevněny podélné nosníky a spodní pás příhradového nosníku.

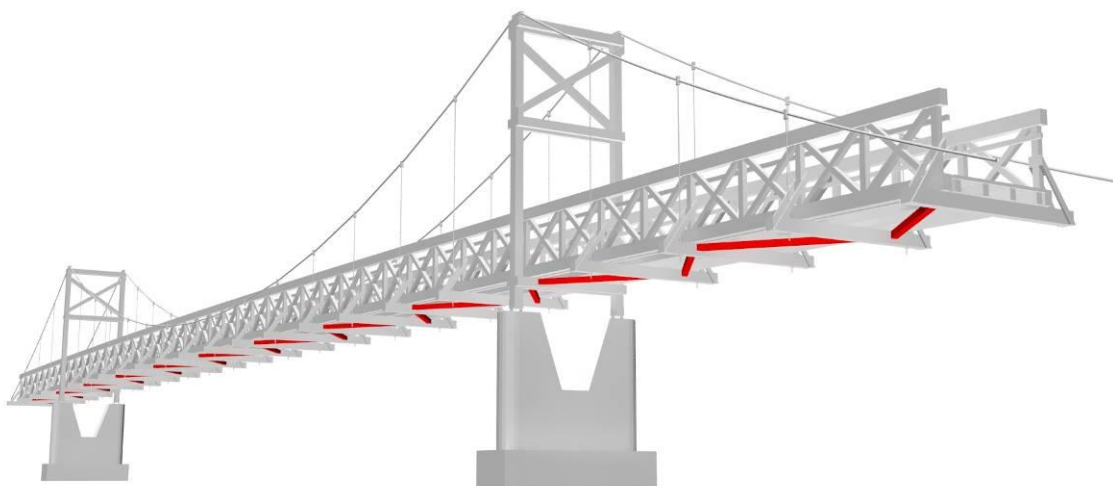
Pylon bude připevněn k betonové opěře pomocí kloubového uložení, které je schopno přenášet ohybové momenty a lze použít ve 3. třídě provozu. Horní plocha pylonu je opatřena plechem, který chrání čelní plochu stojky a zároveň je na něm upevněné sedlo podporující nosné lano. Posouzení stojek pylonu, vodorovné příčky a šikmého zavětrování se nachází v Příloze D.1.2.8 – D.1.2.10.



Obrázek 37: Pylony (Vlastní tvorba)

7.2.6 Vodorovné zavětrování

Celou konstrukci lávky podélně ztužuje příhradový nosník, který je příčně zajištěn vzpěrami vedoucími z příčných nosníků (Obrázek 35 a Obrázek 36). Dále je konstrukce ztužena ztužidly umístěnými pod mostovkou mezi jednotlivými příčníky (Obrázek 38). Ztužidla byla navržena o rozměrech 100 x 120 x 3465 mm a diagonálně vyplňují pole lávky. V podstatě na spodní straně mostovky tvoří příhradovou konstrukci. Posouzení vodorovného zavětrování se nachází v Příloze D.1.2.11.



Obrázek 38: Vodorovné zavětrování (Vlastní tvorba)

7.2.7 Ocelová lana a závěsy

Nosná lana jsou zavěšena ve dvou paralelních svislých rovinách. Spočívají na pylonech a na obou stranách jsou ukotvena. Sklon lana by měl být na obou stranách pylonu zachován stejný, čímž by mělo být zajištěno stejné napětí v obou částech lana (Suspension-bridge design, 2012). Lana jsou na koncích zakotvena do kotevních bloků prostřednictvím vidlicové koncovky. Jsou navržena uzavřená vinutá lana se dvěma vrstvami uzavřených drátů lan jmenovitého průměru 31mm pevnostní třídy 1 570 kN podle ČSN EN 12385-10 s antikorozií úpravou. Lana jsou na obou koncích opatřena zalitými vidlicovými koncovkami, připojení na kotevní body je přes styčnickový plech a čep. Mají pevnou délku, před osazením na stavbě musí být lana u výrobce předepnuta. Závěsy jsou tvořeny ocelovou tyčí o průměru 16 mm a jsou pomocí speciálně navržených lanových svorek upevněny na nosná lana. Závěsy nesou příčné nosníky a jsou v osových vzdálenostech 2,90 m souměrně rozmístěny po celé délce ocelového lana (Obrázek 39), jak na krajních polích, tak na poli středním.



Obrázek 39: Lana a závěsy (Vlastní tvorba)

7.2.8 Spodní stavba

Lávka má dvě krajní opěry (spíše kotevní bloky) a dvě mezilehlé podpěry – pylony (Obrázek 40). Kotevní bloky jsou masivní betonové. Pylony jsou tvořeny železobetonovým monolitickým pilířem zaobleného půdorysu. Beton je opatřen hydroizolací asfaltovým nátěrem. Pilíře jsou obloženy haklíky. Založení lávky je hlubinné na mikropilotách.



Obrázek 40: Spodní stavba (Vlastní tvorba)

7.2.9 Spojovací prostředky

Mimostředné přípoje vedou k přidavným namáháním konstrukčních prvků v oblasti spojů. K minimalizování těchto namáhání je třeba dbát na dostředné vytvoření přípojí (Blass, 2008). Spojovací prostředky jsou osazeny do bočních ploch, nikoliv do čelních, protože ve směru rovnoběžně s vlákny dřevo vykazuje výrazně nižší pevnost. Kuklík (2005) uvádí, že je nutné věnovat pozornost ocelovým spojovacím prostředkům. Ty musí být vždy opatřeny protikorozní ochranou. Jako protikorozní ochranu je možné použít žárové pozinkování a případně další ochranné vrstvy. Ve velmi agresivním prostředí je vhodnější použít spojovací prostředky z nerezavějící oceli.

V konstrukci lávky je navrženo více typů mechanických spojovacích prostředků. Jedná se o vruty, svorníky, spojovací plechy s kolíky a úhelníky. Na přípoj fošen mostovky jsou použity vruty Rapid 2000 6 x 140 mm. Na každou fošnu je použito 6 vrtů. V zásadě platí pravidlo, že závitová část vrutu musí být celá v materiálu, ke kterému připojujeme (podélné nosníky). Vrutu Rapid 6 x 120 mm jsou dále použity k připevnění dubového madla ke svislým příhradovému nosníku. Na každý spoj zde případnou 4 vruty.

Na přípoj vzpěr a diagonál, na jednotlivé spoje pylonu a zavětrování jsou použity ocelové svorníky s ocelovými podložkami. Délka svorníku je různá v závislosti na spojovaném materiálu, průměr svorníku je 12, 16 nebo 20 mm.

Pro délkové napojení pasů příhradového nosníku jsou použity spoje pomocí ocelových plechů tloušťky 8 mm a ocelové kolíky o průměru 12 mm z oceli S235. Tento druh spoje umožňuje připojení prvků v mírném sklonu, což ve výsledku způsobuje celkové mírné nadvýšení konstrukce. Posouzení tohoto spoje je uvedeno v Příloze D.1.2.12. Ocelové spojovací plechy tloušťky 5 mm s kolíky o průměru 8 mm byly použity i pro přípoj styčnicku příhradového nosníku, kde se spojuje příhradový pás se svislými a diagonálami. Posouzení tohoto styčnicku je uvedeno v Příloze D.1.2.13.

Podélné nosníky jsou délkově napojeny v místě nad příčným nosníkem pomocí ocelového úhelníku ze žárově zinkovaného plechu S280GD+Z275. Jako spojovací materiál slouží kroužkové hřebíky o průměru 4 mm.

Příčník a příhradový nosník jsou vzájemně spojeny pomocí úhelníkových plechů s vruty. Krajní příčník je uložený na betonovém kotevním bloku pomocí kloubového neposuvného uložení.

Dřevěné stojky pylonu jsou připevněny k betonovému pilíři pomocí kloubového uložení, které lze použít ve 3. třídě provozu. Ostatní spoje na stojce jsou provedeny pomocí svorníků.

Zábradlí na nástupních rampách je spojeno pomocí vrtů Rapid. V kotevním betonovém bloku jsou prvky zábradlí připevněny pomocí kotevní patky z oceli S235JR (pozinkováno).

7.3 Ochrana dřeva

Nevýhodou dřeva je jeho nízká odolnost proti abiotickým a biotickým činitelům. Je potřeba ho chránit a prodloužit tak jeho životnost, zejména co se týče konstrukcí umístěných v exteriéru. Mezi nejvýznamnější abiotické činitele patří zejména teplota, voda (déšť, sníh, led), vítr, sluneční záření a UV záření. Vlivem poškození se mohou měnit fyzikální a chemické vlastnosti dřeva, dochází k barevným změnám dřeva a tvorbě trhlin (Straka, 1996).

Z důvodu neustálého vystavení lávky vlhkosti, povětrnostním vlivům a slunečnímu záření bylo zvoleno použití dřevin s vyšší přirozenou trvanlivostí - modřín a dub. Trvanlivost dřeva je možno definovat jako odolnost vůči fyzikálním, chemickým a biologickým činitelům (Marynowic, 2008). Trvanlivost závisí na druhu dřeviny, hustotě, ale i na výskytu biologických činitelů. Pohybuje se v rozmezí několika až tisíce let. Z hlediska přirozené trvanlivosti dělíme dřeviny na trvanlivé a středně a málo trvanlivé. Dle ČSN EN 335-1 a ČSN EN 335-2 má modřín pravděpodobnou trvanlivost v třídě ohrožení 10-15 let a dub 15-25 let. Straka (1996) uvádí, že trvanlivost dřeva je obecně dána jeho kvalitou, konstrukčním řešením konstrukce, způsobem užívání objektu a údržbou. Pro dřevěné prvky v exteriéru se doporučuje užívat dřeviny s vyšší trvanlivostí (Tabulka 4).

Trvanlivost	Druh dřeviny
Dřeviny s relativně vyšší trvanlivostí	dub, modřín, douglaska, akát
Dřeviny se střední trvanlivostí	jasan, jilm, borovice, smrk
Dřeviny s relativně nižší trvanlivostí	buk, jedle, javor, bříza, lípa, topol

Tabulka 4: Rozdělení dřevin dle trvanlivosti (Vlastní tvorba)

Při navrhování dřevěných konstrukcí je v první řadě třeba chránit dřevo samotnou konstrukcí – tzv. konstrukční ochrana (zastřešení mostu, přesahy prvků, oplechování, ochrana nosných prvků apod.). Dalším možným způsobem ochrany je ochrana chemická. Bell (2008) uvádí, že chemické prostředky mohou výrazně zvýšit odolnost a životnost dřeva, především jedná-li se o ochranu tlakovou impregnací. Předpokladem dlouhé životnosti je pravidelná roční prohlídka, případně provedení okamžité opravy poškozených prvků.

7.3.1 Konstrukční ochrana lávky

Konstrukční ochrana dřeva je souhrn technických a konstrukčních opatření, které chrání dřevo před povětrnostními vlivy a zvýšením vlhkosti ve stavbě (Ptáček, 2009). Při návrhu konstrukce je třeba co nejvíce zamezit působení vlhkosti na dřevo. Ve spojích se nesmí udržovat voda ani nečistoty. Všechny části konstrukce by měly být dobře větrány (Mettem, 2011; Koželouh, 2004). Voda v tekutém stavu proniká do dřeva především ve směru vláken. Takové poškození může vést ke změně pevnosti, vzhledu, tepelných vlastností atd. Proto je vhodné zamezit vystavení čelních ploch přímému působení vody, například vhodným uspořádáním konstrukce. Následně tam, kde není konstrukční ochrana možná, je třeba přistoupit k ochraně chemické (Ptáček, 2009; Kuklík, 2005).

Lávka je navržena z dřevin s relativně vysokou přirozenou trvanlivostí – modřínu a dubu. Přesto je nutné zajistit co nejvyšší možnou ochranu před přímými povětrnostními vlivy a trvalým zvlhčováním. V návrhu jsou respektovány zásady správné konstrukční ochrany dřeva.

Prvním krokem bylo zamezení kontaktu dřeva se zemínou a vodní hladinou. S vodní hladinou dřevo nepřichází do styku a kontaktu se zemínou je zamezeno použitím vhodných ocelových kotevních prvků. Další použité způsoby konstrukční ochrany dřeva byly následující:

- Návrh úkosů na horních plochách nosníků (horní pás příhradového nosníku je symetricky zkosený z důvodu, aby se na horní ploše neudržovala voda),
- Oplechování prvků (čelní plocha stojky pylonu je opatřena ochranným prvkem, který tvoří sedlo pro nosná lana).
- Ochrana nosných prvků pochozí vrstvou mostovky (dubové fošny tvoří částečnou ochranu pro podélné a příčné nosníky).
- Vhodný způsob upevnění sloupů k patkám.
- Mezery mezi prvky k zajištění cirkulace vzduchu a tvarových změn (mezery mezi dubovými fošnami, mezery mezi fošnami a příhradovým nosníkem).
- Detaily řešené tak, aby se voda neshromažďovala ve spojích.
- Montování prvků s takovou vlhkostí, která odpovídá rovnovážné vlhkosti dřeva v daném prostředí (zamezení deformace).

7.3.2 Chemická ochrana

K chemické ochraně dřevěných konstrukcí se přistupuje v případě nedostatečné konstrukční ochrany. Daná konstrukce se zařídí do tabulky dle normy ČSN EN 335-1 a ČSN EN 335-2, která rozděluje rizika ohrožení dřeva biotickými škůdci do jednotlivých tříd (Tabulka 5).

třída ohrožení	prostředí	výskyt biotických činitelů	příklady
1	nad zemí, kryté (suché)	brouci, termiti	interiér, dřevěné rámy kryté střechou a obklady
2	nad zemí, kryté	brouci, termiti	otevřená garážová stání, okenní rámy, kryté mosty
3	nad zemí, nekryté (riziko častého zvlhnutí)	Houby, brouci, termiti	mostní nosníky a mostovka, stříšky
4	v kontaktu s půdou nebo sladkou vodou (trvale)	Houby, brouci, termiti, bakterie	ploty, sloupky, štetové stěny
5	ve slané vodě (trvale)	houby, brouci, termiti	pilíře, vlnolamy, mořské ochranné stěny

Tabulka 5: Třídy ohrožení a výskyt biotických činitelů podle EN 335-1 (Marynowic, 2008)

Dle uvedené tabulky spadá nekrytá mostní konstrukce do 3. třídy ohrožení. Charakteristickým vlivem této třídy je vlhkost dřeva často vyšší než 20% spolu s působením povětrnosti. V našem prostředí se doporučuje ochrana proti dřevokaznému hmyzu, dřevokazným houbám a plísním prostředky s účinností F_B , B, P, I_P , n.

- F_B – účinnost proti houbám třídy Basidiomycetes (např. dřevomorka domácí)
- B – účinnost proti houbám způsobujícím modráni
- P – účinnost proti plísním
- I_P – účinnost proti dřevokaznému hmyzu preventivní
- n – látka ze dřeva nevyluhovatelá vodou (Straka, 1996).

Zvolenou chemickou ochranou dřeva je impregnační prostředek Lignofix Stabil. Jedná se o bezbarvou či hnědou viskózní kapalinu a preventivní ochranu proti houbám, plísním a hmyzu s parametry vyhovujícími požadavkům normy – účinnost F_B , P, B, I_P , 1, 2, 3, SP a nevyluhovatelnost (Lignofix, 2014). Na rostlé modřínové dřevo bude aplikována tlakovou impregnací a na dubové a lepené lamelové dřevo bude aplikována nátěrem. Lepené lamelové dřevo není vhodné tlakově impregnovat, je to z důvodu rozdílných vlhkostí používaných u lepení (cca 12 %) a u impregnace (20 %). Jádru

modřínu je velice obtížné naimpregnovat, proto bude proimpregnována jeho běl. Nátěr Lignofixem je doporučeno opakovat 2-4 x podle v exteriéru podle expozice.

Jako krycí nátěr bude na všechny dřevěné prvky použita tenkovrstvá lazura Remmers HK Lasur – odstín modřín. Jedná se o tenkovrstvou impregnační lazuru určenou pro vnější použití. Její složení umožní ochranu proti plísní, zamodráním, hnilobě, řasám, UV záření a vlhkosti. Zároveň zabraňuje trhání dřeva, odpuzuje vodu a reguluje vlhkost. Renovační nátěr lze provést bez předchozího broušení povrchu (Remmers, 2014).

7.3.3 Požární ochrana

Dřevo a materiály na bázi dřeva jsou hořlavé. Přesto, že je možné snížit jejich hořlavost vhodným impregnačním nátěrem nebo povrchovou úpravou, nikdy se nedosáhne jejich nehořlavosti. Rostlé dřevo je obtížně zápalné a plamen se šíří nízkou rychlostí. Rychlost hoření závisí na hustotě dřeva, vlhkosti, na úpravě povrchu, rozměrech dřeva apod. Při hoření dochází k postupnému zuhelnování povrchové vrstvy, která brání přístupu kyslíku do průřezu a tím izoluje průřez před hořením. Odhořívání se vlivem izolační vrstvy a špatné tepelné vodivosti dřeva zásadně zpomaluje. Nevznikají tak poruchy účinkem nadměrného tepelného roztažení a nedochází k náhlému zřícení jako v případě ocelových konstrukcí. Ve zbytkovém průřezu tak prakticky nedochází ke změně fyzikálních vlastností dřeva, v podstatě pouze k úbytku pevnosti vlivem redukce průřezu.

V zásadě existují dva způsoby chemické ochrany dřevěných konstrukcí před požárem. Jedná se o nátěry, které zpomalují hoření ochranou povrchu dřeva přeměnou v mikroporézní pěny a impregnační roztoky, které se teplem rozkládají v nehořlavé plyny a zrychlují zuhelnatění dřeva (Kuklík, 2008b; Hájek, 1997).

Požární ochrana lávky není řešena žádnou dodatečnou ochranou ve formě nátěru ani konstrukčního opatření. Dostatečná požární odolnost je zajištěna hodnotami požární odolnosti jednotlivých konstrukčních prvků. Příhradové nosníky a pylony jsou navrženy z lepeného lamelového dřeva, které se vyznačuje dobrými požárními vlastnostmi. Ocelové spoje jsou nejslabším místem konstrukce z hlediska požární ochrany, ale i tak se dají v případě lávky považovat za dostačující. Lepidla pro

konstrukční účely by měla zaručovat spoje takové pevnosti a trvanlivosti, aby byla zachována celistvost spoje po dobu požární odolnosti (ČSN EN 1995-1-2, 2006).

7.4 Montáž lávky

Jeden z nejpřesvědčivějších argumentů, hovořících v prospěch dřevěných mostů, je jejich rychlá a relativně jednoduchá montáž. Jednotlivé segmenty mostu mohou být smontované na stavbě a díky poměrně malé hmotnosti mohou být pomocí mobilních jeřábů osazené na podpory (Bell, 2008). Montáž dřevěných prvků by měla probíhat za takové vlhkosti, která odpovídá rovnovážné vlhkosti dřeva v daném prostředí, tím se zamezí deformacím.

Navržené dřevěné prvky nedosahují délky 13 metrů, proto nebude problém s jejich doprava na staveniště nákladním vozem. Příhradové nosníky budou sestaveny z jednotlivých dílů. Pro osazení lan a montáž nosné konstrukce bude použit mobilní jeřáb. Postup prací:

- výkopové práce
- spodní stavba
- výstavba betonových pilířů a kotevních bloků
- osazení a provizorní zafixování dřevěných pylonů
- osazení nosných lan lávky, zakotvení v kotevních blocích
- montáž závěsů
- postupná montáž nosné konstrukce symetricky na obou pylonech (od pylonu)
- dřevěná mostovka
- rektifikace konstrukce (pomocí závěsů)
- dokončení ramp na obou březích
- montáž veřejného osvětlení
- dokončovací práce.

Stavba nemá trvalý negativní vliv na životní prostředí. Během stavby dojde ke zhoršení životního prostředí stavebními pracemi a pohybem stavebních mechanismů, zejména prašností a zvýšenou hladinou hluku. Při vlastní stavební činnosti je třeba dbát zásad ochrany životního prostředí. Zvýšenou pozornost je třeba věnovat zamezení znečištění vodního toku.

8 Statické posouzení konstrukce

Konstrukce musí být navržena a provedena tak, aby byla schopna sloužit užívání k požadovanému účelu po předpokládanou dobu životnosti a odolala všem předpokládaným účinkům zatížení (Straka, 1996).

Kuklík (2005) uvádí, že dřevěná konstrukce se považuje za spolehlivou, pokud je dostatečně únosná, tuhá a polohově stabilní. Konstrukce je únosná, pokud namáhání prvků a spojů nepřekročí přípustné mezní hodnoty (návrhové pevnosti dřeva a návrhové únosnosti spojovacích prostředků). Tuhost konstrukce je prokázána, pokud přetvoření konstrukce a jejích částí nepřekročí přípustné mezní hodnoty. Pokud je prokázána dostatečná bezpečnost proti překlopení, posunutí a nadzdvihnutí konstrukce, je považována za dostatečně polohově stabilní. Obecně se spolehlivost dřevěných konstrukcí ověřuje výpočtem ve specializovaných programech. Dříve se používala metoda dovolených namáhání, která byla nahrazena metodou mezních stavů. Tyto metody jsou zásadně rozdílné. Zatímco metoda dovolených namáhání vychází z mnohaletých zkušeností při navrhování dřevěných konstrukcí, tak metoda mezních stavů je založena na principech matematické statistiky. Posouzení jednotlivých konstrukčních prvků a spojů je uvedeno v Příloze D.1.2.

8.1 Zatížení konstrukce

Zatížení je zaváděno jako účinek síly působící na konstrukci nebo jako účinek vynuceného přetvoření (Straka, 1996). Podle proměny v čase se rozlišují zatížení stálá (G), nahodilá (Q) a mimořádná (A). Eurokód 5 část 1-1 (2006) uvádí rozdělení zatížení na zatížení vlastní tíhou, užitná zatížení, zatížení větrem, sněhem a teplotou, zatížení během provádění a mimořádná zatížení. Stálé zatížení zahrnuje tíhu všech částí mostu a stálých zařízení, které most nese. Zpravidla se předpokládá, že stálé zatížení je rovnoměrně rozdělené po celé délce mostního pole. Z hlediska nahodilého zatížení se lávky pro chodce na veřejných cestách navrhují na rovnoměrné zatížení podle normy, kdy se příslušná zatěžovací třída stanoví podle dopravního významu lávky a podle předpokládaného využití chodců.

Při návrhu je nutné zatřídit konstrukci do třídy provozu, uvážit všechna působící zatížení a určit dobu jejich trvání. Pro posouzení mezních stavů je třeba zařadit konstrukci do tříd provozu (Tabulka 6).

Třída provozu	Charakteristika třídy
1	obsah vlhkosti v materiálech odpovídající teplotě 20°C a relativní vlhkosti okolního vzduchu přesahující 65% pouze pro několik týdnů v roce (vlhkost dřeva nepřesahuje obvykle 12%)
2	obsah vlhkosti v materiálech odpovídající teplotě 20°C a relativní vlhkosti okolního vzduchu přesahující 85% pouze pro několik týdnů v roce (vlhkost dřeva nepřesahuje obvykle 20%)
3	vyšší obsah vlhkosti než ve třídě 2; kryté konstrukce se pouze výjimečně zařazují do třídy 3

Tabulka 6: Třídy provozu (Straka, 1996)

Třídy trvání zatížení (Tabulka 7) byly zavedeny z důvodu poklesu pevnosti dřeva v průběhu času. Jsou charakterizovány účinkem konstantního zatížení, které působí po určitou dobu během doby životnosti konstrukce (Kuklík, 2005).

Třída trvání zatížení (s příklady zatížení)	Řád souhrnného trvání charakteristického zatížení
Stálé (vlastní tíha)	déle než 10 let
Dlouhodobé (skladové zatížení)	6 měsíců - 10 let
Střednědobé (užitné zatížení stropů)	1 týden - 6 měsíců
Krátkodobé (zatížení sněhem, větrem)	méně než 1 týden
Okamžité (zat.větre, mimořádné zatížení)	

Tabulka 7: Třídy trvání zatížení (Eurokód 5, 2006)

Z těchto výchozích parametrů stanovíme součinitele pro výpočet mezních stavů (viz kapitola 5.2 Mezní stavy).

8.1.1 Uvažovaná zatížení a kombinační stavy

Dle uvedené tabulky (Tabulka 6) je konstrukce lávky zařazena do 3. třídy provozu. Při statickém výpočtu konstrukce lávky jsou uvažovány uvedená zatížení s příslušnou třídou trvání zatížení (Tabulka 7):

- vlastní tíha – stálé zatížení,
- zatížení lávky dopravou (provoz chodců a cyklistů) – krátkodobé zatížení, stanoveno dle Eurokódu 1: Zatížení - Část 2: Zatížení mostů dopravou - rovnoměrné zatížení 5 kN/m² a lokální zatížení 10 kN na ploše 0,1 x 0,1 m². Dle národního

aplikačního dokumentu lze uvažovat redukci zatížení podle čl. 5.3.2.1 na $q_k = 3,7$ kN/m² (pouze pro globální posouzení celé lávky, ne pro jednotlivé konstrukční prvky). Podle článku NA.2.42 je tam, kde je znemožněn vjezd vozidel, možno počítat s osamělou silou 2 kN na ploše 0,1 x 0,1 m².

- zatížení bočním větrem – krátkodobé zatížení.

Při kombinaci zatížení se uvažuje třída trvání zatížení s většími účinky na konstrukci.

V rámci globálního posouzení lávky byly uvažovány tyto zatěžovací stavy (Tabulka 8):

Stav	Jméno	souč.	Popis
1	Nosná konstrukce	1.00	Stálé - Zatížení
2	Mostovka	1.00	Stálé - Zatížení
3	Chodci v poli 2	1.00	Nahodilé - Chodci Výběr.
4	Kompenzace protažení lana	1.00	Stálé - Zatížení
5	Tíha lana	1.00	Stálé - Zatížení
6	Chodci na celé lávce	1.00	Nahodilé - Chodci Výběr.
7	Chodci-část pole 2-uprostřed	1.00	Nahodilé - Chodci Výběr.
8	Chodci-část pole 2-u pylonu	1.00	Nahodilé - Chodci Výběr.
9	Boční vítr	1.00	Nahodilé - Vítr

Tabulka 8: Zatěžovací stavy (Vlastní tvorba)

Tabulka s uvedením jednotlivých nelineárních kombinací zatěžovacích stavů použitých ve výpočtu statického modelu je uvedena v Příloze 3.5.

8.2 Statické působení lávky

Zatížení se z mostovky přenáší do závěsů a odtud do hlavních kabelů, které zatížení částečně přenáší do pylonů a částečně do kotevních bloků. Zatížení se nakonec dostává přes pylony a kotevní bloky do podloží.

Při výpočtech jednotlivých prvků mostovky byl uvažován princip geometrické linearit (pochozí vrstva, podélníky a příčníky). Při výpočtu vnitřních sil na globálním modelu lávky (provedeno ve statickém programu IDA Nexis) byla předpokládána geometrická nelinearita konstrukce. To znamená, že výpočet vnitřních sil se uvažuje na deformované konstrukci (neplatí princip superpozice).

8.3 Mezní stavy

Za mezní stavy jsou považovány takové stavy, po jejichž překročení již konstrukce nesplňuje návrhové podmínky spolehlivosti. Rozlišují se mezní stavy únosnosti a mezní stavy použitelnosti (Straka, 1996).

8.3.1 Mezní stavy únosnosti

Do mezních stavů únosnosti zahrnujeme veškeré stavy, které se vztahují k zásadnímu poškození konstrukce a po jejichž překročení již není zaručena bezpečná únosnost konstrukce nebo některého nosného prvku a může dojít ke zřícení, porušení nebo ztrátě stability (Straka, 1996). Jedná se o únosnost, překlopení, posunutí a nadzdvihnutí konstrukce (Kuklík a Kuklíková, 2010).

Ověření spolehlivosti dřevěných konstrukcí je založeno na metodě dílčích součinitelů zatížení a materiálů (Kuklík, 2005). Základním principem metody dílčích součinitelů je snížení pravděpodobnosti překročení mezního stavu únosnosti pomocí úpravy charakteristických hodnot dílčími součiniteli spolehlivosti (Tabulka 9 a Tabulka 10), tedy zavedením návrhových hodnot. Charakteristické hodnoty základních veličin (zatížení, geometrické a materiálové vlastnosti) jsou odvozeny ze statistických charakteristik. Ve výsledku jsou pak při navrhování dřevěných prvků pro stálá zatížení používány asi 60% hodnoty pevnosti dřeva. Při navrhování a posuzování spolehlivosti dřevěných konstrukčních prvků musí každý prvek vyhovovat základní obecné podmínce [7.1]:

$$S_d \leq R_d \quad [8.1]$$

R_d návrhová hodnota odolnosti konstrukce

S_d návrhová hodnota účinku zatížení.

Charakteristické hodnoty nahodilého zatížení (Q_k) jsou hodnoty uvedené v Eurokódu podle způsobu zatížení lávky dopravou. Charakteristické hodnoty stálého zatížení (G_k) jsou stanoveny z objemových tíh konstrukčních prvků. Návrhové hodnoty (Q_d a G_d) jsou dány vztahem [7.2] a [7.3]:

$$G_d = \gamma_F \cdot G_k \quad [8.2]$$

$$Q_d = \gamma_F \cdot Q_k \quad [8.3]$$

γ_F součinitel spolehlivosti zatížení

G_d, Q_d návrhové hodnoty stálého a nahodilého zatížení

G_k, Q_k charakteristické hodnoty stálého a nahodilého zatížení

Pro vlastní výpočet bylo použito součinitele pro zatížení konstrukcí dopravou používané firmou Pontika s.r.o. k výpočtům dřevěných konstrukcí (Tabulka 9).

Zatížení	Součinitel spolehlivosti zatížení γ_F
stálé zatížení	1,15
nahodilé zatížení	1,35

Tabulka 9: Hodnoty součinitele spolehlivosti při zatížení dopravou (Vlastní tvorba)

Ze stanovených návrhových hodnot působících zatížení se určí vnitřní síly konstrukčního prvku (normálové síly, posouvající síly a ohybové momenty). Následně se podle příslušného vzorce [7.4, 7.5, 7.6] stanoví působící napětí:

$$\sigma = \frac{M_d}{W} = \frac{M_d}{(1/6)bh^2} \quad [8.4] \quad (\text{v případě výpočtu ohybového napětí})$$

$$\sigma = \frac{N}{A} \quad [8.5] \quad (\text{v případě výpočtu tlakového a tahového napětí})$$

$$\tau = \frac{3 \cdot V_d}{2 \cdot A_{ef}} = \frac{3 \cdot V_d}{2 \cdot h \cdot 0,67 \cdot b} \quad [8.6] \quad (\text{v případě výpočtu smykového napětí})$$

M_d maximální ohybový moment konstrukčního prvku

W průřezový modul

N působící síla

A plocha průřezu

V_d posouvající síla

h výška průřezu

b šířka průřezu.

Pro porovnání návrhového napětí je nutné stanovit hodnotu návrhové pevnostní vlastnosti prvku [7.7], popřípadě návrhovou hodnotu odolnosti [7.8] pomocí vztahu:

$$X_d = \frac{k_{\text{mod}} \cdot X_k}{\gamma_m} \quad [8.7]$$

$$R_d = \frac{k_{\text{mod}} \cdot R_k}{\gamma_m} \quad [8.8]$$

k_{mod} modifikační součinitel zohledňující vliv trvání zatížení a vlhkosti

γ_M součinitel spolehlivosti materiálu

$X_k; R_k$ charakteristická hodnota vlastnosti a odolnosti dřeva

$X_d; R_d$ návrhová hodnota vlastnosti a odolnosti dřeva.

Charakteristické hodnoty vlastností pro jednotlivé třídy konstrukčního dřeva jsou uvedeny v normě EN 338 (Příloha 3.2). Charakteristické hodnoty pro jednotlivé třídy pevnosti jsou uvedeny v EN 14080 (Příloha 3.3). Součinitel k_{mod} se určí z Tabulka 11 a součinitel spolehlivosti materiálu podle Tabulka 10.

Materiál	Součinitel spolehlivosti materiálu γ_M
rostlé dřevo	1,30
lepené lamelové dřevo	1,25

Tabulka 10: Hodnoty součinitele spolehlivosti materiálu (Kuklík a Kuklíková, 2010)

Třída trvání zatížení	Třída provozu 1	Třída provozu 2	Třída provozu 3
stálé zatížení	0,60	0,60	0,50
dlouhodobé zatížení	0,70	0,70	0,55
střednědobé zatížení	0,80	0,80	0,65
krátkodobé zatížení	0,90	0,90	0,70
okamžité zatížení	1,10	1,10	0,90

Tabulka 11: Hodnoty k_{mod} pro rostlé a lepené lamelové dřevo (Eurokód 5, 2006)

Vypočítané napětí prvku musí vyhovovat podmínkám dle příslušného typu namáhání. Návrhové napětí je porovnáváno s návrhovou pevnostní vlastností dřeva. Tyto vztahy jsou popsány v kapitole 5.3 Základní namáhání dřevěných konstrukčních prvků.

Zatížení větrem

Při výpočtu zatížení lávky větrem byla uvažována zjednodušená metoda výpočtu síly ve směru x – kolmo na rozpětí (Král, 2010). Síla větru se spočítá podle vztahů [7.9 a 7.10]:

$$F_w = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2 \cdot C \cdot A_{ref,x} \quad [8.9]$$

ρ hustota vzduchu ($\rho=1,25 \text{ kg/m}^3$)

v_b rychlost vzduchu (větrná oblast I, $v_b = 22,5 \text{ m/s}$)

$A_{ref,x}$ referenční plocha

C součinitel zatížení větrem dle vzorce:

$$C = c_e \cdot c_{f,x} \quad [8.10]$$

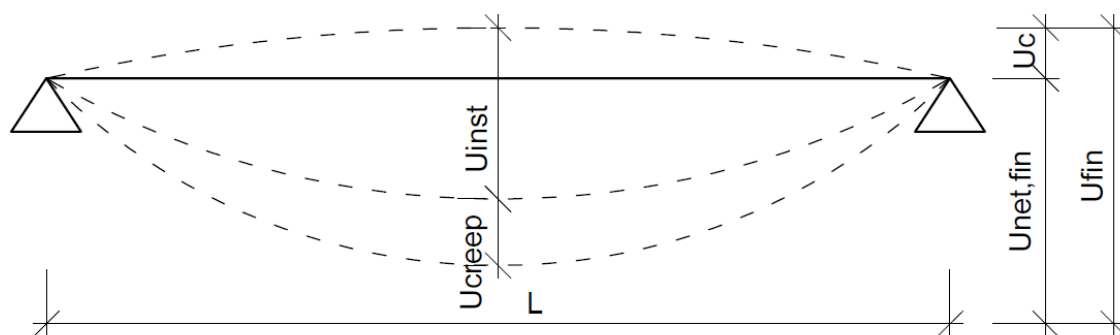
c_e součinitel expozice

$c_{f,x}$ součinitel síly

Potřebné hodnoty vlastností a součinitelů byly převzaty z normy ČSN EN 1991-1-4 Zatížení větrem.

8.3.2 Mezní stavy použitelnosti

Mezní stavy použitelnosti jsou stavy, po jejichž překročení již nadále nejsou splněny stanovené podmínky použitelnosti konstrukce, např. přetvoření konstrukce, průhyby, kmitání atd. (Straka, 1996). Rozměry nosných prvků zatížených v ohybu musí být takové, aby se průhyb pohyboval v určených hranicích a nedocházelo tak k nerespektování funkčních a estetických požadavků (Požgaj, 1997).



Obrázek 41: Složky průhybu (Eurokód 5, 2006)

u_c – nadvýšení, u_{inst} – okamžitý průhyb, u_{creep} – průhyb od dotvarování, u_{fin} – konečný průhyb, $u_{net, fin}$ – čistý konečný průhyb

Okamžitá deformace (u_{inst}) se určuje dle typu statického působení podle vztahu ze statických tabulek pro stálé (G) a nahodilé (Q) zatížení (Obrázek 41). Konečná deformace (u_{fin}) se určuje dle uvedených vztahů [7.11 – 7.14]:

$$u_{fin} = u_{fin,G} + u_{fin,Q1} + u_{fin,Qi} \quad [8.11]$$

$$u_{fin,G} = u_{inst,G} (1 + k_{def}) \quad [8.12]$$

$$u_{fin,Q,1} = u_{inst,Q,1} (1 + \psi_{2,1} k_{def}) \quad [8.13]$$

$$u_{fin,Q,i} = u_{inst,Q,i} (\psi_{0,i} + \psi_{2,i} k_{def}) \quad [8.14]$$

k_{def} součinitel dotvarování dle příslušné třídy provozu a doby trvání zatížení (Tabulka 7)

$\psi_{2,1}, \psi_{2,i}$ součinitelé pro kvazistálou hodnotu proměnných zatížení (Příloha 3.4)

$\psi_{0,i}$ součinitel pro kombinační hodnotu proměnných zatížení (Příloha 3.4)

Deformace se určuje zvlášť pro stálé a nahodilé zatížení. Do vztahů pro mezní stavu použitelnosti dosazujeme charakteristické hodnoty působícího zatížení.

třída trvání zatížení	Třída provozu 1	Třída provozu 2	Třída provozu 3
stálé	0,60	0,80	2,00
dlouhodobé	0,50	0,50	1,50
střednědobé	0,25	0,25	0,75
krátkodobé	0,00	0,00	0,30

Tabulka 12: Hodnoty k_{def} pro rostlé a lepené lamelové dřevo (Kuklík a Kuklíková, 2010)

Vypočítaný konečný průhyb musí být menší než dovolené hodnoty průhybu nosníku (Tabulka 13).

	průhyb
u_{inst}	L/300 - L/500
$u_{net,fin}$	L/250 - L/350

Tabulka 13: Dovolené hodnoty průhybu prostého nosníku (Eurokód 5, 2006)

L – rozpětí nosníku

8.4 Základní namáhání dřevěných konstrukčních prvků

Mechanickým namáháním se nazývá takový děj, při kterém dochází k interakci mezi působícími mechanickými silami a dřevem (Gandelová, 2009). Působí-li síly kolmo na průřezovou plochu, jedná se o normálové napětí (velikost vnitřní síly vztažená na jednotku plochy), příkladem je napětí v tahu a tlaku. Pokud působí síly v rovině průřezu, vzniká tangenciální (smykové) napětí. Kombinací normálového a tangenciálního napětí vzniká ohyb. Výsledkem napětí jsou dočasné nebo trvalé deformace. Mezi napětím a deformací platí Hookeův zákon, který říká, že každá složka

napětí je přímo úměrná každé složce deformace. V následující kapitole uvádím základní druhy namáhání dřevěných konstrukčních prvků. Zpravidla se na dřevěných konstrukcích vyskytují různé kombinace namáhání.

8.4.1 Prvky namáhané tahem

Dřevěné konstrukční prvky mohou být namáhány tahem rovnoběžně s vlákny a tahem kolmo k vláknům. Ve směru rovnoběžném s vlákny vykazuje dřevo poměrně dobré vlastnosti, které jsou ovlivněny vadami a velikostí průřezu. Ve směru kolmo k vláknům je nejmenší pevnost dřeva, proto by se tomuto napětí mělo předcházet. Vlivem tahu dochází ke křehkému a rychlému porušení prvků (Kuklík, 2005; Materna a Lokaj, 2008). Pro prvky namáhané tlakem platí vztahy [7.15] a [7.16]:

$$\sigma_{t,0,d} \leq f_{t,0,d} \quad [8.15]$$

$\sigma_{t,0,d}$ návrhové napětí v tahu rovnoběžně s vlákny

$f_{t,0,d}$ návrhová pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny.

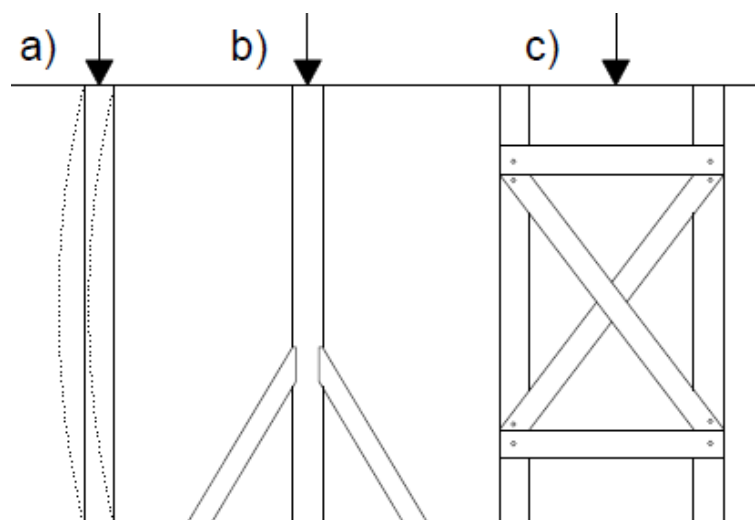
$$\sigma_{t,90,d} \leq f_{t,90,d} \quad [8.16]$$

$\sigma_{t,90,d}$ návrhové napětí v tahu kolmo k vláknům

$f_{t,90,d}$ návrhová pevnost v tahu kolmo k vláknům.

8.4.2 Prvky namáhané tlakem

Také v případě tlaku mohou být dřevěné prvky namáhány rovnoběžně a kolmo k vláknům. Dochází k drcení a boulení, porušení je klidné a postupné. U tlaku rovnoběžně s vlákny dřeva rozlišujeme namáhání prostým a vzpěrným tlakem. Prvky namáhané prostým tlakem se poruší, když je dosažena mez pevnosti v tlaku. Prvky namáhané vzpěrným tlakem jsou osově zatížené štíhlé pruty. Ty mají tendenci zbavit se namáhání vybočením ve směru největší štíhlosti (Obrázek 42). V praxi se tento problém řeší vložením postranních šikmých vzpěr nebo příčným vyztužením (Hájek, 1997).



Obrázek 42: Pevnost dřeva ve vzpěru (Hájek, 1997)

a) sloup má tendenci vybočit, b) zkrácení volné délky sloupu, c) příčné vyztužení sloupů

Únosnost štíhlých prutů závisí na jejich pevnosti v tlaku a ohybu a na jejich modulu pružnosti. Pro prvky namáhané tlakem platí vztahy [7.17 – 7.18]:

$$\sigma_{c,0,d} \leq f_{c,0,d} \quad [8.17]$$

$\sigma_{c,0,d}$ návrhové napětí v tlaku rovnoběžně s vlákny

$f_{c,0,d}$ návrhová pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny.

$$\sigma_{c,90,d} \leq f_{c,90,d} \quad [8.18]$$

$\sigma_{c,90,d}$ návrhové napětí v tlaku kolmo k vláknům

$f_{c,90,d}$ návrhová pevnost v tlaku kolmo k vláknům.

Pokud níže uvedený vztah nerovnosti [6.19] vyhovuje, napětí v tlaku pak nezpůsobuje vzpěr prvku a ztrátu stability. Vzpěr se posoudí podle uvedených vzorců [7.19 - 7.24]

$$\sigma_{c,0,d} \leq k_{c,0} f_{c,0,d} \quad [8.19]$$

$$k_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}} \quad [8.20]$$

$$k = 0,5 \cdot [1 + \beta_c (\lambda_{rel} - 0,3) + \lambda_{rel}^2] \quad [8.21]$$

$$\lambda_{rel} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit}}} \quad [8.22]$$

$$\sigma_{c,crit} = \pi^2 \cdot \frac{E_{0,05}}{\lambda^2} \quad [8.23]$$

$$\lambda = \frac{l_{ef}}{i} \quad [8.24]$$

$k_{c,0}$ součinitel vzpěrnosti

β_c součinitel meze zakřivení (pro rostlé dřevo 0,2, pro lepené lamelové dřevo 0,1)

$\lambda; \lambda_{rel}$ štíhlostní poměry

$E_{0,05}$ hodnota 5% kvantilu modulu pružnosti

$\sigma_{c,crit}$ kritické tlakové napětí

l_{ef} účinná délka

i moment setrvačnosti

8.4.3 Prvky namáhané ohybem

Prvky namáhané především ohybem lze nazvat nosníky. Vlivem zatížení na nich vznikají ohybové momenty. Rozeznáváme namáhání prostým ohybem, nebo ohybem s klopením. K prostému ohybu dochází tehdy, když má nosník malý poměr mezi svou výškou a šířkou nebo je jiným způsobem zajištěna jeho příčná a torzní stabilita. Při ohybu s klopením je ve svislé rovině tlakem namáhán horní okraj nosníku, a to vyvolává deformaci ve směru nižší tuhosti. Dochází tak k jeho příčnému vybočení a zkroucení. Pro prvky namáhané ohybem v jedné rovině platí [7.25]:

$$\sigma_{m,d} \leq f_{m,d} \quad [8.25]$$

$\sigma_{m,y,d}$ návrhové napětí za ohybu k osám průřezu

$f_{m,y,d}$ návrhová pevnost za ohybu

Pro prvky namáhané ohybem ve dvou rovinách platí [7.26, 7.27]:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad [8.26]$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad [8.27]$$

k_m součinitel pro redistribuci napětí a vliv nehomogenit materiálu průřezu (pro obdélníkový průřez 0,7; pro ostatní průřezy 1,0)

Pokud platí uvedený vztah [7.28], pak napětí v ohybu nezpůsobí klopení nosníku a ztrátu stability:

$$\sigma_{m,d} \leq k_{crit} \cdot f_{m,d} \quad [8.28]$$

k_{crit} součinitel klopení (určuje se podle hodnoty relativní štíhlosti prvku)

8.4.4 Prvky namáhané smykem

U dřevěných konstrukcí se setkáváme s prostým smykem (hlavně u tesařských spojů) a smykem za ohybu (v podpěrách nosníků). Pro prvky namáhané tlakem platí [7.29]:

$$\tau_d \leq f_{v,d} \quad [8.29]$$

τ_d návrhové smykové napětí

$f_{v,d}$ návrhová pevnost ve smyku

8.4.5 Prvky namáhané kroucením

Napětí v kroucení se vyskytuje u prvků, které jsou namáhány excentrickým zatížením vzhledem k hlavním osám (Kuklík, 2005; Materna a Lokaj, 2008). Pro prvky namáhané kroucením platí vztah [7.30]:

$$\tau_{tor,d} \leq f_{v,d} \quad [8.30]$$

τ_d návrhové smykové napětí od kroucení

$f_{v,d}$ návrhová pevnost ve smyku

9 Shrnutí

Druh použitého materiálu ovlivňuje řadu vlastností konstrukce lávky, zejména však její životnost a mechanické vlastnosti. Na navrženou konstrukci lávky bylo použito rostlé modřínové a dubové dřevo a lepené lamelové dřevo z modřínu. V následující kapitole jsou zhodnoceny vlivy konkrétních použitých materiálů na konstrukci lávky a na její ekonomické zhodnocení.

9.1 Vliv použité dřeviny na životnost konstrukce

Z hlediska životnosti konstrukce má druh a kvalita použitého druhu materiálu zásadní vliv. Na konstrukci lávky byly použity trvanlivé dřeviny, modřín se střední trvanlivostí a dub s vysokou trvanlivostí. Dubové i modřínové dřevo dobře vzdorují nejen povětrnostním podmínkám, ale i střídání vlhka a sucha. Navíc byla navržena vhodná konstrukční a chemická ochrana lávky. Konstrukční ochrana spočívá v zakrytí hlavních konstrukčních prvků a čelních ploch, správném řešení spojů, odvodnění a větrání. Chemická ochrana byla navržena v podobě preventivních impregnačních nátěrů lepeného lamelového dřeva a tlakové impregnace rostlého dřeva. Tento druh impregnačního prostředku Lignofix Stabil výrobce doporučuje po 10 letech obnovit. Konstrukce byla navíc opatřena tenkovrstvou lazurou HK Lasur.

Dalším významným předpokladem dlouhé životnosti je pravidelná roční prohlídka, případně provedení okamžité opravy poškozených prvků. Běžná prohlídka lávky je prováděna jednou ročně (kontrola nátěrů, spojů, konstrukčních prvků atd.). Po výstavbě lávky proběhne první hlavní prohlídka nutná pro kolaudaci stavby, kdy se konstrukce zatřídí podle příslušné normy do určitého stavebního stavu a na základě toho se stanoví interval opakování hlavních prohlídek. Hlavní prohlídky vykonává oprávněná fyzická osoba (držitel Oprávnění k výkonu mostních prohlídek udělené Ministerstvem dopravy ČR).

Vzhledem ke zvoleným materiálům a ochraně dřeva je navrhovaná doba životnosti lávky stanovena na 40-50 let.

9.2 Vliv použité dřeviny na únosnost konstrukce

Na únosnost a použitelnost konstrukce mají obecně největší vliv mechanické vlastnosti použitých dřevin. Z hlediska únosnosti konstrukce má nejzásadnější vliv výběr pevnostní třídy použitého materiálu. Na konstrukci lávky bylo použito rostlé modřínové dřevo pevnostní třídy C24 a dubové dřevo třídy D30 a lepené lamelové dřevo třídy GL24h. Jedná se o běžně dostupné a používané třídy pevnosti dřeva. Na únosnost prvku má vliv i jeho geometrie. Jak už bylo dříve naznačeno, bylo zjištěno, že největší pevnosti dosahuje prvek o průřezu v poměru 5:7. Na pevnost dřeva má také vliv doba trvání zatížení a vlhkost dřeva.

9.3 Vliv použité dřeviny na vzhled konstrukce

Zvolený druh materiálu má vliv na celkový vzhled konstrukce. Použité modřínové dřevo lze uspokojivě mořit, natírat i lakovat. Bělová vrstva je světle žlutohnědá, jádro okrové až červenohnědé. Na vzduchu a po napuštění tmavne. Dubové dřevo je žlutohnědé barvy. Dub může způsobit korozi kovů a ve vlhkém prostředí se na něm vlivem styku s kovem mohou tvořit modré skvrny. Obecně lze říct, že mezi vnější činitele, které nejvíce ovlivňují vzhled konstrukce, patří déšť, vítr, sníh, teplota, UV záření a další. Před poškozením dřeva tímto způsobem je k dispozici mnoho nátěrových systémů. V momentě, kdy nátěr jeví známky poškození, je třeba ho obnovit.

9.4 Ekonomické zhodnocení

Při výčtu všech aspektů, na které má vliv výběr dřeviny, je samozřejmě nutno uvážit i ekonomické zhodnocení návrhu lávky. Ve výčtu vlastností, které dřevo má, je jeho cena v porovnání s ostatními materiály bezkonkurenční. Dřevo se lehce zpracovává a k jeho získání a zpracování se spotřebuje mnohem méně energie než je tomu u ostatních surovin. Jestliže je pro dřevo použita jedna jednotka energie $=1$, srovnání s ostatními stavebními surovinami je následující:

- stavební dřevo = 1
- cement = 4
- ocel = 24

- hliník = 126 (ADMD, 2014).

Co se týče údržby, tak pokud je dřevěná konstrukce správně navržená a dostatečně chráněná, náklady na údržbu dřevěného mostu jsou porovnatelné s náklady na ocelové nebo železobetonové mosty (Bell, 2008). Ve srovnání s údržbou betonových mostů přitom dlouhodobě vychází náklady na údržbu mostů ze dřeva zhruba na polovinu Dutko (1966) uvádí zjednodušené porovnání cen mostů z jednotlivých materiálů:

- dřevěný most – 1
- kovový most – 1,5
- železobetonový most – 3,1.

Pro odhad ceny lávky byla vytvořena zjednodušený soupis materiálu a konstrukcí (Tabulka 14), který uvádí ceny jednotlivých položek bez DPH. Ceny byly převzaty z ceníků výrobců a z oborového třídníku stavebních konstrukcí a prací staveb pozemních komunikací (RSD, 2014). Hodnoty v tabulce jsou pouze orientační. V cenách není zahrnuta doprava materiálu.

Typ	MJ	Počet MJ	Jednotná cena	Celkem
VŠEOBECNÉ KONSTRUKCE A PRÁCE				
Vypracování RDS a výrobní dokumentace	KS	1	60 000,00	60 000,00
Odborný dozor	HOD	80	500,00	40 000,00
ZEMNÍ PRÁCE				
Odkopávky	M3	40	98,00	3 920,00
Uložení sypaniny do násypů	M3	20	52,00	1 040,00
Zásyp jam a rýh zeminou+zhutnění	M3	20	103,00	2 060,00
Mikropiloty + vrtý	M	40	6 000,00	240 000,00
Zemní kotvy	M	40	6 000,00	240 000,00
Základy ze železobetonu	M3	23	5 100,00	117 300,00
Výztuž základů z oceli	T	3	22 600,00	67 800,00
KOMUNIKACE				
vozovkové vrstvy ze štěrkodrti do 150 mm	M2	300	109,00	32 700,00
SVISLÉ KONSTRUKCE				
Mostní opěry ze železobetonu	M3	26	5 100,00	132 600,00
Výztuž mostních opěr z oceli	T	2	22 600,00	45 200,00
Obklad mostních pilířů z haklíků	M3	14	6 000,00	84 000,00
Dřevěný pylon - LLD	M3	1,12	42 200,00	47 264,00
Dřevěný pylon - rostlé dřevo	M3	0,9	25 000,00	22 500,00
Zábradlí - Příhradový nosník - LLD	M3	10,3	42 200,00	434 660,00
Zábradlí - Příhradový nosník - rostlé dřevo	M3	4	25 000,00	100 000,00
Zábradlí na rampách	M3	3,6	25 000,00	90 000,00

VODOROVNÉ KONSTRUKCE				
Podkladní vrstvy z prostého betonu	M3	12	2 450,00	29 400,00
Dubová pochozí vrstva	M3	7	30 000,00	210 000,00
Příčné nosníky - modřínové dřevo	M3	3,5	25 000,00	87 500,00
Podélné nosníky - modřínové dřevo	M3	5,8	25 000,00	145 000,00
Zavětrování - modřínové dřevo	M3	1	25 000,00	25 000,00
Madlo zábradlí - dubové dřevo	M3	1	30 000,00	30 000,00
LANA A ZÁVĚSY				
Visuté lano	SOUBOR	1	400 000,00	400 000,00
Kotevní přípravky lan	KG	252	80,00	20 160,00
Lanová svorka na sedla pylonu	KG	150	82,00	12 300,00
Závěsy visuté konstrukce	SOUBOR	1	100 000,00	100 000,00
Lanová svorka	KG	150	300,00	45 000,00
SPOJOVACÍ PROSTŘEDKY				
Svorník	KS	300	50,00	15 000,00
Vrutky Rapid	KS	6000	3,50	21 000,00
Spojovací plechy s kolíky	KG	480	50,00	24 000,00
Kotevní prvky	KS	50	120,00	6 000,00
PŘIDRUŽENÁ STAVEBNÍ VÝROBA				
Izolace asfaltovým nátěrem	M2	22	109,00	2 398,00
CELKEM			bez DPH	2 873 802,00
			s DPH	3 477 300,42

Tabulka 14: Ekonomické zhodnocení (Vlastní tvorba)

V Tabulce 13 jsou uvedené sdružené položky, to znamená, že do jednotné ceny za uvedené měrně jednotky jsou započítané další položky jako montáž prvků, povrchová úprava atd. Například v položce jednotné ceny rostlého dřeva je započítána cena samotného materiálu plus cena za tlakovou impregnaci prvků, cena ochranného nátěru a cena kotvení.

10 Závěr

Hlavním záměrem práce bylo na základě teoretických poznatků navrhnout vhodnou dřevěnou konstrukci lávky pro konkrétní vybranou lokalitu. Účelem bylo demonstrovat vyhovující mechanické vlastnosti dřeva jako konstrukčního materiálu a dospět k návrhu, který bude vyvážený po architektonické, konstrukční a statické stránce.

Zvolenou lokalitou pro stavbu lávky je přírodní oblast nazývaná Hubertus, která se nachází při řece Ohři nedaleko Karlových Varů. Ve zvoleném místě bude lávka sloužit pro potřeby pěších, cyklistů a vodáků. Je navržena v místě, kde spojuje oba břehy, navazuje na cyklostezku a lesní tábořiště na levém břehu a na parkovací plochu a silnici na břehu pravém. Díky navržené lávce bude možné se ze silniční komunikace vedoucí z Karlových Varů dostat do vodáckého tábořiště, z tohoto břehu dosud nepřístupného, a plynule se napojit na cyklostezku lemující protilehlý břeh řeky.

Po architektonické stránce lze návrh konstrukce lávky považovat za vyhovující. Na základě provedeného rozboru problematiky byl vybrán vhodný typ konstrukce a druh materiálů pro výstavbu. Použití ramp a přístupových cest na koncích lávky umožňuje cyklistům plynulý přejezd lávky a napojení na stávající komunikace bez nutného sesednutí z kola. Zvolená subtilní visutá konstrukce lávky nepůsobí v okolní krajině rušivým dojmem, naopak zapadá do krajiny a umocňuje celkový dojem z místa.

Po konstrukční stránce lze lávku považovat za vyhovující. Po uvažování všech podmínek a požadavků plynoucích z umístění lávky v lokalitě Hubertus (požadavky Povodí Ohře a Úřadu územního plánování a stavebního úřadu v Karlových Varech) byla zvolena visutá konstrukce lávky s výztužnými příhradovými nosníky. Na konstrukci příhradových nosníků a stojek pylonů bylo použito lepené lamelové dřevo pevnostní třídy GL24h a na zbylou část konstrukce bylo použito rostlé modřínové dřevo třídy pevnosti C24. Na pochozí vrstvu mostovky a madlo zábradlí bylo použito trvanlivé dubové dřevo pevnostní třídy D30. Tyto použité materiály mají rozdílné vlastnosti. To se projevilo jak ve statickém posouzení dřevěných konstrukčních prvků, tak v navrhované ochraně dřeva.

Po statické stránce lze konstrukci lávky považovat za vyhovující. Ke zvolenému typu visuté konstrukce byl proveden statický výpočet pomocí metody mezních stavů. Byly prokázány vhodné vlastnosti použitých prvků, které při relativně malých

rozměrech dosahují vysokých pevnostních parametrů. Zároveň se ukázalo, že dřevo je materiál použitelný i pro lávky s poměrně velkým rozpětím. Ze statického hlediska je u visutých konstrukcí problematické velké přetvoření konstrukce. To bylo posouzeno a byla tak vyloučena nepoužitelnost konstrukce. Výpočet byl proveden v souladu s platnými evropskými normami.

Výstupem práce je samotný návrh dřevěné lávky, který se nachází v Přílohách diplomové práce, a to ve formě architektonické studie a projektové dokumentace pro společné územní rozhodnutí a stavební povolení podle vyhlášky č. 62/2013.

Záměrem projektu je poukázat na to, že dřevěné konstrukce jsou v dnešní době ideálním řešením zejména pro podobné lokality spjaté s přírodou. V současnosti je trendem propojovat regiony a napojovat městskou infrastrukturu na příměstské oblasti pomocí stezek, a to s ohledem na hospodárnost a moderní vzhled. A právě dřevěné konstrukce lze z hlediska výstavby považovat za finančně a časově nenáročné, navíc ekologicky odbouratelné a zachovávající ráz přírodních lokalit.

Seznam literatury a použitých zdrojů

Knihy

BARTOŠ, Luděk. *Navrhování komunikací pro cyklisty: TP [technické podmínky] 179* [online]. Mariánské Lázně: Koura, 2006, 112 s. [cit. 2014-02-24]. ISBN 80-902-5273-7. Dostupné z: <http://www.pjpk.cz/TP%20179.pdf>

BLASS, Hans Joachim. *Navrhování, výpočet a posuzování dřevěných stavebních konstrukcí: obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby : komentář k ČSN 73 1702:2007*. Překlad Bohumil Koželouh. Praha: ČKAIT, 2008, 227 s. ISBN 978-80-87093-73-3.

BÖHM, Martin, Jan REISNER a Jan BOMBA. *Materiály na bázi dřeva* [online]. 2012 [cit. 1.12.2013]. ISBN 978-80-213-2251-6. Dostupné z: <http://drevene-materialy.fld.czu.cz>

DUTKO, Pavel et al. *Drevené konštrukcie*. Bratislava: SVTL, 1966, 308 s. DT 624.011.1.

GANDELOVÁ, Libuše, Petr HORÁČEK a Jarmila ŠLEZINGEROVÁ. *Nauka o dřevě*. Vyd. 3., nezměn. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2009, 176 s. ISBN 978-807-3753-122.

HÁJEK, Václav. *Stavíme ze dřeva*. Praha: Sobotáles, 1997, 153 s. ISBN 80-859-2044-1.

HOREJŠÍ, Jiří a Jan ŠAFKA. *Statické tabulky*. Praha: SNTL, 1987, 688 s. EAN 04-705-88.

KARMAZÍNOVÁ, Marcela, Karel SÝKORA a Milan ŠMAK. VUT. *Konstrukce a dopravní stavby: Konstrukce - základní typy konstrukcí, konstrukční řešení staveb, mosty*. 42 s. [cit. 2014-04-05]. Studijní opora.

KOŽELOUH, Bohumil. *Dřevěné konstrukce podle Eurokódu 5: STEP 1 navrhování a konstrukční materiály*. Zlín: KODR, 1998, 1 svazek v různém stránkování. Autorizovaný překlad z originálního anglického vydání "Timber Engineering STEP 1". ISBN 80-238-2620-4.

KOŽELOUH, Bohumil. *Dřevěné konstrukce podle eurokódu 5: STEP 2 navrhování detailů a nosných systémů*. Vyd. 1. Praha: Informační centrum ČKAIT, 2004, 401 s. Autorizovaný překlad z originálního anglického vydání "Timber Engineering STEP 2". ISBN 80-867-6913-5.

KRÁL, Jaromír. *Navrhování konstrukcí na zatížení větrem: příručka k ČSN EN 1991-1-4*. Praha: Pro Ministerstvo pro místní rozvoj a Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě vydalo Informační centrum ČKAIT, 2010, 112 s. Technická knižnice (ČKAIT). ISBN 978-80-87438-05-3.

KUKLÍK, Petr a Anna KUKLÍKOVÁ. *Navrhování dřevěných konstrukcí: příručka k ČSN EN 1995-1*. Praha: Pro Ministerstvo pro místní rozvoj a Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě vydalo Informační centrum ČKAIT, 2010, 140 s. ISBN 978-80-87093-88-7.

KUKLÍK, Petr. *Dřevěné konstrukce*. Praha: ČKAIT, 2005, 172 s. ISBN 80-86768-72-0.

METTEM, Christopher J. *Timber bridges*. Abingdon, Oxon: Spon Press, 2011, 176 s. ISBN 978-041-5577-960.

POŽGAJ, Alexander. *Štruktúra a vlastnosti dreva*. 2. vyd. Bratislava: Príroda, 1997, 488 s. ISBN 80-07-00960-4.

PTÁČEK, Petr. *Ochrana dřeva*. Praha: Grada, 2009, 95 s. ISBN 978-80-247-2326-6.

STRAKA, Bohumil. *Navrhování dřevěných konstrukcí*. Brno: CERM, 1996, 120 s. ISBN 80-720-4015-4.

STRÁSKÝ, Jiří. *Stress ribbon and cable-supported pedestrian bridges*. 1st ed. London: Thomas Telford, 2005, 232 s. ISBN 07-277-3282-X.

STUDNIČKA, Jiří a Vladimír MEDŘICKÝ. *Kovové a dřevěné konstrukce*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1993, 202 s. ISBN 80-010-0984-X.

Příručky

AUGUSTIN, Manfred a. Materiály. In: *Příručka 1: Dřevěné konstrukce* [online]. 2008, s. 26-36 [cit. 2014-03-15]. Dostupné z: http://fast10.vsb.cz/temtis/documents/handbook_1_CZ_final.pdf

AUGUSTIN, Manfred b. Lepidla. In: *Příručka 1: Dřevěné konstrukce* [online]. 2008, s. 37-45 [cit. 2014-01-27]. Dostupné z: http://fast10.vsb.cz/temtis/documents/handbook_1_CZ_final.pdf

BELL, Kolbein. Dřevěné mosty. In: *Příručka 1: Dřevěné konstrukce* [online]. 2008, s. 207-226 [cit. 2014-01-27]. Dostupné z: http://fast10.vsb.cz/temtis/documents/handbook_1_CZ_final.pdf

KOTÁSKOVÁ, Pavla a Petr HRŮZA. Mosty a lávky v krajinném prostředí pro rekreační a turistické využívání. In: *Rekreace versus ochrana přírody a krajiny* [online]. 2013, s. 30-34 [cit. 2014-02-24]. Dostupné z: http://konev.upol.cz/repository/news/priloha_5-prispevky.pdf

KUKLÍK, Petr a. Historie dřevěných konstrukcí. In: *Příručka 1: Dřevěné konstrukce* [online]. 2008, s. 1-12 [cit. 2014-01-23]. Dostupné z: http://fast10.vsb.cz/temtis/documents/handbook_1_CZ_final.pdf

KUKLÍK, Petr b. Požární odolnost dřevěných konstrukcí. In: *Příručka 1: Dřevěné konstrukce* [online]. 2008, s. 233-239 [cit. 2014-01-27]. Dostupné z: http://fast10.vsb.cz/temtis/documents/handbook_1_CZ_final.pdf

MARYNOWIC, Andrzej. Trvanlivost dřevěných konstrukcí. In: *Příručka 1: Dřevěné konstrukce* [online]. 2008, s. 227-232 [cit. 2014-01-27]. Dostupné z: http://fast10.vsb.cz/temtis/documents/handbook_1_CZ_final.pdf

MATERNA, Alois a Antonín LOKAJ. Mezní stav únosnosti: Konstrukční prvky. In: *Příručka 1: Dřevěné konstrukce* [online]. 2008, s. 117-132 [cit. 2014-03-28]. Dostupné z: http://fast10.vsb.cz/temtis/documents/handbook_1_CZ_final.pdf

Suspension-bridge design: Chapter 8. In: *MILITARY NONSTANDARD FIXED BRIDGING* [online]. Department of the Army Washington, DC, 2012 [cit. 2014-03-13]. Dostupné z: <http://www.globalsecurity.org/military/library/policy/army/fm/3-34-343/chap8.htm>

Normy

ČSN 73 6200. *Mosty - Terminologie a třídění*. Praha: ÚNMZ, 2011, 48 s.

ČSN 73 6201. *Projektování mostních objektů*. Praha: Český normalizační institut, 2008, 76 s.

ČSN EN 14080. *Dřevěné konstrukce - Lepené lamelové dřevo a lepené rostlé dřevo: Požadavky*. Praha: ÚNMZ, 2013, 88 s.

ČSN EN 1991-2. *Eurokód 1: Zatížení-Část 2: Zatížení mostů dopravou*. Praha: ČNI, 2005, 152 s.

ČSN EN 1995-1-1. *Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí: Část 1-1: Obecná pravidla - Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. Praha: Český normalizační institut, 2006, 114 s.

ČSN EN 1995-1-2. *Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí: Část 1-2: Obecná pravidla - Navrhování konstrukcí na účinky požáru*. Praha: Český normalizační institut, 2006, 68 s.

ČSN EN 1995-2. *Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí: Část 2: Mosty*. Praha: Český normalizační institut, 2006, 32 s.

ČSN EN 335-1. *Trvanlivost dřeva a materiálů na jeho bázi. Definice tříd. Ohrožení biologickým napadením.: Část 1: Všeobecné zásady*. Praha: Český normalizační institut, 1994, 8 s.

ČSN EN 335-2. *Trvanlivost dřeva a materiálů na bázi dřeva. Definice tříd použití: Část 2: Aplikace na rostlé dřevo*. Praha: Český normalizační institut, 2007, 16 s.

ČSN EN 338. *Konstrukční dřevo: Třídy pevnosti*. Praha: ÚNMZ, 2010, 12 s.

Internetové zdroje

ASB. Dřevěné střešní konstrukce s kovovými deskami s prolisovanými trny. In: *ASB Portál* [online]. 2008 [cit. 2014-04-24]. Dostupné z: <http://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/strechy/drevne-stresni-konstrukce-skovovymi-deskami-s-prolisovanymi-trny>

ADMD. Asociace dodavatelů montovaných domů: Deset argumentů proti dřevu jako stavebnímu materiálu [online]. [cit. 2014-04-15]. Dostupné z: <http://www.admd.cz/clanky/deset-argumentu-proti-drevu-jako-stavebnimu-materialu>

CUZK. *Nahlížení do katastru nemovitostí* [online]. [cit. 2014-04-14]. Dostupné z: <http://nahlizenidokn.cuzk.cz/>

CZSO. *Český statistický úřad: Podnebí - kraj* [online]. 2012 [cit. 2014-04-05]. Dostupné z: <http://www.czso.cz/x/krajedata.nsf/oblast2/podnebi-xk>

GEOFOND. *Česká geologická služba: Mapový server* [online]. 2011 [cit. 2014-04-05]. Dost. z: http://www.geofond.cz/mapsphere/MapWin.aspx?M_WizID=24&M_Site=geofond&M_Lang=cs

HISTORICKÉ CESTY. Vývoj historických cest ve světě. In: *Historické cesty* [online]. 2013 [cit. 2014-04-24]. Dostupné z: <http://www.historicke-cesty.cz/historicke-cesty/vyvoj-historickych-cest-ve-svete/#10>

LIGNOFIX. *Lignofix Stabil* [online]. [cit. 2014-04-14]. Dostupné z: <http://www.lignofix-morava.cz/Lignofix-Stabil-bezbarvy-40-kg>

NOVEMESTONM. Lávky přes řeku Metuji. *Nové Město nad Metují* [online]. [cit. 2013-12-01]. Dostupné z: <http://www.novemestonm.cz/pro-turisty/turisticka-atraktivita/lavky-pres-reku-metuji.html>

POVODÍ OHŘE. *Povodí Ohře: Stavy a průtoky na vodních tocích* [online]. 2014 [cit. 2014-02-05]. Dostupné z: <http://sap.poh.cz/portal/SaP/cz/PC/Mereni.aspx?id=1429&oid=1>

REMMERS. *HK Lasur* [online]. [cit. 2014-04-14]. Dostupné z: <http://www.remmers.cz/maloobchod/lazury-na-drevo-exterieur/hk-lasur.htm>

RSD. OTSKP-SPK: oborový třídník stavebních konstrukcí a prací staveb pozemních komunikací. In: *Ředitelství silnic a dálnic* [online]. 2014 [cit. 2014-03-27]. Dostupné z: <http://www.rsd.cz/technicke-predpisy/otskp-spk>

STAVEBNÍ KOMUNITA. Úvod do dřevěných konstrukcí dle ENV 1995-1. In: *Stavební komunita* [online]. 2012 [cit. 2014-04-24]. Dostupné z: <http://stavebnikomunita.cz/profiles/blogs/uvod-do-drevenych-konstrukci-dle-env-1995-1>

ŠPITÁLSKÝ, Petr. Pohlednice pražských tramvají: od krytého mostu v Lenoře. *Pražské tramvaje* [online]. 2001 [cit. 2013-11-05]. Dostupné z: <http://www.prazsketramvaje.cz/view.php?cislocclanku=2012052502>

THEURL. *Austrian premium timber: Brettschichtholz* [online]. 2013 [cit. 2014-04-06]. Dostupné z: http://www.theurl-holz.at/wp-content/uploads/brettschichtholz_de.pdf

Metodické pomůcky

BOLDIŠ, Petr. Citace a citování. In: [online]. 2004 [cit. 2014-04-06]. Dostupné z: <http://www.fld.czu.cz/cs/?r=3332&i=16049>

ČSN 01 6910. *Úprava písemností zpracovaných textovými editory*. Praha: ÚNMZ, 2007, 48 s.

ČSN ISO 690. *Informace a dokumentace: Pravidla pro bibliografické odkazy a citace informačních zdrojů*. Praha: ÚNMZ, 2011, 40 s.

Zdroje obrázků

ABOUTFACTS. Trajan's bridge. In: *About facts: Bridges* [online]. [cit. 2014-01-17]. Dostupné z: <http://www.aboutfacts.net/Things/T30/PD/TrajansBridge.jpg>

BARTOŠ, Luděk. *Navrhování komunikací pro cyklisty: TP [technické podmínky] 179* [online]. Mariánské Lázně: Koura, 2006, 112 s. [cit. 2014-02-24]. ISBN 80-902-5273-7. Dostupné z: <http://www.pjpk.cz/TP%20179.pdf>

BELL, Kolbein. Dřevěné mosty. In: *Příručka 1: Dřevěné konstrukce* [online]. 2008, s. 207-226 [cit. 2014-01-27]. Dostupné z: http://fast10.vsb.cz/temtis/documents/handbook_1_CZ_final.pdf

BRAUNSTEIN. Most přes Jizeru v Končinách. In: *Braunstein* [online]. [cit. 2014-04-05]. Dostupné z: <http://www.braunstein.cz/foto/10052-most-pres-jizeru-v-koncinach>

BRIDGEMEISTER. Bowl and Pitcher Swinging Bridge: Spokane River. In: *Bridgemeister* [online]. [cit. 2014-04-05]. Dostupné z: <http://www.bridgemeister.com/pic.php?pid=1700>

CB STAVBY. Konstrukce. In: *Stavby s vůní dřeva* [online]. [cit. 2014-03-05]. Dostupné z: <http://www.cb-cz.eu/konstrukce.html>

CUZK. *Nahlížení do katastru nemovitostí* [online]. [cit. 2014-04-14]. Dostupné z: <http://nahlizenedokn.cuzk.cz/>

ČERNVÍR. Proslulý most v Černvíru. In: *Idnes: cestování* [online]. [cit. 2013-11-18]. Dostupné z: http://cestovani.idnes.cz/foto.aspx?r=pocesku&c=A080605_095846_igcechy_tom&foto=TOM238b4f_Mosty_na_Svratce02.jpg

EUROPEANCASTLES. In: *European castle tour: Switzerland* [online]. [cit. 2014-03-17]. Dostupné z: <http://www.europeancastlestours.com/tours/black-forest/gallery/lucerne-bridge-800.jpg>

HÁJEK, Václav. *Stavíme ze dřeva*. Praha: Sobotáles, 1997, 153 s. ISBN 80-859-2044-1.

KARIN BUCHER. Grubenmann brücken. In: *Karin Bucher: Die Grubenmannsammlung* [online]. [cit. 2013-12-10]. Dostupné z: <http://www.karinbucher.ch/projekte/ausstellungskonzepte/die-grubenmannsammlung-2004/>

KONSTRUKCE TESKO a. Lávka u Nového Boru. In: *Konstrukce Tesko: Reference* [online]. [cit. 2014-03-17]. Dostupné z: <http://www.konstrukce-tesko.cz/reference/lavky-a-mosty/cykloturisticka-lavka-u-noveho-boru>

KONSTRUKCE-TESKO b. Lávka v Olomouci. In: *Konstrukce Tesko* [online]. [cit. 2014-04-05]. Dostupné z: <http://www.konstrukce-tesko.cz/reference/lavky-a-mosty/lavka-v-olomouci>

KOŽELOUH, Bohumil. *Dřevěné konstrukce podle eurokódu 5: STEP 2 navrhování detailů a nosných systémů*. Vyd. 1. Praha: Informační centrum ČKAIT, 2004, 401 s. Autorizovaný překlad z originálního anglického vydání "Timber Engineering STEP 2". ISBN 80-867-6913-5.

KUKLÍK, Petr. *Dřevěné konstrukce*. Praha: ČKAIT, 2005, 172 s. ISBN 80-86768-72-0.

LEMONDEFORSTIER. Most v Montmorency. In: *Lemonde forestier* [online]. [cit. 2014-03-17]. Dostupné z: <http://www.lemondeforestier.ca/un-pont-carboneutre-a-la-foret-montmorency/>

MAPS. *Google maps: Hubertus* [online]. [cit. 2014-04-16]. Dostupné z: <https://www.google.cz/maps/@50.2375565,12.9292274,145m/data=!3m1!1e3>

MAPY. *Hubertus* [online]. [cit. 2014-04-05]. Dostupné z: <http://www.mapy.cz/#!x=12.929296&y=50.237458&z=17&l=15&c=2-H>

MMKV. *Magistrát města Karlovy Vary: Územní plánování* [online]. <http://www.mmkv.cz/index.asp?menu=48>. [cit. 2014-04-05].

NOVEMESTONM. Lávky přes Metuji. In: *Nové Město nad Metují* [online]. [cit. 2014-04-05]. Dostupné z: <http://www.novemestonm.cz/pro-turisty/turisticka-atraktivita/lavky-pres-reku-metuji.html>

PONTIKA. Podklady poskytnuté firmou Pontika s.r.o.

SILNICE ŽELEZNICE. Lávka pro pěší a cyklisty. In: *Silnice - železnice: Stavby* [online]. [cit. 2014-03-17]. Dostupné z: <http://www.silnice-zeleznice.cz/stavby/stavba/lavka-pro-pesi-a-cyklisty-pres-becvu-ve-valasskem-mezirici/?stavba=119>

STŘEDOVĚK. Chebský most. In: *Středověk* [online]. [cit. 2014-04-15]. Dostupné z: <http://www.stredovek.com/photos/jineobjekty/Cheb%20-%20kryty%20most/Big/Cheb%20-%20kryty%20most%2007.jpg>

Zdroje tabulek

ČSN EN 1995-1-1. Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí: Část 1-1: Obecná pravidla- Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Praha: Český normalizační institut, 2006, 114 s.

KUKLÍK, Petr a Anna KUKLÍKOVÁ. Navrhování dřevěných konstrukcí: příručka k ČSN EN 1995-1. Praha: Pro Ministerstvo pro místní rozvoj a Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě vydalo Informační centrum ČKAIT, 2010, 140 s. ISBN 978-80-87093-88-7.

KUKLÍK, Petr. Dřevěné konstrukce. Praha: ČKAIT, 2005, 172 s. ISBN 80-86768-72-0.

MARYNOWIC, Andrzej. Trvanlivost dřevěných konstrukcí. In: Příručka 1: Dřevěné konstrukce [online]. 2008, s. 227-232 [cit. 2014-01-27]. Dostupné z: http://fast10.vsb.cz/temtis/documents/handbook_1_CZ_final.pdf

STRAKA, Bohumil. Navrhování dřevěných konstrukcí. Brno: CERM, 1996, 120 s. ISBN 80-720-4015-4.

Seznam příloh

1. ARCHITEKTONICKÁ STUDIE

- 1.1 Základní údaje
- 1.2 Lokalita
- 1.3 Návrh
- 1.4 Postup
- 1.5 Vizualizace

2. PROJEKTOVÁ DOKUMENTACE

A. Průvodní zpráva

B. Souhrnná technická zpráva

C. Situační výkresy

- C.1 Situační výkres širších vztahů
- C.2 Celkový situační výkres
- C.3 Koordinační situační výkres

D. Dokumentace objektů a technických a technologických zařízení

D.1 Dokumentace stavebního objektu

D.1.1 Architektonicko-stavební řešení

- D.1.1.1 Technická zpráva
- D.1.1.2 Půdorys
- D.1.1.3 Podélný řez
- D.1.1.4 Příčné řezy
- D.1.1.5 Pohledy
- D.1.1.6 Visuté pole lávky
- D.1.1.7 Pylon
- D.1.1.8 Detaily

D.1.2 Stavebně konstrukční řešení

- D.1.2.1 Posouzení pochozí vrstvy mostovky
- D.1.2.2 Posouzení podélného nosníku mostovky
- D.1.2.3 Posouzení příčného nosníku
- D.1.2.4 Posouzení spodního taženého pásu příhradového nosníku
- D.1.2.5 Posouzení horního tlačného pásu příhradového nosníku
- D.1.2.6 Posouzení svislice příhradového nosníku
- D.1.2.7 Posouzení diagonály příhradového nosníku
- D.1.2.8 Posouzení stojky pylonu
- D.1.2.9 Posouzení vodorovné příčky pylonu
- D.1.2.10 Posouzení šikmého zavětrování pylonu
- D.1.2.11 Posouzení vodorovného zavětrování
- D.1.2.12 Posouzení styku pásů příhradového nosníku
- D.1.2.13 Posouzení styčnicku příhradového nosníku

3. TABULKY A TERMINOLOGIE

- 3.1 Terminologie mostních objektů
- 3.2 Třídy pevnosti konstrukčního dřeva – charakteristické hodnoty
- 3.3 Charakteristické vlastnosti pevnosti a tuhosti pro homogenní LLD
- 3.4 Součinitelé kombinace dle ČSN EN 1990
- 3.5 Nelineární kombinace zatěžovacích stavů