

Univerzita Pardubice

Dopravní fakulta Jana Pernera

Navrhování a správa lesních cest v ČR

Jaroslav Švojgr

Bakalářská práce

2018

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jaroslav Švojgr**
Osobní číslo: **D13386**
Studijní program: **B3607 Stavební inženýrství**
Studijní obor: **Dopravní stavitelství**
Název tématu: **Navrhování a správa lesních cest v ČR**
Zadávající katedra: **Katedra dopravního stavitelství**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Zadání:

Proveďte rešerši navrhování lesních cest u nás a v zahraničí, přičemž se zaměřte na problematiku zajištění spolehlivosti vozovek - lesních cest vyšších tříd (jak u novostaveb, tak při rekonstrukcích). Na vybrané síti lesních cest analyzujte vstupní podklady pro návrh lesních cest a určete jejich vliv na výsledný technický stav během životnosti vozovky - tělesa lesní cesty. Výsledky z provedené rešerše a vlastní analýzy na vybraném vzorku uveďte v závěru a navrhněte případná doporučení pro návrh a správu lesních cest v ČR.

Práci zpracujte v následující struktuře

- Úvod
- Analýza současného stavu
- Stanovení cílů
- Provedení rozborů problematiky navrhování lesních cest a analýza parametrů technického stavu na vybrané lesní síti
- Závěr a doporučení

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

ČSN 01 3466 Výkresy inženýrských staveb - Výkresy pozemních komunikací

ČSN 73 6108 Lesní cestní síť

Archiv LČR

Technologická příručka staveb účelových komunikací, Lesy ČR, s.p.

Katalog vozovek polních cest vydaný Ministerstvem zemědělství - Ústředním pozemkovým úřadem

Metodický průvodce návrhem a realizací vozovek nízkokapacitních komunikací, CDV, v. v. i.

A další související normy a TP dle doporučení vedoucího práce.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Pavel Lopour, Ph.D.


Katedra dopravního stavitelství

Datum zadání bakalářské práce: **20. prosince 2017**

Termín odevzdání bakalářské práce: **25. května 2018**


doc. Ing. Libor Švadlenka, Ph.D.
děkan

L.S.


doc. Ing. Vladimír Dolžal, CSc.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 3. ledna 2018

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47 b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 9/2012, bude práce zveřejněna v Univerzitní knihovně a prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 21. 5. 2018

Jaroslav Švojgr

ANOTACE

Práce je věnována navrhování a správě lesních cest v České Republice. Je zaměřena na analýzu a porovnání postupu současného řešení problematiky nových lesních cest, jejich rekonstrukcí, ale i na následnou jejich správu a vliv na životnost objektů a tělesa lesních cest. Zahrnuje vlastní zkoumání vstupních podkladů na vybrané síti lesních cest a následné vyhodnocení technických řešení a postupů. Zmiňuje se o řešení problematiky v zahraničí.

KLÍČOVÁ SLOVA

oprava a údržba, správa, lesní cesty, lesní cestní síť, lesní dopravní síť, technické řešení, nízkokapacitní komunikace, nová metodika,

TITLE

Design and management of forest roads in the Czech Republic

ANNOTATION

The thesis is devoted to the design and management of forest paths in the Czech Republic. It focuses on the analysis and comparison of the current solution of the problems of new forest roads, their reconstruction, but also their subsequent management and impact on the life of the forest bodies and bodies. It includes a survey of input materials on a selected network of forest paths and a subsequent evaluation of technical solutions and procedures. It mentions the solution of the problem abroad.

KEYWORDS

repair and maintenance, administration, forest roads, forest road network, forest transport network, technical solution, low-capacity communication, new methodology

Obsah

0. Úvod	12
1. Analýza současného stavu	13
2. Stanovení cílů.....	14
3. Porovnání postupu navrhování a správy komunikací	15
4. Problematiky a jejich technické řešení při navrhování a správě LC.....	16
4.1. Obecné problematiky	16
4.2. Technické řešení problematik.....	17
5. Nové metody pro navrhování nízkokapacitních komunikací.....	28
6. Nízkokapacitní komunikace v ČR a v zahraničí.....	35
7. Zhodnocení vybraných LC	38
7.1. Lesní cesty Zíchov	38
7.1.1. Svážnice Strýčkovice.....	39
7.1.2. Svážnice Zíchov	42
7.1.3. Lesní cesta Zíchov.....	44
7.2. Lesní cesta Chejlava 63.....	47
7.3. Lesní cesta Jabloňová.....	50
8. Závěr a doporučení.....	53
9. Použitá literatura.....	54

SEZNAM ILUSTRACÍ

Obrázek 1. Počet kilometrů lesních cest v ČR v roce 2005	14
Obrázek 2. Zpřístupnění pahorkatin	17
Obrázek 3. Zpřístupnění rovin	17
Obrázek 4. Zpřístupnění horských oblastí	18
Obrázek 5. Geometrická přibližovací vzdálenost	19
Obrázek 6. Vývoj celkové výměry lesních pozemků v ČR	21
Obrázek 7. Dlážděný rigol	22
Obrázek 8. Ocelová svodnice uložená do betonu	22
Obrázek 9. Otevřený žlab s průběžnou mříží	23
Obrázek 10. Zához příkopu lomovým kamenem	24
Obrázek 11. Dlážděný brod	25
Obrázek 12. Konstrukce komunikace ze šterkodrti	26
Obrázek 13. Konstrukce komunikace z asfaltobetonu - tzv. "balená"	27
Obrázek 14. Konstrukce komunikace z penetračního makadamu prolitého asfaltovou směsí	27
Obrázek 15. Úvodní stana Metodického průvodce	29
Obrázek 16. Rázová dynamická zkouška	30
Obrázek 17. Úvodní strana softwaru	34
Obrázek 18. Příklad nízkokapacitní komunikace v Mozambiku	35
Obrázek 19. Příklad nízkokapacitní komunikace ve Vietnamu	36
Obrázek 20. Příklad nízkokapacitní komunikace v Austrálii	37
Obrázek 21. Příklad nízkokapacitní komunikace v USA	37
Obrázek 22. Zákres průběhu lesních cest v mapě	38
Obrázek 23. Svážnice Strýčkovice před stavebními úpravami	39
Obrázek 24. Průběh prací na SV Strýčkovice	40
Obrázek 25. Aktuální stav SV Strýčkovice	41
Obrázek 26. Svážnice Zíchov před stavebními úpravami	42
Obrázek 27. Průběh stavby na SV Zíchov	43
Obrázek 28. Aktuální stav SV Zíchov	44
Obrázek 29. Stav lesní cesty Zíchov před stavebními úpravami	44
Obrázek 30. Průběh stavby na lesní cestě Zíchov	45
Obrázek 31. Aktuální stav lesní cesty Zíchov	46
Obrázek 32. Vykreslený průběh lesní cesty Chejlava 63 na mapě	47
Obrázek 33. Stav lesní cesty Chejlava 63 před stavebními úpravami	48

Obrázek 34. Průběh stavebních prací na lesní cestě Chejlava 63	49
Obrázek 35. Aktuální stav lesní cesty Chejlava 63	49
Obrázek 36. Vyznačení lesní cesty Jabloňová na mapě	50
Obrázek 37. Aktuální stav lesní cesty Jabloňová - začínající erozní rýha.....	52
Obrázek 38. Aktuální stav lesní cesty Jabloňová - vyjeté koleje	52

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1. Geotechnické zkoušky	31
Tabulka 2. Konstrukční vrstvy dle Metodického průvodce	32
Tabulka 3. Konstrukční vrstvy dle	33

SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK

LDS – Lesní dopravní síť

LCS – Lesní cestní síť

LC – lesní cesta

LČR – Lesy České Republiky, s.p.

ČR – Česká republika

USA – Spojené státy americké

CELDS – Centrální evidence lesní dopravní sítě

AASHTO – American Association of State Highway and Transport Officials

ŠD – Štěrkodrt'

MZK – Mechanicky zpevněné kamenivo

MZ – Mechanicky zpevněná zemina

VŠ – Vibroštěrk

ŠP – Štěrkopísek

ESAL – Equivalent Single Axle Load

TERMINOLOGIE

AASHTO – American Association of State Highway and Transport Officials – Americká asociace zajišťující publikace a zkoumání parametrů pro navrhování dopravní sítě

ESAL – Equivalent Single Axle Load – Ekvivalentní zatížení jednou nápravou

CELDS – Centrální evidence lesní dopravní sítě – aplikace státního podniku Lesy ČR

0. Úvod

Lesní dopravní síť (LDS) je nedílnou součástí dnešního novodobého lesního hospodářství. Řeší zpřístupnění nitra lesních porostů, usnadnění přibližovacích, odvozních poměrů, a navíc pomáhá k lepší orientaci v lesních komplexech. Z počátku se dřevní hmota dopravovala pomocí plavebních kanálů, hospodářského dobytka nebo úzkokolejnou železnicí, která ale vyžadovala vysoké náklady na vybudování i následnou údržbu. Padesátá léta minulého století však přinesla revoluci v dopravě a většina dřevní hmoty se začala odvážet převážně motorovou pozemní dopravou. To mělo za následek utváření LDS do dnešní podoby, kdy skoro celá LDS je tvořena převážně pozemními účelovými komunikacemi.

Modernizace těžebních lesních postupů vyvolává potřebu zvyšování tonáže přepravních a výrobních prostředků, což klade mnohem vyšší nároky na technické řešení nově budovaných a rekonstruovaných lesních cest (LC). Zároveň vyžaduje jejich důslednější a kvalitnější správu a údržbu. Většina technických věcí při řešení problematik výstavby nových lesních cest byla dosud přebrána z technických předpisů pro pozemní komunikace vyšších tříd, a to TP 170 a norem ČSN 73 0031, ČSN 73 6114 a ČSN 73 6109, což vede k předimenzování konstrukcí lesních cest a vyšším nákladům na realizaci stavby.

Proto v roce 2015 byla vydána nová metoda a software pro návrh nízkokapacitních vozovek, která náklady na realizaci stavby snižuje až o 15 %. Řeší postup návrhu, realizace i případnou kontrolu a údržbu nízkokapacitních komunikací. Klade důraz na zjištění přesných parametrů podloží a umožňuje větší variabilitu možností návrhu konstrukce komunikace.

Následně v roce 2016 byla kompletně aktualizována norma ČSN 736108 z roku 1996. Norma řeší navrhování, rekonstrukci a správu lesních cest. Navrhovat a rekonstruovat lesní cesty by dnes měli jen osoby k tomu oprávněné či autorizované. Následnou správu a údržbu by měla provádět osoba s technickým (nejlépe stavebním) zaměřením. Další pomůckou

Důležitým požadavkem na LDS je minimalizovat zábor lesních pozemků. Budování či rozšiřování lesních cest musí být navrženo co nejoptimálněji, tak aby byla zajištěna obslužnost celého komplexu s minimálním zábohem lesních pozemků. V současné době je většina komplexů lesů již z velké části zpřístupněná, avšak dnes nevyhovujícími lesními cestami po stránce technické i praktické. Hlavním dnešním požadavkem jsou proto rekonstrukce a údržby lesních cest.

1. Analýza současného stavu

V současné době je hustota lesní cestní sítě v jednotlivých oblastech ČR rozdílná. Při větším stavebním zásahu do lesní cestní sítě v daném lesním komplexu je nutné nejprve vyhodnotit stávající zpřístupnění lesního komplexu. Vyřešení ideálního zpřístupnění přitom zajišťuje minimalizaci záboru lesních pozemků, minimalizaci finančních nákladů na výstavbu, rekonstrukce, opravy a údržby lesních cest a jejich negativní účinky na přírodní prostředí.

Lesní cesty patří do kategorie účelových komunikací. Jak již název třídy napovídá, je lesní cesta budována za nějakým účelem. Hlavním účelem je umožnění hospodaření v lese. To znamená zajistit přístup k porostům, kde les roste a poté při těžbě pro odvoz dřevní hmoty a provádění pěstebních výkonů. Hlavním ukazatelem potřeby a životnosti komunikací je tzv. hospodářský plán. Hospodářský plán sumarizuje věkové třídy porostů a plán těžeb v dané lokalitě. Hospodářský plán je tvořen detailně na dobu deseti let s výhledem dalších čtyřiceti let. Díky tomu se dá předem předpokládat, které lesní cesty se budou v daném roce opravovat či rekonstruovat. Problémem je nicméně to, že na les působí přírodní vlivy, které způsobují tzv. kalamity. V tomto případě má těžba kalamity přednost, tudíž je zapotřebí po dokončení kalamity zkontrolovat stav komunikací.

1.1. Rozdělení stávajících lesních cest a jejich evidence

Lesní cesty se vždy navrhují jako jednopruhové a rozdělujeme do 4 základních kategorií:

Lesní cesty 1.třídy (1L) – cesta „páteřní“ umožňující celoroční provoz a zimní údržbu na kterou se napojují cesty kategorie 2L. Povrch vždy opatřen vozovkou a musí být zajištěn prostor pro vyhnutí 2 protijedoucích vozidel (výhybnami, sjezdy apod.)

Lesní cesty 2.třídy (2L) – cesta „odvozní“ umožňující přinejmenším sezónní provoz. Povrch opatřen vozovkou, nebo v případě dobře odvodněného a dosti únosného podloží může být i bez provozního zpevnění. Zde taky musí být zajištěn prostor pro vyhnutí.

Lesní svážnice (3L) – cesta sloužící k přibližování dřevní hmoty na skládky. Mělo by zde být zajištěno základní odvodnění a v případě potřeby i zpevněním. Sjízdnost zajištěna pouze pro traktory a speciální vyvážecí a přibližovací stroje. Tyto cesty již nejsou považovány za účelové komunikace a jsou součástí lesní půdy.

Technologické linky (4L) – zpravidla jen dočasné, slouží k soustředování dříví z lesního porostu. Nezpevněné, neodvodněné, většinou ani neupravené (nestržena svrchní organická vrstva). Tyto cesty již nejsou považovány za účelové komunikace a jsou součástí lesní půdy. Jejich případné lokální opravy nejsou u LČR řešeny ze stavební činnosti, nýbrž z financí na pěstební činnost nebo povinnosti vyplývající ze smlouvy smluvního partnera vrátit po těžbě vše do „původního stavu“ – i přes velkou snahu někdy nemožné či nekvalitní.

Počet km lesních cest podle kategorií v České Republice v roce 2005:

Třída lesní cesty		Početnost (km)	%	Hustota (m.ha ⁻¹)	Poznámka
Vlastníci lesa	1L	11 919,1			odvozní cesty
	2L ₁	22 900,8			
Jiní vlastníci	1L,2L	11 979,7			
mezisoučet		46 799,6	29,25	18,00	cca 1/4 z LDS
3L		41 700,5			trvalé přibližovací cesty, dočasná LDS upr. terén
4L		71 500			
mezisoučet		113 200,5	70,75	42,67	
Celkem		160 000,1	100,00	60,31	LDS

Obrázek 1. Počet kilometrů lesních cest v ČR v roce 2005

Evidenci a kategorizaci lesních cest si vede každý správce lesa sám. U LČR, který spravuje cca 50 % lesních pozemků je evidence vedena pomocí mapového portálu CELDS. V aplikaci lze zobrazit trasu lesní cesty, její název, kategorii, délku, stav a další potřebné detaily cesty. Bohužel tato aplikace prochází dlouhodobě úpravami, tudíž její data jsou neúplná a zastaralá.

2. Stanovení cílů

Cíle této bakalářské práce bych rozdělil na tyto body:

- Zjištění používaného hospodaření s komunikacemi lesních cest a možnosti jiných postupů a další technologické a uplatnitelné metodiky v České republice.
- Porovnání postupu návrhu a správy lesních cest v ČR a v zahraničí
- Na vybraných LC – Zhodnocení navržených parametrů LC
 - zhodnocení technického stavu

3. Porovnání postupu navrhování a správy komunikací

U každé komunikace časem dochází ke zhoršení jejího technického stavu. Je tedy nutné provádět pravidelnou údržbu a v případě potřeby zajistit včasnou opravu. Postup návrhů oprav a údržeb komunikací je popsán v TP 87 (netuhé vozovky) a TP 92 (vozovky s cementobetonovým krytem). Pro potřeby těchto TP byli stavební práce na komunikaci rozděleny na běžnou údržbu, údržbu, opravu, zesílení a rekonstrukci. Druh stavební práce se určí pomocí zjištěných parametrů.

Proces navrhování oprav a údržeb je rozdělen do dvou úrovní:

- a) Síťová úroveň
- b) Projektová úroveň

Síťová úroveň je zajišťována správcem komunikace, který v této úrovni zjišťuje stav komunikace, diagnostiku parametrů způsobilosti komunikace a ze zjištěných parametrů provádí kategorizaci komunikace podle které dále plánuje potřebné stavební práce pro zajištění bezpečnosti a komfortní jízdy. Způsobilost vozovky je dána protismykovými vlastnostmi, příčnými a podélnými nerovnostmi a poruchami komunikace. Zjišťování protismykových vlastností se řídí normou ČSN 73 6177, příčných a podélných nerovností normou ČSN 73 6175. Poruchy komunikace se zjišťují pomocí vizuálních prohlídek. Každé nalezené poruchy je zpracován záznam poruchy a pořízena fotodokumentace. Porucha je dále klasifikována a vyhodnocena dle tabulky obsažené v TP.

U lesních cest se zjišťují oproti místním komunikacím pouze příčné a podélné nerovnosti a poruchy komunikace, a to pouze u lesních cest 1. a 2. třídy (1L a 2L). Protismykové vlastnosti jsou řešeny výhradně jen v situacích s větším podélným sklonem komunikace. Návrhy komunikací na opravy a údržby vznikají u revímíka dle jeho rozhodnutí. Rozsah poruch a určení druhu stavebních prací je posuzováno subjektivně. Neprovedením přesné diagnostiky komunikace má následně vliv i na projektovou úroveň. U lesních cest návrhy stavebních prací vycházejí z technických předpisů pro místní komunikace, tudíž se navrhují subjektivně dle zkušeností pracovníka pro stavební činnost.

Rozdílné je také zatížení, které je u lesních cest velmi specifické a špatně se určuje. Zákon č. 289/1995 Sb., o lesích zakazuje rušit v lese klid a ticho a jezdit a stát s motorovými vozidly na pozemcích určených k plnění funkce lesa. Lesní zákon je tedy zvláštní předpis, který omezuje veřejný přístup na účelovou komunikaci a není tudíž zapotřebí k zákazu vjezdu do lesa dopravní značky. Životnost je u lesních cest především vázaná na plánované a neplánované těžby. Těžby se soustřeďují, to znamená, že při jedné těžbě je vytěženo větší množství kubiků dřevní hmoty a takovéto zatížení lesní cesty většinou vyžaduje následný stavební zásah.

4. Problematiky a jejich technické řešení při navrhování a správě LC

4.1. Obecné problematiky

Prostředí

Les je území hustě prorostlé stromy a keři. Společně s dalšími živými organismy a neživým prostředím tvoří velmi složitý ekosystém. Toto prostředí svojí funkcí zajišťuje obnovitelný zdroj dřeva a kyslíku, poutání významného množství oxidu uhličitého, čištění ovzduší, ochranu půdy, stabilizaci klimatu a protipovodňovou ochranu. Proto je potřeba se s tímto specifickým prostředím seznámit a dodržovat veškeré požadavky z vyjádření od dotčených orgánů, aby se tento ekosystém nenarušil. Zároveň ale musíme počítat s negativním vlivem ekosystému na konstrukci lesní cesty (rostoucí kořeny, zvěř, jehličí apod.).

Vodní režim

Významnou funkcí lesa je zadržování vody. Díky rovnoměrnějšímu rozložení srážek a vysoce absorpční vrstvě mechu snižuje extrémní odtoky vody. Vyvěrá zde také spousty pramenů vodních toků. Takovouto kumulací vody vznikají mokřiny, bažiny, jezírka a ostatní druhy vodních ploch. Les tím zajišťuje protipovodňovou ochranu, ale působení takového množství vody má negativní účinky na konstrukci lesní cesty.

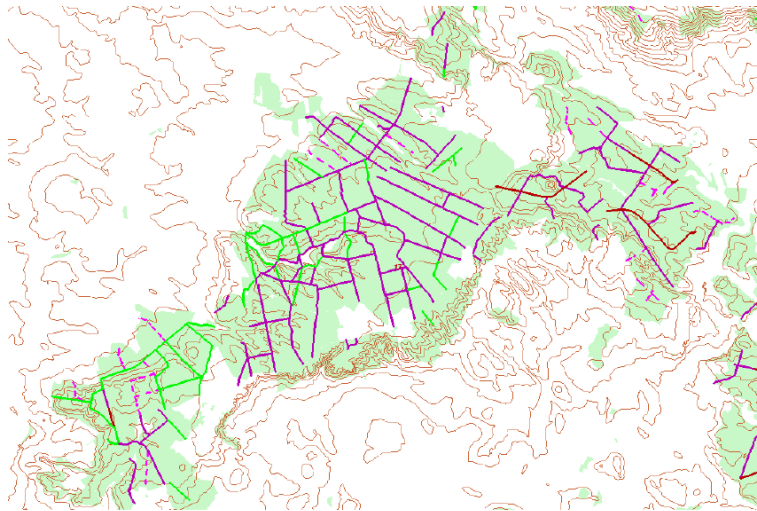
Terén a podloží

V České Republice jsou lesy rozesety po celém území a tvoří cca 34 % rozlohy ČR. Můžeme se tedy setkat se všemi variantami členění terénu a všemi druhy podloží. Podloží je navíc ve většině případů vysoce podmáčené a s tlustou vrstvou organické půdy.

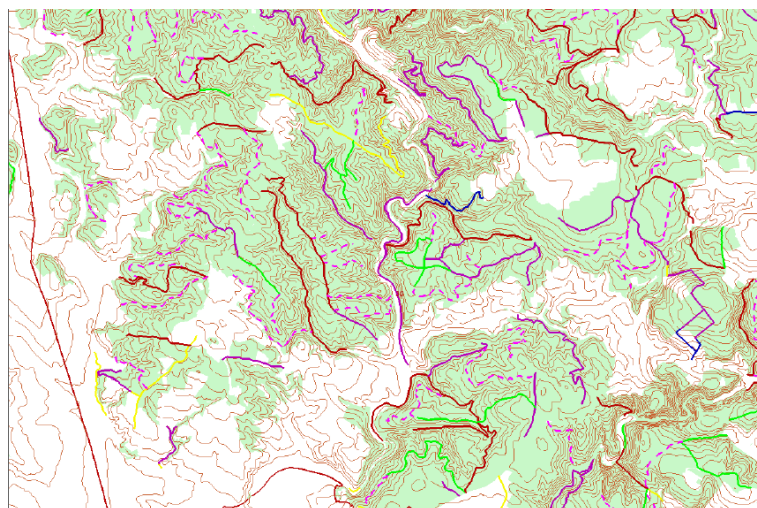
4.2. Technické řešení problematik

Terén

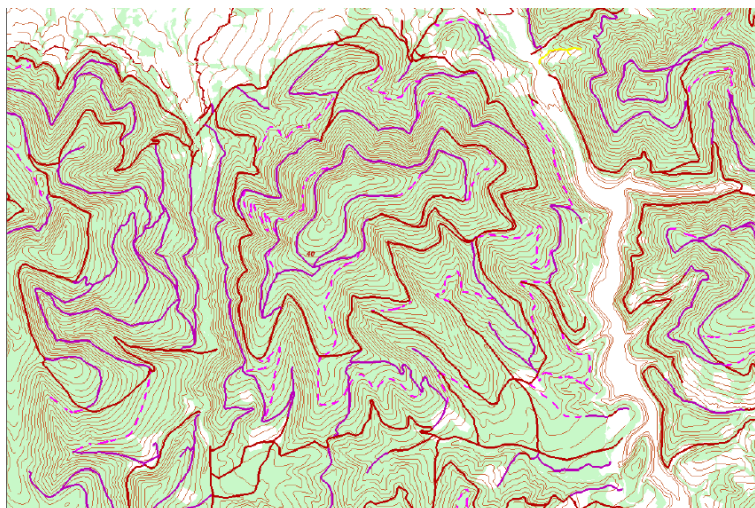
Zajištění zpřístupnění lesního komplexu musí být zajištěno tak, aby byli dodrženy hodnoty technických parametrů dle technických předpisů. Hlavním parametrem je dodržení maximálního podélného sklonu maximálně 12 % a minimalizace záboru pozemků určených k lesnímu hospodářství.



Obrázek 3. Zpřístupnění rovin



Obrázek 2. Zpřístupnění pahorkatin



Obrázek 4. Zpřístupnění horských oblastí

Teoretické zpřístupnění terénu

Základním kritériem při řešení zpřístupnění lesního komplexu je **hustota lesní cestní sítě**. Hustota lesní cestní sítě je vyjadřována délkou lesních cest v metrech, připadající na jeden hektar lesní půdy.

Hustotu lesní cestní sítě lze tedy vyjádřit vzorcem (Hanák a kol. 2012):

$$H = \frac{D}{S} \quad [m * ha^{-1}]$$

kde: H – hustota lesní cestní sítě

D – délka lesních cest v metrech

S – plocha zpřístupňovaného území

S hustotou lesní cestní sítě souvisí **teoretický rozestup lesních cest**. Tato hodnota udává ideální rozestup lesních cest v metrech. Je dán vzorcem (Beneš 1986):

$$H * R = 10\,000 \text{ m}^2$$

kde: H – hustota lesní cestní sítě

R – teoretický rozestup lesních cest v metrech

Dalším kritériem je **přibližovací vzdálenost**. Toto kritérium vyjadřujeme třemi hodnotami:

- teoretickou přibližovací vzdáleností
- geometrickou přibližovací vzdáleností
- skutečnou přibližovací vzdáleností.

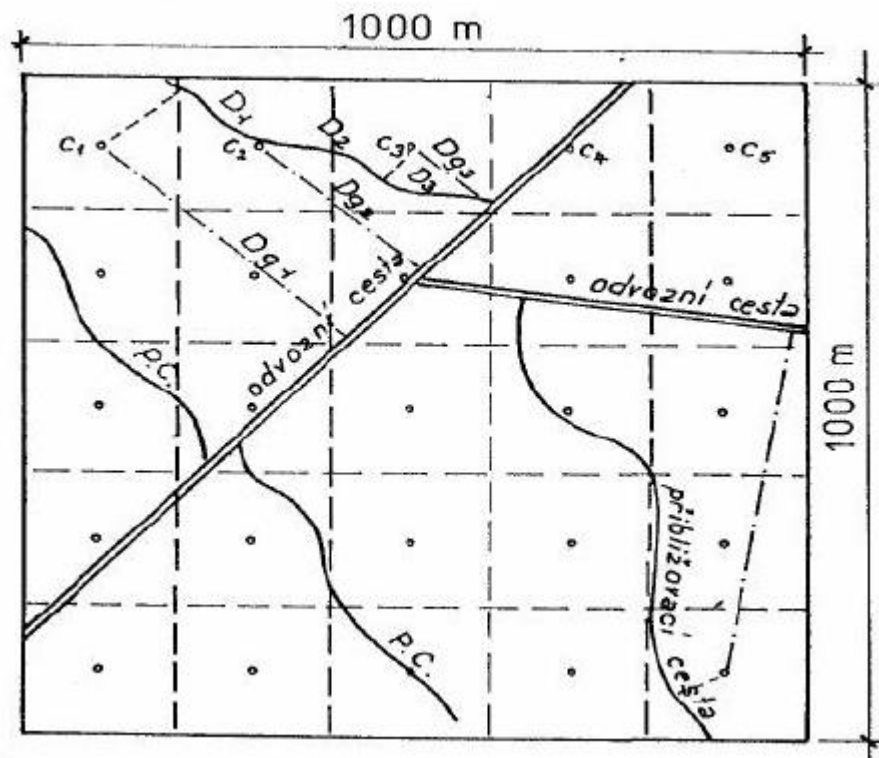
Teoretická přibližovací vzdálenost (D_t) je průměrná přibližovací vzdálenost při optimálním rozložení lesních cest na zpřístupňovaném území a je dána vzorcem (Hanák a kol. 2012):

$$d_t = \frac{10\,000}{4H} [m]$$

kde: H – hustota lesní cestní sítě

d_t – teoretická přibližovací vzdálenost

Geometrická přibližovací vzdálenost (D_g) vyjadřuje nejkratší průměrnou dráhu přibližování dřeva od pařezu k odvozní cestě. Je závislá na rozmístění lesních cest a prakticky zjišťuje aritmetický průměr nejkratší vzdálenosti těžišť čtverců o ploše 10 ha, rozložených po zpřístupňovaném území. (Hanák a kol. 2012)



Obrázek 5. Geometrická přibližovací vzdálenost

Skutečná přibližovací vzdálenost (D_s) je délka trasy, po které je dřevo přibližováno k odvozní cestě (Hanák a kol. 2012)

Pro hodnoty přibližovacích vzdáleností dle Beneše (1986) platí: $D_t < D_g < D_s$

Posledním kritériem je **účinnost zpřístupnění lesa**. Tento údaj slouží k posouzení variant umístění odvozních lesních cest a závisí hlavně na členitosti terénu a členitosti lesního území. Čím vyšší koeficient členitosti terénu a čím více je lesní území rozčleněno průnikem cizích pozemků, tím nižší účinnosti lze návrhem lesní cestní sítě dosáhnout. V praxi některá lesní cestní síť nedosahuje ani padesáti procentní účinnosti, což znamená, že k dosažení průměrné přibližovací vzdálenosti bylo zapotřebí vybudovat dvojnásobně delší cestu. Proto je důležité navrhnout zpřístupnění lesa s co nevyšší hodnotou účinnosti, aby byl zajištěn minimální zábor lesních pozemků, minimalizována nákladovost výstavby a její negativní účinky na přírodní prostředí.

Účinnost zpřístupnění lesa je dána vzorcem (Beneš 1986):
$$U = \frac{D_t}{D_g} * 100 \quad [\%]$$

Podloží (zemní pláň)

Podrobným geotechnickým průzkumem se zjistí vlastnosti materiálu podloží. Dle normy ČSN 73 6133 se určí, zda je podloží únosné a stabilní či naopak. Únosný a stabilní materiál v podloží se pouze upraví a zhutní na požadovanou únosnost. V opačném případě se navrhuje zlepšení materiálu podloží. Návrh zlepšení materiálu podloží závisí především na mocnosti nevhodného materiálu.

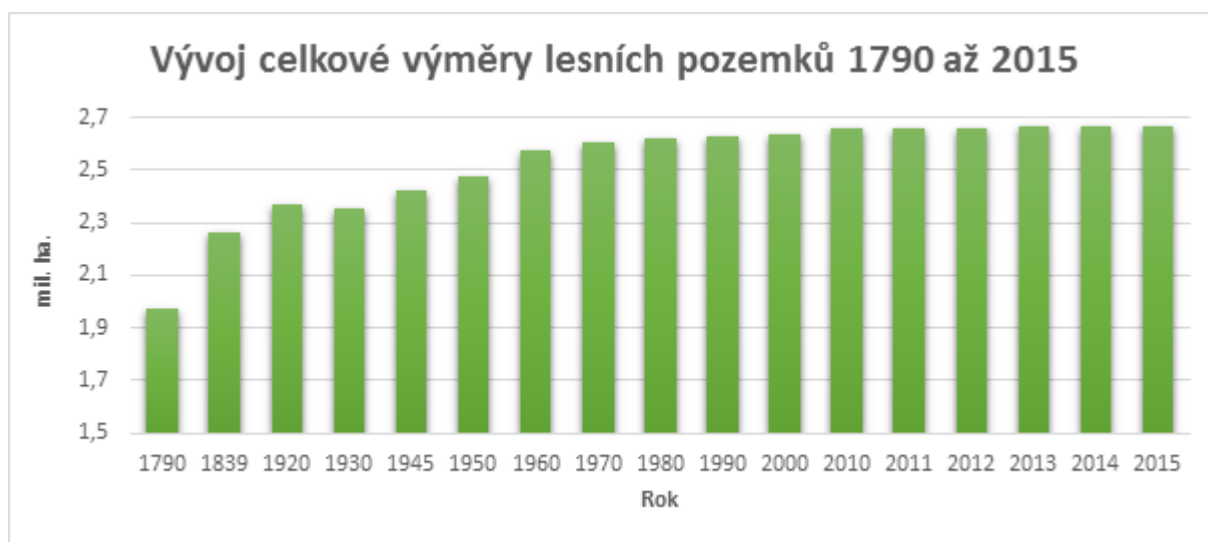
Podloží upravujeme:

- a) Odvodněním drenážními rýhami
- b) Hloubkovým odvodnění – Geodrény (ČSN EN 15237)
- c) Výměnou nevhodného materiálu za vhodný – sanace
- d) Pojivem – s malou mocností nevhod. materiálu (TP 94)
- hloubkové – deep soil mixing (ČSN EN 14679)
- e) Hloubkovým zhutňováním zemin vibrováním (ČSN EN 14731)
- f) Vyztužení podloží – geotextýlie, geomříž apod. (ČSN EN 14475, TP 97)
- g) Kombinace výměny a vyztužení

Dosažení požadované únosnosti na závěr ověříme statickou zatěžovací zkouškou. Na zemní pláni je nutné dodržet příčný sklon minimálně 3,5 % z důvodu zajištění odvodnění zemní pláně. Provádění geotechnických průzkumů bylo při provádění návrhů lesních cest v minulosti dosti opomíjeno. V dnešní době se ale tato praxe mění a provedení geotechnického průzkumu a zjištění vlastností podloží začíná být jedním z hlavních vstupních údajů před návrhem konstrukce lesní cesty.

Odvodnění

Pro zajištění co nejděší životnosti lesní cesty je zapotřebí vyřešit její odvodnění. V minulosti se řešilo jen velmi zřídka, a to hlavně z důvodu úspory záboru půdy určené k pěstování lesa. I dnes je snaha lesníků zachránit každý strom maximální, i když rozloha lesů za posledních 90 let jen roste (od roku 1920 do roku 2010 se výměra lesních pozemků v ČR zvýšila o cca 288 tis. ha).



Obrázek 6. Vývoj celkové výměry lesních pozemků v ČR

Razantní omezení také většinou vyplývá z vyjádření dotčených orgánů jako jsou různé spolky na ochranu živ. prostředí apod. (CHKO, odbor živ. prostředí). Požadavky většinou omezují šířku pracovního prostoru, aby došlo k co nejmenšímu záboru lesního pozemku a minimalizovalo se možné zničení určitého prostředí, které vyhovuje určitým živočichům. Na toto navazuje další problém, a to kam nakumulovanou vodu odvést nebo kde ji nechat vsakovat. Les je sám o sobě velkým zadržovatelem vody, a proto je zde velký rozdíl mezi odvodem vody z lesní cesty a odvodem vody ze silnic 1.-3. třídy a s tím související řešení objektů zajišťující odvod vody z lesní cesty



Obrázek 8. Ocelová svodnice uložená do betonu

Jako první se vyřeší odvodnění povrchu lesní cesty. Povrch se vždy odvodňuje zajištěním minimálního příčného sklonu. U větších podélných sklonů se odvodnění povrchu doplňuje ještě takzvanými svodnicemi, dlážděnými žlaby nebo otevřenými žlaby s průběžnou mříží. Tyto konstrukce zachytí povrchovou vodu a svedou ji do příkopu nebo do terénu. Jako jedny z prvních se začaly používat buďto dřevěné nebo ocelové svodnice pro odvod povrchové vody z lesní cesty. Tyto svodnice se ale velice rychle zanáší a je nutno je často čistit od zanesení štěrkem a jehličím, proto se dnes spíše přiklání k zřizování dlážděných rigolů z kamene do betonu, které mají větší zachytnou plochu a lépe a méně často se čistí.



Obrázek 7. Dlážděný rigol

Problémem u dlážděných rigolů je ale jízdní komfort při jejich přejíždění (široké většinou minimálně jako rozměr pneumatiky a hlubší z důvodu lepšího odvodu vody – nutno zpomalit na minimální rychlost). Proto se začaly používat otevřené žlaby s průběžnou mříží. Nevýhodou je však pracné čištění, kdy se musí mříž uvolnit, zvednout a po vyčištění připevnit zpět. Navíc ocelové mříže jsou často předmětem krádeží a končí v kovových sběrnách.



Obrázek 9. Otevřený žlab s průběžnou mříží

Svedení povrchové vody do okolního terénu je možné pouze za určitých podmínek. Příkopy jsou nejčastější a nejjednodušší způsob záchytu svedené povrchové vody a odvodu od konstrukce od lesní cesty. Jejich údržba je snadná, ale potřebná. Největší nevýhodou příkopů je nutný další zábor půdy určené k pěstování lesa. V horských oblastech je navíc potřeba z důvodu vyšší kumulace vody a větším podélným sklonům vodu v příkopech zpomalit. Zpomalením vody v příkopech zamezíme tvorbě eroze.



Obrázek 10. Zához příkopu lomovým kamenem

Nedílnou součástí se postupem času stávali také trubní propustky, které se zprvu dávali jen na nejpotřebnější místa z důvodu úspory finančních prostředků. Propustky v lese se řešily často tím, co zrovna bylo po ruce (jakoukoliv ocelovou rourou, jakoukoli betonovou troubou, v případě většího výskytu vody dvě roury vedle sebe) a většinou jen vyhloubením jámy položení roury a zasypání. Dnes se již propustky navrhují s veškerými náležitostmi a v případě potřeby i hydrologickým výpočtem. Propustky se také musí čistit, a to hlavně od zanesení zeminou z příkopů, jehličím a větviemi, ale ne tak často jako svodnice.

V dnešní době se také velmi často zřizují vtokové jímky právě z důvodu sedání nečistot v jímce a tím lepší údržby.

Dalším objektem odvodnění je trativod (rýhy vyplněné hrubým kamenivem, popřípadě drenážní trubkou), které se musí od konstrukce či povrchu separovat geotextilií, jinak dochází k ucpání jehličím či prosypáním menší frakce kameniva z konstrukčních vrstev vozovky. Pokud jsou trativody v zemním tělese lesní cesty, tak největším problémem je, že voda se vsakuje do zemního tělesa. Trativody se proto nejčastěji využívají v zářezích, kde není možné jiným způsobem lesní cestu odvodnit, nebo v místech kde se zbíhají 2 příčné sklony (např. v napojení skládky a lesní cesty), nebo jako vsakovací zasypané konce příkopů odvedených od lesní cesty do porostu (v případě předpokladu větší kumulace vody se rovnou zřídí vsakovací jáma).

V poslední řadě se na LC můžou vyskytnout také dlážděné brody nebo mostní konstrukce pro překonávání větších vodních toků. Tyto objekty řeší vždy autorizovaná osoba (nutný hydrologický výpočet a návržení správné a únosné konstrukce).



Obrázek 11. Dlážděný brod

Konstrukce lesní cesty

Konstrukční vrstvy mají za úkol přenášet veškerá zatížení působící na lesní cestu do podloží. V minulosti se lesní cesty řešily maximálně zpevněním jakoukoliv štěrkodrtí či jakýmkoliv materiálem (např. stavební sutí) navíc většinou bez jakéhokoliv zhutnění. Řešeny byli hlavně páteřní cesty nebo průtahy lesem zajišťující obslužnost nějaké vesnice. Toto řešení stačilo, jelikož hospodaření v lese se zajišťovalo ručně za pomoci tažných koní. V dnešní době po nástupu těžké strojní techniky (harvestorů, vyvážecích a odvozních kamionů) a zvyšování lesnické činnosti (více kontrol – revírník již „neběhá“ po lese ale čím dál častěji používá automobil) je nutno řešit konstrukci lesní cesty důsledně a kvalitně, aby byla zajištěna dostačující obslužnost celých komplexů lesů.

Typy konstrukcí lesních cest jsou uvedeny v katalogu vozovek polních a lesních cest vydaný Ministerstvem zemědělství. Konstrukce se zvolí podle předpokládaného zatížení lesní cesty. Podkladní vrstvy většinou tvoří vrstvy ze štěrkodrti. Další vrstvi tvoří dle výběru typu konstrukce komunikace



Obrázek 12. Konstrukce komunikace ze štěrkodrti



Obrázek 14. Konstrukce komunikace z penetračního makadamu prolitého asfaltovou směsí



Obrázek 13. Konstrukce komunikace z asfaltobetonu - tzv. "balená"

Z katalogu vycházíme i při rekonstrukci lesních cest. Je však nejprve nutno zhodnotit použití stávajících konstrukcí a popřípadě změřit či určit jejich únosnost. Podle únosnosti pak, z důvodu úspory finančních prostředků, upravíme složení konstrukčních vrstev. Většinou se musí řešit rekonstrukce stávajících LC již s nějakou konstrukcí. Dále z důvodu již zmiňované geologie se musí povětšinou řešit na 1 LC více konstrukčních vrstev. Další aspekt při navrhování LC je zatížení komunikace, které se od silnic 1.-3. třídy liší nižší intenzitou dopravy a větším zatěžováním a opotřebením (manipulace se dřevem na místě, pohyb těžké lesní techniky).

Ostatní návrhové parametry

V roce 2016 byla aktualizována norma ČSN 736108 z roku 1996, která obsahuje základní požadavky pro navrhování jednotlivých prvků lesních cest. Aktualizace byla nutná především kvůli změně legislativy, na kterou norma odkazovala, z důvodu modernizace odvozních souprav, které na lesní cesty kladou vyšší nároky a také z důvodu změny společenského chápání mimoprodukčních funkcí lesa a zvýšení užívání cestní sítě pro volnočasové aktivity. Stanovuje základní podmínky pro stavbu, rekonstrukci, opravy, údržby a rekultivace lesních cest. Pro návrh vozovek polních cest byl zpracován Ministerstvem zemědělství, ústřední pozemkový úřad katalog vozovek polních cest. Katalog obsahuje technické podmínky pro návrh vozovky polní cesty a přílohu tvoří katalogové listy obsahující konstrukční vrstvy vozovek polních cest. Katalog vozovek polních cest vychází z norem ČSN 73 0031 a ČSN 73 6114 a přímo navazuje na ČSN 73 6109 a TP 170 Navrhování vozovek pozemních komunikací.

5. Nové metody pro navrhování nízkokapacitních komunikací

V roce 2015 byl výzkumníky z Mendelovi univerzity v Brně vydán software a publikace s názvem „Metodický průvodce návrhem a realizací vozovek nízkokapacitních komunikací“. Tato nová certifikovaná metoda snižuje náklady na stavbu až o 15 %. Je zaměřena hlavně na postup návrhu, realizace, kontroly a popř. údržbu nízkokapacitních komunikací. Její hlavní přínosy jsou zavedení nové kategorizace podloží, snížení nároků na materiály použité v konstrukčních vrstvách, zvýšená možnost použití lokálních materiálů, možnost návrhu komunikace jen s jednou konstrukční vrstvou, rozšíření možností pro zvýšení únosnosti podloží, možnost stanovení únosnosti dynamickou deskou a z toho vycházející katalogové listy. To vše doplněno o možnost na dimenzování komunikace pomocí softwaru.

Metodický průvodce návrhem a realizací vozovek
nízkokapacitních komunikací

Certifikovaná metodika



Lenka Ševelová a kol.

Brno, 2015

Obrázek 15. Úvodní strana Metodického průvodce

Autoři zde uvádějí, že správně navržená nízkokapacitní komunikace může mít životnost minimálně 20 let. Uvádějí, že jeden kilometr nízkokapacitní komunikace vyjde řádově na 1,48 mil. korun. Pokud ale bude komunikace navržena dle této metodiky, náklady na jeden kilometr se sníží až na 1,25 mil. korun. Ušetřit se tak dá až 230 tisíc korun na jeden kilometr.

Vstupy pro návrh komunikace dle nové metodiky

1) Rázový modul deformace M_{vd}

Metodika je zpracována tak, aby k určení podloží nebo konstrukčních vrstev byla použita rázová dynamická zkouška lehkou dynamickou zkouškou. Hlavními výhodami této zkoušky je její rychlost provedení, cenová dostupnost a relativní přesnost. To je důležité z důvodu častých změn přírodních podmínek



Obrázek 16. Rázová dynamická zkouška

2) Předpokládané zatížení

Metodika stanovuje 4 úrovně dopravního zatížení:

- Vysoké zatížení – uvažuje maximálně 400 TNV a 10 t rozhodující zatížení nápravy. Na vrchní konstrukci komunikace uvažuje deformační modul $E_{def2} = 100$ MPa a na pláni $E_{def2} = 30$ MPa
- Střední zatížení – uvažuje maximálně 50 TNV a 5 t rozhodující zatížení nápravy. Na vrchní konstrukci komunikace uvažuje deformační modul $E_{def2} = 70$ MPa a na pláni $E_{def2} = 15$ MPa
- Nízké zatížení – uvažuje maximálně 5 TNV a 5 t rozhodující zatížení nápravy. Na vrchní konstrukci komunikace uvažuje deformační modul $E_{def2} = 40$ MPa a na pláni $E_{def2} = 10$ MPa
- Velmi nízké zatížení – uvažuje jen na výjimečné přejezdy. Na vrchní konstrukci komunikace uvažuje deformační modul $E_{def2} = 20$ MPa a na pláni $E_{def2} = 10$ MPa

3) Geotechnické zkoušky

Metodika využívá již známé a charakterizované zkoušky českými či evropskými normami.

Tabulka 1. Geotechnické zkoušky

Typ zkoušky	Předpis pro zkoušku	Rozsah zkoušek		
		Postup dle katalogu	Dimenzování pomocí software	Kontrola při výstavbě
Stanovení přirozené vlhkosti	ČSN CEN ISO/Ts 17892-1	Ano	Ne	Ano
Stanovení objemové hmotnosti zemín	ČSN 72 1010	Ano	Ne	Ano
Stanovení zrnitosti zemín	ČSN CEN ISO/Ts 17892-4	Ano	Ne	Ne
Stanovení konzistenčních mezí	ČSN CEN ISO/Ts 17892-12	Ano	Ne	Ne
Stanovení laboratorní srovnávací objemové hmotnosti a vlhkosti zemín	ČSN EN 13286-2 (736185)	Ano	Ne	Ano
Stanovení hodnoty CBR a IBI	ČSN EN 13286-47 (736185)	Ne	Ano	Ano
Stanovení relativní ulehlosti	ČSN 72 1018	Ne	Ne	Ano
Statická zatěžovací zkouška podloží	ČSN 72 1006	Ano	Ano	Ano
Rázová zatěžovací zkouška	ČSN 73 6192	Ano	Ano	Ano
Dynamická penetrační zkouška	ČSN EN ISO 22476-2	Ne	Ano	Ano
Cyklická zkouška CBR	Patent PV2013-673; 304642	Ne	Ano	Ne

Materiály pro výstavbu nízkokapacitních komunikací

Při návrhu komunikace je zapotřebí výběr vhodných stavebních materiálů do jednotlivých konstrukčních vrstev a stanovení jejich tloušťek. Ze stanovených tloušťek jednotlivých konstrukčních vrstev dostaneme celkovou mocnost konstrukce komunikace

Požadavky na konstrukci komunikace:

- zajištění technických předpokladů odpovídající třídě lesní cesty
- zajištění odolnosti proti předpokládanému zatížení
- splnit veškeré požadavky účelu výstavby konstrukce

Metodikou byla upravena specifikace národní přílohy ČSN EN 13 285 tak, aby bylo možno využít materiály, které obsahují vyšší obsah jemných částic. Upravena byla pouze zrnitost směsí, typy a princip zůstaly stejné. Proto jsou v Metodice zkratky těchto směsí doplněny pouze o index NK.

Tabulka 2. Konstrukční vrstvy dle Metodického průvodce

Zkratka	Celý název vrstvy	Definice
MZK _{NK}	Mechanicky zpevněné kamenivo	Nestmelená směs drceného kameniva zrnitosti G _E
ŠD _{NK}	Štěrkodrt'	Nestmelená směs drceného kameniva zrnitosti G _E
SP _{NK}	Štěrkopísek	Nestmelená směs těžného kameniva zrnitosti G _E
MZ _{NK}	Mechanicky zpevněná zemina	Nestmelená zemina nebo recyklovaný stavební materiál zrnitosti G _E
VŠ	Vibrovaný štěrk	Vrstva tvořená kostrou z hrubého kameniva se zavibrovaným výplňovým kamenivem

Tabulka 3. Konstrukční vrstvy dle ČSN EN 13 285

Zkratka	Celý název vrstvy	Definice
MZK	Mechanicky zpevněné kamenivo	nestmelené směsi drceného kameniva zrnitosti G_A nebo G_C s optimální vlhkostí
ŠD	Štěrkodrt	nestmelené směsi drceného kameniva zrnitosti G_E (ŠD _A) nebo G_N (ŠD _B)
ŠP	Štěrkopísek	nestmelené směsi těžného kameniva zrnitosti G_E (ŠP _A) nebo G_N (ŠP _B)
MZKO	Mechanicky zpevněné kamenivo otevřené	nestmelené směsi drceného kameniva zrnitosti G_O s optimální vlhkostí
MZ	Mechanicky zpevněná zemina	nestmelené směsi zeminy nebo recyklovaných stavebních materiálů zrnitosti G_E
VŠ	Vibrovaný štěrk	vrstva tvořená kostrou z hrubého kameniva se zavibrovaným výplňovým kamenivem

Hlavním rozdílem mezi Metodikou a Katalogem vozovek polních a lesních cest vydaný ministerstvem jsou požadavky na podloží. Minimální hodnota modulu přetvárnosti podloží E_{def2} v katalogu vozovek lesních a polních cest je 30 MPa, kdežto metodika povoluje hodnotu modulu přetvárnosti od 10 MPa.

Software pro dimenzování komunikace

Software pro dimenzování nízkokapacitních komunikací byl vydán současně s publikací „Metodický průvodce návrhem a realizací vozovek nízkokapacitních komunikací“. Vychází ze získaných zkušeností a laboratorních a polních zkoušek. Slouží jak zadavatelům, tak i projektantům nízkokapacitních komunikací. Návrh komunikace posuzuje a zohledňuje i z hlediska ekonomického, a to dle dostupných materiálů, cen a dovozních vzdáleností.



Obrázek 17. Úvodní strana softwaru

Software obsahuje celkem 8 karet:

- 1) Karta Údaje o projektu – zadání základních informací o projektu
- 2) Karta klimatické podmínky – zajišťuje výpočet a posouzení vlivu klimatických podmínek
- 3) Karta Dopravní zatížení – zajišťuje výběr vhodné skladby komunikace podle předpokládaného zatížení určeného podle Metodiky
- 4) Karta Geotechnický průzkum – zajišťuje výběr vhodné skladby komunikace na základě výsledků provedeného geotechnického průzkumu
- 5) Karta Typ konstrukce – dle zadaných hodnot v předchozích kartách vygeneruje výslednou návrhovou konstrukci komunikace
- 6) Karta Výpočet – přiřazuje požadavky ke každé navržené konstrukční vrstvě komunikace, jako například požadovaný modul přetvárnosti nebo hodnoty tepelného odporu
- 7) Karta Ekonomické zhodnocení – vygeneruje jednotnou expertní cenu za zhotovení vrstev komunikace z požadovaného materiálu a požadované tloušťky v m²
- 8) Karta Výstup/Tisk dokumentu – vygeneruje kompletní postup návrhu

Tato metoda je zatím ve fázi, kdy se s ní jak správci lesních pozemků, tak i projektanti teprve seznamují. Klade velký důraz na provádění geotechnického průzkumu před navrhováním ale i při realizaci pro kontrolu a na přesné a podrobné zjištění vstupních hodnot před návrhem komunikace.

6. Nízkokapacitní komunikace v ČR a v zahraničí

S nízkokapacitními komunikacemi se setkáme po celém světě. V rozvojových zemích tyto komunikace tvoří většinu ploch pozemních komunikací nebo dokonce je tvořena pouze těmito komunikacemi. Nicméně zde nenajdeme mnoho publikací o návrhu a správě těchto komunikací. Stavitelé se většinou řídí předchozími zkušenostmi a informacemi ze zahraničí. V rozvojových zemích je také problém zajistit dostatečně kvalitní a vhodný materiál pro konstrukci vozovky. Například v Mozambiku jsou komunikace budovány z lokálně dostupného písku. Ten musí být stabilizován velkým množstvím cementu nebo asfaltového pojiva.



Obrázek 18. Příklad nízkokapacitní komunikace v Mozambiku

V jihovýchodní Asii je výskyt nízkokapacitních komunikací vyšší než vozovky s vyšší kapacitou. Technické předpisy a normy pro nízkokapacitní komunikace zde ale nejsou rozvinuté, stejně jako informovanost o jejich údržbě. Zatížení těchto komunikací se zde uvažuje pro 200-300 motorových vozidel denně a návrhové období se navrhuje 1 milion ESAL („Number of Equivalent Single Axle Load“). Komunikace dále musí splnit kritéria udržitelnosti, soulad s životním prostředím a splnění požadovaného účelu. Nejčastějším problémem stavitelů v této oblasti jsou klimatické podmínky a nedostatek kvalitního a vhodného materiálu.



Obrázek 19. Příklad nízkokapacitní komunikace ve Vietnamu

Oproti tomu v rozvinutých zemích se problematikou nízkokapacitních komunikací zabírali už o desítky let dříve než v ČR. V rozlehlých zemích, jako je například USA jsou nízkokapacitní komunikace hlavní složkou dopravní sítě. Umožňují hlavně spojení odlehlých míst co nejbezpečněji, nejkvalitněji a za nízkou pořizovací a údržbovou cenu. Kromě zajištění bezpečnosti a plynulosti jízdy je kladen velký důraz na její ovlivnění životního prostředí, zachování kvality vodních toků a minimalizace narušování okolního terénu. Najdeme zde mnoho literatury zabývající se právě nízkokapacitními komunikacemi. Než ale byly tyto publikace vydány, řešili se tyto komunikace stejným způsobem jako standartní komunikace s vyšším zatížením. Postupem času se ale stav takto navržených vozovek začal zhoršovat a zjistilo se, že toto navržení je neadekvátní. V roce 1993 proto organizace AASHTO – „American Association of State Highway and Transport Officials“ do svých předpisů přidala samostatnou sekci s názvem „Low Volume Roads“. Tímto předpisem se dnes řídí 37 států USA. Zbýlých 11 si vytvořilo vlastní předpis. Návrh nízkokapacitních komunikací dle tohoto předpisu je dost podobný, jako návrh vysoce dopravně zatížených komunikací. Je založen na experimentálních zkouškách a nízkokapacitní komunikace dělí na 3 skupiny – s tuhým, netuhým povrchem a povrchem tvořeným kamenivem. Pro uskutečnění návrhu je zapotřebí několik vstupních hodnot, jako například informace o podloží vyjádřené modulem pružnosti nebo vlastnosti použitých materiálů vyjádřené koeficientem AASHTO.



Obrázek 21. Příklad nízkokapacitní komunikace v USA

V Austrálii a Novém Zélandu, kde plocha nízkokapacitních komunikací také převyšuje plochu komunikací s vyšším dopravním zatížením, se užívá empirických návrhových postupů a metod. Návrhové tabulky z předpisů je vhodné použít pouze pro komunikace s podkladem z vysoce zhuštěným drceným kamenivem a povrchem pokrytým tenkou nenosnou vrstvou z asfaltového pojiva či vrstvou asfaltu o tloušťce menší než 50 mm. Vlastnosti používaných materiálů jsou obdobné jako u materiálů používaných v ČR. Chování materiálu ale v Austrálii velmi ovlivňují klimatické podmínky s periodami obrovských dešťových srážek, díky kterým se Austrálie stala nejsušším kontinentem. Společně s obrovskou geografickou rozlohou a malou populací zde vzniká největší problém, a to udržování těchto komunikací v dobrém technickém stavu za počáteční nízké investice.

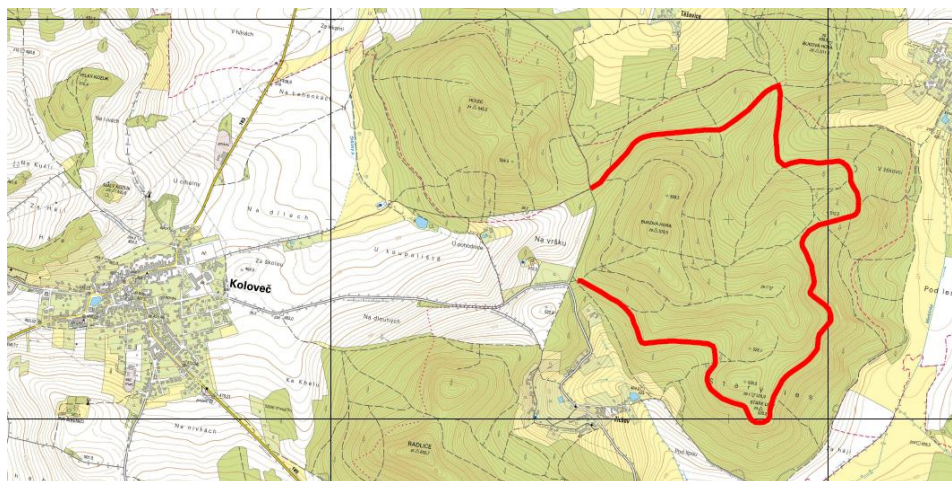


Obrázek 20. Příklad nízkokapacitní komunikace v Austrálii

7. Zhodnocení vybraných LC

7.1. Lesní cesty Zíchov

Soubor 3 lesních cest se šterkovým povrchem nacházejících se nedaleko vesnice Koloveč. Tvoří je lesní cesta Zíchov, svážnice Zíchov a svážnice Strýčkovice, které na sebe navazují a tím tvoří trasu celým komplexem lesa a umožňují tak bezproblémový odvoz dřevní hmoty.



Obrázek 22. Zákres průběhu lesních cest v mapě

V roce 2014 byl vznešen požadavek od lesní správy Klatovy na zajištění stavebních úprav na souboru těchto lesních cest tak, aby technické parametry všech 3 LC odpovídali parametrům lesních cest kategorie 2L. V roce 2015 byl proto zadán požadavek projekční kanceláři MACÁN PROJEKCE DS, s.r.o. na zpracování projektové dokumentace. Vstupními údaji pro zpracování projektové dokumentace byla místní pochůzka se stavebním technikem v místě plnění a geodetické zaměření. Celkové náklady na zpracování projektové dokumentace byly 296 400,- Kč bez DPH za všechny 3 LC. Součástí dodávky projektové dokumentace byla i inženýrská činnost. Předpokládaná hodnota navržených stavebních prací byla v projektové dokumentaci vyčíslena celkem na 9 074 000,-Kč bez DPH.

Zhotovitel stavebních prací byl vybrán pomocí veřejné soutěže, kde jediným hodnotícím kritériem byla nejnižší nabídková cena. Firma s nejnižší nabídkovou cenou odstoupila od podpisu smlouvy, tak byly stavební práce nabídnuté firmě, která se umístila 2 v pořadí. Tato firma podala nabídku s nabídkovou cenou v celkové výši 4 258 648,88.-Kč bez DPH. Z důvodu určitých změn řešených při realizaci stavby byly celkové náklady na stavební práce 4 649 389,60.-Kč bez DPH. Následně v roce 2017 zde proběhla těžba dřevní hmoty. Celkem se odvezlo 1187 kubíků dřevní hmoty.

7.1.1. Svážnice Strýčkovice

Stav lesní cesty před stavebními úpravami

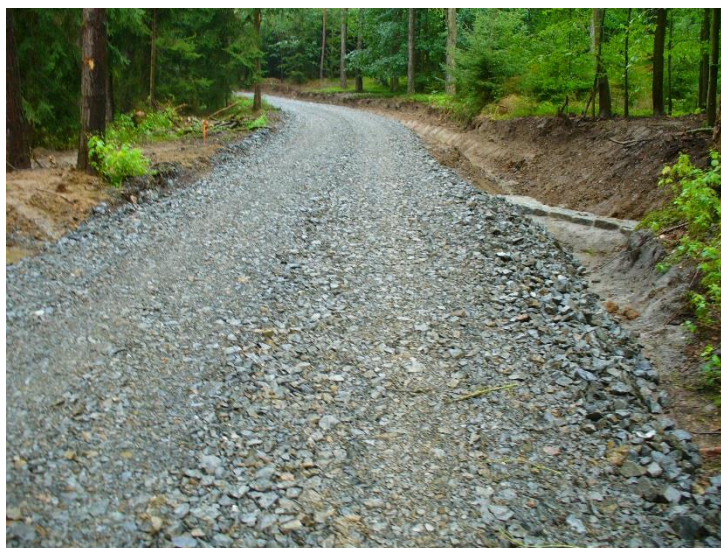
Stávající lesní cesta vykazovala značné nerovnosti jak v podélném, tak v příčném směru. Krypt lesní cesty byl nezpevněný. Šířka vozovky se pohybovala v rozmezí 2,00 – 3,50 m. Odvod vody byl řešen příčným sklonem komunikace do přilehlého terénu nebo občasných příkopů. Při zjišťování stavu komunikace bylo evidentní, že takto vyřešené odvodnění je nedostatečné.



Obrázek 23. Svážnice Strýčkovice před stavebními úpravami

Navržené úpravy a porovnání s předpisy

Začátek úpravy navazoval na stávající lesní cestu na pozemcích investora. Na začátku byl prodloužen a prohlouben stávající příkop. V celé délce úpravy byla provedena oprava a zesílení konstrukce komunikace s vyrovnáním příčného profilu a dosypána nezpevněná krajnice. Byly navrženy 2 konstrukce komunikace, a to zesílení konstrukce komunikace o 0,2 m a 0,35 m. Konstrukce se skládala z vyrovnávky ze štěrkodrti, konstrukční vrstvy ze štěrkodrti frakce 0-90 mm, štěrkodrti frakce 0-63 mm a posypu krytu štěrkodrtí. Konstrukce komunikace byla navržena s přihlédnutím k TP 170 a požadavku investora tak, aby vyhovovala pro zatížení vozidel pro odvoz dřeva z přilehlých lesů a lesních mechanismů. Na trase byli navrženy celkem 4 příčné trubní propustky pro převod vody z jedné strany komunikace na druhou DN 600 s čely z lomového kamene do betonu. Ve vybraných úsecích při místní prohlídce byly vybrány úseky, kde byl proveden příkop. Pro zajištění dostatečného odvodu povrchové vody z komunikace byli na vybraných místech navrženy navíc 4 kusy ocelových svodnic šířky 120 mm. V průběhu realizace stavebních prací byli provedeny celkem 4 statické zatěžovací zkoušky. Dvě statické zkoušky byly realizovány na upravené pláni lesní cesty a dvě byly realizovány na svrchní konstrukční vrstvě z posypu štěrkodrtí na místech určených technickým dozorem na stavbě. Jelikož v době realizace stavebních prací ještě nebyla aktualizována norma ČSN 73 6108, tak určité technické parametry v dnešní době této normě neodpovídají (například délka čel propustků).



Obrázek 24. Průběh prací na SV Strýčkovice

Aktuální stav

Po 2 letech užívání lesní cesty a proběhlé těžbě je stav lesní cesty, až na drobné lokální poruchy způsobené nejspíše manipulací se dřevem a vyhýbání se vozidel, vynikající. Z tohoto lze usoudit že navržené stavební práce byly navrženy dostatečné. Navržené parametry odpovídají požadavkům požadovaných na lesní cestě třídy 2L



Obrázek 25. Aktuální stav SV Strýčkovice

7.1.2. Svážnice Zíchov

Stav lesní cesty před stavebními úpravami

Stávající lesní cesta vykazovala značné nerovnosti jak v podélném, tak v příčném směru. Kryt lesní cesty byl nezpevněný. Šířka vozovky se pohybovala v rozmezí 2,00 – 3,50 m. Odvod vody byl řešen příčným sklonem komunikace do přilehlého terénu nebo občasných příkopů. Při zjišťování stavu komunikace bylo evidentní, že takto vyřešené odvodnění je nedostatečné.



Obrázek 26. Svážnice Zíchov před stavebními úpravami

Navržené úpravy a porovnání s předpisy

Začátek úpravy navazoval na stávající lesní cestu SV Strýčkovice. Ve vybraných úsecích bude proveden příkop. V celé délce úpravy byla provedena oprava a zesílení konstrukce komunikace s vyrovnáním příčného profilu a dosypána nezpevněná krajnice. Byli navrženy 2 konstrukce komunikace, a to zesílení konstrukce komunikace o 0,2 m a 0,35 m. Konstrukce se skládala z vyrovnávky ze štěrkodrti, konstrukční vrstvy ze štěrkodrti frakce 0-90 mm, štěrkodrtě frakce 0-63 mm a posypu krytu štěrkodrtí. Konstrukce komunikace byla navržena s přihlédnutím k TP 170 a požadavku investora tak, aby vyhovovala pro zatížení vozidel pro odvoz dřeva z přilehlých lesů a lesních mechanismů.

Na trase byl navržený jeden příčný propustek DN 1000 pro převedení stávající vodoteče a jeden trubní propustek DN 600 pro převod vody z jedné strany komunikace na druhou. Oba s čely z lomového kamene do betonu. Pro zajištění dostatečného odvodu povrchové vody z komunikace byli na vybraných místech navrženo navíc 28 kusů ocelových svodnic šířky 120 mm.

V průběhu realizace stavebních prací byli provedeny celkem 4 statické zatěžovací zkoušky. Dvě statické zkoušky byly realizovány na upravené pláni lesní cesty a dvě byly realizovány na svrchní konstrukční vrstvě z posypu šterkodrtí na místech určených technickým dozorem na stavbě. Jelikož v době realizace stavebních prací ještě nebyla aktualizována norma ČSN 73 6108, tak určité technické parametry v dnešní době této normě neodpovídají (například délka čel propustků).



Obrázek 27. Průběh stavby na SV Zichov

Aktuální stav

Po 2 letech užívání lesní cesty a proběhlé těžbě je stav lesní cesty, až na drobné lokální poruchy způsobené nejspíše manipulací se dřevem a vyhýbání se vozidel, vynikající. Z tohoto lze usoudit že navržené stavební práce byly navrženy dostatečné. Navržené parametry odpovídají požadavkům požadovaných na lesní cestě třídy 2L



Obrázek 28. Aktuální stav SV Zíchov

7.1.3. Lesní cesta Zíchov

Stav lesní cesty před stavebními úpravami

Stávající lesní cesta vykazovala značné nerovnosti jak v podélném, tak v příčném směru. Kryt lesní cesty byl nezpevněný. Šířka vozovky se pohybovala v rozmezí 2,00 – 3,50 m. Odvod vody byl řešen příčným sklonem komunikace do přilehlého terénu nebo občasných příkopů. Při zjišťování stavu komunikace bylo evidentní, že takto vyřešené odvodnění je nedostatečné.



Obrázek 29. Stav lesní cesty Zíchov před stavebními úpravami

Navržené úpravy a porovnání s předpisy

Začátek úpravy navazoval na stávající lesní cestu SV Zíchov. V celé délce úpravy byla provedena oprava a zesílení konstrukce komunikace s vyrovnáním příčného profilu a dosypána nezpevněná krajnice. Byli navrženy 2 konstrukce komunikace, a to zesílení konstrukce komunikace o 0,2 m a 0,35 m. Konstrukce se skládala z vyrovnávky ze štěrkodrti, konstrukční vrstvy ze štěrkodrti frakce 0-90 mm, štěrkodrtě frakce 0-63 mm a posypu krytu štěrkodrtí. Konstrukce komunikace byla navržena s přihlédnutím k TP 170 a požadavku investora tak, aby vyhovovala pro zatížení vozidel pro odvoz dřeva z přilehlých lesů a lesních mechanismů.

Na trase byl navržen celkem 1 příčný trubní propustek pro převod vody z jedné strany komunikace na druhou DN 600 s čely z lomového kamene do betonu. Ve vybraných úsecích při místní prohlídce byly vybrány úseky, kde byl proveden příkop. Pro zajištění dostatečného odvodu povrchové vody z komunikace byli na vybraných místech navrženy navíc 4 kusy ocelových svodnic šířky 120 mm.

V průběhu realizace stavebních prací byli provedeny celkem 4 statické zatěžovací zkoušky. Dvě statické zkoušky byly realizovány na upravené pláni lesní cesty a dvě byly realizovány na svrchní konstrukční vrstvě z posypu štěrkodrtí na místech určených technickým dozorem na stavbě. Jelikož v době realizace stavebních prací ještě nebyla aktualizována norma ČSN 73 6108, tak určité technické parametry v dnešní době této normě neodpovídají (například délka čel propustků).



Obrázek 30. Průběh stavby na lesní cestě Zíchov

Aktuální stav

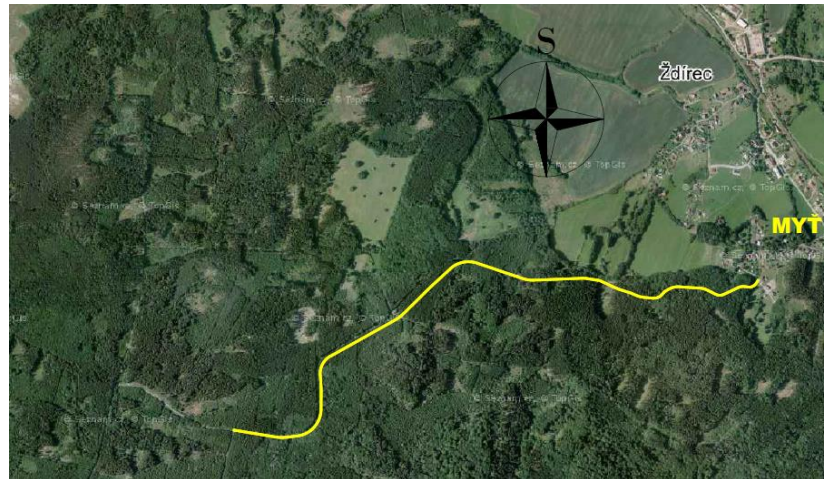
Po 2 letech užívání lesní cesty a proběhlé těžbě je stav lesní cesty, až na drobné lokální poruchy způsobené nejspíše manipulací se dřevem a vyhýbání se vozidel, vynikající. Z tohoto lze usoudit že navržené stavební práce byly navrženy dostatečné. Navržené parametry odpovídají požadavkům požadovaných na lesní cestě třídy 2L



Obrázek 31. Aktuální stav lesní cesty Zíchov

7.2. Lesní cesta Chejlava 63

Lesní cesta s asfaltovým povrchem nacházející se v katastrálním území Ždírec a Měcholupy nedaleko vesnice Ždírec.



Obrázek 32. Vykreslený průběh lesní cesty Chejlava 63 na mapě

V roce 2014 byl vznešen požadavek od lesní správy Klatovy na zajištění stavebních úprav tak, aby technické parametry odpovídali parametrům lesní cesty kategorie 1L a povrch tvořil kryt z asfaltobetonu. V roce 2015 byl proto zadán požadavek projekční kanceláři MACÁN PROJEKCE DS, s.r.o. na zpracování projektové dokumentace. Vstupními údaji pro zpracování projektové dokumentace byla místní pochůzka se stavebním technikem v místě plnění a geodetické zaměření. Celkové náklady na zpracování projektové dokumentace byli 27 000.- Kč bez DPH. Předpokládaná hodnota navržených stavebních prací byla v projektové dokumentaci vyčíslena celkem na 7 199 091.-Kč bez DPH.

Zhotovitel stavebních prací byl vybrán pomocí veřejné soutěže, kde jediným hodnotícím kritériem byla nejnižší nabídková cena. Firma s nejnižší nabídkovou cenou podala nabídku v celkové výši 2 820 469,09.-Kč bez DPH. Následně v roce 2017 zde proběhla těžba dřevní hmoty. Celkem se odvezlo 1187 kubíků dřevní hmoty

Stav lesní cesty před stavebními úpravami

Stávající lesní cesta má kryt z penetračního makadamu, který je na konci své životnosti. Kryt vozovky vykazuje opotřebení provozem a stářím, a dále poškození, kdy asfaltové vrstvy ztratily původní vlastnosti asfaltového pojiva a mají sníženou odolnost proti účinkům zatížení a klimatickým vlivům. Vozovka rovněž vykazuje nerovnosti jak podélném, tak příčném směru, v některých úsecích došlo vlivem dopravy k úplnému rozpadu krytové vrstvy až na podkladní vrstvu. V části úpravy jsou vodní erozí narušeny svahy a dna otevřených příkopů. Část propustků pod lesní cestou má rozpadlá čela, stejně tak kamenné dlažby na vtoku a výtoku propustků.



Obrázek 33. Stav lesní cesty Chejlava 63 před stavebními úpravami

Navržené úpravy a porovnání s předpisy

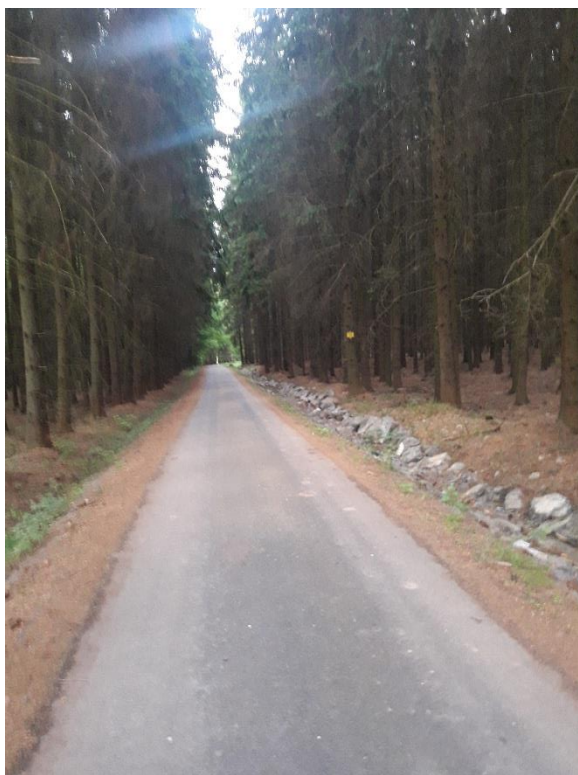
Začátek úpravy je na konci rozjezdu se stávající lesní cestou v osadě Myt', kde navazuje na kryt z penetračního makadamu. Konec úpravy je na začátku „rozcestí“ s lesní cestou Chejlava 66. Rozjezd nebyl součástí úpravy. V celé délce úpravy byla provedena oprava a obnova vozovkového souvrství vozovky asfaltovým betonem s vyrovnáním příčného profilu a dosypány nezpevněné krajnice. Součástí stavby byla i oprava výhybny. Oprava propustků spočívala v opravě poškozených čel, vyčištění zanesených propustků a výměna poškozených propustků. Dále byly opevněny svahy a dna příkopů záhozem z lomového kamene z důvodu zamezení poškození vodní erozí.



Obrázek 34. Průběh stavebních prací na lesní cestě Chejlava 63

Aktuální stav

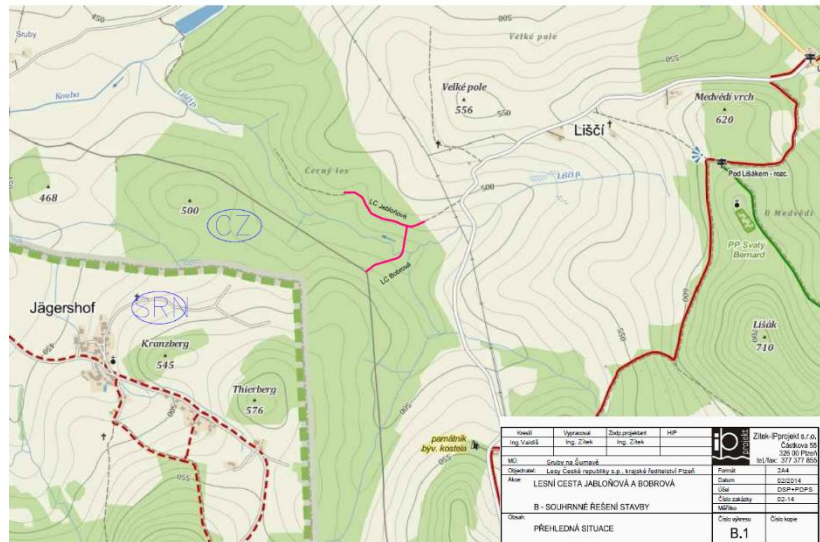
Po 2 letech užívání lesní cesty a proběhlé těžbě je stav lesní cesty vynikající. Z tohoto lze usoudit že navržené stavební práce byly navrženy dostatečné. Navržené parametry odpovídají požadavkům požadovaných na lesní cestě třídy 1L



Obrázek 35. Aktuální stav lesní cesty Chejlava 63

7.3. Lesní cesta Jabloňová

Lesní cesta se štěrkovým povrchem nacházející se v katastrálním území zadní Sruby na Šumavě západně od obce Liščí u hranic se Spolkovou Republikou Německo.



Obrázek 36. Vyznačení lesní cesty Jabloňová na mapě

V roce 2013 byl vznešen požadavek od lesní správy Klatovy na zajištění stavebních úprav tak, aby technické parametry odpovídali parametrům lesní cesty kategorii 2L. V roce 2014 byl proto zadán požadavek projekční kanceláři ZÍTEK - IP PROJEKT s.r.o. na zpracování projektové dokumentace. Vstupními údaji pro zpracování projektové dokumentace byla místní pochůzka se stavebním technikem v místě plnění a geodetické zaměření. Celkové náklady na zpracování projektové dokumentace byli 54 700,- Kč bez DPH. Součástí dodávky projektové dokumentace byla i inženýrská činnost. Předpokládaná hodnota navržených stavebních prací byla v projektové dokumentaci vyčíslena celkem na 1 238 026,-Kč bez DPH.

Zhotovitel stavebních prací byl vybrán pomocí veřejné soutěže, kde jediným hodnotícím kritériem byla nejnižší nabídková cena. Firma s nejnižší nabídkovou cenou podala nabídku v celkové výši 1 015 473,00,-Kč bez DPH.

Stav lesní cesty před stavebními úpravami

Stávající lesní cesta vykazuje značné nerovnosti jak podélném, tak příčném směru. Kryt lesní cesty je šterkový s projetými kolejiemi, které brání odtoku srážkové vody z povrchu vozovky, čímž dochází k erozi lesní cesty. Šířka vozovky se pohybuje v rozmezí 2,50 – 3,50 m, odvodnění je do přilehlého terénu.

Navržené úpravy a porovnání s předpisy

Začátek úpravy byl v km 0,022 kde navazuje na stávající lesní cestu. Na začátku úpravy km 0,022 – 0,180 byla snížena niveleta stávající lesní cesty o cca 0,50 m, pro lepší napojení lesní cesty Bobrová. V tomto úseku byly provedeny nové konstrukční vrstvy lesní cesty, a to vrstva z drceného kameniva 63-125 mm v tloušťce 0,2 m, vrstva šterkodrti 0-90 mm v tloušťce 0,15 m, vrstva šterkodrti 0-63 mm v tloušťce 0,1 m a povrch byl uzavřen vrstvou z lomových výsivek. Od km 0,180 pokračovala oprava a zesílení vozovky s vyrovnaním příčného profilu a byly dosypány nezpevněné krajnice v souladu s požadavky investora. V tomto úseku byla navržena vrstva ze šterkodrti 0-90 mm v tloušťce 0,15 m, vrstva šterkodrti 0-63 mm v tloušťce 0,1 m a kryt komunikace byl uzavřen vrstvou z lomových výsivek. Součástí stavby byla oprava stávajícího propustku v km 0,427 a také oprava sjezdů na okolní lesní cesty. V úseku km 0,480 – 0,580 na levé straně lesní cesty byla provedena plošná úprava terénu, která slouží pro skladování dřeva. Terén byl urovnán tak aby byl zajištěn odtok vody a z povrchu a zhutněn.

Aktuální stav

Po pěti letech užívání jsou skoro v celém úseku vyjeté koleje. Lesní cesta je nyní v řešení, jestli vznik vyjetých kolejí je způsoben nedostatečným návrhem konstrukčních vrstev nebo použitým nevhodným materiálem. Dále v místě styku s lesní cestou Bobrová bylo nedostatečně vyřešeno odvodnění a začíná se tvořit erozní rýha. V okolí této lesní cesty vyvěrá spousty pramenů a je zde nevhodné podloží. Jako vstupní podklad pro návrh komunikace proto měl být zpracován podrobný geotechnický průzkum.



Obrázek 38. Aktuální stav lesní cesty Jabloňová - vyjeté koleje



Obrázek 37. Aktuální stav lesní cesty Jabloňová - začínající erozní rýha

8. Závěr a doporučení

Bakalářskou prací byl analyzován současný postup při návrhu a správě lesních cest v České Republice. Tento stav byl dále porovnán se stavem v rozvinutých i rozvojových zemích. Každá země má svůj vlastní postup pro výstavbu nízkokapacitních vozovek, ale jádro vždy vychází z určení účelu vozovky, stanovení dopravního zatížení, snahy o zachování kvalitního životního prostředí a z volby materiálu, který odpovídá zatřídění podloží.

V rozvinutých zemích se předpisy pro stavbu nízkokapacitních komunikací rozvíjeli již před desítkami let než ve východních či evropských zemích. I když se zdá s ohledem na malou rozlohu a rozvinutou dopravní síť, že v Evropě je zkoumání nízkokapacitních komunikací bezpředmětné. Po dlouholetých zkušenostech hlavně s lesními cestami je ale tato potřeba viditelná.

Hlavní výhodou předpisů a nových metodik v České republice je jejich lehká dohledatelnost, a to hlavně katalogových listů konstrukcí komunikací. Nová metodika je nadále typická svým důrazem na geotechnický průzkum.

V USA používají k návrhu vozovek „ESAL“, což je jednodušší forma stanovení dopravního zatížení než v ČR, kdy objem dopravního rozdělujeme na osobní vozidla, těžká vozidla a dále. Zatížení „ESAL“ se inspirovali i v rozvojových zemích. Díky tomuto zatížení lze využít tabulek pro určení tloušťky vrstev konstrukce komunikace. Oproti tomu v České republice se vychází pouze z katalogových listů. Naopak v Austrálii se tloušťka vozovky spočítá ze vzorečku uvedeným v technických předpisech. V porovnání s Austrálií máme na území ČR mnohem kvalitnější stavební materiály.

Dle zjištěných skutečností bych doporučoval zkvalitnění předprojektových činností diagnostiky. Pouze místní pochůzka, geodetické zaměření a zkušenost stavebního technika není pro návrh konstrukcí dostačující. Neprovedením geotechnického průzkumu a zatěžovacích zkoušek před realizací stavebních prací sice snižuje náklady na projektovou dokumentaci, nicméně zjištěním přesných vstupních hodnot by výrazně zlevnilo samotnou realizaci stavby a dále snížilo náklady na následné opravy a údržby. Náklady na geotechnický průzkum se pohybují v řádech desítek tisíc korun, kdežto úspory na realizaci stavby mohou dosahovat částek v řádech stovek tisíc korun. Nová metodika od výzkumníků z Mendelovi univerzity je toho jasným důkazem.

9. Použitá literatura

- 1) ŠEVELOVÁ, Lenka a kolektiv. Metodický průvodce návrhem a realizací vozovek nízkokapacitních komunikací. Brno: MENDELU, 2015. 42s.
- 2) ČSN EN 13 285. Nestmelené směsi:Specifikace. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011. 28s.
- 3) VÉBR, L., GALLO, P., Katalog vozovek polních cest – Technické podmínky 2. Praha: Mze ČR – Ústřední pozemkový úřad, 2011. 22s.
Dostupné z: http://www.spucr.cz/frontend/webroot/uploads/files/2014/11/katalog_vozovek_p_olnich_cest_cast_1465.pdf
- 4) AASHTO. Guide for Design of Pavement Structures.Washington, D.C: American Association of State Highway and Transportation Officials, 1993. ISBN 1-56051-055-2 Dostupné z: <http://www.adecsystem.com/NmathegAll/9.pdf>
- 5) DOUGLAS, Robert. Low Volume Road Engineering: Design, Construction and Maintenance. Boca Raton: Taylor and Francis Group, LLC,2016. 326 pages. ISBN 978-1-422-1265-5 (eBook)
- 6) FDOT. Flexible Pavement Design Manual. Tallahassee: Office of Design Pavement Management Section, 2015.
Dostupné z: <http://www.dot.state.fl.us/rddesign/PM/pcs/FlexiblePavementManual.pdf>
- 7) KELLER, G., SHERAR, J. Low-Volume Roads Engineering: Best Management Practices Field Guide. California: USDA, 2003. 158 pages.
Dostupné z: http://ntl.bts.gov/lib/24000/24600/24650/Index_BMP_Field_Guide.htm
- 8) AUSTRROADS. Pavement Design for Light Traffic: A supplement to the Austroads Pavement Design Guide. Sydney: National library of Australia, 2006. 34 pages. ISBN 1 921139 30 Dostupné z: <https://www.onlinepublications.austrroads.com.au/items/AP-T36-06>
- 9) Článek [online] Dostupné z: <http://www.lesaktualne.cz/vyzkum/levnejsi-a-s-delsi-zivotnosti-vyzkumnici-z-mendelovy-univerzity-v-brne-vyvinuli-metodu-ktera-pomuze-pri-stavbe-cest>
- 10) Zatěžovací zkoušky [online] Dostupné z: <http://www.kgeo.cz/foto/zatezovaci-zkousky-01.jpg>
- 11) Návod pro práci se software [online] Dostupné z: <http://www.kgeo.cz/foto/zatezovaci-zkousky-01.jpg>
- 12) TRL Limited, UKaid :Calcrete Mapping, Mozambique - Technical Review [online] Dostupné z: <http://r4d.dfid.gov.uk/PDF/Outputs/AfCap/Calcrete-Mapping-Technical-Review-Mozambique.pdf>
- 13) AFCAP Report: Low Volume Roads Symposium [online] Dostupné z: <http://r4d.dfid.gov.uk/pdf/outputs/AfCap/AFCAP-GEN-117-Report-ARRB-LVR-Symposium.pdf>

- 14) AFCAP: Identification And Mapping Calcrete Deposits - Final report [online]
Dostupné z: <http://research4cap.org/Library/TRL-et-al-Mozambique-2013-Calcrete+Mapping+Specs-AFCAP-v130424.pdf>
- 15) Dr. Jasper Cook: Recent Rural Road Research in SE Asia [online]
Dostupné z: <https://www.arrb.com.au/admin/file/content128/c6/3%20Cook.pdf>
- 16) National Geographic: Bear Road Denali [online]
Dostupné z: <http://photography.nationalgeographic.com/photography/photo-of-the-day/bear-road-denali/>
- 17) University of California Pavement Reserach Center: New Developments In Formalizing Unsealed Road Management [online]
Dostupné z: <https://www.arrb.com.au/admin/file/content128/c6/2%20Jones.pdf>
- 18) Pavement Interactive: Structural number [online]
Dostupné z: <http://www.pavementinteractive.org/article/structural-number/>
- 19) ARRB: Knowledge gaps and Reserach Needs [online]
Dostupné z: <https://www.arrb.com.au/admin/file/content128/c6/1%20Yeo.pdf>
- 20) ADAMS, Rod. Design and construction of Low Volume Roads in Central West Queensland [online]
Dostupné z: <https://www.arrb.com.au/admin/file/content128/c6/1%20Adams.pdf>
- 21) Tripadvisor: Traffic Jam Unsealed Roads [online]
Dostupné z: http://images.travelpod.com/tw_slides/ta00/c0d/c1e/typical-traffic-jam-on-unsealed-road-invercargill.jpg
- 22) Pumice structure [online]
Dostupné z: http://previews.123rf.com/images/mexrix/mexrix1012/mexrix101200207/84864_77-Pattern-of-pumice-stoan-texture-for-background-Stock-Photo.jpg
- 23) Dusty Road [online] Dostupné z: http://www.aas.com.sg/avdiscovery3/?attachment_id=605
- 24) LAURANCE, W. Lessons from Research. [online]
Dostupné z: <http://www.forest.sabah.gov.my/images/pdf/en/HOB2013/Session%203%20-%20Prof%20William%20Laurance.pdf>
- 25) ARRB: Innovative Graded Aggregate Sprayed Surfacing Review [online]
Dostupné z: <https://www.arrb.com.au/admin/file/content128/c6/1%20Jansz.pdf>
- 26) ČSN EN 13108. Asfaltové směsi – specifikace pro materiály – sada norem.
- 27) ČSN 73 6121. Stavba vozovek – vrstvy z hutněných asfaltových směsí – Provádění a kontrola shody.
- 28) AASHTO. Guidelines for Gemoetric Design of Very Low-Volume Local Roads
- 29) TP 170. Navrhování vozovek pozemních komunikací. Praha: Ministerstvo dopravy ČR, 2004.
Dostupné z: <http://pjkp.cz/TP%20170.pdf>

- 30) TP 92 Navrhování údržby a oprav vozovek s cementobetonovým krytem. Praha Ministerstvo dopravy ČR, 2011 Dostupné z: http://www.pjpk.cz/data/USR_001_2_8_TP/TP_92.pdf
- 31) TP 87 Navrhování údržby a oprav netuhých vozovek Praha Ministerstvo dopravy ČR, 2011 Dostupné z: www.pjpk.cz/viewFile.asp?file=1547
- 32) New Zealand Road Surface
Dostupné z: <https://www.nzta.govt.nz/resources/roadcode/about-driving/road-surface/>
- 33) Pavement Interactive: Resilient Modulus.
Dostupné z: <http://www.pavementinteractive.org/article/resilient-modulus/>
- 34) Pavement Interactive: The AASHTO Reliability Concept.
Dostupné z: <http://www.pavementinteractive.org/article/the-aashto-reliability-concept/>
- 35) Pavement Interactive: Equivalent Single Exle Load.
Dostupné z: <http://www.pavementinteractive.org/article/equivalent-single-axle-load/>
- 36) HALL, Kevin. Development of Comprehensive Low-Volume Pavement Design Procedures
Dostupné z: <http://ntl.bts.gov/lib/9000/9400/9459/MBTC-1070.pdf>
- 37) Archiv podniku Lesy ČR, s.p.