

Gospodarenje županijskim cestama primjenom HDM-4 modela

Mate Sršen, Ivan Kršić, Dražen Domandžić

Ključne riječi

županijske ceste, održavanje, dugoročna strategija, HDM-4 model, defleksije, neravnost, troškovi održavanja

Key words

county roads, maintenance, long-term strategy, HDM-4 model, deflection, unevenness, maintenance costs

Mots clés

routes départementales, maintenance, stratégie à long terme, modèle HDM-4, déflexion, défaut d'uni, frais de maintenance

Ключевые слова:

жупанийские дороги, содержание в исправности, долгосрочная стратегия, HDM-4 модель, дефлекция, неровность, расходы по содержанию в исправности

Schlüsselworte:

Regionalstrassen, Erhaltung, langfristige Strategie, HDM-4 Modell, Deflexionen, Unebenheit, Erhaltungskosten

M. Sršen, I. Kršić, D. Domandžić

Izvorni znanstveni rad

Gospodarenje županijskim cestama primjenom HDM-4 modela

Ocjenjuju se potrebe i dugoročna strategija održavanja županijskih i lokalnih cesta na području Zagrebačke županije. Analizira se stanje cestovne mreže na osnovi terenskih mjerenja i vizualnog pregleda oštećenja kolnika. Primjena HDM-4 modela, omogućila je ustanovljenje tehnički ispravnih i ekonomski opravdanih strategija održavanja i rehabilitiranja, kao i određivanje vremenskog slijeda njihove provedbe. Određena su i novčana ulaganja potrebna za provedbu radova održavanja.

M. Sršen, I. Kršić, D. Domandžić

Original scientific paper

Use of HDM-4 model for county road management

Long term strategy and requirements for the maintenance of county level roads and local roads in Zagreb county are estimated. The current road network condition is analyzed on the basis of field measurements and visual inspection of actual pavement damage. The use of HDM-4 model enabled definition of technically correct and economically justifiable road maintenance and rehabilitation strategies, including also time schedule for implementation of such strategies. The funding needed for these maintenance activities has also been determined.

M. Sršen, I. Kršić, D. Domandžić

Ouvrage scientifique original

Gestion des routes départementales par la mise en oeuvre du modèle HDM-4

Les auteurs évaluent les besoins et la stratégie à long terme de maintenance des routes départementales et locales dans la région de Zagreb. L'état du réseau routier est analysé à partir des mesures sur le terrain et l'examen visuel des dégradations de la chaussée. L'application du modèle HDM-4 a permis de déterminer les stratégies techniquement correctes et rentables de maintenance et de réfection, ainsi que le calendrier de leur réalisation. On précise également les investissements nécessaires à l'exécution des travaux de maintenance.

M. Сршен, И. Кршич, Д. Доманджич

Оригинална научна работа

Управление жупанийскими дорогами применением HDM-4 модели

В работе оцениваются потребности и долгосрочная стратегия содержания в исправности жупанийских и локальных дорог на территории Загребской жупании. Анализируется состояние дорожной сети на основании полевых измерений и визуального осмотра поврежденных проезжей части дороги. Применение HDM-4 модели обеспечило установление технически исправных и экономически оправданных стратегий содержания в исправности и восстановления дорог, а также определение временной последовательности их применения. Определены и денежные вклады, необходимые для проведения работ по содержанию в исправности.

M. Sršen, I. Kršić, D. Domandžić

Wissenschaftlicher Originalbeitrag

Waltung von Regionalstrassen unter Anwendung des HDM-4 Modells

Man bewertet die Notwendigkeit und langfristige Strategie der Erhaltung von Regional- und Lokalstrassen im Gebiet der Region von Zagreb. Analysiert ist der Zustand des Strassennetzes auf Grund von Geländemessungen und visueller Besichtigung der Strassenbelagsbeschädigungen. Die Anwendung des HDM-4 Modells ermöglichte die Feststellung von technisch einwandfreien und wirtschaftlich gerechtfertigten Strategien der Erhaltung und Rehabilitation, sowie auch die Bestimmung der zeitlichen Folge deren Ausführung. Definiert sind auch die für die Ausführung der Erhaltungsarbeiten notwendigen Kapitalanlagen.

Autori: Prof. dr. sc. **Mate Sršen**, dipl. ing. građ.; **Ivan Kršić**, dipl. ing. građ., Institut građevinarstva Hrvatske, Zagreb; prof. dr. sc. **Dražen Domandžić**, dipl. ing. građ. i geod., Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci

1 Uvod

Ovaj se rad bavi ocjenjivanjem potreba i optimalnih strategija održavanja i rehabilitiranja županijskih i lokalnih cesta Zagrebačke županije. Rad se zasniva na rezultatima Studije [1] koja je izrađena u Odjelu za kolničke konstrukcije IGH za Županijsku upravu za ceste kao naručitelja. Na osnovi stvarnog stanja kolnika cestovne mreže predlaže se strategija održavanja i rehabilitiranja koja bi županijske i lokalne ceste dovela na razinu što je u skladu s odredbama Zakona o javnim cestama i Pravilnika o održavanju i zaštiti javnih cesta.

U radu se analizira cestovna mreža ukupne duljine 1496,62 km kojom upravlja i gospodari Županijska uprava za ceste Zagreb, a koja se sastoji:

- od 94,49 km županijskih cesta paralelnih autocestama (ŽC br: 1042, 2196, 3051, 3063, 3074, 3124, 3278),
- od 693,23 km ostalih županijskih cesta i
- od 708,90 km lokalnih cesta

Ocjena stanja kolničkih konstrukcija cestovne mreže obavljena je na osnovi realnih podataka koji su prikupljeni terenskim mjerenjima i vizualnim pregledom oštećenja kolnika.

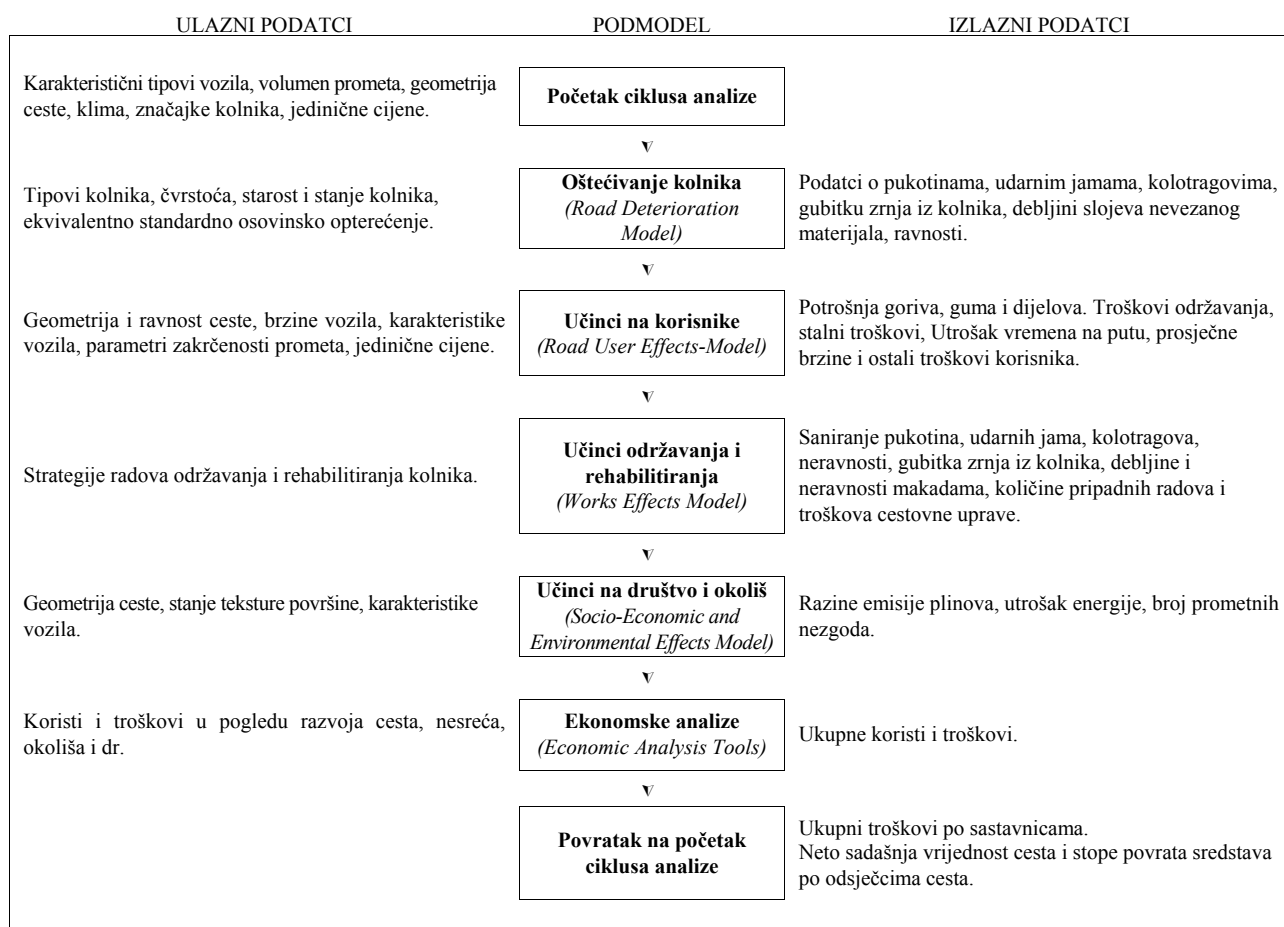
Terenska mjerenja defleksija i neravnosti (IRI) kolnika obavljena su na reprezentativnom uzorku koji čini oko 5% (75 km) ukupne duljine tretirane cestovne mreže. Uzorak je odabran tako da rezultati mjerenja predstavljaju stanje kolnika cjelokupne mreže županijskih i lokalnih cesta.

Analiza strategije održavanja i rehabilitiranja cestovne mreže provedena je primjenom HDM-4 modela. Osnovni pristup analizi sastoji se u simuliranju stanja (oštećivanja) kolnika cesta pri pojedinim strategijama održavanja i rehabilitiranja, te izračunu njima pripadajućih troškova održavanja i rehabilitiranja i troškova korisnika cesta.

2 Opis računalnog modela HDM – 4

HDM-4 (*Highway Development and Management*) jest računalni tehničko-ekonomski model koji služi za vrednovanje i izbor optimalnih varijanti građenja, rehabilitiranja i održavanja cesta, sa stajališta minimizacije troškova građenja i održavanja te minimizacije troškova korisnika cesta, radi razvoja i gospodarenja cestama.

HDM kao model razvila je Svjetska Banka iz Washingtona, a upotrebljava se diljem svijeta već više od 20 godina. Razvoj modela od verzije I. do verzije III. vezan



Slika 1. Shematski prikaz strukture HDM-4 modela [2]

je uz njegovu primjenu za gospodarenje i upravljanje cestama u zemljama u razvoju. Posljednjih su se godina i mnoge industrijske zemlje počele koristiti HDM modelom kao alatom za ispravno gospodarenje svojim cestama, što je rezultiralo potrebom za proširenjem njegovih mogućnosti (npr. uzimanje u obzir pri analizama utjecaja zakrčivanja prometa, utjecaja hladne klime, okoliša, mogućnost proračuna sigurnosti neke ceste, mogućnost analiziranja šireg raspona tipova i struktura kolnika, itd.). Na proširenju opsega primjenljivosti i korisnosti HDM-III modela radila je skupina međunarodnih stručnjaka u okviru Međunarodne studije razvoja i gospodarenja cestama [2], što je rezultiralo nastajanjem četvrte generacije HDM modela. Struktura HDM-4 modela prikazana je na slici 1.

Slika 1. prikazuje pojednostavljenu strukturu HDM-4 modela. Svaku skupinu ulaznih podataka analizira i obrađuje određeni podmodel HDM-4 modela, te kao rezultat daje određene izlazne podatke. Prikazani su samo neki od potrebnih ulaznih podataka i neki od mogućih izlaznih podataka. Analize strategija građenja, rehabilitiranja i održavanja cesta obavljaju se s pomoću podprograma za ekonomske analize.

Podmodeli (*Models*) HDM-4:

- *Podmodel oštećivanja kolnika i učinaka održavanja*
Podmodel predviđa oštećivanje savitljivih i krutih kolnika te kolnika od nevezanih materijala tijekom vremena. Predviđa promjene pokazatelja stanja ceste zbog različitih tipova održavanja ili poboljšanja stanja ceste. Podmodel određuje i troškove održavanja tijekom razdoblja uporabe ceste.
- *Podmodel troškova korisnika ceste*
Predviđa pogonske troškove vozila, prometnih nesreća i vremena putovanja (zakrčenost prometa).
- *Podmodel socijalnih troškova i troškova zaštite čovjekove okoline*
Predviđa zagađivanje čovjekove okoline zbog djelovanja motornih vozila i broj prometnih nezgoda te troškove koji iz njih proizlaze.

Podprogrami za ekonomske analize HDM-4:

- *Analiza na razini projekta (Project Analysis)* Ova analiza ima približno iste mogućnosti kao i prijašnje verzije HDM modela. Tipičan pristup projektu sastoji se od održavanja i rekonstrukcije postojeće ceste, projekta proširenja ili promjene geometrijskih karakteristika ceste, pojačanja kolnika ili izgradnje nove ceste. Način funkcioniranja programa unaprijeđen je u odnosu na prethodne verzije.

Analiziraju se pojedine varijante investiranja za pojedinu dionicu ili trasu ceste uzimajući u obzir stra-

tegije koje je odredio korisnik, povezano s koristima i troškovima koji se iskazuju za svaku godinu analiziranog projektnog razdoblja.

- *Analiza programa radova (Programme Analysis)* U okviru programiranja radova analizira se priprema programa rada u kojem se kandidirane opcije za investiranje razmatraju i biraju ovisno o financijskim ograničenjima. Cestovna se mreža analizira po dionicama, a procjena rezultira količinom radova na cesti i zahtjevima za troškovima svake dionice tijekom razdoblja financiranja, koje je uglavnom kraće od 5 godina. Analiza programa radova može se iskoristiti i za pripremu višegodišnjih dinamičkih programa radova.
- *Analiza na razini cestovne mreže – strateško planiranje (Strategic Planning)* Strateško planiranje obuhvaća analizu odabrane cestovne mreže kao cjeline. Predviđaju se troškovi razvoja i održavanja cestovne mreže za srednjoročno i dugoročno razdoblje između 5 i 40 godina. Cestovna mreža opisuje se duljinom cesta u pojedinim kategorijama parametrima kao što su vrsta zastora kolnika, stanje kolnika i tokovi prometa.

Cilj ovog rada nije opis HDM-4 modela nego njegova primjena, pa se ovdje samo sažeto prikazuju osnovne mogućnosti i značajke modela. Sveobuhvatnost i mogućnosti primjene čine HDM-4 model danas najjačim alatom za gospodarenje i upravljanje cestama.

3 Prikupljanje i obrada ulaznih podataka za HDM-4 model

Analiza pojedinih strategija održavanja i rehabilitiranja primjenom HDM-4 modela zahtijeva prikupljanje razmjerno velikog broja ulaznih podataka kao što su: ocjena postojećeg stanja cestovne mreže; prometno opterećenje; klimatske prilike; podatci o karakterističnim tipovima vozila.

3.1 Ocjena stanja kolnika cestovne mreže

Ocjena stanja kolnika mreže cesta provedena je na osnovi vizualnog pregleda strukturnih oštećenja kolničkih konstrukcija na osnovi podataka prikupljenih terenskim mjerenjima nosivosti kolnika (što je izraženo defleksijom) i ravnosti površine kolnika (što je izraženo međunarodnim indeksom neravnosti – IRI m/km).

3.1.1 Strukturna oštećenja kolničke konstrukcije

Podatci o strukturnim oštećenjima kolnika dobiveni su vizualnim pregledom kolnika čitave cestovne mreže. To su učinili stručnjaci Županijske uprave za ceste (ŽUC) Zagrebačke županije. Pregled je obavljen na svakoj cesti pojedinačno, pri čemu su bilježeni podatci o širini kolnika, širinama bankina, vrsti i rasprostranjenosti pukotina te o stanju kolničke konstrukcije općenito. Na osnovi

podataka o stanju kolnika, te o rasprostranjenosti pukotina, svaka cestovna dionica svrstana je u jednu od pet kategorija oštećenja. Vizualni pregled oštećenja kolnika cestovne mreže obavljen je u okviru pripreme baze podataka ŽUC Zagrebačke županije [3].

Kategorije oštećenja prikazane su u tablici 1.

Tablica 1. Kategorije oštećenja

Stanje kolnika	Opis stanja kolnika i tehničkih elemenata	Ocjena stanja
0	<ul style="list-style-type: none"> Površina kolnika i kolnička konstrukcija u svemu odgovaraju standardima za normalni tok prometa 	vrlo dobro
1	<ul style="list-style-type: none"> Površina kolnika mjestimično zaglađena Kolnička konstrukcija u dobrom stanju 	dobro
2	<ul style="list-style-type: none"> Lokalno mrežaste pukotine (do 20% površine kolnika) Zaglađena površina kolnika Kolnička konstrukcija u dobrom stanju 	prosječno
3	<ul style="list-style-type: none"> Mrežaste pukotine (do 30% površine kolnika) Udarne jame mjestimično samo u prvom sloju zastora kolnika Kolnička konstrukcija u dobrom stanju 	uporabivo
4	<ul style="list-style-type: none"> Mrežaste pukotine (više od 30% površine kolnika) Udarne jame česte Lokalne pojave kolotragova 	loše

3.1.2 Mjerenje defleksija defektografom La Croix

Mjerenje defleksija defektografom La Croix te njihov obradu obavili su stručnjaci Odjela za kolničke konstrukcije IGH.

Defleksije su mjerene na 153 mjerna odsječka u okviru reprezentativnog uzorka cesta koji predstavlja oko 5% ukupne duljine cestovne mreže.

Mjerenje defleksija obavljeno je tijekom lipnja i rujna 2000. godine. Temperature kolnika kretale su se u rasponu od 20°-30°C.

Tablica 2. Prosječni broj vozila na dan u godini (PGDP) po skupinama cesta

Skupine cesta	PGDP	Kategorije vozila										Stopa rasta prometa na godinu
		Osobna		Laka teretna		Sred. teš. teret.		Teška teretna		Autobusi		
		%	PGDP	%	PGDP	%	PGDP	%	PGDP	%	PGDP	
Županijske (naralne)	10000	85	8500	5,5	550	3,0	300	5,0	500	1,5	150	3,0
Županijske (ostale)	3000	90	2700	4,5	135	2,0	60	2,5	75	1,0	30	2,5
Lokalne	650	81,5	529,7	8,0	52	6,0	39	3,5	22,7	1,0	6,5	2,0
Makadam	100	94,0	94	4,0	4	1,5	2	0,5	1	0,5	0,5	2,0

3.1.3 Mjerenje međunarodnog indeksa neravnosti (IRI) profilografom

Mjerenje indeksa neravnosti (IRI) obavili su stručnjaci Podružnice za održavanje cesta iz Hrvatske uprave za ceste.

Mjerenja indeksa neravnosti provedena su na istim dionicama na kojima su mjerene defleksije.

Na taj je način omogućeno korektno preslikavanje podataka o neravnosti i defleksijama na cijelu mrežu cesta, što zajedno s podacima o strukturnim oštećenjima kolničke konstrukcije daje aktualnu sliku stanja cestovne mreže.

3.2 Podatci o prometu

Podatci o prometnom opterećenju županijskih cesta dobiveni su statističkom obradom podataka o brojenju prometa [4].

Pri obradi podataka o prometu uzete su u obzir sve ceste na kojima je obavljeno brojenje prometa, a koje se nalaze na predmetnoj mreži cesta.

Kako se podatci o prometu na cestovnoj mreži Hrvatske prikupljaju samo za državne i nekoliko županijskih cesta, ne postoje valjani i sređeni podatci za mrežu lokalnih cesta. U nedostatku vremena i potrebnih financijskih sredstava za sveobuhvatno istraživanje prometnih tokova na mreži lokalnih cesta, primijenjen je postupak procjene koji je prihvatljiv za opću prometnu klasifikaciju ove razine cestovne mreže.

U svrhu procjene prosječnoga prometa na dan u godini organizirano je kratkotrajno brojenje vozila na dvije vrste lokacija izabranih dionica lokalne mreže cesta, i to:

- kroz naselje
- izvan naselja.

U tablici 2. prikazan je prosječni broj vozila na dan u godini s pripadajućim strukturama vozila za svaku skupinu cesta.

3.3 Podatci o vozilima

Troškovi eksploatacije vozila čine velik udio u ukupnim troškovima prijevoza cestovnog sustava, pa je potrebno odrediti sve čimbenike koji utječu na te troškove i jedinične cijene. Neophodni podatci prikupljeni su od raznih agencija, autodistributera, autoprijevoznika, poduzeća s velikim voznim parkovima te iz časopisa i publikacija (Promocija plus d.o.o., Autokuća Štarkelj d.o.o., Automehanika d.o.o., Auto 2000 d.o.o., Čazmatrans d.o.o., Konzum d.d., Lura d.d., Autoblic, Državni zavod za statistiku).

Svi prikupljeni podatci statistički su obrađeni za svaku pojedinu skupinu karakterističnih tipova vozila.

3.4 Podatci o klimatskim značajkama

Podatci o klimatskim značajkama promatranog područja potrebni za HDM model određeni su na osnovi podataka dobivenih od *Državnog hidrometeorološkog zavoda*.

Nepovoljni utjecaj niskih temperatura na ceste izražen je indeksom smrzavanja koji je dobiven kao prosjek vrijednosti temperatura zraka što su izračunane za četiri mjerne postaje unutar cestovne mreže (Zagreb-Maksimir, Pleso, Zelina, Jastrebarsko), za vremensko razdoblje od 30 godina.

4 Značajke cestovne mreže i kategorije oštećenja

Cestovna mreža podijeljena je prema značenju cesta, zatim prema vrsti zastora kolnika i prema kategoriji oštećenja kolnika.

Prema značenju cestovna je mreža podijeljena u tri generalne skupine:

- županijske ceste paralelne autocestama
- županijske ceste ostale
- lokalne ceste.

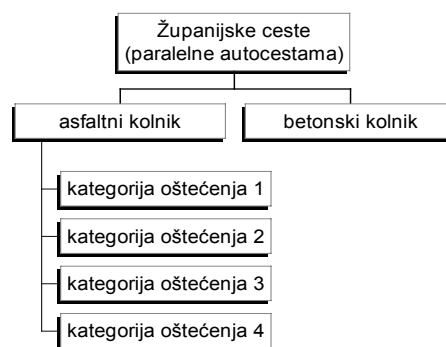
Županijske ceste zatim su podijeljene na one ceste koje je potrebno proširiti i na one čiji kolnik nije potrebno širiti.

Podjela po vrsti zastora kolnika (asfaltni, betonski i makadamski) dijeli te ceste u daljnjih sedam skupina.

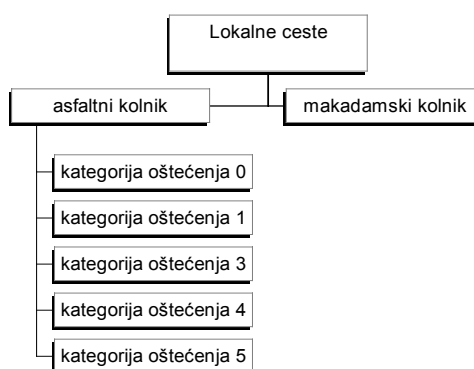
Podjela prema kategoriji oštećenja kolnika (0-4) dijeli cestovnu mrežu na ukupno 21 skupinu cesta.

Na slikama 2., 3. i 4. prikazane su podjele županijskih cesta (paralelnih autocestama), županijskih cesta (ostalih), te lokalnih cesta prema vrstama zastora kolnika, kategorijama oštećenja kolnika i potrebi proširenja kolnika.

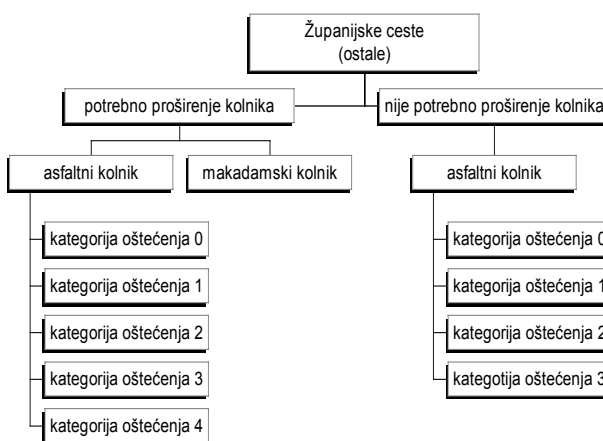
Svaka od dvadeset i jedne skupine cesta jest skup svih odsječaka nekih cesta koji pripadaju u tu skupinu. Takvi se odsječci nalaze na različitim cestama unutar cestovne mreže.



Slika 2. Raspodjela županijskih cesta (paralelnih autocestama) po vrstama zastora i kategorijama oštećenja kolnika



Slika 3. Raspodjela lokalnih cesta po vrstama kolnika i kategorijama oštećenja



Slika 4. Raspodjela županijskih cesta (ostalih) prema potrebi proširenja kolnika, vrsti zastora kolnika i kategorijama oštećenja kolnika

Svi podatci o prometnom opterećenju, strukturi kolnika, duljini odsječaka, širini kolnika, širini bankine, poprečnom nagibu, defleksijama, indeksu neravnosti (IRI), te drugi podatci koje zahtijeva HDM model, za svaku skupinu odsječaka dobiveni su statističkom obradom podataka o svim homogenim odsječcima.

U modelu je svaka skupina cesta promatrana kao jedna dionica ceste s istim značajkama (prometno opterećenje, širina kolnika, IRI, defleksije, itd.) na njezinoj cijeloj duljini. Dakle, kada model predlaže neki tehnički zahtav na nekoj dionici (skupini) ceste to se odnosi na sve odsječke koje ta skupina sadrži.

Osnovni ulazni podatci o pojedinim odsječcima po skupinama županijskih i lokalnih cesta prikazani su u tablicama 3., 4., 5. i 6.

Tablica 3. Osnovni ulazni podatci o skupinama županijskih (paralelnih) cesta

Elementi	Županijske ceste (paralelne autocestama)				
	ukupna duljina [km]	94,49			
vrsta zastora	ASFALT				BETON
kategorija oštećenja	1	2	3	4	2
duljina [km]	11,24	21,39	38,45	17,93	5,48
širina kolnika [m]	6	6,27	6,64	6,25	6
širina bankine [m]	1	1	1	1	1
poprečni nagib [%]	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
defleksije [mm*10 ⁻²]	103,75	119,8	145,49	206,53	-
IRI [m/km]	3,8	4,8	6,0	8,7	4,8

Tablica 4. Osnovni podatci o skupinama ostalih županijskih cesta koje je potrebno proširiti

Elementi	Županijske ceste (ostale, potrebno proširenje)					
	ukupna duljina [km]	546,6				
vrsta zastora	Asfalt				Makadam	
kategorija oštećenja	0	1	2	3	4	-
duljina [km]	11,84	73,7	177,84	259,33	17,12	6,77
širina kolnika [m]	4,58	4,71	4,65	4,51	4,56	3,34
širina bankine [m]	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87
poprečni nagib [%]	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2
defleksije [mm*10 ⁻²]	94,22	103,75	119,8	145,49	206,53	-
IRI [m/km]	2,5	3,8	4,8	6,0	8,7	11,5

Tablica 5. Osnovni podatci o skupinama ostalih županijskih cesta koje nije potrebno proširiti

Elementi	Županijske ceste (ostale, nije potrebno proširenje)			
	ukupna duljina [km]	146,63		
vrsta zastora	Asfalt			
kategorija oštećenja	0	1	2	3
duljina [km]	8,45	37,8	52,72	47,66
širina kolnika [m]	6,34	6,13	6	5,86
širina bankine [m]	0,87	0,87	0,87	0,87
poprečni nagib [%]	2,2	2,2	2,2	2,2
defleksije [mm*10 ⁻²]	94,22	103,75	119,8	145,49
IRI [m/kmg]	2,5	3,8	4,8	6,0

Tablica 6. Osnovni podatci o skupinama lokalnih cesta

Elementi	Lokalne ceste					
	ukupna duljina [km]	708,9				
vrsta zastora	Asfalt					Makadam
kategorija oštećenja	0	1	2	3	4	-
duljina [km]	13,79	69,12	206,09	288,82	28,75	102,33
širina kolnika [m]	4,64	4,1	3,95	3,92	3,66	3,6
širina bankine [m]	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66
poprečni nagib [%]	2	2	2	2	2	2
defleksije [mm*10 ⁻²]	80,50	101,70	120,50	157,47	281,53	-
IRI [m/km]	3,0	4,2	5,0	6,5	10,5	11,5

5 Optimiziranje strategija održavanja i gospodarenja cestovnom mrežom s pomoću tehničko-ekonomskog modela HDM-4

Za naručitelja je bilo posebno važno odrediti koliko je novaca potrebno za realizaciju radova održavanja i rehabilitiranja te vremenski slijed njihove izvedbe. U tu svrhu analizirane i definirane ukupno dvije strategije održavanja i rehabilitiranja predmetne cestovne mreže. Strategije su definirane na način da kombiniraju različite tehničke postupke poboljšanja kolnika specifičirane za razine oštećenja pri kojima se primjenjuju. Vremensko razdoblje na koje se odnose strategije održavanja i rehabilitiranja ovih cesta jest 15 godina (2001.-2015.).

Model analizira i uspoređuje dvije osnovne strategije održavanja i rehabilitiranja županijskih i lokalnih cesta. Svaka od njih uključuje nekoliko tehničkih postupaka održavanja i rehabilitiranja. Takvi su postupci neophodni da bi se nadoknadio veliki zaostatak u održavanju županijskih i lokalnih cesta nagomilan neodgovarajućim održavanjem proteklih godina. Tek nakon realizacije takvog pristupa održavanju i rehabilitaciji županijskih cesta, moguće je planirati "normalne" aktivnosti održavanja tih cesta.

U ovome radu strategija 1 definirana je kao strategija koja uključuje radove redovnog i pojačanog održavanja te radove na rekonstrukciji kolnika.

Nasuprot strategiji 1, definirana je strategija 2 koja osim radova redovnog i pojačanog održavanja, te radova rekonstrukcije postojećeg kolnika, uključuje i radove proširenja kolnika županijskih cesta i osuvremenjivanje zastora makadamskih županijskih cesta. Radove proširenja kolnika, te radove osuvremenjivanja zastora makadamskih kolnika, potrebno je izvesti da bi se te ceste dovele u stanje propisano Zakonom o javnim cestama i Pravilnikom o održavanju i zaštiti javnih cesta.

Kao kriterij za usporedbu opravdanosti provedbe pojedine strategije uzeta je interna stopa povrata uloženi sredstava i neto sadašnja vrijednost ceste za svaku pojedinu strategiju.

Ekonomska opravdanost strategije 2 iskazana je internom stopom povrata novaca (IRR) i neto sadašnjom vrijednosti (NPV) cesta održavanih i rehabilitiranih tom strategijom, nasuprot cestama održavanih i rehabilitiranih strategijom 1. Interna stopa povrata i neto sadašnja vrijednost jednake su nuli na svim skupinama cesta na kojima su za izvedbu indicirane istovjetne aktivnosti strategije 1 i strategije 2 (primjerice pojačanje kolnika slojem armiranog betona debljine 40 mm). Za sve ostale skupine cesta (osim za županijske makadamske ceste) interna stopa povrata veća je od nule (63% do 264%), kao i neto sadašnja vrijednost (9,07 do 166,56 milijuna kuna), što znači da je realizacija strategije 2 ekonomski višestruko isplativija od strategije 1. Za županijske makadamske ceste model ne potvrđuje kao isplativo osuvremenjivanje zastora kolnika zbog malog prometa na tim dionicama, ali to je nužno učiniti slijedom odredaba Zakona o javnim cestama i Pravilnika o održavanju i zaštiti javnih cesta.

Vrijeme izvođenja pojedinog zahvata na nekom odsječku određeno je stanjem promatrane ceste i kriterijem koji određuje stanje ceste pri kojem zahvat treba provesti. S pomoću podmodela oštećivanja ceste, HDM-4 model predviđa propadanje kolnika tijekom godina. Kada stanje ceste s vremenom dosegne određeni kriterij, model predlaže zahvat definiran tim kriterijem. Ako kolnik ceste iste godine dosegne dva kriterija (npr. pojačanje kolnika jer je $IRI > 6$ i pojačanje kolnika jer je kombinacija više različitih oštećenja na $> 40\%$ površine kolnika) model predlaže onaj zahvat koji je na ljestvici radova rangiran kao viši (u ovom primjeru to je pojačanje kolnika zbog kombinacije više različitih oštećenja).

Treba napomenuti da proračunani troškovi održavanja i rehabilitiranja ne sadrže troškove zimske službe, kao ni troškove uređenja bankina i horizontalne i vertikalne signalizacije, te sve dodatne troškove vezane uz generalno održavanje cesta koje ima Županijska uprava za ceste Zagrebačke Županije.

Također nisu uračunani troškovi održavanja kolnika s betonskim zastorom na duljini od 5,48 km.

Brojčane vrijednosti godišnjih troškova za strategiju 1 i strategiju 2 prikazane su u tablici 7.

Iz tablice 7. vidi se da su najveća ulaganja u održavanje i rehabilitiranje županijskih cesta neophodna i opravdana u prve dvije godine analiziranog razdoblja od 15 godina po bilo kojoj odabranoj strategiji. Nakon toga slijedi razdoblje od 8 godina, kroz koje je potrebno ulagati u troškove samo

najnužnijeg redovitog održavanja. Tek godine 2011. bit će potrebno ponovno uložiti znatnija sredstva za održavanje i rehabilitiranje županijskih i lokalnih cesta.

Tablica 7. Ukupni ekonomski troškovi održavanja i rehabilitiranja županijskih i lokalnih cesta za strategiju 1 i strategiju 2 prikazani po godinama (2001. - 2015.) u kunama

Godina	Strategija 1	Strategija 2
2001	117.683.619,60	208.622.328,85
2002	125.426.862,89	68.300.146,60
2003	10.065.509,94	50.964.288,14
2004	10.072.635,38	20.165.883,96
2005	5.738.286,00	5.845.732,50
2006	16.194.370,28	14.008.794,28
2007	563.222,69	3.369.506,70
2008	32.523.121,00	32.408.566,00
2009	2.154.378,53	2.261.825,03
2010	7.662.835,50	7.548.280,50
2011	121.731.847,35	28.042.914,85
2012	44.728.381,00	44.613.826,00
2013	23.283.381,28	27.218.332,03
2014	25.538.930,17	79.461.434,92
2015	38.896.220,40	81.425.569,20
Ukupno:	582.263.602,01	674.257.429,56

Tehničko-ekonomskom analizom strategija održavanja i rehabilitiranja pokazano je da je realizacija strategije 2 ekonomski isplativija od realizacije strategije 1. Iako su troškovi realizacije strategije 2 nešto veći od troškova realizacije strategije 1, potvrđeno je da je društvena dobit od realizacije po strategiji 2 veća od dobiti realizacije po strategiji 1. Dokazuje to interna stopa povrata sredstava (IRR) koja se kreće u rasponu od 63% do 264% i neto sadašnja vrijednost (NPV) koja je u rasponu od 9,07 do 166,56 milijuna kuna. Navedeno slijedi iz činjenice da se realizacijom strategije 2 bitno smanjuju troškovi korisnika cesta, a povećava se i sigurnost cestovnog prometa te pozitivan doprinos zaštiti okoliša.

Iz tablice 7. slijedi da ukupni optimalni troškovi održavanja i rehabilitiranja županijskih i lokalnih cesta ukupne duljine 1496,62 km po strategiji 1 za godinu 2001. iznose 117.683.619,60 kuna, a za razdoblje od 15 godina 582.263.602,01 kuna. Iz iste se tablice također vidi da optimalni ekonomski troškovi održavanja i rehabilitiranja županijskih i lokalnih cesta po strategiji 2 za 2001. godinu iznose 208.622.328,85 kuna, a za razdoblje od 15 godina 674.257.429,56 kuna.

6 Zaključak

Analiza prikupljenih podataka o stanju cestovne mreže Zagrebačke županije u aktualnim uvjetima eksploatacije provedena primjenom HDM-4 modela, omogućila je optimiziranje provedbe radova održavanja i rehabilitiranja. Ustanovljene su tehnički ispravne i ekonomski opravdane strategije održavanja i rehabilitiranja svake pojedine dionice županijskih i lokalnih cesta. Osim toga, model je omogućio definiranje godine u kojoj treba realizirati pojedine aktivnosti održavanja i rehabilitiranja te konačno novac nužan za provedbu tih aktivnosti.

IZVORI

- [1] Institut građevinarstva Hrvatske: *Studija ocjenjivanja potreba i optimalnih strategija održavanja i rehabilitiranja županijskih i lokalnih cesta Zagrebačke županije*, Zagreb, listopad, 2000.
- [2] University of Birmingham: *International Study of Highway Development and Management*, 2000.
- [3] TEB Inženjering d.d.: *Informacijski sustav za održavanje cesta-ISO, Upute za korištenje*, Zagreb, 1999.
- [4] Hrvatska uprava za ceste: *Brojenje prometa na cestama Republike Hrvatske godine 1999.*, Zagreb, 2000.
- [5] McCoubrey W. J.: *HDM - 4 Project Review Information Needs for DecisionTaking*, Routes/Roads Nr 310-Avril 2001., pp 26.-36.
- [6] Bennett D. W.: *Current Australian Research and Development in Road AssetManagement*, Routes/Roads Nr 311-July 2001., pp 59.-70.
- [7] Kerali H. R., Robinson R., Paterson W. D. O.: *The new highway developmentand management tools (HDM-4)*, 75th TRB Conference, Transportation Research Board, Washington D.C., 1996.

Drugim riječima, u radu su kvantificirani svi ključni parametri koji su Županijskoj upravi za ceste neophodni radi gospodarenja aktivnostima održavanja, što se očituje u spoznavanju potreba održavanja, kao i planiranju vremena i troškova provedbe specificiranih radova održavanja.

Rezultati studijskog rada i smjernice za gospodarenje radovima održavanja županijskih i lokalnih cesta, koje su proizišle iz primjene HDM-4 modela, dobro su primljene od strane naručitelja. Također su ocijenjene korisnima i realnima.

