



# TVORBA A VYUŽITIE DATABÁZY LESNEJ CESTNEJ SIETE V PROSTREDÍ GEOINFORMAČNÝCH TECHNOLOGIÍ

JÁN TUČEK, MILAN KOREŇ, RÓBERT SMREČEK

*Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta, T. G. Masaryka 24, SK – 960 53 Zvolen*

TUČEK, J., KOREŇ, M., SMREČEK, R., 2012: Creation and Application of Forest Roads Network Database in Geoinformation Technologies Environment. *Lesn. Čas. – Forestry Journal*, 58(1): 45-56, 7 fig., tab. 3, ref. 5. Original paper. ISSN 0323 – 1046.

In this paper we proposed and verified a methodological approach of detailed mapping of forest road network by use of geoinformation technologies. The base sources of information were digital forest maps. An actual state of the forest roads, including technical characteristics, was updated, complemented and modified on the basis of orthophoto maps and field surveys using mobile GIS and global satellite navigation systems. We designed and implemented database scheme of forest road network and hauling places. The skidding distances were calculated for all forest stands. The methodology was applied in construction of thematic layers and geographical database of forest road network on the territory of the affiliated forest enterprise Kriváň for the needs of State forest enterprise SR. The data were used for an analysis of the density and state of forest roads network in the study area. The geographical database and results of analysis can be used for planning development and maintenance of forest roads network.

**Key words:** *forest roads, hauling places, geographical database, information system*

V práci sme navrhli a overili metodický postup podrobného mapovania lesnej cestnej siete pomocou geoformačných technológií. Východiskovým zdrojom informácií bol obsah lesníckych máp. Skutočný stav cestnej siete, vrátane technických charakteristík sme aktualizovali, doplnili a upravili na základe ortofotomáp a terénnym prieskumom s využitím mobilného GIS a prostriedkov globálnych satelitných navigačných systémov. Navrhli a implementovali sme schému databázy pre evidenciu údajov o lesnej cestnej sieti a odvozných miestach. Boli vypočítané približovacie vzdialenosti pre všetky lesné porasty. Postup sme prakticky aplikovali pri vytvorení informačnej vrstvy a databázy lesnej cestnej siete na území Odštepneho závodu Kriváň pre potreby podniku LESY SR, š. p. Zo získaných údajov sme urobili analýzu hustoty a stavu lesnej cestnej siete na záujmovom území. Vytvorená geografická databáza a výsledky analýz môžu slúžiť ako podklad pre plánovanie ďalšieho rozvoja a údržbu lesnej cestnej siete.

**Kľúčové slová:** *lesné cesty, odvozné miesta, geografická databáza, informačný systém*

## 1. Úvod

Lesy ako výrazný priestorový krajinný prvok predstavujú jeden z našich najdôležitejších prírodných zdrojov. Racionálne využívanie všetkých funkcií lesov požadovaných spoločnosťou (produkčných i mimoprodukčných) nie je možné bez primeranej lesnej cestnej siete, ktorá je základnou zložkou komunikačnej infraštruktúry v lese. Spája les s okolitou krajinou, slúži na realizáciu hospodárskej činnosti a rekreačných aktivít v lese (preprava osôb a materiálu) a je rozhodujúca pri riešení krízových situácií a následkov prírodných katastrof v kra-

jine (záchrana ľudských životov a celospoločensky dôležitých hodnôt).

Napriek mimoriadnemu významu lesnej cestnej siete pre spoločnosť, nemáme dnes o nej všetky relevantné informácie, hoci tieto sú rozhodujúcim faktorom pre jej efektívny manažment a využívanie. Prieskum dopravných pomerov, ktorý bol v minulosti súčasťou spracovávania lesných hospodárskych plánov a poskytoval základný prehľad o stave lesnej cestnej siete a zároveň zohrával úlohu koncepčného riešenia sprístupnenia územia sa prestal vykonávať v roku 1993. Ani vo väzbe na rozširovanie

aplikácií informačných systémov, zberu a využívania geografických informácií sa situácia nezlepšila, skôr naopak.

Na Technickej univerzite vo Zvolene boli a sú riešené viaceré projekty a úlohy zamerané na sprístupňovanie lesov, terénnu a technologickú typizáciu ako i výber a optimalizáciu ťažbovo-dopravných technológií. Pomerne široko koncipovaný projekt bol riešený na základe zmluvy o dielo uzatvorenej medzi LESMI, š. p., a Technickou univerzitou vo Zvolene na vypracovanie prípadovej štúdie „Využitie geoinformatiky pre plánovanie ťažbovo-dopravných technológií a sprístupňovanie lesov v podmienkach podniku LESY SR“, ktorý bol ťažisko-vo riešený v období rokov 2008 až 2009, ale podklady a údaje získané v rámci jeho riešenia sú spracovávané a vyhodnocované až do súčasného obdobia.

Riešenie projektu bolo zamerané na dva okruhy problémov – návrh koncepcie GIS a geografickej databázy pre účely plánovania ťažbovo-dopravných technológií a sprístupňovanie lesov pre podnik LESY SR, š. p., a návrh sprístupnenia a optimalizácie použitia technológií modelového OZ Kriváň. Kľúčovú úlohu v riešení oboch problémov zohráva databáza lesnej cestnej siete. Vzhľadom na jej absenciu sme navrhli, overili a realizovali metodiku podrobného mapovania lesnej dopravnej siete a odvozných miest. Výsledky terénnych zisťovaní spolu s navrhnutými zdrojmi vstupných údajov boli importované, skontrolované a integrované do jednotnej geografickej databázy navrhnutého systému.

Na obsahu tejto databázy sme následne vykonali množstvo analýz vychádzajúcich z prekrývania informačných vrstiev, mapovej algebry, analýzy povrchov a vzdialenostných analýz, ktoré sú potrebné pre účely sprístupňovania lesov, terénnu a technologickú typizáciu a výber a optimalizáciu ťažbovo-dopravných technológií v prostredí GIS. Vyústením riešenia bolo navrhnutie a naplnenie bázy poznatkov pre systém pre podporu priestorového rozhodovania pre túto oblasť spolu s overením jeho fungovania pre celé modelové územie.

## 2. Rozbor problematiky a ciele práce

Problematika budovania lesných ciest a sprístupňovania lesov má na Slovensku bohatú tradíciu. Bohužiaľ sa chápe izolovane a nepodarilo sa udržať a rozvinúť jej väzby na plánovanie a realizáciu ťažbových a dopravných operácií ani na zisťovanie stavu lesa a hospodársku úpravu lesov. Naopak, pri postupnej redukcii rozsahu prác pri tvorbe lesných hospodárskych plánov boli problematika riešenia sprístupnenia porastov a prieskum dopravných pomerov odbúrané medzi prvými. Aj roztrieštenie vlastníckych vzťahov negatívne ovplyvňuje prístup subjektov hospodáriacich v lese, alebo len vykonávajúcich jednotlivé činnosti k analýze sprístupnenia a návrhu a výstavbe nových úsekov ciest, rovnako ako racionálnemu využívaniu a údržbe existujúcich.

Základným predpokladom pre vyhodnocovanie sprístupnenia lesných území, modelovanie použitia alebo

optimalizáciu ťažbovo-dopravných technológií je databáza lesných ciest a odvozných miest. Ďalej je potrebný kvalitný digitálny model reliéfu a tematická vrstva jednotiek priestorového rozdelenia lesa s detailným atribúto-ovým opisom a návrhom hospodárskych opatrení. Najvýhodnejšie je, ak všetky tieto súčasti, prípadne aj ďalšie zdroje údajov vytvárajú integrovaný celok zohľadňujúci požiadavky na použitie pre bežné evidenčné, hospodárske a administratívne úlohy ako aj výskumné, resp. vývojové aplikácie. Jednotlivé súčasti geodatabázy pritom musia byť modelované, štruktúrované a ukladané spôsobom umožňujúcim takúto aplikáciu. Napriek relatívnej jednoduchosti, to v súčasnom období pre lesné cesty neplatí.

Nielenže neexistuje ucelená databáza lesných ciest, ale tieto ani nie sú modelované a ukladané ako líniové objekty s topológiou a vyjasnenými geometrickými a topologickými vzťahmi k plošným objektom (jednotkám priestorového rozdelenia lesa, bezlesiu, iným pozemkom) ani k objektom na nich (mosty, priepusty, výkopové a násypové svahy, oporné múry, atď.) čo je základným predpokladom ich ďalšieho efektívneho využitia. Aktuálny zákon č. 326/2005 Z. z. o lesoch v § 3. definuje lesné cesty, zväžnice, lesné sklady a rozdeľovacie priesečky ako lesné pozemky bez lesných porastov a ďalšie detaily uvádza vyhláška ministerstva pôdohospodárstva SR č. 453/2006 Z. z. o HÚL a ochrane lesa (§ 27. ods. 10).

Pracovné postupy HÚL (2009) uvádzajú lesné cesty prepojené na štátnu alebo miestnu dopravnú sieť ako objekty mapovania pri tvorbe tematického štátneho mapového diela s obsahom lesného hospodárstva. Predpokladajú tiež využitie tohto mapového diela na budovanie geografického informačného systému ako súčasti informačného systému lesného hospodárstva. Lesnícka digitálna mapa je v týchto postupoch definovaná ako súbor mapovaných geografických objektov lesného hospodárstva charakterizovaný geometrickými prvkami, objektami a opisnými informáciami ktoré slúžia ako podklad pre tematické prezobrazovanie. Medzi účelovými lesníckymi mapami, ktoré sa vyhotovujú na podklade lesníckej digitálnej mapy sa uvádza aj mapa dopravných pomerov (lesnej cestnej siete). Definuje sa ako mapa dopravných pomerov spravidla v mierke 1 : 10 000, ktorá znázorňuje terajší stav lesnej cestnej siete, desaťročný návrh a návrh na ďalšie obdobie (cesty cudzie a vlastné – triedy 1L, 2L, 3L, lesné sklady, odvozné miesta, expedičné sklady a pod.).

Z hľadiska technologických väzieb bohužiaľ nie je riešená otázka komplexného spracovania pre územie bez ohľadu na vlastníctvo pozemkov ani problematika vyhodnotenia aktuálneho stavu a návrhu výstavby nových ciest. Ďalším problémom je možnosť plnohodnotného využitia obsahu tematického štátneho mapového diela s obsahom lesného hospodárstva vrátane lesných ciest ako súčasti informačného systému lesného hospo-

dárstva pre takýto účel. Ako vyplýva už z definície lesníckej digitálnej mapy, táto sa považuje za súbor objektov, ktoré slúžia na tematické prezobrazovanie (znovu zobrazovanie) obsahu. Tento účel síce obsah digitálnej lesníckej mapy plní ale bez ďalších úprav nie je vhodný a využiteľný na naplnenie komplexnejšie chápaného informačného systému a jeho následné analytické využitie. Platí to rovnako pre jednoduché dopytovanie databázy ciest ako aj zložitejšie analýzy pre sprístupňovanie lesov, výpočty približovacích vzdialeností, alebo výber mechanizačných prostriedkov a technológií.

Nezanedbateľná je tiež následná využiteľnosť takto získaných a spracovaných informácií, ktorá prekračuje hranice rezortu pôdohospodárstva a dotýka sa problematiky záchranných systémov, rekreačného využívania lesov obyvateľstvom ako aj rôznych komerčných aktivít zo strany firiem podnikajúcich v tomto priestore. Databáza lesnej cestnej siete priamo prispieva aj k napĺňaniu ustanovení zákona č. 3/2010 Z. z. o národnej infraštruktúre priestorových informácií a napĺňaniu medzinárodných záväzkov Slovenska (Smernica INSPIRE), kde jednou z tém priestorových informácií, ktoré sme povinní sprístupniť je téma „Dopravné siete“ (por. č. 7 v prílohe č. 1 k zákonu č. 3/2010 Z. z. „Témy priestorových údajov I“), ktorá zahŕňa cestné, železničné, letecké a vodné dopravné siete a s nimi súvisiacu infraštruktúru.

Cieľom predloženého príspevku je (1.) vykonať analýzu súčasného stavu v oblasti evidencie informácií o lesnej cestnej sieti a navrhnuť reprezentáciu tejto siete ako súčasť širšie koncipovaného informačného systému pre účely sprístupňovania lesov, terénu a technologickú typizáciu a výber a optimalizáciu ťažbových a dopravných technológií.

Ďalším cieľom (2.) je navrhnuť a prakticky overiť postup naplnenia databázy relevantnými údajmi v typických podmienkach lesníckej prevádzky. Úpravu modelu lesnej cestnej siete sme spojili s overením skutočného stavu v teréne a doplnením ďalších informácií o technickom stave lesných ciest a lesných skladov využiteľných pre plánovanie technológií ale aj účely plánovania údržby ciest. Výraznú racionalizáciu a zníženie nárokov na náklady a čas znamenali poznatky miestnych pracovníkov lesných správ. Rovnako je to s prínosom využitia ortofotomapy územia a aplikácie moderných prostriedkov geoinformačných technológií – mobilných GIS aplikácií a GNNS.

Posledným čiastkovým cieľom príspevku je (3.) overiť využiteľnosť obsahu vytvorenej databázy priestorovým a atribúťovým dotazovaním, triedením obsahu a vizualizáciou výsledkov ako aj výpočet základných parametrov sprístupnenia územia, prípadne pre iné účely.

### 3. Materiál a metodika

Modelové zisťovanie stavu lesnej cestnej siete a odvozných miest sme vykonali na území lesných správ Poľana (LHC Poľana, LHC Hriňová), Vígľaš (LHC Kys-

linky, LHC Očová, LHC Vígľaš), ktoré sú organizačnou súčasťou OZ Kriváň. Katastrálna výmera OZ Kriváň je 164 327 ha. Lesnatosť územia je 41,5 % s 29 % zastúpením ihličnatých drevín a 71 % zastúpením listnatých drevín. Na území sa nachádza Chránená krajinná oblasť a biosférická rezervácia Poľana s výmerou 20 079 ha.

Údaje potrebné pre vytvorenie databázy pre optimalizáciu sprístupňovania lesov a ťažbovo dopravných technológií sme získali kombináciou hotových údajov z dostupných sekundárnych zdrojov a údajov získaných terénnym mapovaním. Tým sme vytvorili aktuálnu geografickú databázu o lesných porastoch, prírodnom prostredí a lesnej cestnej sieti v požadovanom čase a primeraných nákladoch. Nástrojmi geografického informačného systému sme vypočítali ďalšie doplnujúce údaje. Postup prípravy údajov pre spracovanie prípadovej štúdie môžeme rozdeliť do troch krokov:

1. Import existujúcich údajov,
2. Vytvorenie digitálnej mapy a databázy lesnej cestnej siete,
3. Výpočty doplnkových a odvodených údajov nástrojmi GIS.

V prvej fáze prípravy geografickej databázy boli z dostupných zdrojov importované nasledujúce rastrové, vektorové a obrazové vrstvy:

1. Digitálny model reliéfu s rozlíšením 10 m (Topografický ústav v Banskej Bystrici),
2. Lesné typologické mapy, mapy lesných pôdnych typov (Národné lesnícke centrum - Ústav lesných zdrojov a informatiky Zvolen),
3. Digitálna ortofotomapa s rozlíšením 0,5 m (LESY SR, š. p., zhotoviteľ EuroSense, s. r. o., a Geodis, s. r. o.),
4. Užívacie vzťahy k lesným pozemkom (LESY SR, š. p. na podklade katastrálnych máp ÚGKK SR),
5. Porastová mapa (mapa jednotiek priestorového rozdelenia lesa) s opisom porastov, prírodných pomerov a návrhom hospodárskych opatrení (Národné lesnícke centrum - Ústav lesných zdrojov a informatiky Zvolen).

Údaje boli dodané vo formáte kompatibilnom so systémom ArcGIS (raster ArcGIS, shape-file, georeferencovaný obrazový súbor), takže mohli byť priamo skontrolované a zaradené do geografickej databázy.

Zber geografických údajov je dlhodobý proces, ktorý je náročný na ľudské kapacity, technické vybavenie i finančné prostriedky. Vždy je ovplyvnený typom a vlastnosťami údajov samotných, organizačnými, užívateľskými a vlastníckymi pomermi v danej oblasti. Pri zhromažďovaní údajov je preto výhodné využiť všetky už existujúce podklady v digitálnej a analógovej forme.

Proces vytvorenia databázy lesnej cestnej siete sme rozdelili do troch hlavných etáp:

1. Vektorizácia a úpravy obsahu porastových máp,
2. Aktualizácia na podklade ortofotomapy,
3. Terénne mapovanie lesných ciest a odvozných miest.

Cieľom prvej etapy bolo vyhotoviť predbežnú mapu lesnej cestnej siete, pričom sme vychádzali z obsahu dostupných porastových máp. Z nich sme určili polohu lesných, poľných, štátnych a miestnych ciest ako aj plôch reprezentujúcich zvyčajne rozlohou väčšie v príslušnej mierke zobraziteľné lesné sklady. Vektorizáciu sme vykonali sami, alebo sme využiteľnú časť existujúcich vektorových údajov importovali z digitálnych lesníckych máp. Typicky nemajú tieto údaje vytvorenú topológiu, geometria reprezentácií je vhodná len pre vizualizáciu. Zistené chyby sme preto manuálne identifikovali a opravili. Vrstvu cestnej siete sme prekryli s tematickou vrstvou užívacích vzťahov a výsledok uložili do špecifického poľa atribútovej tabuľky. Neskôr sme ho importovali do databázy lesných ciest.

V tejto etape nie je možná presnejšia klasifikácia cestnej siete ani vytvorenie tematickej vrstvy odvozných miest. Rozpracovanú tematickú vrstvu sme vytlačili na podklade ortofotomapy v mierke 1 : 20 000 s vybranými prvkami polohopisu (obce a ich názvy) a následne prekonzultovali jej obsah s pracovníkmi príslušnej lesnej správy. Do výtlačku mapy sme vyznačili povrch (typ spevnenia) odvozných ciest, polohu odvozných miest a ich označenie, návrhy na úpravy a vybudovanie nových lesných ciest, existujúce lesné cesty nezobrazené v porastovej mape ako aj iné rozdiely medzi skutočným stavom a obsahom digitálnej lesníckej mapy (napr. nepoužívané a zaniknuté cesty).

Vytlačená mapa so zaznamenanými údajmi o lesných cestách a odvozných miestach spolu s ortofomapou sú hlavnými vstupnými podkladmi pre druhú etapu spracovania. V priebehu druhej etapy mapovania sme spresňovali polohu a atribúty lesnej cestnej siete. Úpravy sme robili interaktívne na obrazovke počítača v editore geografických údajov. Editovaním sme opravili chyby polohy a klasifikácie lesných ciest, vložili údaje o povrchu odvozných ciest a navrhovaných zmenách v lesnej cestnej sieti, odstránili nepoužívané a neexistujúce cesty.

V tretej etape sme prostriedkami mobilného GIS a GNSS zamerali geografickú polohu chýbajúcich geo-metrických prvkov na cestách a terénnym zisťovaním sme zhromaždili ďalšie potrebné, najmä atribútové údaje. Pred samotnými meraniami sme zostrojili lokálne transformačné kľúče na prevod úradníc do národného súradnicového systému S-JTSK.

Terénnym prieskumom sme tiež zhromaždili údaje o chýbajúcich lesných cestách alebo ich častiach. V prípade nedostupnosti signálu GNSS sme polohu určili geodetickým zameraním, alebo zakreslením do ortofotomapy. Ďalej sme zamerali polohu mostov a priepustov, prípadne ďalších objektov na cestách, overili a zaznamenali údaje o vozovke, stupni jej poškodenia, výskyte a rozsahu poškodenia výkopových a násypových svahov, odvodnenia a pod. Ako doplnujúce informácie sme vyhotovili a polohovo lokalizovali dokumentačné fotografie uvedených skutočností.

Pre potreby technologického modelovania sú v digitálnych lesníckych mapách nevhodne reprezentované aj lesné sklady a odvozné miesta pričom majú z technologického hľadiska kľúčový význam. V tomto kontexte je potrebné aby boli reprezentované ako uzlové body cestnej siete. Pri plánovaní a modelovaní technológií však sú dôležité aj ich rozmerové a tvarové charakteristiky, údaje o povahe povrchu, spevnenia plochy a jej technickom stave. Preto sme im venovali osobitnú pozornosť. V spolupráci s pracovníkmi príslušnej lesnej správy sme v druhej etape prác zaznamenali ich približnú polohu do mapy v mierke 1 : 20 000. K odvozným miestam, ktoré mali svoj názov bol tento názov priradený ako ich identifikátor.

V tretej etape sme podobne ako pri lesných cestách pomocou prostriedkov mobilného GIS a GNSS zamerali presnú polohu geometrických prvkov a terénnym zisťovaním zhromaždili potrebné atribútové údaje. Išlo najmä o zameranie polohy lomových bodov na hraniciach odvozných miest, zistenie stavu odvozných miest (povrch, poškodenie), vyhotovenie dokumentačných fotografií. Osobitnú pozornosť sme venovali správne definovaniu napojenia odvozných miest na sieť približovacích a odvozných ciest (topológii siete). Rovnako ako lesné cesty aj odvozné miesta sme lokalizovali pomocou technológie GNSS, zameraním teodolitom alebo lokalizáciou z ortofotosnímky.

## 4. Výsledky

### 4.1. Databáza podporných zdrojov údajov

V súlade so zadaním projektu uvedeného v úvode a metodikou sme pre územie OZ Kriváň navrhli a vytvorili účelovú geografickú databázu údajov využitelných v oblasti sprístupňovania lesných porastov, terénnej a technologickej typizácie ako aj modelovania a optimalizácie ťažbovo-dopravných technológií.

Väčšina potrebných vstupných informačných vrstiev a databáz atribútov existuje v digitálnej forme a vo formátoch ktoré sú kompatibilné so zvolenou technologickou platformou. Vytvorenie databázy potom pozostávalo z kontroly a vzájomnej integrácie tematických údajov. Pri spracovaní riešenia úlohy sme sa po zvážení potreby vykonania vstupných, reštrukturalizačných aj analytických činností rozhodli použiť softvérové prostredie ArcGIS spolu s jeho nadstavbami 3D Analyst a Spatial Analyst.

Okrem dostatočnej funkčnosti a prevádzkovo overenej spoľahlivosti, dôvodom boli aj relatívna otvorenosť prostredia pre import a export údajov vo formátoch iných prostredí ale aj možnosť v prípade potreby bez problémov využiť nástroje prostredia ArcGIS. Ďalším dôvodom bola skutočnosť, že niektoré z existujúcich softvérových prostriedkov používaných pre špecifické analýzy (moduly pre výpočet približovacích vzdialeností, prostredia pre plánovanie a hodnotenie ťažbových technológií ako i navrhovaný systém pre podporu priestorového

rozhodovania v oblasti terénnej a technologickej typizácie) majú základ v technologických produktoch od firmy ESRI. V neposlednej miere bola dôvodom aj dostupnosť týchto prostriedkov na Lesníckej fakulte Technickej univerzity vo Zvolene.

#### 4.2. Podrobné mapovanie lesnej cestnej siete

Základom pre vytvorenie aktualizovanej tematickej vrstvy lesnej cestnej siete je obsah digitálnej lesníckej mapy. Použiteľnú časť geometrie vektorových reprezentácií lesných ciest bez topológie sme importovali, skontrolovali a integrovali do geografickej databázy opisanej v predchádzajúcej časti.

Lesnú cestnú sieť sme doplnili a upravili na základe ortofotosnímkov a terénnych meraní s použitím GNSS, prípadne geodetických meraní postupom opísaným v metodike. Zhotovili sme a polohovo pripojili fotodokumentáciu týchto zistení. Počas terénnych meraní sme zisťovali okrem cestnej siete aj umiestnenie a parametre odvozných miest. Pri terénnych meraniach sme využili podrobné znalosti pracovníkov LESOV SR, š. p., o lokálnych pomeroch na jednotlivých LHC. Prípravu ako aj výsledky terénnych meraní sme s nimi konzultovali a podľa potreby aktualizovali geografickú databázu.

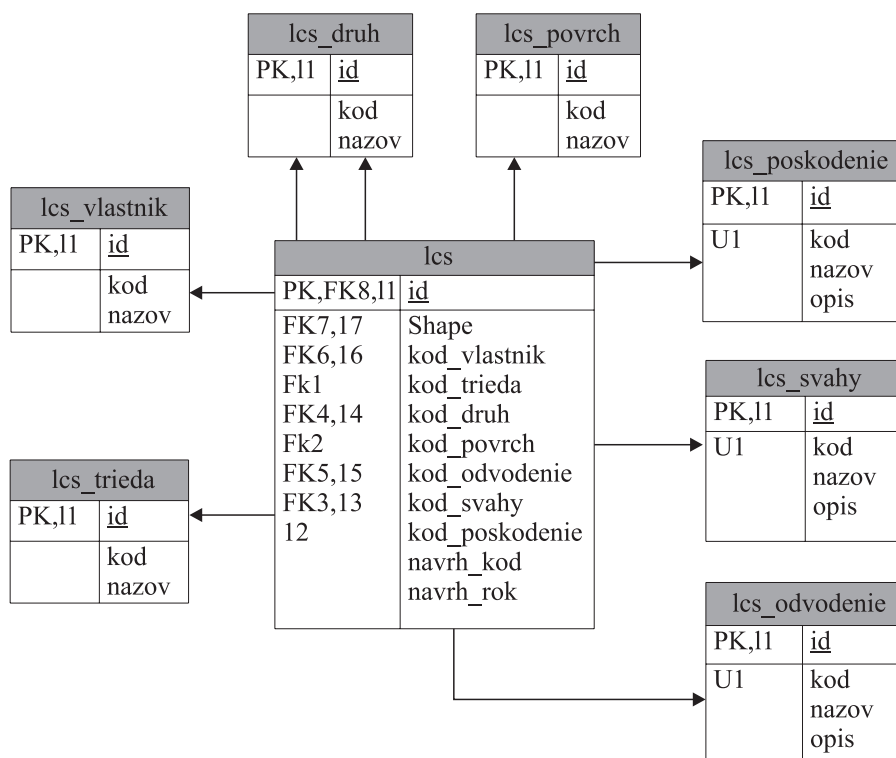
Kombinácia moderných technológií, GIS, GNSS, mobilné technológie a podrobné znalosti zamestnancov lesníckej prevádzky o miestnych pomeroch umožňujú efektívne získanie prvotných údajov o stave lesnej cestnej siete. Po vybudovaní a naplnení geografickej

databázy, sa môžu kedykoľvek zaznamenať zmeny v stave lesnej cestnej siete. Nepretržitú evidenciu týchto zmien, údržbu a dopĺňanie geografickej databázy môžu vykonať aj zamestnanci lesníckej prevádzky. Nakoľko ku zmenám nedochádza veľmi často, nebude táto činnosť záťažou pre zamestnancov a zároveň sa zabezpečí aktuálnosť a správnosť údajov. To umožní efektívne plánovanie údržby a opráv lesných ciest.

#### 4.3. Databáza lesnej cestnej siete a odvozných miest

Údaje o lesnej cestnej sieti a odvozných miestach sme zaznamenávali do špecifickej programovej aplikácie vytvorenej na tento účel. Aplikácia urýchľuje prácu, kontroluje správnosť zadávaných údajov, údaje automaticky importuje, nie je potrebné opätovné prepisovanie údajov.

Vyššie uvedeným postupom upravené, verifikované a aktualizované údaje o cestnej sieti sme následne uložili v osobitnej vektorovej tematickej informačnej vrstve a k nej pripojenej atribútovej tabuľke. Databázovú schému evidencie lesnej cestnej siete uvádzame na obrázku 1. V tejto geografickej databáze sú uložené všetky cesty bez ohľadu na vlastníka, triedu a druh cesty. Z geometrického hľadiska je vrstva vytváraná ako topologicky čistá, čím je pripravená pre riešenie problémov prekrývania vrstiev, sieťovej analýzy, analýz vzdialeností alebo analýz digitálneho modelu reliéfu. Údaje o odvozných miestach sú uložené aj v osobitnej vektorovej tematickej vrstve.



Obr. 1. Schéma databázy evidencie cestnej siete

Fig. 1. Scheme of forest road network database

Pre líniové objekty vektorovej informačnej vrstvy lesných ciest s korektnou topológiou siete sme vytvorili a naplnili atribútovú tabuľku s nasledujúcimi poľami:

- KOD\_VLASTNIK (číselník LCS\_VLASTNIK, S – štátna, M – miestna, L – Lesy SR, O – ostatné, X – neurčený),
- KOD\_TRIEDA (číselník LCS\_TRIEDA, 1 – cesta 1. triedy, 2 – cesta 2. triedy, 3 – cesta 3. triedy, D – diaľnica, R – rýchlostná komunikácia, A – poľná cesta, L – lesná cesta, X – neurčená),
- KOD\_POVOD (číselník GDB\_POVOD, 0 – neznámy, 1 – vektorizácia mapa, 2 – vektorizácia snímka, 3 – GPS, 4 – geodetické zameranie, 5 – fotogrametria),
- KOD\_DRUH (číselník LCS\_DRUH, 1L – odvozná cesta (asfalt), 2L – odvozná cesta (štrk), P – približovacia cesta, X – neurčený),
- KOD\_POVRCH (číselník LCS\_POVRCH, A – bitúmenový povrch, B – betónový kryt – prostý betón, povrch z tvárnic a panelov, S – štrkový povrch, Z – zemný povrch, X – neurčený (neznámy) povrch, I – iné povrchy (dlažbové kocky atď.),
- KOD\_POSKODENIE (číselník LCS\_POSKODENIE, A – cesty v dobrom technickom stave, B – cesty poškodené, vyžadujú opravu, C – cesty v zlom technickom stave, D – zničené cesty, X – neurčené poškodenie),
- KOD\_SVAHY (číselník LCS\_SVAHY, A – cesta bez výkopových a násypových svahov, B – svahy stabilné, C – svahy čiastočne stabilné, D – svahy nestabilné, X – neurčené),
- KOD\_ODVODNENIE (číselník LCS\_ODVODNENIE, A – stav odvodnenia cesty je vyhovujúci, B – stav odvodnenia cesty je nevyhovujúci, C – na ceste sa nenachádzajú objekty slúžiace na odvodnenie, D – údržba a starostlivosť o odvodňovacie zariadenia sa nevykonáva, X – neurčené),
- NAVRH\_KOD (číselník LCS\_DRUH, navrhovaná budúca trieda cesty),
- NAVRH\_ROK (navrhovaný rok úpravy lesnej cesty).
- POZNAMKA (evidencia iných údajov o ceste).
- K upraveným, doplneným a novovytvoreným reprezentáciám odvozných miest sme pripojili atribútovú tabuľku s údajmi získanými terénnym prieskumom:
- KOD\_POVRCH (B – bitúmenový, S – štrkový, Z – zemný, I – iný),
- KOD\_STAV (A – vyhovujúci, B – nevyhovujúci)
- ODVODNENIE (A – áno, N – nie),
- KOD\_POVOD (1 – GNSS, 2 – ELTA4, 3 – iný),
- ID\_LHC (kód LHC do ktorého odvozného miesta patrí).

V zmysle poznámok uvedených v rozbere problematiky a metodike sme tak vytvorili predpoklady pre výpočet základných parametrov sprístupnenia – dĺžka ciest, hustota ciest, hodnoty približovacích vzdialeností, ako aj identifikáciu problémových oblastí – teda tých ktoré negravitujú k nijakej odvoznej ceste, resp. hodnoty približovacích vzdialeností presahujú hranicu obvyklú pre

použitie bežných (alebo predpokladaných) prostriedkov. Pripravené údaje a informačné vrstvy tiež umožňujú vytvárať požadované tematické mapy, resp. vyspelejšie vizualizácie.

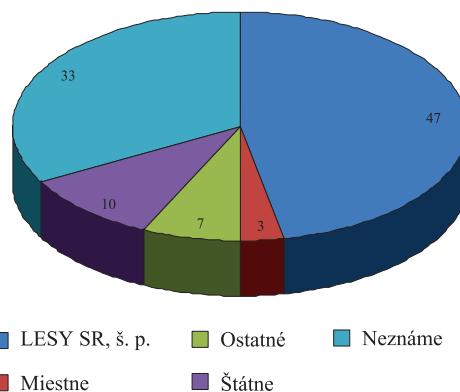
Rovnako je možné obsah databázy lesnej cestnej siete využívať nástrojmi atribútového a priestorového dopytovania a triedenia obsahu spolu s vyhodnocovaním a vizualizáciou výsledkov rôznym spôsobom. Okrem prehľadov údajov, charakteristík a vlastností siete ako celku, rôzne definovaných častí alebo úsekov ciest je možné spracovávať široké spektrum údajov o technických vlastnostiach a stave ciest a lesných skladov, ktoré sú využiteľné tak z hľadiska hodnotenia a plánovania ťažbových a dopravných technológií ale aj opráv a údržby ciest.

Často diskutovaná je v poslednom období otázka vlastníctva lesných ciest, resp. pozemkov na ktorých sú vybudované. V záujmovom území sa nachádza spolu 2 556,87 km ciest. Z nich 1 193,85 km, čo predstavuje takmer 47 % z celkovej dĺžky, pripadá na cesty na lesných pozemkoch v užívaní podniku LESY SR, š. p. (obr. 2). Komplikovanosť vlastníckych pomerov dokumentuje veľkosť podielu ciest na pozemkoch neevidovaných alebo neznámych vlastníkov. Ide o 33 % s dĺžkou 843,28 km. Verejné cesty vo vlastníctve štátu tvoria 10 %, lesné cesty na pozemkoch ostatných vlastníkov lesa 7 %. Cesty, ktoré sú vo vlastníctve miest a obcí sú zastúpené vyše 3 %.

Územné vymedzenie analyzovanej oblasti je možné zmeniť podľa potreby. V tabuľke 1 uvádzame podrobnejšie členenie ciest podľa vlastníctva v jednotlivých LHC.

Rovnako je možné vykonať účelové triedenie ciest v záujmovom území podľa ľubovoľného vybraného evidovaného hľadiska – podľa kategórie, typu spevnenia alebo aj ich kombinácií.

Celkovo sa v piatich LHC záujmového územia nachádza 390 odvozných miest. Ďalších 17 odvozných miest sa nachádza mimo územia OZ Kriváň ale sú využívané ak sa ťažba vykonáva v ich blízkosti. Rozdelenie odvozných miest podľa jednotlivých LHC znázorňuje obrázok 3. Najväčší počet odvozných miest sa nachádza v LHC



**Obr. 2.** Rozdelenie ciest podľa vlastníkov [%]  
**Fig. 2.** Categories of roads by owners [%]

**Tabuľka 1.** Rozdelenie ciest podľa vlastníkov v jednotlivých LHC  
**Table 1.** Categories of roads by owners in management areas (LHC)

LHC <sup>1)</sup>	Vlastníctvo <sup>2)</sup>										Σ
	Štátne <sup>3)</sup>		LESY SR, š. p. <sup>4)</sup>		Ostatné <sup>5)</sup>		Miestne <sup>6)</sup>		Neurčené <sup>7)</sup>		
	%	km	%	km	%	km	%	km	%	km	
Hriňová	8,38	36,91	63,53	279,76	3,77	16,58	3,67	16,16	20,65	90,93	440,35
Kyslinky	7,34	34,03	56,50	261,78	5,46	25,31	3,94	18,26	26,75	123,94	463,31
Očová	6,02	48,32	40,76	224,50	20,39	117,76	2,72	13,68	30,11	219,98	624,24
Poľana	9,08	46,76	50,13	247,82	0,59	2,27	3,27	10,38	36,94	112,97	420,20
Víglaš	13,77	83,82	29,57	180,00	3,27	19,91	4,86	29,59	48,53	295,46	608,77
Σ		249,83		1 193,86		181,83		88,07		843,28	2 556,87

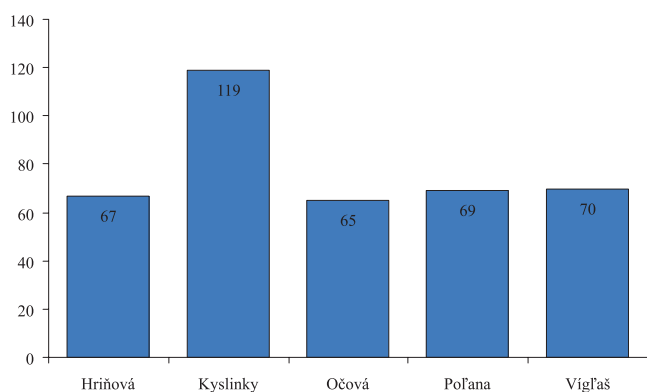
<sup>1)</sup>Management unit, <sup>2)</sup>Ownership, <sup>3)</sup>State-owned, <sup>4)</sup>State enterprise forests of the Slovak Republic, <sup>5)</sup>Others, <sup>6)</sup>Local, <sup>7)</sup>Unidentified

Kyslinky, jedná sa o 119 odvozných miest, čo predstavuje takmer 31 % z odvozných miest nachádzajúcich sa v záujmovom území. V ďalších 4 LHC je počet odvozných miest vyrovnaný. V LHC Víglaš sa nachádza 70 odvozných miest, čo je takmer 18 %. O jedno odvozné miesto menej je v LHC Poľana, jedná sa o takmer 18 %. V LHC Očová sa nachádza 65 odvozných miest, to je takmer 17 % z odvozných miest nachádzajúcich sa v záujmovom území.

Typ spevnenia povrchu odvozných miest je uvedený v tabuľke 3. Štrkový spevnený povrch má len 7 % z odvozných miest nachádzajúcich sa v záujmovom území, jedná sa o 27 odvozných miest. Zvyšných 93 % odvozných miest má nespevnený zemný povrch, jedná sa o 363 odvozných miest.

Okrem prehľadu o celkovej dĺžke a štruktúre lesných ciest v záujmovom území umožňuje databáza ciest vypočítať a analyzovať aj hustotu a rozstup ciest ako ďalšie základné charakteristiky sprístupnenia.

Na obrázku 4 sú znázornené výsledky analýzy hustoty lesnej cestnej siete v jednotlivých LHC. Najvyššiu hustotu všetkých ciest so 70,4 m/ha má LHC Hriňová.



**Obr. 3.** Počet odvozných miest v jednotlivých LHC

**Fig. 3.** Number of hauling places in individual management units

<sup>1)</sup>State enterprise Forests of the Slovak Republic, <sup>2)</sup>Local, <sup>3)</sup>Others, <sup>4)</sup>State-owned, <sup>5)</sup>Unidentified

**Tabuľka 3.** Rozdelenie odvozných miest podľa povrchu v jednotlivých LHC

**Table 3.** Categories of hauling places by surface material in management units

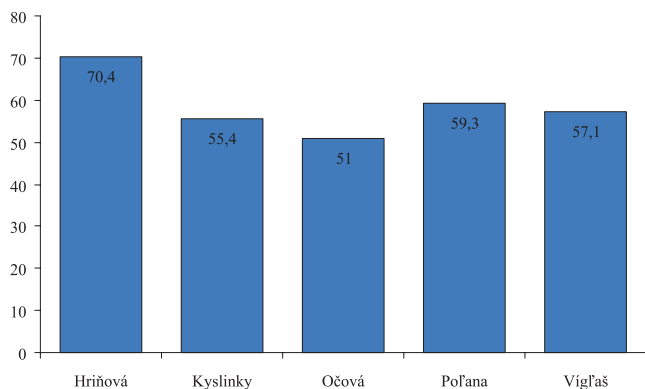
LHC <sup>1)</sup>	Povrch odvozného miesta <sup>2)</sup>				Σ
	Štrkový <sup>3)</sup>		Zemný <sup>4)</sup>		
	%	počet <sup>5)</sup>	%	počet <sup>5)</sup>	
Hriňová	25,93	7	16,53	60	67
Kyslinky	25,93	7	30,85	112	119
Očová	18,52	5	16,53	60	65
Poľana	22,22	6	17,36	63	69
Víglaš	7,41	2	18,73	68	70
Σ		27		363	390

<sup>1)</sup>Management units, <sup>2)</sup>Surface of hauling place, <sup>3)</sup>Grit, <sup>4)</sup>Natural, <sup>5)</sup>Number

Hustota ciest v ostatných LHC je pomerne vyrovnaná, pričom najnižšiu hustotu má LHC Očová – 51 m/ha. Takáto pomerne priaznivá hodnota hustoty však je vypočítaná pri zohľadnení dĺžky všetkých ciest.

Pokiaľ budeme uvažovať aj kategóriu cesty a tým jej technologický význam, resp. účinnosť sú ukazovatele pre záujmové územia úplne iné. Najvyššia hustota odvozných ciest je v LHC Hriňová, jedná sa o 11,3 m/ha. Najnižšia hustota odvozných ciest je v LHC Víglaš a to 4,6 m/ha. Hustota v ostatných LHC je pomerne vyrovnaná. Najvyššia hustota približovacích ciest je v LHC Hriňová s 59,1 m/ha. Najnižšiu hustotu má LHC Očová, jedná sa o 43 m/ha. Priemerná hustota všetkých ciest pre celé záujmové územie je 58,6 m/ha, priemerná hustota odvozných ciest pre celé územie je 8,4 m/ha a priemerná hustota približovacích ciest pre celé územie je 50,3 m/ha.

Z hľadiska plánovania kapacít a nákladov na údržbu sú dôležité informácie o technickom stave lesných ciest. Databáza opäť umožňuje variabilné triedenie a spracovanie obsahu. Postupom podrobného zisťovania popísaným v metodike sme zisťovali poškodenie, odvodnenie a stabilitu svahov na 887 cestách. Z tohto zisťovania boli vylúčené verejné cesty vo vlastníctve štátu. Dĺžka ciest



**Obr. 4.** Hustota lesných ciest v jednotlivých LHC [m/ha]  
**Fig. 4.** Density of forest roads in management units [m/ha]

na ktorých sa vykonalo zisťovanie je 172,84 km, jedná sa o spevnené cesty 1L a 2L.

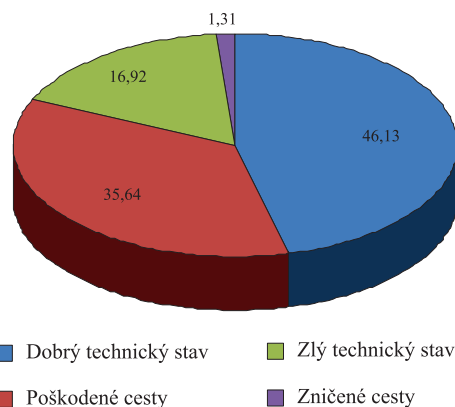
Obrázok 5 znázorňuje rozdelenie ciest podľa kategórií poškodenia. Z grafu vidno, že najpočetnejšia je kategória s dobrým technickým stavom „A“ so 46,13 % ciest, čo predstavuje dĺžku 79,73 km. Druhou najpočetnejšou skupinou sú cesty s poškodením kategórie „B“ s 35,64 %, teda s dĺžkou 61,60 km. Cesty s poškodením kategórie „C“ – so zlým technickým stavom sú zastúpené 16,92 % a majú 29,25 km. Kategória poškodenia „D“ – zničené cesty má najmenšie zastúpenie s 1,31 % a dĺžkou ciest 2,26 km.

Odvodnenie ciest na záujmovom území je znázornené na obrázku 6. Najväčší podiel majú cesty, na ktorých sa nenachádzajú žiadne odvodňovacie objekty – 37 %, kategória „C“ s dĺžkou 63,28 km. Cesty, na ktorých je odvodnenie nevyhovujúce majú dĺžku 46,75 km, ich podiel je 27 %. O 3 % menej majú cesty s vyhovujúcim odvodnením, cesty s vyhovujúcim odvodnením majú dĺžku 42,09 km. Stav odvodnenia nebolo možné určiť na takmer 21 km, jedná sa o 12 % ciest.

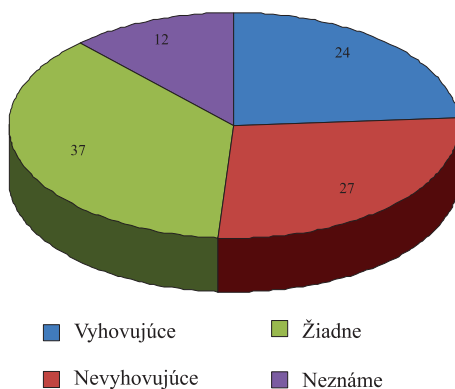
Stav výkopových a násypových svahov je znázornený na obrázku 7. Najväčší podiel majú cesty na ktorých sa nenachádzajú výkopové a násypové svahy, alebo sú zemné práce minimálne. Jedná sa o takmer 43 % a ich dĺžka je 73,74 km. Cesty, ktorých výkopové a násypové svahy sú čiastočne stabilné majú dĺžku 42,91 km a predstavujú 25 % z ciest. O 2 % menej majú cesty, ktoré majú výkopové a násypové svahy stabilné, ich dĺžka je 39,80 km. Na 8 % ciest nebola veľkosť zemných prác určená, jedná sa o cesty s dĺžkou 14,14 km. Najmenší podiel majú cesty, na ktorých sú svahy nestabilné. Jedná sa o 2,25 km ciest.

#### 4.4. Doplnujúce a odvodené údaje

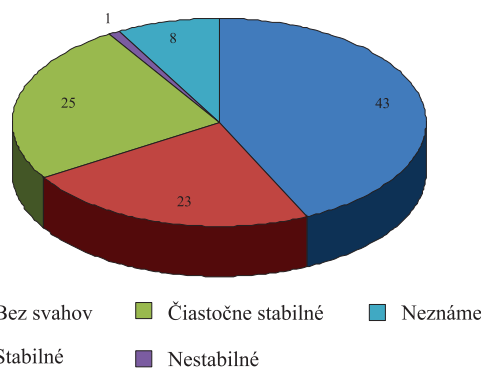
Ako sme uviedli v metodike, význam a využiteľnosť databázy lesnej cestnej siete ešte vzrastie ak ju vytvárame, chápeme a používame ako súčasť širšie koncipovaného systému, v zmysle popisovanej aplikácie, napr.



**Obr. 5.** Rozdelenie ciest podľa kategórie poškodenia [%]  
**Fig. 5.** Categories of forest roads by damage (in %)  
<sup>1)</sup>Good technical condition, <sup>2)</sup>Damaged roads, <sup>3)</sup>Poor technical condition, <sup>4)</sup>Damaged roads



**Obr. 6.** Rozdelenie ciest podľa stavu odvodnenia [%]  
**Fig. 6.** Categories of forest roads by drainage  
<sup>1)</sup>Suitable, <sup>2)</sup>Not suitable, <sup>3)</sup>None, <sup>4)</sup>Unknown



**Obr. 7.** Rozdelenie ciest podľa stability výkopových a násypových svahov [%]  
**Fig. 7.** Categories of forest roads by trenches and ramparts  
<sup>1)</sup>Without trenches and ramparts, <sup>2)</sup>Stable, <sup>3)</sup>Partly stable, <sup>4)</sup>Unstable, <sup>5)</sup>Unknown

pre účely sprístupňovania lesov, terénnej a technologickej typizácie a plánovania a optimalizácie ťažbovo-dopravných technológií. Integrácia s digitálnym modelom



reliéfu, digitálnou reprezentáciou jednotiek priestorového rozdelenia lesa, resp. ďalšími tematickými informačnými vrstvami umožňuje vykonať viaceré analýzy a výpočty odvodených údajov a charakteristík pre rôzne definované objekty, územia alebo celé analyzované územie.

Sklon reliéfu je možné považovať za jeden z najdôležitejších parametrov, ktoré ovplyvňujú použiteľnosť jednotlivých ťažbových, ale najmä sústreďovacích a dopravných prostriedkov. V opisoch porastov v LHP sa síce uvádza, ale len ako jediná hodnota pre celý porast a bez možnosti zohľadniť jeho premenlivosť v priestore. S využitím štandardných prostriedkov GIS sme vypočítali sklon reliéfu pre celé modelové územie vo forme rastrovej informačnej vrstvy, ktorú je možné všestranne využívať. Hodnoty sklonu definované pre každú jednotlivú bunku územia je možné rôzne spracovávať pre vybrané priestorové objekty – plochy. Do úvahy prichádza najmä identifikácia maximálnej, minimálnej alebo priemernej hodnoty pre tieto objekty. Tieto údaje majú veľký význam najmä z hľadiska posudzovania vhodnosti rôznych prostriedkov pre sústreďovanie dreva.

Hodnotu maximálneho, priemerného a minimálneho sklonu sme určovali aj pre všetky lesné cesty v databáze. Hodnotu pozdĺžneho sklonu cesty sme vypočítavali na základe rozdielov hodnôt nadmorskej výšky susediacich buniek cesty. Hodnota sklonu má veľký význam najmä z hľadiska rizika vzniku vodnej erózie pre nespevnené (zemné) približovacie cesty.

Najviac zastúpené – 49 % z celkovej dĺžky sú približovacie cesty s priemerným sklonom do 20 %. Jedná sa o necelých 467 km ciest, pričom sklon do 10 % má necelých 100 km. Cesty so sklonom 20 až 40 % majú dĺžku 615 km, pričom 380 km približovacích ciest má sklon 20 až 30 %. So 6 % sú zastúpené približovacie cesty s priemerným sklonom 40 až 60 %, ich dĺžka je takmer 112 km. 93 km približovacích ciest má priemerný sklon 40 až 50 %. Len 7 ciest má sklon nad 60 %, ich dĺžka je vyše 1 km a nachádzajú sa v LHC Kyslinsky, Očová, Poľana. Približovacia cesta s najväčším priemerným sklonom 68 % sa nachádza v LHC Kyslinsky.

Pre účely systému uvedeného v úvode tvorili ťažisko odvodených údajov výpočty približovacích vzdialeností. Tieto sme vypočítali pre tri skupiny ťažbovo-dopravných prostriedkov (traktory, lanovky, horský procesor) v smere spádnice aj naopak.

Z rastrových vrstiev približovacích vzdialeností boli odvodené charakteristiky pre porasty. Modulom pre zonálnu štatistiku boli vypočítané priemer, minimum, maximum, smerodajná odchýlka, suma hodnôt približovacej vzdialenosti, počet buniek tvoriacich JPRL a tieto boli uložené do databázovej tabuľky. Zóny boli definované vektorovou vrstvou JPRL, hodnoty príslušnou rastrovou vrstvou približovacích vzdialeností.

Rovnakou metódou zonálnej štatistiky boli pre jednotlivé JPRL vypočítané aj charakteristiky nadmorských výšok a sklonov. Zistené hodnoty boli uložené do samo-

statných databázových tabuliek. Vzhľadom na špecifickosť a široký rozsah komplexnejšie výsledky aplikácie navrhnutého systému rozoberieme v ďalších príspevkoch.

## 5. Diskusia a záver

Pre účely optimalizácie lesnej cestnej siete, terénnej a technologickej typizácie a optimalizácie ťažbovo-dopravných technológií sme vytvorili špecifický informačný systém na báze GIS, mobilných geoinformačných technológií a systémov pre podporu priestorového rozhodovania. Zabezpečili, upravili a integrovali sme využiteľné zdroje údajov pre jeho naplnenie, ktoré poskytli LESY SR, š. p., Národné lesnícke centrum vo Zvolene a Topografický ústav v Banskej Bystrici, čím sme vytvorili účelovú geografickú databázu. Táto sa skladá z viacerých skupín tematických vrstiev opisujúcich prírodné pomery, lesné porasty a lesnú cestnú sieť v záujmovom území (hranice JPRL, lesné pôdne typy, lesné typy, lesné cesty, odvozné miesta, digitálny model reliéfu a ďalšie). Pretože databáza lesnej cestnej siete ako kľúčová súčasť celého systému nie je v podmienkach Slovenska bežne spracovávaná, navrhli sme a na príklade modelového územia aj overili a realizovali postup jej vytvorenia a aktualizácie.

Myšlienka vytvoriť databázu lesnej cestnej siete nie je nová. BYSTRICKÝ (2007) sa vo svojej dizertačnej práci tiež zaoberá jej potrebou a postupmi na vytvorenie ako súčasť informačného systému lesného hospodárstva. Aj keď sa v teoretickej rovine zaoberá viacerými relevantnými aspektmi problematiky vrátane aplikácie moderných geoinformačných technológií, praktická časť, vrátane vytvorenia a overenia databázy výrazne zaostala za teoretickými východiskami.

Potrebu a postup vytvorenia databázy primárnych ciest na úrovni štátnych lesov v Chorvátsku publikovali PENTEK *et al.* (2007). Považujú ju za základný predpoklad integrovaného obhospodarovania lesov. Pravidelná aktualizácia databázy umožňuje zaistiť nielen lepšie plánovanie všetkých lesníckych operácií ale predovšetkým ťažby a sprístupňovania lesov. Opisované riešenie uvažuje len so sieťou odvozných ciest ale do budúcnosti sa zdôrazňuje potreba doplnenia informácií aj o približovacích cestách najmä s ohľadom na ich potenciálne negatívne pôsobenie. V nadväznosti na obsah databázy autori v práci tiež zaoberajú najdôležitejšími výsledkami jej analýz pre podnik, identifikáciou problémov v procesoch plánovania sprístupňovania lesov, výstavby a údržby ciest spolu s návrhmi na ich riešenie.

Základným zdrojom informácií pre navrhované riešenie databázy lesnej cestnej siete je obsah digitálnej lesníckej mapy, ktorý však nemodeluje a nereprezentuje sieť lesných ciest ako sieť líniových objektov. Postup spracovania údajov preto začína kontrolou obsahu, úpravou geometrie a vybudovaním topológie siete. Takto vytvorená predbežná sieť bola upravená na podklade ortofotosnímkou alebo terénneho mapovania zisťovania. Počas terén-

nych prác boli zaznamenávané a zamerané nové cesty, neexistujúce, nepoužívané a nepoužiteľné, resp. zničené cesty boli z databázy vymazané. Zároveň sa zaznamenával stav a kvalita cestnej siete s využitím mobilných GIS aplikácií a GNSS. Zaznamenali sme spevnenie ciest, poškodenie, a stabilitu výkopových a násypových svahov, odvodnenie a jeho typ, technické vybavenie cesty a vykonala sa fotodokumentácia týchto skutočností. Ako súčasť cestnej siete sme zároveň zisťovali aj umiestnenie a vlastnosti lesných skladov a odvozných miest. Pri terénnych meraniach sme intenzívne využívali miestne znalosti pracovníkov jednotlivých lesných správ. Vzhľadom na veľkosť experimentálneho územia a variabilnosť jeho podmienok predpokladáme možnosť zovšeobecnenia navrhovaných postupov na celé územie Slovenska.

Na záujmovom území sa nachádza viac ako 2 500 kilometrov ciest, z toho asi 47 %, čo predstavuje takmer 1 200 km ciest, sa nachádza na lesných pozemkoch v užívaní podniku LESY SR, š. p. Táto dĺžka cestnej siete vytvára hustotu 58,4 m/ha lesných ciest. Vytvorená databáza vo väzbe na ďalší obsah vytvoreného informačného systému umožňuje variabilné vyhodnocovanie obsahu ako aj výpočet doplnkových a odvodených údajov sprístupnenia.

Pri odvozných miestach sa zisťoval povrch a kvalita jednotlivých odvozných miest. Odvozné miesta sa zameriavali v teréne pomocou GNSS, v prípade, že nebolo možné všetky okrajové body zmerať pomocou GNSS, zamerali sa pomocou teodolitu ELTA4, prípadne sa zakreslilo do mapy na základe lokalizácie v teréne. Takto zamerané odvozné miesta majú výmeru a následne sa môže kalkulovať ich skladová kapacita. Pre účely výpočtov približovacích vzdialeností a sieťových analýz bol ku každému odvoznému miestu v prípade potreby pridelený jeden, alebo viacej uzlových bodov, ktoré reprezentujú výjazdy na odvozné, alebo verejné cesty k príslušným odvozným miestam ako aj napojenie približovacích ciest. Na záujmovom území sa nachádza 390 odvozných miest.

Príklad úspešného komplexného riešenia obdobného problému pre verejné komunikácie na Slovensku predstavuje cestná databanka Slovenskej správy ciest. Vedenie ústrednej technickej evidencie cestných komunikácií – Cestnej databanky v zmysle príslušnej legislatívy (zákona č. 135/1961 Zb. o pozemných komunikáciách v znení neskorších predpisov a zákona č. 215/1995 Z. z. o geodézii a kartografii) spolu so zabezpečením prevádzky dispečingu centrálnej spravodajskej služby (Národného dopravného informačného centra) prenieslo Ministerstvo dopravy, výstavby a regionálneho rozvoja SR ako priamy výkon na Slovenskú správu ciest.

Súčasná podoba cestnej databanky predstavuje bohatú škálu procesov podporovaných najmodernejšími technológiami od zberu vstupných údajov až po nástroje informačných technológií podporujúcich ich spracovanie, využívanie a zverejňovanie. Na realizáciu tých-

to procesov bol vybudovaný špecifický informačný systém modelu cestnej siete (IS MCS) ako komplexný geografický informačný systém s bohatou nadstavbou aplikáčnych programov (<http://www.cdb.sk/sk/CDB-Cestna-databanka.alej>).

Všetky vyvinuté moduly sú, alebo v budúcnosti budú integrované prostredníctvom portálu IS MCS, ktorý, okrem iného, zabezpečuje ich unifikovaný vzhľad a správanie, centralizovanú správu používateľov a prístupových práv, a tiež stanovuje vzhľad a interaktivitu často využívaných mapových podkladov.

Kľúčovú úlohu v komentovanej aplikácii zohráva uplatnenie dátových zdrojov, postupov a prostriedkov geoinformačných technológií. Aj keď sa takéto postupy už udomácnujú vo výskumných činnostiach a postupne aj niektorých oblastiach praxe lesného hospodárstva, vo väzbe na problematiku lesných ciest a sprístupňovanie území sú zatiaľ zriedkavé. KLČ *et al.* (2010) sa na území Českomoravskej vrchoviny zaoberali prieskumom lesnej cestnej siete podľa metodiky vypracovanej Ústavom hospodárskej úpravy lesa a kategorizácie podľa ČSN 73 6108 „Lesní dopravní síť“, ktorá korešponduje s aktuálne platnou normou v SR. Pri zisťovaní stavu lesnej cestnej siete však nevyužívali zdroje údajov a nástroje na báze geoinformatiky, ale krokomer, sklonomer, latu na meranie spádu a meter. Táto metodika poskytuje presné údaje a reálne údaje o lesných cestách. Nakoľko však je potrebné prejsť a manuálne zmerať všetky detaily, je táto metodika neefektívna, mimoriadne prácna a prakticky nepoužiteľná pre veľké územia. Podobný postup uvádza vo svojej práci aj BYSTRICKÝ (2007). TOMÁNEK *et al.* (2010) uvádzajú zaujímavú metodiku výberového zisťovania stavu lesnej cestnej siete na území lesnej správy Ostravice, teda na menšom území s využitím GIS a GNSS.

### Podakovanie

Vstupné údaje poskytli podnik LESY SR, š. p., Topografický ústav Banská Bystrica a Národné lesnícke centrum, Ústav lesných zdrojov a informatiky vo Zvolene ako podklady pre riešenie projektu „Využitie geoinformatiky pre plánovanie ťažbovo-dopravných technológií a sprístupňovanie lesov v podmienkach podniku LESY SR“.

Ďakujeme pracovníkom ústredia podniku LESY SR, š. p., ako aj pracovníkom Odštepného závodu Kriváň a lesných správ Poľana a Víglaš za poskytnutie údajov a súčinnosť pri návrhu a overovaní postupu podrobného mapovania lesnej cestnej siete.

Tento príspevok bol spracovaný ako súčasť riešenia grantového projektu VEGA 1/0764/10.

### Literatúra

- BAVLŠÍK, J., eds. 2009: Pracovné postupy hospodárskej úpravy lesov č. A/2008/1611. Zvolen: Národné lesnícke centrum, 147 s.
- KLČ, P., BRÁNKA, L., ŽÁČEK, J., 2010: Výzkum struktury lesní dopravní síť ve vybraném modelovém území. *Lesnický časopis-Forestry Journal*, **56**(3): 295-304.
- MORAVČÍK, M., NOVOTNÝ, J., TOMA, P. (eds.), 2007: Národný lesnícky program. Bratislava: Ministerstvo pôdohospodárstva SR, Zvolen: Národné lesnícke centrum – Lesnícky výskumný ústav Zvolen, 63 s.

- PENTEK, T., NEVEČEREL, H., PIČMAN, D., PORŠINSKY, T., 2007: Forest road network in the Republic Croatia – Status and perspectives, *Croatian Journal of Forest Engineering*, **28**(1): 93-106.
- TOMÁNEK, J., VOLNÝ, C., KLČ, P., 2010: Výzkum současného stavu porušenosti sítě odvozních cest ve flyšovém území lesní správy Ostravice. *Lesnický časopis-Forestry Journal*, **53**(1): 47-57.

## Summary

The aim of the work is to perform analysis of the current state on keeping information about forest road network, propose representation of this network as a part of more broadly elaborated information system for making access to forests, terrain and technological typification and selection as well as optimisation of logging and transportation technologies.

The change in the quality of the content of digital forestry map from existing "spaghetti model" (without internal connections and topology) to a geometry and topology-related correct network requires relatively a large extent of works. We proposed a model and verified it in practice using the data from a model territory of forest enterprise Kriivan. We connected modification of the model of forest road network with verification of an actual state in terrain and with complementing of other information on technical state of forest roads and forest depots for planning technologies as well as planning roads maintenance.

Knowledge of the employees of forest districts contributed to rationalization of works and reducing cost and time requirements altogether with using orthophoto map of a territory and applying modern means of geo-information technologies – mobile GIS application and GNSS.

For optimisation of forest road network, terrain and technological typification, and optimisation of logging-transportation technologies we created a specific information system on the basis of GIS, mobile geo-information technologies and spatial decision support systems as well. We ensured, modified and integrated usable sources of data to complement the model. LESY SR, š. p. (Forest of SR, state enterprise), Národné lesnícke centrum Zvolen (National Forest Centre Zvolen) and Topografický ústav (Topography Institute) in Banská Bystrica, provided the data. The result was a purposeful geographical database. It consists of several groups of thematic layers describing natural condition, forest stands and forest road network in an interest territory (stand borders, forest soil types, forest types, forest roads, hauling places, digital model of relief and others).

A basic source of information for proposed solution of the database of forest road network was digital forestry map. It did neither model nor represented network of forest roads as a network of line objects. Data processing started with checking the content, modification of geometry and construction of network topology. Based on orthophoto scene or terrain mapping we modified preliminary network. We recorded and aligned new roads during terrain work. We deleted non-existing roads, not used and unusable roads as well as destroyed roads from the database. At the same time, the state and quality of road network was recorded using mobile GIS applications and GNSS. We recorded roads enforcement, damage to roads, then stability of slopes of cutting and fill slopes (slopes of embankment), drainage and its kind, and technical parameters of road as well. We made photo documentation of all these activities. As a part of road network, we monitored location and characteristics of log depots and hauling places. In terrain measurements, we used intensively knowledge of the employees of respective forest districts.

In the interest territory, there are more than 2,500 km of roads. About 47% of them, what is 1,200 km, are located on forest lands in the use of the enterprise LESY SR, š. p. Created database in relation to further content of created information system enables variable assessment of the content as well as calculation of complementary and derived data on access.

For main forest roads, we recorded the surface and quality of individual hauling places. Hauling places were aligned in the terrain by means of GNSS. In case it was impossible to align all margin points aligned by GNSS, they were measured by theodolite ELTA4, or they were drawn in map based on localization in the terrain. For the purpose of calculations of skidding distances and network analyses, one or more junction points were attributed to each hauling place. They represent rides to hauling place or to public roads with hauling place and connection of skidding roads as well. 390 hauling places are situated in the interest territory.

Recently, an issue of the ownership of forest roads or lands where they are constructed is discussed frequently. In an interest territory there are in total 2,555.87 km of roads; of them 1,193.85 km representing almost 47% of the total length are on the forest lands used by the enterprise LESY SR, š. p., fig. 2). Complicated ownership relations are documented by high proportion of roads on lands not registered or of unknown owners. This proportion is 33%, and their total length is 843, 28 km. Public roads being in the ownership of state account for 10%, forest roads on the lands of other forest owners for 7%. Roads that are in the ownership of municipalities reach 3%. Territorial demarcation of the analysed area may be changed if needed. Table 1 presents more detailed categorization of roads according to the ownership in individual management areas.

We may use the content of database of forest road network with all possibilities of attributes and spatial requirements and sorting the content together with the assessment and visualisation of results by various ways. Besides summaries of data, characteristics of network as a whole, variously defined parts or sections of roads, it is possible to process a broad spectrum of data on technical specifications and condition of roads and log depots, which are usable from the viewpoint of the assessment and planning of logging-transportation technologies as well as repairs and maintenance of roads. Figure 5 illustrates categorization of roads by damage, figure 6 illustrates drainage of roads and figure 7 slopes of cutting and fill slopes of roads.

The database of roads besides providing a summary on total length and structure of forest roads in an interest territory also enables to calculate and analyse the density and spacing of roads as well as other characteristics of access. Figure 8 illustrates results of the analysis of the density of forest road network in individual management areas. Management area Hriňová has the highest density of roads 70, 4 m/ha. Density of roads in remaining LHC is relatively the same, whereas the lowest density is in management area Očová 51, 8 m/ha. This relatively favourable density is calculated with considering the lengths of all roads.

If we consider also road category and technological importance of road, indicators for interest territories are completely different. The highest density of main forest roads is 11.3 m/ha in LHC Hriňová. The lowest density of main forest roads is 4.6 m/ha in LHC Víglaš. Density of roads in other LHC is relatively the same. The highest density of skidding roads is 59.1 m in LHC Hriňová and the lowest one 43 m/ha in LHC Očová. Mean density of all roads for whole interest territory is 58.6 m, mean density of main forest roads for the whole territory is 8.4 m, and mean density of skidding roads for the whole territory is 50.3 m/ha.

The importance and usability of the database of forest road network will be even greater if we create it, perceive it and use as a part of more broadly elaborated information system, in sense of described application, e.g. for the needs of making access to forest stands, terrain and technological typification, planning and optimisation of logging-transportation technologies. Integration with digital model of relief, digital representation of the units of spatial forest arrangement or other thematic information layers enables to perform several analyses and calculations of derived data and characteristics for various defined objects, territories or the whole analysed territory.

*Translated by authors*