

Strategický reporting stavu vozoviek na úrovni cestnej siete

Rozborová úloha

Ondrej Svačina
Bratislava, 10/2019

0 Obsah

0	Obsah	2
1	Úvod.....	5
1.1	Manažérske zhrnutie.....	5
1.2	Cieľ úlohy.....	5
1.3	Vypracovanie úlohy.....	5
1.4	Citačný formát.....	6
1.5	Slovník termínov a skratiek	6
2	Výkonnostné ukazovatele	8
2.1	Úvod	8
2.2	Vízia, cieľ, zámer, politika	8
2.3	Organizácia cestného hospodárstva	9
2.4	Systém hospodárenia s majetkom	10
2.5	Systém merania výkonu.....	11
2.5.1	Miera, metrika, indikátor, KPI	12
2.5.2	Rozdelenie indikátorov.....	12
2.5.3	Atribúty kvality výkonnostných ukazovateľov.....	13
2.6	Úrovne pripravenosti indikátorov	15
3	Analýza metrík a indikátorov.....	17
3.1	Technické indikátory	17
3.2	Premenné technické parametre vozoviek	17
3.2.1	Pozdĺžna nerovnosť, IRI.....	17
3.2.2	Priečna nerovnosť, hĺbka vyjazdených koľají (R)	19
3.2.3	Makrotextúra a mikrotextúra, priemerná hĺbka makrotextúry (MPD).....	20
3.2.4	Pozdĺžne trenie (μ , μ_u).....	21
3.2.5	Unifikovaný index trhlín (UCI).....	22
3.2.6	Únosnosť vozoviek (štruktúrna kapacita)	23
3.2.7	Zvyšková štruktúrna životnosť.....	28
3.3	Stav vozoviek na základe hlavných prehliadok	29
3.4	Sumarizácia metrík I	30
3.5	Indikátory spoločenských nákladov	31
3.5.1	Prevádzkové náklady vozidiel	31
3.5.2	Časové náklady	32
3.5.3	Náklady používateľov ciest	33
3.5.4	Emisie uvoľnené do ovzdušia	33
3.5.5	Dopravná nehodovosť.....	35
3.5.6	Hluk	35
3.5.7	Spoločenské náklady	36
3.6	Indikátory hodnoty majetku	36
3.7	Sumarizácia metrík II	38
3.8	Odvožené metriky.....	38
3.8.1	Priemer vážený dĺžkou alebo plochou.....	39
3.8.2	Priemer vážený dopravným zaťažením.....	39
3.8.3	Vážený rozptyl a smerodajná odchýlka.....	39

3.8.4	Dĺžka a podiel v akceptovateľnom alebo nevyhovujúcom stave	40
3.8.5	Počet voz.km v akceptovateľnom alebo nevyhovujúcom stave	40
3.8.6	Podiel v akceptovateľnom alebo nevyhovujúcom stave podľa dopravného zaťaženia	40
3.8.7	Diskusia	40
4	Prehľad stavu reportingu stavu vozoviek a indikátorov výkonu	41
4.1	Slovensko	41
4.1.1	Prehľad stavu ciest I., II. a III. triedy na základe hlavných prehliadok.....	41
4.1.2	Cestná databanka.....	41
4.1.3	Koncesná zmluva PR1BINA	41
4.1.4	Koncesná zmluva D4R7.....	43
4.2	Spojené štáty americké.....	43
4.2.1	Federálna úroveň USA	43
4.2.2	Účtovný štandard GASB 34, USA.....	47
4.2.3	Štát Washington, USA	48
4.3	Strategická cestná sieť v Anglicku, Veľká Británia.....	50
4.4	Poľsko.....	54
4.4.1	Cestná sieť	54
4.4.2	Systém hodnotenia stavu vozoviek	55
4.4.3	DSN – diagnostika stavu vozoviek	55
4.4.4	Merania diagnostickými zariadeniami.....	57
4.4.5	Indexy – normalizácia metrík.....	60
4.4.6	Kompozitné indexy.....	63
4.4.7	Štatistická analýza na úrovni cestnej siete	64
4.5	Belgicko	65
4.6	Projekt COST 354.....	68
4.7	Výkonnostné ukazovatele OECD	73
5	Návrh KPI a reportingu stavu vozoviek na Slovensku	76
5.1	Navrhované KPI.....	76
5.2	Metodika výpočtu hodnôt KPI.....	76
5.2.1	Ukazovatele KPI01, KPI02 a KPI03	76
5.2.2	Ukazovateľ KPI04	78
5.3	Systém reportingu.....	79
5.4	Analýza aktuálnych hodnôt	79
5.5	Informačný systém monitorovania výkonu cestných komunikácií	84
5.5.1	Aktéri	84
5.5.2	Scenáre	85
5.5.3	Používateľské rozhranie	85
5.5.4	Architektonický koncept	86
6	Návrh ďalšieho postupu.....	87
7	Záver	88
8	Referencie	89
9	Prílohy	96
9.1	Biela kniha dopravy 2011.....	96
9.2	Trans-európska dopravná sieť (TEN-T)	103
9.3	Strategický plán rozvoja dopravy do roku 2030.....	104

9.4	Príklad: Dĺžkovo vážený priemer IRI podľa okresov (cesty I. triedy)	109
9.5	Príklad: Dĺžkovo vážený priemer vyjazdených koľají podľa okresov (cesty I. triedy).....	110
9.6	Príklad: Dĺžkový podiel (%) vozoviek v nevyhovujúcom stave z hľadiska IRI podľa okresov (cesty I. triedy)	110
9.7	Príklad: Dĺžkový podiel (%) vozoviek v nevyhovujúcom stave z hľadiska hĺbky vyjazdených koľají podľa okresov (cesty I. triedy)	111

1 Úvod

1.1 Manažérske zhrnutie

Táto rozborová úloha rieši problematiku merania výkonu činností správcov ciest na vozovkách na strategickej úrovni a navrhuje zavedenie systému merania výkonu spolu s návrhom kľúčových výkonnostných indikátorov pre 1. verziu tohto systému.

V kapitole 2 je najskôr zosumarizovaný kontext problematiky, organizácia cestného hospodárstva, systém merania výkonu, strategické ciele a zámery, kľúčové výkonnostné indikátory a k nim prislúchajúce metriky. Dôležitá súčasť je návrh tzv. úrovni pripravenosti indikátorov, keďže sa navrhuje zaviesť systém monitorovania výkonu inkrementálne. V ďalších verziách by mali postupne ďalej pribúdať sledované kľúčové výkonnostné indikátory.

Výsledky analýzy jednotlivých potenciálne vhodných indikátorov a metrík pre strategické sledovanie výkonu sú popísané v kapitole 3. Najskôr sa popisujú technické parametre a ďalej nad nimi postavené metriky vyčísľujúce náklady používateľov ciest (vodičov, pasažierov, nákladu) a externalít (emisie, hluk, nehodovosť). Ako posledné sú uvedené možné metriky súvisiace s ohodnotením majetku.

Prehľad zavedených indikátorov, systémom merania výkonu a reportingu v niektorých zahraničných krajinách sa nachádza v kapitole 5.

Nasledujúca kapitola 6 rozpisuje návrh na zavedenie 1. verzie systému merania výkonu a strategického reportingu stavu vozoviek na Slovensku, vrátane metodiky na výpočet navrhnutých kľúčových výkonnostných ukazovateľov.

Návrh ďalšieho postupu pri riešení problematiky je stručne opísaný zoznamom v kapitole 6.

1.2 Cieľ úlohy

Cieľom RÚ je navrhnuť strategický reporting a systém merania výkonu podľa ukazovateľov KPI ako súčasti hospodárenia s vozovkami na úrovni cestnej siete. Z pohľadu strategického plánovania opráv je potrebné zhodnotiť aktuálny stav v SR aj vo vzťahu k zahraničiu a zároveň overiť možnosti zavedenia ukazovateľov, ako sú napríklad kľúčové ukazovatele výkonu (KPI).

Úloha zahŕňa:

- zhodnotenie aktuálneho stavu reportingu vozoviek na Slovensku; prehľad prístupov k reportingu v EÚ a USA z hľadiska obsahu, dátových štruktúr, metodiky tvorby, frekvencie a formy,
- analýzu a návrh vhodných strategických kľúčových ukazovateľov výkonu (KPI) pre stav vozoviek na úrovni cestnej siete v podmienkach SR,
- analýzu technických (indexy prevádzkovej spôsobilosti a výkonnosti) a netechnických ukazovateľov (napr. bezpečnosť premávky, dopady na životné prostredie, cestovný čas používateľov a iné), kombinované ukazovatele, majetkové ukazovatele,
- návrh zavedenie systému merania výkonu ako súčasti SHV na úrovni cestnej siete v SR,
- návrh tvorby reportingu na úrovni cestnej siete.

1.3 Vypracovanie úlohy

Túto rozborovú úlohu na základe objednávky Slovenskej správy ciest (SSC) vypracoval Mgr. Ondrej Svačina, spoločnosť Softec, spol. s r. o., ondrejsv@ondrejsv.com, ondrej.svacina@softec.sk.

1.4 Citačný formát

Túto prácu citujte ako:

Ondrej Svačina, Strategický reporting stavu vozoviek na úrovni cestnej siete. Bratislava: Slovenská správa ciest, 2019.

1.5 Slovník termínov a skratiek

Termín / skratka	Význam
AADT	Average Annual Daily Traffic – angl. značka pre RPDI
AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials – Americká asociácia predstaviteľov štátnych ciest a dopravy. Mimovládna organizácia publikujúca špecifikácie, normy, testovacie protokoly a pod. so sídlom vo Washintone, D.C.
AMS	Asset Management System – systém hospodárenia s majetkom
BCI	base curvature index – index krivosti podkladu
E _{ekv}	ekvivalentný modul pružnosti konštrukcie vozovky
ESAL	Estimated Single-Axle Load – odhadované zaťaženie jednou nápravou; bez bližšieho určenia ide o počet opakovaní zaťaženia americkou návrhovou nápravou 80 kN (18 kpi).
FHWA	Federal Highway Administration – Správa federálnych ciest, USA. Divízia Ministerstva dopravy USA.
FWD	Falling Weight Deflectometer – deflektometer s padajúcim závažím; prístroj na meranie priehybov vozovky pod pulznou záťažou.
GPR	Ground penetrating radar – georadar.
IRI	International Roughness Index – medzinárodný index nerovnosti. Technický index pre vyjadrenie miery pozdĺžnej nerovnosti.
KPI	key performance indicator – kľúčový indikátor výkonu
MDV SR	Ministerstvo dopravy a výstavby SR, ako aj jeho predchádzajúce názvy podľa zákona č. 575/2001 Z. z. o organizácii činnosti vlády a organizácii ústrednej štátnej správy
MPD	mean profile depth – priemerná hĺbka profilu; parameter makrotextúry povrchu vozovky
Mu	koeficient pozdĺžneho trenia meraný zariadením Skiddometer BV11
NDS	Národná diaľničná spoločnosť, a. s.
PIARC	Permanent International Association of Road Congresses; v súčasnosti Svetová cestná asociácia (World Road Association). Medzinárodné fórum pre diskusiu rôznych aspektov ciest a cestných sietí.
PMS	Pavement Management System – systém hospodárenia s vozovkami
PSI	Present Serviceability Index – index prevádzkovej funkčnosti (spôsobilosti) zavedený v rámci výskumu AASHTO v 50. - 60. rokoch minulého storočia

psi	pound per square inch (libra sily na palec štvorcový), anglosaská jednotka tlaku a mechanického napätia; 1 psi $\approx$ 6 894,76 Pa.
R alebo RUT	hlbka vyjazdenej koľaje
RUC	Road User Costs – náklady používateľov ciest
rehabilitácia	súhrnné označenie niektorej z metód údržby, opravy alebo rekonštrukcie vozoviek
roughness	pozdĺžne nerovnosti vozoviek s vlnovou dĺžkou 5 – 50 m
RPDI	ročný priemer denných intenzít [voz/deň]
rutting	vyjazdené koľaje alebo hĺbka vyjazdených koľají (podľa kontextu)
SCI	1. surface curvature index – index krivosti povrchu, 2. structural condition index – index štruktúrneho stavu
SHV	systém hospodárenia s vozovkami
SMV	systém merania výkonu
SRI	skid resistance index – index šmykového odporu
SSC	Slovenská správa ciest
TRRL	Transport and Roads Research Laboratory (laboratórium pre výskum dopravy a ciest); pôvodný názov dnešnej firmy TRL, Ltd. Britská konzultačná a výskumná spoločnosť, privatizovaná v 1996.
TSD	Traffic Speed Deflectometer – deflektometer o cestovnej rýchlosti. Zariadenie pre kontinuálne meranie priehybovej charakteristiky vozoviek pri bežnej cestovnej rýchlosti.
UCI	unified crack index – unifikovaný index trhlín
ÚOR	údržba, oprava a (alebo) rekonštrukcia
VOC	Vehicle Operating Costs – prevádzkové náklady vozidiel

2 Výkonnostné ukazovatele

2.1 Úvod

Cestná infraštruktúra predstavuje typicky v súčte jeden z najväčších verejných majetkov v rozvinutých krajinách. O takýto majetok je potrebné sa aj náležite starať, vykonávať pravidelne prehliadky jeho stavu a realizovať procesy údržby, opráv, rekonštrukcií a náhrad.

V celom svete badať veľký tlak na zavedenie podobných rozhodovacích procesov pri hospodárení s majetkom, aké sú zvyčajné v súkromných organizáciách. Prechádza sa od doterajších zotrvačných izolovaných procesov založených na paradigme „expert vie najlepšie“, k riadeniu orientovanému na *klientov*, teda vodičov a v širšom slova zmysle na celú spoločnosť. Všetko pri stagnujúcich alebo zmenšujúcich sa rozpočtoch, ktorými disponujú správckové organizácie. Podobne je viditeľná snaha vládnych organizácií lepšie komunikovať výsledky práce týchto organizácií. Je vhodné, keď sa pozeráme na cestný infraštruktúrny majetok ako na *ekonomické zdroje* poskytujúce *služby verejnosti*. Systémy merania výkonu a výkonnostné indikátory (ukazovatele), ktoré sú ich súčasťou, predstavujú nástroje, prostredníctvom ktorých je možné explicitne merať a komunikovať dovnútra i navonok prácu správcov ciest a usmerňovať túto prácu tak, aby bola v súlade so strategickými cieľmi a zámermi a očakávaním vodičov a celej spoločnosti (v širšom zmysle klientov).

Dôležité je uviesť, že cieľom zavedenia systému merania výkonu nie je predpisovať správcovi, ako má vykonávať svoju prácu. Samotné rozhodovanie, čo robiť a v akom čase, ostáva plne v jeho vlastnej kompetencii. Systém merania výkonu však prepája strategické ciele a zámer, nastavené štátom alebo vlastníkom infraštruktúry a umožňuje vyhodnotiť, či ich správca naplňa alebo sa aspoň posúva žiadaným smerom k ich naplneniu.

2.2 Vízia, cieľ, zámer, politika

Uvádzame definičný popis piatich základných pojmov z oblasti strategického manažmentu, ktoré budú spomínané v ďalšom texte.

Vízia je jasný a stručný popis stavu oblasti, systému alebo organizácie, v ktorom sa má nachádzať z pohľadu jeho vlastníka.

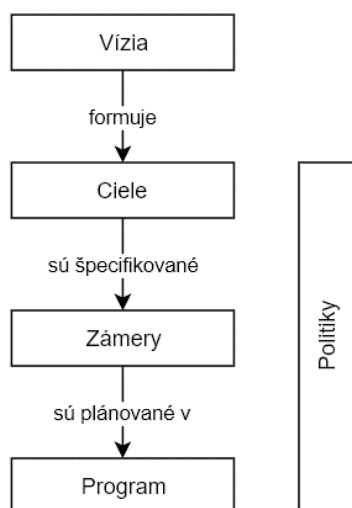
Vízia môže byť niekedy veľmi stručná, dokonca jednovetná, ako napríklad vízia novozélandskej správy ciest: „prevádzkovať bezpečnú a efektívnu štátnu cestnú sieť“ („operate a safe and efficient state highway system“).

(Strategický) cieľ (angl. goal) je očakávaný alebo želaný výsledok (strategicky) naplánovaných činností. Sú typicky pomerne široko opísané a všeobecné.

Zámer (angl. objective) je špecifický, exaktnejší a merateľný výsledok plánovacích procesov. Jeden alebo viacero zámerov predstavuje špecifickejšie popísaný jeden cieľ alebo viacero cieľov.

Program je súhrn konkrétnych akcií, implementáciou ktorých sa majú naplniť naplánované zámer a tým pádom aj (strategické) ciele.

Politika (angl. policy) je súhrn pravidiel, ktorými sa má riadiť implementácia programov a projektov naplňajúcich ciele a zámer.



Obrázok 1 Súvislosti základnej terminológie strategického manažmentu

2.3 Organizácia cestného hospodárstva

Cestné hospodárstvo je organizované hierarchicky. Vyšší výkon celého systému je možné dosiahnuť tak, že ho budeme prevádzkovať niektorými podobnými zásadami, aké sú zavedené v súkromných podnikoch. Na to je potrebné, aby každá zložka mala:

- stanovenú vlastnú zodpovednosť za výkon aktivít,
- zaručenú flexibilitu vo výkone aktivít,
- dostatočnú motiváciu v rámci systému pri plnení kvalitného výkonu.

Na najvyššej úrovni štátne, prípadne nadnárodné zložky (EÚ) určujú hlavné dopravné strategické dokumenty (európska dopravná stratégia a národná dopravná stratégia), v ktorých je popísaná vízia a nej vyplývajúce národné strategické ciele, zámery a politiky, ktoré by mali byť dodržané. Tieto strategické materiály nastavujú smerovanie celého dopravného sektora, teda pre všetky módy dopravy, vrátane ich želaného prerozdelenia a spojenia.

Najvyšší strategický dopravný dokument EÚ predstavuje tzv. biela kniha (White paper), vychádzajúca zvyčajne na začiatku každej dekády. V súčasnosti je platná verzia 2011 [1]. Dôležitým dopravným strategickým dokumentom je aj rozhodnutie o budovaní trans-európskej dopravnej siete (TEN-T). Na štátnej úrovni je strategickým dokumentom Strategický plán rozvoja dopravy SR do roku 2030 – Fáza II z roku 2016 (tzv. masterplan dopravy), vypracovaný ako podmienka čerpania štrukturálnych fondov EÚ. Keďže tieto dokumenty sú dôležité pre budovanie systému merania výkonu, uvádzame ich zhrnutie v prílohách na konci.

Na základe týchto dopravných stratégií EÚ a štát určujú hlavné cestné stratégie, ktorých vízia, ciele, zámery a politiky sa už týkajú primárne cestnej dopravy.

Ciele a zámery sú následne implementované vo forme rôznych plánov a programov, ktoré môžu byť znova hierarchické – európske ciele a zámery majú pripravené programy na úrovni EÚ, pričom konformné štátne ciele a zámery by mali byť plnené v štátnych programoch zrkadliacich európske programy, ale už na nižšej, konkrétnejšej úrovni.

Drvivá väčšina pozemných komunikácií na Slovensku je vo vlastníctve a správe verejného sektora. Je potrebné odlišovať vlastníctvo a správu týchto pozemných komunikácií. V rámci plnení povinností vlastníka a správcu pozemných komunikácií si môžu títo nastavovať ďalšie ciele a zámery alebo spresňovať strategické ciele a zámery určené vyššími úrovňami. Pri nastavovaní vzájomných vzťahov vlastníka-správca sa dojednávajú už typicky aj ciele, zámery a k nim prislúchajúce indikátory výkonu na nižších ako strategických úrovniach – taktických a operatívnych.

2.4 Systém hospodárenia s majetkom

Systém hospodárenia s majetkom (angl. **asset management system, AMS**) je systematický proces údržby, vylepšovania a prevádzky majetku, spájajúci inžinierske princípy s podloženými manažérskymi princípmi a ekonomickým základom a poskytujúci nástroje umožňujúce organizovanejší a flexibilnejší prístup k vykonávaniu rozhodnutí na splnenie očakávaní verejnosti. [2] [3]

Menej formálne ho môžeme charakterizovať ako metodológiu pre efektívne a spravodlivé prerozdelenie vo všeobecnosti nedostatočného objemu prostriedkov medzi opodstatnené a vzájomne konkurenčné potreby. [4]

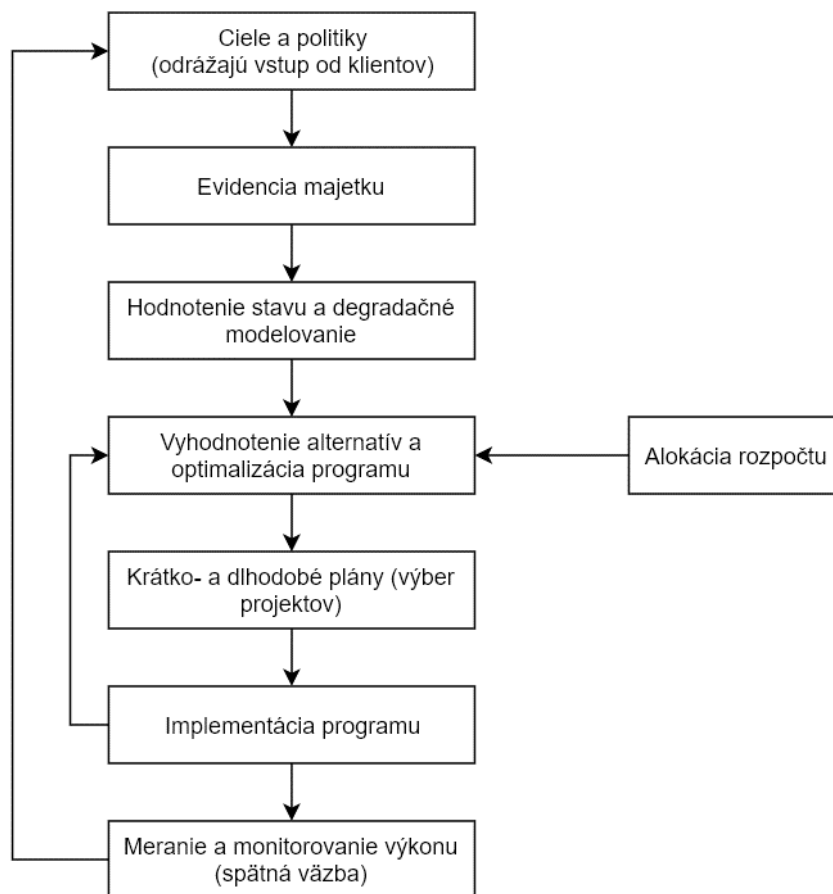
Koncept AMS v cestnom hospodárstve sa začal vo veľkom rozvíjať až od 2. polovice 90. rokov, zhruba od prvého veľkého workshopu venovanému na túto tému v septembri 1996 organizovaného organizáciami AASHTO a FWHA [3].

Hlavným cieľom AMS je optimalizovať manažment infraštruktúry pod rozpočtovými obmedzeniami, a to so zohľadnením správnej praxe v oblasti riadenia, inžinierstva a technológií.

Oproti špecializovaným systémom hospodárenia, ako je systém hospodárenia s vozovkami, mostami, tunelmi, dopravným značením a pod., je úloha AMS efektívne balansovať a objektívne rozdeľovať disponibilné prostriedky medzi všetky tieto druhy infraštruktúrneho majetku tak, aby boli naplnené zadané strategické ciele a zámery.

AMS pozostáva z niekoľkých komponentov: cieľov a politík odrážajúcich záujmy klientov (používateľov ciest a spoločnosti vo všeobecnosti), evidencie majetku, hodnotenia stavu majetku a modelovania stavu, modulu pre porovnávanie alternatív a optimalizáciu programov, krátkodobých a dlhodobých plánov, implementácie programov a spätno-väzobného mechanizmu realizovaného prostredníctvom systému merania a monitorovania výkonu.

Meranie výkonu cez výkonnostné indikátory je tak prítomné vo všeobecnom rámci AMS od začiatku, kedy sú strategické ciele, zámery a politiky zhmotnené do výkonnostných indikátorov, cez stred kedy sa programové plány vytvárajú a ladia tak, aby boli naplnené cieľové hodnoty indikátorov, až po koniec, kedy prichádza k vyhodnoteniu indikátorov po implementácii programu ako spätná väzba k úspešnosti programu vzhľadom na naplnenie strategických cieľov a zámerov, s ich prípadnou úpravou.



Obrázok 2 Komponenty všeobecného systému hospodárenia s majetkom (upravené podľa materiálov americkej FHWA v [5])

2.5 Systém merania výkonu

Systém merania výkonu (SMV; angl. performance monitoring system) je množina procesov, metodík a nástrojov na meranie výkonu procesov organizácií.

Umožňuje:

1. merať efektivitu systému hospodárenia s majetkom a organizácie ako takej,
2. posudzovať a vyhodnocovať dosiahnuté ciele v súvislosti s plnením zadaných cieľov,
3. smerovať rozhodovacie procesy k naplneniu cieľov a zámerov,
4. porovnávať dosahovaný výkon medzi jednotlivými organizáciami.

Meranie výkonu je realizované typicky formou tzv. *výkonnostných indikátorov* (indikátorov výkonu), čo sú dobre zadefinované veličiny odvodené z merateľných údajov vyjadrujúce mieru úspešnosti organizácie alebo nejakého procesu pri plnení cieľov. Nevyhnutná súčasť výkonnostného indikátora je cieľová hodnota alebo minimálne cieľový trend, pokiaľ nie je možné stanoviť cieľovú hodnotu.

Výkonnostné indikátory sú *nutne zviazané s cieľmi a zámermi*. Priamo alebo nepriamo indikujú, či boli naplnené alebo či organizácia alebo proces sú na ceste k ich naplneniu. Formujú plány, zoznamy úloh a ich implementačné procesy tak, aby viedli k plneniu cieľov a zámerov. Poskytujú po implementácii potrebnú spätnú väzbu pre manažment. Súčasne spätne môžu ovplyvňovať ciele a zámer – ich reformulácia alebo úprava môže byť potrebná, pokiaľ sa ich nedarí naplňať alebo naopak, boli splnené napríklad predčasne.

Pohľad na výkonnostné indikátory umožňuje organizácii sledovať, v akom stave sa nachádza. Súčasne poskytuje transparentný pohľad do verejných organizácií, ako sa investície vo forme verejných prostriedkov pretavujú do vylepšenia infraštruktúry a spoločnosti ako celku.

Systém merania výkonu a výkonnostné indikátory poskytujú aj vhodnú *formu jednotného komunikačného jazyka* medzi rôznymi aktérmi – od cestmajstrov, technikov, manažment až po vlastníkov, dohľadové orgány a verejnosť. Všetci účastníci vzťahov v cestnom hospodárstve môžu porozumieť procesom a dosahovaným výsledkom pri správe ciest práve formou výkonnostných indikátorov.

Ďalej sa budeme v texte zaoberať výlučne systémami merania výkonu orientovanými na stav *cestných vozoviek*.

Dôležitá súčasť systému merania výkonu je pravidelné vyhodnocovanie indikátorov a ich reportovanie, ktoré sa realizuje kvôli:

- mechanizmu spätnej väzby pre interný manažment správcov ciest,
- hodnoteniu práce manažmentu a pracovníkov v systémoch riadenia orientovanom na výsledky a výkon (angl. performance oriented management, management by goals),
- vyhodnoteniu efektívnosti spotreby verejných prostriedkov,
- reportovaniu stavu cestnej siete vlastníkom a nadriadeným organizáciám (ministerstvo dopravy, vláda SR, NR SR),
- reportovaniu verejnosti zrozumiteľné informácie o stave ciest v záujme transparentnosti.

2.5.1 Miera, metrika, indikátor, KPI

Miera (angl. measure) je priamo meraná veličina v objektívnej realite. V SHV má typicky formu tzv. *technického parametra* – veličiny vyjadrujúcej fyzickú charakteristiku vozovky, meranej diagnostickými zariadeniami alebo pozorovaním.

Metrika (angl. metric) je veličina odvodená z miery alebo mier, v ideálnom prípade explicitnými vzorcom. Metrika môže byť vyjadrená vo forme **indexu**, teda bezrozmernej veličiny.

Indikátor (ukazovateľ) je metrika vytvorená za účelom pravidelného vyhodnocovania a sledovania jej hodnôt. Má určenú cieľovú hodnotu alebo aspoň želaný trend. Výkonnostný index je indikátor vo forme indexu.

Výkonnostný indikátor je indikátor vytvorený pre sledovanie výkonu procesu alebo organizačnej jednotky.

Kľúčový výkonnostný indikátor (KPI) je výkonnostný indikátor, ktorý bol vytvorený pre sledovanie výkonu kľúčových procesov alebo je kľúčovým (rozhodujúcim) pre sledovanie výkonu procesov alebo organizačnej jednotky.

2.5.2 Rozdelenie indikátorov

Z pohľadu **perspektívy** (záujmu) a vzťahu k relevantnému cieľu môžeme indikátory rozdeliť na týkajúce sa (podľa [6]):

1. štátu, vlády, vlastníka (napr. priemerné náklady používateľov na 1 km, hodnota majetku),
2. správcu ciest (napr. miera pozdĺžnych nerovností, miera prečerpávania projektov),
3. používateľov ciest (napr. úroveň spokojnosti s cestovným časom, riziko zraniteľných účastníkov cestnej premávky).

Z pohľadu **úrovne systému hospodárenia s majetkom** a v kontexte **úrovne cieľov a zámerov**, na ktoré sú naviazané, na:

1. **strategické** – najvyššia úroveň, typicky nastavované na európskej alebo národnej úrovni alebo na úrovni vlastníka, súvisiace s plnením strategických cieľov a zámerov vplyvujúcich na široké spoločenské vzťahy (napr. priemerné ročné jednotkové náklady používateľov),
2. **taktické** – stredná úroveň, zviazané typicky s plnením stredno- a krátkodobých plánov a programov v systémoch hospodárenia s majetkom,
3. **operatívne** – najnižšia úroveň, týkajúca sa denno-dennej rutinej prevádzky (napr. stredná doba reakcie opravy výtlkov, maximálny čas odstránenia následkov dopravných nehôd).

V súlade so zadaním sa budeme ďalej zaoberať len indikátormi na *strategickej* úrovni týkajúcich sa *vozoviek*.

2.5.3 Atribúty kvality výkonnostných ukazovateľov

Na jednotlivé výkonnostné ukazovatele kladieme isté požiadavky v záujme dosiahnutia požadovanej kvality SMV. Základné požiadavky sú zhrnuté v nasledujúcej tabuľke:

Požiadavka	Popis
relevantné	Ukazovateľ musí byť spojený s definovanými cieľmi a zámermi.
jasne definované	Ukazovateľ musí mať jasný predpis na výpočet jeho hodnoty.
opakovateľné	Opakované vyhodnotenie ukazovateľa pri nezmenených vstupných podmienkach musí vracať rovnakú hodnotu.
ekonomicky efektívne	Náklady na vyhodnotenie ukazovateľa musia byť ekonomicky opodstatnené vo vzťahu k jeho prínosom.
časovo dostupné	Vyhodnotenie ukazovateľa nesmie presiahnuť časový rámec užitočnosti jeho hodnoty.
ovplyvniteľné	Sledovaná organizácia musí byť schopná svojou vlastnou činnosťou ovplyvniť hodnotu ukazovateľa.
konzistentné	Ukazovatele musia byť vzájomne konzistentné, tzn. neodporujúce si a ideálne neprekývajúce sa a doplňujúce sa.
predpovedateľné	Hodnoty ukazovateľov je možné predpovedať v dohľadnej budúcnosti podľa potreby. Splnenie tejto požiadavky je vhodné, avšak nie nevyhnutné.

2.5.3.1 Relevantnosť

Každý výkonnostný ukazovateľ musí byť previazaný s jedným alebo viacerými stanovenými cieľmi alebo zámermi. Nie je každá metrika je automaticky indikátor. Pomerne často opakovanou chybou je voľba ľahko vypočítateľných metrík za výkonnostné ukazovatele; a to len z dôvodu, že ich hodnoty sú v podstate k dispozícii „zadarmo“.

Na validáciu relevantnosti nám slúžia matice indikátor-cieľ, ktoré zachytávajú vzťah medzi indikátorom a cieľom.

Príklad metriky s otáznym previazaním na cieľ je *hustota diaľnic na 1000 km²* používaná ako jediný ukazovateľ na zhodnotenie zaostávania Slovenskej republiky v medzinárodnom porovnaní pre účely prioritizácie kontrolnej činnosti Národného kontrolného úradu SR [7]:

Tab. 4: Medzinárodné porovnanie pre strategické oblasti

Strategická oblasť	Ukazovateľ	Rok	SR	EÚ28	Miera zaostávania SR voči EÚ* (%)
Efektívna a transparentná verejná správa	Nezávislosť súdnictva – nezávislosť súdneho systému vnímaná ako veľmi alebo celkom dobrá (% populácie)	2018	29,00	56,00	193,1 %
Dopravná štruktúra	Hustota diaľnic na 1000 km ²	2016	9,00	22,30	247,8 %
Informačno-komunikačné technológie	DESI (skóre)	2018	49,50	54,00	109,1 %

Obrázok 3 Nevhodne volený ukazovateľ v danom kontexte (prebraté z [7])

Hustota diaľnic ako jediný ukazovateľ len ťažko vypovedá o celkovom zaostávaní dopravnej infraštruktúry ako celku, dokonca ani špeciálne o zaostávaní cestnej infraštruktúry. Tento ukazovateľ zvykne silno korelovať s hustotou zaľudnenia krajiny alebo regiónu (menej zaľudnené krajiny majú plošnú hustotu cestnej siete nižšiu, čo neznamena, že nevyhnutne zaostávajú za krajinami s vyššou plošnou hustotou). Navyše je spochybiteľné aj medzinárodné porovnanie hodnôt tohto ukazovateľa, keďže každá krajina má špecifický systém kategorizácie jednotlivých typov ciest (na Slovensku by bolo vhodné napríklad zaradiť do výpočtu aj rýchlostné cesty, ktoré sú dopravne takmer ekvivalentné diaľniciam; naopak vo Švajčiarsku nie, keďže niektoré rýchlostné cesty (Autostrasse) sú trvalo smerovo nedelené).

2.5.3.2 Jasná definícia

Metrika ukazovateľa musí mať jasný metodický predpis, ako sa počíta. Nesmú existovať žiadne pochybnosti alebo nejednoznačnosti pri vyhodnotení. Všetky vstupné dáta, ktoré sú požadované na výpočet hodnoty metriky, musia byť popísané a mali by k nim existovať validačné vstupné podmienky popisujúce atribúty kvality vstupných údajov. Údaje, ktoré ich nesplňujú, sa musia z hodnotenia vylúčiť. Pokiaľ je možné metriku vyhodnotiť aj zo zvyšných údajov, musia sa s hodnotou indikátora popísať aj vylúčené údaje a uviesť ich rozsah (napr. % podiel). Na objem nevalidných vstupných dát môže byť kladená aj generálna požiadavka s hrozbou sankcií, ak sú dodávané externe.

2.5.3.3 Opakovateľnosť

Metriky a ich podkladové miery musia spĺňať podmienku opakovateľnosti. Za inak nezmenených podmienok v objektívnej realite musí metrika indikátora vrátiť rovnakú hodnotu, prípadne hodnotu v špecifikovanej tolerancii.

Je zrejmé, že problém opakovateľnosti sa týka predovšetkým podkladových mier, ktoré sú merané zariadeniami alebo prístrojmi, ktoré nedosahujú dostatočnú opakovateľnosť.

2.5.3.4 Ekonomická efektivita

Vyhodnotenie indikátora musí byť ekonomicky efektívne, presnejšie ekonomicky opodstatnené, čo znamená, že ekonomické náklady na vyhodnotenie musia byť primerané k prínosu tohto ukazovateľa.

Najvyššie náklady pri vyhodnotení indikátorov bývajú na zabezpečenie vstupných údajov (podkladových mier), čo v prípade hodnotenia vozoviek sú typicky merania diagnostickými zariadeniami.

2.5.3.5 Časová dostupnosť

Časový interval pre vyhodnotenie indikátora nemôže byť dlhší, ako časový rámec určujúci potrebu jeho disponibility. Tento časový rámec určujú buď termíny a možnosti

manažerských rozhodovacích procesov, do ktorých indikátor vstupuje alebo dobou expirácie samotného ukazovateľa.

2.5.3.6 Konzistentnosť

Indikátory v rámci SMV si nesmú vzájomne svojimi cieľovými hodnotami odporovať. Táto situácia môže v praxi nastať, nakoľko sa stáva, že strategické ciele si do istej miery vzájomne odporujú (napr. ciele bezpečnej a súčasne čo najrýchlejšej dopravy, zabezpečenie dostatočne drsných povrchov kvôli bezpečnosti a súčasne eliminácia hluku z cestnej dopravy).

Cieľové hodnoty musia byť nastavené tak, aby bolo reálne naplniť všetky ukazovatele v SMV.

2.5.3.7 Ovpływiteľnosť

Organizácia musí mať možnosť hodnotu ukazovateľa ovplyvniť, a to minimálne mierou nad štatistickú chybu pri vyhodnotení. Pokiaľ je daná aj cieľová hodnota ukazovateľa, malo by byť zrejmé, do akej miery (časti) ukazovateľa je jednotka schopná svojou činnosťou hodnotu ukazovateľa ovplyvniť.

Napríklad veľmi populárne ukazovatele vzťahujúce sa k zníženiu dopravnej nehodovosti (napr. počet smrteľných dopravných nehôd) sú príkladmi, kedy nie je v silách správcu, ba ani čisto rezortu dopravy, možné hodnoty ukazovateľa dostať na cieľové hodnoty. Správca môže zabezpečiť kvalitnejšie povrchy ciest (drsnejšie), eliminovať nevhodné smerové pomery cesty, zmeniť dopravné značenie a pod., ale nemôže napríklad vynucovať dodržiavanie maximálnej povolenej rýchlosti na miestach, kde by to bolo potrebné.¹

Ďalším príkladom môže byť ukazovateľ nákladov používateľov. Správca vie ovplyvňovať čiastočne hodnoty ukazovateľa, avšak nie úplne – rezort dopravy napríklad nemá vplyv na určovanie cien pohonných hmôt alebo mzdových nákladov používaný pri hodnotení časových strát.

2.5.3.8 Predpovedateľnosť

Niektoré indikátory majú vlastnosť schopnosti predikcie ich hodnôt, aspoň v krátkodobom horizonte. Táto vlastnosť je užitočná, hoci nie je nevyhnutná.

Je možné využiť prediktívne modely hodnôt indikátorov na určenie dlhodobejšieho výhľadu plnenia indikátorov a tým aj strategických cieľov a zámerov.

2.6 Úrovně pripravenosti indikátorov

Zvyšok RÚ sa zaoberá prehľadom a analýzou možných strategických indikátorov výkonu vozoviek na úrovni cestnej siete.

Niektoré potenciálne vhodné a účelné výkonnostné indikátory nie sú ešte pripravené na zavedenie do prevádzky z rozličných dôvodov, najčastejšie ich metriky sa zatiaľ nedajú vyhodnotiť na Slovensku uspokojivo z ekonomického alebo časového hľadiska alebo ešte nie je dostatočne preukázaný vzťah medzi metrikou a strategickým cieľom.

Z tohto dôvodu sú indikátory kategorizované do troch tzv. úrovní pripravenosti:

Úroveň 1	Zavedenie indikátora je možné v krátkej dobe (cca 1 rok). Navrhovaný indikátor má splnené všetky alebo takmer všetky atribúty kvality, a tie, ktoré splnené nemá, je možné splniť v krátkej dobe.
-----------------	---

¹ Do budúcnosti by bolo vhodné uvažovať nad rozšírením kompetencií rezortu dopravy v oblasti bezpečnosti cestnej premávky na úkor ministerstva vnútra.

Úroveň 2	Indikátor nespĺňa zatiaľ niekoľko atribútov kvality, ale je možné očakávať jeho zavedenie v priebehu niekoľkých rokov.
Úroveň 3	Indikátor nespĺňa zatiaľ niekoľko atribútov kvality a nie je možné zatiaľ odhadnúť časový horizont ich splnenia. Môže sa ešte vyžadovať aj ďalší rozsiahlejší teoretický a experimentálny výskum, korelačné, regresné a verifikačné merania a pod.

3 Analýza metrík a indikátorov

V tejto kapitole je popísaná analýza základných potenciálne vhodných strategických výkonnostných indikátorov spolu s ich metrikami.

3.1 Technické indikátory

Technické indikátory poskytujú pohľad na stavebno-technický stav vozoviek. Môžu to byť buď individuálne premenné parametre vozoviek merané diagnostickou technikou, stav vozoviek zisťovaný hodnotením z prehliadok alebo ich rôzne kombinácie (v princípe zložené metriky).

Tieto ukazovatele súvisia s prevádzkovou spôsobilosťou (napr. IRI, hĺbka vyjazdených koľají) alebo výkonnosťou vozoviek (napr. ekvivalentný modul pružnosti, výskyt sieťových trhlín).

3.2 Premenné technické parametre vozoviek

Premenné technické parametre predstavujú miery a metriky, ktoré priamo merajú fyzické charakteristiky vozoviek meniace sa v čase pôsobením zaťaženia alebo sú primárne odvodené z takýchto veličín.

Na Slovensku schválená rezortná legislatíva a aplikačná prax rozoznáva premenné technické parametre:

- nerovností vozoviek – pozdĺžnej (IRI) a priečnej (R),
- šmykového odporu (μ , MPD),
- porúch povrchu vozovky – výskyt trhlín (UCI),
- únosnosti (priehybová krivka, E_{ekv} , BCI/SCI).

3.2.1 Pozdĺžna nerovnosť, IRI

Pozdĺžne nerovnosti vozoviek majú rozhodujúci vplyv na vertikálne vibrácie vozidla, a preto veľmi dobre korelujú s komfortom jazdy a subjektívnym hodnotením vodičov a pasažierov na kvalitu cesty, rovnako tak s opotrebovaním vozidiel. Majú vplyv aj na bezpečnosť jazdy (styk pneumatika-vozidlo); veľa štúdií preukázalo pozitívne korelácie IRI (pozri nižšie) s dopravnou nehodovosťou (napr. [8], [9], [10], [11]). So zväčšujúcou sa pozdĺžnou nerovnosťou narastajú prevádzkové náklady vozidiel (spotreba pohonných hmôt, mazív atď. [12], [13]) a emitovaný objem exhalátov [14]. Rovnako narastá zaťaženie vozovky účinkom dynamických síl [15] spôsobujúcich rýchlejšie opotrebovanie vozovky a rozvoj porúch [16].

Pod pozdĺžnymi nerovnosťami máme na mysli odchýlky povrchu vozovky od teoretického profilu v pozdĺžnom smere (smere jazdy) o vlnových dĺžkach medzi 0,5 m až 50 m (angl. *roughness*).

Pozdĺžne nerovnosti v praxi kvantifikujeme prostredníctvom sumárnych štatistík, ktoré sa počítajú z nameraného profilu vozovky. Existuje viacero takýchto štatistík, ako napríklad kvadratický priemer vertikálnej akcelerácie (RMSVA), rozptyl sklonu (SV), miera nerovností (C) [17] a medzinárodný index pozdĺžnej nerovnosti (IRI).

IRI reprezentuje pravdepodobne najpoužívanejšiu formu vyjadrenia miery pozdĺžnej nerovnosti a tento index je aj odporúčaný Svetovou bankou. Rovnako slovenská rezortná legislatíva (TP 056 [18]) uvažuje pri hodnotení pozdĺžnych nerovností len s IRI. **IRI** (international roughness index) je sumárna štatistika na úsekoch fixnej dĺžky počítaná zo simulácie prejazdu referenčného štvrtvozidla nad nameraným profilom vozovky.

Na Slovensku meria profil vozovky a vyhodnocuje IRI pre potreby úrovne cestnej siete SHV Slovenská správa ciest podľa plánu meraní na diaľniciach, rýchlostných cestách, cestách I. triedy (raz ročne) a cestách II. triedy (1/2 za rok). SSC vlastní

a prevádzkuje laserový inerciálny profilometer Profilograph GE od firmy Greenwood. Pri vyhodnotení sa počíta IRI pre 13 paralelných profilov zaznamenanými samostatnými lasermi (č. 2 až 14) a maximálne z nich je použité ako reprezentatívna hodnota pre vyhodnocovaný úsek o dĺžke 20 m. Pre systém merania výkonu je dôležité, že pri použití laserových inerciálnych profilometroch má IRI vynikajúcu opakovateľnosť.

Predpis TP 056 [18] tiež určuje klasifikačnú stupnicu IRI:

Klas. index	D/RC	Cesty	MK
1	< 1,9	< 1,9	< 3,3
2	1,9 – 3,3	1,9 – 3,3	3,3 – 5,0
3	3,3 – 5,0	3,3 – 5,0	5,0 – 8,0
4	5,0 – 8,0	5,0 – 10,0	8,0 – 14,0
5	> 8,0	> 10,0	> 14,0

Tieto klasifikačné intervaly sa na základe hlbšej analýzy, používaných stupniciach v iných krajinách a výsledkoch najnovšieho výskumu ukazujú ako príliš mierne. Napríklad v menej prísnej navrhovanej transformačnej funkcii projektu COST 354 sa hodnoty IRI nad 4,9 mm/m považujú už na diaľniciach aj cestách I. triedy za havarijný stav (v prísnejšom variante už hodnoty nad 3,2 mm/m), kým podľa TP 056 tieto hodnoty ešte spadajú do stupňa 3, teda hodnotia sa ako vyhovujúci stav. Podobne, hodnoty nad 2,7 mm/m v americkom federálnom hodnotení MAP-21 patria do zlého stavu, teda stupňov 4 a 5. Podľa TP 056 je hodnota 2,7 mm/m ešte dokonca v stupni 2, teda taká vozovka sa hodnotí ako v dobrom stave. Na štátnych cestách v štáte Washington sa hodnotí ako havarijný stav (stupeň 5) IRI nad 5,1 mm/m; podľa TP 056 sú takéto vozovky len veľmi tesne nevyhovujúce (stupeň 4). Záverom analýzy korelácií pozdĺžnych nerovností a dopravnej nehodovosti v Austrálii je odporúčanie na udržiavanie hodnôt IRI pod 1,9 mm/m [11]. Súčasne platná norma ČSN 73 6175:2015 v ČR stanovuje klasifikačné stupne [19]:

Klas. index	IRI
1	< 1,9
2	1,9 – 3,0
3	3,1 – 4,2
4	4,3 – 6,3
5	> 6,3

V Poľsku platia na Národnej cestnej sieti nasledovné limity pre IRI [20]:

Klas. index	Diaľnice, RC, hlavné cesty s rýchlou premávkou (trieda GP ²)	Ostatné vyššie cesty (trieda G)
A (dobrý)	< 2,0	< 3,0
B (dostatočný)	2,0 – 4,3	3,0 – 5,0

² pozri kap. 4.4

C (nedostatočný)	4,4 – 5,7	5,1 – 6,6
D (zlý)	> 5,7	> 6,6

Klasifikácia v TP 056 sa vykonáva zvlášť podľa kategórií pozemných komunikácií, a to zvlášť pre diaľnice a rýchlostné cesty, cesty a miestne komunikácie. Klasifikačné intervaly sú odvodené na základe indukovaných vertikálnych vibrácií vozidla a vertikálnych síl pôsobiacich na styku kolesa a vozovky, ktoré sú za všetkých ostatných podmienok závislé od rýchlosti vozidiel. Klasifikačné stupne by mali byť teda určené skôr prostredníctvom maximálnej povolenej alebo typickej cestovnej rýchlosti. Takéto delenie priznávajú napríklad technické predpisy v ČR (> 50 km/h, ≤ 50 km/h) alebo vo Švédsku (8 úrovní rýchlosti medzi 50 – 120 km/h).

Viac o problematike je možné nájsť v [21], [22], [23], [24] a [25] (v poslednom sú aj sumarizované klasifikačné stupnice IRI používané vo svete).

Tento parameter je vhodný a veľmi prínosný pre sledovanie stavu vozoviek na úrovni cestnej siete z celkového hľadiska.

Keďže použitý laserový profilometer má obmedzený záber zhruba na šírku jedného jazdného pruhu, pre účely sledovania výkonu je potrebné použiť *priemer* hodnôt IRI zo všetkých jazdných pruhov, a to pri vyhodnocovanom intervale 20 m.

3.2.2 Priechna nerovnosť, hĺbka vyjazdených koľají (R)

Hĺbka vyjazdenej koľaje (rutting, R alebo RUT) v stope vozidla je zvislá vzdialenosť najnižšieho bodu v stope od úsečky spájajúcej dva najvyššie body v tejto stope (okraje koľaje).

Vyjazdené koľaje sú subjektívne nepríjemným javom pre vodičov spôsobujúcim vyššiu únavu vodičov. Pri intenzívnejších zrážkach sa vnútri koľají zdržiava voda, ktorá pri vyšších rýchlostiach môže spôsobiť aquaplaning ako vyvolávací faktor dopravnej nehody. Potenciál aquaplaningu sa podľa laboratórnych testov prejavuje od hĺbky koľaje cca 7,6 mm [26], v praxi sa ukázali ako kritické hĺbky od cca 10 mm [10], [11]. Je možné teoretizovať, že dopravnú nehodovosť ovplyvňuje hĺbka vyjazdenej koľaje za dažďa len do istej hranice, nakoľko pri výskyte hlbokých koľají viditeľných voľným okom majú vodiči tendenciu znižovať rýchlosti. Od tejto hranice začína dopravná nehodovosť zmierňovať svoj rast alebo stagnuje (sigmoidný model, [10]) alebo dokonca začína platiť inverzná korelácia (zvyšujúca sa hĺbka koľaje znižuje dopravnú nehodovosť) [8], [9]. Výsledky výskumov a analýz nie sú úplne jednoznačné [27], [28].

Na Slovensku sa meranie hĺbky koľaje vykonáva súčasne so zberom profilu vozovky pre výpočet IRI podľa TP 056 [18]. Tento predpis tiež určuje klasifikačnú stupnicu:

Klas. index	D/RC	Cesty	MK
1	< 5,0	< 5,0	< 10,0
2	5,1 – 10,0	5,1 – 10,0	10,0 – 15,0
3	10,0 – 15,0	10,0 – 15,0	15,0 – 20,0
4	15,0 – 20,0	15,0 – 25,0	20,0 – 30,0
5	> 20,0	> 25,0	> 30,0

Parameter je vhodný pre sledovanie stavu vozoviek na úrovni cestnej siete hlavne z pohľadu bezpečnosti cestnej premávky.

Pre účely sledovania výkonu sa bude používať *maximum* zo všetkých jazdných stôp na vozovke (jazdnom páse) vo vyhodnocovanom intervale 20 m.

3.2.3 Makrotextúra a mikrotextúra, priemerná hĺbka makrotextúry (MPD)

Makrotextúrou vozovky označujeme priestorovú organizáciu (morfologické usporiadanie) jednotlivých zŕn kameniva na povrchu vozovky; ide o odchýlky profilu povrchu vozovky o vlnovej dĺžke medzi 0,5 mm až 5 mm a amplitúdou 0,1 mm až 20 mm, typicky merané v pozdĺžnom smere.

Makrotextúra vozovky je potrebná pre rýchly odvod zrážkovej vody z jej povrchu a má vplyv na protišmykové vlastnosti zvlášť pri vyšších rýchlostiach vozidiel (> 40-50 km/h; hysterézne zložky šmykového odporu) [29], kde jej hĺbka koreluje s dopravnou nehodovosťou (napr. [30]).

Mikrotextúrou vozovky myslíme súhrn výčnelkov na jednotlivých zrnách kameniva, teda či sú zrná hladké alebo drsné; ide o odchýlky profilu povrchu o vlnovej dĺžke 0,001 mm až 0,5 mm a amplitúdou 0,001 mm až 0,2 mm.

Mikrotextúra vozovky ovplyvňuje jej protišmykové vlastnosti predovšetkým adhéznou zložkou, a to pri nižších rýchlostiach a za sucha.

Jedným z technických parametrov popisu makrotextúry je jej **priemerná hĺbka** (mean profile depth, **MPD**). Na Slovensku sa jej meranie vykonáva laserovým inerciálnym profilometrom Profilgraph GE súčasne so zberom profilu vozovky podľa TP 056 [18] a TP 025 [31]. Na meranie sa používa jeden vyhradený laser.

V STN 73 6195 [32] je navrhnuté hodnotenie:

Hodnotenie	maximálna povolená rýchlosť [km/h] v		
	$v \leq 50$ km/h	$50 < v \leq 90$ km/h	$v > 90$ km/h
vyhovuje	> 0,40	> 0,55	> 0,70
nevyhovuje	$\leq 0,40$	$\leq 0,55$	$\leq 0,70$

Pre porovnanie v Estónsku sa navrhujú nasledovné limity podľa maximálnej povolenej rýchlosti a RPDÍ (vyššie RPDÍ implikuje viac potenciálne kolíznych situácií) [30]:

RPDI	maximálna povolená rýchlosť [km/h]			
	110	90	70	50
< 500	≥ 0,40	≥ 0,35	≥ 0,30	≥ 0,25
500 – 1000	≥ 0,40	≥ 0,35	≥ 0,30	
1000 – 5000	≥ 0,40	≥ 0,35		
> 5000	≥ 0,40			

Alternatívne sa navrhuje limitná hodnota 0,4 mm na celej cestnej sieti, tzn. vozovky s MPD nižším ako 0,4 mm nevyhovujú.

V Poľsku sa makrotextúra hodnotí parametrom MTD (priemerná hĺbka textúry) podľa normy PN-EN 13036-1:2010 (hoci sa meria MPD laserom na profilometri ako na Slovensku). Klasifikačná stupnica s hraničnými hodnotami MTD spolu s prepočítanými hodnotami MPD podľa vzťahu $MTD \approx ETD = 0,2 + 0,8 \cdot MPD$ vyzerá nasledovne [33]:

Stupeň	MTD	MPD
A/B	1 mm	1 mm
B/C	0,8 mm	0,75 mm
C/D	0,6 mm	0,35 mm

Na Novom Zélande, v Quebecu a v Južnej Austrálii sa hodnotí makrotextúra tiež parametrom MTD (piesková metóda) a limitné hodnoty spolu s prepočítanými hodnotami na parameter MPD podľa vzťahu $MTD = 0,79 \cdot MPD + 0,23$ sú tieto [34]:

krajina	MTD	MPD
Nový Zéland	0,9 mm	0,84 mm
Quebec	0,6 mm	0,45 mm
Južná Austrália	0,8 mm (diaľnice) / 0,4 mm (cesty)	0,72 mm (diaľnice) / 0,22 mm (cesty)

Navrhujeme v rámci systému merania výkonu použiť zatiaľ dvojstupňovú distribučnú metriku (vyhovujúci/nevyhovujúci stav) s limitnými hodnotami určenými podľa normy STN 73 6195 [32].

Parameter MPD je vhodný pre sledovanie stavu vozoviek na úrovni cestnej siete ako jeden z indikátorov bezpečnosti cestnej premávky (pozri aj ďalšiu kapitolu o pozdĺžnom trení).

Pre účely sledovania výkonu sa bude používať *minimum* zo všetkých jazdných pruhov na vozovke (jazdnom páse) vo vyhodnocovacom intervale 20 m.

Pre meranie mikrotextúry nie je zatiaľ žiadne dostupné výkonové zariadenie, aj keď isté nádeje sa vkladajú do laserového snímania povrchu vozovky (profilu) s veľmi vysokým rozlíšením. Je potrebné tieto trendy ďalej sledovať.

3.2.4 Pozdĺžne trenie (μ , μ_u)

Súčiniteľ pozdĺžneho šmykového trenia (μ) slúži ako charakteristika šmykového odporu; definovaný je ako podiel tangenciálnej sily na styku kolesa s vozovkou pôsobiacej proti pohybu vozidla a normálovej sily zaťaženia vozidla. Vzhľadom na materiálové charakteristiky pneumatiky a komplexnej interakcie na rozhraní koleso/vozovka, nie je tento súčiniteľ vlastnosťou len samotnej vozovky alebo pneumatiky, ale závisí napríklad aj od rýchlosti vozidla, vlhkostných parametrov a teploty vozovky. [15]

SSC vlastní a prevádzkuje zariadenie Skiddometer Friction Tester BV11, ktoré meria veľkosť **pozdĺžneho šmykového trenia** (výstupný parameter μ_u) s preklzom testovacej pneumatiky 17 %. Meranie a spracovanie sa vykonáva podľa TP 025 [31]. Zariadenie bolo vyvinuté pre meranie drsnosti letiskových vozoviek, avšak je normované aj pre meranie cestných vozoviek (STN P CEN/TS 15901-12 [35]). Norma a TP 025 sa však rozchádzajú v niektorých podmienkach (napr. rýchlosť podľa normy musí byť konštantná 70 ± 5 km/h a hrúbka vodného filmu musí byť 0,5 mm [36]). Výhodou merania je, že zachytáva charakteristiku šmykového odporu komplexne, hodnotí kvalitu mikrotextúry aj makrotextúry súčasne.

Meranie je však náročné na realizáciu. Kapacita nádrže pri kropení umožňuje merať najviac cca 8 km a pri meraní je nutné dodržať konštantnú rýchlosť, keďže výsledky merania sú od nej silno závislé a prepočtové vzťahy medzi rôznymi rýchlosťami sú diskutabilné [37]. V praxi nebola dostatočne preukázaná dobrá opakovateľnosť merania, výsledky ovplyvňuje veľa ťažko kontrolovateľných faktorov v teréne.

Vzhľadom na tieto ťažkosti sa riešila otázka, či je možné merania parametra μ_u zariadením Skiddometer nahradiť meraním parametra MPD zariadením Profilograph GE. Testovacie merania však neodhalili žiadnu relevantnú závislosť medzi týmito parametrami [38], v súlade s teoretickými očakávaniami (MPD odráža len určité vlastnosti makrotextúry, kým μ_u makrotextúry aj mikrotextúry).

Súčasne platný rezortný predpis TP 025 tiež určuje intervaly pre trojstupňovú klasifikáciu podľa μ_u a návrhovej rýchlosti (v_n):

Klas. index	$v_n \geq 80$ km/h	$v_n < 80$ km/h
3	< 0,53	< 0,53
2	0,53 – 0,79	0,53 – 0,68
1	> 0,7	> 0,68

Použitie návrhovej rýchlosti nie je vhodné a je potrebné uvažovať radšej maximálnu povolenú rýchlosť alebo typickú cestovú rýchlosť na hodnotenom úseku.

Súčasnne platná norma STN 73 6195 predpisuje dvojstupňovú klasifikáciu Mu_{80} ³ de facto už bez uvažovania akejkoľvek rýchlosti (v označuje v tabuľke maximálnu povolenú rýchlosť):

Hodnotenie	$v \leq 50$ km/h	$50 < v \leq 80$ km/h	$v > 90$ km/h
vozovka nevyhovuje	< 0,53		
vozovka vyhovuje	$\geq 0,53$		

Vzhľadom na to, že v súčasnosti de facto platia dva predpisy (TP 025 a STN 73 6195), ktoré určujú klasifikáciu drsnosti podľa Mu a nie sú celkom kompatibilné, bude potrebné tieto predpisy zharmonizovať.

Z dôvodov uvedených vyššie v tejto kapitole navrhujeme zatiaľ nepoužívať tento parameter pre sledovanie výkonu stavu vozoviek na úrovni celej cestnej siete.

Navrhujeme pre účely strategického merania výkonu jeho použitie pre sledovanie vybraných úsekov kritických z pohľadu protišmykových vlastností ako sú križovatky, priechody pre chodcov, prudké stúpania a klesania, úseky so zníženou rýchlosťou s bodovými závadami a pod. Tieto úseky bude potrebné detailne vyšpecifikovať, určiť všetky lokality na základe údajov centrálnej technickej evidencie pozemných komunikácií a zhodnotiť ekonomickú efektivitu a realnosť praktického zabezpečenia meraní v dostatočnej frekvencii. Parameter Mu je preto zaradený do 2. úrovne pripravenosti.

3.2.5 Unifikovaný index trhlín (UCI)

Parameter **UCI** (unifikovaný index trhlín, angl. unified crack index) vyjadruje plošný podiel časti povrchu vozovky s trhlinami voči celej ploche vozovky. Pre zvýšenie stability hodnoty parametra sa plocha vozovky rozdeľuje do štvorcovej siete s určeným kritériom, či sa daný štvorec bude považovať za plochu s trhlinami alebo nie. UCI je potom podiel počtu štvorcov označených ako plocha s trhlinami a celkového počtu štvorcov na meranej ploche.

Trhliny nemajú priamy vplyv na používateľov ciest; nepôsobia negatívne na prevádzkové náklady vozidiel, nespôsobujú zvýšené cestové časy, ani nemajú vplyv na bezpečnosť a ekológiu cestnej premávky.

Trhliny však umožňujú prenikanie vody do konštrukcie vozovky a urýchľujú jej degradáciu. Samotné trhliny sa postupom času rozširujú a môžu prechádzať do výtlkov a rozpadov povrchu. Parameter UCI vyjadrený ako indikátor teda môže slúžiť ako dopredný indikátor prevádzkovej spôsobilosti vozoviek.

Výskyt určitých trhlín tiež nepriamo indikuje problémy s únosnosťou vozovky. Parameter UCI podľa súčasného výpočtu na Slovensku však nerozlišuje medzi jednotlivými typmi trhlín.

³ Parameter Mu meraný pri rýchlosti meracej zostavy Skiddometer-BV11 80 km/h.

Parameter je možné vypočítať z vizuálnych záznamov povrchu vozovky získaných zariadením LineScan v súlade s TP 053 [39], ktorý disponuje dostatočným kapacitným výkonom pre potreby hodnotenia na úrovni cestnej siete. Slabým miestom je v súčasnosti softvérové vyhodnotenie, ktoré v súčasnosti nie je automatizované. Predpokladáme však, že v blízkej budúcnosti bude táto otázka vyriešená. Z tohto dôvodu je parameter a z neho určené indikátory zaradené do 2. úrovne pripravenosti.

Predpis [39] tiež určuje intervaly pre účely 5 stupňovej klasifikácie na základe maxima UCI na 20 m úseku (UCI sa vyhodnocuje v kroku 1 m).

3.2.6 Únosnosť vozoviek (štruktúrna kapacita)

Základným dátovým podkladom pre hodnotenie únosnosti (štruktúrnej kapacity) vozoviek a zvyškovej životnosti z hľadiska dosiahnutia limitných stavov únosnosti tvoria na Slovensku merania pulzným deflektometrom FWD KUAB. SSC vlastní dva kusy, model KUAB 2m – 150 a KUAB 2 m – 50. Metodika merania a vyhodnotenie sa na Slovensku riadi podľa TP 031 [40]; platná je len pre asfaltové vozovky.

Na úrovni cestnej siete pripadajú do úvahy nasledovné technické parametre a z nich odvodené metriky indikátorov: prieťahové charakteristiky, modul pružnosti a zvyšková štruktúrna životnosť. Prvé dve sú aj súčasťou orientačného hodnotenia únosnosti uvedené v prílohe A TP 031.

3.2.6.1 Meranie únosnosti na úrovni cestnej siete

TP 031 priznáva, že sa meranie a hodnotenie vykonáva aj pre potreby plánovania na úrovni cestnej siete a špecifikuje merací krok v jednom jazdnom pruhu o dĺžke 200 m, pričom na jazdnom páse sú merania v jednotlivých jazdných pruhoch posunuté o 100 m (šachovnicovo). TP 031 však nešpecifikuje požadované intervaly merania na úrovni cestnej siete.

Monitorovanie únosnosti vozoviek na úrovni cestnej siete je nevyhnutné [41]. Bez posúdenia štruktúrnej kapacity je možné vybudovať len obmedzený systém hospodárenia s vozovkami na úrovni cestnej siete. Podobne bez indikátorov prevádzkovej výkonnosti a zvyškovej štruktúrnej životnosti nie je možné vytvoriť plnohodnotný SMV.

V rámci zahraničného výskumu boli stanovené odporúčania pre úroveň cestnej siete SHV na meranie raz za tri roky s krokom minimálne 500 m [42]. Stanovenie minimálneho kroku závisí aj do voľby minimálnej dĺžky homogénneho úseku v rámci sieťového plánovania ÚOR v SHV. Pri redukciách minimálnych dĺžok homogénnych úsekov na 100 m alebo 200 m by malo prísť aj k zmenšeniu kroku, povedzme na 20 m. [43]

Na Slovensku sa k 1.1.2019 nachádza 778 km diaľnic, rýchlostných ciest a ich prívádzačov, čo je orientačne 3112 pruhu-km. Ciest I. triedy je 3312 km, čo je orientačne 6 623 pruhu-km. Spolu 9736 pruhu-km, ktoré je potrebné merať v kroku 200 m, teda 48 680 bodov (úderov). Frekvencia merania raz za 3 roky znamená približne 16 227 meraných bodov ročne. Uvažujme 5 mesiacov s vhodnými teplotnými podmienkami (teplota krytu 5 °C – 30 °C: apríl-jún, september-október), čo je priemerne 100 pracovných dní. Na jeden pracovný deň vychádza vykonať približne 163 úderov, čo by malo byť s dvoma zariadeniami KUAB realizovateľné aj so zohľadnením špeciálnych požiadaviek z projektovej úrovne.

Podobné merania FWD na úrovni cestnej siete sú vykonávané napríklad v štáte Kansas, USA, Texas, USA a Virginia, USA. [44], vo Fínsku (merací cyklus 3-5 rokov, 10-20 úderov na úseku o dĺžke 1-10 km, ale nie vo väčšom rozostupe ako 500 m) [43], v Dánsku (merací krok 200 m s posunom medzi pruhmi 100 m – rovnako ako u nás) [43], v Valónsku (Belgicku) (100 m krok, zaťažovacia sila 65 kN na polotuhých a 100 kN na tuhých vozovkách) [45].

Na Strategickú cestnú sieť v Anglicku boli rovnako vykonávané merania FWD až do spustenia meraní zariadením typu TSD (deflektometer s cestovnou rýchlosťou). Meral sa pruh č. 1 na celej sieti v intervale raz za 5 rokov, avšak treba povedať, že táto sieť má cca 35 000 pruhov-km väčšinou diaľničného typu [46], teda je výrazne väčšia ako slovenská sieť diaľnic, rýchlostných ciest a ciest I. triedy.

3.2.6.2 Priehyby, indexy krivosti

Z priehybov prepočítaných na porovnávacu silu 50 kN a teplotu 20 °C sa odvodza povrchový index krivosti (surface curvature index, SCI) a podkladový index krivosti (base curvature index, BCI):

$$SCI = y_{0,50,20} - y_{300,50,20}$$

$$BCI = y_{450,50,20} - y_{1200,50,20}$$

kde:

$y_{d,50,20}$ označuje priehyb vo vzdialenosti d mm od stredu zaťažovacej dosky prepočítaný na porovnávacu silu 50 kN a teplotu 20 °C.

Tieto hodnoty je možné veľmi ľahko spočítať z údajov meraní.

Päťstupňová klasifikácia sa následne vykonáva podľa tabuľky A.5 na základe hodnoty $y_{1500,50,20}$, spočítaných indexov SCI a BCI a podľa tuhosti vozovky – stupnica je udaná zvlášť pre netuhé a zvlášť pre polotuhé asfaltové vozovky.

Okrem dostupnosti údajov meraní deflektometrom na úrovni cestnej siete je zatiaľ problémom aj chýbajúca evidencia konštrukcií vozoviek a z nej vyplývajúca informácia, či sledovaný úsek má netuhú alebo polotuhú asfaltovú vozovku. V blízkej dobe by mala byť doplnená evidencia konštrukcie vozoviek v IS MCS.

3.2.6.3 Ekvivalentný modul pružnosti (E_{ekv})

Ekvivalentný modul pružnosti konštrukcie vozovky sa podľa prílohy A TP 031 orientačne počíta z hodnoty priehybu v strede zaťažovacej dosky (v metroch) jednoduchým vzťahom:

$$E_{ekv} = \frac{0,1861}{y_{0,50,20}}$$

Na základe hodnoty E_{ekv} , triedy dopravného zaťaženia (podľa STN 73 6114) a tuhosti (opätovne sa rozlišujú netuhé a polotuhé asfaltové vozovky) vykonáva päťstupňová klasifikácia.

Na rozdiel od hodnotenia na základe indexov krivosti sú navyše potrebné aj údaje o RPDI ťažkých nákladných vozidiel (TNV), ktorých aktuálne hodnoty je problematické získať na úrovni cestnej siete.

3.2.6.4 Štruktúrne číslo (SN), modifikované štruktúrne číslo (SCN), prispôbené štruktúrne číslo (SNP)

Štruktúrne číslo (structural number, SN) má korene ešte Cestnom teste AASHO a používa sa v metodike návrhu netuhých vozoviek AASHTO. Vo vzťahu pre odhad celkovej prevádzkovej výkonnosti vozovky vstupuje ako indikátor štruktúrnej kapacity vozovky. Počíta sa ako lineárna kombinácia súčinov tzv. silových koeficientov jednotlivých vrstiev a ich hrúbok:

$$SN = \sum_{i=1}^n a_i \cdot D_i$$

kde:

a_i je tzv. pevnostný koeficient (strength coefficient) vrstvy i ,

D_i je hrúbka vrstvy i [palce],

n je počet vrstiev konštrukcie vozovky.

Pevnostné koeficienty sú určené empiricky a vyjadrujú vlastne mieru relatívnej schopnosti materiálu slúžiť ako nosný (štruktúrny) komponent konštrukcie vozovky.

HDM-III adaptoval tzv. modifikované štruktúrne číslo (*SNC*, vyvinuté v TRRL), ktorý priznáva účinok podložía ďalším členom *SNSG* (hrúbky sú uvedené už v mm a použitý je prepočtový koeficient medzi palcami a mm):

$$SNC = 0,0394 \cdot \sum_{i=1}^n a_i \cdot H_i + SNSG$$

$$SNSG = 3,51 \cdot \log(CBR) - 0,85 \cdot (\log CBR)^2 - 1,43$$

kde:

H_i je hrúbka vrstvy i [mm],

CBR je kalifornský pomer únosnosti podložía pri miestnych podmienkach vlhkosti a hustoty [%].

Tabuľka 4.3 v [47] uvádza príklady hodnôt silových koeficientov rôznych materiálov. V HDM-III ešte neboli použité vzťahy medzi *SNC* a údajmi z dynamických deflektometrov; bolo možné vypočítať *SNC* len zo statického merania pákovým priehybomerom (Benkelmanovým nosníkom).

SNC má však isté nedostatky (zhrnuté sú napr. v [48]), a preto v HDM-4 sa už požíva nový indikátor tzv. prispôbené štruktúrne číslo (*SNP*, adjusted structural number)⁴. Jeden z hlavných nedostatkov *SNC* je, že nezohľadňuje umiestnenie vrstvy v rámci celej konštrukcie. *SNP* tento nedostatok odstraňuje priradením váh, ktoré znižujú príspevok vrstvy k únosnosti s klesajúcou hĺbkou:

$$SNP_s = SNBASU_s + SNSUBA_s + SNSUBG_s$$

$$SNBASU_s = 0,0394 \cdot \sum_{i=1}^n a_{is} \cdot h_i$$

$$SNSUBA_s = 0,0394 \cdot \sum_{j=1}^m a_{js} \cdot \left(\frac{b_0 \cdot e^{-b_3 \cdot z_j}}{-b_3} + \frac{b_1 \cdot e^{-(b_2+b_3) \cdot z_j}}{b_2 + b_3} - \left(\frac{b_0 \cdot e^{-b_3 \cdot z_{j-1}}}{-b_3} + \frac{b_1 \cdot e^{-(b_2+b_3) \cdot z_{j-1}}}{b_2 + b_3} \right) \right)$$

$$SNSUBG_s = (b_0 - b_1 \cdot e^{-b_2 \cdot z_m}) \cdot e^{-b_3 \cdot z_m} \cdot (3,51 \cdot \log(CBR_s) - 0,85 \cdot (\log(CBR_s))^2 - 1,43)$$

kde:

SNP_s je *SNP* pre obdobie s ,

$SNBASU_s$ je príspevok krytu a podkladu v období s ,

$SNSUBA_s$ je príspevok vrstiev medzi podkladom a podložíím (ochranné vrstvy, podsypy, ...) v období s ,

$SNSUBG_s$ je príspevok podložía v období s ,

n je počet vrstiev krytu a podkladu,

a_{is} je koeficient vrstvy pre vrstvu i krytu alebo podkladu v období s ,

h_i je hrúbka vrstvy i krytu alebo podkladu [mm],

⁴ V bežnej praxi sa tiež označuje jednoducho ako „štruktúrne číslo“. Je potrebné uviesť si podľa kontextu, ktorá z metrík *SN*, *SNC* alebo *SNP* sa má na mysli.

m je počet vrstiev medzi podkladom a podloží,
 z je hĺbkový parameter meraný od spodku podkladu [mm],
 z_j je hĺbka od spodku podkladu vrstvy j ($z_0 = 0$) [mm],
 a_{js} je koeficient vrstvy j medzi podkladom a podloží v období s ,
 b_0, b_1, b_2, b_3 sú koeficienty modelu ($b_0 = 1,6, b_1 = 0,6, b_2 = 0,008, b_3 = 0,00207$),
 CBR_s je kalifornský pomer únosnosti podložia na mieste.

Obvyklé hodnoty koeficientov a_{is} a a_{js} sú uvedené v tabuľke C2.7 v [14].

Hodnoty SNP sa menia podľa ročného obdobia a preto je potrebné počítať v ďalších modeloch HDM-4 s tzv. priemernou ročnou hodnotou SNP :

$$SNP = f_s \cdot SNP_d$$

$$f_s = \frac{f}{(1 - d + d \cdot f^p)^{\frac{1}{p}}}$$

kde:

SNP_p je $P_d SNP$ počas suchých období,

f je pomer $\frac{SNP_w}{SNP_d}$,

SNP_w je SNP počas vlhkých období,

d je dĺžka suchých období ako ročný podiel,

p je konštanta dosadená podľa toho, pre aký degradačný model sa SNP počíta (5,0 pre IRI, 2,0 pre iniciačnú fázu štruktúrnych trhlín, 1,0 pre vyjazdené koľaje kvôli štruktúrnym deformáciám a 0,5 pre vyjazdené koľaje kvôli počiatočnému zhutňovaniu).

Pokiaľ nie je možné vypočítať zvlášť SNP_d a SNP_w , je možné použiť náhradný vzťah podľa Rileyho, ktorý zohľadní priemerné mesačné zrážky, faktor odvodnenia a prítomné trhliny.

Z vyjadrení týchto vzťahov je zrejmé, že nie sú vhodné pre sieťovú úroveň. Už ten najjednoduchší z nich (SN) vyžaduje poznať materiálové charakteristiky a hrúbky vrstiev – informácie, ktoré nie sú na Slovensku dostupné na úrovni cestnej siete.

HDM-4 uvádza alternatívny vzťah pre výpočet SNP_s prostredníctvom priehybu nameraného pákovým priehybomerom. Tento je možné odhadnúť z priehybu FWD KUAB podľa [49]:

$$y_{pp} = 1,44 \cdot y_{KUAB}$$

Ďalej podľa [49] pri zanedbaní redukcie SNP kvôli trhlinám (premenná $dSNPK$ v [14]) môžeme uvažovať:

pre vozovky s netmelenou podkladovou vrstvou:

$$SNP_s = 3,2 \cdot (DEF_s)^{-0,63}$$

a pre vozovky s cementom stmeleným podkladom:

$$SNP_s = 2,2 \cdot (DEF_s)^{-0,63}$$

kde:

DEF_s je priehyb meraný pákovým priehybomerom pri zaťažení nápravy 80 kN a tlaku 520 kPa a pri priemernej teplote asfaltových vrstiev v období s 30 °C [mm].

DEF_s nahradíme podľa vzťahu vyššie odhadom y_{pp} .

Takto spočítané SNP_s by teoreticky bolo možné použiť na sieťovej úrovni pri predpoklade merania únosnosti zariadením FWD KUAB na sieti (pozri kap. 3.2.6.1) a aspoň informácie, či vozovka je netuhá alebo polotuhá.

3.2.6.5 Štruktúrne indexy

Kedže rôzne druhy konštrukcií vozoviek majú rozličné charakteristiky, existujú snahy o vytvorenie bezrozmerných indexov s potenciálom vzájomného porovnávania aktuálnej štruktúrnej kapacity vozoviek. Vo svete existuje dlhá história počítania rôznych indexov vyjadrujúcich zvyškovú štruktúrnu kapacitu vozoviek (zvyškovú prevádzkovú výkonnosť). Uvedieme pár príkladov.

Index štruktúrnej adekvátnosti (structural adequacy index, SAI) sa používa okrem iného v Kanade. Pri jeho výpočte sa najprv spočíta odhadovaný počet ekvivalentných jedonápravových zaťažení (80 kN) pre návrhové obdobie, z čoho sa počíta exponenciálnym vzťahom tzv. maximálny tolerovateľný priehyb (MTD) vyjadrený ako Benkelmanov priehyb, ktorý sa porovnáva s meraným priehybom. Následne sa podľa tabuľky určí SAI (číslo od 1 po 10).

V štáte Texas, USA, sa používal index štruktúrnej sily (structural strength index, SSI), ktorý je funkciou SCI (indexu krivosti povrchu) a priehybu meraného 72 palcov (~ 1830 mm) od stredu zaťažovacej dosky. Samotné SCI sa počíta ako rozdiel priehybov v strede zaťažovacej dosky a priehybu vo vzdialenosti 12 palcov (~ 300 mm) od neho (rovnako ako u nás). Neskôr sa SSI ešte korigovalo faktorom pre zrážky a dopravu (RF, TF): $SSIF = 100 \cdot SSI \cdot \frac{1}{RF \cdot TF}$. V roku 2000 však interná štúdia Ministerstva dopravy štátu Texas ukázala, že SSI nie je dostatočne senzitívne na všetky úseky s nedostatočnou únosnosťou, preto sa už používa metóda založená na štruktúrnom čísle metodiky AASHTO.

Táto v zásade funguje tak, že sa spočíta (odhadne) súčasné štruktúrne číslo vozovky (SN_{eff}) a určí sa požadované štruktúrne číslo (SN_{req}). Obe sú detailne popísané v kap. 5 v [50]. Hodnota SN_{req} sa určuje podľa tabuliek na základe štyroch úrovní únosnosti podložia a piatich úrovní akumulovaných hodnôt ESAL v 20 ročnom návrhovom období. Únosnosť podložia sa odhaduje funkciou z meraného priehybu vo vzdialenosti 72 palcov (~ 1830 mm) od stredu zaťažovacej dosky (v dostatočnej vzdialenosti od stredu sú priehyby spôsobené len deformáciou podložia): $M_r = 0,33 \cdot 0,24 \cdot P / (W_7 \cdot 72)$, kde P je veľkosť záťaže – 9000 libier ~ 40 kN a W_7 je zmienený priehyb v tisícinách palca (mil). Na výpočet (odhad) SN_{eff} je potrebné mať zmerané priehyby, poznať aspoň orientačne celkovú hrúbku vozovky a typ povrchu.

Index štruktúrneho stavu (structural condition index, SCI^5) je potom daný ako pomer týchto dvoch čísel: $SCI = \frac{SN_{eff}}{SN_{req}}$.

Za zmienku stojí, že boli vypracované aj odhady SN_{eff} bez znalosti celkovej hrúbky vozovky, ktoré by sa mohli aplikovať aj v podmienkach SR, kde rovnako chýbajú dáta o hrúbke konštrukcie vozovky na úrovni cestnej siete. V [44] sú popísané štyri metódy:

1. Noureldinova: $SN_{eff} = \frac{\sqrt{4r_x^2 - 36}}{17,234 \cdot \sqrt[3]{r_x \cdot D_x}}$, kde r_x je vzdialenosť od stredu zaťažovacej dosky v palcoch, D_x je priehyb v palcoch vo vzdialenosti r_x , pričom sa volí vzdialenosť, ktorá maximalizuje súčin $r_x \cdot D_x$,
2. Hoffmanova: $SN_{eff} = 2 \cdot (0,0182 \cdot l_0 \cdot \sqrt[3]{E_{sg}}) - 0,5$, kde l_0 je tzv. charakteristická dĺžka počítaná ako $l_0 = A \cdot e^{B \cdot plocha}$, pričom A, B sú regresné koeficienty z tabuľky a $plocha$ je Hoggova plocha priehybovej krivky: $plocha = 6 \cdot \left(1 + 2 \cdot \frac{D_{30}}{D_0} + 2 \cdot \frac{D_{60}}{D_0} + \frac{D_{90}}{D_0}\right)$, kde D_x sú priehyby v μm vo vzdialenosti x cm od stredu zaťažovacej dosky;

⁵ Nemýliť si značku SCI tu použitú ako index štruktúrneho stavu (structural condition index) s indexom krivosti povrchu (surface curvature index).

E_{sg} je modul podložia počítaný ako $E_{sg} = m \cdot \frac{p}{D_0} \cdot l_0^n$, kde m, n sú regresné koeficienty z tabuľky a p je zaťažovacia sila v kPa,

3. Jamesonova: $SN = 1,69 + \left(\frac{842,8}{D_{0,corr} - D_{1500}} \right) - \left(\frac{42,94}{D_{900}} \right)$, kde $D_{0,corr}$ je priehyb v strede dosky normalizovaný na zaťažovaciu silu 9000 lbf (~ 40 kN) a porovnávaciú teplotu, kde D_x je priehyb x mm od stredu zaťažovacej dosky a všetky priehyby v μm ,
4. z projektu COST 336 [43]: $SN = 1,7 + \left(\frac{813}{D_{0,corr} - D_{1500}} \right) - \left(\frac{39}{D_{900}} \right)$, kde symbolika premenných je rovnaká ako v bode 3.

Na základe experimentov bola odporúčená metóda č. 4 z projektu COST, ktorá sa najviac približovala výpočtu SN spätným výpočtom pri znalosti hrúbok jednotlivých konštrukčných vrstiev na viac ako 400 testovacích bodoch v Hong Kongu.

Na Novom Zélande Salt a Stevens odvodili [51]:

$$SNP_{nz} = 112 \cdot (D_0)^{-0,5} + 47 \cdot (D_0 - D_{900})^{-0,5} - 56 \cdot (D_0 - D_{1500})^{-0,5} - 0,4$$

ktorý veľmi dobre koreluje ($R^2 = 0,94$) s výpočtom v príručke AASHTO (NDT metóda 1).

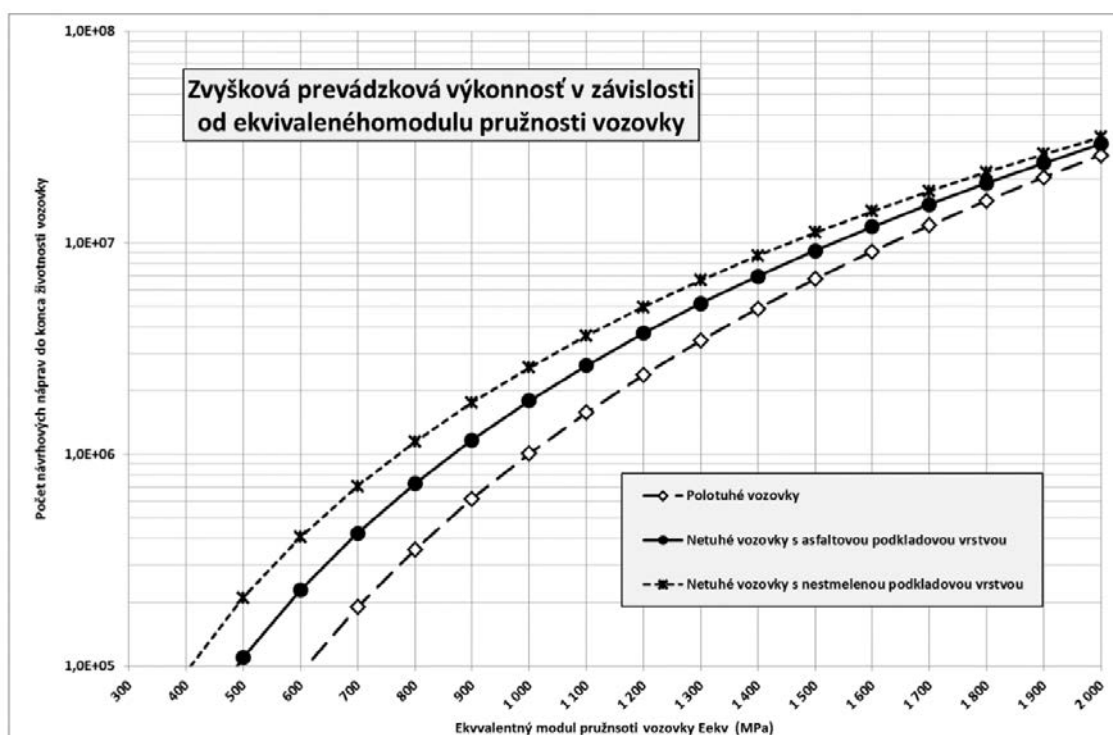
V štáte Indiana, USA, sa počíta vlastný index štruktúrnej sily (structural strength index, SSI_{jk}): $SSI_{jk} = 100 \cdot \left(1 - \alpha \cdot e^{\frac{\beta}{(\delta_1)^\gamma}} \right)$, kde α, β, γ sú koeficienty nájdené regresiou uvedené v tabuľkách podľa tuhosti konštrukcie (netuhá/tuhá) a kategórie cesty (medzištátna, štátna v systéme NHS, cesty mimo systému NHS) a δ_1 je priehyb pod stredom zaťažovacej dosky prepočítaný na porovnávaciú teplotu. Uvedená je aj päťstupňová klasifikácia na základe vypočítaného SSI (a zodpovedajúceho δ_1) a kategórie cesty.

3.2.7 Zvyšková štruktúrna životnosť

Zvyškovú štruktúrnú životnosť vozovky je možné odhadovať rôznymi spôsobmi.

TP 031 v prílohe B popisuje metodiku výpočtu spätným výpočtom. Tento výpočet však vyžaduje pomerne detailnú znalosť o konštrukcii vozovky, predovšetkým hrúbky jednotlivých vrstiev, ktoré nie sú (zatiaľ) k dispozícii na úrovni cestnej siete. Tento postup je však vhodný pre projektovú úroveň SHV, kde sa tieto informácie dajú získať vývrtmi alebo sondami s prípadným doplnením hrúbok na celom úseku meraním GPR.

Na úrovni cestnej siete je možné pre asfaltové vozovky využiť graf na obrázku 1 uvedený v TP 058:



Obrázok 4 Stanovenie zvyškovej prevádzkovej výkonnosti na základe ekvivalentného modulu pružnosti [52]

Ekvivalentný modul pružnosti je možné vypočítať na úrovni cestnej siete podľa TP 031 prílohy A len z upraveného priehybu pod stredom zaťažovacej dosky deflektometra. Z neho sa z grafu určí počet návrhových náprav, ktorými je ešte možné vozovku zaťažiť do konca štruktúrnej životnosti (zvyšková štruktúrna životnosť vyjadrená počtom návrhových náprav). Z prognózy dopravného zaťaženia sa určí počet návrhových náprav, ktoré by mali ešte zaťažovať vozovku v budúcnosti. Na základe týchto dvoch údajov sa spočíta orientačná zvyšková štruktúrna životnosť vozovky v rokoch.

Ak poznáme aj vek vozovky ako počet rokov od výstavby, rekonštrukcie alebo zosilnenia, je možné uvažovať s podielom zvyškovej životnosti k návrhovej životnosti vozovky (20 - 30 rokov). Tento podiel sa dá chápať ako jeden z indexov štruktúrnej kapacity.

Je možné uvažovať s týmito metrikami a na nich postavených indikátoroch:

- vážený priemer zvyškovej štruktúrnej životnosti [roky],
- vážený priemer zvyškovej životnosti v pomere k návrhovej životnosti [%],
- dĺžkový podiel vozoviek, ktorých zvyšková životnosť je menšia ako 5 rokov [%],
- dĺžkový podiel vozoviek, ktorých (teoretická) prevádzková výkonnosť je vyčerpaná ((teoretická) zvyšková štruktúrna životnosť je ≤ 0 rokov),
- pomer udržateľnosti majetku – pozri kap. 3.6.

Pri predpoklade odhadu zvyškovej prevádzkovej životnosti metódou popísanou v TP 058 je možné zaradiť tieto indikátory do 2. skupiny pripravenosti.

3.3 Stav vozoviek na základe hlavných prehliadok

Správcovia cestných komunikácií podľa TP 071 [53] vykonávajú raz ročne hlavné prehliadky ciest, výsledky ktorých evidujú elektronicky do aplikácie IS MCS ESCeS.

Súčasťou hlavnej prehliadky je subjektívne hodnotenie stavu vozovky na základe vizuálneho hodnotenia jej povrchu správcom pri uvážení jeho skúseností a histórie vozovky. Správcovia klasifikujú úseky ciest do 5 stupňovej klasifikácie od 1 (veľmi dobrý)

po 5 (havarijný stav). Jednotlivé stavy implicitne zodpovedajú správcovi navrhovanému spôsobu odstránenia závad v roku hodnotenia [54]:

1. veľmi dobrý – bez závad, vozovka vyžaduje len preventívnu – cyklickú alebo následnú operatívnu údržbu,
2. dobrý – odstránenie závad technológiami bežnej údržby,
3. vyhovujúci – odstránenie závad technológiami súvislej údržby,
4. nevyhovujúci – odstránenie závad technológiami opráv vozoviek,
5. havarijný – odstránenie závad v rámci rekonštrukcie.

Hlavné prehliadky ciest a ich výsledky sú v súčasnosti mimoriadne dôležité a cenené, pretože ako jediné poskytujú celkový obraz o stave všetkých cestných komunikácií na Slovensku na základe údajov zberaných rovnakou metodikou.

Správcovia ciest vykonávajúci hlavné prehliadky bývajú každoročne školení na workshope organizovanom SSC.

Pre identifikáciu porúch pri hlavných prehliadkach sa TP 071 odvoláva na TP 083 Katalóg porúch asfaltových vozoviek a TP 073 Katalóg porúch vozoviek s cementobetónovým krytom.

Vzhľadom na do veľkej miery subjektívnu povahu klasifikačného hodnotenia vykonávaného priamo prehliadkárom typicky v teréne je otázna jeho opakovateľnosť a vzájomná porovnateľnosť.

3.4 Sumarizácia metrík I

		IRI	R	MPD	Mu	UCI	E _{ekv} , BCI/SCI	Stav z HP
vplyv	subj. hodnotenie použív.	Áno	Áno	Nie	Nie	Áno	Nie	Áno
	komfort jazdy	Áno	Áno	Nie	Nie	Nie	Nie	Áno
	prev. náklady vozidiel	Áno	Nie	Áno	Áno	Nie	Nie-	Áno
	stratové časy	Áno	Nie	Nie	Nie	Nie	Nie	Áno
	bezpečnosť premávky	Áno	Áno	Áno	Áno	Nie	Nie	Áno
	exhaláty	Áno	Nie	Áno	Áno	Nie	Nie	Áno
	štruktúrna zvyšková životnosť	Nie	Nie	Nie	Nie	Čiast.	Áno	Otázne
jasná definícia		Áno	Áno	Áno	Áno	Áno	Áno	Otázna
opakovateľnosť		Áno	Áno	Áno	Otázna	Áno	Áno	Otázna

ekonom. efektivita		Áno	Áno	Áno	Nie ⁶	Áno	Nie / Áno	Otázna
sieťové meranie	vysoko kapacitný zber	Áno	Áno	Áno	Nie	Nie / pot. Áno	Nie / Pot. Áno	Áno
	pravidelné meranie – súčasnosť	D/RC, I, II	D/R C, I, II	D/R C, I, II	Nie	Nie	Nie	D/RC, I, II, III
	pravidelné meranie – návrh	D/RC, I, II	D/R C, I, II	D/R C, I, II	vybrané miesta	D/RC, I, II, III	D/RC, I	D/RC, I, II, III
časová dostupnosť		Áno	Áno	Áno	Áno	Áno	Áno	Áno
ovplyvniteľnosť		Áno	Áno	Áno	Áno	Áno	Áno	Áno
predpovedateľnosť		Áno	Áno	Áno	Áno	Áno	Áno	Áno
medzinárodne porovnateľné		Áno	Áno	Áno	Nie	Áno	Áno	Nie
úroveň pripravenosti		1	1	1	2	2	1	-

3.5 Indikátory spoločenských nákladov

Spoločenské náklady vyjadrujú všetky náklady, ktoré spoločnosť znáša s prevádzkou vozidiel. Jednotlivé zložky sú popísané ďalej v podkapitolách. Na výšku všetkých má správca väčšou alebo menšou mierou nejaký vplyv.

Nie všetky zložky sú v súčasnosti modelované dostatočne tak, aby ich bolo možné využiť na strategické monitorovanie výkonu činnosti správcu a rezortu dopravy. Pre niektoré z nich však existujú celosvetovo využívané modely – ide o prevádzkové náklady vozidiel, časové náklady a emisie – ktoré sú súčasťou modelu HDM-4 [14].

3.5.1 Prevádzkové náklady vozidiel

Prevádzkové náklady vozidiel (angl. vehicle operating costs, VOC) sú priame a nepriame náklady spojené so samotnou prevádzkou vozidiel na cestách. Hlavnými zložkami sú:

1. priame náklady – spotrebné náklady na pohonné hmoty a mazivá, náklady na údržbu vozidiel (práca, pneumatiky a náhradné diely),
2. mzdové náklady vodičov a posádky vozidiel,
3. kapitálové náklady (odpisy a úroky),
4. režijné náklady (správa vozidlovej flotily, parkovanie, poisťky atď.).

$$VOC = C_{fuel} + C_{tires} + C_{lubricants} + C_{maintlabor} + C_{maintparts} + C_{deprec} + C_{interest} + C_{crewtime} + C_{overhead}$$

⁶ Je možné uvažovať o ekonomicky efektívnom meraní vybraných miest.

V súčasnosti najkomplexnejší model na výpočet prevádzkových nákladov vozidiel je pravdepodobne model HDM-4. [14]

Pre každý typ vozidla z modelovanej flotily vozidiel sa počítajú priemerné ročné jednotkové prevádzkové náklady na 1 voz.km vyjadrené buď v prirodzených jednotkách (napr. litre pre PHM) alebo prepočítané na peňažné jednotky (€). Z týchto jednotkových nákladov je potom možné získať celkové ročné náklady pri prevádzke na danom úseku súčinom dĺžky úseku a RPDÍ daného typu vozidla.

Prvé dve zložky sú závislé od prevádzkovej spôsobilosti vozovky a nepremenných parametrov cesty.

Prevádzková spôsobilosť ako závislý parameter je v HDM-4 vyjadrená cez IRI a MPD:

$$VOC = f(ARI, MPD, NTP, Traffic)$$

Čo sa týka nepremenných parametrov (*NTP*), ide o šírku cesty, šírky a počet jazdných pruhov, výškové vedenie, priemerný počet stúpaní a klesaní, smerové vedenie, nadmorskú výšku, priečny sklon, kryt vozovky a rýchlostné limity.

Dopravná zložka (*Traffic*) vychádza z konfigurácie vozidlovej flotily, vzorcov dopravného zaťaženia a dopravného prúdu, RPDÍ, podielu jazdy na snehu a na vode.

V zásade všetky vstupné údaje týkajúce sa cesty a jej vozovky sú získateľné na úrovni cestnej siete; ostatné konfiguračné údaje sú súčasťou slovenského národného kalibračného modelu HDM-4.

Ako použiteľné indikátory môžu byť:

1. celkový súčet prevádzkových nákladov vozidiel na cestnej sieti s cieľovým trendom redukcie,
2. priemerné ročné jednotkové prevádzkové náklady na voz.km, s cieľovým trendom redukcie:
 - a. celkové priemerné jednotkové prevádzkové náklady vozidiel počítané ako dĺžkovo vážený priemer priemeru priemerných jednotkových prevádzkových nákladov z celej modelovanej flotily vozidiel alebo vybraných modelov (napr. osobné auto strednej triedy, ľahké nákladné vozidlo a návesová súprava),
 - b. priemerné jednotkové prevádzkové náklady vozidiel počítané ako v bode a., ale vyjadrené zvlášť pre osobnú a zvlášť pre nákladnú dopravu.

Pre vyčíslenie absolútnej hodnoty prevádzkových nákladov vozidiel (bod 1) je najväčším problémom dostupnosť údajov RPDÍ na úrovni cestnej siete. Súčasne je tento parameter závislý od aktuálneho dopravného zaťaženia, ktoré správca môže ovplyvniť len vo veľmi malej miere.

Z týchto dôvodov sú vhodnejšie jednotkové indikátory (bod 2), ktoré udávajú pomerné prevádzkové náklady na jeden voz.km.

Pokiaľ sa metriky použijú individuálne (napr. stanovia sa KPI pre spotrebu PHM, mazív atď.), je vhodnejšie používať prirodzené jednotky, pretože sú očistené o externé faktory (ceny PHM, mazív atď.), na ktoré správca nemá vplyv. Väčšinou sú však pre strategické monitorovanie výkonu príliš detailné, preto volíme ako indikátor buď celkové prevádzkové náklady alebo dokonca ešte zloženejšie indikátory (popísané nižšie), a v takom prípade je nevyhnuté ich previesť na jednotnú jednotku kvôli sčítavaniu, a tou je jedine peňažné vyjadrenie v €.

3.5.2 Časové náklady

Časové náklady predstavujú monetarizované cestovné časy pasažierov a prepravné časy nákladu. Z hľadiska vplyvu stavu vozoviek nás zaujímajú hlavne stratové zložky (stratové časy), teda navýšenie cestovných a prepravných časov a ich monetarizované hodnoty voči ich výške za predpokladu prepravy po vozovke v excelentnom stave prevádzkovej spôsobilosti.

$$C_{time} = C_{timepass} + C_{timeargo}$$

Model HDM-4 dokáže počítať obe stratové zložky. Počítajú sa na základe cestovných rýchlostí vozidiel, ktoré sú o.i. redukované zhoršenou prevádzkovou spôsobilosťou vozovky. Pre cestovné časy pasažierov sa rozdeľujú zvlášť služobné a zvlášť súkromné cesty, keďže majú inú hodnotu pre národnú ekonomiku. Pripomíname, že do časových nákladov sa nepočíta čas posádky vozidiel (vrátane vodiča), ktorý je zohľadnený priamo v prevádzkových nákladoch vozidiel.

Výsledkom výpočtu je priemerný počet služobných a súkromných osobo-hodín a náklado-hodín na voz.km, z ktorých sa dajú ľahko spočítať monetarizované náklady v €·voz⁻¹·km⁻¹.

Ako indikátor je možné použiť analogicky ako pri prevádzkových nákladoch vozidiel buď celkové hodnoty závislé od aktuálneho dopravného zaťaženia alebo priemerné jednotkové ročné náklady, vyjadrené v prirodzených jednotkách alebo peňažných. Z rovnakých dôvodov preferujeme pre strategické indikátory jednotkové náklady.

3.5.3 Náklady používateľov ciest

Náklady používateľov ciest (angl. road user costs, RUC) sú všetky náklady, ktoré priamo alebo nepriamo znášajú používatelia pri prevádzke vozidiel (internality cestného systému).

V zásade ide o súčet predchádzajúcich dvoch nákladových zložiek, teda prevádzkových nákladov vozidiel a časových nákladov:

$$RUC = VOC + C_{time}$$

Na úrovni strategických indikátorov, plánovania a porovnávania sa používa napríklad v Maďarsku a v Austrálii, rovnako je to jeden z navrhovaných výkonnostných indikátorov OECD. [6]

Treba pripomenúť, že na celkové náklady používateľov vplýva aj množstvo faktorov, ktorých úprava nie je typicky v kompetencii správcu, ba dokonca ani rezortu dopravy, ako napríklad ceny pohonných hmôt, daňové zaťaženie a pod.

Analogicky ako pri predchádzajúcich dvoch metrikách sa volí buď absolútny súčet nákladov používateľov na hodnotenej cestnej sieti alebo priemerné ročné jednotkové náklady.

Táto metrika, zvlášť priemerné jednotkové ročné náklady, je použiteľná pre účely strategického monitorovania výkonu; v princípe k nej existujú všetky vstupy a zaradujeme ju ako perspektívnu do druhej úrovne pripravenosti.

3.5.4 Emisie uvoľnené do ovzdušia

Emisie generované cestnou dopravou z hľadiska zaťaženia ovzdušia sú hlavne:

- oxid uhličitý (CO₂), ktorý ako silný skleníkový plyn má významný globálny efekt na zvyšovanie priemerných teplôt atmosféry; objem exhalovaného CO₂ je hlavný indikátor emisií skleníkových plynov,
- oxidy dusíka (NO_x): oxid dusnatý (NO) a oxid dusičitý (NO₂), majúce nepriaznivý vplyv na ľudské zdravie (lokálny efekt), spôsobujúce kyslé dažde, eutrofizáciu vôd a letný (fotochemický) smog,
- jemné tuhé látky (PM_x) majúce nepriaznivý vplyv na ľudské zdravie (lokálny efekt); vznikajú spaľovaním hlavne v dieselových motoroch a benzínových motoroch s priamym vstrekaním paliva (GDI); ide hlavne o tuhé látky s priemerom menším ako 10 µm (PM₁₀) a ešte menším (PM_{2.5}, PM_{1.0}).

Ostatné menej významné emisie generované cestnou dopravou sú:

- oxid uhoľnatý (CO) – jedovatý plyn a prekursor prízemného ozónu; v minulosti benzínové motory boli jeho najväčším zdrojom, dnes však už

cestná doprava prispieva len málo k jeho exhalácii vďaka veľmi skoro zavedeným emisným limitom,

- celkové uhľovodíky (THC),
- metán (CH_4) – po vodnej pare a oxide uhličitom ide o tretí najvýznamnejší skleníkový plyn, avšak v porovnaní s CO_2 sú vplyvy emisií metánu z cestnej dopravy len málo významné,
- nemetánové uhľovodíky (NMHC) – prchavé organické uhľovodíkové látky okrem metánu, toxické, spôsobujúce letný (fotochemický) smog,
- amoniak (NH_3) – jedovatý plyn, ktorý sa môže exhalovať ako nežiaduci vedľajší produkt pri použití selektívnej katalytickej redukcie s využitím vodného roztoku močoviny (AdBlue) v dieselových motoroch (aftertreatment). V rámci systému Euro emisných štandardov sa začal sledovať až v triede Euro VI pre ťažké nákladné vozidlá.

V rámci systému emisných štandardov Euro sa ešte používa súčet uhľovodíkov a oxidov dusíka ($\text{HC}+\text{NO}_x$).

Ako komplexnejší indikátor objemu skleníkových plynov je možné použiť tzv. CO_2 ekvivalent (CO_2e) počítaný ako vážený súčet hmotností vypusteného CO_2 , CH_4 a N_2O : $\text{CO}_2\text{e} = w(\text{CO}_2) + 34 \cdot w(\text{CH}_4) + 298 \cdot w(\text{N}_2\text{O})$. Koeficienty váh sú 100 ročné potenciály globálneho otepľovania (GWP); aktuálne hodnoty sú prebraté z [55].

Za zmienku stojí, že v EÚ sa v cestnej doprave používajú od roku 2009 výhradne tzv. bezsírne benzínové a dieselové palivá (< 10 ppm síry), takže v rámci cestnej dopravy už nie je potrebné sa hlbšie zaoberať oxidmi síry.

HDM-4 modeluje objemy nasledovných uvoľnených exhalátov: CO_2 , NO_2 , CO , SO_2 , uhľovodíky, tuhé látky a olovo.

Objem exhalovaného oxidu uhličitého a pevných častíc je funkciou objemu spálených pohonných hmôt a objem oxidu dusičitého je okrem toho aj funkciou priemernej životnosti vozidla (predpokladá sa, že čím je vozidlo opotrebovanejšie, tým existuje vyšší potenciál na emisie NO_2).

Výsledkom výpočtu je priemerný objem exhalovaných emisií daného typu v $\text{g}/(\text{voz.km})$. Podobne ako pri prevádzkových nákladoch a časových nákladoch sa dá počítať celkový objem na posudzovanej sieti a pri danom dopravnom zaťažení.

Otázka monetarizácie naráža na posúdenie ekonomickej miery externalizovaných spoločenských strát z týchto emisií. V zásade je potrebné jednotkovo oceniť každý gram vypusteného CO_2 , NO_2 a pevných látok. Neexistuje zatiaľ jednoznačná odpoveď na túto otázku; rôzne zdroje uvádzajú rozdiely aj v desiatkach až stovkách € na vypustenú tonu danej emisie podľa použitej metodiky. Pokiaľ ale budeme uvažovať zlúčené metriky – celkové emisné zaťaženie alebo celkové spoločenské náklady – je potrebné tieto jednotkové ceny stanoviť.

Keďže emisné náklady nie sú internalizované, t.j. spoločenské náklady z produkovaných emisií sú rovné externým nákladom, je možné vychádzať z Príručky o externých nákladoch v doprave [56] (posledná aktualizácia v roku 2019).

Pre polutanty (látky znečisťujúce ovzdušie) určuje jednotkové náklady nasledovne (v tabuľke okrem Slovenska sú uvedené aj susedné štáty):

Krajina	NH_3	NMVOC	SO_2	NO_x mesto	NO_x mimo mesto	PM2.5 metropol. ⁷	PM2.5 mesto	PM2.5 mimo mesto	PM10 priemer
Slovensko	24,4	0,7	10,1	24,8	14,7	328	105	59	12,3

⁷ metropolitné územie = mestá a aglomerácie s viac ako 0,5 mil. obyvateľmi.

Česká republika	27,4	1,1	11,6	24,8	14,8	361	116	72	39,6
Maďarsko	18,9	0,8	9,9	26,8	15,8	317	102	59	8,5
Poľsko	14,4	0,7	8,2	14,7	8,9	282	91	52	5,2
Rakúsko	27,8	2,3	16,2	41,4	24,3	466	151	87	30,9

Emisie skleníkových plynov (CO₂, CH₄, N₂O) sa prepočítavajú na ekvivalenty CO₂, tzv. CO₂e, preto Príručka stanovuje jednotkové náklady len pre CO₂, a to globálne pre všetky krajiny:

	Spodná úroveň	Stred	Vysoká úroveň
Krátke a stredné obdobie (do roku 2030)	60	100	189
Dlhé obdobie (od roku 2040 po 2060)	156	269	498

Jednotkové náklady pre CO₂ boli určené z prieskumu štúdií a literatúry, preto sú uvádzané v troch kategóriách ako priemery nižších hodnôt, stredných a vyšších hodnôt. Extrémy boli vylúčené.

Pre sieťové plánovanie SHV je možné vychádzať zo strednej hodnoty pre krátke a stredné obdobie (100 €/t).

Ako je spomenuté v úvode tejto kapitoly, najväčší vplyv má CO₂, NO₂ a tuhé látky a tieto sa odporúčajú zahrnúť do druhej úrovne pripravenosti.

3.5.5 Dopravná nehodovosť

Ako bolo spomenuté v kapitolách 3.2.2, 3.2.3 a 3.2.4, hlavné faktory prevádzkovej spôsobilosti vozoviek ovplyvňujúce dopravnú nehodovosť sú protišmykové vlastnosti dané mikrotextúrou a makrotextúrou vozovky a vyjazdené koľaje.

Momentálne neexistujú jednotné a univerzálne prijaté modely vyjadrenia počtu, pravdepodobnosti vzniku a závažnosti dopravných nehôd v závislosti od parametrov prevádzkovej spôsobilosti.

Tieto metriky a z nich odvodené indikátory – počet dopravných nehôd podľa závažnosti a výška spoločenských škôd z týchto nehôd – sú preto zaradené do 3. úrovne pripravenosti, vyžadujúcej extenzívny výskum.

3.5.6 Hluk

Vo všeobecnosti môžeme povedať, že nepriaznivé hlukové emisie spôsobené cestnou dopravou vznikajú na styku kolesa s vozovkou a činnosťou pohonného ústrojenstva (motor, nasávanie vzduchu, výfuková sústava a ďalšie). V dnešnej dobe moderných vozidiel je dominantným zdrojom práve styk kolesa s vozovkou [57]. Negatívne účinky hluku z cestnej dopravy na človeka a celé životné prostredie sú nespochybniteľné [58].

Úroveň hluku je všeobecne celosvetovo meraná tzv. ekvivalentou úrovňou hluku s použitím frekvenčného A-váženia (L_{Aeq}) v rozličných záujmových častiach dňa, hoci existujú pochybnosti, či práve krivka typu A uspokojivo odráža najlepšie citlivosť vnemu objektívnej úrovne hluku (akustického tlaku) na človeka.

Analyticky vyjadriť úroveň hluku je veľmi problematické. Na jej okamžitú hodnotu vplýva veľa faktorov, ako sú rýchlosti a akcelerácie vozidiel, typ pneumatík, priestorová konfigurácia cesty, rozloženie prekážok a materiálu medzi cestou a referenčným bodom

(pozorovateľom), vzdialenosť medzi nimi, ale aj aktuálne meteorologické podmienky. Z hľadiska parametrov vozovky je rozhodujúcim činiteľom pre hluk textúra povrchu, predovšetkým makrotextúra a megatextúra (textúra s vlnovými dĺžkami 50 – 500 mm), a jej aktuálny stav.

V rámci slovenskej metodiky CBA (analýzy nákladov a prínosov) pre cestné investičné projekty sa musí uvažovať v rámci hlukovej štúdie aj s hlukovými emisiami. Predpisuje peňažné vyčíslenie týchto externalít. Neuvažuje sa tu však s úrovňou hluku závislou od aktuálneho stavu vozovky; výpočty sú závislé len od typu dopravného prostriedku (osobné auto, motocykel, autobusy, nákladné vozidlá do 3,5 t a nad 3,5 t), RPD1 a lokality (mesto, predmestie, mimo mesto). V príručke o externých výdavkoch dopravy sú uvedené jednotkové náklady hluku z cestnej dopravy zvlášť pre deň a noc (od 262,8 €/1000 voz.km) pre nákladné vozidlá nad 3,5 t v noci v meste pri nízkej intenzite premávky až po 0,1 €/1 000 voz.km) pre rôzne kategórie mimo mesta) [59].

Podobne ako pre dopravnú nehodovosť však nie sú známe všeobecne prijaté modely vplyvu stavu vozovky na emitovaný hluk. [60]

Táto úloha bude vyžadovať netriviálny výskum aj s možnou potrebou rôznych experimentálnych meraní. Z tohto dôvodu je metrika a z nej odvodené indikátory zaradené do 3. úrovne pripravenosti.

3.5.7 Spoločenské náklady

Spoločenské náklady sú súčtovou metrikou predchádzajúcich metrík a vyjadrujú všetky náklady, vrátane externých, ktoré spoločnosť ako taká znáša s prevádzkou vozidiel.

Z hľadiska vyjadrenia pre strategické monitorovanie výkonu je vhodné uvažovať s priemernými peňažnými ročnými nákladmi na 1 voz.km.

Vzhľadom na to, že ide o agregovanú metrikú pozostávajúcu z metrík 2. a 3. úrovne pripravenosti, sú aj spoločenské náklady ako indikátor zaradené do 3. úrovne pripravenosti; je však možné uvažovať s parciálnymi spoločenskými nákladmi ako indikátorom počítaným zo zložiek v 2. úrovni pripravenosti – v takom prípade je možné uvažovať o spoločenských nákladoch ako indikátore 2. úrovne pripravenosti.

3.6 Indikátory hodnoty majetku

Hodnota majetku veľmi úzko súvisí s mierou hospodárnosti procesov vykonávaných správcom ciest. Môžeme povedať, že správca hospodári s majetkom dobre vtedy, keď hodnota tohto majetku v čase neklesá.

Indikátory korelujúce s hodnotou majetku sú veľmi dôležité zvlášť pre vlastníkov, orgány dohľadu, ako aj pre verejnosť. Sú schopné poukázať na stav, keď sa snaží správca hospodáriť „dobro len naoko“, využívať nevhodne rôzne nízkonákladové technológie výlučne za účelom optického vylepšenia povrchu vozoviek, neefektívne zlepšovať parametre prevádzkovej spôsobilosti len krátkodobo (pred voľbami) a pod.

V zahraničí sa stáva už požiadavka na reportovanie hodnoty infraštruktúrneho majetku vlastníkov a správcov vo verejnej správe povinnosťou. Príkladom je americké usmernenie účtovných štandardov GASB 34 (pozri aj kap. 4.2.2). Podobné pravidlá platia aj v Austrálii, na Novom Zélande a inde.

Problematika stanovenia reálnej hodnoty majetku je však veľmi komplikovaná a široká. Pridávajú tomu aj dva typické fakty prítomné v riadení verejného sektora:

- verejný infraštruktúrny majetok je tradične riadený viac orientáciou na (politickú) zodpovednosť ako na ziskovosť zavedenú v súkromných organizáciách,
- neexistujú transparentné finančné väzby medzi investíciami a správou infraštruktúry a finančnými zdrojmi, ktoré potenciálne využívanie tejto infraštruktúry generuje (daňové a iné výnosy typicky končia vo všeobecnej

rozpočtovej príjmovej položke a nedostávajú sa v plnej výške späť k správcovi infraštruktúry); to len správcov motivuje nevyčísľovať skutočnú výšku odpisových nákladov z dôvodov opotrebenia a funkčnej zastaranosti.

Existuje niekoľko možných základných prístupov na stanovenie hodnoty infraštruktúrneho majetku [61]:

- účtovná hodnota – založená na historických cenách upravených odpismi,
- reprodukčná obstarávacía cena s odpismi – založená na nákladoch potrebných na náhradu posudzovanej infraštruktúry upravených o odpisy vypočítané z hodnotenia aktuálneho stavu,
- ekvivalentná súčasná hodnota – historické náklady očistené o infláciu a opotrebenie,
- trhovú hodnotu – cena, za ktorú je ochotný majetok odkúpiť iný subjekt (aspoň fiktívne),
- hodnota realizovanej produktivity – čistá súčasná hodnota prínosov pripadajúca na zvyškovú životnosť.

Účtovná hodnota počítaná z historickej ceny zníženej o formálne účtovné odpisy nemá žiadny prínos pre SMV a AMS. Ide o metódu používanú len čisto na splnenie formálnych účtovných štandardov a legislatívy a je pre iné účely v podstate nepoužiteľná. Vo všeobecnosti stanovenie hodnoty založené na historických cenách pri majetku s veľmi dlhou životnosťou, ako sú cesty (20 a viac rokov) a mosty (100 rokov), je veľmi náchylné na podhodnotenie staršieho, ale stále funkčného majetku [62].

V tomto smere sú vhodnejšie metódy založené na reprodukčných cenách. Reprodukčná (náhradná) cena je cena, za ktorú by bolo možné obstaráť ekvivalentnú alebo podobnú infraštruktúru v súčasnosti. Na tento účel je možné použiť expertné hodnoty alebo rôzne softvéry pre cenotvorbu stavebných prác. Je potrebné zohľadniť fakt, že v súčasnosti už nebude možné postaviť podobnú stavbu kvôli sprísneniu noriem alebo zvýšeniu funkčných požiadaviek.

Najlepší užitočný obraz poskytujú metódy založené na skutočnej hodnote, ktorú využívanie infraštruktúry prináša svojim používateľom, a to v dlhodobom horizonte. Je veľmi blízka zmieňovanému konceptu „ochoty platiť“, teda aspoň teoretickej finančnej výšky, ktorú by mohli byť ochotní používatelia ciest a v širšom zmysle celá spoločnosť zaplatiť za ich využívanie. Za používanie ciest, ktoré sú v lepšom stave, poskytujú možnosti bezpečnej a plynulej premávky, emitujú menej hluku, vibrácií a exhalátov do okolia, je spoločnosť ochotná zaplatiť za využívanie viac. Veľmi podobne sa dá uvažovať s konceptom, koľko je spoločnosť ochotná zaplatiť za to, aby o túto cestu neprišla alebo podobne formulované, aké sú spoločenské náklady pri nemožnosti využívania tejto cesty.

Hodnota realizovanej produktivity má potenciál splniť tieto charakteristiky. Jej podkladová metrika je úzko spätá s výškou celkových spoločenských nákladov (kap. 3.5.7), a preto je zaradená do 3. úrovne pripravenosti. Z pohľadu otázok položených na začiatku tejto kapitoly však aspoň čiastočne odpovedajú indikátory založené na prevádzkovej výkonnosti vozoviek v 1. a 2. úrovni pripravenosti.

Z týchto indikátorov je zvlášť potrebné spomenúť tzv. podiel udržateľnosti majetku. Každým rokom vozovky dopravným zaťažením strácajú zo svojej zvyškovej štruktúrnej životnosti. Niektoré z nich podstupujú opravy zosilnením alebo rekonštrukcie, ktoré pridávajú do celej siete nové roky zvyškovej životnosti. Podiel udržateľnosti majetku je podiel pridaných rokov životnosti takouto rehabilitáciou k odobratej (skonsumovanej) životnosti v danom roku. Cieľové hodnoty by mali byť okolo 0,9.

3.7 Sumarizácia metrík II

	Jedn. VOC	Čas. nákl.	Emisie (CO ₂ , NOX, PM)	Nehodovosť	Hluk	Zvyšš. štruk. život.	Hodnota majetku
jasná definícia	Áno	Áno	Áno ⁸	Nie	Nie	Áno	Nie
opakovateľnosť	Áno	Áno	Áno	Otázne	Otázne	Áno	Áno
ekonom. efektivita	Áno	Áno	Áno	Otázne	Otázne	Áno	Áno
časová dostupnosť	Áno	Áno	Áno	Otázne	Otázne	Áno	Áno
ovplyvniteľnosť	Čiast.	Čiast.	Čiast.	Čiast.	Čiast.	Áno	Áno
predpovedateľnosť	Áno	Áno	Áno	Otázne	Otázne	Áno	Čiast.
medzinárodne porovnateľné	Áno	Áno	Áno	Otázne	Otázne	Áno	Otázne
úroveň pripravenosti	2	2	2	3	3	2	2

3.8 Odvodené metriky

Na úrovni cestnej siete sa pre systém merania výkonu využívajú metriky odvodené z podkladových mier alebo metrík, a to metriky:

- agregované vážením – vážené agregované metriky (typicky priemery), ako váhy sa používajú dĺžky úsekov s hodnotou podkladovej metriky alebo dopravnej intenzity,
- distribučné – počítajú frekvenčnú distribúciu úsekov zatriedených do daných stavov, typicky ako podiely,
- kombinované – (vážené) agregované distribučné metriky.

Je potrebné pripomenúť, že metriky agregované ako priemer nemusia mať sami o sebe dostatočnú výpovednú hodnotu a je vhodné ich doplniť doplnkovými rozptylovými metrikami, ako napríklad smerodajná odchýlka.

Nasledujúci text uvádza vybrané odvodené metriky a spôsoby ich výpočtu.

V texte sa používajú symboly:

S množina úsekov na vyhodnocovanej sieti,

s úsek z množiny S ,

$p(s)$ funkcia vracajúca hodnotu podkladovej metriky (napr. technického parametra) na úseku p ,

$l(s)$ dĺžka úseku s ,

⁸ Pri použití modelu HDM-4 je potrebné navrhnuť len jednotkové náklady externalít [€·t⁻¹]

$a(s)$ plocha úseku s ,

$nl(s)$ počet priebežných jazdných pruhov na úseku s ,

$RPDI(s)$ RPDI na úseku s ,

$gb(p(s))$ binárna funkcia: 1, ak je hodnota vyhodnocovaného parametra na úseku s klasifikovaná ako *akceptovateľná* a 0 v opačnom prípade.

3.8.1 Priemer vážený dĺžkou alebo plochou

Priemerný stav cestnej siete podľa technického parametra P váženého dĺžkou definujeme ako:

$$\bar{S}_l = \frac{\sum_s p(s) \cdot l(s)}{\sum_s l(s)}$$

podobne plochou:

$$\bar{S}_a = \frac{\sum_s p(s) \cdot a(s)}{\sum_s a(s)}$$

podobne pruhu-dĺžkovo:

$$\bar{S}_{l,l} = \frac{\sum_s p(s) \cdot nl(s) \cdot l(s)}{\sum_s nl(s) \cdot l(s)}$$

Metrika zohľadňuje rozličné dĺžky alebo plochy úsekov, kde je k dispozícii podkladová metrika.

3.8.2 Priemer vážený dopravným zaťažením

Táto metrika na rozdiel od prechádzajúcej pridáva ďalšiu váhu, ktorou je dopravné zaťaženie vyjadrené ako RPDI. Úseky s vyšším dopravným zaťažením majú vyššiu váhu:

$$\bar{S}_D = \frac{\sum_s p(s) \cdot l(s) \cdot RPDI(s)}{\sum_s l(s) \cdot RPDI(s)}$$

Metrika na vyhodnotenie potrebuje, prirodzene, dáta o RPDI, ktoré v súčasnosti nie sú na úrovni cestnej siete uspokojivo dostupné. Paradoxne však aktuálne dáta RPDI pri každom vyhodnotení (napr. ročne) môžu spôsobovať nestabilitu hodnôt metriky a tým pádom horšie možnosti manažérskych reakcií na jej vývoj, aj keď bude odrážať relevantnejšie hodnoty vzhľadom na skutočnosť. Vyššia stabilita sa dá zaviesť napríklad vážením podľa tried (faktorových množín) RPDI.

3.8.3 Vážený rozptyl a smerodajná odchýlka

Vážené priemery nám nedávajú úplnú informáciu o stave; rovnaký vážený priemer môže dosahovať cestná sieť s vysokým aj nízkym rozptylom, preto je vhodné doplniť metriky vážených priemerov aj o váženú disperziu a smerodajnú odchýlku.

Vážený rozptyl (disperziu) počítame ako:

$$\sigma^2 = \frac{\sum_s w_s \cdot (p(s) - \bar{S})^2}{\sum w_i}$$

kde

$\bar{S}$ je vážený priemer,

w_s je váha použitá na úseku s ,

$\sum w_i$ je súčet všetkých uvažovaných váh.

Smerodajná odchýlka je druhou odmocninou z disperzie σ^2 .

3.8.4 Dĺžka a podiel v akceptovateľnom alebo nevyhovujúcom stave

Ide o distribučnú metriku, ktorá hodnotí rozdelenie v dvoch medzných stavoch podkladovej metriky. Môže byť vyjadrená absolútne (dĺžkovo v metroch alebo kilometroch) alebo relatívne dĺžkovým podielom.

Pre akceptovateľný stav:

$$\sum_s gb(p(s)) \cdot l(s) \text{ [m]}$$

$$\frac{\sum_s gb(p(s)) \cdot l(s)}{\sum_s l(s)} \cdot 100 \text{ [%]}$$

Pre nevyhovujúci stav:

$$\sum_s (1 - gb(p(s))) \cdot l(s) \text{ [m]}$$

$$100 - \frac{\sum_s gb(p(s)) \cdot l(s)}{\sum_s l(s)} \cdot 100 \text{ [%]}$$

Analogicky môžeme zaviesť plošné podielové metriky.

3.8.5 Počet voz.km v akceptovateľnom alebo nevyhovujúcom stave

$$\frac{1}{1000} \cdot \sum_s gb(p(s)) \cdot l(s) \cdot RPDI(s) \text{ [voz.km]}$$

kde:

$gb(p(s))$ je binárna funkcia: 1, ak je hodnota parametra P na úseku s klasifikovaná ako *akceptovateľná* a 0 v opačnom prípade.

Pre počet voz.km v nevyhovujúcom stave:

$$\frac{1}{1000} \cdot \sum_s (1 - gb(p(s))) \cdot l(s) \cdot RPDI(s) \text{ [voz.km]}$$

3.8.6 Podiel v akceptovateľnom alebo nevyhovujúcom stave podľa dopravného zaťaženia

Pre akceptovateľný stav:

$$\frac{\sum_s gb(p(s)) \cdot l(s) \cdot RPDI(s)}{\sum_s l(s) \cdot RPDI(s)} \cdot 100 \text{ [%]}$$

Pre nevyhovujúci stav:

$$100 - \frac{\sum_s gb(p(s)) \cdot l(s) \cdot RPDI(s)}{\sum_s l(s) \cdot RPDI(s)} \cdot 100 \text{ [%]}$$

3.8.7 Diskusia

Sumárne reportovanie technických ukazovateľov by malo zohľadňovať dopravné zaťaženie. Na výpočet takýchto sumárnych technických ukazovateľov sú však potrebné dáta o intenzite dopravy. Uvažovanie dopravných intenzít môže spôsobiť medziročnú zdanlivú nestabilitu metriky a prináša faktor, ktorý správca len ťažko môže ovplyvniť, avšak tieto metriky odrážajú reálnejšie vplyvy na spoločnosť.

V návrhu 1. verzie SMV budeme pracovať s dĺžkovo váženými distribučnými metrikami.

4 Prehľad stavu reportingu stavu vozoviek a indikátorov výkonu

Táto kapitola poskytuje prehľad zavedených indikátorov výkonu alebo aspoň reportingu stavu vozoviek na Slovensku a v zahraničí.

4.1 Slovensko

4.1.1 Prehľad stavu ciest I., II. a III. triedy na základe hlavných prehliadok

Report každoročne k júnu vydáva SSC, zostavuje ho Odbor technickej normalizácie a hospodárenia s cestnou sieťou (2200). Reporty za všetky roky od roku 2004 sú k dispozícii na adrese <https://www.ssc.sk/sk/cinnosti/rozvoj-cestnej-siete/hospodarenie-s-vozovkami/dokumenty.ssc>.

Podkladom sú dáta z výkonu hlavných prehliadok ciest podľa TP 071 evidované v aplikácii IS MCS ESCeS. Z aplikácie sa exportujú dáta o stave vozoviek (úseky označené prehliadkárom ako úseky na bežnú údržbu, súvislú údržbu, opravy alebo rekonštrukcie). Týmto úsekom je jednoznačne mapovaný klasifikačný stav od 1 (výborný stav) až po 5 (havarijný stav).

Štruktúra reportu je nasledovná (pre rok 2018):

- grafický a tabuľkový sumár dĺžok ciest podľa stavu pre cesty I., II. a III. triedy,
- grafický a tabuľkový sumár dĺžok ciest podľa stavu – pre cesty I. triedy v členení na IVSC,
- tabuľkový sumár dĺžok podľa stavu a okresu pre každú IVSC,
- grafický a tabuľkový sumár dĺžok ciest podľa stavu pre cesty II. a III. triedy (zvlášť) podľa krajov,
- pre každý kraj: tabuľkový sumár dĺžok ciest podľa stavu podľa správcov a triedy a podľa okresov a triedy,
- vývoj stavu ciest I., II. a III. triedy (zvlášť): tabuľkový a grafický prehľad % v trojstupňovej klasifikácii (zlúčený 1 s 2 stupňom a 4 s 5 stupňom).

Reporty neobsahujú údaje za sieť diaľnic a rýchlostných ciest a iných ciest spravovaných NDS, a.s.

4.1.2 Cestná databanka

Sumárne štatistické prehľady z najnovších meraní diagnostickou technikou SSC rozbité podľa rôznych kritérií zverejňuje SSC, odbor CDB, v každoročných reportoch „Celkový prehľad stavu vozoviek cestných komunikácií SR“ (pre rok 2019: <https://www.cdb.sk/sk/Vystupy-CDB/Statisticke-prehlady/k-1-1-2019.alej>).

Údaje z najnovších meraní je možné prezerať prostredníctvom mapy alebo lineárnych grafov konkrétnej cesty v aplikácii IS MCS Mapy CDB (<https://ismcs.cdb.sk/portal/mapviewer/>).

4.1.3 Koncesná zmluva PR1BINA

Koncesná zmluva na projektovanie, výstavbu, financovanie, prevádzku a údržbu rýchlostnej cesty R1 (Nitra – Tekovské Nemce a Banská Bystrica – severný obchvat) špecifikuje technické výkonnostné indikátory, ktoré musí koncesionár dodržať počas prevádzky a po spätnom odovzdaní úsekov cesty štátu. Uvedené hodnoty sú prebraté z návrhu koncesnej zmluvy schváleného vládou SR.

Príloha č. 7 koncesnej zmluvy v časti 3 (Výkonnostné normy), cieľ plnenia VN2 špecifikuje nasledovné výkonnostné indikátory počas celej doby prevádzky týkajúce sa vozoviek:

Výkonnostný indikátor	Cieľová hodnota
doba do opravy vozovky tak, aby spĺňala požiadavky Noriem a dohodnutých Špecifikácií metód	≤ 7 dní
IRI	≤ 3,3 mm/m
hĺbka vyjazdených koľají	≤ 10 mm
frekvencia meraní IRI a hĺbky vyjazdených koľají	aspoň 1× ročne
protišmykové parametre	nie je uvedená presná hodnota; vyžaduje sa dodržanie TP-14/2006 (Meranie a hodnotenie drsností vozoviek)
frekvencia meraní protišmykových vlastností vozoviek	aspoň raz za tri roky
doba eliminácie bezprostredného alebo hroziaceho nebezpečenstva pre Užívateľov	čo najskôr, najneskôr do 24 hodín
doba nahradenia dočasnej opravy zvodidiel trvalou opravou	max. 7 dní
doba nahradenia ostatných dočasných opráv, ktoré predstavujú bezprostredné alebo hroziace nebezpečenstvo pre Užívateľov, trvalými opravami	max. 28 dní

Príloha č. 1 k časti 1 prílohy č. 15 koncesnej zmluvy, bod 1.1 špecifikuje podmienky pri spätnom prevzatí cesty:

Výkonnostný indikátor	Cieľová hodnota
priemerný vek celého povrchu vozovky, počítané od poslednej renovačnej údržby	< 3 roky
podiel časti povrchu vozovky starších ako 5 rokov, počítané od poslednej renovačnej údržby;	max 0 %
IRI (maximálna hodnota)	≤ 2,5 mm/m
hĺbka vyjazdených koľají (maximálna hodnota) [len pre polotuhé vozovky]	≤ 7 mm
minimálna hodnota odolnosti voči šmyku podľa TP 14/2006 (pre D/RC/cesty I. triedy)	> 0,66
minimálna hodnota odolnosti voči šmyku podľa TP 14/2006 (pre ostatné cesty)	> 0,60
odchýlka skutočného priečneho sklonu vozovky od určených hodnôt, alebo od hodnôt uvedených vo výkresoch skutočného realizovania stavby	max 0,25 %
podiel väd, ktoré by bolo potrebné odstrániť v časovom období jedného roka	max 0 %
zostatková životnosť vozovky	min 10 rokov
hĺbka makrotextúry (protišmykové povrchy)	> 0,6 mm
hĺbka makrotextúry (ostatné povrchy)	> 1,1 mm

výskyt pozdĺžnych (únavových) trhlín	< 15 m/150 m (pre každý pruh)
plocha priečných trhlín dosky [len pre JPCP]	< 10 %
šírka priemerných priečných chýb škár [len pre JPCP]	< 2,5 mm
šírka trhlín v hĺbke výstuže [len pre JPCP]	< 0,5 mm
účinnosť prenosu zaťaženia [len pre JPCP]	> 95 %
počet výtlkov (v celom rozsahu) [len pre CRCP]	≤ 6 1/km
vek tesnenia škár v betónovej škárovanej vozovke [len pre tuhé vozovky]	5 rokov

4.1.4 Koncesná zmluva D4R7

Koncesná zmluva na projektovanie, výstavbu, financovanie, prevádzku a údržbu úsekov diaľnice D4 Jarovce – Rača a rýchlostnej cesty R7 Bratislava Prievoz - Holice, projekt PPP z 20. 5. 2016 špecifikuje výkonnostné indikátory, ktoré musí koncesionár dodržať počas prevádzky a po spätnom odovzdaní úsekov cesty štátu.

Tieto indikátory sú kópiou tých uvedených v koncesnej zmluve pre R1 – PR1BINA popísané vyššie, s týmito zmenami (indikátor uvedený s hviezdičkou je pridaný, ostatné uvedené majú odlišné cieľové hodnoty, nespomenuté sú rovnaké):

Prevádzka:

Výkonnostný indikátor	Cieľová hodnota
doba do opravy vozovky tak, aby spĺňala požiadavky Noriem a dohodnutých Špecifikácií metód	≤ 14 dní
doba dočasnej opravy zvodidiel *	max. 12 hodín
doba nahradenia dočasnej opravy zvodidiel trvalou opravou	max. 24 hodín
doba nahradenia ostatných dočasných opráv, ktoré predstavujú bezprostredné alebo hroziace nebezpečenstvo pre Užívateľov, trvalými opravami	max. 6 hodín

Spätné odovzдание:

Výkonnostný indikátor	Cieľová hodnota
IRI (maximálna hodnota)	≤ 3,0 mm/m
zostatková životnosť vozovky pre asfaltové vozovky	min. 5 rokov
počet výtlkov (v celom rozsahu) [len pre CRCP]	0 1/km

4.2 Spojené štáty americké

4.2.1 Federálna úroveň USA

Najdôležitejšie cesty strategického významu v USA tvoria od roku 1995 tzv. národný cestný systém (National Highway System – NHS), do ktorého pôvodného a rozšíreného variantu je v súčasnosti zaradených okolo 160 000 míľ (260 000 km), resp. 220 000 míľ (354 000 km) ciest, vrátane celého medzištátneho diaľničného systému (Interstate Highway System) a ďalších dôležitých arteriálnych ciest vyšších kategórií, spájajúcich väčšie urbánne celky, intermodálne uzly, vojenské základne, hraničné priechody a pod. Federálna vláda priamo nevlastní tieto cesty, ani ich neudržiava a nezabezpečuje výstavbu (väčšinou ide o štátne cesty), ale poskytuje financie, nastavuje ciele

a štandardy, vykonáva kontroly a udeľuje postihy. Tieto činnosti vykonáva prostredníctvom Správy federálnych ciest (Federal Highway Administration – FHWA), čo je divízia federálneho ministerstva dopravy.

V roku 2012 podpísal prezident B. Obama zákon Moving Ahead for Progress in the 21st Century Act (tzv. MAP-21, *Smerujúc vpred k pokroku do 21. storočia*) a v roku 2015 zákon Fixing America's Surface Transportation Act (tzv. FAST, *Opravujeme americkú povrchovú dopravu*). MAP-21 zaviedol na federálnej úrovni prelomový systém založený na meraní výkonu:

„Výkonnostný manažment transformuje federálne dotovaný cestný program a poskytne spôsob najefektívnejšieho investovania Federálnych dopravných fondov sústredením sa na národné dopravné ciele, zvýšením zodpovednosti a transparentnosti federálne dotovaného cestného programu a zlepšením projektového rozhodovania cez programovanie a plánovanie zložené na výkone.“ (23 USC § 150)

Stanovuje sedem národných cieľov (national goals):

1. bezpečnosť: dosiahnuť významné zníženie smrteľných dopravných nehôd a závažných zranení na všetkých verejných cestách,
2. stav infraštruktúry: udržiavať cestných infraštruktúrny majetok v dobrom stave,
3. redukcia kongescií: dosiahnuť významné zníženie kongescií Národného cestného systému,
4. spoľahlivosť systému: zlepšiť efektivitu povrchovej dopravy,
5. preprava nákladu a ekonomická vitalita: zlepšiť Národnú sieť nákladnej prepravy, posilniť prístup vidieckych komunít k národným a medzinárodným trhom a podporovať rozvoj regionálnych ekonomík,
6. environmentálna udržateľnosť: vylepšovať výkon dopravného systému za súčasnej ochrany životného prostredia,
7. skrátenie projektových dodávok: znížiť náklady na projekty, stimulovať zamestnanosť a ekonomiku a urýchliť prepravu ľudí a nákladu urýchlením projektov prostredníctvom eliminovania zdržaní v projektovej príprave a výstavbe, vrátane odstraňovania regulatívnych bremien a vylepšovania pracovných postupov investorov a správcov.

Všetky federálne prostriedky musia smerovať do projektov, ktoré posúvajú infraštruktúru k naplneniu národných cieľov. Projekty, ktoré tak nečinia, je zakázané financovať z federálnych prostriedkov.

Konkrétne ukazovatele stanovuje federálne ministerstvo dopravy a cieľové hodnoty jednotlivé štáty. Súčasne federálne ministerstvo dopravy stanovuje rozsah údajov, ktoré budú záväzne zberané a spracovávané pre účely systému hospodárenia založeného na výkone.

MAP-21 dal federálnemu ministerstvu dopravy aj kompetenciu stanoviť minimálne úrovne stavu vozoviek medzištátneho diaľničného systému. Ak štát nesplní tieto minimálne úrovne, je následne povinný časť financií použiť na korekciu tohto stavu.

Federálne ministerstvo dopravy prostredníctvom FHWA kodifikovali tieto povinnosti do federálnej regulácie 23 CFR Part 490.

Výkonnostné ukazovatele pre vozovky sú stanovené takto:

1. % vozoviek medzištátneho diaľničného systému v dobrom stave,
2. % vozoviek medzištátneho diaľničného systému v zlom stave,
3. % vozoviek NHS okrem medzištátnych diaľnic v dobrom stave,
4. % vozoviek NHS okrem medzištátnych diaľnic v zlom stave.

V zásade vozovka v dobrom stave by nemala potrebovať žiadnu väčšiu investíciu a naopak, vozovka v zlom stave by väčšiu investíciu (napr. rekonštrukciu) mala vyžadovať.

Ukazovatele sa vyhodnocujú z údajov zavedenej federálnej databázy Highway Performance Monitoring System (HPMS), do ktorej povinne v striktných termínoch dodávajú dáta jednotlivé štáty.

Hodnotiaca perióda (performance period) je stanovená na 4 roky. Štáty si určujú konečné cieľové hodnoty, ktoré dosiahnu na jej konci a priebežné ciele, ktorých splnenie očakávajú v strede hodnotiacej periódy.

V rámci jednej hodnotiacej periódy štáty odosielať do FHWA tri reporty:

1. východiskový report (Baseline Performance Period Report) – predkladá sa k 1. októbru v roku začiatku každej hodnotiacej periódy. Obsahuje stanovené ciele každého ukazovateľa, diskusiu a odôvodnenie zvolených cieľových hodnôt, východiskové hodnoty ukazovateľov z najaktuálnejších dát,
2. report progresu v strede hodnotiacej periódy (Mid Performance Period Progress Report) – predkladá sa k 1. októbru v treťom roku hodnotiacej periódy. Obsahuje aktuálne hodnotenie stavu a hodnôt ukazovateľov z posledných dát, diskusiu k progresu smerom k naplneniu cieľových hodnôt, diskusiu k efektívnosti investičnej stratégie v štátnom pláne hospodárenia s majetkom, voliteľnú diskusiu k návrhu na úpravu cieľových hodnôt ukazovateľov s odôvodnením,
3. konečný report progresu (Full Performance Period Progress Report) – predkladá sa k 1. októbru v roku nasledovnom po ukončení hodnotiacej periódy. Obsahuje aktuálne hodnotenie stavu a hodnôt ukazovateľov z posledných dát, diskusiu k progresu smerom k naplneniu cieľových hodnôt, diskusiu k efektívnosti investičnej stratégie v štátnom pláne hospodárenia s majetkom.

FHWA pri 2. a 3. reporte zhodnotí, či sa urobil významný pokrok smerom k naplneniu cieľových hodnôt ukazovateľov. Významný pokrok znamená prekročenie východiskových hodnôt alebo cieľových hodnôt, ktoré sa vyhodnocujú z údajov k 15. júlu alebo 15. augustu. Pokiaľ FHWA skonštatuje, že sa nedosiahol významný pokrok, štáty sú povinné do 6 mesiacov vypracovať písomné návrhy, ako cieľové hodnoty dosiahnuť. Regulácia priznáva výnimočné situácie, keď si štát z objektívnych príčin nemôže alebo je pre neho ťažšie naplniť cieľové hodnoty, ako sú vis-major situácie a závažné zmeny v legislatíve a organizácii cestného hospodárstva.

Ukazovatele týkajúce sa vozoviek sa vyhodnocujú len na tzv. *mainline highways*, čo znamená de facto priebežné jazdné pruhy, bez križovatkových vetiev, bez zaradovacích a vyradovacích pruhov a bez spevnených krajín.

V teréne sa požaduje zberať tieto metriky:

1. IRI (priemerná hodnota),
2. hĺbka vyjazdených koľají (len pre asfaltové vozovky),
3. trhliny: pre asfaltové vozovky ako percentuálny podiel plochy vykazujúci viditeľné trhliny na úseku, pre doskové CB vozovky ako podiel dosiek vykazujúcich trhliny a pre spojitú vystuženú CB vozovku percentuálny podiel povrchu s pozdĺžnymi trhlinami, rozpadom betónu (spalling), rozlomeným betónom (punchout) alebo inými viditeľnými poruchami okrem priečných trhlín,
4. vertikálne prevýšenia (schodíkovanie, faulting) (len pre doskové CB vozovky) ako priemerný rozdiel vo vertikálnom prevýšení jednotlivých dosiek,
5. PSR (present serviceability rating) – index prevádzkovej spôsobilosti zisťovaný subjektívne v intervale 0 až 5. Povoľuje sa len, ak maximálna povolená rýchlosť je nižšia ako 40 míľ za hodinu (~ 64 km/h), čo zvyčajne môžu byť len špeciálne miesta ako hraničné priechody alebo miesta pre výber mýta. Len na takýchto úsekoch môže nahradiť predchádzajúce štyri metriky.

Požadované náležitosti bližšie určuje terénny manuál HPMS (Highway Performance Monitoring System – Field Manual) a príslušné normy a predpisy uvedené vo federálnej regulácii.

Základný merací a vyhodnocovací interval je 0,1 míle (~ 161 m) a okrem začiatkov a koncov meraní alebo výnimočných situácií je nutné ho dodržať. Na medzištátnej sieti sa meria pravidelne raz ročne a na zvyšku NHS raz za dva roky. Vzhľadom na veľkosť siete postačuje merať v jednom pruhu (v pravom alebo reprezentatívnom pruhu) a v jednom smere. Zakazuje sa priemerovať hodnoty z opačných smerov smerovo delených ciest. Povoľuje sa najviac 5 % pruhu-míľ, ktoré nemajú namerané dáta alebo ich majú neplatné.

Z hodnotenia sa vylučujú úseky na mostoch a úseky s inými typom povrchu ako asfaltový alebo betónový a úseky s neznámym povrchom vozovky.

Namerané hodnoty metrík sa klasifikujú do troch stupňov: dobrý (good), dostatočný (fair) a zlý (poor), a to nasledovne:

metrika		dobrá	dostatočný	zlý
IRI (všetky vozovky)		< 1,5 mm/m (< 95 in/mi)	1,5 – 2,7 mm/m (95 – 170 in/mi)	> 2,7 mm/m (> 170 in/mi)
trhliny	asfaltové vozovky	< 5 %	5 – 20 %	> 20 %
	JPCP	< 5 %	5 – 15 %	> 15 %
	CRCP	< 5 %	5 – 10 %	> 10 %
hlbka vyjazdených koľají (asfaltové vozovky)		< 5,1 mm (< 0,2 in)	5,1 – 10,2 mm (0,2 – 0,4 in)	> 10,2 mm
vertikálne prevýšenie dosiek (JPCP)		< 2,5 mm (< 0,1 in)	2,5 – 3,8 mm (0,1 – 0,15 in)	> 3,8 mm (> 0,15 in)

Okrem klasifikačných ukazovateľov sa počíta ukazovateľ celkového stavu (overall condition) nasledovne na základe počtu podukazovateľov v stavoch podľa tabuľky:

typ povrchu	používané metriky	dobrá	dostatočný	zlý
asfaltové vozovky	IRI, hĺbka vyjazdených koľají, trhliny	všetky tri v stave dobrý	ostatné prípady	dva alebo tri v stave zlý
JPCP	IRI, vertikálne prevýšenie dosiek, trhliny	všetky tri v stave dobrý	ostatné prípady	dva alebo tri v stave zlý
CRCP	IRI, trhliny	oba v stave dobrý	ostatné prípady	oba v stave zlý

Výkonnostné ukazovatele sú následne počítané ako pruhovo-dĺžkové priemery.

Percentuálny podiel vozoviek v dobrom stave:

$$100 \cdot \frac{\sum_{g \in G} (EP_g - BP_g) \cdot TL_g}{\sum_{t \in T} (EP_t - BP_t) \cdot TL_t}$$

Percentuálny podiel vozoviek v zlom stave:

$$100 \cdot \frac{\sum_{g \in P} (EP_g - BP_g) \cdot TL_g}{\sum_{t \in T} (EP_t - BP_t) \cdot TL_t}$$

kde:

- G je množina úsekov hodnotených v stave dobrý,
 P je množina úsekov hodnotených v stave zlý,
 T je množina všetkých hodnotených úsekov,
 EP_s je líniové staničenie konca úseku s ,
 BP_s je líniové staničenie začiatku úseku s ,
 TL_s je počet priebežných jazdných pruhov na úseku s .

Minimálne úrovne pre stav sú dané nasledovne:

- percentuálny podiel vozoviek medzištátneho systému v zlom stave môže byť najviac 5 %,
- percentuálny podiel vozoviek medzištátneho systému v štáte Aljaška v zlom stave môže byť najviac 10 %.

4.2.2 Účtovný štandard GASB 34, USA

Účtovný štandard vydaný ako usmernenie GASB 34 v USA v roku 1999 bol prelomový v tom, že po prvýkrát zaviedol povinnosť reportovať hodnotu verejného infraštruktúrneho majetku (v štátnej správe aj samospráve), vrátane hodnoty ciest, mostov, tunelov a iných cestných objektov a súčastí. V rámci prechodných opatrení bolo vydanie prvých reportov nariadené na jún 2002 [61].

Štandard umožňuje vybrať si z dvoch metód ocenenia infraštruktúrneho majetku: historické ceny s odpismi alebo tzv. modifikovaný prístup.

Prvá metóda spočíva v odhade obstarávacej ceny hodnoteného majetku v historických cenách a následné aplikovanie lineárneho odpisovania. V štandarde je uvedený takýto príklad:

V roku 1998 prevádzkovala oblastná správa 65 pruhomíľ sekundárnej cestnej siete, pričom aktuálne stavebné náklady na obdobné cesty sú 1 milión dolárov na pruhomíľ. Odhadované celkové stavebné náhradné náklady sú teda 65 mil. \$. Tieto cesty mali priemerný vážený vek 15 rokov; preto sa považuje rok 1983 za akvizičný rok. Na základe „Údajov cenových trendov výstavby ciest s federálnou pomocou“ pre rok 1983 a 1998 amerického ministerstva dopravy boli stavebné náklady v roku 1983 na úrovni 69,03 % tých z roku 1998. Odhadovaná historická cena tejto cestnej siete je preto 44 869 500 \$. V roku 1998 by mala správa reportovať túto cenu zníženú o akumulované odpisy. Predpokladajme, že celková užitočná životnosť takejto cestnej siete je 25 rokov. Predpokladajúc žiadnu zvyškovú hodnotu na konci tejto životnosti sú lineárne odpisové náklady na úrovni 1 794 780 \$ ročne a akumulované odpisy v roku 1998 sú 26 921 700 \$. Je zrejmé, že prvá metóda vykazuje čisto účtovú hodnotu majetku s otáznou relevanciou pre hospodárenie s majetkom.

Druhý tzv. modifikovaný prístup umožňuje reportovať hodnotu bez odpisovania, ale len za istých podmienok aspoň čiastočne zaručujúcich dobré hospodárenie s udržiavaním hodnoty majetku: infraštruktúrny majetok sa nemusí odpisovať, ak (1) vládna správa hospodári s týmto majetkom s využitím systému hospodárenia s majetkom, ktorý má určité charakteristiky a (2) vládna správa dokáže preukázať, že tento majetok sa udržiava na približnej (alebo vyššej) úrovni stavu určenom a zverejnenom vládny dokumentom. Kvalifikujúce sa vládne správy zverejnia takýto infraštruktúrny majetok v povinnej doplnkovej informácii, a to vrátane fyzického stavu majetku a objemu prostriedkov minutých na správu a údržbu tohto majetku.

Napriek tomu, že vyčísľovanie hodnoty majetku a jeho uvedenie do súvah je brané vo všeobecnosti ako pozitívne, samotná implementácia vo forme tohto usmernenia je veľmi kontroverzná.

4.2.3 Štát Washington, USA

V štáte Washington má systém hospodárenia s vozovkami veľmi dlhú tradíciu. Legislatívne ukotvenia SHV začína už v roku 1963 (štátny zákon RCW 47.05 o prioritnom programovaní rozvoja ciest – Priority Programming for Highway Development). Dáta o stave vozoviek sa zberajú systematicky od roku 1965 a prvý informačný systém pre SHV vyvinuli koncom 70. rokov. Od roku 1988 sa údaje na všetkých štátnych cestách zberajú ročne (predtým dvojročne). Merania sa realizujú vlastnou diagnostickou technikou – multifunkčným vozidlom (fotografie cesty spoza čelného skla a fotografií povrchu vozovky, priečny a pozdĺžny profil pre výpočet IRI, vyjazdených koľají asfaltových vozoviek a schodíkovania betónových vozoviek) a vozidlom pre meranie protišmykových vlastností (friction testing truck and trailer). Z fotografií sa následne v kancelárii manuálne odvádzajú poruchy povrchu vozovky.

Zavedené sú tri základné nekompozitné indexy, ktoré hodnotia stav na škále 0 (havarijný stav) po 100 (výborný stav), pričom vo všeobecnosti hodnota okolo 50 indikuje včasnú potrebu nejakého zásahu [63]:

- **PSC – Pavement Structural Condition** (štruktúrny stav vozovky). Počíta sa z tzv. ekvivalentných trhlín mocninovou prevodovou funkciou. Hodnota ekvivalentných trhlín sa počíta zo sieťových trhlín, priečnych a pozdĺžnych trhlín a lokálnych opráv (patching), u ktorých sa predpokladá, že boli realizované práve kvôli sieťovým trhlinám. Podrobný výpočet je v prílohe E v [64],
- **PRC – Pavement Rutting Condition** (stav vozovky z hľadiska vyjazdených koľají) – prepočítava sa lineárnou funkciou z hĺbky vyjazdených koľají,
- **PPC – Pavement Profile Condition** (stav vozovky z hľadiska profilu) – prepočítava sa z IRI lineárnou funkciou.

Pre betónové vozovky sa počítajú ešte rozšírené indexy:

- **RCN – Reconstruction**. Index ukazujúci na potrebu rekonštrukcie betónovej vozovky počítaný zo schodíkovania a PSC,
- **GRND – Grinding** (brúsenie). Index poukazujúci na potrebu brúsenia povrchu diamantom počítaný z nízkeho schodíkovania (do $\frac{1}{4}$ palca ~ 6,4 mm), IRI a vyjazdených koľají,⁹
- **DBR – Dowel Bar Retrofit** (osadenie klzných trňov). Index ukazujúci na potrebu dodatočného osadenia klzných trňov medzi betónové dosky. Počíta sa zo schodíkovania.

Na každom hodnotenom úseku sa vytvára úsekovo-špecifický degradačný model, a to regresnou metódou najmenších štvorcov z východiskových kriviek (pre PRC a PPC lineárne a PSC exponenciálne). Pre každý index sa počíta tzv. *index due date*, čo je rok, kedy degradačná krivka na úseku dosiahne hodnoty medzi 45-50. Prevodové funkcie indexov sa totiž volia tak, že tento interval zodpovedá času rehabilitácie s najnižším nákladmi životného cyklu. Minimum z týchto rokov je tzv. *due date* úseku, teda rok, kedy by sa malo pristúpiť k nejakej rehabilitácii. Due date je jeden z reportovaných parametrov.

V systéme sú tri druhy analytických úsekov. Základná jednotka v systéme je tzv. *prehliadková jednotka* (survey unit) s cieľovou dĺžkou 0,1 míle, ktorá je homogénna vzhľadom na vek vozovky, typ povrchu, základnú plošnú konfiguráciu (smerovo

⁹ Vyjazdené koľaje na cementobetónovej vozovke sa vytvárajú pôsobením pneumatík s hrotmi, ktoré sú na Slovensku zakázané. Nejde o typické plastické deformácie vyskytujúce sa na asfaltových vozovkách.

delená/nedelená, viac/menej ako 3 jazdné pruhy celkovo) a región. Na prehliadkovú jednotku sú viazané tak diagnostické metriky, ako aj vypočítané indexy. Prehliadkové jednotky podstupujú spájanie na základe podobného stavu do tzv. *udržiavacích jednotiek* (preservation unit) do priemernej dĺžky okolo 1 míle (~ 1,6 km). Udržiavacie jednotky sú následne spájané do *plánovacích jednotiek* podľa podobného roku *due date*. Na prehliadkovej jednotke sa vykonáva aj 5 stupňová klasifikácia podľa PSC, IRI a hĺbky vyjazdených koľají [65]:

Stupeň	PSC	IRI	RUT
Veľmi dobrý	100 – 80	< 1,5 mm/m < 95 in/mile	< 5,8 mm < 0,23 in
Dobrý	80 – 60	1,5 – 2,7 mm/m 95 – 170 in/mile	5,8 – 10,4 mm 0,23 – 0,41 in
Vyhovujúci	60 – 40	2,7 – 3,5 mm/m 170 – 220 in/mile	10,4 – 14,7 mm 0,41 – 0,58 in
Zlý	40 – 20	3,5 – 5,1 mm/m 220 – 320 in/mile	14,7 – 18,8 mm 0,58 – 0,74 in
Veľmi zlý	20 – 0	> 5,1 mm/m > 320 in/mile	> 18,8 mm > 0,74 in

Celkový stav je potom minimálny stupeň z klasifikačných stupňov PSC, IRI a RUT.

Na strategickej úrovni sa reportujú štyri ukazovatele:

- celkový stav – dĺžkovo-vážený a dopravne-vážený podiel vozoviek vo vyhovujúcom alebo lepšom stave. Aktuálna cieľová hodnota je 90 %,
- pomer udržateľnosti majetku (asset sustainability ratio) – dopravne vážený podiel pridávaných rokov životnosti rehabilitáciou k odobratej (skonsumovanej) životnosti v danom roku. Aktuálna cieľová hodnota je 0,90,
- zvyšková prevádzková životnosť (remaining service life) – priemerný podiel počtu rokov zvyškovej životnosti k typickej celkovej životnosti. Cieľová hodnota je medzi 45 % – 55 %, ideálna 50 %,
- (technický) dlh z omeškanej rehabilitácie (deferred preservation liability; backlog) – odhad celkových nákladov na rehabilitáciu úsekov, ktorým už uplynulo časové okno rehabilitácie s najnižšími nákladmi životného cyklu. Cieľová hodnota je 0 \$.

Ukazovatele sa vyhodnocujú každý rok a výsledky sa komunikujú verejnosti v publikácii Gray Notebook, ktorú vydáva ministerstvo dopravy (WSDOT) [66]:

PAVEMENT ANNUAL PERFORMANCE MEASURES ^{1,2}		2016	2017	Agency Target	Target ³	Trend	Desired trend
Short term	Percent of pavement in fair or better condition Measured for asphalt and concrete pavement (chip seal data was not collected in 2016 due to budget constraints; 2017 chip seal data was collected but has not yet been processed). Condition is shown by lane miles and by vehicle miles traveled to reflect road use.	Lane Miles 92.2%	91.8%	90.0%	✓	↓	↑
		VM ⁴ 91.7%	91.5%				
Long term	Asset Sustainability Ratio⁵ Years of pavement service life added to the pavement network through rehabilitation in a given year divided by the service life consumed in that same year.	0.68	0.90	0.90	✓	↑	↑
	Remaining Service Life⁵ Average percentage of original total useful life remaining before rehabilitation or replacement is needed; average years remaining before rehabilitation or replacement is needed.	48.6% (7.6 yrs)	47.4% ⁶ (7.7 yrs) ⁶	45% to 55%	✓	↓	↑
	Deferred Preservation Liability (backlog) An estimate of the accumulated cost (in current dollars) to fund the backlog of past-due (deferred) pavement rehabilitation work.	\$330 million	\$346 million	\$0	—	↑	↓

Obrázok 5 Ukážka z výkonnostného dashboardu vozoviek z [66].

Na webových stránkach WSDOT [67] a [68] je možné nájsť ako otvorené dáta aj podkladové dáta pre výpočet vo formáte Esri geodatabázy (GDB) na úrovni prehliadkových jednotiek, a to vrstvy due date (optimálny rok rehabilitácie), celkový stav v 5 stupňoch klasifikácie (minimálny klasifikačný stupeň PSC, IRI a koľají), klasifikácia RUT (5 stupňov), klasifikácia podľa PSC (asfaltové) alebo RCN (betónové vozovky) (5 stupňov), klasifikácia koľají (5 stupňov), všeobecné dáta o prehliadkových jednotkách (RPDI, priemerný dátum poslednej výmeny krytu, optimálny dátum rehabilitácie, spúšťač – dôvodov voľby optimálneho dátumu rehabilitácie – PSC/RPC/PPC pre asfaltové vozovky a RCN/DBR/GRND pre betónové vozovky), počet priebežných jazdných pruhov (vrátane vysokopacitných (HOV) pruhov a stúpacích pruhov), základný typ povrchu vozovky (AC, BST – náter, PCC).

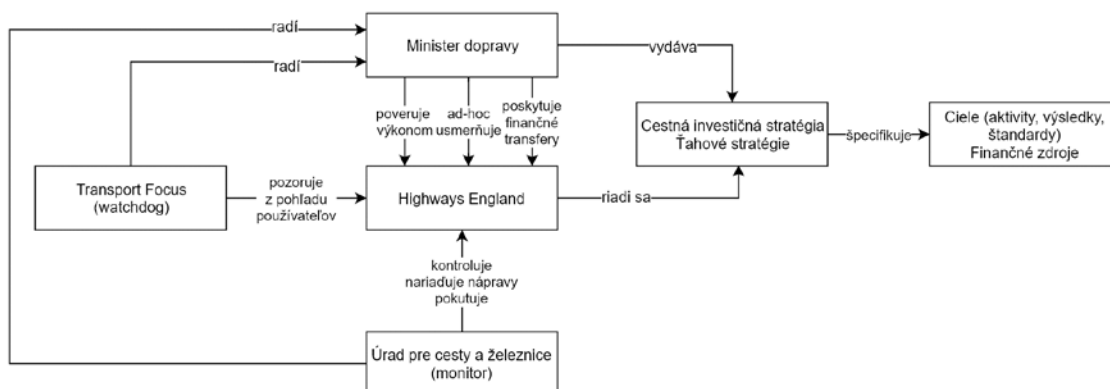
WSDOT Pavement Management Data - WSPMS

WSPMS Due Year	View	Download	3 Mb
WSPMS Good, Fair, Poor (GFP)	View	Download	2.2 Mb
WSPMS Iri	View	Download	2.5 Mb
WSPMS Preservation Units	View	Download	1.8 Mb
WSPMS PSC or RCN	View	Download	1.9 Mb
WSPMS Rutting Category	View	Download	1.8 Mb
WSPMS Surface Type	View	Download	1.1 Mb

4.3 Strategická cestná sieť v Anglicku, Veľká Británia

Strategickú cestnú sieť v Anglicku tvoria diaľnice (*motorways*) a vybrané cesty triedy A o celkovej dĺžke takmer 7000 km a približne 35 000 pruhov-km. Táto sieť dĺžkovo predstavuje len 2 % anglickej cestnej siete, avšak je po nej realizovaných približne 1/3 všetkých cestných dopravných výkonov. Správu a výstavbu má na starosti štátom vlastnená organizácia *Highways England* (Cesty Anglicko). Na rozdiel od slovenských správcovských organizácií je *Highways England* aj sieťovým operátorom a jeho uniformované zložky (*traffic officers*) prebrali niektoré právomoci od polície.

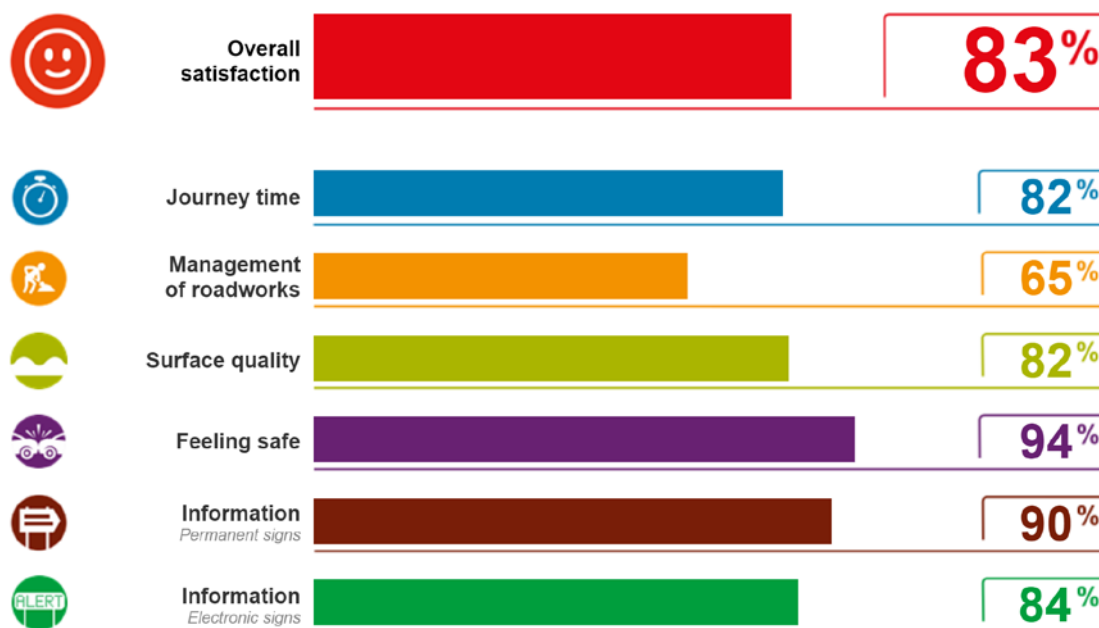
Infraštruktúrny zákon 2015 (*Infrastructure Act 2015*) [69], ktorým aj formálne vznikla *Highways England* transformáciou z *Highways Agency*, zriadil dve nezávislé inštitúcie pre dozor: Úrad pre cesty a železnice (*Office of Rail and Roads*) a *Transport Focus*.



Obrázok 6 Governance framework pre strategickú cestnú sieť v Anglicku

Úrad pre cesty a železnice dohliada nad plnením výkonnostných cieľov a efektivitou Highways England, napĺňaním Cestnej investičnej stratégie (*Road Investment Strategy*) a súladom s udelenou licenciou.

Transport Focus (predtým *Passengers' Council*) je zákonom ustanovený ako „strážca“ (*watchdog*), ktorý vykonáva aktivity na ochranu a propagáciu záujmov používateľov strategickej cestnej siete. Jednou z jeho aktivít je neustály dotazníkový prieskum používateľov ciest; ročne spovedá celkovo viac ako 8000 respondentov na 800 miestach po celom Anglicku. V rámci hodnotenia „Kvality povrchu“ sa vyhodnocuje ukazovateľ „Spokojnosť s kvalitou cestného povrchu“.



Obrázok 7 Celkový prehľad výsledkov hodnotenia strategickej cestnej siete za posledných 12 mesiacov [70]

Satisfaction with road surface



Satisfaction with road lighting (among those who drove after dark)



Satisfaction with road marking



Obrázok 8 Prvé tri ukazovatele z rodičovského kritéria "Kvalita povrchu" [71]

Úrad pre cesty a železnice pravidelne vyhodnocuje tieto kľúčové výkonnostné ukazovatele [72]:

Cieľ	KPI	Cieľová hodnota
Zvyšovať bezpečnosť na cestách	Znižovať počet mŕtvych a vážne zranených (tzv. KSI) na úroveň > 40 % poklesu na konci roka 2020 v porovnaní s priemernou hodnotou v rokoch 2005-2009.	Pozri text
Zvyšovať spokojnosť používateľov	Skóre respondentov, ktorí sú veľmi a vcelku spokojní.	90 %
Podpora plynulej premávky	Dostupnosť pruhov.	> 97 %
	Čas do odstránenia následkov dopravných nehôd na diaľniciach	< 1 hodina pre aspoň 85 % dopravných nehôd
Stimulovanie ekonomického rastu	Priemerná časová strana na jednu voz.míľu	-
Zlepšenie životného prostredia	Počet vyriešených dôležitých miest z hľadiska hluku	> 1150 počas prvej cestnej periódy
	Publikovať akčný plán pre biodiverzitu a ročne reportovať pokrok v jeho plnení	-
Pomoc cyklistom, chodcom a iným zraniteľným účastníkom	Počet nových a vylepšených priechodov	-
Dosahovanie reálnej efektivity	Celkové úspory kapitálových výdavkov	> 1,2 mld. libier počas prvej cestnej periódy
Udržiavanie siete v dobrej kondícii	Podiel majetku nevyžadujúceho ďalšiu diagnostiku pre možnú údržbu	> 95 %

Posledná oblasť z nich si zasluhuje ďalšiu pozornosť, keďže sa priamo týka predmetu RÚ.

Okrem jedného spomenutého KPI obsahuje ďalších 11 výkonnostných indikátorov rozdelených do 4 oblastí: štruktúry, odvodnenie, geotechnický majetok a technologická dostupnosť.

Pod štruktúrami sa myslia cestné objekty – mosty, tunely, múry, priepusty a ďalšie (vyše 19 000). Ukazovatele sú:

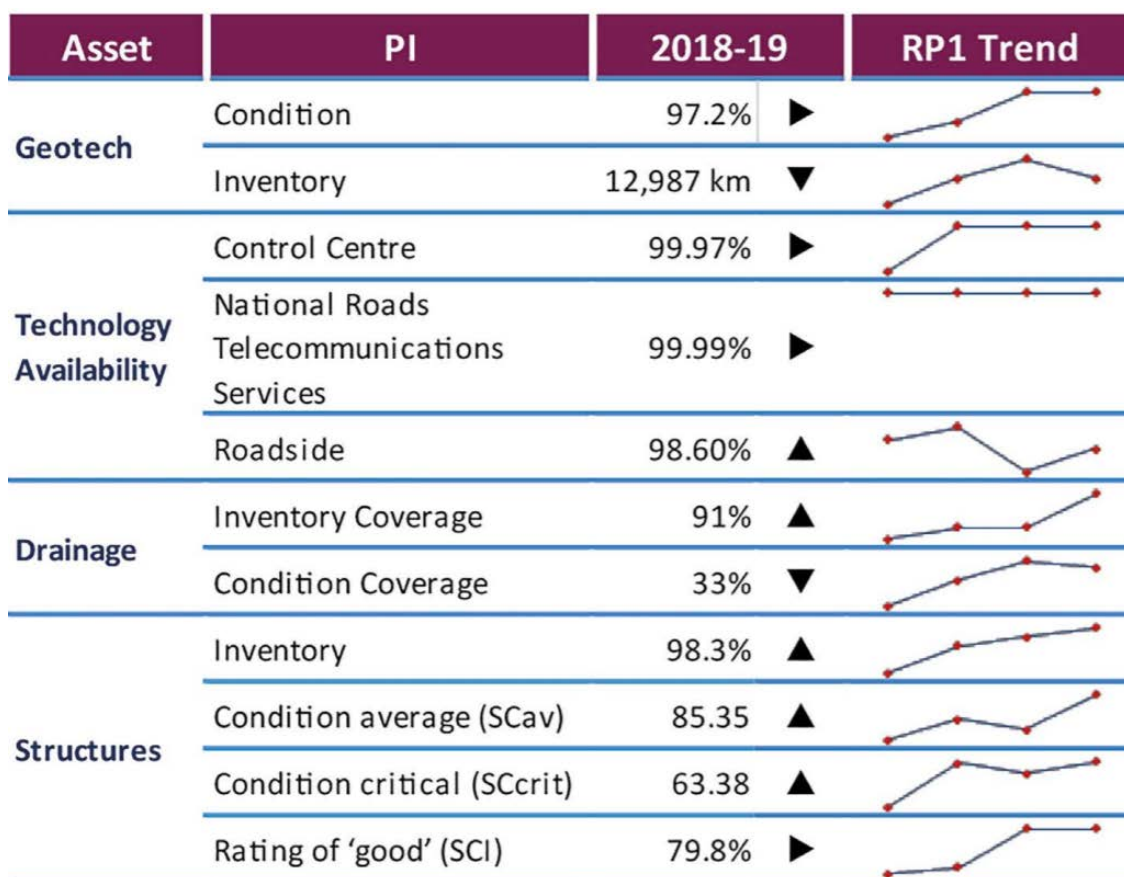
- inventár – % cestných objektov, o ktorých sa informačnom systéme (SMIS) evidujú základné údaje,
- priemerný stav (SCav): priemerný stav z prehliadok v intervale 0-100 (skóre nad 80 je dobrý a veľmi dobrý, 65-80 vyhovujúci, 40-65 zlý a 0-40 veľmi zlý). Ide o priemer stavov za každý objekt vážený jeho veľkosťou. Stav objektu je priemer stavov jeho elementov vážený ich dôležitosťou,
- stav kritických elementov (SCcrit): priemer stavu kritických elementov objektov vážený veľkosťou objektu; stav kritických elementov objektu je najnižšie (najhoršie) skóre jeho elementov s vysokou a veľmi vysokou dôležitosťou,
- hodnotenie „dobrých“ (SCI): % podiel objektov v stave „dobrý“ a lepší podľa indexu SCI, ktorý vyjadruje celkový stav objektu podľa názoru prehliadkára.

Pre odvodnenie:

- pokrytie inventárom – % dĺžkový podiel 100 m úsekov ciest, pre ktoré existuje aspoň jeden záznam v technickej evidencii odvodnenia,
- pokrytie stavom – % podiel údajov o odvodňovacích zariadeniach, pre ktoré sú zaevidované údaje o stave.

Geotechnický majetok sú podlažia, zemné telesá a príslušenstvo pozemky. Indikátory:

- inventár: dĺžka siete, kde bol ukončený geotechnický inšpekčný prieskum,
- stav: % podiel geotechnického majetku, ktorý nie je tzv. stupňoch 3 (nápravné opatrenie nemusí vykonané do 5 rokov, ale buď nápravné opatrenie alebo preventívny zásah by mal byť plánovaný v iných programoch), 4 (nápravné alebo údržbové opatrenie by malo byť naplánované do 5 rokov, vyžadujú sa prehliadky a monitoring) a 5 (čo najskôr by malo byť naplánované nápravné opatrenie, typicky do 1 roka, vyžaduje sa monitoring a prehliadky).



Obrázok 9 Dashboard vyhodnotenie výkonnostných indikátorov cieľa "Udržiavanie siete v dobrej kondícii"

4.4 Poľsko

4.4.1 Cestná sieť

V Poľsku sa cestná sieť rozdeľuje do tried a kategórií.

Triedy sa určujú na základe technických a funkčných parametrov cesty podľa výnosu ministerstva dopravy a námornej ekonomiky (teraz ministerstva dopravy) z 2. 3. 1999. Jednotlivé **triedy** sú:

- trieda A: diaľnica (autostrada),
- trieda S: rýchlostná cesta (droga ekspresowa),
- trieda GP: hlavná cesta s „rýchlou dopravou“ (droga główna ruchu przyspieszonego),
- trieda P: hlavná cesty (droga główna),
- trieda Z: zberná cesta (droga zbiorcza),
- trieda L: miestna cesta (droga lokalna),
- trieda D: prístupová cesta (droga dojazdowa).

Podľa funkcie v rámci cestnej siete sa určujú kategórie na základe zákona „O verejných cestách“ z 21. 3. 1985. (Funkčná) **kategória** môže byť:

- národná cesta (droga krajowa) – v triedach A, S alebo GP,
- krajská cesta (droga wojewódzka) – v triedach GP alebo G,
- okresná cesta (droga powiatowa) - v triedach GP, G alebo Z,
- obecná cesta (droga gminna) – v triedach GP, G, Z, L alebo D.

Ďalej popíšeme systém diagnostických meraní a vyhodnotenia národných ciest s správou Generálneho riaditeľstva národných ciest a diaľnic (GDDKiA).

4.4.2 Systém hodnotenia stavu vozoviek

Do roku 2015 existoval tzv. **systém hodnotenia stavu vozoviek** (System Oceny Stanu Nawierzchni, skrátené SOSN). Pravidelne sa merali a vyhodnocovali údaje o:

- trhlínach a čiastočne priehyboch (predbežná informácia o únosnosti),
- pozdĺžne nerovnosti,
- hĺbka vyjazdených koľají,
- stav povrchu,
- protišmykové vlastnosti (drsnosť).

Všetky parametre boli klasifikované v štvorstupňovej klasifikácii:

- A – dobrý stav: nové a obnovené vozovky nevyžadujúce opravy,
- B – vyhovujúci stav: nové a obnovné vozovky nevyžadujúce opravy,
- C – nevyhovujúci stav: vozovky s poruchami vyžadujúce si naplánovanie nápravy,
- D – zlý (havarijný stav): vozovky s poruchami vyžadujúce okamžitú nápravu.

Meralo sa typicky vo vonkajšom pruhu v pravej jazdnej stope v intervaloch 50 m.

4.4.3 DSN – diagnostika stavu vozoviek

Rozhodnutím generálneho riaditeľa Generálneho riaditeľstva diaľnic a rýchlostných ciest sa systém SOSN zrušil a od roku 2015 ho nahradil systém **DSN – diagnostika stavu vozoviek** (Diagnostyka Stanu Nawierzchni). [73] Zmena reagovala na vývoj nových diagnostických výkonových zariadení, možnosti automatizovaného vyhodnocovania stavu povrchu vozovky a ďalšie. Zaviedlo sa veľa nových parametrov, merania na všetkých priebežných pruhoch, nový spôsob klasifikácie, degradačné modely, metodika projekcie meraných údajov v GPS na cestnú sieť a ďalšie. Popis nového systému zachytáva hlavne [74].

DSN rozoznáva **18 meraných a vyhodnocovaných metrík**:

ID	Metrika (parameter)	Kód
1	priehyb (bodové)	UP
2	indikátor SCI300 (bodové)	SCIP
3	priehyb PM (kontinuálne)	UC
4	indikátor SCI300 PM	SCIC
5	hĺbka koľaje	KOLC
6	IRI	IRIC
7	priemerná hĺbka makrotextúry (MTD)	MTDC
8	priečny sklon	PPOC
9	koeficient trenia (bodové)	WTP
10	koeficient trenia (kontinuálne)	WTC
11	indikátor trhlín	WSAA
12	indikátor stavu povrchu	WPAA
13	indikátor trhlín betónových vozoviek	WSBA
14	indikátor stavu povrchu betónových vozoviek	WPBA

15	RL – merný súčiniteľ svietivosti	RLC
16	Qd – súčiniteľ jasu pri difúznom osvetlení	QDC
17	SRT – drsnosť vodorovného dopravného značenia	SRTC
18	fotografie jazdného pruhu (50 m)	FOTP

Posledné písmeno kódu označuje:

- P – bodové meranie,
- C – kontinuálne meranie,
- A – kontinuálne meranie s automatickým vyhodnotením.

Za zmienku stojí, že:

- je zavedené automatické vyhodnocovanie stavu povrchu vozoviek,
- je zavedené meranie priehybových charakteristík kontinuálnym spôsobom s použitím TSD,
- je zavedené kontinuálne meranie protišmykových vlastností (používa sa zariadenie TWO),
- je zavedené kontinuálne meranie troch parametrov vodorovného dopravného značenia (RL, Qd, STR).

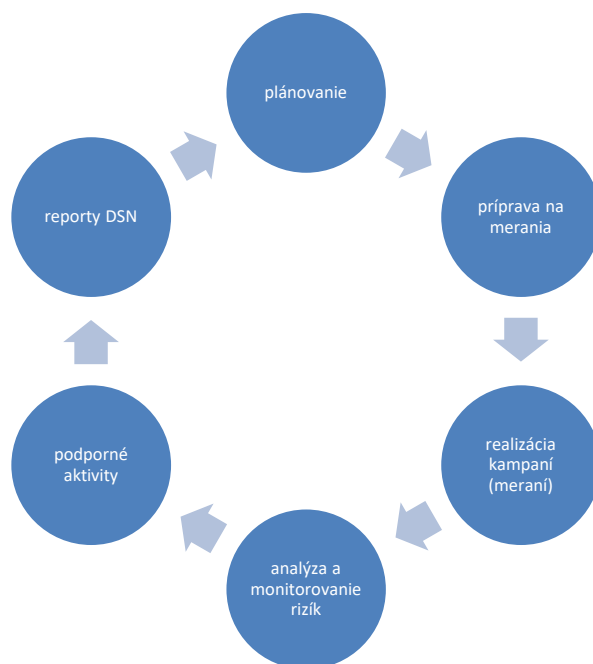
Pre asfaltové vozovky sa ešte zo stavu povrchu vyhodnocujú parametre pre:

- trhliny (spękania, SSP),
- vysprávk (łaty, LA)

Pre betónové vozovky parametre pre:

- pozdĺžne a priečne trhliny (PP),
- priemerná dĺžka pozdĺžnych a priečných trhlín na doske (PSD),
- percentuálny podiel dosiek poškodených pozdĺžnymi a priečnymi trhlinami (PPU),
- poškodenie rohov (UN)
 - o priemerný počet poškodených rohov na doske (UNLU),
 - o percento dosiek s poškodenými rohmi (UNPU),
- poškodenie okrajov (UK)
 - o priemerná dĺžka poškodených okrajov na doske (UKDU),
 - o percento dosiek s poškodenými okrajmi (UKPU).

DSN funguje v ročných cykloch:



Obrázok 10 Ročný cyklus DSN (z [74])

Pre účely hodnotenia je cestná sieť rozdelená na tzv. **referenčné úseky** (odcinek referencyjny). Referenčný úsek sa delí na tzv. **diagnostické úseky** (odcinek diagnostyczny). Diagnostický úsek je základná vyhodnocovacia jednotka, typicky je dlhý 50 m. Výnimky sú diagnostické úseky na začiatku a konci referenčného úseku, ktoré môžu mať menej ako 50 m. Týka sa vždy jedného jazdného pruhu.

Predpis rozoznáva parametre (metriky):

- podkladové metriky (miery alebo primárne odvodené metriky) – označované ako **veličiny** (wielkość),
- **kompozitné parametre** (parameter zespolony).

Kompozitné parametre sa počítajú agregáciou tzv. stavových veličín (wartości stanu). Stavová veličina je de facto index (v intervale 0 – 100) počítaný prevodovou funkciou. Táto konverzia sa nazýva **normalizácia** (normowanie). Nie všetky parametre podstupujú normalizáciu.

4.4.4 Merania diagnostickými zariadeniami

GDDKiA disponuje vlastnou pomerne bohatou zásobou diagnostickej techniky. Táto je z dôvodu vyššej operatívosti a rozlohy Poľska distribuovaná aj do regionálnych jednotiek. Ide o [75]:

- 21-laserové profilometre typu Dynatest RSP pre bežné a preberacie merania, disponuje nimi 8 posádok,
- zariadenia SRT-3 domácej poľskej výroby pre meranie pozdĺžneho šmykového trenia s plne zablokoványm kolesom, disponuje nimi 12 posádok. Používajú sa hlavne na preberacie merania, ale aj podľa plánu DSN,
- zaradenie TWO má posádka v Gdansku. Používa sa na merania podľa plánu DSN a hlavne na preberacie merania. Vzhľadom na umiestnenie meracieho kolesa v strede nie je možné meranie v typických stopách vozidiel,
- zariadenia FWD, disponuje nimi 10 posádok, merajú sa nimi priehyby podľa plánu DSN,
- zariadenia RMT (Road Marking Tester) pre kontinuálne meranie parametrov vodorovného dopravného značenia, majú ich dve posádky. Meria sa podľa plánu DSN, preberacie merania a merania v záručnej dobe,

- zariadenia LPR, disponujú nimi 2 posádky. Zaradené sú do strategických rezerv.

Kontinuálne meranie priehybov a záznam a automatické vyhodnotenie stavu povrchu vozovky sa predpokladá dočasne riešiť externými dodávkami (stav povrchu vozovky dočasne, kým GDDKiA neobstará vlastný merací systém).

Bežné merania sa vykonávajú typicky od apríla od októbra.

Plán meraní sa uzatvára každý rok najneskôr do konca 1. kvartálu. V zásade sa dodržiavajú tieto pravidlá:

- merajú sa všetky priebežné jazdné pruhy,
- merania pozdĺžnych nerovností a makrotextúry nesmú byť na žiadnom pruhu staršie ako 2 roky,
- merania priehybov a automatické vyhodnotenie trhlín sa plánuje tak, že:
 - o priehyby sa merajú hlavne na úsekoch plánovaných na opravy, ktorých pozdĺžne nerovnosti, hĺbka vyjazdených koľají alebo stav na základe trhlín je v stave C alebo D,
 - o automatické meranie trhlín a stavu povrchu vozovky sa vykoná na všetkých pruhoch tak, aby žiaden pruh nemal dáta staršie ako 3 roky,
- protišmykové vlastnosti sa vykonávajú hlavne na pravých jazdných pruhoch a pruhoch pre pomalú premávku v prípade smerovo delených „2+1“ ciest, a to v oboch smeroch. Žiaden pruh nesmie obsahovať dáta staršie ako 3 roky. S nábehom zariadenia TWO sa počíta so zhustením meracích intervalov,
- hrubé vodorovné dopravné značenie sa meria aspoň raz za dva roky,
- nemerajú sa úseky plánované na rehabilitáciu v roku merania,
- nemerajú sa úseky, ktorých geometrické a dopravné parametre nevyhovujú podmienkam určených v predpisoch DSN.

V Poľsku si veľmi uvedomujú dôležitosť diagnostiky vozoviek. Preto majú vypracovaný detailný plán **kontroly kvality**, a to tak z pohľadu kvality údajov, ako aj kontroly plnenia plánu meraní.

Vykonávajú sa kontroly:

- porovnávacie merania pred začiatkom meracej sezóny,
- vlastné kontroly prebiehajúce neustále počas meraní,
- kontrolné merania – náhodné merania inými vybranými subjektmi (laboratória, vysoké školy) počas sezóny,
- kontroly plnenia plánu meraní – neustále sa reportuje stav prác v % a kontrolujú sa priebežné termíny meraní.



Obrázok 11 Zariadenie SRT-3 pre meranie šmykového odporu [76]



Obrázok 12 Zariadenie TMO pre meranie šmykového odporu [77]



Obrázok 13 Zariadenie RMT 2.0 pre meranie parametrov vodorovného dopravného značenia [77]

4.4.5 Indexy – normalizácia metrík

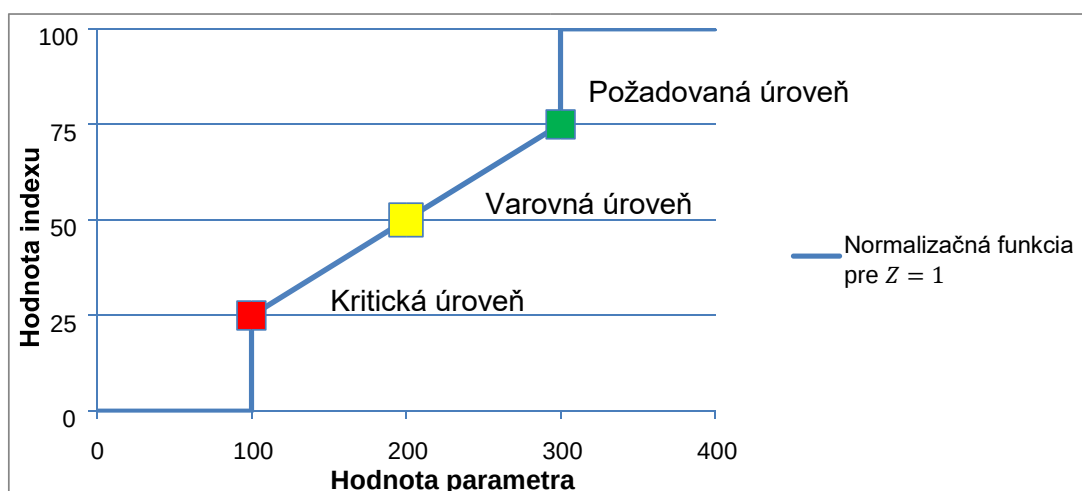
Ako bolo spomenuté vyššie, niektoré parametre postupujú **normalizáciu** na indexové metriky, a to transformačnou funkciou majúcou jednotný tvar, ale rôzne hodnoty riadiaci parametrov. Transformované hodnoty indexu sú v intervale od 0 (najhorší stav) pod 100 (najlepší stav).

Používajú sa tri úrovne stavu: požadovaná, varovná (vozovka vyžaduje naplánovanie rehabilitácie) a kritická (vozovka vyžaduje okamžitú rehabilitáciu). Transformačná normalizačná funkcia sa volí tak, aby požadovaná úroveň zodpovedala indexu 75, varovná úroveň zodpovedala indexu 50 a kritická indexu 25.

Toto zabezpečuje jednotná transformačná funkcia s parametrami W_{kryt} ako kritická hranica (wielkość krytyczną), W_{ost} ako varovná hranica (wielkość ostrzegawczą), W_p ako požadovaná hranica (wielkość pożądaną) a Z vyjadruje smer (1, keď vyššia hodnota nezávislej premennej je lepšia a -1 opačne):

$$FN_{p,s}(x) = \begin{cases} 0, & Z \cdot x < Z \cdot W_{kryt} \\ 25 + \frac{x - W_{kryt}}{W_{ost} - W_{kryt}}, & Z \cdot W_{kryt} \leq Z \cdot x < Z \cdot W_{ost} \\ 50 + 25 \cdot \frac{x - W_{ost}}{W_p - W_{ost}}, & Z \cdot W_{ost} \leq Z \cdot x \leq Z \cdot W_p \\ 100 & Z \cdot x > Z \cdot W_p \end{cases}$$

Obrázok 14 Predpis všeobecnej transformačnej normalizačnej funkcie



Obrázok 15 Príklad priebehu normalizačnej funkcie hypotetického parametra pre priebeh charakterizovaný riadiacimi parametrami $Z = 1$, $W_{kryt} = 100$, $W_{ost} = 200$, $W_p = 300$.

Hranice sa volia tak, aby požadovaná úroveň zodpovedala hornej hranici klasifikačných stupňov A a B, kritická hranica hornej hranici stupňa C a varovná hranica na hornej hranici stupňa D.

Volené sú nasledovne:

Parameter	Jednotka	W_p	W_{ost}	W_{kryt}	Z
Pozdĺžne nerovnosti – asfaltové a betónové vozovky					
IRIC – triedy A, S, GP	mm/m	2	4,3	5,7	-1
IRIC – triedy G a ostatné	mm/m	3	5	6,6	-1
Priečne nerovnosti – asfaltové a betónové vozovky					
KOLC	mm	10	20	30	-1
Protišmykové vlastnosti – asfaltové a betónové vozovky					
WTP a WTC pre triedy A, S	-	0,49	0,35	0,28	1
WT a WTC pre triedu GC a nižšie	-	0,41	0,35	0,28	1
Makrotextúra – asfaltové a betónové vozovky					
MTDC	mm	1	0,8	0,6	1
Povrchové vlastnosti – asfaltové vozovky					
SSP	%	1	5	10	-1
LA	%	1	5	10	-1
Povrchové vlastnosti – betónové vozovky					
PSD	m	0,1	2	4	-1

PPU	%	1	23	35	-1
UNLU	-	0,1	2	3	-1
UNPU	%	1	23	35	-1
UKDU	m	0,1	4	8	-1
UKPU	%	1	23	35	-1
Maximálny priehyb – asfaltové vozovky					
UP/UC pre KR1-2	μm	550	790	1100	-1
UP/UC pre KR3	μm	390	550	710	-1
UP/UC pre KR4	μm	300	390	470	-1
UP/UC pre KR5	μm	250	310	360	-1
UP/UC pre R6-7	μm	205	265	340	-1
Index SCI300 – asfaltové vozovky					
SCIP/SCIC pre KR1-2	μm	115	165	240	-1
SCIP/SCIC pre KR3	μm	70	110	190	-1
SCIP/SCIC pre KR4	μm	50	80	140	-1
SCIP/SCIC pre KR5	μm	40	60	100	-1
SCIP/SCIC pre R6-7	μm	30	50	80	-1
Stav vodorovného dopravného značenia					
RLC asfaltový povrch	mcd/lx/m ²	250	200	150	1
RLC betónový povrch	mcd/lx/m ²	250	200	150	1
QdC asfaltový povrch	mcd/lx/m ²	130	110	100	1
QdC betónový povrch	mcd/lx/m ²	160	140	130	1

4.4.6 Kompozitné indexy

Z týchto indexov sú počítané pre vyššiu úroveň **kompozitné** (zložené) **indexy**. Pre tieto indexy platia rovnaké zásady určovania požadovanej úrovne (> 75), varovnej (< 75 a > 50) a kritickej (< 50) úrovne. V nasledujúcich vzorcoch W_m označuje indexovú (normovanú) hodnotu metriky (parametra) m .

Index funkčného stavu (wskažník stavu użytkowego):

$$WSU^* = 0,25 \cdot WS_{IRIC} + 0,25 \cdot WS_{KOLC} + 0,5 \cdot WS_{WTP/WTC}$$

Index stavu konštrukcie (wskažník stavu konstrukcji):

- pre asfaltové vozovky:
 - o $WSK^* = 0,25 \cdot WS_{SSP} + 0,15 \cdot WS_{LA} + 0,4 \cdot \min(WS_{UP}, WS_{UC}) + 0,2 \cdot \min(WS_{KOLC}, WS_{IRIC})$
- pre betónové vozovky:
 - o $WSK^* = 0,5 \cdot WS_{PP} + 0,35 \cdot \min(WS_{KOLC}, WS_{IRIC}) + 0,15 \cdot \min(WS_{UK}, WS_{UN})$

Index stavu povrchu (wskažník stavu powierzchni):

- pre asfaltové vozovky:
 - o $WSP^* = 0,25 \cdot \min(WS_{IRIC}, WS_{KOLC}) + 0,5 \cdot WS_{SSP} + 0,25 \cdot WS_{LA}$
- pre betónové vozovky:
 - o $WSP^* = 0,35 \cdot \min(WS_{IRIC}, WS_{KOLC}) + 0,3 \cdot WS_{PP} + 0,2 \cdot WS_{UN} + 0,15 \cdot WS_{UK}$

Hodnota indexu sa ešte upraví podľa zásady, že pokiaľ hodnota niektorého zo vstupných indexov je nižšia ako varovná, hodnota kompozitného indexu nesmie byť vyššia ako hodnota tohto indexu. Takto upravené indexy sa označujú bez hviezdčiek v hornom indexe (WSU, WSK, WSP).

Index celkového stavu (wskažník oceny ogólnej) sa počíta:

- ak je dostupný index stavu konštrukcie:
 - o $WOG = \min(WSU, WSK)$
- inak:
 - o $WOG = \min(WSU, WSP)$

Index stavu vodorovného dopravného značenia (Wskažník stavu oznakowania poziomego):

$$WSO = 0,5 \cdot RLC + 0,5 \cdot QdC$$

Na ešte vyššej úrovni sa počíta **globálny index WGL** ako kompozitný index zložený z vážených kompozitných indexov WSK, WSP a WSU . Je možné ho počítať na jednotlivých 1000 m úsekoch, homogénnych úsekoch, celých cestách a na úrovni celej cestnej siete.

WLG je možné použiť ako prioritný rankingový index, ktorý sa počíta podľa rôznych váh podľa zvolenej stratégie:

- Priorita A – náprava štruktúrneho stavu:
 - o $WGL = 0,7 \cdot WSK + 0,2 \cdot WSP + 0,1 \cdot WSU$
- Priorita B – náprava stavu z pohľadu bezpečnosti premávky:
 - o $WGL = 0,2 \cdot WSK + 0,4 \cdot WSP + 0,4 \cdot WSU$
- Priorita C – minimalizácia nákladov na údržbu:
 - o $WGL = 0,1 \cdot WSK + 0,3 \cdot WSP + 0,6 \cdot WSU$

4.4.7 Štatistická analýza na úrovni cestnej siete

Výsledky hodnotenia stavu vozoviek sú pre strategickú a operatívnu úroveň spracované v ročných reportoch.

Zvlášť reporty sa robia pre celú krajinu a za všetky kraje (16) v členení podľa typu povrchu vozovky, čo je 1 (krajina) + 16 (krajov) × 3 (asfaltové, betónové, všetky) = 51 reportov.

Štatistické indikátory sa počítajú pre tieto metriky:

- IRI (IRIC)
- hĺbka koľaje (KOLC),
- súčiniteľ trenia (WTP/WTC),
- trhliny (SSP),
- vysprávkky (LA),
- maximálny priehyb (UP/UC),
- povrchový index krivosti (SCIP/SCIC)

a pre indexy (normalizované) hodnoty týchto metrík:

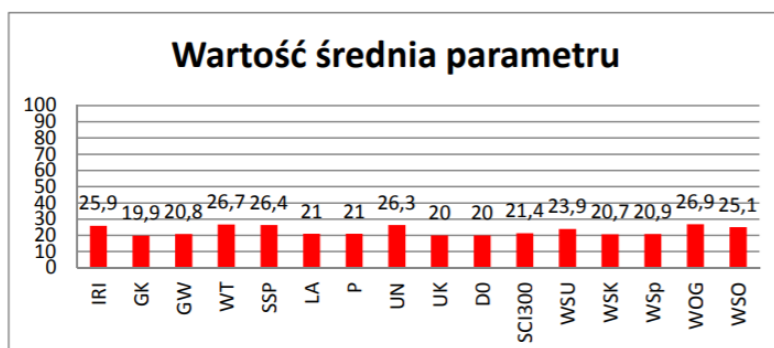
- IRI (IRIC),
- hĺbka koľaje (KOLC),
- súčiniteľ trenia (WTP/WTC),
- indikátor trhlín (SSP),
- indikátor vysprávok (LA),
- pozdĺžne a priečne trhliny (WS_P),
- poruchy v rohoch (UN),
- poruchy na krajoch (UK),
- maximálny priehyb (UP/UC),
- povrchový index krivosti (SCIC/SCIP),
- indikátor stavu funkčnosti (WSU),
- indikátor stavu konštrukcie (WSK),
- indikátor stavu povrchu (WSP),
- celkový index (WOG),
- indikátor stavu vodorovného dopravného značenia (CFR).

Pre každý z týchto určených indikátorov sa počíta:

vážený priemer	vážený priemer s váhou dĺžky diagnostického úseku.
smerodajná odchýlka	vážená smerodajná odchýlka s váhou dĺžky diagnostického úseku
minimum a maximum	najmenšia a najväčšia hodnota z validných vyhodnocovacích údajov
percentily 5%, 15%, 50%, 85%, 95%	hodnoty metriky, ktoré dosahuje dĺžkovo menej ako určené % siete
percento v klasifikačnom stave A, B, C, D	dĺžkový podiel diagnostických úsekov vyhodnotených v stave A, B, C, D
vyhodnotená dĺžka	dĺžka diagnostických úsekov, ktoré sú validné a mohla byť na nich vyhodnotená

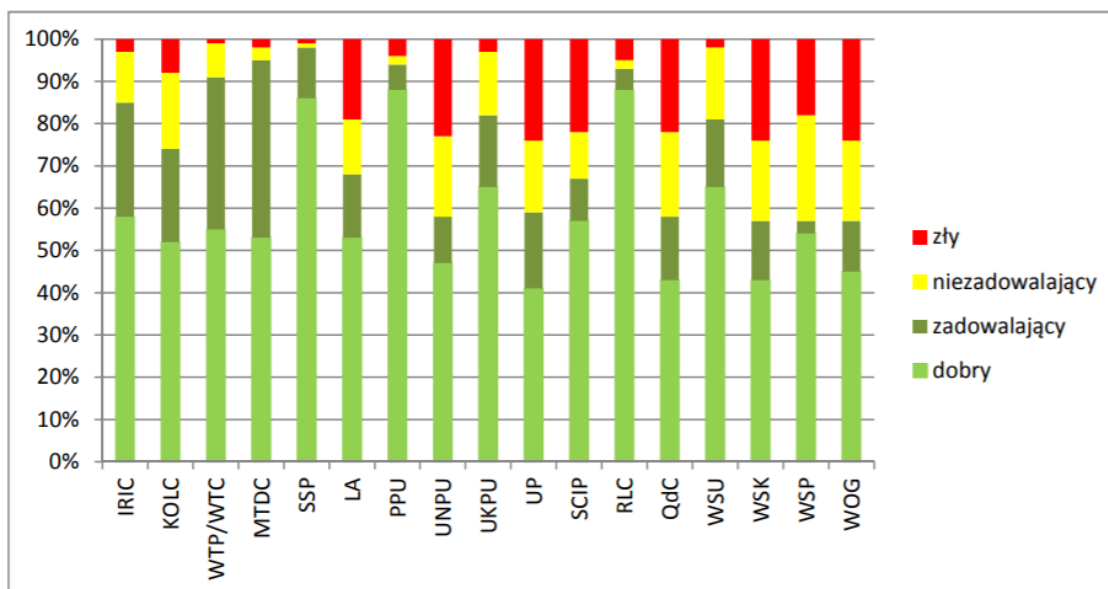
	hodnota metriky; v km zaokrúhlené na celé metre
počet diagnostických úsekov	počet diagnostických úsekov, ktoré sú validné a mohli byť na nich vyhodnotená hodnota metriky
dĺžka úsekov vyžadujúcich opravu alebo rekonštrukciu	dĺžka úsekov pod varovnou hranicou
dĺžka úsekov s vykonanými opravami alebo rekonštrukciami alebo nových úsekov	celková dĺžka úsekov, na ktorých bola realizovaná nejaká oprava alebo rekonštrukcia alebo novostavieb
priemerné náklady na ÚOR	tabuľkový sumár priemerných stavebných nákladov na jednotlivé druhy ÚOR v kalendárnom roku

Globálne prehľady poskytujú grafy priemerných hodnôt jednotlivých indikátorov:



Obrázok 16 Priemerné hodnoty indikátorov (príklad)

a stĺpcový graf s distribúciou podľa jednotlivých indikátorov:



Obrázok 17 Stĺpcový distribučný graf klasifikácie jednotlivých indikátorov (príklad)

4.5 Belgicko

Uvedieme indikátory prevádzkovej výkonnosti (štruktúrnej kapacity) vozoviek používané vo Valónsku v Belgicku [45]. Tieto indikátory sú veľmi zaujímavé, nakoľko okrem údajov

o doprave potrebných pre výpočet globálneho kombinovaného indikátora, si vystačia len s nameranými údajmi o priehyboch (v Belgicku, ako podobne takmer na celom svete, nie sú dostupné podrobné údaje konštrukcii vozoviek). Využívajú však maximum informácií z priehybovej krivky, nielen priehyby, ale aj ostatné charakteristiky, ako sú sklony, polomer krivosti, hysterézne charakteristiky a ďalšie.

Na primárnej cestnej sieti sa používajú dve zariadenia pre meranie priehybov: Curviameter a jeden typu FWD. Keďže istá časť valónskej cestnej siete je reprezentovaná betónovými vozovkami, tieto sa merajú iba zariadením FWD (zaťažovacia sila 100 kN), keďže Curviameter nemá dostatočne citlivé geofóny pre meranie priehybov menších ako 20 μm . Rovnako sa FWD používa aj na polotuhých vozovkách (zaťažovacia sila 65 kN). Netuhé vozovky zvýšili na Curviameter.

Nameraná dáta podstupujú homogenizáciu. Pre údaje FWD sa využíva metóda súčtovej čiary, o ktorej je známe, že nedáva úplne vhodné výsledky. Toto je dokumentované aj tým, že homogenizácia sa vo Valónsku robí ručne, kedy začiatky/konce homogénnych úsekov sú volené operátorom nie na všetkých zmenách smernice kumulatívnych súčtov. Pre použitie takýchto dát ako indikátora v SVM to znamená riziko nenaplnenia podmienky opakovateľnosti.

Homogenizujú sa normalizované priehyby na porovnávaciu silu rovnako ako u nás.

Zavedených je 5 indikátorov, z toho tri (KPI1, KPI2 a KPI3) sú počítané len z priehybov a dve (KPI4 a KPI5) sa týkajú dopravného zaťaženia. Hodnoty prvých troch určujú zaradenie úseku na stupnici od dobrého (0) po zlý (5). Z týchto piatich KPI sa počíta tzv. globálny indikátor (GI).

KPI1 vyjadruje únosnosť vozovky. Principiálne sa počíta na základe vzťahov súčinu polomeru krivosti priehybovej krivky $R0$ a priehybu v strede zaťažovacej dosky $D(0)$. Pre hodnotenie na úrovni cestnej siete sa používa pre výpočet $R0$ iteratívny výpočet založený na aproximácii priehybovej krivky funkciou $f(x) = \frac{a_0 + a_1 \cdot x^2}{1 + a_2 \cdot x^2}$. Položí $a_0 = D(0)$ a hľadajú sa konštanty a_1, a_2 minimalizujúce súčet $\sum_i (f(i) - D(i))^2$. Výpočet končí, keď rozdiel medzi vypočítanou a nameranou hodnotou pre $D(300)$ je menší ako 3,5 % z nameranej hodnoty. Vozovky s dobrou únosnosťou by mali mať súčin $R0 \cdot D(0)$ približne konštantný, preto prvé kritérium je $RA = \frac{\sigma(R0 \cdot D(0))}{R0 \cdot D(0)}$, kde čitateľ je smerodajná odchýlka a menovateľ priemer tohto súčinu na homogénnom úseku. Ak $RA > 0,25$, vozovka sa považuje za vozovku so zlou únosnosťou. Ak $RA \leq 0,25$, hodnotí sa priemer. Ak je menší ako LIM , kde $LIM = 150000$, vozovka má dobrú únosnosť. V ostatných prípadoch rozhoduje ešte parameter $T = 2 - \min\left(2, \frac{T_Z}{T_Z^{max}}\right)$, kde T_Z^{max} je konštanta 5 a $\overline{T_Z}$ je priemer parametra T_Z na celom úseku. T_Z je tzv. „tragfähigkeitsszahl“ (číslo únosnosti) a počíta sa ako $T_Z = \sqrt{\frac{R0}{D(0)}}$. Tento parameter sa aj sám o sebe používa pre hodnotenie únosnosti; existuje medzi ním a modulom pružnosti vozovky vzťah.

Konkrétne hodnoty KPI1 sú stanovené takto:

$$KPI1 = \min(5; 1,75 + 5 \cdot RA), \text{ ak } RA > 0,25$$

$$KPI1 = \min\left(5; 3 + \frac{LIM}{R0 \cdot D(0)}\right), \text{ ak } RA \leq 0,25 \text{ a } \overline{R0 \cdot D(0)} < LIM$$

$$KPI1 = \min(4; 2,43 \cdot T), \text{ ak } RA \leq 0,25 \text{ a } \overline{R0 \cdot D(0)} \geq LIM \text{ a } T < 1,65$$

$$KPI1 = \min(4; 2,86 \cdot T - 0,72) \cdot T_Z^{max}, \text{ ak } RA \leq 0,25 \text{ a } \overline{R0 \cdot D(0)} \geq LIM \text{ a } T \geq 1,65$$

KPI2 vyjadruje kvalitu stmelenia vrstiev. Nízke $R0$ alebo veľký rozdiel medzi $D(0)$ a $D(300)$ priehyboch FWD indikujú stratu stmelenia v horných vrstvách. Najprv sa teda počíta $RR = \frac{D2(R0)}{R0}$, kde $D2(R0)$ je druhý decil $R0$ a $\overline{R0}$ je priemerná hodnota $R0$. Ak $RR < 0,75$, považuje sa variácia $R0$ za dôležitú, indikujúc riziko straty stmelenia v horných

vrstvách. V opačnom prípade sa počíta parameter $L = \text{median}\left(\frac{D(0)-1,15 \cdot D(300)}{D(0)}\right)$. KPI2 je potom:

$$KPI2 = 5 - \frac{2}{0,75} \cdot R, \text{ ak } RR < 0,75$$

$$KPI2 = \max(0; 2 + 13,4 \cdot L), \text{ ak } RR \geq 0,75 \text{ a } L \leq 0$$

$$KPI2 = \min(5; 2 + 1,3 \cdot L), \text{ ak } RR \geq 0,75 \text{ a } L > 0$$

KPI3 poukazuje na kohéziu konštrukcie vozovky. Využíva sa na to analýza časového priebehu priehybovej krivky. Všetky priechyby a dáta zo senzora zaťažovacej krivky sú zaznamenané počas 60 ms. Plocha opísaná hysteréznou krivkou $E(x)$ reprezentuje energiu. Okrem nej sa používa smernica $S(x)$ úsečky od začiatku súradnicovej sústavy po maximálny priehyb.

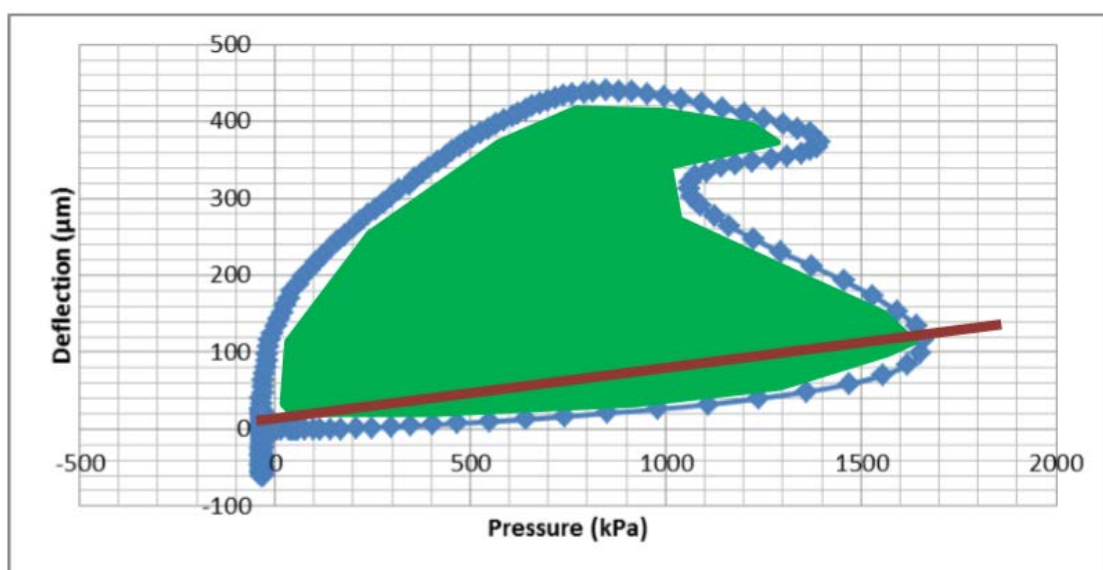
Keď všetky energie $E(x)$ majú absolútnu hodnotu menšiu ako 1, potom (priemer je počítaný na celom úseku):

$$KPI3 = \text{abs}(\overline{\text{abs}(E(0))})$$

keď všetky energie sú väčšie ako 15:

$$KPI3 = \min\left(5; 3 + \frac{\overline{E(0)}}{15}\right)$$

V ostatných prípadoch sa počítajú skoky v energiách $E(x)$ a smerniciach $S(x)$ zo senzorov vo vzdialenostiach 0, 900 a 2100 mm od stredu zaťažovacej dosky. Predpisy sú uvedené v [45].



Obrázok 18 Príklad hysterézneho krivky závislosti nameraného priehybu od zaťaženia. Zelená je plocha $E(x)$ a z červenej úsečky sa počíta smernica $S(x)$.

Dopravný indikátor KPI4 sa počíta ako:

$$KPI4 = 5 \cdot \frac{N_{vj}}{N_{MAX}}$$

kde N_{vj} je počet vozidiel prechádzajúcich úsekom a N_{MAX} bolo zvolené ako 120 tis (o niečo vyšší počet ako bola zaznamenaná maximálna denná intenzita v roku 2006).

Indikátor KPI5 reprezentuje „agresivitu“ ťažkej dopravy. Na tento účel sa vozidlá delia do 5 kategórií (A – motocykle, B – osobné autá a ľahké nákladné vozidlá, C – ťažké nákladné vozidlá, D – autobusy, E – špeciálne vozidlá – poľnohospodárske stroje, stavebné mechanizmy, vojenské vozidlá, nadmerné prepravy atď.). Koeficient agresivity

je $C = \sum f_X \cdot \left(\frac{P_X}{P}\right)^\gamma$, kde f_X je frekvencia prítomnosti vozidiel kategórie X , P_X je nápravové zaťaženie v tejto kategórii a P je zaťaženie „štandardnej“ nápravy. Hodnota γ sa volí 14 pre tuhé vozovky a 4 pre ostatné. Nápravové zaťaženia sú $P_B = 0,75$; $P_C = P_D = 10$; $P_E = 11,5$; $P = 13$. Hodnota KPI5 je potom:

$$KPI5 = \min\left(5; \frac{I5}{7500000} \cdot 5\right)$$

pričom

$$I5 = n_{ess} \cdot \left(\left(\frac{100 - W}{100 - H} \right) \cdot \left(f_B \cdot \left(\frac{P_B}{P} \right)^\gamma \right) + \frac{W}{H} \cdot \left(f_C \cdot \left(\frac{P_C}{P} \right)^\gamma + f_D \cdot \left(\frac{P_D}{P} \right)^\gamma + f_E \cdot \left(\frac{P_E}{P} \right)^\gamma \right) \right) \cdot N_j$$

kde:

n_{ess} je 2,7 (priemerný počet náprav nákladných vozidiel),

H je priemerné percento ťažkej nákladnej dopravy v kraji,

W percento ťažkej nákladnej dopravy na tomto úseku zo sčítania dopravy alebo odhad (alebo $W = H$, ak nie sú iné dáta),

N_j je priemerný počet vozidiel v kraji.

Globálny indikátor GI je kompozitný indikátor. V prvom kroku sa počíta kombinovaný indikátor: $CSI = \frac{KPI1m + KPI2 + KPI3}{3}$, kde $KPI1m$ je dopravné vážená hodnota KPI1, ktorá sa počíta ako: $KPI1m = \min\left(5; D + \min\left(1; M \cdot \left(1 + \frac{KPI4 \cdot KPI5}{25.5}\right)\right)\right)$, pričom D a M sú celočíselný podiel $\frac{KPI1}{1}$ a M je zvyšok v tomto delení.

Hodnota $CSI > 3$ znamená, že vozovka je na konci životnosti a potom CSI sa preškáluje, aby bol v súlade s očakávaniami klasifikačného intervalu od 0 po 5:

$$GI = 4 + \frac{1}{2} \cdot (CSI - 3), \text{ ak } CSI > 3$$

inak sa škáluje zohľadnením kubického účinku charakteristického priehybu na životnosť vozovky vyjadrenú v počte štandardných náprav:

$$GI = \frac{1}{16} \cdot (CSI + 1)^3, \text{ ak } CSI \leq 3$$

Na úrovni cestnej siete sú úseky vozoviek s $GI \geq 4$ považované za vozovky na konci svojej životnosti.

Z testovacej množiny úsekov bola preukázaná dobrá korelácia medzi GI a výsledkami spätným výpočtom.

4.6 Projekt COST 354

Projekt COST 354 realizovaný v rokoch 2004 – 2008 mal za cieľ pripraviť uniformnú množinu výkonnostných ukazovateľov použiteľných v Európe s ohľadom na používateľov a správcov ciest. SR sa v projekte nezúčastnila, avšak všetky jej susedné krajiny okrem Ukrajiny áno. Projekt je zhrnutý v záverečnej správe [78] a venovala sa mu aj časť RÚ z roku 2009 riešená Žilinskou univerzitou [79].

Tieto ukazovatele mali slúžiť na špecifikovanie minimálnych európskych štandardov cestnej siete a následne vytipovanie úsekov, ktoré tieto štandardy nespĺňajú a v ďalšom kroku prípravu zodpovedajúcich investičných akcií.

V rámci projektu boli zanalyzované jednotlivé zaužívané technické indikátory a navrhnuté kombinované ukazovatele v troch kategóriách:

- funkčné indexy (viažuce sa na prevádzkovú spôsobilosť),
- štruktúrne (viažuce sa na prevádzkovú výkonnosť) a
- environmentálne (viažuce sa na vplyvy na životné prostredie).

V terminológii projektu boli analyzované „technické parametre“, teda metriky, a z nich odvodzované výkonnostné indikátory, preferované vo forme indexov (teda bezrozmerných veličín) v intervale 0 až 5:

- pozdĺžna nerovnosť,
- priečna nerovnosť,
- makrotextúra,
- drsnosť,
- únosnosť,
- hluk,
- znečistenie ovzdušia,
- trhliny,
- poruchy povrchu.

V skorých fázach projektu sa upustilo od hluku a znečistenia ovzdušia vzhľadom na nedostatočnú dátovú základňu pre odvodenie korelácií so stavom vozoviek.

Z jednotlivých indexov boli odvodené štyri (čiastkové) výkonnostné indexy:

- bezpečnostný index,
- index komfortu,
- štruktúrny index,
- environmentálny index.

Z týchto čiastkových výkonnostných indexov bol odvodený tzv. všeobecný výkonnostný indikátor (general performance indicator – GPI) ako všeobecný indikátor udávajúci stav vozovky celkovo na najvyššej úrovni s potenciálom využitia v rozhodovacích procesoch SHV.

Pre pozdĺžnu a priečnu nerovnosť, makrotextúru, drsnosť a únosnosť boli navrhnuté transformačné funkcie prevádzajúce miery (technické parametre) na bezrozmerné výkonnostné indexy v intervale 0 až 5.

Pre pozdĺžnu nerovnosť prenosová funkcia uvažuje priamo IRI (prevádza teda index na index). Vypracované sú dve funkcie; obe vhodné pre všetky typy konštrukcie vozovky a vhodné sú pre diaľnice aj cesty I. triedy.

Klas. index	Funkcia 1	Funkcia 2	TP 056		
			D/RC	Cesty	MK
1	< 1,1	< 1,2	< 1,9	< 1,9	< 3,3
2	1,1 – 1,9	1,2 – 2,5	1,9 – 3,3	1,9 – 3,3	3,3 – 5,0
3	1,9 – 2,6	2,5 – 3,7	3,3 – 5,0	3,3 – 5,0	5,0 – 8,0
4	2,6 – 3,2	3,7 – 4,9	5,0 – 8,0	5,0 – 10,0	8,0 – 14,0
5	> 3,2	> 4,9	> 8,0	> 10,0	> 14,0

Slovenské klasifikačné intervaly pre cestné komunikácie v TP 056 [18] sú v porovnaní s navrhovanými v COST 356 príliš benevolentné.

Index priečnej nerovnosti je odvodený z hĺbky vyjazdenej koľaje. Uvedené sú tri funkcie; všetky pre netuhé a polotuhé vozovky. Funkcia 1 je vhodná pre všetky kategórie, funkcia 2 pre diaľnice a cesty I. triedy a funkcia 3 pre cesty II. triedy.

Klas. index	Funkcia 1	Funkcia 2	Funkcia 3	TP 056		
				D/RC	Cesty	MK
1	< 4,7	< 4,5	< 4,9	< 5,0	< 5,0	< 10,0

2	4,7 – 9,9	4,5 – 9,3	4,9 – 10,5	5,1 – 10,0	5,1 – 10,0	10,0 – 15,0
3	9,9 – 15,5	9,3 – 14,5	10,5 – 17,2	10,0 – 15,0	10,0 – 15,0	15,0 – 20,0
4	15,5 – 21,8	14,5 – 20,1	17,2 – 25,8	15,0 – 20,0	15,0 – 25,0	20,0 – 30,0
5	> 21,8	> 20,1	> 25,8	> 20,0	> 25,0	> 30,0

Slovenské klasifikačné intervaly pre cestné komunikácie uvedené v TP 056 sú viac-menej podobné.

Index makrotextúry sa počíta sa z priemernej hĺbky textúry (MPD). Uvedené sú dve transformačné funkcie: 1. funkcia pre diaľnice a cesty I. triedy, 2. pre cesty ostatných tried a miestne komunikácie:

Klas. index	Funkcia 1	Funkcia 2	TP 025
1	> 1,06	> 0,87	neuvádza
2	1,06 – 0,87	0,87 – 0,72	neuvádza
3	0,87 – 0,68	0,72 – 0,58	neuvádza
4	0,68 – 0,49	0,58 – 0,43	neuvádza
5	< 0,49	0,43 – 0,29	neuvádza

Index šmykového odporu sa počíta zo súčiniteľa pozdĺžneho trenia meraného pri 60 km/h (funkcia 1) alebo bočného šmykového trenia meraného pri 50 km/h (funkcia 2).

Index únosnosti sa počíta buď ako pomer zvyškovej životnosti (R) k návrhovej životnosti (D) (funkcia 1) alebo z povrchového indexu krivosti SCI_{300} (funkcie 2 a 3). Všetky funkcie je možné použiť na diaľnice a cesty I. triedy; funkcia 1 je nezávislá aj na tuhosti konštrukcie, kým funkciu 2 a 3 sa môžu použiť len na netuhé a polotuhé vozovky, pričom funkcia 2 len na vozovky s malo únosným podkladom a funkcia 3 na vozovky s únosným podkladom:

Klas. index	Funkcia 1 R/D	Funkcia 2 SCI_{300} [μm]	Funkcia 3 SCI_{300} [μm]
1	> 0,8	< 129	< 253
2	0,8 – 0,6	129 – 258	253 – 506
3	0,6 – 0,4	258 – 387	506 – 759
4	0,4 – 0,2	387 – 516	759 – 1012
5	< 0,2	> 516	> 1012

Navrhnuté sú dva tzv. predkombinované technické parametre: parameter trhlín (TP_{cr}) a parameter porúch povrchu (TP_{sd}). TP_{cr} sumarizuje rôzne formy prítomných trhlín (pričné, pozdĺžne, sieťové, reflexné a pod.) a TP_{sd} rôzne formy prítomných ostatných porúch povrchu (napr. výtlky, potenie, vypieranie a pod.).

Trhliny sa delia podľa rozmerovej charakteristiky, teda či sa ich veľkosť meria plošne, dĺžkovo alebo súčtom samostatných prvkov s výskytom trhlín (napr. CB dosky). Jednotlivé typy trhlín majú ešte expertnými odhadmi navrhnuté váhy. V podstate analogicky funguje aj výpočet TP_{sd} .

V projekte sa COST 354 sa uvažovalo ďalej aj so zavedením kombinovaných indikátorov (indexov). Na tento účel sa navrhol vzorec

$$CPI_i = \min \left(5; I_1 + \frac{p}{100} \cdot \overline{I_2, \dots, I_n} \right)$$

kde

CPI_i je vypočítaná hodnota kombinovaného ukazovateľa,

$I_j = W_j \cdot P_j$ je vážená hodnota podkladového indikátora j s uvažovanou váhou W_j ,

$I_1 \geq I_2 \geq \dots \geq I_n$,

p je volený tzv. faktor vplyvu (influence factor). Čím je vyšší, tým viac vplýva na výsledok aj priemer ostatných podkladových indikátorov s nižšími váženými hodnotami ako prvý s najväčšou váženou hodnotou. Na základe výskumu Nemecku sa odporúča voliť medzi 10 % – 20 %.

Navrhujú sa zaviesť štyri kombinované indexy: komfortný, bezpečnostný, štruktúrny a environmentálny. Ku každému z nich sú uvedené podkladové metriky (minimálna množina, štandardná množina a optimálna množina) vstupujúce do jeho výpočtu:

Úroveň	Komfortný index	Bezpečnostný index
Minimálna	PI_E	PI_F
Štandardná	PI_E, PI_SD, PI_R	PI_F, PI_R, PI_T
Optimálna	PI_E, PI_SD, PI_R, PI_T, PI_CR	PI_F, PI_R, PI_T, PI_SD _{cat1} , PI_SD _{cat2}
Úroveň	Štruktúrny index	Environmentálny index
Minimum	PI_B	-
Standard	PI_B, PI_CR	-
Optimum	PI_B, PI_CR, PI_R, PI_E	PI_E alebo znečistenie vzduchu, PI_T alebo hluku; PI_SD _{cat2}
PI_E: index pozdĺžnej nerovnosti		PI_R: index vyj. koľají
PI_F: index trenia		PI_T: index makrotextúry
PI_CR: index trhlín		PI_B: index únosnosti
PI_SD: index porúch povrchu (všetky kategórie)		PI_SD _{cat1} : index porúch povrchu (kategória 1)
PI_SD _{cat2} : index porúch povrchu (kategória 2)		

Výsledky štatistického vyhodnotenia hodnôt váh sú nasledovné. Minimá a maximá sú druhé najnižšie a druhé najvyššie hodnoty.

Pre komfortný index:

	Váha W' [0-1]			
vstupný výkonnostný index	(0 = najnižšia dôležitosť, 1 = najvyššia dôležitosť)			
	komfortný index			
	min	max	medián	priemer
poz. nerovnosti (PI_E)	1,0	1,0	1,0	1,0
vyj. koľaje (PI_R)	0,6	0,8	0,8	0,7
makrotextúra (PI_T)	0,3	0,5	0,5	0,4

poruchy povrchu (PI_SD)	0,3	0,8	0,8	0,6
trhliny (PI_CR)	0,3	0,8	0,6	0,5

Pre bezpečnostný index:

	Váha W' [0-1]			
vstupný výkonnostný index	(0 = najnižšia dôležitosť, 1 = najvyššia dôležitosť)			
	bezpečnostný index			
	min	max	medián	priemer
vyj. koľaje (PI_R)	0,8	1,0	1,0	0,9
trenie (PI_F)	0,4	1,0	1,0	0,9
makrotextúra (PI_T)	0,4	0,9	0,5	0,6
poruchy povrchu (PI_SD)	0,2	0,8	0,7	0,6

Pre štruktúrny index:

	Váha W' [0-1]			
Single Performance Index	(0 = najnižšia dôležitosť, 1 = najvyššia dôležitosť)			
	štruktúrny index			
	min	max	medián	priemer
pozd, nerovnosti (PI_E)	0,5	0,8	0,7	0,6
vyj, koľaje (PI_R)	0,4	0,8	0,5	0,5
trhliny (PI_CR)	0,8	1,0	0,9	0,9
únosnosť (PI_B)	1,0	1,0	1,0	1,0

Pre environmentálny index nie sú stanovené váhy, keďže nie sú definované vstupné výkonnostné indexy, ako bolo spomenuté vyššie.

Na záver je navrhnutý tzv. všeobecný výkonnostný indikátor (GPI). Vstupujú do neho 4 vypočítané kombinované indexy popísané vyššie, pričom sa počíta rovnakým vzorcom, ako kombinované indikátory. Návrh váh pre výpočet GPI je takýto:

	Diaľnice		
bezpečnostný index	komfortný index	štruktúrny index	environmentálny index
1,00	0,70	0,65	0,25
	Cesty I, triedy		
bezpečnostný index	komfortný index	štruktúrny index	environmentálny index
1,00	0,70	0,80	0,30
	Cesty II, triedy a ostatné		
bezpečnostný index	komfortný index	štruktúrny index	environmentálny index
1,00	0,65	1,00	0,35

4.7 Výkonnostné ukazovatele OECD

V rámci výskumu financovaného OECD bežiacého od roku 1995 pod hlavičkou Road Transport and Intermodal Linkages Research Programme (RTR, Výskumný program cestnej dopravy a intermodálnych spojov) navrhla expertná skupina tieto výkonnostné ukazovatele:

Ukazovateľ	Popis
P1. priemerné náklady používateľov	Jednotkové prevádzkové náklady v USD na 1 kilometer. Počíta sa ako priemer prevádzkových nákladov osobného auta strednej triedy, ľahkého dieselového nákladného auta a šesť-nápravovej ťažkej nákladnej súpravy. Prevádzkové náklady sú počítané podľa modelu HDM-III. Náklady sú uvedené ako fixné, variabilné a celkové.
P2. úroveň spokojnosti vzhľadom na cestovný čas, spoľahlivosť a kvalitu informácií pre používateľov ciest	Spokojnosť vzhľadom na cestovný čas a spoľahlivosť: cestovné časy sa získajú štatistickou analýzou reálnych cestovných časov z IDS alebo prieskumom; tieto sú porovnávané voči očakávaniam používateľov zistených v dotazníkoch. Spokojnosť s kvalitou informácií sa získa dotazníkovým prieskumom.
P3/P4. Riziko chránených a zraniteľných účastníkov premávky	Chránení účastníci sú vodiči a pasažieri vozidiel. Zraniteľní účastníci sú chodci, motocyklisti a cyklisti. Používajú sa dve metriky: • riziko fatality z pohľadu cestnej premávky ako podiel ročných smrteľných zranení k počtu registrovaných vozidiel, • riziko fatality z pohľadu verejného zdravia ako podiel ročných smrteľných zranení k počtu obyvateľov.
P5. Environmentálna politika alebo program	Kvalitatívna binárna metrika (áno/nie), či organizácia má zavedenú environmentálnu politiku alebo program pokrývajúci všetky alebo aspoň niektoré činnosti vykonávané správcom, ideálne v súlade s normou ISO 14001.
P6. Zavedené procesy pre trhový prieskum a spätnú odozvu od zákazníkov	Kvalitatívna binárna metrika (áno/nie), či organizácia vykonáva trhové prieskumy a zberá spätnú odozvu od svojich „zákazníkov“, čo sú predovšetkým používatelia ciest. Ukazovateľ vyjadruje mieru pokroku k zmieňovanému a želanému posunu správcu ako izolovanej organizácie smerom k organizácii orientovanej na svojich zákazníkov.
P7. Dlhodobé programy pre výstavbu, údržbu a prevádzku	Kvalitatívna binárna metrika (áno/nie), či v organizácii existujú dlhodobé programy (strategické plány) výstavby, údržby a prevádzky, ktoré pomáhajú efektívne naplňať sociálne ciele. Má dve podmetriky:

	• či sú programy založené na rozhodovacej analýze medzi výstavbou, údržbou a inými spôsobmi rehabilitácie, • či alokujú dostupné zdroje na systémovej úrovni medzi tieto alternatívne stratégie.
P8. Alokácia zdrojov na cestnú infraštruktúru	Kvalitatívna binárna metrika (áno/nie), či existuje zavedený štandardný a robustný systém pokrývajúci širokú problematiku týkajúcu sa alokácie zdrojov: • existencia systémov hospodárenia, • rámec pre dlhodobé (strategické) plánovanie, • problematika alokácie na úrovni projektu, • problematika bezpečnosti a sociálnych a environmentálnych otázok, • plány a techniky hospodárenia s majetkom, • procesy pre aplikáciu stratégií a plánov hospodárenia s majetkom (ročné plány/programy), • otázky zodpovednosti a transparentnosti.
P9. Program auditu riadenia kvality	Kvalitatívna binárna metrika (áno/nie), či má organizácia zavedený systém riadenia kvality alebo či ho aspoň plánuje zaviesť. Hodnotí sa, či systém je v súlade s medzinárodnými normami, ako rodina ISO 9000, Malcom Baldrige National Quality Award (MBA) alebo European Foundation for Quality Management (EFQM) Excellence Model.
P10. Odhadnuté náklady vs. skutočné náklady	Indikátor, ako sa darí organizácii jednak odhadovať cenu prác a jednak ako sa jej darí manažovať procesy výstavby a údržby.
P11. Režijné percento	Indikátor miery nákladovej efektivity správy ciest. $\text{Režijné percento} = \frac{\text{administratívne náklady}}{\text{celkové náklady}} \cdot 100$ Administratívne náklady sú zvyšné náklady od nákladov na správu ciest, teda hlavne nákladov na stavebné práce, pomocné a vyvolané práce (preložky sietí a pod.), konzultačné práce, náklady na pozemky a kompenzácie, náklady na údržby a pod. Hodnoty by sa mali hýbať v rádoch jednotiek % (Veľká Británia, Nový Zéland: 3-4 %, Japonsko: 7-8 %).
P12. Hodnota majetku	Celková hodnota majetku v správe organizácie, zahŕňa výšku majetku ciest a mostov a sprievodnej infraštruktúry, ale aj budov, strojov, finančného majetku a pod. Tento ukazovateľ patrí medzi najdôležitejšie; poukazuje na dobré alebo zlé hospodárenie organizácie. Problémom je samotná definícia metriky – z hľadiska šírky (čo sa počíta do majetku), ako aj metodiky výpočtu (zaknihované účtovné hodnoty, reprodukčné hodnoty, odpisovanie atď.).

P13. Pozdĺžna nerovnosť	Hodnotí sa parametrom IRI podľa klasifikácie odporúčenej Svetovou bankou.
P14. Stav cestných mostov	Metrikou je percentuálny podiel mostov so závažnými poruchami. Mosty (a podobné cestné objekty) sa delia do štyroch tried: • trieda 1: stavby s vysokým bezprostredným rizikom veľkého nebezpečenstva pre používateľov (absolútna priorita), • trieda 2: stavby s rizikom v krátkej budúcnosti, • trieda 3: značne zdegradované stavby, • trieda 4: stavby s menšími poruchami. Vo väčšine krajín je cieľová hodnota percentuálneho podielu v triede 1 rovná 0.
P15. Spokojnosť s cestnou sieťou	Indikátor poskytuje obraz celkovej spokojnosti používateľov cestnej siete. Nezahŕňa len stav vozoviek, ale ciest ako takých, vrátane kongescií, geometrického usporiadania, dopravného značenia, viditeľnosti a zjazdnosti v zimných podmienkach a pod. Indikátor by korelovať s tzv. ochotou platiť (willingness to pay).

Navrhované výkonnostné indikátory boli podrobené tzv. terénnym testom počas dvojročného obdobia, ktorých výsledky sú publikované [6]. Z našich susediacich krajín sa testov zúčastnilo len Maďarsko.

5 Návrh KPI a reportingu stavu vozoviek na Slovensku

V tejto kapitole je popísaný návrh prvej verzie systému merania výkonu na Slovensku na diaľniciach, rýchlostných cestách a cestách I. triedy.

5.1 Navrhované KPI

Na základe doterajšej analýzy pre prvú verziu systému merania výkonu na Slovensku sa navrhujú nasledovné KPI:

Ukazovateľ	Metrika	Navrhovaná cieľová hodnota	Relevantné ciele
KPI01 % podiel vozoviek v zlom stave z hľadiska pozdĺžnych nerovností	% dĺžkovo vážený podiel vozoviek s klasifikačným stupňom IRI 4 alebo 5	< 10 %	komfort jazdy používateľov ciest, prevádzkové náklady vozidiel, emisie, bezpečnosť cestnej premávky
KPI02 % podiel vozoviek v zlom stave z hľadiska priečných nerovností (len vozovky s asfaltovým krytom)	% dĺžkovo vážený podiel vozoviek s klasifikačným stupňom hĺbky vyjazdených koľají 4 alebo 5	< 10 %	bezpečnosť cestnej premávky
KPI03 % podiel vozoviek s nevyhovujúcou makrotextúrou	% dĺžkovo vážený podiel vozoviek s nevyhovujúcou hodnotou MPD podľa STN 73 6195	< 5 %	bezpečnosť cestnej premávky
KPI04 % podiel vozoviek so zlou únosnosťou (len asfaltové vozovky)	% dĺžkovo vážený podiel vozoviek s klasifikačným stupňom únosnosti podľa indexov krivosti 4 alebo 5	< 10 %	hodnota majetku, efektívne hospodárenie správcu

5.2 Metodika výpočtu hodnôt KPI

5.2.1 Ukazovatele KPI01, KPI02 a KPI03

Podkladové dáta sa získajú z meraní zariadením Profilograph GE podľa TP 056 a TP 025.

Požiadavky na meranie:

	Diaľnice a rýchlostné cesty	Cesty I. triedy
Frekvencia merania	1 × ročne	1 × ročne
Rozsah merania	všetky priebežné jazdné pruhy	všetky priebežné jazdné pruhy

Vstupné dáta:

Reprezentatívne hodnoty IRI, hĺbky vyjazdených koľají a MPD na úrovni jazdných pásov z podkladových hodnôt IRI, hĺbky vyjazdených koľají a MPD z priebežných jazdných pruhov v jazdnom páse vo vyhodnocovacom intervale 20 m.

Ako reprezentatívne hodnoty jazdných pásov sa používajú agregačné funkcie:

Ukazovateľ	Metrika	Agregácia
KPI01	IRI	priemer
KPI02	hĺbka vyjazdených koľají	maximum
KPI03	MPD	minimum

Pre výpočet sa použijú údaje meraní vyhovujúce týmto podmienkam:

Vstupné podmienky:

P/01/01	úseky mimo zložitých križovatiek (Typ úseku = N (medzikrižovatkový/normálny), P (privádzač))
P/01/02	merania nie sú na mostoch (použijú sa lokalizačné údaje dilatačných celkov systému hospodárenia s mostami/centrálnej technickej evidencie pozemných komunikácií)
P/01/03	pre KPI02: vozovky s asfaltovým krytom (NTP_ZAZNAMENANYKRYTVOZOVKY.Type = 7 (bitúmenový))

Validačné podmienky:

V/01/01	len merania pre potreby SHV na úrovni cestnej siete (Typ merania = 1 (bežné meranie))
V/01/02	len aktuálne merania podľa plánu meraní (pre D/RC merané v roku vyhodnotenia a pre cesty I. triedy merané v roku vyhodnotenia alebo predchádzajúcom roku podľa plánu)
V/01/03	reprezentatívna hodnota je vypočítaná zo všetkých priebežných jazdných pruhov na úseku (Umiestnenie = 1-6) a prípadných prídavných stúpacích pruhov
V/01/04	neevidovaná žiadna nepresnosť (Nepresnosť = N)
V/01/05	splnené všetky podmienky na meranie a primárne spracovanie kladené v TP 056 a TP 025
V/01/06	na úseku nebola vykonaná žiadna súvislá údržba, oprava alebo rekonštrukcia po uvažovanom meraní (údaje sa získajú z aplikácie IS MCS Vozovky DASO).

Vyhodnotenie validity:

$$P_{val} = \frac{\sum_{u \in V} l(u)}{\sum_{u \in A} l(u)} \cdot 100$$

kde:

V je množina validných podúsekov, spĺňajúcich validačné podmienky,

A je množina podúsekov spĺňajúcich vstupné podmienky,

$l(u)$ je dĺžka podúseku u .

Pri vyhodnotení musí platiť, že $P_{val} \geq 95 \%$, teda najviac 5 % zo všetkých vyhodnocovaných podúsekoch môže mať z rôznych dôvodov nenamerané alebo nevalidné dáta.

5.2.2 Ukazovateľ KPI04

Podkladové dáta sa získajú z meraní zariadením FWD KUAB podľa TP 031.

Požiadavky na meranie:

	Diaľnice a rýchlostné cesty	Cesty I. triedy
Frekvencia merania	1/3 ročne	1/3 ročne
Rozsah merania	všetky priebežné jazdné pruhy s krokom 200 m a vzájomným posunom 100 m	všetky priebežné jazdné pruhy s krokom 200 m a vzájomným posunom 100 m

Vstupné dáta:

Primárne údaje sú priechyby, ktoré sa prepočítavajú v súlade s TP 031 na normalizovanú zaťažovaciu silu 50 kN a teplotu 20 °C a z nich sa počítajú indexy SCI a BCI.

Ako reprezentatívne hodnoty sú použité linearizované údaje zo všetkých priebežných jazdných pruhov.

Pre výpočet sa použijú údaje meraní vyhovujúce týmto podmienkam:

Vstupné podmienky:

P/02/01	úseky mimo zložitých križovatiek (Typ úseku = N (medzikrižovatkový/normálny), P (privádzač))
P/02/02	merania nie sú na mostoch a priepustoch (použijú sa lokalizačné údaje dilatačných celkov systému hospodárenia s mostami/centrálnej technickej evidencie pozemných komunikácií)
P/02/03	len asfaltové vozovky (netuhé a polotuhé vozovky; použijú sa údaje Registra konštrukcie vozoviek EKON IS MCS).

Validačné podmienky:

V/02/02	len aktuálne merania podľa plánu meraní
V/02/03	reprezentatívna hodnota je vypočítaná zo všetkých priebežných jazdných pruhov na úseku (Umiestnenie = 1-6) a prípadných stúpacích pruhov
V/02/05	splnené všetky podmienky na meranie a primárne spracovanie kladené v TP 031

V/02/06	na úseku nebola vykonaná žiadna oprava alebo rekonštrukcia po uvažovanom meraní (údaje sa získajú z aplikácie IS MCS Vozovky DASO); súvislá údržba nehrá úlohu.
---------	---

Vyhodnotenie validity:

$$P_{val} = \frac{\sum_{u \in V} l(u)}{\sum_{u \in A} l(u)} \cdot 100$$

kde:

V je množina validných podúsekov, spĺňajúcich validačné podmienky,

A je množina podúsekov spĺňajúcich vstupné podmienky,

$l(u)$ je dĺžka podúseku u .

Pri vyhodnotení musí platiť, že $P_{val} \geq 95 \%$, teda najviac 5 % zo všetkých vyhodnocovaných podúsekoch môže mať z rôznych dôvodov nenamerané alebo nevalidné dáta.

5.3 Systém reportingu

Vyhodnotenie KPI sa realizuje raz ročne, a to na začiatku nasledujúceho roku k roku hodnotenia k uzavretému ročnému stavu meraní. Výsledky vyhodnotenia musia byť k dispozícii do 1.4. nasledujúceho roka.

Všetky predchádzajúce vyhodnotenia sa v systéme uchovávajú a sú k dispozícii na prezeranie.

Samotné vyhodnotenie sa realizuje automatizovane v rámci informačného systému monitorovania výkonu cestných komunikácií, v ktorom sa aj zverejňujú výsledky.

Povinne sa reportujú:

- aktuálne hodnoty všetkých KPI,
- historické hodnoty všetkých KPI (časový rad) z predchádzajúcich vyhodnotení,
- porovnanie voči cieľovej hodnote (prekročená/neprekročená),
- trendy (pozitívny alebo negatívny gradient smerom k cieľovej hodnote vzhľadom na predchádzajúce hodnotenie),
- validačný pomer (P_{val}) pre každé KPI a vyhodnotenie splnenia kritéria validity dátovej sady,
- dĺžka úsekov reportovanej sady dát (dĺžka úsekov množiny A pri výpočte P_{val}).

Reportuje sa v nasledovnej štruktúre:

- údaje za diaľnice a rýchlostné cesty a cesty I. triedy zvlášť za celé Slovensko,
- údaje podľa správcov reportovaných ciest,
- údaje podľa kategórie reportovaných ciest a okresov,
- údaje zvlášť pre E cesty a TEN-T ťahy prechádzajúce územím Slovenska na reportovaných cestách.

Pre účely vytvorenia časových radov histórie a stanovenia trendu KPI pri prvom vyhodnotení po zavedení prvej verzie systému merania výkonu budú dopočítané KPI z historických údajov minimálne 5 rokov dozadu.

5.4 Analýza aktuálnych hodnôt

V rámci riešenia RÚ boli vykonané analýzy pokusných výpočtov KPI01 – KPI03.

Tieto výpočty majú zatiaľ len indikatívny charakter, nakoľko neboli splnené všetky vstupné a validačné podmienky kladené v návrhu metodiky, predovšetkým:

- do výpočtu boli brané aktuálne hodnoty meraní Profilographom GE k 28.2.2019, avšak nie staršie ako 2 roky,
- neboli odfiltrované údaje na mostoch,
- neboli odfiltrované dáta so zaznamenanou nepresnosťou,
- neboli odfiltrované reprezentatívne údaje, ktoré nepochádzali zo všetkých priebežných jazdných pruhov,
- do úvahy sa brali len medzikrižovatkové (normálne) úseky,
- neboli odfiltrované merania, na ktorých prebehli následne nejaké stavebné akcie, ktoré mohli spôsobiť v roku merania anulovanie nameraných hodnôt ku koncu roka,
- pri vyhodnotení hĺbky vyjazdených koľají neboli odfiltrované vozovky s iným ako s asfaltovým krytom (k roku 2018 eviduje CTEPK na diaľniciach a rýchlostných cestách 22,233 km vozoviek s iným ako asfaltovým krytom, čo predstavuje 1,37 % a na cestách I. triedy 51,353 km, čo predstavuje 1,49 % dĺžky).

Vzhľadom na uvedené **nie je možné tieto čísla interpretovať ani sa na tieto čísla odvolávať v akomkoľvek kontexte inom ako pre účely riešenia tejto RÚ.**

Celková indikatívna štatistika celej cestnej siete:

	Diaľnice a rýchlostné cesty			Cesty I. triedy		
	Váž. priem.	Váž. smer. odch.	Váž. % v zlom stave	Váž. priem.	Váž. smer. odch.	Váž. % v zlom stave
IRI	1,64	0,84	0,76	3,56	2,12	19,94
hĺb. koľ.	3,52	2,20	0,48	8,68	7,45	17,04
MPD	0,84	0,19	18,17	0,69	0,26	26,18

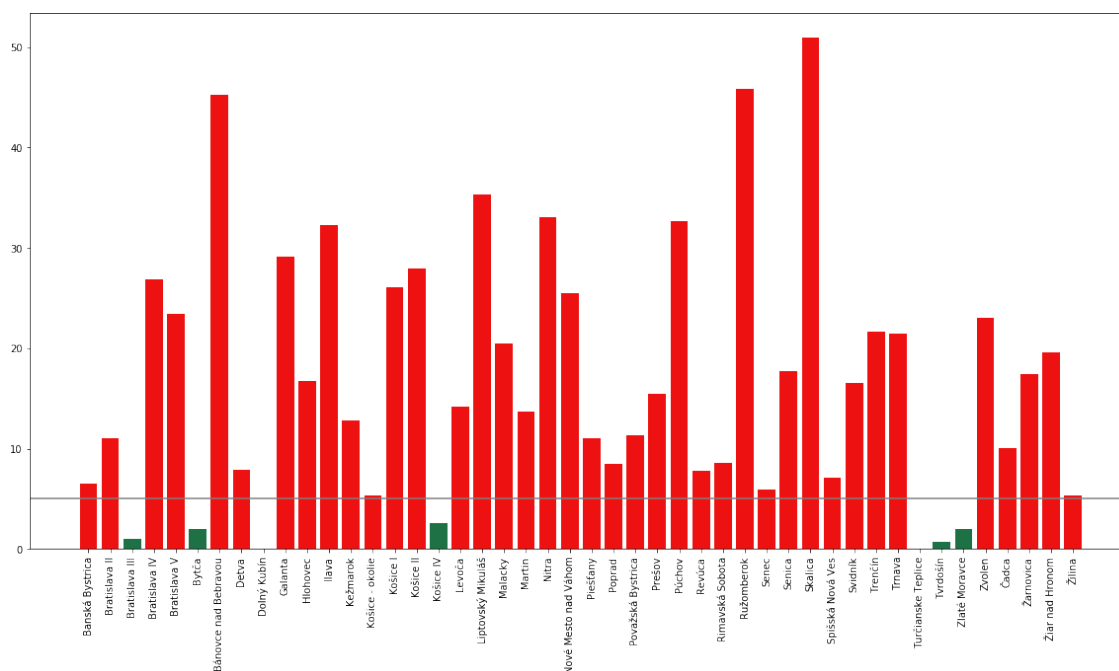
Veľmi nízke hodnoty váženého priemeru IRI a hĺbky vyjazdených koľají na diaľniciach a rýchlostných cestách podporne indikujú potrebu potenciálnej zmeny klasifikačných intervalov na týchto cestách (pozri aj kap. 3.2.1 a 3.2.2). Zvlášť výsledky hodnotenia MPD kritériami podľa STN 73 6195 nie sú priaznivé ani na diaľničnej sieti, ani na cestách I. triedy.

Indikatívne štatistiky po okresoch (stĺpec Dĺžka uvádza dĺžku podúsekov s nameranými údajmi, ktoré vstúpili do výpočtu):

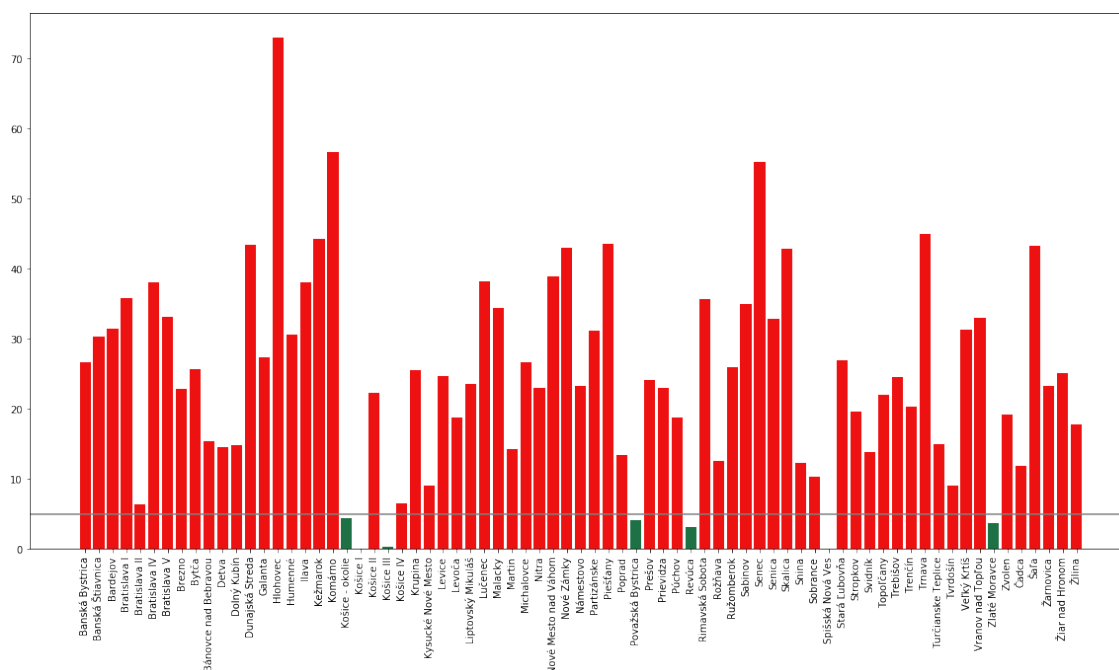
Okres	Diaľnice a rýchlostné cesty				Cesty I. triedy			
	Dĺžka [km]	Váž. % priemer v zlom stave			Dĺžka [km]	Váž. % priemer v zlom stave		
		IRI	hĺb. koľ.	MPD		IRI	hĺb. koľ.	MPD
Bánovce nad Bebravou	11,109	0,45	0,18	45,24	18,095	4,49	3,03	15,44
Banská Bystrica	35,146	1,42	1,48	6,53	68,737	14,23	14,32	26,63
Banská Štiavnica	0,000				33,463	52,86	4,59	30,36
Bardejov	0,000				48,725	8,61	2,01	31,49
Bratislava I	0,000				0,400	59,25	0,00	35,74

Bratislava II	20,031	2,10	0,90	11,06	27,902	17,89	15,59	6,30
Bratislava III	2,084	3,84	1,92	0,96	0,000			
Bratislava IV	29,326	1,44	2,34	26,88	14,955	23,35	20,52	38,12
Bratislava V	48,226	1,69	0,86	23,43	27,853	32,55	28,11	33,09
Brezno	0,000				117,144	24,68	8,60	22,89
Bytča	18,709	0,86	0,00	1,99	25,918	20,52	34,58	25,60
Čadca	14,947	0,58	0,00	10,10	54,719	29,90	10,38	11,80
Detva	28,479	0,34	0,00	7,93	18,380	3,23	0,11	14,57
Dolný Kubín	5,733	2,55	0,00	0,00	58,487	21,63	19,82	14,77
Dunajská Streda	0,000				60,874	28,60	28,96	43,45
Galanta	30,832	0,65	0,71	29,15	52,337	6,21	23,44	27,39
Gelnica	0,000				0,000			
Hlohovec	29,294	0,48	2,99	16,78	11,602	14,65	48,26	72,93
Humenné	0,000				22,716	24,27	13,95	30,61
Ilava	31,644	0,25	0,00	32,25	19,308	19,91	21,15	38,06
Kežmarok	2,297	0,00	0,00	12,80	31,278	14,03	1,99	44,28
Komárno	0,000				87,436	20,37	50,48	56,67
Košice - okolie	35,911	0,25	0,00	5,35	64,931	2,06	1,89	4,44
Košice I	15,748	3,05	1,91	26,07	0,344	17,44	0,00	0,00
Košice II	18,262	2,06	0,99	27,93	2,608	6,13	6,90	22,24
Košice III	0,000				6,108	3,31	0,00	0,36
Košice IV	13,259	4,93	3,17	2,60	6,876	7,56	2,62	6,56
Krupina	0,000				57,793	27,37	13,41	25,48
Kysucké Nové Mesto	0,000				11,198	3,06	6,05	9,05
Levice	0,000				158,571	33,70	24,81	24,66
Levoča	54,664	1,25	0,04	14,21	38,788	7,80	1,91	18,74
Liptovský Mikuláš	85,610	1,09	0,09	35,36	75,039	27,79	15,34	23,62
Lučenec	0,000				83,003	25,17	15,36	38,26
Malacky	70,275	0,51	0,09	20,50	35,423	22,70	25,35	34,38
Martin	33,170	0,72	0,00	13,73	58,312	11,15	7,84	14,23
Medzilaborce	0,000				0,000			
Michalovce	0,000				49,138	16,48	20,37	26,65
Myjava	0,000				0,000			
Námestovo	0,000				39,596	24,99	6,82	23,32
Nitra	80,685	0,77	2,06	33,06	71,290	23,98	22,90	22,98
Nové Mesto nad Váhom	43,257	0,35	0,14	25,45	35,824	18,21	20,65	38,86
Nové Zámky	0,000				115,603	22,88	43,87	42,99
Partizánske	0,000				20,814	21,74	10,43	31,13
Pezinok	0,000				0,000			
Piešťany	39,591	0,47	0,86	11,08	17,561	6,88	12,22	43,59
Poltár	0,000				0,000			
Poprad	68,120	0,50	0,00	8,51	101,576	14,24	4,30	13,39
Považská Bystrica	31,030	1,42	0,00	11,30	16,229	7,38	6,53	4,07
Prešov	76,415	0,55	0,08	15,49	101,793	20,53	10,45	24,13

Prievidza	0,000				95,446	16,45	12,28	23,01
Púchov	16,988	1,17	0,00	32,64	38,205	21,44	16,46	18,70
Revúca	7,850	0,08	0,00	7,75	12,913	9,79	2,82	3,10
Rimavská Sobota	5,156	0,12	0,00	8,57	93,474	36,93	21,21	35,65
Rožňava	0,000				95,082	10,29	3,71	12,54
Ružomberok	5,593	0,55	0,00	45,81	65,187	26,41	31,97	25,99
Sabinov	0,000				27,486	11,02	2,05	34,96
Senec	45,502	0,26	1,01	5,94	43,615	27,36	51,59	55,26
Senica	25,242	0,96	0,23	17,75	40,785	20,44	29,56	32,83
Skalica	3,313	4,74	2,96	50,92	38,831	20,97	23,50	42,84
Snina	0,000				39,596	21,19	4,81	12,30
Sobrance	0,000				21,092	3,48	20,53	10,35
Spišská Nová Ves	5,649	2,12	0,00	7,08	0,443	0,00	0,00	0,00
Stará Ľubovňa	0,000				72,832	10,13	1,81	26,92
Stropkov	0,000				22,420	53,85	45,97	19,63
Svidník	4,451	3,98	4,49	16,52	68,921	9,22	5,89	13,82
Šaľa	0,000				15,902	17,19	33,70	43,30
Topoľčany	0,000				29,134	15,09	21,75	22,02
Trebišov	0,000				100,043	20,99	19,49	24,52
Trenčín	52,639	0,47	0,00	21,66	73,519	25,19	11,03	20,25
Trnava	57,446	0,52	0,28	21,42	51,322	7,10	21,12	45,02
Turčianske Teplice	4,206	0,00	0,00	0,00	35,526	23,57	20,12	14,93
Tvrdošín	6,554	10,07	3,40	0,66	21,990	15,19	9,35	9,05
Veľký Krtíš	0,000				46,538	63,52	17,71	31,25
Vranov nad Topľou	0,000				79,964	9,58	14,11	32,99
Zlaté Moravce	53,699	0,00	0,00	2,00	21,496	2,50	3,72	3,65
Zvolen	47,852	0,87	0,04	23,05	51,746	16,85	10,20	19,18
Žarnovica	46,057	0,13	0,00	17,39	14,992	24,18	20,46	23,22
Žiar nad Hronom	57,589	0,38	0,38	19,56	53,192	7,68	7,34	25,09
Žilina	27,505	1,02	0,00	5,29	90,053	17,07	10,75	17,71



Obrázok 19 Percentuálny dĺžkovo vážený podiel hodnotenia MPD na diaľniciach a rýchlostných cestách podľa okresov za rok 2018 (okresy, cez ktoré neprebiehajú D/RC, nie sú zahrnuté v diagrame).



Obrázok 20 Percentuálny dĺžkovo vážený podiel hodnotenia MPD na cestách I. triedy podľa okresov za rok 2018 (okresy, cez ktoré neprebiehajú cesty I. triedy, nie sú zahrnuté v diagrame).

Z predchádzajúcej tabuľky a diagramov je vidno, že makrotextúra nevyhovuje na diaľniciach, rýchlostných cestách a cestách I. triedy de facto v žiadnom okrese na Slovensku, pričom existujú okresy, ktoré majú extrémne vysoký percentuálny podiel vozoviek s nevyhovujúcou makrotextúrou pri relatívne dlhej sieti (napr. cesty I. triedy v okrese Komárno, Senec, Trnava alebo diaľnice/rýchlostné cesty v okrese Liptovský Mikuláš, Nitra, Ilava, Galanta a ďalšie).

5.5 Informačný systém monitorovania výkonu cestných komunikácií

Táto kapitola popisuje základný návrh Informačného systému monitorovania výkonu cestných komunikácií v 1. verzii, a to z pohľadu:

- aktérov,
- scenárov,
- toku obrazoviek používateľské rozhrania.

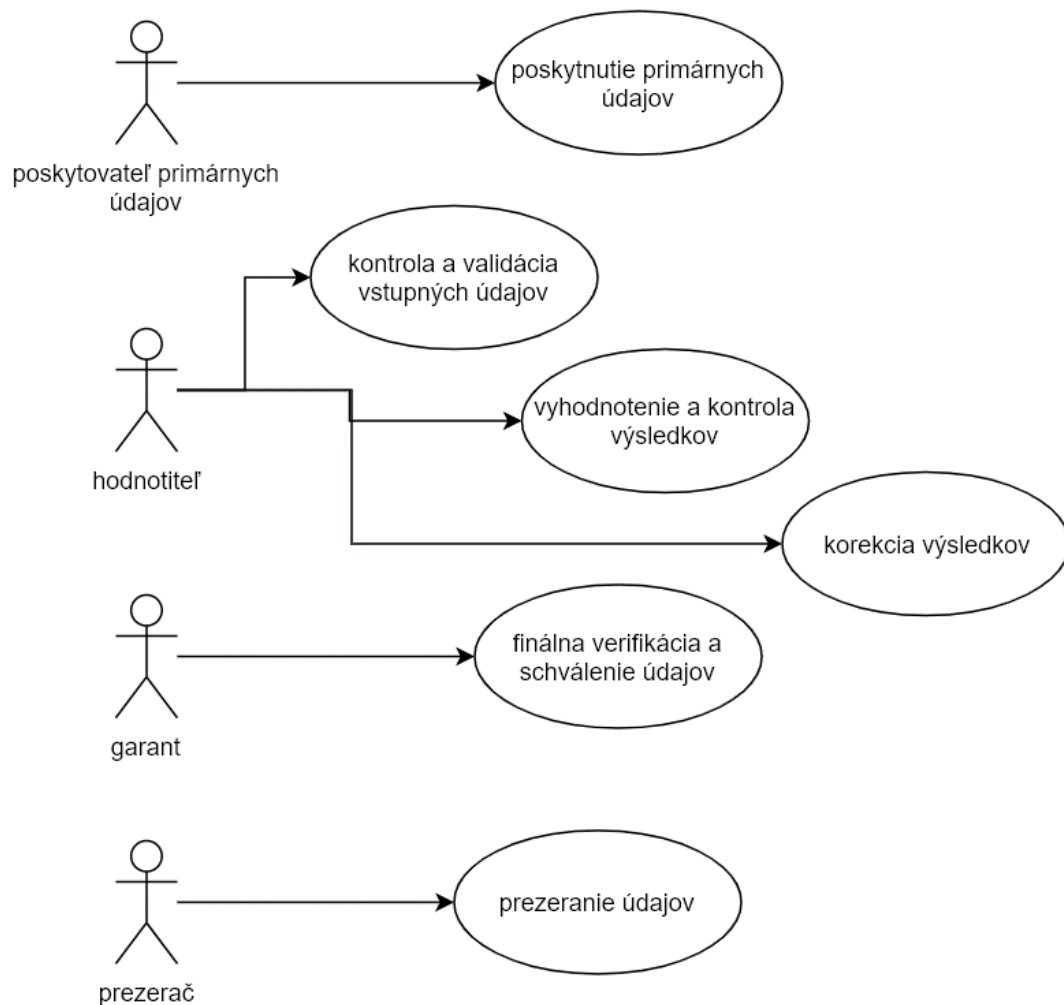
5.5.1 Aktéri

Identifikovaní aktéri:

Aktér	Hlavná zodpovednosť	Poznámky
poskytovateľ primárnych údajov	Zabezpečuje a poskytuje primárne údaje pre vyhodnotenie KPI. V 1. verzii ide o údaje meraní zariadeniami Profilograph GE a FWD KUAB s technickými parametrami IRI, hĺbka vyj. koľaje, MPD a SCI/BCI. Druhá inštancia poskytuje podporné údaje Centrálnej technickej evidencie PK.	Reálne vykonáva Slovenská správa ciest.
hodnotiteľ	Vykonáva validáciu vstupných údajov, vyhodnocuje prostredníctvom systému KPI a podporné štatistiky a verifikuje, prípadne koriguje výsledky.	Reálne vykonáva poverené pracovisko Slovenskej správy ciest alebo Ministerstva dopravy a výstavby SR.
garant	Zodpovedá sa údaje v systéme monitorovania výkonu.	Poverený pracovník SSC alebo MDV SR.
prezerač	Prezerá vyhodnotené údaje, KPI a ďalšie štatistiky.	Strategické úrovne rozhodovania v cestnom hospodárstve; MDV SR, manažérske úrovne SSC, NDS. Odborná verejnosť, široká verejnosť.

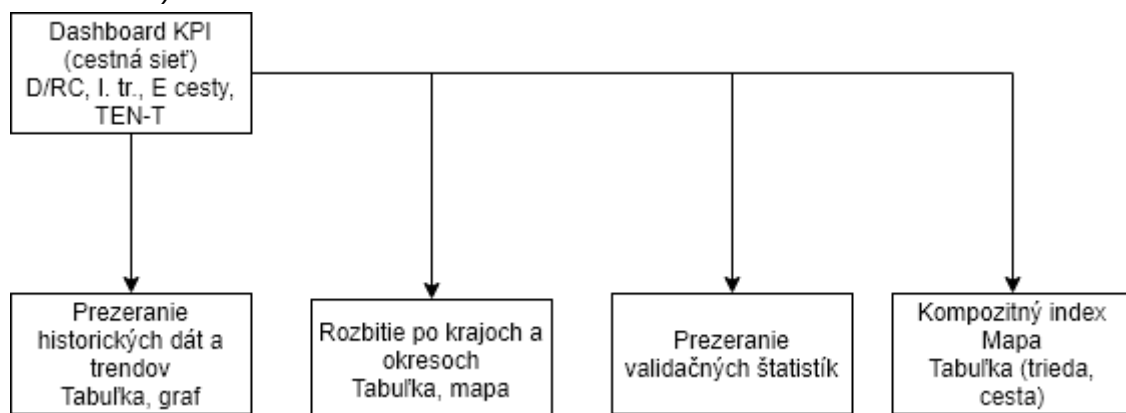
5.5.2 Scenáre

Návrh základných scenárov je popísaný cez štandardný UML Use Case Model [80]:

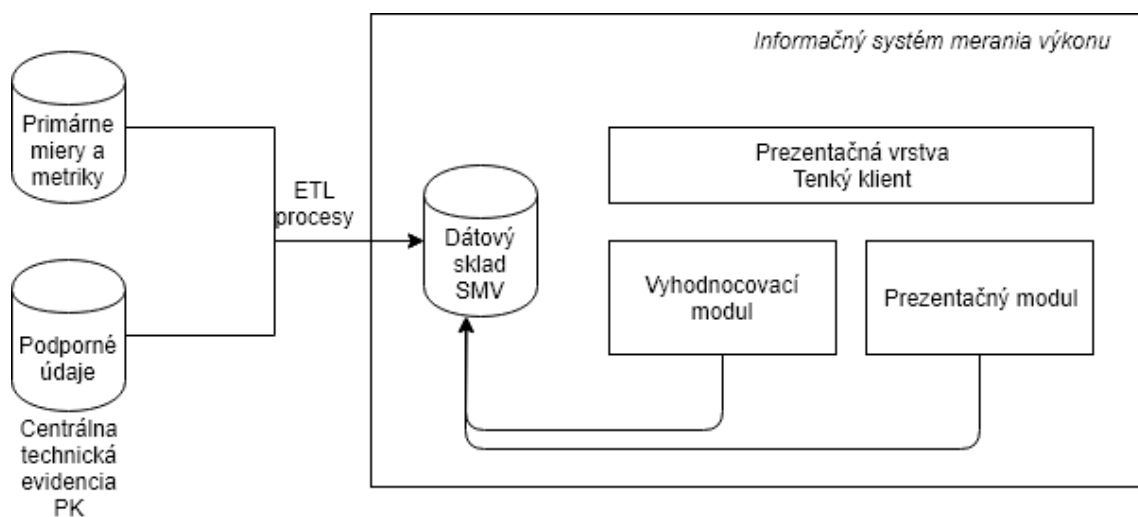


5.5.3 Používateľské rozhranie

Nasledujúci diagram znázorňuje mapu toku obrazoviek používateľského rozhrania (tzv. screen-flow):



5.5.4 Architektonický koncept



6 Návrh ďalšieho postupu

Na zvedenie systému monitorovania výkonu na Slovensku sa navrhuje vykonať nasledovné kroky:

1. preveriť možnosti úpravy klasifikácie (intervalov aj klasifikačných kritérií) pozdĺžnej nerovnosti podľa IRI, hĺbky vyjazdenej koľaje a MPD v súlade s nastaveniami iných krajín a najnovšími poznatkami,
2. zaviesť záväzný plán merania požadovaných technických parametrov vozoviek na diaľniciach, rýchlostných cestách a cestách I. triedy v súlade s prezentovanými požiadavkami,
3. navrhnuť v spolupráci s Ministerstvom dopravy a výstavby SR formou TP alebo inej rezortnej legislatívy zavedenie 1. verzie SMV na diaľniciach, rýchlostných cestách a cestách I. triedy,
4. implementovať 1. verziu Informačného systému monitorovania výkonu cestných komunikácií (pilotná prevádzka KPI navrhnutých v kapitole 5),
5. pokračovať formou RÚ pri analýze možnosti zavedenia KPI pre komplexné hodnotenie protišmykových vlastností a v oblastiach spoločenských indikátorov a životnosti vozoviek,
6. pokračovať formou RÚ pri analýze zavedenia KPI na taktickej a operatívnej úrovni a v ďalších oblastiach správy majetku (mosty a ďalšie cestné objekty, cestné vybavenie a pod.),
7. navrhnuť a zaviesť skonsolidovanú databázu aktuálnych dopravných intenzít na sieti CK na Slovensku v gescii SSC,
8. rozšíriť súčasné evidencie IS MCS o atribúty potrebné k zavedeniu 1. verzie SMV (predovšetkým IS MCS Vozovky DASO a IS MCS Vozovky EKON).

7 Záver

V tejto rozborovej úlohe je prvýkrát v podmienkach cestného hospodárstva na Slovensku prezentovaná problematika merania výkonu správcov ciest z hľadiska stavu vozoviek.

Meranie výkonu je dôležitá oblasť strategického riadenia cestného hospodárstva. Prostredníctvom dohodnutej množiny kľúčových výkonnostných indikátorov (KPI), vyhodnocovaných v systéme merania výkonu, umožňuje koncept merania výkonu vyhodnocovanie plnenia strategických cieľov, tieto ciele ďalej formovať alebo aktualizovať, riadiť činnosti správy a údržby ciest v súlade s týmito cieľmi, ako aj porovnávať výsledky a efektivitu medzi jednotlivými správcami vzájomne.

Rozborová úloha popisuje základnú terminológiu a koncepty merania výkonu. Analyzuje možné kľúčové výkonnostné indikátory, ktoré sa dajú prakticky zaviesť na Slovensku, predovšetkým na sieti diaľnic, rýchlostných ciest a ciest I. triedy. Potenciálne kľúčové výkonnostné indikátory kategorizuje do troch tzv. úrovní pripravenosti podľa toho, v akom časovom horizonte je možné uvažovať o ich zavedení.

Navrhuje prvé štyri KPI, ktoré je možné zaviesť do jedného roka: dĺžkovo vážené podiely vozoviek z hľadiska závažnosti pozdĺžnych nerovností vozoviek podľa IRI, hĺbky vyjazdených koľají, kvality makrotextúry podľa jej priemernej hĺbky (MPD) a únosnosti podľa indexov krivosti. Ku všetkým týmto KPI sú navrhované hraničné hodnoty, ktoré sa dajú stotožniť so strategickými cieľmi. Tieto KPI sú teda zaradené do tzv. 1. úrovne pripravenosti.

Tieto štyri KPI ešte nepredstavujú komplexné hodnotenie činností správcu. Je to úvodná, pragmaticky zvolená množina, ktorá aspoň parciálne umožní merať výkon správcov a nastaviť základné strategické ciele.

V rámci kapitoly 6 je popísaný návrh ďalšieho postupu, z ktorého vyberáme predovšetkým implementáciu informačného systému merania výkonu, prostredníctvom ktorého budú navrhované KPI hodnotené každý rok a pokračovanie analýzy zvyšných potenciálnych KPI tak, aby meranie výkonu a nastavené strategické ciele odrážali všetky potrebné aspekty bezpečnej, plynulej, hospodárnej a ekologickej cestnej premávky.

8 Referencie

- [1] Európska komisia, „WHITE PAPER Roadmap to a Single European Transport Area – Towards a competitive and resource efficient transport system [BIELA KNIHA Plán jednotného európskeho dopravného priestoru],“ 2011. [Online]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:52011DC0144>. [Cit. 17 08 2019].
- [2] OECD, Asset Management for the Road Sector [Hospodárenie s majetkom cestného sektora], Paris Cedex: OECD, 2001.
- [3] S. McNeil, M. L. Tischer a A. DeBlasio, „Asset Management: What is the Fuss? [Hospodárenie s majetkom: O čom je rozruch?],“ *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, zv. 1729, %1. vyd.1, pp. 21-25, 2000.
- [4] N. H. Danylo a A. Lemer, „Asset Management for the Public Works Manager: Challenges and Strategies [Hospodárenie s majetkom pre manažéra v oblasti verejných prác: Výzvy a stratégie],“ APWA, Washington, D.C., 1998.
- [5] T. Fwa, Handbook of Highway Engineering [Príručka cestného inžinierstva], Boca Raton: CRC Press, 2006.
- [6] OECD, Performance Indicators for the Road Sector - Summary of the field tests [Výkonnostné inikátory cestného sektora - Sumirazácia terénnych testov], Paris Cedex: OECD, 2001.
- [7] Národný kontrolný úrad SR, „Prioritné oblasti zamerania kontrolnej činnosti NKÚ na rok 2020 (marec 2019),“ [Online]. Available: <https://www.nku.gov.sk/documents/10157/1460173/Prioritn%C3%A9+oblasti+NK%C3%A9+SR+na+2020>. [Cit. 31 07 2019].
- [8] A. Ihs, „The Influence of Road Surface Condition on Traffic Safety and Ride Comfort [Vplyv stavu povrchu vozovky na bezpečnosť premávky a jazdný komfort],“ rev. 6th Conference on Managing Pavements, Queensland, 2004.
- [9] P. Cairney a P. Bennett, „Managing road surfaces for safety at the network level: is macrotexture enough?,“ rev. 2nd International Safer Roads Conference, Cheltenham, 2008.
- [10] M. Mamlouk, M. Vinayakamurthy, B. S. Underwood a K. E. Kaloush, „Effects of the International Roughness Index and Rut Depth on Crash Rates [Účinky medzinárodného indexu nerovnosti a hĺbky vyjazdených koľají na dopravnú nehodovosť],“ National Academy of Sciences, 2018.
- [11] B.-A. King, The effect of road roughness on traffic speed and road safety [Účinok pozdĺžnych nerovností ciest na cestovnú rýchlosť a bezpečnosť], School of Civil Engineering and Surveying, 2014.
- [12] J. S. Gillespie a K. K. McGhee, „Get In, Get Out, Come Back!: What the Relationship Between Pavement Roughness and Fuel Consumption Means for the Length of the Resurfacing Cycle [Čo znamená vzťah medzi pozdĺžnymi nerovnosťami vozoviek a spotrebou paliva pre dĺžku cyklu obnovy krytu],“ *Journal of the Transportation Research Board*, zv. 1990, pp. 32-39, 2007.
- [13] J. McLean a G. Foley, „Road surface characteristics and condition: effects on road users [Povrchové charakteristiky a stav ciest: efekty na používateľov ciest],“ ARRB Transport Research, Vermont South, 1998.

- [14] J. B. Odoki a H. G. Kerali, HDM-4 Volume four: Analytical Framework and Model Descriptions [HDM-4 časť štyri: Analytický rámec a popisy modelov], La Défense cedex: The World Road Association & The World Bank, 2003.
- [15] J. Čelko, M. Decký, D. Ďurčanská, A. Gavulová, M. Valuch a P. Múčka, Povrchové vlastnosti vozoviek - prevádzková spôsobilosť vozoviek, Žilina: Žilinská univerzita, 2000.
- [16] D. Rys a P. Jaskula, „Effect of pavement roughness and vehicle dynamic loads on decrease of fatigue life of flexible pavements [Účinky pozdĺžnych nerovností vozoviek a dymického zaťaženia vozidiel na zníženie únavovej životnosti vozoviek],“ rev. *Proceedings of 7th Transport Research Arena TRA 2018, April 16-19, 2018, Vienna, Austria*, Viedeň, 2018.
- [17] M. Decký, „Dynamické metódy hodnotenia nerovností cestných vozoviek,“ *Komunikácie*, %1. vyd.2, 1999.
- [18] Ministerstvo dopravy, výstavby a regionálneho rozvoja SR, TP 056: Meranie a hodnotenie nerovnosti vozoviek pomocou zariadenia Profilograph GE, Bratislava: Ministerstvo dopravy, výstavby a regionálneho rozvoja SR, 2012.
- [19] ČSN 73 6175: Měření a hodnocení nerovnosti povrchů vozovek, Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2015.
- [20] Generalna dyrekcja dróg publicznych, „Zasady pomiaru i oceny stanu równości podłużnej nawierzchni bitumicznych w systemie oceny stanu nawierzchni SOSN [Zásady merenia a vyhodnotenia stavu pozdĺžnej nerovnosti asfaltových povrchov v systéme hodnotenia stavu vozoviek SOSN],“ Varšava, 2002.
- [21] K. Ahlin a N. J. Granlund, „Relating Road Roughness and Vehicle Speeds to Human Whole Body Vibration and Exposure Limits [Vzťah medzi nerovnosťou ciest a rýchlosťou vozidiel na ľudské celotelové vibrácie and limity vystavenia],“ *International Journal of Pavement Engineering*, zv. 3, %1. vyd.4, 2012.
- [22] P. Múčka, J. Stein a P. Tobolka, „Passenger Ride Comfort and International Roughness Index Specifications in the Slovak Republic (with errata) [Cestovný komfort pasažierov a IRI špecifikácie na Slovensku (s opravou)],“ 2019.
- [23] B. Leitner a M. Decký, „Modifikácia klasifikačnej stupnice parametra nerovnosti vozoviek "IRI" zohľadňujúca dynamiku reálneho automobilu,“ 2007.
- [24] M. Decký a M. Kováč, Pozdĺžna rovnosť vozoviek pozemných komunikácií, Žilina: Žilinská univerzita v Žiline, 2014.
- [25] P. Múčka, „International Roughness Index specifications around the world [IRI špecifikácie vo svete],“ *Road Materials and Pavement Design*, zv. 18, %1. vyd.4, pp. 929-965, 2017.
- [26] M. R. Start, J. Kim a W. D. Berg, „Potential Safety Cost-Effectiveness of Treating Rutted Pavements [Nákladová efektivita potenciálnej bezpečnosti starostlivosti o vozovky s vyjazdenými koľajami],“ *Transportation Research Record*, 1998.
- [27] P. Cenek, R. Henderson, M. Forbes, R. Davies a A. Tait, „The relationship between crash rates and rutting [Vzťah medzi dopravnou nehodovosťou a vyjazdenými koľajami],“ NZ Transport Agency, Wellington, 2014.
- [28] A. Ihs, M. Gustafsson, O. Eriksson, M. Wiklund a L. Sjögren, „Road user effect models – the influence of rut depth on traffic safety [Modely účinkov na používateľov ciest - vplyv hĺbky vyjazdených koľají na bezpečnosť premávky],“ vti, Linköping, 2011.

- [29] A. Nikolaides, Highway Engineering: Pavements, Materials and Control of Quality [Cestné inžinierstvo: Vozovky, materiály a kontrola kvality], Boca Raton: CRC Press, 2014.
- [30] A. Aavik, T. Kaal a M. Jentson, „Use of Pavement Surface Texture Characteristics Measurement Results in Estonia [Využitie výsledkov meraní charakteristík textúry povrchov v Estónsku],“ rev. *The XXVIII International Baltic Road Conference*, Vilnius, 2013.
- [31] TP 025: Meranie a hodnotenie drsnosti vozoviek pomocou zariadení SKIDDMETER BV11 a PROFIOGRAPH GE, Bratislava: Ministerstvo dopravy pôšt a telekomunikácií, 2006.
- [32] STN 73 6195: Hodnotenie protišmykových vlastností povrchu vozoviek, Bratislava: Úrad pre normalizáciu, metrológiu a skúšobníctvo SR, 2017.
- [33] Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad, „Diagnostyka stanu nawierzchni i jej elementów: Załącznik B. Instrukcja do części analitycznej – zasady oceny, klasyfikacje [Príloha B: Inštrukcie pre analytickú časť - pravidlá vyhodnotenia a klasifikácie],“ Varšava, 2015.
- [34] J. J. Henry, Evaluation of Pavement Friction Characteristics [Vyhodnotenie charakteristík trenia vozoviek], Washington, D.C.: Transportation Research Board, 2000.
- [35] STN P CEN/TS 15901-12: Charakteristiky povrchu ciest a letísk. Časť 12: Metóda na stanovenie odolnosti povrchu vozovky proti šmyku zariadením s riadeným pozdĺžnym sklzom: BV 11 a zariadenia na meranie trenia Saab (SFT), Bratislava: Úrad pre normalizáciu, metrológiu a skúšobníctvo Slovenskej republiky, 2011.
- [36] „Charakteristiky povrchu ciest a letísk. Časť 12: Metóda na stanovenie odolnosti povrchu vozovky proti šmyku zariadením s riadeným pozdĺžnym sklzom: BV 11 a zariadenia na meranie trenia Saab (SFT),“ Úrad pre normalizáciu, metrológiu a skúšobníctvo Slovenskej republiky, Bratislava, 2011.
- [37] P. Kotek, M. Kováč a M. Decký, „The Skid Resistance Evaluation on the Long-Term Monitored Road Section [Vyhodnotenie šmykového odporu na dlhodob sledovaných úsekoch],“ *Civil and Environmental Engineering*, zv. 10, %1. vyd.2/2014.
- [38] M. Kováč a P. Kotek, „The usability of different skid resistance characteristics in road assessment [Použitelnosť rôznych charakteristík šmykového odporu pri hodnotení ciest],“ *Civil and Environmental Engineering*, zv. 10, %1. vyd.2/2014, 2014.
- [39] TP 053: Metodika merania a vyhodnocovania stavu povrchu vozovky pomocou zariadenia LineScan. Hodnotenie stavu povrchu vozovky kamerovým systémom LineScan, Bratislava: Ministerstvo dopravy, výstavby a regionálneho rozvoja SR, 2011.
- [40] TP 031: Meranie a hodnotenie únosnosti asfaltových vozoviek pomocou zariadenia FWD KUAB, Bratislava: Ministerstvo dopravy pôšt a telekomunikácií SR, 2009.
- [41] D. Paine, „The incorporation of structural data in a pavement management system [Zahrnutie štruktúrnych údajov v systéme hospodárenia s vozovkami],“ rev. *4th International Conference on Managing Pavements*, Pretoria, 1998.
- [42] T. Chowdhury a M. Hossain, „Use of Falling Weight Deflectometer Data for Assessing Pavement Structural Evaluation Values [Použitie údajov z impulzných

- deflektometrov pre vyhodnotenie štruktúrneho hodnotenia vozoviek],“ Kansas Department of Transportation, 1999.
- [43] „COST 336: Falling Weight Deflectometer, Information Gathering Report, Task Group 2 - FWD at Network Level [COST 336: Rázový deflektometer, pracovná skupina 2: FWD na sieťovej úrovni],“ 1998.
- [44] A. L. Crook, S. R. Montgomery a W. S. Guthrie, „Use of Falling Weight Deflectometer Data for Network-Level Flexible Pavement Management [Použitie FWD údajov pre hospodárenie s netuhými vozovkami na sieťovej úrovni],“ *Journal of the Transportation Research Board*, %1. vyd.2304, 2012.
- [45] C. V. Geem, P. Nigro a B. Berlémont, „The Use of Deflection Measurements in Pavement Management of the Primary Road Network of Wallonia, Belgium [Využitie merania priehybov v hospodárení s vozovkami na primárnej cestnej sieti vo Valónsku, Belgicko],“ 2014.
- [46] Cambridge Economic Policy Associates Ltd & TRL Ltd, Measuring Pavement Condition [Meranie stavu vozoviek], London: Office of Rail and Road, 2018.
- [47] T. Watanatada, C. G. Harral, W. D. O. Paterson, A. M. Dhareshwar, A. Bhandari a K. Tsunokawa, The Highway Design and Maintenance Standards Model, Volume 1: Description of the HDM-III Model [Model návrhu ciest a údržbových štandardov, zväzok 1: Popis modelu HDM-III], Washington, D.C.: The International Bank for Reconstruction and Development/The World Bank, 1987.
- [48] J. Rolt a C. C. Parkman, Characterisation of Pavement Strength in HDM-III and changes adopted for HDM-4 [Charakteristika únosnosti vozoviek v HDM-III a zmeny adaptované pre HDM-4], 2000.
- [49] J. Čelko a P. M., „TP 057: Metodika pre používanie HDM-4 v podmienkach SR,“ inisterstvo dopravy a výstavby SR, Bratislava, 2018.
- [50] AASHTO Guide for Design of Pavement Structures [Príručka AASHTO pre navrhovanie vozoviek], Washington, D.C.: American Association of State Highway and Transportation Officials, 1993.
- [51] E. Horak, A. Hefer a J. Maina, „Modified Structural Number Determined from Falling Weight Deflectometer Deflection Bowl Parameters and Its Proposed Use in a Benchmark Methodology [Modifikované štruktúrne číslo získané z parametrov priehybovej čase FWD a jeho navrhované použitie ...],“ *Journal of Traffic and Transportation Engineering*, zv. 3, pp. 215-226, 2015.
- [52] „TP 058: Zosilňovanie asfaltových vozoviek,“ Ministerstvo dopravy, výstavby a regionálneho rozvoja SR, Bratislava, 2012.
- [53] TP 071: Prehliadky, údržba a oprava cestných komunikácií. Diaľnice, rýchlostné cesty a cesty, Bratislava: Ministerstvo dopravy, výstavby a regionálneho rozvoja SR, 2013.
- [54] Prehľad stavu ciest I., II. a III. triedy na na základe prehliadok vykonávaných správcom ciest, stav ciest k 6/2018, Bratislava: Slovenská správa ciest, 2018.
- [55] G. Myhre a D. Shindell, „Anthropogenic and Natural Radiative Forcing [Antropogénne a prirodzené radiačné pôsobenie],“ [Online]. Available: http://www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5_Chapter08_FINAL.pdf. [Cit. 19 08 2019].
- [56] Európska komisia, „Handbook on the external costs of transport, version 2019 [Príručka o externých nákladoch dopravy, verzia 2019],“ Directorate-General for Mobility and Transport, Brusel, 2019.

- [57] D. Ouis, „Annoyance from road traffic noise: a review [Obťažovanie hlukom z cestnej dopravy: prehľad],“ *Journal of Environmental Psychology*, 2001.
- [58] A. L. Brown, „Effects of road traffic noise on health: from Burden of Disease to effectiveness of interventions [Účinky hluku z cestnej dopravy na zdravie: od "Burden of Disease" k účinnosti intervencií],“ rev. *International Conference on Environmental Forensics*, Putrajaya, 2015.
- [59] „Metodické usmernenie Riadiceho orgánu pre Inegrovaný regionálny operačný program č. 4 k vypracovaniu analýzy nákladov a výnosov projektov cestnej infraštruktúry IROP,“ Ministerstvo pôdohospodárstva a rozvoja vidieka Slovenskej republiky, Bratislava, 2016.
- [60] M. Margorínová, M. Trojanová, M. Decký a E. Remišová, „Noise costs from road transport [Hlukové náklady z cestnej dopravy],“ *Civil and Environmental Engineering*, 2018.
- [61] A. Kadlec a S. McNeil, „Applying the Government Accounting Standards Board Statement 34: Lessons from the Field [Aplikácia usmernenia rady pre vládne účtovné štandardy č. 34: Lekcie z terénu],“ Washinton, D.C., 2001.
- [62] A. Lemer, „Progress toward integrated infrastructure asset management systems: GIS and beyond [Pokrok smerom k integrovaným systémom hospodárenia s majetkom: GIS a ďalej],“ 1998.
- [63] J. Uhlmeyer, D. Luhr a T. Rydholm, Pavement Asset Management [Hospodárenie s vozovkovým majetkom], Olympia: Washington State Department of Transportation, 2016.
- [64] R. K. Kay, J. P. Mahoney a N. C. Jackson, The WSDOT Pavement Management System - A 1993 Update [Systém hospodárenia s vozovkou ministerstva dopravy štátu Washington - aktualizácia v roku 1993], Seattle: Washington State Transportation Center (TRAC), 1993.
- [65] WSDOT, „2012 Statewide Pavement Performance,“ Washington State Department of Transport, Olympia, 2012.
- [66] WSDOT, „Gray Notebook, Edition 72,“ Washington State Department of Transport, Olympia, 2018.
- [67] „WSDOT Pavement Management Data - WSPMS [Údaje o hospodárení s vozovkami WSDOT],“ [Online]. Available: https://www.wsdot.wa.gov/mapsdata/geodatacatalog/Maps/noscale/DOT_WSPMS/WSPMS_IDX.htm.
- [68] „WSDOT Open Data Portal,“ [Online]. Available: <https://gisdata-wsdot.opendata.arcgis.com/search?q=wspsms>.
- [69] The National Archives on behalf of HM Government, „Infrastructure Act 2015 [Infraštruktúry zákon 2015],“ [Online]. Available: <http://www.legislation.gov.uk/ukpga/2015/7/contents/enacted>. [Cit. 01 08 2018].
- [70] Transport Focus, „Strategic Roads User Survey,“ [Online]. Available: <https://transportfocusdatahub.org.uk/manager/Storyboard/RHViewStoryboard.aspx?RId=%c2%b2&RLId=%c2%b2&PIId=%c2%b2%c2%b3%c2%b6%c2%b7%c2%b6&UIId=%c2%b6%c2%b6%c2%b2%c2%b5%c2%b4&RPIId=2>. [Cit. 01 08 2019].
- [71] Transport Focus, „Strategic Roads User Survey / Surface quality (Upkeep) [Kvalita povrchu (Údržba)],“ [Online]. Available: <https://transportfocusdatahub.org.uk/manager/Storyboard/RHViewStoryboard.as>

- px?RId=%u00b1%u00b3&RLId=%u00b2&PIId=%u00b2%u00b3%u00b6%u00b7%u00b6&UIId=%u00b6%u00b6%u00b2%u00b5%u00b4&RpId=12. [Cit. 01 08 2019].
- [72] Highways England, Highways England: Operational Metrics Manual, January 2019 [Cesty Anglicko: Manuál prevádzkových metrík], London: Highways England, 2019.
 - [73] Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad, „Zarządzenie Nr. 34 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad z dnia 30. kwietnia 2015r. w sprawie diagnostyki stanu nawierzchni i jej elementów [Nariadenie č. 34 GR nár. ciest a diaľnic zo dňa 30.5.2015 o diagnostike stavu vozoviek a jej súčasti],“ Varšava, 2015.
 - [74] Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad, „Diagnostyka stanu nawierzchni i jej elementów [Diagnostika stavu vozoviek a jej prvkov],“ Varšava, 2015.
 - [75] Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad, „Diagnostyka stanu nawierzchni i jej elementów: Załącznik K. Zasoby sprzętowe GDDKiA [Príloha K: Zariadenia v majetku GDDKiA],“ Varšava, 2015.
 - [76] P. Iwanowski, K. Blacha a M. Wesołowski, „Review of modern methods for continuous friction measurement on airfield pavements [Prehľad moderných metód pre kontinuálne meranie trenia letiskových vozoviek],“ rev. *Resilient and Safe Road Infrastructure* , 2018.
 - [77] Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad, „Diagnostyka stanu nawierzchni i jej elementów: Załącznik A. Zasady realizacji pomiarów w ramach diagnostyki nawierzchni [Príloha A: Pravidlá výkonu meraní v rámci diagnostiky vozoviek],“ Varšava, 2015.
 - [78] J. Litzka, B. Leben, F. Torre La, A. Weninger-Vycudil, M. d. L. Antunes, D. Kokot, G. Mladenovic, S. Brittain a H. Viner, „COST Action 354 Performance Indicators for Road Pavements - Final Report [COST Akcia 354 - Výkonnostné indikátory pre cestné vozovky],“ FSV – Austrian Transportation Research Association , Viedeň, 2008.
 - [79] J. Čelko, J. Komačka, E. Remišová a M. Kováč, „Rozborová úloha: Možnosti aplikácie výstupov európskych projektov v SHV,“ Slovenská správa ciest, Bratislava, 2009.
 - [80] Object Management Group, „Unified Modeling Language,“ Needham.
 - [81] Európska únia, „Nariadenie Európskeho parlamentu a rady (EÚ) č. 1315/2013 o usmerneniach Únie pre rozvoj transeurópskej dopravnej siete a o zrušení rozhodnutia č. 661/2010/EÚ,“ [Online]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SK/TXT/HTML/?uri=CELEX:32013R1315&from=EN#d1e2943-1-1>.
 - [82] Európska komisia, „Annex I: Maps of the comprehensive and the core network - Annex I - VOL 15/33 [Príloha I: Mapy súhrnnej a základnej siete],“ [Online]. Available: https://ec.europa.eu/transport/infrastructure/tentec/tentec-portal/site/maps_upload/annexes/annex1/Annex%20I%20-%20VOL%2015.pdf. [Cit. 18 08 2019].
 - [83] Ministerstvo dopravy, výstavby a regionálneho rozvoja Slovenskej republiky, „Strategický plán rozvoja dopravy SR do roku 2030 - Fáza II,“ Bratislava, 2016.
 - [84] „ASTM E 1960-03 Standard Practice for Calculating International Friction Index of a Pavement Surface [Štandardná prax pre výpočet medzinárodného indexu trenia povrchov vozoviek],“ ASTM International, West Conshohocken, 2003.

- [85] M. Kováč, E. Remišová a J. Komačka, „Rozborová úloha: Aktualizácia hodnotiacich kritérií pre protišmykové vlastnosti vozoviek v zmysle európskych noriem (EN),“ Bratislava, Slovenská správa ciest, 2011.
- [86] TWO, „Friction measurements made easy [Meranie trenia ľahko],“ [Online]. Available: <http://www.two-friction.com/>.
- [87] STN P CEN/TS 13036-2: Charakteristiky povrchu ciest a letísk. Časť 2: Metóda na stanovenie odolnosti proti šmyku povrchu vozovky pomocou dynamických meracích systémov, Bratislava: Úrad pre normalizáciu, metrológiu a skúšobníctvo Slovenskej republiky, 2010.
- [88] STN EN ISO 13473-1: Charakterizovanie textúry vozovky s použitím profilov povrchu. Časť 1: Stanovenie priemernej hĺbky profilu (ISO 13473-1: 1997), Bratislava: Úrad pre normalizáciu, metrológiu a skúšobníctvo Slovenskej republiky, 2005.
- [89] STN EN 13036-1: Povrchové vlastnosti vozoviek a letiskových plôch. Skúšobné metódy. Časť 1: Meranie hĺbky makrotextúry povrchu vozovky odmernou metódou, Bratislava: Úrad pre normalizáciu, metrológiu a skúšobníctvo Slovenskej republiky, 2010.

9 Prílohy

9.1 Biela kniha dopravy 2011

Biela kniha dopravy 2011 - Plán jednotného európskeho dopravného priestoru – Vytvorenie konkurencieschopného dopravného systému efektívne využívajúceho zdroje [1] – je v súčasnosti najvyšší horizontálny strategický dokument EÚ týkajúci sa dopravy.

Uvádza niekoľko **hlavných hnacích síl a činiteľov** pre nastavenie stratégie:

- doprava je kľúčovým prvkom pre naše hospodárstvo a spoločnosť; doprava napomáha hospodárskemu rastu a vytváraniu pracovných miest,
- ropa bude v najbližších desaťročiach čoraz vzácnejšia a jej zdroje budú stále neistejšie (v roku 2010 predstavovali náklady EÚ na dovoz ropy približne 210 miliárd EUR). 96 % energetických potrieb dopravy v EÚ naďalej závisí od ropy a ropných produktov,
- EÚ zároveň vyzvala na výrazné zníženie emisií skleníkových plynov vo svete, s cieľom udržať nárast teploty spôsobený zmenou klímy pod hranicou 2 °C. Na dosiahnutie tohto cieľa musí EÚ, v kontexte potrebných znížení vo vyspelých krajinách ako v skupine, do roku 2050 vo všeobecnosti znížiť emisie o 80 % - 95 % pod úroveň roku 1990. Konkrétne v doprave sa vyžaduje znížiť do roku 2050 emisie skleníkových plynov najmenej o 60 % v porovnaní s rokom 1990,
- nové technológie pre vozidlá a riadenie dopravy budú v EÚ aj inde na svete kľúčové na dosiahnutie zníženia emisií z dopravy,
- kongescie sú veľkým problémom, najmä v cestnej a leteckej doprave, a ohrozujú prístupnosť,
- dopravná infraštruktúra vo východnej a západnej časti EÚ nerovnomerne rozvinutá a treba ju zjednotiť,
- na verejné zdroje financovania infraštruktúry sa vyvíja zvýšený tlak a je potrebný nový prístup k financovaniu a stanovovaniu cien.

Vízia EÚ pre budúcnosť dopravy sa sústreďuje hlavne na dopravu stredných a dlhých vzdialeností a dopravu v rámci miest a je ju možné popísať v štyroch hlavných témach:

1. Dosiahnutie 60 % zníženia emisií v kontexte rozrastajúcej sa dopravy a podpory mobility,
2. Efektívna základná sieť pre multimodálnu medzimestskú prepravu a dopravu,
3. Globálne rovnaké podmienky pre prepravu nákladu na dlhé vzdialenosti a medzi kontinentmi,
4. Ekologická mestská doprava a dochádzanie.

Vízia ďalej menuje **10 konkrétnych cieľov** (zámerov):

Vývoj a zavádzanie nových a udržateľných palív a pohonných systémov

1. Znížiť používanie „konvenčne poháňaných“ automobilov v mestskej doprave do roku 2030 na polovicu; postupne ich vyradiť z premávky v mestách do roku 2050; dosiahnuť v centrách veľkých miest zavedenie mestskej logistiky v podstate bez emisií CO₂ do roku 2030.
2. Používanie nízkouhlíkových udržateľných palív v leteckej doprave by do roku 2050 malo dosiahnuť 40 %; do roku 2050 by sa zároveň mali znížiť emisie CO₂ z námorných lodných palív o 40% (o 50 % ak to bude uskutočniteľné).

Optimalizácia výkonu multimodálnych logistických reťazcov vrátane väčšieho využívania energeticky efektívnejších druhov dopravy

3. 30 % cestnej nákladnej dopravy nad 300 km by sa malo do roku 2030 previesť na iné druhy dopravy, ako napr. na železničnú či vodnú dopravu, a do roku 2050 by to malo byť viac ako 50 %. Napomôcť by tomu mali efektívne zelené koridory nákladnej dopravy. Na dosiahnutie tohto cieľa je takisto potrebné vyvinúť vhodnú infraštruktúru.
4. Dokončiť do roku 2050 európsku vysokorýchlostnú železničnú sieť. Stojnásobiť do roku 2030 dĺžku existujúcich vysokorýchlostných železničných sietí a udržať hustú železničnú sieť vo všetkých členských štátoch. Do roku 2050 by sa mala väčšina cestujúcich na strednú vzdialenosť prepravovať po železnici.
5. Sprevádzkovať do roku 2030 v celej EÚ plne funkčnú multimodálnu „základnú sieť“ TEN-T s vysokokvalitnou a vysokokapacitnou sieťou do roku 2050 a so zodpovedajúcim súborom informačných služieb.
6. Prepojiť do roku 2050 všetky letiská základnej siete so železničnou sieťou, pokiaľ možno vysokorýchlostnou; zabezpečiť, aby všetky hlavné námorné prístavy boli v dostatočnej miere prepojené s nákladnou železničnou dopravou a prípadne s vnútrozemskými vodnými cestami.

Zvyšovanie efektívnosti dopravy a využívania infraštruktúry prostredníctvom informačných systémov a trhovo orientovaných stimulov

7. Zavedenie modernizovanej infraštruktúry riadenia letovej prevádzky (SESAR) v Európe do roku 2020 a dokončenie spoločného európskeho leteckého priestoru. Zavedenie príslušných systémov riadenia pozemnej a vodnej dopravy (ERTMS, ITS, SSN a LRIT, RIS). Zavedenie európskeho globálneho navigačného satelitného systému (Galileo).
8. Do roku 2020 vytvoriť rámec pre informačné, riadiace a platobné systémy európskej multimodálnej dopravy.
9. Znížiť do roku 2050 počet smrteľných nehôd v cestnej doprave takmer na nulu. V súlade s týmto cieľom sa EÚ usiluje o zníženie dopravných nehôd do roku 2020 na polovicu. Zabezpečiť vedúce postavenie EÚ v oblasti bezpečnosti a ochrany dopravy vo všetkých jej druhoch.
10. Uplatňovať v plnej miere zásady „používateľ platí“ a „znečisťovateľ platí“ a viac zapájať súkromný sektor do odstraňovania nezrovnalostí vrátane škodlivých dotácií, vytvárania ziskov a zabezpečovania financovania budúcich dopravných investícií.

Ciele 1, 3, 5, 7, 8, 9 a 10 sa týkajú cestnej dopravy.

Na základe stanovených cieľov biela kniha uvádza v štyroch balíkoch stratégiu, teda čo je potrebné urobiť:

1. jednotný európsky dopravný priestor,
2. inovácia pre budúcnosť – technológia a prístup,
3. moderná infraštruktúra, inteligentné stanovovanie cien a financovanie,
4. vonkajší rozmer.

Stratégia je spresnená v prílohe I formou zoznamu 131 akcií (tzv. iniciatív) v 40 skupinách. Uvádzame len tie relevantné pre cestnú dopravu:

6. cestná nákladná doprava	Preskúmať situáciu na trhu cestnej nákladnej dopravy ako aj stupeň konvergenzie týkajúcej sa okrem iného spoplatňovania používateľov ciest, právnych predpisov v sociálnej oblasti a v oblasti bezpečnosti, transpozície a presadzovania právnych predpisov v členských štátoch s cieľom otvoriť ďalšie trhy v cestnej doprave. Predovšetkým by sa malo pokračovať v odstraňovaní zostávajúcich obmedzení kabotáže.
----------------------------	---

	Preskúmať pravidlá týkajúce sa tachografu s cieľom nákladovo ho zefektívniť, sprístupniť register EÚ podnikov cestnej dopravy polícii a úradným osobám zabezpečujúcim vykonávanie predpisov pri cestných kontrolách. harmonizovať sankcie za porušenie pravidiel EÚ v oblasti profesionálnej dopravy; harmonizovať odbornú prípravu úradných osôb zabezpečujúcich vykonávanie predpisov. Prispôbiť právne predpisy v oblasti hmotnosti a rozmerov novým okolnostiam, technológiám a potrebám (napr. hmotnosť batérií, lepšia aerodynamika) a zabezpečiť, aby sa tým zjednodušila intermodálna preprava a znižovanie celkovej spotreby energie a emisií.
7. Multimodálna preprava tovaru: e-Freight (elektronická nákladná doprava)	Zaviesť do praxe koncepty „jedného okienka“ a „jedného kontaktného miesta“; vytvorením a zavedením jednotného elektronického prepravného dokladu (elektronický SK 21 SK nákladný list) a vytvorením vhodného rámca na zavedenie technológií na zisťovanie pohybu a sledovanie nákladu, RFID atď.).
8. Sociálny zákonník pre mobilných pracovníkov v odvetví cestnej dopravy	Presadzovať a podporovať dialóg medzi sociálnymi partnermi s cieľom dosiahnuť dohodu týkajúcu sa sociálneho zákonníka pre mobilných pracovníkov v odvetví cestnej dopravy a zároveň riešiť problém nenahlásenej samostatnej zárobkovej činnosti.
11. Zhodnotenie prístupu EÚ k pracovným miestam a podmienkam vo všetkých druhoch dopravy	Posúdiť metódy odvetvového sociálneho dialógu v rôznych sektoroch odvetvia dopravy s cieľom zlepšiť tento dialóg a zvýšiť jeho účinnosť. Zabezpečiť zamestnancom účasť, najmä prostredníctvom európskych zamestnaneckých rád, v nadnárodných spoločnostiach v odvetví. Zaoberať sa kvalitou práce vo všetkých druhoch dopravy, najmä pokiaľ ide o odbornú prípravu, certifikáciu, pracovné podmienky a kariérny postup s cieľom vytvoriť kvalitné pracovné miesta, rozvíjať potrebné zručnosti a posilniť hospodársku súťaž dopravných prevádzkovateľov EÚ
14. Bezpečnostná ochrana pozemnej dopravy	Pracovať s členskými štátmi na bezpečnostnej ochrane pozemnej dopravy tak, že sa v rámci prvého kroku vytvorí stála skupina expertov na bezpečnostnú ochranu pozemnej dopravy a prijímú sa ďalšie opatrenia v prípadoch, v ktorých akcia EÚ môže priniesť pridanú hodnotu. Zamerať sa špeciálne na problematiku bezpečnosti v mestách.
15. Kompletná bezpečnostná ochrana	Zvýšiť úroveň bezpečnostnej ochrany celého dodávateľského reťazca bez toho, aby sa bránilo voľnému toku obchodu. Malo by sa zväžiť vytvorenie certifikátov kompletnej bezpečnostnej ochrany, pričom by sa zohľadnili existujúce režimy. Zabezpečiť spoločné posúdenie otázok bezpečnostnej ochrany, v ktorom by sa pokryli všetky druhy dopravy.

	Začleniť potenciálne vplyvy teroristických a zločineckých útokov do prípravy plánov na zabezpečenie kontinuity mobility (pozri iniciatívu 23). Pokračovať v medzinárodnej spolupráci v boji proti terorizmu a iným zločineckým činnostiam ako napr. pirátstvo. Vonkajší rozmer je zásadný (pozri iniciatívu 40).
16. Vytvorenie „vízie nulovej nehodovosti“ v oblasti bezpečnosti dopravy	Harmonizovať a vyvinúť technológie v oblasti bezpečnosti dopravy – napr. systémy pomoci pre vodiča, (inteligentné) obmedzovače rýchlosti, signál odopnutého bezpečnostného pásu, eCall, kooperačné systémy a prepojenia vozidlo-infraštruktúra – ako aj zdokonalené skúšky cestnej spôsobilosti a to aj pre alternatívne pohonné systémy Vypracovať komplexnú stratégiu opatrení v oblasti dopravných nehôd a pohotovostných služieb vrátane spoločných vymedzení pojmov a štandardných klasifikácií zranení a úmrtí ako prípravu na prijatie cieľa znížiť počet zranení. Zamerať sa na odbornú prípravu a vzdelávanie používateľov; podporiť používanie bezpečnostného vybavenia (bezpečnostných pásov, ochranných odevov, zariadení proti nevhodnej manipulácii). Venovať osobitnú pozornosť zraniteľným používateľom, ako sú chodci, cyklisti a motocyklisti, a to aj prostredníctvom bezpečnejšej infraštruktúry a technológie vozidiel.
20. Preprava nebezpečných nákladov	Zjednodušiť pravidlá pre intermodálnu prepravu nebezpečných nákladov s cieľom zabezpečiť interoperabilitu medzi jednotlivými druhmi dopravy.
22. Súvislá priama mobilita až na miesto určenia	Vymedziť potrebné opatrenia na dosiahnutie lepšej integrácie rôznych druhov prepravy cestujúcich s cieľom poskytovať súvislú priamu mobilitu až na miesto určenia. Vypracovať rámcové podmienky s cieľom podporiť vývoj a používanie inteligentných systémov na vytvorenie interoperabilných a multimodálnych cestovných poriadkov, informácií, online systému rezervácií a inteligentného predaja cestovných lístkov. Mohli by zahŕňať legislatívny návrh na zabezpečenie prístupu súkromných poskytovateľov služieb k cestovným a dopravným informáciám v aktuálnom čase.
23. Plány na zabezpečenie kontinuity mobility	Vymedziť pojem plány na zabezpečenie mobility s cieľom zabezpečiť kontinuitu služieb v prípade nepredvídaných udalostí. Tieto plány by sa mohli zaoberať otázkami prioritného prístupu k využívaniu fungujúcich zariadení, spolupráce medzi manažermi infraštruktúry, prevádzkovateľmi, vnútroštátnymi orgánmi a susednými krajinami a otázkami dočasného prijímania alebo zmierňovania špecifických pravidiel.
24. Technologický plán	Ekologické, bezpečné a tiché vozidlá vo všetkých druhoch dopravy – od cestných vozidiel po lode, nákladné vlečné člny, železničné koľajové vozidlá a lietadlá (vrátane nových materiálov, nových pohonných systémov a inštrumentálnych nástrojov a nástrojov riadenia na účely organizácie a integrácie komplexných dopravných systémov).

	Technológie na zlepšenie bezpečnosti a bezpečnostnej ochrany v doprave.
	Potenciál nových alebo nekonvenčných dopravných systémov a vozidiel ako napr. systémy bezposádkových lietadiel, nekonvenčné systémy na distribúciu tovaru.
	Udržateľná stratégia alternatívnych palív vrátane príslušných infraštruktúr.
	Integrované dopravné systémy riadenia a informácií, ktoré uľahčia poskytovanie inteligentných služieb mobility, riadenie dopravy umožňujúce lepšie využívanie infraštruktúry a vozidiel a systémy informácií v aktuálnom čase umožňujúce zisťovanie pohybu a sledovanie nákladu a riadenie tokov prepravy nákladu; informácie o cestujúcich a cestovné informácie, rezervačné a platobné systémy.
	Inteligentná infraštruktúra (pozemná aj vesmírna) na zabezpečenie maximálneho monitorovania a interoperability rôznych foriem dopravy a komunikácie medzi infraštruktúrou a vozidlami.
	Inovácie na dosiahnutie udržateľnej mestskej mobility v nadväznosti na program CIVITAS a na iniciatívy v oblasti spoplatnenia používania ciest v mestách a režimy obmedzenia prístupu.
25. Stratégia inovácie a zavádzania	Vymedzenie a zavedenie otvorenej štandardnej elektronickej platformy pre vozidlá na palubných jednotkách, ktoré by spĺňali rôzne funkcie vrátane určovania cestných poplatkov.
	Vypracovanie investičného plánu pre nové navigačné služby, služby monitorovania dopravy a komunikačné služby s cieľom umožniť integráciu informačných tokov, systémov riadenia a služieb mobility na základe európskeho integrovaného multimodálneho informačného a riadiaceho plánu. Demonštračné projekty elektromobility (a iných alternatívnych palív) vrátane nabíjajúcich a palivových infraštruktúr a inteligentných dopravných systémov zameraných najmä na tie mestské oblasti, kde sa často prekračujú akceptovateľné úrovne znečistenia ovzdušia.
	Partnerstvá v oblasti inteligentnej mobility a demonštračné projekty na dosiahnutie udržateľných riešení mestskej dopravy (vrátane demonštrátorov režimov spoplatnenia používania ciest atď.)
	Opatrenia na urýchlenie vymieňania neefektívnych a znečisťujúcich vozidiel.
26. Regulačný rámec pre inovatívnu dopravu	Vhodné normy pre emisie CO ₂ z vozidiel všetkých druhov dopravy doplnené v prípade potreby o požiadavky na energetickú efektívnosť s cieľom pokryť všetky typy pohonných systémov.
	Normy pre hladiny emisií hluku vozidiel.
	Zabezpečenie zníženia emisií CO ₂ a znečisťujúcich látok v podmienkach skutočnej prevádzky tým, že najneskôr do roku 2013 sa predloží návrh revízie skúšobného cyklu na meranie emisií.

	Stratégie verejného obstarávania na zabezpečenie rýchleho využitia nových technológií.
	Pravidlá v oblasti interoperability nabíjacích infraštruktúr pre ekologické vozidlá.
	Usmernenia a normy pre palivové infraštruktúry.
	Normy prepojenia pre komunikáciu medzi infraštruktúrami, medzi vozidlami a infraštruktúrami a medzi vozidlami.
	Podmienky prístupu k údajom o doprave na bezpečnostné a ochranné účely.
	Špecifikácie a podmienky pre inteligentné systémy spoplatňovania a platby v oblasti dopravy.
	Lepšie vykonávanie existujúcich pravidiel a noriem.
27. Cestovné informácie	Viac informovať o dostupnosti alternatív pre individuálnu konvenčnú dopravu (menej časté využívanie osobných automobilov, pešia a cyklistická doprava, spoločné využívanie automobilov, systém park & drive, inteligentný predaj cestovných lístkov atď.).
28. Označovanie automobilov, pokiaľ ide o emisie CO ₂ a palivovú úspornosť	Preskúmať smernicu o označovaní automobilov na účel jej zefektívnenia. Bude potrebné zvážiť okrem iného rozšírenie rozsahu pôsobnosti na ľahké úžitkové vozidlá a na vozidlá kategórie L a harmonizáciu označení a tried palivovej úspornosti jednotlivých členských štátov.
	Podporiť uvádzanie na trh palivovo úsporných, bezpečných pneumatík s nízkou hlučnosťou nad rámec výkonnostných požiadaviek stanovených v typovom schválení.
29. Nástroje na výpočet uhlíkovej stopy	Podporiť systémy certifikácie emisií skleníkových plynov pre podniky a vytvoriť spoločné normy EÚ s cieľom odhadnúť uhlíkovú stopu každého cestujúceho a každej prepravy nákladu spolu s verziami prispôbenými jednotlivým používateľom, ako sú napr. podniky, jednotlivci. To umožní lepší výber a uľahčí marketing ekologickejších dopravných riešení.
30. Ekologický spôsob jazdy a obmedzenia rýchlosti	Zahrnúť požiadavky na ekologický spôsob jazdy do budúcich revízií smernice o vodičských preukazoch a prijať opatrenia na urýchlenie zavádzania inteligentných dopravných systémov, ktoré podporujú ekologický spôsob jazdy. Techniky úspory paliva by sa mali rozvíjať a podporovať aj v iných druhoch dopravy – napríklad plynulé klesanie lietadiel.
	Preskúmať možnosti obmedzenia maximálnej rýchlosti ľahkých úžitkových cestných vozidiel s cieľom znížiť spotrebu energie, posilniť bezpečnosť cestnej premávky a zabezpečiť rovnaké podmienky hospodárskej súťaže.
32. Rámec EÚ na spoplatnenie používateľov mestských ciest	Vypracovať uznaný rámec na zavedenie režimov spoplatnenia používateľov mestských ciest a obmedzeného prístupu a ich aplikácií vrátane právneho a uznaného operačného a technického rámca, ktorý by pokrýval aplikácie v oblasti vozidiel a infraštruktúry.

33. Stratégia mestskej logistiky s takmer nulovými emisiami do roku 2030	Vypracovať usmernenia osvedčených postupov s cieľom lepšie monitorovať a riadiť toky prepravy nákladu (napr. konsolidačné strediská, veľkosť vozidiel v starých centrách miest, regulačné obmedzenia, vyhradené časy na zásobovanie, nevyužitý potenciál riečnej dopravy).
	Vymedziť stratégiu prechodu na mestskú logistiku s takmer nulovými emisiami, ktorá by zlúčila aspekty územného plánovania, prístupu k železničnej a riečnej doprave, podnikateľských postupov a informovanosti, spoplatnenia a technologických noriem vozidiel.
	Podporiť spoločné verejné obstarávanie v prípade vozidiel s nízkymi emisiami v obchodných vozových parkoch (zásobovacie dodávky, taxíky, autobusy,...).
34. Základná sieť strategickej európskej infraštruktúry – Európska sieť mobility	Vymedziť v nových usmerneniach TEN základnú sieť strategickej európskej infraštruktúry, vďaka ktorej by sa integrovala východná a západná časť Európskej únie a dotvoril sa jednotný európsky dopravný priestor. Pripraviť vhodné prepojenie so susednými krajinami.
	Sústrediť európske opatrenia na komponenty siete TEN-T s európskou najvyššou pridanou hodnotou (chýbajúce cezhraničné prepojenia, dopravné uzly pre rôzne druhy dopravy a kľúčové problematické miesta).
	Zaviesť rozsiahle inteligentné a interoperabilné technológie (SESAR, ERTMS, RIS, IDS atď.) s cieľom optimalizovať kapacitu a využívanie infraštruktúry.
	Zabezpečiť, aby dopravná štruktúra financovaná EÚ zohľadňovala potreby energetickej efektívnosti a výzvy zmeny klímy (odolnosť celej infraštruktúry voči možným zmenám klímy, stanice na doplnenie paliva/nabíjanie ekologických vozidiel, výber stavebných materiálov, ...).
35. Multimodálne koridory pre nákladnú dopravu na dosiahnutie udržateľných dopravných sietí	Vytvoriť v rámci základnej siete multimodálne koridory pre nákladnú dopravu s cieľom synchronizovať investície a budovanie infraštruktúry a podporiť efektívne, inovatívne a multimodálne dopravné služby vrátane železničných služieb na stredné a dlhé vzdialenosti.
	Podporiť multimodálnu dopravu a jednovozňové zásielky, stimulovať integráciu vnútrozemskej vodnej dopravy do dopravného systému a propagovať ekologické inovácie v nákladnej doprave. Podporiť vyvíjanie nových vozidiel a plavidiel a renovácia starých.
39. Inteligentné stanovovanie cien a zdaňovanie	Zrevidovať zdanenie motorových palív a jasne identifikovať komponenty energie a CO₂.
	Postupne zaviesť povinné spoplatnenie infraštruktúry pre ťažké nákladné vozidlá. Nahradiť existujúce spoplatnenia používateľov režimom, ktorým by sa zaviedla spoločná tarifná štruktúra a nákladové komponenty ako napr. úhrada nákladov súvisiacich s opotrebovaním, hlukom a miestnym znečistením.
	Prehodnotiť existujúce režimy spoplatnenia využívania ciest a ich zlučiteľnosť so zmluvami EÚ. Vypracovať usmernenia týkajúce sa

	uplatňovania internalizácie poplatkov na cestné vozidlá, ktoré by zahŕňali sociálne náklady spojené s preťažením dopravy, miestnym znečistením emisiami CO ₂ – ak nie je zahrnuté v dani z paliva – hlukom a nehodami. Poskytnúť členským štátom podnety na pilotné projekty s cieľom implementovať režimy zodpovedajúce týmto usmerneniam.
	Pokračovať v internalizácii externých nákladov vo všetkých druhoch dopravy pri uplatňovaní spoločných zásad a zároveň s ohľadom na špecifiká každého druhu.
	Vytvoriť rámec na vyčlenenie ziskov z dopravy na rozvoj integrovaného a efektívneho dopravného systému.
	V prípade potreby vydať spresňujúce usmernenia týkajúce sa verejného financovania jednotlivých druhov dopravy a dopravnej infraštruktúry.
	V prípade potreby prehodnotiť zdaňovanie dopravy, konkrétne prepojiť zdaňovanie vozidiel s ich vplyvom na životné prostredie, zamyslieť sa nad možným spôsobom preskúmania súčasného systému DPH týkajúceho sa prepravy osôb a zrevidovať zdaňovanie služobných vozidiel, aby sa odstránili nezrovnalosti a uprednostnilo používanie ekologických vozidiel.
	V nadväznosti na fázu I pokračovať v zavádzaní celkovej a povinnej internalizácie externých nákladov (okrem povinnej úhrady nákladov súvisiacich s opotrebovaním sa to zároveň týka hluku, miestneho znečistenia a preťaženia dopravy) v cestnej a železničnej doprave. Internalizovať náklady súvisiace s miestnym znečistením a hlukom v prístavoch a na letiskách, ako aj znečistením ovzdušia na mori a preskúmať povinné uplatňovanie internalizačných poplatkov na všetkých vnútrozemských vodných cestách na území EÚ. Rozvinúť trhové opatrenia s cieľom naďalej znižovať emisie skleníkových plynov.

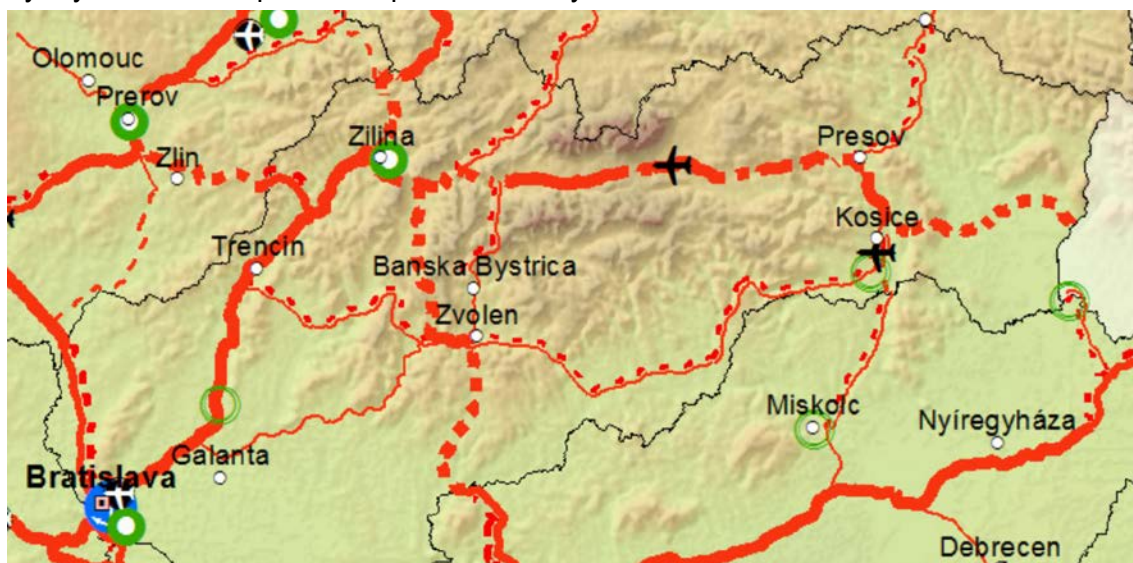
9.2 Trans-európska dopravná sieť (TEN-T)

V súvislosti s vydaním Bielej knihy dopravy 2011 Európska komisia aktualizovala základný dokument o trans-európskej dopravnej sieti (TEN-T) rozhodnutím č. 1315/2013 [81].

V rozhodnutí sa stanovujú dlhodobé ciele a implementačné nástroje pre sieť TEN-T, ktorá je po novom dvojúrovňová - skladá sa z tzv. základnej a súhrnnej siete. Základná sieť je podmnožina súhrnnej siete najvyššej strategickú úrovne.

Súhrnnú cestnú sieť tvoria cesty „najvyššej triedy“, ktoré zohrávajú významnú úlohu v diaľkovej nákladnej a osobnej doprave, integrujú hlavné mestské a hospodárske centrá, vzájomne sa prepájajú s ostatnými druhmi dopravy a spájajú horské, vzdialené, odrezané a okrajové regióny NUTS 2 s centrálnymi regiónmi Únie. Tieto cesty sa primerane udržiavajú, aby umožňovali bezpečnú a zabezpečenú dopravu. Sú osobitne projektované ako diaľnice, rýchlostné cesty alebo tzv. konvenčné strategické cesty. Okrem týchto požiadaviek je potrebné, aby cesty súhrnnej siete boli zabezpečené a monitorované podľa smernice 2008/96/ES, cestné tunely dlhšie ako 500 m spĺňali smernicu 2004/54/ES, mýtné systémy boli interoperabilné podľa smernice 2004/52/ES a rozhodnutia 2009/750/ES a inteligentné dopravné systémy v súlade so smernicou 2010/40/EÚ.

Základná cestná sieť sa buduje len ako diaľnice alebo rýchlostné cesty, pričom na trasách musí byť možnosť čerpať alternatívne ekologické palivá a na diaľniciach musia byť vybudované odpočívadlá približne každých 100 km.



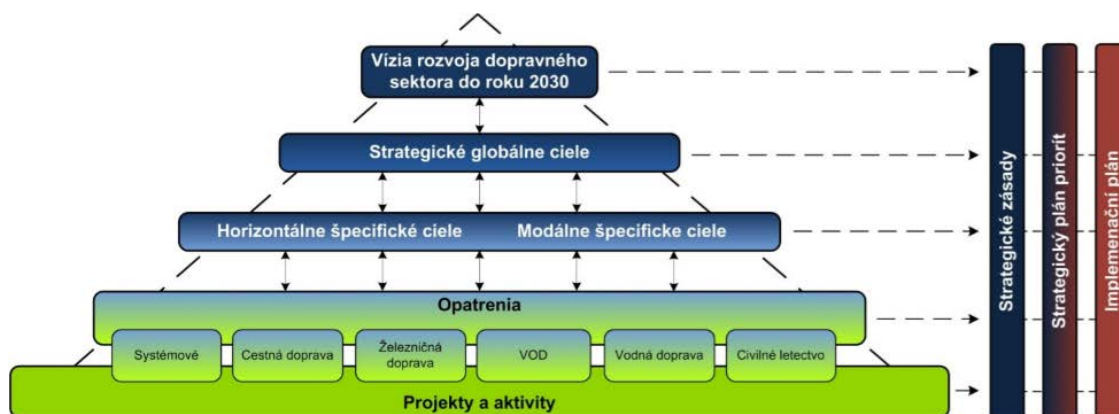
Obrázok 21 Mapa základnej a súhrnnej cestnej siete prechádzajúcej cez územie Slovenska [82]

9.3 Strategický plán rozvoja dopravy do roku 2030

Strategický plán rozvoja dopravy do roku 2030 („masterplan“) [83] vznikol ako ex ante kondicionalita pre čerpania štrukturálnych fondov v programovacom období 2016 – 2020.

V súlade s hierarchickými princípmi popísanými aj v kapitole 3 je plán členený hierarchicky:

1. vízia rozvoja dopravného sektora do roku 2030,
2. strategické globálne ciele,
3. špecifické ciele – horizontálne a modálne,
4. opatrenia.



Obrázok 22 "Schéma tvorby stratégie" (z [83])

Prvá časť strategického plánu pomenováva aktuálne problémy v sektore dopravy na Slovensku.

Na základe analýzy týchto problémov a európskych strategických dokumentov bola navrhnutá a prijatá **vízia** pod názvom „Vízia rozvoja dopravného sektora do roku 2030“ v tomto znení:

„Udržateľný integrovaný multimodálny dopravný systém, ktorý plní hospodárske, sociálne a environmentálne potreby spoločnosti a prispieva k hlbšiemu začleneniu a plnej integrácii Slovenskej republiky v rámci európskeho hospodárskeho priestoru.“

Z vízie bolo odvodených a stanovených celkovo **5 strategických cieľov** (označovaných skratkami SGC – „strategický globálny cieľ“):

SGC 1	Zaistenie ekvivalentnej dostupnosti sídiel a priemyselných zón podporujúcich hospodársky rast a sociálnu inklúziu v rámci všetkých regiónov Slovenskej republiky (v národnej i európskej mierke) prostredníctvom nediskriminačného prístupu k dopravnej infraštruktúre a službám
SGC 2	Dlhodobý udržateľný rozvoj dopravného systému Slovenskej republiky s dôrazom kladeným na generovanie a efektívne využívanie finančných prostriedkov vo väzbe na reálne potreby používateľov.
SGC 3	Zvýšenie konkurencieschopnosti dopravných módov v osobnej i nákladnej doprave (protipólov cestnej dopravy) nastavením zodpovedajúcich prevádzkových, organizačných a infraštruktúrnych parametrov vedúcich k efektívnemu integrovanému multimodálnemu dopravnému systému podporujúceho hospodárske a sociálne potreby Slovenskej republiky. Zvýšenie kvality dopravného plánovania v SR definovaním optimálnej cieľovej hodnoty delby prepravnej práce v podmienkach Slovenskej republiky a stanovenie krokov a nástrojov na jej dosiahnutie.
SGC 4	Zvýšenie bezpečnosti (Safety) a bezpečnostnej ochrany (Security) dopravy vedúcej k trvalému zaistieniu bezpečnej mobility prostredníctvom bezpečnej infraštruktúry, zavádzanie nových technológií / postupov za využitia preventívnych a kontrolných mechanizmov.
SGC 5	Zníženie negatívnych environmentálnych a negatívnych socio - ekonomických dopadov dopravy (vrátane zmeny klímy) v dôsledku monitoringu životného prostredia, efektívneho plánovania / realizácie infraštruktúry a znižovaním počtu konvenčne poháňaných dopravných prostriedkov, resp. využívaním alternatívnych palív.

Tieto strategické ciele sú ešte stále veľmi všeobecné. Stratégia na nižšej úrovni preto ďalej určuje tzv. **špecifické ciele** dvoch typov:

- tzv. horizontálne špecifické ciele – majú intermodálnu povahu, určujú teda plánovaný smer cez všetky dopravné módy,
- modálne špecifické ciele – ciele pre konkrétny dopravný mód (napriek tomu sa medzi nimi nachádzajú štyri špecifické ciele pre verejnú osobnú a nemotorovú dopravu, ktorá nie je samostatným dopravným módom).

Navrhnuté sú **štyri horizontálne špecifické ciele**:

ŠHC 1	Zabezpečiť prípravu a podmienky pre systematický a koncepčný rozvoj dopravy SR
ŠHC 2	Zlepšiť bezpečnosť, efektívnosť a udržateľnosť dopravných operácií prostredníctvom posilnenia nových technológií
ŠHC 3	Systematicky znižovať negatívne socioekonomické a environmentálne vplyvy dopravy
ŠHC 4	Systematicky zvyšovať parametre bezpečnosti a bezpečnostnej ochrany bodových i líniových prvkov dopravného systému

Z hľadiska témy RÚ sú relevantné priamo ŠHC 3 a 4 a nepriamo ŠHC 1 a 2.

V ŠHC 3 sa explicitne uvádza potreba redukcí emisií skleníkových plynov do ovzdušia (kap. 3.5.4), minimalizáciu počtu obyvateľov zasiahnutých hlukom (kap. 3.5.6), vibráciami, dopravnými nehodami (kap. 3.5.5) a ďalšími determinantami zdravia generovanými dopravným sektorom, znižovanie spotreby energie (kap. 3.5.1).

ŠHC 4 hovorí o minimalizácii počtu nehodových lokalít, úprave nevhodných parametrov cestných komunikácií identifikovaných bezpečnostnými auditmi a úprave železničných prejazdov.

Zavedenie systému monitorovania výkonu by malo mať formu národného strategického koncepcného dokumentu (ŠHC 1) a implementované v rámci informačného systému (ŠHC 2).

Pre cestnú dopravu je stanovený jediný modálny špecifický cieľ:

ŠC 1	Zabezpečiť dostupnosť všetkých regiónov Slovenska prostredníctvom efektívnej a udržateľnej infraštruktúry
	Zabezpečenie dostupnosti regiónov Slovenskej republiky, či už z pohľadu vnútroštátneho či medzinárodného, je zásadným multimodálnym cieľom stratégie. Pre väčšinu krajiny je garantovaná cestami, ktoré tiež slúžia aj pre verejnú dopravu. V oblastiach kde je primerané a potencionálne poskytovanie železničnej verejnej dopravy bude optimálna kombinácia opatrení identifikovaná v rámci multi/inter – modálneho posúdenia. To bude obsahovať nielen infraštruktúrne riešenia, ale tiež zásahy do politik, parkovania, IDS a podobne. Opatrenia, ktoré povedú k jeho plneniu, so sebou musia niesť potenciál zvýšenia dostupnosti chrbtovej infraštruktúry a tým zvýšeniu dostupnosti sídiel aj priemyselných zón nedostatočne infraštruktúrne vyspelých regiónov. Jednotlivé opatrenia musia vykazovať udržateľnosť vo vzťahu k budúcej údržbe a ekonomickú efektivitu súvisiacu s potenciálnym dopravným dopytom, ktorý je predstavovaný zodpovedajúcou voľbou návrhových parametrov infraštruktúry.

V stratégii je uvedené mapovanie medzi strategickými globálnymi cieľmi a špecifickými cieľmi.

Pre špecifické ciele sú ďalej uvedené tzv. **opatrenia** – aktivity, iniciatívy, prípadne projekty, implementáciou ktorých by malo prísť postupne k naplneniu zviazaných špecifických cieľov, strategických globálnych cieľov a nakoniec aj vízie.

Delia sa podobne ako špecifické ciele na:

- systémové,
- modálne.

Uvedených je **8 systémových opatrení**:

ID	Názov	Väzba na ŠC
OPS 1	Nastavenie princípov udržateľného financovania dopravného sektora	ŠHC 1
OPS 2	Periodická príprava plánov údržby dopravnej infraštruktúry	ŠHC 1
OPS 3	Proces prípravy a realizácie rozvojových projektov vrátane súvisiacich aktivít	ŠHC 1
OPS 4	Doplnenie a priebežné udržiavanie databáz jednotlivých podsektorov	ŠHC 1
OPS 5	Vylepšenie funkcionalít a správa multimodálneho dopravného modelu Slovenskej republiky	ŠHC 1

OPS 6	Pravidelné aktualizácie strategických a rozvojových dokumentov	ŠHC 1
OPS 7	Pravidelný monitoring hluku a kvality ovzdušia a realizácia opatrení redukujúcich negatívne vplyvy dopravy na ŽP	ŠHC 1, ŠHC 2, ŠHC 3, ŠVO 1
OPS 8	Pravidelné vykonávanie bezpečnostných auditov a realizácie opatrení zvyšujúcich bezpečnosť dopravy	ŠHC 2, ŠHC 3, ŠHC 4

Pre cestnú dopravu sa navrhuje **12 opatrení**:

ID	Názov	Väzba na ŠC
OPC 3	Modernizácia odpočívadiel (viď koncepcia rozvoja odpočívadiel)	ŠHC3, ŠHC4
OPC 4	Koncepčne realizovaný rozvoj IDS	ŠHC 2, ŠHC 3, ŠHC 4
OPC 5	Dobudovanie prioritnej osi západ - východ (Koridor Rýn – Dunaj, československá vetva)	ŠHC 2, ŠHC 3, ŠHC 4
OPC 6	Dobudovanie severojužného prepojenia do Poľska a Českej republiky	ŠHC 2, ŠHC 3, ŠHC 4
OPC 7	Dobudovanie severojužného prepojenia na východnom Slovensku	ŠHC 2, ŠHC 3, ŠHC 4
OPC 8	Dobudovanie stredoslovenskej cestnej osi západ – východ	ŠHC 2, ŠHC 3, ŠHC 4
OPC 9	Dobudovanie stredoslovenskej cestnej osi sever – juh	ŠHC 2, ŠHC 3, ŠHC 4
OPC 10	Rozvoj cestnej siete v bratislavskej aglomerácii	ŠHC 2, ŠHC 3, ŠHC 4
OPC 11	Rozvoj siete ciest I. a II. triedy	ŠHC 2, ŠHC 3, ŠHC 4
OPC 12	Modernizácia a rozvoj ostatnej siete D a RC, ak je to odôvodnené	ŠHC 2, ŠHC 3, ŠHC 4

Pre potreby vyhodnotenia implementácie celej stratégie bolo navrhnutých 9 indikátorov viazaných na globálne strategické ciele:

ID	Názov	Opis	Jednotka	Metóda merania	Prístup k nastaveniu cieľov
1	Deľba prepravnej práce v osobnej doprave – podiel verejnej / železničnej dopravy	Ukazovateľ vyjadruje hodnotu podielu dopravy na osobnej doprave – podiel verejnej / železničnej dopravy	%	Prieskumy	Ciele politiky + model/y prognózovania premávky
2	Deľba prepravnej práce v osobnej doprave – podiel nemotorovej osobnej dopravy	Ukazovateľ vyjadruje hodnotu podielu dopravy na osobnej doprave – podiel	%	Prieskumy	Ciele politiky + model/y prognózovania premávky

		nemotorovej osobnej dopravy			
3	Deľba prepravnej práce v nákladnej doprave – podiel železničnej a vnútrozemskej vodnej dopravy	Ukazovateľ vyjadruje hodnotu podielu dopravy na nákladnej doprave – podiel železničnej a vnútrozemskej vodnej dopravy	%	Prieskumy	Ciele politiky + model/y prognózovania premávky
4	Celkový počet usmrtených osôb v doprave (okrem leteckej dopravy)	Ukazovateľ vyjadruje počet smrteľných zranení v dôsledku dopravných nehôd vo všetkých druhoch dopravy (okrem leteckej dopravy)	Celkový počet smrteľných zranení vo všetkých druhoch dopravy (okrem leteckej dopravy) za rok	Národné štatistické údaje	Ciele politiky
5	Miera smrteľných a ťažkých zranení v dôsledku nehôd v cestnej doprave	Ukazovateľ vyjadruje mieru ťažkých a smrteľných zranení v dôsledku nehôd v cestnej doprave vzhľadom na objem doprav	Počet nehôd (ťažké zranenia a smrteľné zranenia) na 1 mil. vozokilometrov za rok	Národné štatistické údaje	Ciele politiky / prognózovaný celkový objem vnútroštátnej cestnej premávky podľa typu ciest + predpokladaná miera podľa typu ciest
6	Priemerný cestovný čas nákladnej dopravy medzi hlavnými sídlami Slovenskej republiky (v zmysle prvej skupiny KURS 2001 v znení 2011)	Priemerná úspora cestovného času v prípade cestovania na dlhšie vzdialenosti v nákladnej doprave (viac ako 50 km)	Hodiny	Meranie cestovného času + aktuálny model	Prognózovaný národný dopravný model
7	Priemerný cestovný čas osobnej dopravy medzi hlavnými sídlami Slovenskej republiky (v zmysle prvej skupiny KURS 2001 v znení 2011)	Priemerná úspora cestovného času v prípade cestovania na dlhšie vzdialenosti v osobnej doprave (viac ako 50 km)	Hodiny	Meranie cestovného času + aktuálny model	Prognózovaný národný dopravný model
8	Emisie CO ₂ z dopravy	Ukazovateľ vyjadruje ročný objem emisií CO ₂ vyprodukovaných v dopravnom sektore	Tony CO ₂ /rok	Aktuálne predpokladané emisie CO ₂ jednotkových vozidiel + celkové národné dopravné štatistické údaje podľa druhu dopravy	Ciele politiky + celkový prognózovaný objem dopravy v krajine podľa druhu dopravy s predpokladanými budúcimi emisiami CO ₂

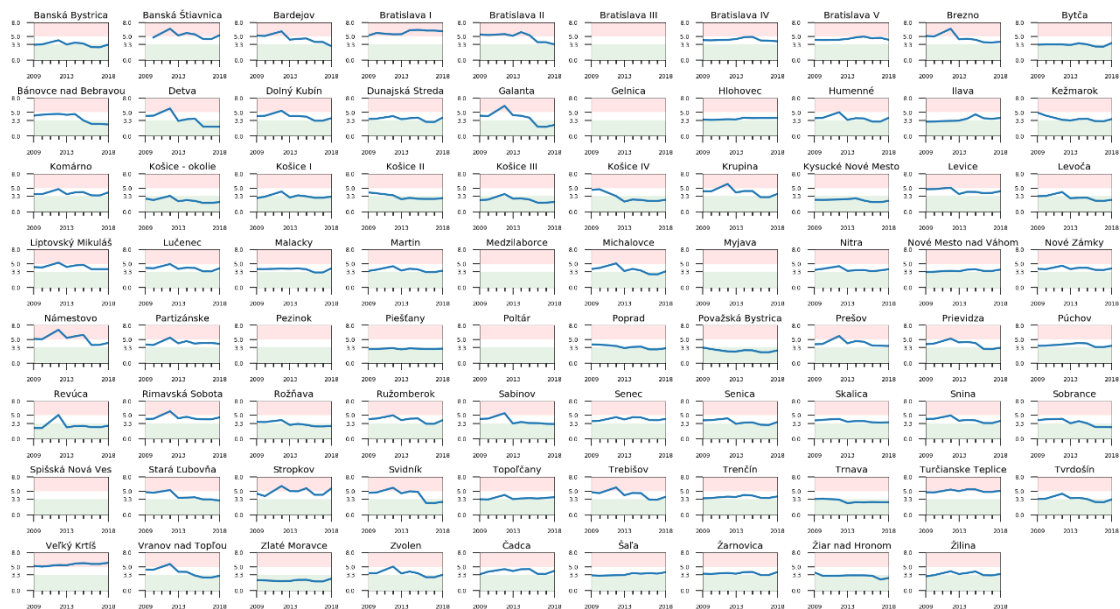
9	Priemerná ročná koncentrácia PM _x	Ukazovateľ vyjadruje priemernú ročnú koncentráciu PM _x v ovzduší	µg/m ³ za rok	Aktuálne predpokladané emisie PM _x jednotkových vozidiel + celkové národné dopravné štatistické údaje	Ciele politiky + celkový prognózovaný objem dopravy v krajine podľa druhu dopravy s predpokladanými budúcimi emisiami PM _x jednotkových vozidiel
---	--	---	--------------------------	--	---

Vidno, že okrem jedného indikátora majú všetky multimodálny charakter (č. 5) a hodnotia výkon dopravného systému ako celku. Z hľadiska stavu vozoviek a kritéria ovplyvniteľnosti správcu cestnej infraštruktúry sú relevantné indikátory č. 4 až 9.

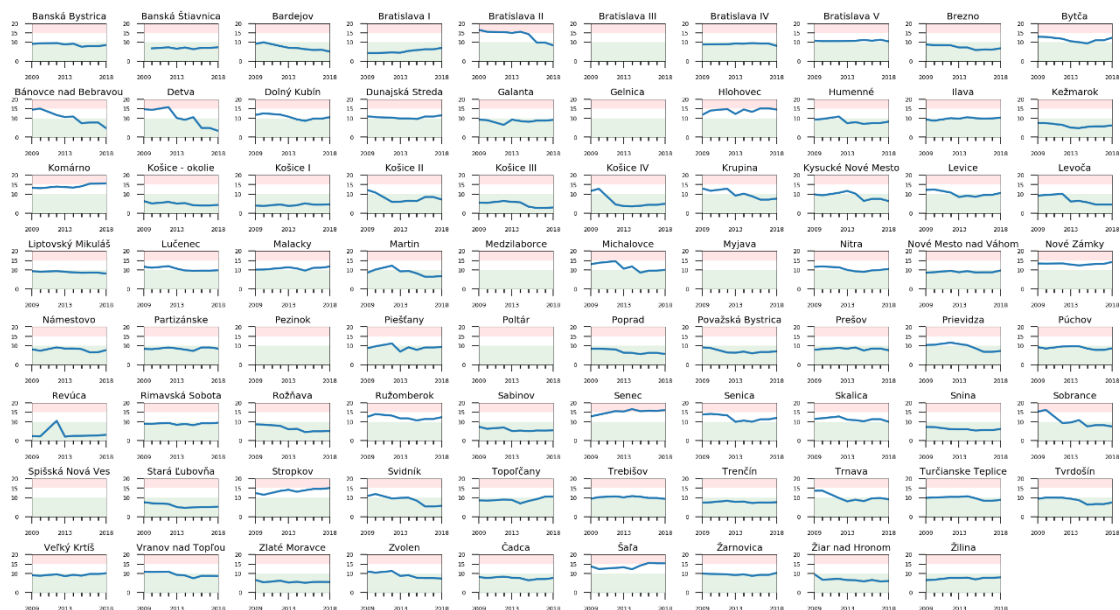
Indikátory nemajú stanované žiadne cieľové ani východiskové hodnoty (v stratégii sa uvádza, že budú stanovené v „najbližšej aktualizácii stratégie“).

V stratégii sa neuvádza ani metodika výpočtu týchto indikátorov.

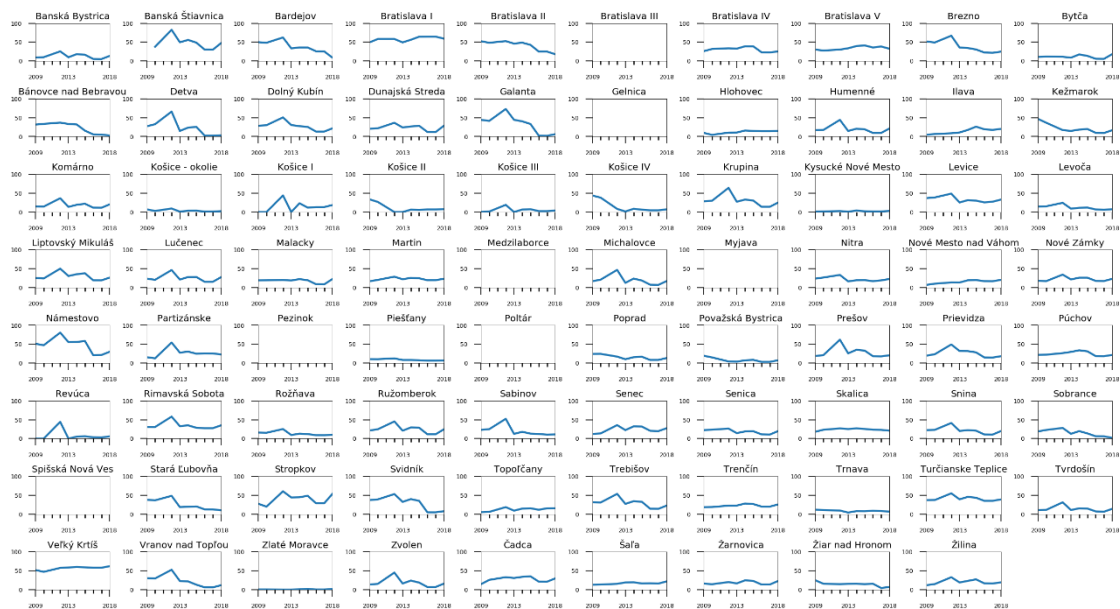
9.4 Príklad: Dĺžkovo vážený priemer IRI podľa okresov (cesty I. triedy)



9.5 Príklad: Dĺžkovo vážený priemer vyjazdených koľají podľa okresov (cesty I. triedy)



9.6 Príklad: Dĺžkový podiel (%) vozoviek v nevyhovujúcom stave z hľadiska IRI podľa okresov (cesty I. triedy)



9.7 Príklad: Dĺžkový podiel (%) vozoviek v nevyhovujúcom stave z hľadiska hĺbky vyjazdených koľají podľa okresov (cesty I. triedy)

