

FAKTORY ZPŮSOBUJÍCÍ KONSTRUKČNÍ PORUŠENÍ POVRCHU LESNÍCH CEST

FACTORS INDUCING PAVEMENT DAMAGE OF FOREST HAUL ROADS

JAROSLAV TOMÁNEK - CTIBOR VOLNÝ - PAVOL KLČ - RADEK BAČE

Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, Praha

ABSTRACT

The article presents results of the research of some features effecting pavement damage of forest haul roads. The study is based on off-road measurement carried out in a model flysch territory in the Beskydy Mts. (North Moravia). We investigated some technical parameters of forest roads and constructional damage of their pavement or ground plains' surface. The forest haul road-net in the model territory of Ostravice forest district was intersected by transects and, following the methodology, in the place of intersection 100m long haul road stretches were measured minutely. Beyond commonly accepted proposed damage for purpose-built roads (i.e. max. 25% of road surface suffered from construction damage) 12.16 % of roads with bitumen pavement, 17.75 % of roads with gravel pavement, and 31.45 % of ground haul roads were damaged. As for bitumen roads, the most frequent damage was broken edge, and as for gravel and ground haul roads it was visible pavement rutting. Damage was mainly related to insufficient load-carrying capacity of roads and pavements. Different levels of damage were found out for individual surface types; it was discovered that the road and surface capacity varied in real forest traffic. A weak negative dependence between altitude and bitumen roads damage was found out as well as between road width and gravel or ground transport roads damage. The expected damage dependence on the state of longitudinal drainage was not confirmed.

Klíčová slova: lesní cestní síť, odvozní cesty, poškození vozovky, podélné odvodnění

Key words: forest road-net, haul roads, pavement damage, longitudinal drainage

ÚVOD

Lesní dopravní síť je v dnešní době ve většině lesů České republiky relativně dostatečně rozvinutá. Na našem území se prakticky nenalézají nezpřístupněná území, která by měla hospodářský význam. Kvalita či racionalita existujícího zpřístupnění však zůstává otázkou. PIPKOVÁ et al. (2006) uvádí, že vozovka musí plnit požadované provozní funkce odpovídající dopravnímu významu komunikace, což znamená, že musí umožňovat bezpečný, plynulý, rychlý, hospodárný a pohodlný provoz. Ten je ovlivněn zejména mírou konstrukčních porušení. ŠEVELOVÁ, KOZUMPLÍKOVÁ (2009) dále uvádějí, že vozovky účelových komunikací jsou ve srovnání se sítí veřejných cest méně dopravně vytížené, avšak náročnost dopravy, zátěž vozovek, únosnost podloží a konstrukčních vrstev vyžaduje specifickou projekční pozornost.

Netuhé vozovky lesních cest je možné pro zjednodušení rozdělit na bitumenové (živičné nebo asfaltové, nejčastěji vybudované s vozovkou z penetračního makadamu nebo obalovaného kameniva) a šterkové (vybudované zpravidla z makadamu a šterku, spojené a uzavřené například jílovito-písčítým kalem, nebo vybudované z mechanicky zpevněného kameniva různých frakcí). Zemní odvozní cesty nejsou vybaveny vozovkou, pojižděnou částí je tedy podle potřeby upravená zemní pláň.

Lesní cesty patří k největším investičním položkám v rámci lesního hospodářství. Vozovka, jako nejnákladnější část tohoto typu liniové

stavby, představuje při svém zničení největší ekonomickou ztrátu. Konstrukční porušení začínají ovlivňovat provoz na lesní cestě až od určité míry jejich zastoupení. Dle Technických podmínek TP 170 – Navrhování vozovek pozemních komunikací (aktualizace TP v roce 2006) (VĚBR et al. 2006) se vozovky účelových komunikací navrhuji na návrhovou úroveň porušení D2 – porušení plošnými konstrukčními poruchami je menší než 25 % plochy vozovky.

ZELINKA, VACEK (2006) uvádějí, že únava vozovky (tedy její porušení) je funkcí více proměnných, a to např. intenzity dopravy, doby používání vozovky, kvality cestních stavebních materiálů, klimatických podmínek (teplota, vlhkost, sluneční záření), dále druhu podloží, umístění trasy cesty (les, bezlesí), stárnutí bitumenu, mechanických účinků opotřebování vrstvy a dalších faktorů. ZELINKA (2001) uvádí, že únavový proces vozovek má nelineární závislost a na jeho průběh má především vliv intenzita dopravy a kvalita a tloušťka krytové (v případě tohoto výzkumu bitumenové) vrstvy.

Vozovka je projektována na určité zatížení; pokud je toto překročeno, dochází po průjezdu přetíženého vozidla k nevratným změnám ve vozovce.

Přetížení těžkých vozidel snižuje životnost konstrukce vozovky, čímž se zvyšují dodatečné náklady na údržbu a obnovu vozovky. Předčasné zhoršování infrastruktury nevyhnutelně ohrožuje bezpečnost silničního provozu (PILLAY, BOSMAN 2001).

Poškozování lesní cestní sítě dopravou je možné omezit i použitím odpovídajících technických opatření u vozidel. BRITOL et al. (2008) se zabýval deformací vozovek při pojiždění vozidel s různou vahou na modelovém výzkumném objektu. Dochází k závěru, že neekonomičtější prostředkem pro snižování poškození vozovek lesních cest je tlak vzduchu v pneumatikách a změna zatížení nápravy. OWENDE et al. (2001) se taktéž zajímal o tlak v pneumatikách. Prokázal, že tlak na podloží je závislý hlavně na zatížení nápravy, které tedy následně určuje narušení povrchu při prohnutí vozovky. Nižší tlak v pneumatikách odvozních souprav prodlužuje životnost bitumenových vozovek. Dále zjistil, že prázdná odvozní souprava s tlakem v pneumatikách 770 kPa působí únavu vozovky a s tím související větší poškození než v případě plně naložené odvozní soupravy s tlakem 350 kPa v pneumatikách. MARTIN et al. (1999) uvádí, že znatelné poškození vozovek lesních odvozních cest může vyvolat i malé přetížení, které je obvykle ignorováno. TRZCINSKI (2007) se zabýval nosnou kapacitou šterkových cest a šterkových cest zpevněných jílovým kalem. Shledal ale jejich nosnou kapacitu nedostačující.

Jak již bylo řečeno, vozovka je nejnákladnější součástí lesní cesty. Mnoho odborníků řešících tuto problematiku proto uvažuje o využití různých zbytkových materiálů pro zpevnění lesních cest. MRÁZ (1980) se zabýval využitím odpadních strusek, SHOOK (1988) zpevněním povrchu zemních cest dřevní štěpkou a BUSS (1984) využitím pilin a ostatních dřevních odpadů. MACHADO et al. (2006) zkoumal využití odpadní celulózy.

Další autoři se zabývají nedostatečným nebo nefunkčním odvodněním lesních cest. Neadekvátní odvodnění vidí jako hlavní příčinu jejich poškození. Voda lesní cesty poškozují svojí erozní činností a s ní souvisejícím odnosem materiálu. Při zamokření též snižuje únosnost podloží. JUŠKO (2007) uvádí jako základní prostředek proti nadměrné erozi respektování technického zabezpečení tělesa cesty proti účinkům vody a dopravy. Jde především o důsledné dodržení optimálního sklonu budovaných cest, výstavbu nutného odvodňovacího zařízení, zpevnění koruny a zatravnění výkopových a násypových svahů a maximální rozptýlení vody tekoucí po tělese cesty. DOBIÁŠ (2005) uvádí, že škody erozí na nepevněných lesních cestách mohou značně omezit jejich sjízdnost, a tím i jejich funkci. Je proto třeba trvale věnovat zvýšenou péči opatřením, která by jim zabraňovala. JUŠKO (2007, 2008) se zabýval erozními procesy na šterkových vozovkách. Vytvořil regresní model schopný předpovídat budoucí erozní ztráty a zkoumat vliv jednotlivých erozních činitelů na jejich rozsah. HANÁK (1992) vypočítal pro zabezpečení vozovky proti vymílacím účinkům vody vzájemné maximální rozestupy svodnic s ohledem na klimatickou charakteristiku oblasti.

Vliv na průběh erozních procesů má také přítomnost vegetace na šterkových vozovkách a zemních cestách, která chrání povrch před kinetickými účinky dešťových kapek a zpomaluje vodu tekoucí po povrchu. SWIFT (1988) uvádí, že největší ztráty půdy jsou u nových cest, které ještě nejsou zarostlé vegetací a silniční spodek je šterkový nebo zhutněný. Dále zmiňuje, že vegetace chrání povrch lesní cesty vydrží 20 – 30 přejezdů vozidel za měsíc. KOCHENDERFER, HELVEY (1987) prokázali významné snížení produkce sedimentů ze zemních cest poté, co byly vybaveny jednoduchou šterkovou vozovkou.

KLČ, ŽÁČEK (2006) uvádějí, že stagnující nebo pomalu tekoucí voda v příkopu saturuje (podmáčí) zeminu podloží bezprostředně pod úrovní pláně, což může vést až k totální ztrátě její původní únosnosti – především u jemnozrnných soudrzných zemin typu jílu, jílovitá hlína, prachovitá hlína apod. MARTIN et al. (1999) použitím neparametrické statistické metody našel úzký vztah mezi množstvím výtluků a stavem odvodnění. V 84 % případů připsal nevyhovující stav povrchu neadekvátnímu odvodnění. KESTLER (2007) uvádí, že poškození na účelových komunikacích v zamrzajících oblastech ovlivněných vodou může být drženo na minimu užitím sezónních omezení provozu. ZELINKA

(1986) se ve svém výzkumu zabýval výstavbou odvozních cest bez vybudování příkopů. Zaměřil se na porovnání ceny vozovky dimenzované za předpokladu trvalého funkčního odvodnění s cenou vozovky dimenzované na předpoklad, že bude většinu roku podmáčená. Cenové rozdíly považuje vzhledem k ceně projektu za nevýrazné.

Flyšové území

Flyšové sedimenty zabírají východní okraj České republiky, z pohoří jsou jimi tvořeny Moravskoslezské Beskydy a Bílé Karpaty. Flyš představuje pro výstavbu lesních cest nepříznivé podloží. Střídání jílovců a pískovců vytváří složité stavební podmínky. Jílovité a písčité zeminy vznikající na flyšovém podloží se těžko zpracovávají hutněním. U jílovitých zemin je komplikací i jejich tuhost za sucha a bobtnavost za vlhka. Výstavba cest na takovémto území by se měla řídit zvláštními pravidly.

Zásadami zpřístupňování flyšových oblastí se zabývala řada autorů, např. SLIVKA (1977); KUBÍNY, LINDEROVÁ (1983); KLČ (1989) a další. Jako hlavní principy zpřístupňování flyšových území uvádí STANOVSKÝ, KLČ (2002) mimo jiné tyto:

- základem zpřístupnění jsou lesní odvozní cesty třídy 1L (podle možností budované s nepropustným povrchem vozovky) s celoročním využíváním a dokonalým funkčním odvodněním
- optimální rozestup odvozních lesních cest je okolo 400 m, z čehož vychází teoretická přibližovací vzdálenost cca 200 m (oboustranně)
- při návrhu tras budoucích cest pro zpřístupnění daného území je třeba vycházet z elaborátu průzkumu lesní cestní sítě, stejně jako z výsledků předběžného a inženýrsko-geologického průzkumu
- trasy cest navrhnout alternativně, s akceptací kladných a záporných kardinálních bodů v trase cesty; je třeba omezit budování velkých zářezů a násypů
- výstavbu zemních cest povolit jen jako první fázi budování odvozní lesní cesty (vybudování cestního tělesa)
- součástí projektu realizace lesní cesty by měla být i část biologického ozelenění zemního tělesa cesty
- neperspektivní a zničené zemní komunikace urychleně asanovat
- zabezpečovat permanentní a účinnou komplexní péči o vybudované nebo zrealizované pozemní komunikace v daném území
- při přibližování dříví mezi odvozními cestami přednostně využívat vhodné lanové systémy (šetřící půdu).

Článek má za cíl analýzou dat získaných terénním měřením v modelovém území nalézt závislosti mezi mírou poškození povrchu cesty konstrukčními porušeními a vybranými faktory, které dle předpokladu ovlivňují stav cest. V diskusní části má článek za cíl porovnání zformulovaných závěrů se závěry jiných autorů a všeobecně přijímanými předpokládanými závislostmi.

MATERIÁL A METODIKA

Modelové území

Výzkum prezentovaný v tomto článku se zakládá na provedeném terénním měření v modelovém flyšovém území. Jako modelové území byla zvolena lesní správa Ostravice, která se nachází v centrální části Moravskoslezských Beskyd. Téměř celé území lesní správy náleží do chladné oblasti. Průměrná teplota 6,5 °C a velký objem srážek

(1 100 mm) zařazují lesní hospodářský celek Ostravice většinou do velmi příznivých klimatických poměrů 5. jedlobukového lesního vegetačního stupně. Síť vodních toků a pramenišť je hustá a má bystrinný charakter. Celá oblast je tak vodohospodářsky velmi důležitá. V areálu lesní správy se nachází vodní nádrž Šance, která patří k rozhodujícím vodohospodářským dílům na severní Moravě.

Lesní správa Ostravice má plochu 23 935,43 ha a lesní komplexy pokrývají 81,77 % jejího území. Odvozní cesty mají délku 517,04 km (1L 290,97 km, 2L 226,07 km). Hustota lesní cestní sítě v modelovém území je 26,42 m.ha⁻¹ a poměrné zpřístupnění 70,44 %. Lesní cestní síť má podle těchto parametrů optimální hustotu a odvozní cesty jsou velmi dobře rozmístěny (TOMÁNEK, VOLNÝ 2009). Výše těžeb za období 2000 – 2010 byla přibližně 1,35 mil.m³.

Metodika sběru dat

Ústavem pro hospodářskou úpravu lesa byly dodány vrstvy digitálních dat sítě odvozních cest na daném území, která byla zpracována v programu ArcGIS. Modelovým územím byly vedeny v pravidelných rozestupech 500m přímkami – transektu. V místech, kde přímkou transektu přetnula síť odvozních cest, byl proveden terénní průzkum. Celkem vzniklo 605 bodů. Místo protnutí bylo nalezeno pomocí přístroje GPS. Následně byl prozkoumán úsek cesty dlouhý 100 m v okolí protnutí, přičemž místo protnutí bylo středem. Byly zjištěny parametry a popsána konstrukční porušení 60,03 km lesních cest, což tvoří 11,61 % odvozních cest lesní správy Ostravice. Zastoupení druhů cest bylo následující: bitumenové cesty 46,60 %, šterkové 29,56 % a zemní 23,84 %. Pro výzkum jsme evidovali tyto údaje:

- Šířka vozovky lesní cesty
Šířka vozovky byla měřena v bodu protnutí lesní odvozní cesty s transektem kolmo na osu cesty. U zemních cest třídy 2L, které neměly vybudovanou vozovku, byla evidována šířka jízdního pruhu tím samým způsobem.
- Vegetace
Evidováno bylo plošné pokrytí vegetací (%) na vozovce nebo na jízdním pruhu měřené cesty.
- Nadmořská výška
Evidována byla nadmořská výška bodu protnutí odvozní cesty s transektem, určená přijímačem GPS.
- Stav odvodnění
Byla zaznamenávána délka vybudovaných příkopů v měřeném úseku a délka jejich zanesení splaveninami.
- Stav bitumenových vozovek
Zaznamenávána byla plocha jednotlivých druhů konstrukčních porušení: výtlupek, prolomený okraj vozovky, mozaika trhlin (sítový rozpad vozovky), vytlačený střed cesty a koleje.
- Stav šterkových vozovek
Evidována byla plocha prolomeného okraje, plocha výtlupeků, erozních rýh, vytlačeného středu a kolejí.
- Stav koruny zemních cest
Stav koruny se zjišťoval měřením porušení v místě jízdního pruhu. Byla měřena plocha prolomeného okraje, plocha prohlubní, erozních rýh, plocha kolejí a plocha vytlačených balvanů.

Statistické zpracování získaných dat

Data získaná terénním měřením byla staticky zpracována tabulkovým editorem a statistickým programem R 2.8.0. Zjištěné hodnoty byly následně přepočteny na celkovou síť odvozních cest na území LS Ostravice.

K testování míry porušení jednotlivých druhů vozovky byl použit Kruskal-Wallisův test. Náhodný výběr dat byl zajištěn protnutím sítě cest transektu. V této části výzkumu se jednalo o posouzení průjezdnosti cest; při statistickém zpracování bylo u bitumenových vozovek vynecháno porušení mozaiky trhlin, protože nemá vliv na jízdu vozidla. Přistoupeno bylo k neparametrickému testu z důvodu silného narušení normality a homoskedasticity dat. Mnohonásobné porovnání mezi jednotlivými druhy vozovek bylo provedeno Mann-Whitney testem s Bonferroniho korekcí.

Pro statistické vyhodnocení závislosti měřených skutečností byly použity Paersonovy korelační koeficienty, tedy parametrický statistický test zjišťující míru těsnosti vztahu proměnných. Ověření výsledných Paersonových koeficientů u vztahu podélného odvodnění a poškození cesty konstrukčními porušeními bylo provedeno porovnáním vybraných souborů dat. Výsledek byl ověřen Mann-Whitney testem. Pro každý druh povrchu byl z dat vybrán soubor úseků, které měly vybudované podélné odvodnění v plné délce a soubor úseků, které podélné odvodnění neměly vybudované vůbec.

VÝSLEDKY A DISKUSE

V rámci terénního měření byly zjištěny parametry vozovek, korun zemních cest a jejich konstrukční porušení. Zjištěné zastoupení jednotlivých druhů uvádí tab. 1. U bitumenových cest bylo porušeno nad návrhovou mírou D2 12,16 % měřených úseků. Konstrukční porušení s největším zastoupením byl prolomený okraj 3,82 %. U odvozních cest opatřených šterkovou vozovkou bylo porušeno nad návrhovou mírou D2 17,75 % měřených úseků. Nejčastějším konstrukčním porušením šterkových vozovek byly koleje, které se nacházely na 5,23 % plochy. U zemních odvozních cest bylo nad návrhovou mírou D2 porušeno 31,45 % měřených úseků zemních odvozních cest. Nej-

Tab. 1.

Konstrukční porušení jednotlivých druhů povrchu
Constructional damage of individual surface types

Bitumenové vozovky/bitumen pavements		
prolomený okraj/broken edge	31 999,16 m ²	3,82 %
mozaika trhlin/mosaic of crack	25 303,23 m ²	3,02 %
výtlupek/pot-hole	5 470,51 m ²	0,65 %
koleje/ruts	10 793,96 m ²	1,29 %
vytlačený střed/embossed middle	1 936,91 m ²	0,23 %
Šterkové vozovky/gravel pavements		
prolomený okraj/broken edge	22 554,49 m ²	4,64 %
erozní rýha/erosion rill	6 005,47 m ²	1,24 %
výtlupek/pot-hole	2 233,31 m ²	0,46 %
koleje/ruts	25 385,90 m ²	5,23 %
vytlačený střed/embossed middle	4 555,67 m ²	0,94 %
Zemní cesty/earth roads		
prolomený okraj/broken edge	9 103,58 m ²	2,45 %
erozní rýha/erosion rill	13 036,67 m ²	3,51 %
prohlubeň/pit	2 629,19 m ²	0,71 %
koleje/ruts	42 261,27 m ²	11,39 %
vytlačené balvany/embossed rocks	1 375,41 m ²	0,37 %

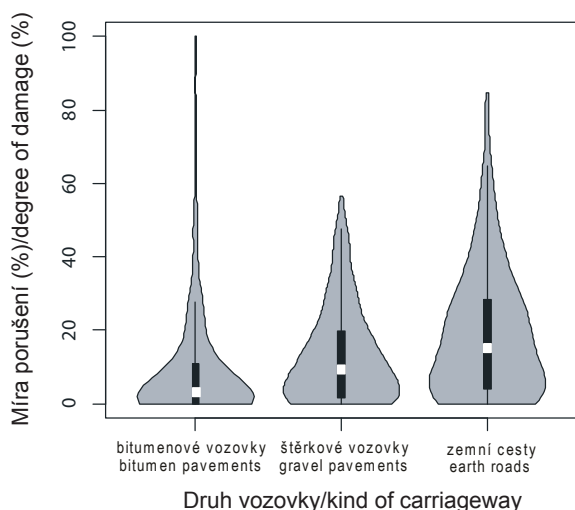
častěji byly zjištěny koleje, které zaujímaly 11,39 % plochy zemních odvozních cest.

Porušenost povrchů odvozních cest

Srovnání porušenosti jednotlivých povrchů cest je znázorněno na obr. 1.

Byl zjištěn statisticky významný rozdíl v porušenosti zemních odvozních cest a cest s vybudovanou šterkovou vozovkou na hladině významnosti $p = 0,006$, rozdíl v porušenosti cest s vybudovanou šterkovou vozovkou a cest s vybudovanou bitumenovou vozovkou na hladině významnosti $p < 0,001$ a rozdíl mezi porušeností zemních cest a cest s vybudovanou bitumenovou vozovkou na hladině významnosti $p < 0,001$. Cesty různých konstrukcí (dle předpokladu) vykazují různou úroveň poškození.

Dále byly zkoumány závislosti zjišťovaných parametrů odvozních cest a konstrukčního porušení. Pearsonovými korelačními koeficienty bylo



Obr. 1. Srovnání míry porušení (%) jednotlivých druhů cest; violový diagram zobrazuje medián, 25% a 75% kvartil, rozpětí bez odlehých hodnot, celkové rozpětí a Kernelovo rozdělení porušení jednotlivých druhů vozovek

Fig. 1. Comparison of individual road type damage level (%); viola chart shows the median, 25% and 75% quartile, range without outliers, total margin, and Kernel distribution of individual road type damage

Tab. 2. Pearsonovy korelační koeficienty jednotlivých zkoumaných závislostí
Pearson's correlation coefficients of individual dependences

závislost/correlation	bitumenová vozovka/ bitumen pavement	šterková vozovka/ gravel pavement	zemní cesta/ earth road		
porušení – délka odvodnění/damage – drainage length	0,08	0,08	-0,09		
porušení – vegetace/damage – vegetation	-0,03	0,1	0,08		
porušení – nadmořská výška/damage – altitude	-0,14	*	0,08		
porušení – šířka cesty/damage – road width	0	-0,26	***	-0,17	*

Pozn.: bez * $p \geq 0,05$; * $0,01 \leq p < 0,05$; *** $p < 0,001$
Note: no * $p \geq 0,05$; * $0,01 \leq p < 0,05$; *** $p < 0,001$

porovnáno pokrytí cesty vegetací, nadmořská výška, šířka cesty a délka podélného odvodnění s mírou konstrukčního porušení povrchu. Výsledné Pearsonovy korelační koeficienty s hladinami významnosti jsou uvedeny v tab. 2.

Vegetace

Výzkumy mnoha autorů (např. zmiňovaný SWIFT 1988 a další) prokázaly kladný vliv vegetace na omezování erozních procesů. Vegetace chrání šterkovou vozovku a zemní pláň před účinky srážek a tekoucí vody. V případě vztahu vegetace (plochy travního porostu na povrchu odvozní cesty) a míry porušenosti nebyla nalezena statisticky významná závislost u žádného z druhů měřených cest. Míra porostu vegetace nemá významný kladný vliv (v případě zemních a šterkových odvozních cest), ani významný záporný vliv (v případě bitumenových cest). Vegetace především chrání cestu před erozí. Ta ale nebyla, v případě cest na modelovém území, významným destruktivním činitelem, a proto nebyl nalezen žádný prokazatelný vztah.

Nadmořská výška

Byla zjištěna slabá negativní závislost (na hladině významnosti $p 0,05$) nadmořské výšky a konstrukčního porušení bitumenových vozovek. Hlavním důvodem porušení vozovek je podle mnoha autorů jejich dopravní zatížení (ZELINKA, VACEK 2006; PILLAY, BOSMAN 2001; ZELINKA 2001; MARTIN et al. 1999). K cestám položeným ve větších nadmořských výškách gravituje menší množství dřevní hmoty, jsou tedy méně provozně vytiženy než cesty údolní, navazující na síť veřejných cest. Méně vytižené cesty by měly být méně porušené a nalezená závislost tento předpoklad potvrzuje.

Šířka vozovky lesní cesty

Cesty s bitumenovou vozovkou měly průměrnou šířku 3,47 m, cesty se šterkovou vozovkou 3,17 m a zemní odvozní cesty 3,01 m. Závislost šířky vozovky a míry porušení se potvrdila u odvozních cest se šterkovou vozovkou slabou negativní závislostí na hladině významnosti $p 0,001$ a u zemních cest slabou negativní závislostí na hladině významnosti $p 0,05$. Zjištěná závislost je pravděpodobně způsobena faktem, že nejčastějším porušením šterkových vozovek a jízdních pruhů nezpevněných zemních cest jsou koleje, tedy porušení, které má vždy přibližně stejnou šířku. V případě širší vozovky tedy toto porušení tvoří menší poměrnou část plochy.

To, že jsou šterkové vozovky největší měrou porušeny kolejemi, poukazuje na skutečnost, že hlavním problémem budovaných šterkových cest je jejich celková nedostatečná únosnost (TRZCINSKI 2007).

Podélné odvodnění

Cesty s bitumenovou vozovkou měly vybudováno podélné odvodnění na 79,53 % délky, cesty se šterkovou vozovkou 57,28 % a zemní cesty 21,03 %. Zanesené části byly počítány jako by v nich podélné odvodnění vybudováno nebylo.

Závislost porušenosti povrchu lesní cesty na délce podélného odvodnění nebyla ani u jednoho měřeného povrchu statisticky významná. Úseky, které měly podélné odvodnění vybudováno v celé délce, nevykazovaly menší míru porušenosti než úseky, které podélné odvodnění vybudováno neměly. Toto se potvrdilo i při porovnání souborů úseků Mann-Whitney testem. Pro každý druh povrchu byl z dat vybrán soubor úseků, které měly vybudováno podélné odvodnění v plné délce a soubor úseků bez podélného odvodnění. Nebyla nalezena statisticky významná rozdílnost v míře porušení těchto dvou souborů úseků. Z tohoto relativně malého souboru měření lze uvést, že budování odvodnění má tedy význam pouze na určitých místech se specifickými podmínkami a není potřeba jej budovat v celé délce lesních odvozních cest. K podobnému závěru dochází i ZELINKA (1986), který doporučoval budovat odvozní cesty bez příkopů, se zesílenou vozovkou, dimenzovanou s předpokladem jejich podmáčení. K opačnému závěru dochází MARTIN et al. (1999), který našel úzký vztah mezi množstvím výtluků a stavem odvodnění. V 84 % těchto případů připsal nevyhovující stav povrchu neadekvátnímu odvodnění.

ZÁVĚR

Problematika zpřístupňování lesů je stále aktuálním tématem. V minulosti se lesnický výzkum zaměřoval především na co nejefektivnější prostorové rozmístění odvozních cest v rámci zpřístupňovaného území. Lesní cestní síť je v dnešní době relativně dostatečně rozvíjená, proto je hlavním tématem restrukturalizace tříd odvozních cest. Výzkum zjišťoval závislosti parametrů lesních cest na jejich poškození konstrukčními porušeními v rámci reálné cestní sítě.

Terénním měřením byla podrobně zaznamenána konstrukční porušení 11,61 % všech odvozních cest v modelovém flyšovém území lesní správy Ostravice. Soubor dat byl následně analyzován. Byla zkoumána závislost vybraných parametrů lesních cest a porušenosti vozovek a povrchu zemních odvozních cest.

Byla zjištěna očekávaná různá úroveň porušení u jednotlivých druhů povrchů. Zemní cesty byly nad návrhové porušení D2 porušeny v 31,45 % své délky, cesty opatřené šterkovou vozovkou v 17,75 % a bitumenové vozovky v 12,16 % své délky.

Z mnoha faktorů, které ovlivňují porušení povrchů vozovek, byly zkoumány tyto: přítomnost vegetace, nadmořská výška, šířka cesty a stav odvodnění.

Mnoho autorů prokázalo pozitivní vliv vegetace na snižování eroze lesních cest, a tedy na jejich porušenost. Závislost míry pokrytí vegetací a porušení povrchu odvozních cest však nebyla v našem případě zjištěna. Eroze na lesních cestách v modelovém území netvořila významné konstrukční porušení, nebyl proto zjištěn pozitivní vliv vegetace.

Byla zjištěna slabá negativní závislost nadmořské výšky a konstrukčního porušení bitumenových vozovek. K cestám položeným ve větších nadmořských výškách gravituje menší množství dřevní hmoty, jsou tedy méně provozně vytížené než cesty údolní, navazující na síť veřejných cest.

Dále byla zjištěna slabá negativní závislost šířky cesty a konstrukčního porušení vozovek šterkových cest a zemních povrchů cestních plánů. Závislost byla připsána faktu, že u šterkových a zemních cest byly

porušením s největším zastoupením koleje, které mají vždy přibližně stejnou šířku. U širších cest tvořilo tedy menší poměrnou plochu.

I když je poškození vozovek tradičně připisováno nefunkčnímu či nedokonalému odvodnění, nebylo v tomto případě prokázáno, že odvozní cesty s plně funkčním odvodněním jsou méně porušeny než cesty bez něj.

Z práce vyplynula některá možná doporučení pro praxi. Vozovky lesních cest je vhodné dimenzovat i s ohledem na množství gravitujícího dříví. Vozovky v nižších polohách, u kterých je předpoklad, že budou více zatíženy dopravou, dimenzovat na větší počet přejezdů návrhového vozidla (standardní nápravy). Kladný vliv podélného odvodnění na stav cesty nebyl prokázán, proto je možné v případě, že se nejedná o lokalitu ovlivněnou vodou, doporučit omezení výstavby příkop lesních cest a uspořené finanční prostředky investovat do zesílení vozovky.

Poděkování:

Příspěvek vznikl v rámci řešení projektu GA FLD 43160/1312/3153 "Zjištění současného stavu lesních odvozních cest ve flyšovém území Beskyd".

LITERATURA

- BRITOL A. T., DAWSON A. R., TYRRELL R. W. W. 2008. Using pavement trials: evaluating rutting in forest roads in southern Scotland. In: Ellis. E. et al. (ed.): Advances in transportation geotechnics. 1st International conference on transportation geotechnics. Nottingham, 25 – 27 August 2008. Boca Raton, CRC Press: 81-87. [CD-ROM]
- BUSS K. G. 1984. Use of sawdust on forest roads. In: Thirty-fifth annual Road Builders' Clinic. Proceedings. March 6-8, 1984. Pullman, College of Engineering Extension Service, Washington State University: 3-20.
- DOBÍÁŠ J. 2005. Forest road erosion. *Journal of Forest Science*, 51: 37-46.
- HANÁK K. 1992. Lesní dopravní síť. Vybrané statě. Brno, VŠZ: 147 s.
- JUŠKO V. 2007. Modelovanie erózných procesov na štrkových vozovkách lesných ciest. In: Klč, P. et al. (ed). Lesnické stavby a jejich perspektivy. Sborník referátů. Praha, 29. červen 2007. Praha, ČZU v Praze: 45-53.
- JUŠKO V. 2008. Procesy vodnej erózie na vozovkách lesných ciest. In: Těžebně dopravní technologie a stavební úpravy v kalamitních těžbách. Sborník z mezinárodní vědecké konference. Praha, 18. – 20. 6. 2008. Praha, ČZU v Praze: 70-75.
- KESTLER M. A. et al. 2007. Determining when to place and remove spring load restrictions on low-volume roads – three low-cost techniques. In: Low-volume roads 2007. Vol. 2. Washington, Transportation Research Record of the National Academies: 219-229.
- KLČ P. 1989. Zosuvy na lesných cestách vo flyši a metódy prevencie, sanácie a ich stabilizácie. Bratislava, Príroda: 96.
- KLČ P., ŽÁČEK J. 2006. Výstavba, rekonstrukce a modernizace lesní dopravní sítě. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce: 152 s.
- KOCHENDERFER J. N., HELVEY J. D. 1987. Using gravel to reduce soil losses from minimum-standard forest roads. *Journal of Soil and Water Conservation*, 42: 46-50.

- KUBÍNY D., LINDEROVÁ R. 1983. Vplyv zosuvných a tektonických porúch na sprístupnenie porastov a ich kvalitu. Bratislava, Príroda: 101 s.
- MACHADO C. C. et al. 2006. Chemical and environmental behavior of the solid wastes in forest roads pavements. *Scientia Forestalis*, 70: 131-136.
- MARTIN et al. 1999. Estimation of the serviceability of forest access roads. *International Journal of Forest Engineering*, 10: 55-61.
- MRÁZ M. 1980. Možnosti využívania priemyselných odpadov a vedľajších produktov výroby v cestnom staviteľstve. Vozovky málo zaťažených komunikácií. Bratislava, Dom techniky ČSVTS: 57-61.
- OWENDE P. M. O. et al. 2001. Minimizing distress on flexible pavements using variable tire pressure. *Journal of Transportation Engineering*, (May-June): 254-262.
- PILLAY K., BOSMAN J. 2001. Heavy vehicle overload control in the city of Tshwane. In: 20th South African transport conference. Meeting the Transport Challenges in Southern Africa. South Africa, 16 – 20 July 2001. Conference Planners: 1-9.
- PIPKOVÁ B. et al. 2006. Dopravní stavby – Návod pro cvičení. Praha, ČVUT: 48 s.
- SHOOK L. 1988. Using chunkwood to build low volume roads. *Public Works*, 119 (10): 105-106.
- SLIVKA J. 1977. Zásady hospodárenia v lesoch východoslovenského flyšu so špecifickým zameraním vplyvu lesnej cestnej siete. In: Výstavba lesných ciest vo flyšovej oblasti. Zborník referátov z konferencie. Zvolen, VÚLH: 15-23.
- STANOVSKÝ M., KLČ P. 2002. Stroje pre výrobu dreva vo flyšových oblastiach. Zvolen, Lesnícky výskumný ústav: 28 s.
- SWIFT L. W. Jr. 1988. Forest access roads: design, maintenance, and soil loss. In: Swank W.T., Crossley D.A. Jr. (eds.): Forest hydrology and ecology at Coweeta. New York, Springer: 313-324.
- ŠVELOVÁ L., KOZUMPLÍKOVÁ A. 2009. Kalibrace výpočetního modelu systému podloží – netuhá vozovka. In: Lesnícke stavby v krajine 2009. Sborník konferencie. Zvolen 15. 10. 2009. Zvolen, TU: 84-89. [CD-ROM]
- TOMÁNEK J., VOLNÝ C. 2009. Posouzení současného zpřístupnění a návrhu dostavby lesních odvozních cest ve vybraném území Beskyd. *Lesnícky časopis (Forestry Journal)*, 55: 409- 417.
- TRZCINSKI G. 2007. Carrying capacity of slag and gravel forest road pavements. *Sylwan*, 151 (7): 49-57.
- VÉBR L. et al. 2006. Technické podmínky TP 170 – Navrhování vozovky pozemních komunikací (aktualizace TP v roce 2006). Praha, Ministerstvo dopravy ČR: 100 s.
- ZELINKA L. 1986. Vplyv funkcie priekop lesných ciest na výpočet konstrukcie vozovky lesnej cesty a ochranu lesného prostredia. In: Riešenie cestnej siete v podmínkach funkčne integrovaného lesného hospodárstva so zreteľom na ostatné celospoločenské záujmy. Sborník konferencie. Liptovský Mikuláš 27. – 28. 5. 1986. Žilina, Dom techniky ČSVTS: 75-80.
- ZELINKA L. 2001. Wear coefficients for the non-solid roadways of forest roads. *Journal of Forest Science*, 47: 410-418.
- ZELINKA L., VACEK V. 2006. Dlhodobé sledovanie únavy u vybraných lesných odvozných ciest. In: Klč P., Zajacová J. (ed.): Stavby a stavební problematika v praxi a ve výuce. Sborník konferencie. Praha, 15. září 2006. Praha, ČZU v Praze: 125-132.

FACTORS INDUCING PAVEMENT DAMAGE OF FOREST HAUL ROADS

SUMMARY

At present, forest road-net in most forests of the Czech Republic is relatively well developed and no areas of economic importance are inaccessible. However, the quality or rationality of existing accessibility remains a question. The need to build new roads is not as urgent as the necessity to restructure the existing forest road classes so they could provide economically sufficient transport.

Constructional damage of forest roads' surface begins to affect forest roads operations only from a certain level of their occurrence. According to technical standards TS 170 "Projects of ground road pavements" (updated in 2006) (VĚBR at al. 2006), the pavement of tertiary roads is projected for the proposed D2 damage level, i.e. when damage caused by construction defects reaches less than 25 % of road surface.

ZELINKA, VACEK (2006), ZELINKA (2001) state that the pavement damage is affected by transport intensity and the quality and thickness of covering layer. PILLAY, BOSMAN (2001), BRITO et al. (2008), OWENDE et al. (2001), MARTIN et al. (1999) focused on the pressure of timber transport units on pavements. In their opinion, reduced tyre pressure may be an effective factor that leads to less transport road damage.

JUŠKO (2007, 2008), DOBIÁŠ (2005), HANÁK (1992), SWIFT (1988), KLČ, ŽÁČEK (2006) and others dealt with the effects of water on timber transport roads. They mention the importance of transport road drainage.

Flysch sediments occur in the eastern border of the Czech Republic. They compose mountain ranges of the Beskydy Mts. and Bílé Karpaty (White Carpathians). Flysch represents unfavourable subsoil for forest roads construction. Principles of the accessibility of flysch territory were addressed by many authors: SLIVKA (1977), KUBÍNÝ, LINDEROVÁ (1983), KLČ (1989), STANOVSKÝ, KLČ (2002) and others.

The research presented in this article is based on off-road measurement in a model flysch territory. The territory was intersected by straight lines (transects) at a regular spacing of 500m. In places where the transect line traversed the transport road-net, a field survey was carried out and constructional damage was recorded on a 100m long stretch. In total 60.03 km of transport roads were measured, which represents 11.61 % of transport roads in the model flysch territory (Tab. 1).

Different levels of damage were recorded for individual surface types (bitumen, gravel, treated ground plain) (Fig. 1).

Dependence between vegetation cover and damage of transport road surface were not found. Forest road erosion in the model territory did not show significant constructional damage. Therefore, no positive influence of vegetation was found.

A weak negative dependence between the altitude and constructional damage of bitumen pavements was discovered (Tab. 2). Smaller amount of wood mass gravitates towards the roads located in higher altitudes; they are less engaged in terms of forest operations.

Moreover, a weak negative dependence between road width and constructional damage of gravel roads and ground surfaces of road plains was discovered. Dependence is caused by the fact that gravel and ground roads were mostly damaged by ruts, which represents a damage of approximately constant width. As for wider roads the damage occurred on a smaller area.

However, it was not confirmed that transport roads with fully functional drainage are less damaged than the roads with no drainage.

Recenzováno

ADRESA AUTORA/CORRESPONDING AUTHOR:

Ing. Jaroslav Tománek, Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská
Kamýcká 1176, 165 21 Praha 6 - Suchbát, Česká republika
tel: 224 383 730; e-mail: tomanek@fld.czu.cz