

ERDÉSZETI UTAK SZUBJEKTÍV ÁLLAPOTFELVÉTELE ÉS ÉRTÉKELÉSE

Kisfaludi Balázs¹, Primusz Péter¹, Péterfalvi József² és Markó Gergely²

¹Nyugat-magyarországi Egyetem, ERFARET Nonprofit Kft.

²Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar,
Geomatikai, Erdőfeltárási és Vízgazdálkodási Intézet

Kivonat

Az erdészeti utak megépítésük után fenntartásra szorulnak. A jó járhatóság megőrzése érdekében a fenntartási munkákat a teljes úthálózat állapotának és a nehéz forgalom nagyságának ismeretében a megfelelő időben és módon kell végrehajtani. Az informatika és a digitális technika felhasználásával létrehozható egy olyan hatékony eszközrendszer és mérési módszer, amelynek segítségével az erdészeti utak állapotáról kis időráfordítással tájékozódhatunk. Az intézetünkben kifejlesztett digitális szubjektív állapotfelmérési és állapotértékelési rendszer naponta 20-25 km erdészeti út állapotának rögzítését és kiértékelését teszi lehetővé. Ha az erdőgazdaság digitális útnyilvántartással rendelkezik, akkor az erdészeti utak állapota a geoinformatikai rendszerben megjeleníthető. Ennek felhasználásával a várható forgalom ismeretében a szükséges útfenntartási beavatkozások és azok becsült költsége megtervezhető. Az általunk létrehozott rendszert több mint 1000 km erdészeti úton teszteltük. Erre az adatbázisra támaszkodva a közel 3000 km-es burkolt erdészeti úthálózat állapotára is következtethetünk.

Kulcsszavak: szubjektív állapotértékelés, digitális útnyilvántartás, útfenntartás, pályaszerkezet-gazdálkodás

SUBJECTIVE CONDITION SURVEYING AND RATING OF FOREST ROADS

Abstract

Maintenance is required on forest roads after their construction. To maintain the good serviceability on the road network, its condition and the expected scale of heavy traffic must be known. In view of these two parameters, maintenance works must be (and can be) done in proper time and way. Using informatics and digital technology, an efficient tool can be developed, that allows fast assessment of forest road network condition. The digital subjective condition surveying and assessment system developed in our institute makes possible the logging and evaluation of the condition of 20-25 km forest roads daily. If a forestry company possesses a digital road inventory, the condition of its road network can be displayed in a GIS. By combining the condition and expected traffic data, the necessary maintenance treatments, and their expenses can be estimated. The system has been tested on more than 1000 kilometres of forest roads.



On the basis of this database, deductions can be done regarding the condition of the whole cca. 3000 kilometres of Hungarian paved forest road network.

Keywords: subjective condition surveying, digital road inventory, road maintenance, pavement management system

BEVEZETÉS

Minden erdőben végzendő tevékenység (erdőművelés, erdővédelem, fahasználat, vadgazdálkodás, természetvédelem, turizmus) alapja az erdő egyes részeinek különböző közlekedési eszközökkel való megközelíthetősége. Eltekintve az elsősorban közjóléti (turisztikai) célokát szolgáló keskeny nyomtávú vasútvonalaktól és vasútzemtről, az erdő megközelíthetőségét a komplex ökológiai rendszert legkevésbé megbontó különböző színvonalon kiépített és fenntartott erdészeti utak biztosítják. Az úthálózat állapotának és forgalmazhatóságának ismerete alapvető fontosságú a szállításszervezés és a közjóléti funkciók ellátása szempontjából. Az erdőgazdálkodó, illetve az erdőgazdálkodás számára tehát fontos egy olyan hatékony állapotfelvételi módszer kidolgozása, amellyel nemcsak a felméréskor tapasztalható pillanatnyi állapot felmérése, hanem annak időszakonként ismétlődő aktualizálása akár saját szakemberekkel is megoldható. Ehhez a közutaknál is sikeresen alkalmazott szubjektív állapotfelvétel erdészeti utakra kidolgozott módszerére van szükség.

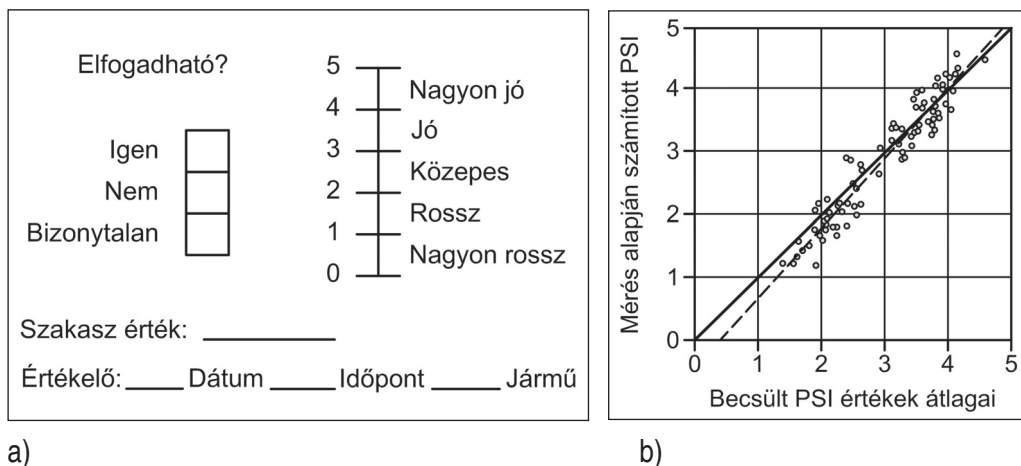
Az útállapot jellemzése

Minden útgazdálkodási rendszer legfontosabb alkotóeleme az úthálózat fizikai jellemzőit (leltár), a forgalomnagyságokat és az állapotjellemzőket lehetőleg naprakészen tartalmazó és nyílvántartó adatbázis. Az úthálózaton tervezett beavatkozások sorrendjét először hálózati szinten (network level) határozzák meg, majd részletesebben létesítmény szinten (project level) tervezik meg a beavatkozást. A hálózati szint feladata a döntés előkészítése az úthálózaton, a létesítmény szintű útgazdálkodás pedig a hálózati szintű adatokat bontja le konkrét útszakaszokra vonatkozó beavatkozásokra (Koren és mtsai 2011).

Az útállapot jellemzése objektív méréseken és szubjektív (pl. vizuális) állapotleírásokon keresztül valósítható meg. Objektívnek tekinthető minden olyan állapotértékelési módszer, melynek eredményei ismételt méréssel pontosan reprodukálhatók. Erre példa a Benkelman-tartóval végzett kézi behajlásmérés. A szubjektív állapotleírásnak több jellemző hibája is van:

- elnézési hiba (az értékelés túl szigorú vagy túl gyenge),
- „halo” hatás (az értékelő személy értékelését megzavarja az útszakaszcól kialakult kezdeti általános benyomása),
- középre irányuló tendencia (a skála szélső értékeitől való húzódozás).

A fenti hibák elkerülésére a gyakorlatban több útmutatót is kidolgoztak (Gáspár 2003). Az adatok megbízhatósága az értékelést végző személyek rendszeres tréningjével tovább növelhető (Ponniat és mtsai 2001).



1. ábra: a) Kérdőlap a PSI becsléséhez b) a becsült és a méréssel-képlettel megállapított PSI szoros korrelációja
 Figure 1: a) Passenger Panel Rating Scale b) correlation between estimated and measured-calculated PSI

Az objektív és szubjektív állapotadatok értékelése lehet numerikus, szöveges vagy a kettő kombinációja. Az értékelési skála kialakításakor a szubjektivitás nem küszöbölhető ki egyik esetben sem. A felmérés céljától is függ a nyers adatok feldolgozása. Létesítmény szinten az állapotjelzők külön-külön értékelésével megmutatható, hogy hol és milyen beavatkozás szükséges, valamint ezek költsége is megbecsülhető. Ahhoz azonban, hogy az úthálózat elemei összehasonlíthatóak legyenek egymással (hálózati szint), az úttálapotot egyetlenegy komplex állapotjelző paraméterrel is ki kell fejezni.

Ilyen paraméter kidolgozására először az 1950-es évek végén került sor az USA-ban. Az út értékelését aszerint határozták meg, hogy mennyire felel meg egy átlagos gépjárművezetőnek. Ezért a kutatás első szakaszában nagyszámú – reprezentatív mintát képező – gépjárművezetőt utaztattak végig különböző állapotú útszakaszokon a saját, megszokott gépkocsijukban. A feladatuk az volt, hogy az útszakasz egészét 0 – 5 közötti értékkel (nagyon rossz – nagyon jó) jellemezzék (1./a ábra). A szakaszokra érkezett értékeléseket átlagolták, és ezt az átlagértéket nevezték el PSI-nek (Present Serviceability Index – pillanatnyi használhatósági érték). Megállapították, hogy az egyes szakaszokhoz tartozó értékelések szórása viszonylag kicsi ($\pm 0,5$) volt, így a módszer elméletileg alkalmazhatónak minősült. A gyakorlatban azonban kiterjedt hálózatok értékelésére ebben a formájában alkalmatlan volt. Emiatt hosszas kísérletek és korrelációs számítások útján a gyors és objektív mérési eljárások eredményeit szoros matematikai összefüggésbe hozták a szubjektív értékelés átlagértékeivel (1./b ábra). Aszfaltburkolatra az (1) összefüggést határozták meg (Carey és Irick 1960).

$$PSI = 5,03 - 1,91 \cdot \log(1 + \overline{SV}) - 0,01\sqrt{C + P} - 1,38 \cdot \overline{RD}^2 \quad (1),$$

ahol \overline{SV} a keresztmetszvény 30 cm-enként kijelölt pontjaiban mért esésértékek átlaga. A felületi egyenetlenség jellemzésére szolgál (slope variance);



C a repedezett burkolatfelület területének mérőszáma [$\text{ft}^2 / 1000 \text{ft}^2$] dimenzióval;

P a burkolatjavítások területének mérőszáma [$\text{ft}^2 / 1000 \text{ft}^2$] dimenzióval;

\overline{RD} a nyomvályú mélysége 1,22 m hosszú gerendával mérve [inch]-ben.

Az (1) képlet segítségével az objektív mérésekből szubjektív alapon meghatározott paraméter számítására adódott lehetőség, amely összhangban volt az úthasználók véleményével. Tíz évvel később szintén az USA-ban dolgoztak ki egy olyan módszert, amely az útburkolat hibáinak vizuális értékeléséből számított kombinált index segítségével teszi lehetővé a különböző útszakaszok összehasonlítását. A paramétert PCI-nek (Pavement Condition Index – burkolatállapot index) nevezték el. Az index maximális értéke 100 pont, mely a hibátlan burkolatállapotot jelképezi. A felmért burkolati hibák ezt a pontszámot csökkentik. A mérést statisztikailag meghatározott szakaszokon kell elvégezni. A mérést végző hibatípusonként rögzíti a hiba súlyosságát és kiterjedését a szakaszon belül. E két paraméter alapján több lépcsőben meghatározható az a pontszám, amellyel a 100-as értéket csökkenteni kell. A teljes útszakasz PCI értéke a mintaszakaszok területtel súlyozott PCI átlagaként alakul ki (LeClerc és Marshall, 1970). Fontos még megemlíteni, hogy míg a PSI az útburkolat használhatóságát a járművezető szemszögéből értékeli, addig a PCI az útpályaszerkezet műszaki állapotát jellemzi.

A fenti módszerek mellett elterjedten alkalmazzák még az OPI-nek (Overall Pavement Index – kombinált burkolatindex) nevezett mutatókat is. Alapadatként a hibatípusok kiterjedését és súlyosságát határozzák meg. Az egyes állapotjelzőkhöz szakértői vélemények statisztikai elemzése útján nyert súlyszámokat rendelnek. Adott szakaszra összegzik az állapotjelzők súlyozott értékeit (Gáspár, 2003). Az OPI általános alakja a (2) összefüggéssel írható fel.

$$OPI = W_1 C_1 + W_2 C_2 + \dots + W_i C_i \quad (2),$$

ahol OPI az összesített burkolatindex;

W_i az i -edik állapotjelző súlyozó tényezője;

C_i az i -edik állapotjelző mérőszáma.

Az OPI előnye, hogy hálózati szinten összehasonlíthatóvá, sorba állíthatóvá teszi az útszakaszokat. Lehetőséget biztosít arra, hogy objektíven fel nem tárt összefüggések szubjektív és empirikus alapokon leírhatók legyenek.

Lehetőségek az útburkolatok felületi hibáinak felvételére

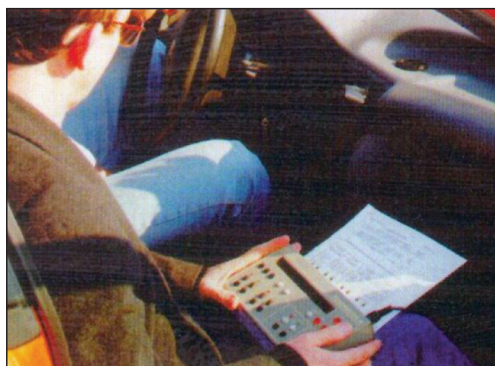
Az útburkolat felületi hibáinak felvétele az útszakasz mentén sétálva, vagy pedig lassan haladó járműből lehetséges. A gyalogos állapotfelvétel részletes és pontos adatgyűjtésre ad lehetőséget, időigényessége miatt azonban teljes hálózatok felvételezésére ma már nem jöhet szóba. Ennek a hátrányának a kiküszöbölése úgy lehetséges, hogy a teljes hálózatot véletlenszerű mintaszakaszok kijelölésével és felvételezésével jellemzik. A mintaszámot statisztikai közelítéssel

célszerű megállapítani, figyelembe véve a burkolathibák minőségi szórását és az állapotfelvételtől megkívánt pontosságot (Gáspár 2003).

A gyalogos felvétel mellett elterjedt, hogy a felületi hibákat az úton lassan – 8-15 km/h sebességgel – haladó mérőgépkocsiból veszik fel. Az eljárás fő előnye, hogy ily módon a szóban forgó úthálózat nagy része vagy egésze egységesen jellemezhető. Ugyanakkor tény, hogy az így nyert állapotinformációk minősége a gyalogos bejárással gyűjtöttektől elmarad. Ennél a módszernél gyakran választják azt a megoldást is, hogy a lassan haladó gépkocsival való értékelést véletlenszerűen választott útszakaszok gyalogos bejárásával kombinálják. A 60-80 km/h sebességgel haladó gépkocsiból való hibafelvételről többször bebizonyosodott, hogy ekkor a burkolathibákat nem lehet a szükséges részletességgel és pontossággal rögzíteni. Nagy járműsebesség mellett a hosszirányú felületi egyenetlenséget (IRI) célszerű fő burkolatállapot-jellemzési paraméternek tekinteni (Gáspár 2003).

A hazai közúti gyakorlatban elterjedt felvételezési módszer

A burkolathiba-felvételezés objektivitásának fokozása céljából 1991-ben a személyi és célszámítógépekkel segített Roadmaster (RM) burkolatvizsgáló és értékelő rendszert vezették be kötelező jelleggel a hazai országos közutak évenkénti állapotminősítésére (Ambrus és Pallós 2004).



2. ábra: A Roadmaster mérőberendezés billentyűzete

Figure 2: Input device of the Roadmaster system

A Roadmaster rendszer lényege, hogy az útvizsgáló, mint az út állapotáért és az adatok megbízhatóságáért felelős szakember, a saját céljai érdekében minden állapotromlást felismer, és a Roadmaster műszerrel rögzít. A Roadmaster műszer egy gépkocsiba szerelhető digitális hosszmérő modullal ellátott célszámítógép, amellyel az útvizsgáló szakember a repedések, deformációk és felületi bomlások összesen 16 féle típusát képes helyazonosítással együtt felmérni, kódolni és tárolni irodai feldolgozás céljára (2. ábra) (Csorba, 1999).

Az erdészeti utak szubjektív állapotfelvétele és értékelése

Az útpályaszerkezetek burkolatának állapota közvetlen kapcsolatban áll a forgalmi költségek, valamint a leromlási folyamat alakulásával, amit a vízelvezetés minősége is jelentős mértékben befolyásol. Ezért az állapotfelvételi és értékelési munkák elvégzésének szempontjából nem közböbs, hogy milyen állapotjelző paramétereket választunk ki az út állapotának leírására. Az útfenntartás szempontjából ezért vizsgálni kell (Kosztka, 1986; Kosztka, 2001):

- a pályaszerkezet használhatóságát,
- a padkák minőségét,
- a vízelvezető berendezések (árkok, áteresztők stb.) állapotát,
- a növényzet helyzetét.

E paramétereket a forgalmi költségekre gyakorolt hatásuk alapján kell minősíteni, szemben a közutakkal, ahol az utazáskényelem az elsődleges szempont. Az út megfelelőségét az állapotjelző paraméterek súlyozott összegzésével létrejövő ún. járhatóság értékkel lehet kifejezni. A járhatóság fogalmát először Kosztka (1986) említi. Definíciója szerint ez az érték az úthasználók szempontjaiból minősíti az út állapotát, és kijelöli a szükséges beavatkozásokat.

Meghatározásakor az állapotjelzőket egy 1-től 5-ig terjedő skálán értékeljük, melynek fokozataihoz szöveges leírás is társul. A legjobb állapotot az 1-es, a túrhetetlen az 5-ös érték fejezi ki. A pályaszerkezet használhatóságát befolyásoló tényezők közül mindig a legmagasabb értékűt kell mértékadónak tekinteni. Ezt az értéket a további szempontok még kisebb mértékben módosítják. A felmérést gyalogosan végzik, 100 méterenként egy megfelelően összeállított állapotfelvételi lap kitöltésével. A felvételi lap alapján meghatározott járhatóságparaméter grafikus ábrázolásával pedig jól láthatóak az állapotváltozások, valamint elkülöníthetők az azonos beavatkozást igénylő szakaszok (Kosztka 1986; Kosztka 2001).

A módszer előnye, hogy a felvételi szelvényekben pontos állapotadatokat lehet rögzíteni, valamint hogy a járhatóságértékek révén az egyes útszakaszok egymással összehasonlíthatók. Hátránya, hogy az adatfeldolgozás sok élőmunkát igényel.

Már Kosztka (1986) értekezésében felmerült a fenti nehézségek megoldásának elvi lehetősége. Javaslatára szerint a felvételt lassan mozgó gépkocsiból végeznék, és az út megfelelő részeit kamerák rögzítenék. Emellett az értékelő személy egy utadóból származó szelvényértékhez számítógépen tudná tárolni az általa észlelt útállapottal kapcsolatos észrevételeit.

ANYAG ÉS MÓDSZER

Az útleltár kialakítása

Mint már korábban említettük, minden útgazdálkodási rendszer legfontosabb alkotóeleme az úthálózat fizikai jellemzőit (pl. térképi elhelyezkedés, vonalvezetés, burkolatszélesség, hosszúság, műtárgyak stb.), az állapotjellemzőket (pl. burkolattípus, burkolathibák, a környezet állapota stb.) és a forgalom nagyságokat lehetőleg naprakészen tartalmazó és nyilvántartó adatbázis. Többek között e jellemzők egységes rendszerbe foglalását teszi lehetővé az Erdőfeltárási Tan-

széken kidolgozott (Markó, 2006) Erdészeti Ütügyi Információs Rendszer (EUIR). Ennek a cikknek ugyan nem tárgya az útleltár részletes ismertetése, de mivel az állapotfelmérés alatt végzünk leltárjellegű adatgyűjtést is, célszerűnek tartjuk, hogy röviden bemutassuk azt.

Az útleltár alapegysége a feltáró út, mint önállóan megjelenő hálózati elem. Ezt az út számmal és nevével lehet jellemezni. Az útszakasz az útnak azon része, amelyen a lefutó forgalom a szakaszon belül azonos nagyságú. Ez azt jelenti, hogy önálló elemnek kell tekinteni két becsatlakozó út közé eső darabot. A szektor pedig az útszakasznak az a része, amelyen azonos állapotfenntartási munkákat kell elvégezni (Kosztka, 1986, 2001).

Az EUIR rendszeren belül az utak vonalvezetését GPS vonalmérés és légifotó alapján a valószínűsíthető tengelyvonal rekonstrukciójával határozzuk meg (Markó, 2006). Majd a tengelyekhez hozzárendeljük az útkódot, a burkolattípust, az út hosszát, a különféle állapotjelzők értékeit, az úton elhelyezkedő objektumokat (sorompó, csőáteresztő, rakodó stb.), valamint az útról készült fényképeket, létrehozva így egy átfogó geoinformációs rendszert. Az érdeklődő olvasó további részleteket találhat Kosztka (2001) és Markó (2006) munkájában.

Az állapotadatok felvétele

Az erdészeti feltáróutak gyalogos állapotfelvétele részletes és pontos adatgyűjtést tesz lehetővé, mégis az előnyök mellett számos hátrányos tulajdonsága is van:

- az úton végzett munka mindig balesetveszélyes,
- a különböző minősítő személyek eltérő eredményeket értékelnek,
- lassú az állapotértékelés, és nagy a bérköltség.

A fenti problémák kiküszöbölésére az erdészeti feltáróutak esetében is törekedni kell. Ezért az erdészeti utak szubjektív állapotának felvételére és kiértékelésére a korábbi manuális értékelési módszert továbbfejlesztve kidolgoztuk a digitális felvétel és értékelés eszközeit és technológiáját.

A fejlesztés első szakaszában az állapotértékelést a gyalogos módszer helyett egy lassan mozgó gépjárműből hajtottuk végre. A felvétel alatt az értékelő személy ugyanazt az állapotértékelő lapot töltötte ki, mint a gyalogos módszernél. Hamar kiderült, hogy még alacsony sebesség mellett (8-10 km/h) sem lehetséges a gyalogos értékelés pontosságát visszaadni (a figyelem megoszlik). Ezért a későbbiekben az értékelő személy már közvetlenül egy szubjektív értéket határozott meg (1-5), és amikor az út állapota változott, ezt a szubjektív értékelést – a szelvényrel együtt – egy felvételi lapra manuálisan rögzítette.

A kezdeti módszerek legnagyobb hátránya az adatok manuális rögzítése volt. Az értékelő személy figyelmét leginkább a jegyzőkönyvvezetés kötötte le. Komoly problémát okozott az is, hogy az útállapot-változás határa sok esetben nem volt egyértelműen megítélhető, és ennek javítására irodai körülmények között sem volt lehetőség. Végül pedig csak egy szubjektív érték született, így nem volt lehetőség a szükséges útfenntartási munkák hálózati szintű megtervezésére sem.

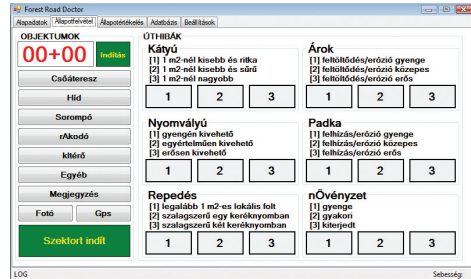
A vázolt problémákat csak úgy lehetett kiküszöbölni, hogy olyan útdadó eszközt szerkesztünk, amely közvetlenül képes számítógépre küldeni a mért távolságot (szelvényezési értéket), majd ehhez rendeljük hozzá az egyes állapotjellemzőket egy grafikus felületen keresztül. Az adatok

gyors rögzítése lehetővé teszi, hogy az értékelő személy az állapotértékelést részletesebben hajtsa végre, valamint a kifáradásból származó pontatlanságok is csökkennek. A digitális állapotfelvétel és értékelés továbbfejlesztett eszközei az alábbiak:

- mérőkocsihoz kapcsolt saját fejlesztésű kalibrált mérőkerék (3/a ábra),
- kézi számítógép saját fejlesztésű adatgyűjtő programmal (3/b ábra),
- valamint az ugyancsak tanszéki fejlesztésű számítógépes kiértékelő program.



a)



b)

3. ábra: Az állapotfelvétel eszközei: a) mérőkocsi, b) az adatgyűjtő program

Figure 3: Tools for condition survey, a) survey car, b) screenshot of data collecting software

Az értékeléseknél több szempontot figyelembe véve minden állapotjellemző esetén hármasskálát alkalmaztunk. Ez nagyban megkönnyíti az értékelő döntéseit, gyorsabb regisztrálást tesz lehetővé, valamint nagyobb valószínűséggel szerepelnek a szélső értékek. A hiba súlyosságától függően beszélhetünk gyenge/ritka (1), közepes/gyakori (2) és erős/kiterjedt (3) állapotról. A legtöbb állapotfelvételi módszer a hiba mértéke mellett annak felületi kiterjedését is rögzíti. Mivel a felvételezést mozgó gépjárműből végezzük ezt a tényezőt is a háromfokozatú skála leírásába építettük be. Ennek oka, hogy a burkolati hibák nagyságának megbecslése a burkolat teljes felületének százalékában még alacsony sebesség mellett is nagyon bizonytalan.

Munkánk közben összesen hat állapotjelzőt minősítettünk. A kátyú, a nyomvályú és aszfaltburkolatokon a repedés a burkolat állapotáról ad felvilágosítást. Az árok, a padka és a növényzet pedig az út környezetéről és ezzel együtt a további romlás mértékének valószínűségéről. Mivel az erdészeti utak állapota rövid szakaszokon is jelentősen változhat, ennél több jellemző minősítését egy értékelő személy nem tudná elvégezni.

Az egyes állapotjelzőkhöz tartozó skálán lévő értékekhez pontos szöveges leírást kell adni annak érdekében, hogy a minősítés minél függetlenebb legyen az értékelő személyétől. A felvételezéshez ezért az 1. táblázatban szereplő skálákat alkalmaztuk.

A felvételezés alatt a megfigyelést végző személy a burkolat és az út környezetének állapotát a mérőkocsi folyamatos (5-10 km/h) haladása mellett egy érintőképernyős kézi számítógépen megjelenő háromfokozatú állapotjellemzők megfelelő értékének megjelölésével rögzíti. Abban az esetben, ha egy hibatípus nem fordul elő, akkor az adott hibaérték nulla (0), vagyis az adott szelvényértékhez nem kerül semmilyen érték sem. A felvételezés menetét a 4. ábra mutatja be.

A szubjektív állapotfelvétel közben az utak kezdeténél és végénél, hidaknál, valamint kilométerenként digitális fénykép készül, valamint GPS pontmérést is végrehajtottunk, kibővítve ezzel a

dokumentálható helyszíni információkat. Később ezek a fényképek további elemzésekre adnak lehetőséget. Emellett folyamatos GPS vonalmérést is végzünk, amely megfelelő körülmények esetén a leltár térképi megjelenítésénél nyújthat segítséget.

1. táblázat: A felmért állapotjelzők értékeinek magyarázata
Table 1: Description of the values of evaluated distress types

Érték	Kátyú	Nyomvályú	Repedés	Árok	Padka	Növényzet
0	Kátyúmentes	Nincs hosszirányú deformáció	Repedésmentes	Megfelelő mélység	Ép, max. 1 cm felhízás	Nincs vagy nem zavaró
1	Lokális, sekély, <0,5 m ²	A csapadék egy része megáll benne	Egyirányú, különálló repedések	Az erózió első jelei mutatkoznak	Szakaszonként a burkolat széle fölé emelkedik	Kaszálással helyreállítható
2	Folyamatos, foltszerű, sekély, >0,5 m ²	Szabad szemmel látható, a víz nem képes távozni	Laza hálózatos repedés	Teljes hosszban feltöltődés, erózió	Folyamatos felhízás, kismértékű padkaerózió	Fás szárú növényzet a padkán vagy az árokban
3	Ütőkátyú	Erősen kivehető	Mozaikos repedés	Rövidebb szakaszon a szükséges mélység fele	A víz elfolyását gátló felhízás, mély erózió	Túlburjánzott

Az adatok feldolgozása

Az állapotértékelés közben felvett elsődleges adataink kiértékelésére saját fejlesztésű számítógépes programot készítettünk. Az állapot könnyebb értékelését segíti elő, ha a pályaszerkezet állapotát kifejező mérőszámokat egy összevont ábrán tüntetjük fel, amelyet állapotrajznak nevezünk. Az állapotjellemzők grafikus képernyőn megjelenő értékei alapján meg kell állapítanunk, hogy mely szelvényben változik meg számottevően az út állapota. Az így kijelölt határok között kialakulnak az állapot szempontjából homogénnek tekinthető szektorok. Ezek a szektorok jelentik a felújításkor a legkisebb egyben kezelhető egységet (min. 500 m). A pontos szektorképzést – a programon belül – a határ dinamikus változtatásának lehetősége is tovább segíti (4. ábra).

A lehatárolt szektorokra állapotjelzőnként egy átlagos érték lesz jellemző, számítása a következő:

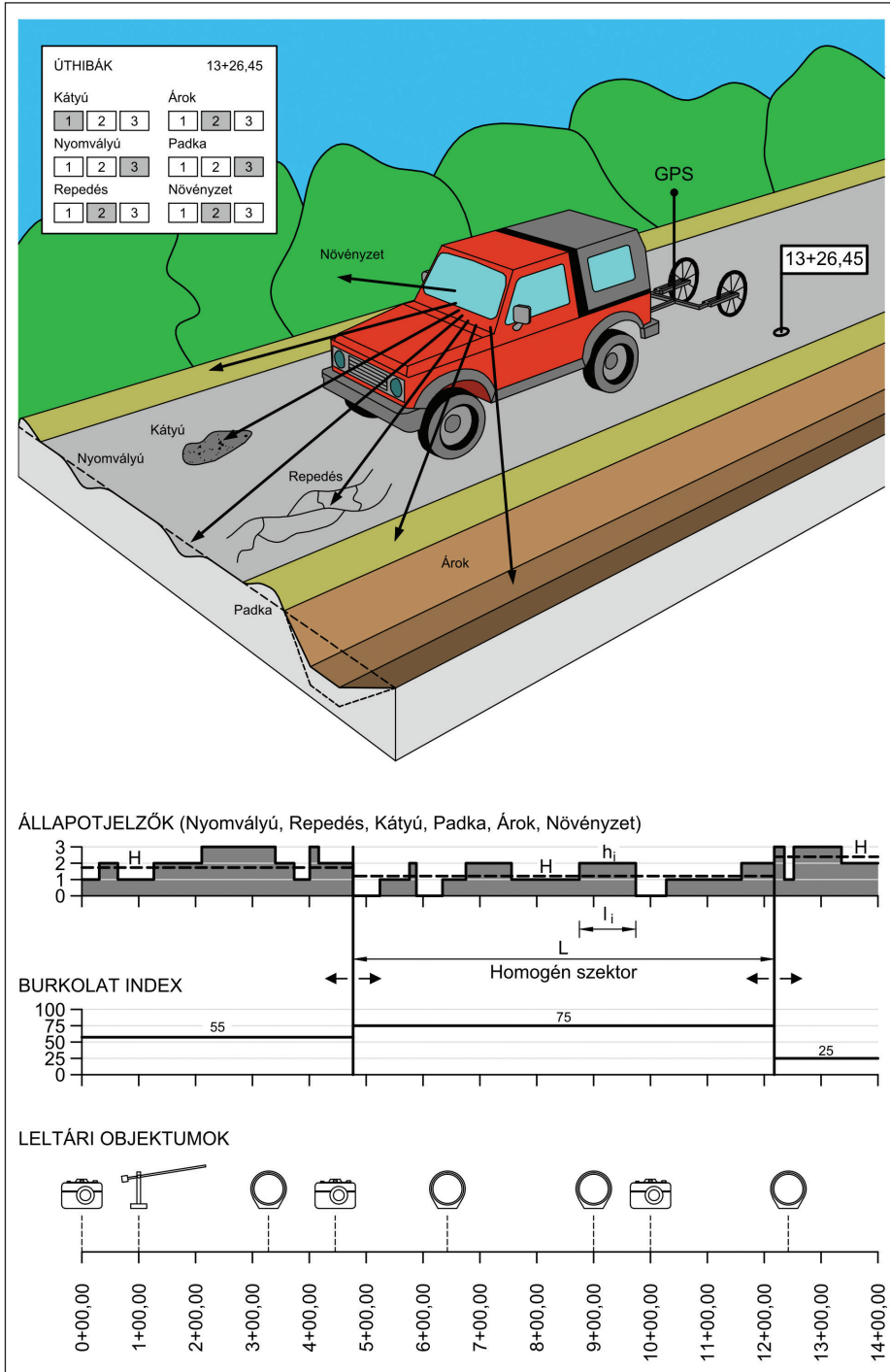
$$H = \frac{1}{L} \sum_{i=1}^n h_i l_i \quad (3),$$

ahol H az adott hibatípus súlyozott átlagértéke a szektoron belül (1-3);

h_i az adott hibatípus i -edik állapotértéke a szektoron belül (1-3);

l_i az adott hibatípus i -edik állapotértékének hossza a szektoron belül (m);

L az adott szektor teljes hossza (m).



4. ábra: Erdészeti utak szubjektív állapotfelmérésére kifejlesztett rendszer

Figure 4: The condition surveying system developed for the inspection of forest roads

A (3) összefüggés a hibák területarányos átlagát fejezi ki hibatípusonként. Az állapotfelvétel és értékelés eredményeként ismertté válik, hogy különböző szempontok szerint vizsgálva milyen az út állapota. A nehézséget a különféle állapotjelzők és azok kombinációinak együttes értékelése okozza. Jelenleg a különféle összegző indexek (OPI) terjedtek el, melyek az egyes útszakaszok összehasonlítását segítik. Az út állapotának komplex értékelését csak az egyes úthibák súlyát meghatározó tényezők ismeretében lehetséges elvégezni. Hasznos megközelítés, ha a különböző burkolathiba-típusokat aszerint osztályozzuk, hogy forgalmi vagy környezeti hatás, esetleg a kettő kombinációja váltotta-e ki azokat (Gáspár 2003). Ennek megfelelően először a nyomvályú (HNY), repedés (HR) és kátyú (HK) hibatípusból célszerű egy összegző osztályzatot kidolgozni, mivel ezek közvetlenül jellemzik a pályaszerkezet pillanatnyi műszaki állapotát. Másodsorban pedig a padka (HP), árok (HÁ) és növényzet (HN) paramétereiből kell levezetni egy környezeti osztályzatot, amely a pályaszerkezet leromlási kockázatáról (víztelenítési problémák), valamint a szükséges karbantartási munkák sürgősségéről tájékoztat. A burkolat állapotát a burkolatindex (BI), míg az út környezetét az ún. környezeti index (KI) jellemzi.

Az összegző osztályzatok kidolgozásánál egy 100 fokozatú skálából indultunk ki, ahol a tökéletesen hibamentes utat tekintjük 100 pontosnak vagy 100%-nak (hasonlóan a PCI-hez). A százalékos értékelés praktikus, mivel az értékelő személyek sokkal könnyebben tudják megfogalmazni szubjektív véleményüket, valamint bármilyen más skálára is könnyen átszámítható az így kapott eredmény. Az egyenletek együtthatóit az állapotfelvételkor készített fényképek irodai értékelése után kapott szakértői vélemények statisztikai feldolgozása után kaptuk:

$$BI = 100 - 15H_{NY} + 5H_K + 1H_R \quad (4)$$

és

$$KI = 100 - 10H_A + 5H_P + 2H_N \quad (5).$$

Az egyenletek együtthatói még nem véglegesek, mivel a több mint 1000 km felmért erdészeti út értékelése folyamatban van. Mindkét index esetében az 50 pont alatti érték a tönkrement útállapotot jelenti. Ilyenkor már csak komoly ráfordításokkal lehetséges beavatkozni, ezért ezt tudatos útfenntartással el kell kerülni.

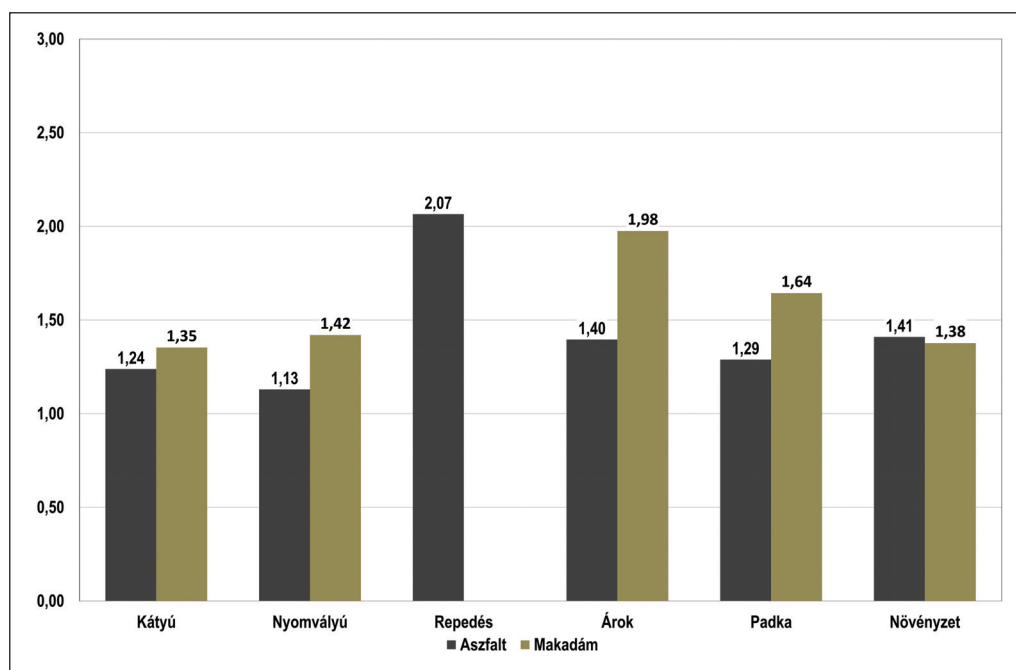
A mintaterületek bemutatása

A bemutatott rendszerrel 2006 óta végzünk útleltározást és állapotértékelést. Két erdőgazdaság teljes úthálózatát felmértük (Bakonyerdő, Mecsekerdő). További négy erdőgazdaság (Északerdő, KAEG, Zalaerdő, Egererdő) területén folyamatban van a digitális útleltár kialakítása és állapotadatokkal való feltöltése. Az eddigi felmérések legnagyobb részét hegy- és dombvidéki területeken végeztük. Tapasztalatink szerint ezeken a területeken a helyazonosítást nem szabad csak GPS mérésekre alapozni, mivel a mérés pontossága szoros kapcsolatot mutat a vegetációs ciklussal és a domborzattal (meredek oldalak). Így a helyazonosítás alapját minden körülmények között a mérőkerék és a szelvényezés biztosítja.

EREDMÉNYEK ÉS MEGVITATÁSUK

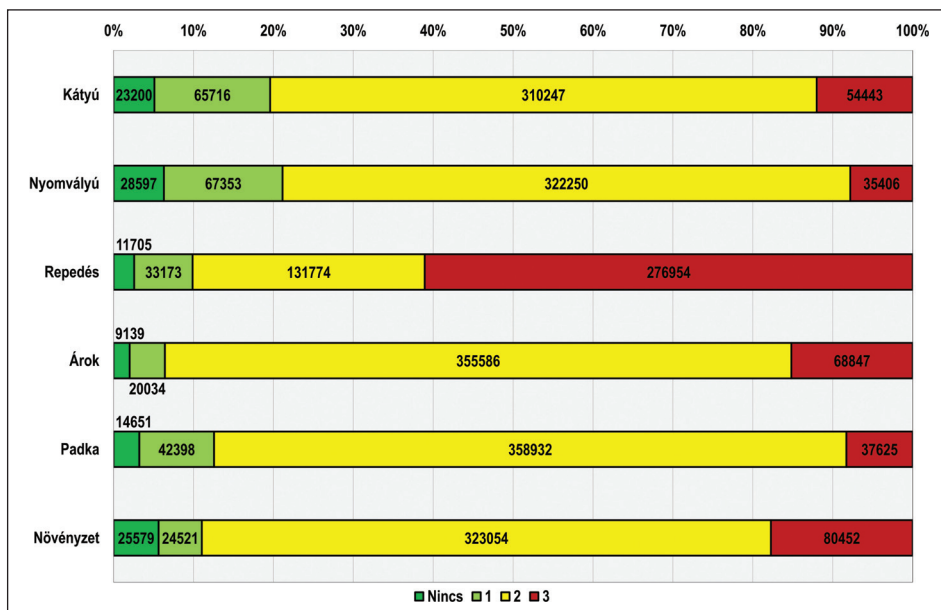
Az útleltári adatok általános jellemzői

Az eredmények alapjául a 2006-2011 között azonos elvek szerint végzett felmérések szolgálnak. Ez alatt az idő alatt 1080 km erdészeti út állapotértékelése történt meg. Itt a két jellemző burkolattípusra – aszfalt és makadám – vonatkozó adatokat közöljük. Aszfaltburkolatú útból 454 km-t, makadámburkolatúból 626 km-t értékeltünk. A tapasztalt hibák átlagos értékeit az 5. ábra mutatja be. Az ábráról jól látható, hogy a makadámburkolatú utak valamivel rosszabb állapotban vannak. Ezek alapján feltételezhető, hogy a makadámburkolatú utak esetén a fenntartási feladatokra kevesebb figyelmet fordítanak, mint az aszfaltburkolatúaknál.

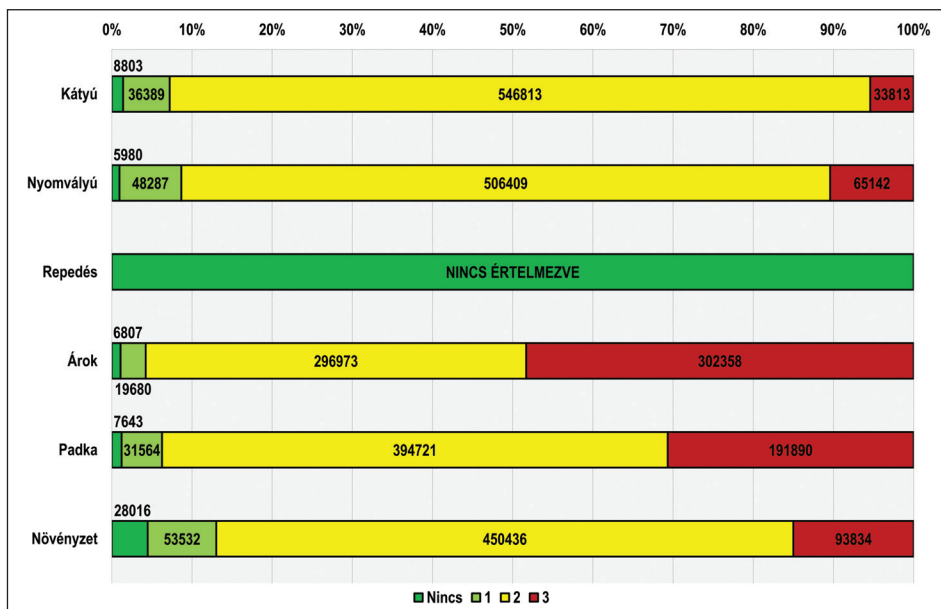


5. ábra: A felmért hibatípusok átlagos értékei burkolattípusonként
Figure 5: Average severity of the evaluated distress types by pavement types

A 6. és 7. ábra alapján megállapítható az egyes burkolattípusok jellemző hibája. Tapasztalataink szerint az aszfaltburkolatú utak meghatározó hibatípusa a repedés, ami az irodalmi adatokkal megegyezik. Ezt jól igazolja, hogy a felmért utak 60%-án a repedés elérte a legrosszabb kategóriát. Emellett a többi hibatípus a közepes állapotot jelölő 2-es szinttel jellemezhető. A makadámútakon az árokfeltöltődés és a padkafelhízás a jellemző hiba.



6. ábra: A felmért 454 km aszfaltburkolatú út megoszlása hibatípusok és azok mértéke szerint
 Figure 6: Distribution of the evaluated 454 kilometres of asphalt roads by distress types and severity (values in metres)



7. ábra: A felmért 626 km makadámurkolatú út megoszlása hibatípusok és azok mértéke szerint (az értékek méterben)
 Figure 7: Distribution of the evaluated 626 kilometres of macadamized roads by distress types and severity (values in metres)

Az adatokból számítható felújítási költség

Az állapotjelzők értékei és a gyakorlati tapasztalatok alapján meghatározható, hogy milyen beavatkozás szükséges a hiba javításához. A beavatkozás ismeretében pedig kiszámítható, hogy adott útszakasz javítása milyen költséggel jár. Az állapotjelzők közül a felület megbomlásával járó kátyúk kialakulása utal a pályaszerkezet elhasználódásra. Ennek 3-as értéke már olyan mértékű tönkremenetelt jelez, amelyet a pályaszerkezet egy részének vagy egészének újraépítésével lehet hosszú távon megnyugtatóan helyreállítani. Ezzel viszont az összes állapotjelzőt az új útnak megfelelő vagy azt megközelítő értékre javítjuk meg. A felmért és kiértékelt 1080 km erdészeti út állapotjellemzői közül a kátyúk kijavításának költségeit határoztuk meg, annak mértékétől és a burkolat típusától függő technológiát alkalmazva. Hasonló elemzést végzett Kosztká és Péterfalvi 1993-ban az akkor rendelkezésre álló állapotadatok alapján.

2. táblázat: A kátyúk kijavításának fajlagos költségei a burkolattípus és a súlyosság függvényében
Table 2: Specific expenses of pothole patching by pavement types and severity

Állapotjelzők értékei	Aszfalt		Makadám		
1	Átlagosan a felület 1%-a		Átlagosan a felület 1 %-a		
	Kátyúzás:	4191 Ft/m ² 0,03 m ² /m	Javítás	1074 Ft/m ² 0,035 m ² /m	
	Összesen:	126 Ft/m	Összesen:	38 Ft/m	
	Átlagosan a felület 5%-a		A felület 50%-án		
2	Kátyúzás:	4191 Ft/m ² 0,15 m ² /m 629 Ft/m	Javítás	1074 Ft/m ² 1,75 m ² /m 1880 Ft/m	
	Felületi bevonat:	929 Ft/m ² 3 m ² /m 2787 Ft/m			
	Összesen:	3416 Ft/m	Összesen:	1880 Ft/m	
	Átlagosan a felület 12%-a		A teljes felületen		
	3a	Kátyúzás:	4191 Ft/m ² 0,36 m ² /m 1509 Ft/m	Javítás	1074 Ft/m ² 3,5 m ² /m 3759 Ft/m
		Felületi bevonat:	929 Ft/m ² 3 m ² /m 2787 Ft/m		
Összesen:		4296 Ft/m	Összesen:	3759 Ft/m	
3b		Remixelés:	2605 Ft/m ²	Remixelés	2605 Ft/m ²
		Kopórétteg:	3857 Ft/m ²		3,5 m ² /m
		Felületi bevonat:	929 Ft/m ² 3 m ² /m		
	Összesen:	22 173 Ft/m	Összesen:	9118 Ft/m	

A 2. táblázat a kátyússág mértékétől függő beavatkozásokat és azok költségeit mutatja be. A burkolat felületének meghatározásánál a terepi felvételkor megállapított szélességek átlagával számoltunk, amely aszfaltburkolatú utaknál 3,00 m, makadámurkolatú utaknál 3,50 m volt. A kátyúk felületének a teljes felülethez viszonyított arányát aszfaltburkolat esetén próbamérésekkel becsültük meg. Makadámurkolatnál a kisebb mélységű kátyúk kevésbé vehetők észre, ezért a kátyú-állapotjelző 2-es értéke esetén a felület 50%-ának javítását irányoztuk elő. Az aszfalt- és a makadámurkolatnál is a kátyú-állapotjelző 3-as értéke esetén az állapot megnyugtató helyreállítására teljes felületre kiterjedő beavatkozást igényel. A beavatkozások egységárait az országos normákat felhasználó HunKalk költségvetés-készítő programból vettük ki.

Miután meghatároztuk az egységárakat, az állapotértékelési adatokból hibatípusonként ki-
gyűjtöttük az 1, 2, 3-as értékű állapotjelzőkhöz tartozó hosszakat (3. táblázat).

3. táblázat: A felmért utak megoszlása hibatípusok és azok mértéke szerint

Table 3: Distribution of the evaluated roads by distress types and severity (values in metres)

Állapotjelzők értékei	Aszfaltburkolatok állapotjelzői [m]					
	Kátyú	Nyomvályú	Repedés	Árok	Padka	Növényzet
Nincs	23 200	28 597	11 705	9 139	14 651	25 579
1	65 716	67 353	33 173	20 034	42 398	24 521
2	310 247	322 250	131 774	355 586	358 932	323 054
3	54 443	35 406	276 954	68 847	37 625	80 452
Állapotjelzők értékei	Makadámurkolatok állapotjelzői [m]					
	Kátyú	Nyomvályú	Repedés	Árok	Padka	Növényzet
Nincs	8 803	5 980	625 818	6 807	7 643	28 016
1	36 389	48 287	0	19 680	31 564	53 532
2	546 813	506 409	0	296 973	394 721	450 436
3	33 813	65 142	0	302 358	191 890	93 834

4. táblázat: A kátyúk kijavításának költségei burkolattípus és súlyosság szerint

Table 4: Expenses of pothole patching by pavement types and severity

Állapotjelző értékei	Aszfalt		Makadám	
1	8 260 501	Ft	1 171 726	Ft
2	1 059 710 678	Ft	1 027 735 034	Ft
3a	233 876 239	Ft	127 103 067	Ft
3b	1 207 164 639	Ft	308 306 934	Ft
Összesen „a”:	1 301 847 419	Ft	1 156 009 826	Ft
Összesen „b”:	2 275 135 818	Ft	1 337 213 694	Ft
Átlagosan „a”:	2 867 505	Ft/km	1 846 661	Ft/km
Átlagosan „b”:	5 011 312	Ft/km	2 136 124	Ft/km

A 4. táblázat alapján a hosszt megszorozva az egységárral megkapható, hogy mennyibe kerülne a felmért úthálózat kátyús szektorainak javítása. Az „a” és „b” módszer közötti különbség értékelésénél figyelembe kell venni, hogy a „b” eljárással amellet, hogy minden burkolatot érintő



hiba megszűnik, az eljárás teherbírás-növekedéshez is vezet, mivel gyakorlatilag a pályaszerkezet újraépítéséről van szó. Az új pályaszerkezet élettartalmát más, objektív mérésekkel (teherbírás mérés) szükséges megállapítani. A teljes felmért hálózat felújításiköltség-bebecslésének bemutatásától annak terjedelme miatt eltekintünk. A 4. táblázatban szereplő számok tükrében érdemes azonban belegondolni, hogy Magyarországon 1 km új autópálya építési költsége átlagosan 1,5 milliárd Ft (forrás: www.nfi.hu), amennyiből gyakorlatilag a felmért 626 km makadám pályaszerkezetű erdészeti út magas színvonalon felújítható lenne.

ÖSSZEFOGLALÁS

Az útgazdálkodási rendszerekben a döntéseket megalapozó információkat az állapotfelméltkor és a felvett adatok értékelésekor szerezzük be. Az állapotfelmélt és értékelés első ütemében célunk a hálózat állapotának felmérése és a durva diagnózis felállítása. Ennek érdekében az úthálózat pillanatnyi állapotát jellemző állapotparaméterek és forgalmi adatok beszerzése szükséges. A kidolgozott és tesztelt szubjektív állapotfelmélti és állapotértékelési módszer hasznos és hatékony eszköznek bizonyult az erdészeti úthálózatok állapotának bebecslésére.

Az automatizált szubjektív állapotfelmélt gyors, gazdaságos és megbízható adatokat szolgáltat az erdei feltáróutak állapotáról. A burkolati hibák és a pályaszerkezet környezetét leíró paraméterek együttesével jellemzett úttálat pedig már kifejezi, hogy hol és miért kell beavatkozni, valamint a szükséges költségek is jól megbecsülhetők. Hálózati szinten szükséges egyetlen számadattal kifejezni az út állapotát. Ezt a komplex állapotjellemző paramétert csak a felvett hibatípusok szubjektív súlyozásával lehet kialakítani. A komplex állapotjellemző, valamint a forgalmi adatok együttese már lehetővé teszi, hogy az elvégzendő munkák sürgőssége szerint rendezzük a hálózat egyes elemeit. A pénzügyi lehetőségeknek megfelelően pedig ki lehet választani azokat a hálózati elemeket, amelyeken a finom diagnózis felállításához szükséges részletes állapotfelmélt és teherbírás mérést végrehajtjuk.

A felvélti eljárást a Kosztka (1986) által javasolt módon érdemes továbbfejleszteni. Eszerint a szelvényértékekhez csatoltan hang alapú értékelés tárolását kell megoldani, valamint az értékelélt útról olyan képsorozatot vagy videofelmélt kell készíteni, amelyen az állapotjelzők minősítése szelvényhez kötöten elvégezhető.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A tanulmányban bemutatott eredmények a Nyme-ERFARET Nonprofit Kft. és Geomatikai, Erdőfeltárási és Vizgazdálkodási Intézet együttműködése nélkül nem jöhettek volna létre. A szerzők köszönetet mondanak Balázs László tanszéki technikusnak, aki a felmérésekben nélkülözhetetlen segítséget nyújtott.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- Ambrus K. és Pallós I. 2004: Közlekedési létesítmények pályaszerkezetei. BME Építőmérnöki Kar.
- Carey, W. N. and Irick, P. E. 1960: The Pavement Serviceability Performance Concept (250). Technical report, Highway Research Board.
- Csorba Á. 1999: Burkolatfelület állapotának minősítése Roadmaster rendszerrel. ÚT 2-2., 118:1999, Magyar Útügyi Társaság.
- Gáspár L. 2003: Útgazdálkodás. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Koren Cs.; Tánczos L. és Timár A. 2011: A közúthálózat a nemzeti vagyon eleme, vagyongazdálkodás. Közlekedésépítési Szemle, 61 (1): 4-11.
- Kosztka M. 1986: Erdészeti utak fenntartási rendszere. Doktori értekezés, Erdészeti és Faipari Egyetem.
- Kosztka M. 2001: Erdészeti utak fenntartási rendszere. NymE Erdőmérnöki Kar, Sopron.
- Kosztka M. és Péterfalvi J. 1993: Fenntartási feladatok a hazai erdészeti úthálózaton. Erdészeti Lapok, 128 (5): 130-132.
- LeClerc, R. V. and Marshall, T. R. 1970: Washington's pavement rating system: procedures and applications. Washington Dept. of Transportation.
- Markó G. 2006: Informatika az erdészeti feltáróhálózatok tervezésében és nyilvántartásában. Doktori értekezés, Nyugat-magyarországi Egyetem
- Ponniah, J.; Sharma, B.N. and Kazmierowski, T. J. 2001: A Critical Review of an Existing Pavement Condition Rating System. Proceedings of the International Conference on Managing Pavements August 11-14, 2001 Seattle, Washington, USA.

Érkezett: 2012. április 6.

Közlésre elfogadva: 2012. szeptember 3.