

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*



Jamova cesta 2
1000 Ljubljana, Slovenija
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

DRUGG – Digitalni repozitorij UL FGG
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

To je izvirna različica zaključnega dela.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na
bibliografske podatke, kot je navedeno:

Jamnik, J., 2015. Vpeljava gospodarjenja z
vozišči s programsko opremo dTIMS.
Magistrsko delo. Ljubljana, Univerza v
Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in
geodezijo. (mentor Žura, M.): 106 str.

Datum arhiviranja: 01-04-2015

University
of Ljubljana

Faculty of
*Civil and Geodetic
Engineering*



Jamova cesta 2
SI – 1000 Ljubljana, Slovenia
<http://www3.fgg.uni-lj.si/en/>

DRUGG – The Digital Repository
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

This is original version of final thesis.

When citing, please refer to the publisher's
bibliographic information as follows:

Jamnik, J., 2015. Vpeljava gospodarjenja z
vozišči s programsko opremo dTIMS.
M.Sc. Thesis. Ljubljana, University of
Ljubljana, Faculty of civil and geodetic
engineering. (supervisor Žura, M.): 106
pp.

Archiving Date: 01-04-2015

Univerza
v Ljubljani
Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*

*Jamova 2, p.p. 3422
1115 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 47 68 500
faks (01) 42 50 681
fgg@fgg.uni-lj.si*



**MAGISTRSKI ŠTUDIJ
GRADBENIŠTVA
PROMETNA SMER**

Kandidatka:

JULIJANA JAMNIK, univ. dipl. inž. grad.

**VPELJAVA GOSPODARJENJA Z VOZIŠČI
S PROGRAMSKO OPREMO dTIMS**

Magistrsko delo štev.: 246

**INTRODUCTION OF A PAVEMENT MANAGEMENT
SYSTEM USING dTIMS SOFTWARE**

Master of Science Thesis No.: 246

Mentor in predsednik komisije:

izr. prof. dr. Marijan Žura

Člana komisije:

izr. prof. dr. Jana Šelih

doc. dr. Peter Lipar

Ljubljana, 19. marec 2015

ERRATA

Stran z napako	Vrstica z napako	Namesto	Naj bo

IZJAVE

Podpisana Julijana Jamnik izjavljam, da sem avtor magistrskega dela z naslovom *Vpeljava gospodarjenja z vozišči s programsko opremo dTIMS*.

Izjavljam, da je elektronska različica v vsem enaka tiskani različici.

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v repozitoriju UL FGG.

Ljubljana, 19. 3. 2015

Julijana Jamnik

BIBLIOGRAFSKODOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK: UDK 625.7+351.811.111.3(043)
Avtor: Julijana Jamnik, univ. dipl. inž. grad.
Mentor: izr. prof. dr. Marijan Žura
Somentor: /
Naslov: Vpeljava gospodarjenja z vozišči s programsko opremo dTIMS
Tip dokumenta: magistrsko delo
Obseg in oprema: 106 str., 26 pregl., 92 sl., 32 en., 9 pril.
Gljučne besede: gospodarjenje z vozišči, dTIMS, koristi in stroški, optimizacija

Izвлеček

Z nižanjem sredstev za obnove vozišč postaja vedno bolj pomembno sistematično gospodarjenje z vozišči (PMS – Pavement Management System), ki je vodenje dejavnosti za ohranjanje vozišč v stanju, sprejemljivem za udeležence v prometu (uporabnike) ob optimalnih stroških upravljavca za vzdrževanje tega stanja.

V magistrskem delu sem obdelala temo gospodarjenja z vozišči na delu omrežja državnih cest; oblikovala sem modele propadanja in katalog ukrepov, uredila in vnesla razpoložljive podatke o cestah, stanju vozišč in prometu, izdelala aplikacijo s programsko opremo dTIMS, prikazala odvisnost stanja vozišč od višine vloženih sredstev v obnove v obdobju 2015 do 2030 in pripravila 15-letni plan obnov ob izbranem proračunskem scenariju, ki zagotavlja postopno izboljševanje stanja vozišč.

Poudarek je na prikazu prilagodljivosti programske opreme dTIMS za oblikovanje po zahtevah uporabnika ter na modelih propadanja, ki sem jih razvila iz obstoječih večletnih podatkov ali povzela po tuji literaturi. Z uporabo na konkretnem delu državnega cestnega omrežja glavnih cest sem preverila njihovo ustreznost.

Uporabna vrednost magistrskega dela je prikaz vpliva omejenih sredstev za obnove vozišč na stanje vozišč, ki daje upravljavcu v roke močne argumente pri upravičevanju potrebnih sredstev za obnove, in detajlni plan obnov s predlogom vrste obnovitvenega ukrepa, stroškom in letom izvedbe za vsak odsek ceste.

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC: UDK 625.7+351.811.111.3(043)
Author: Julijana Jamnik, univ. dipl. inž. grad.
Supervisor: Assoc. Prof. Marijan Žura, Ph.D.
Cosupervisor: /
Title: Introduction of a pavement management system using dTIMS software
Document type: M.Sc. Thesis
Scope and insertions: 106 p., 26 tab., 92 fig., 32 eq., 9 ann.
Keywords: pavement management system, dTIMS, benefits and costs, optimization

Abstract

With diminished investment in pavement rehabilitation, systematic pavement management systems (PMS) are becoming increasingly important. These help manage tasks for maintaining pavements in a condition acceptable to road users, while ensuring optimal costs for the manager to maintain such a condition.

In my master's thesis I analysed the field of pavement management on a part of state roads; I developed deterioration models and a treatments catalogue, I edited and entered available information on roads, pavement condition and traffic, developed an application with dTIMS software, displayed the dependence of the pavement condition on the amount of funds invested in rehabilitation in the period 2015 to 2030 and prepared a 15-year rehabilitation plan at a selected budget scenario, which ensures the gradual improvement of pavement condition.

The emphasis is on the presentation of flexibility of the dTIMS software to adapt to the user's requirements and on deterioration models, which I have developed from existing multi-annual data or derived from foreign literature. Applying them on the main state road network, I tested their adequacy.

Practical applicability of my master's thesis the presentation of the impact of limited resources for rehabilitation of pavements to the pavement condition, which gives the operator strong arguments to justify the necessary funds, and detailed rehabilitation plan with concrete proposals of rehabilitation measures, their costs and year of execution for individual road segments.

ZAHVALA

Za pomoč in podporo pri nastajanju magistrskega dela se iskreno zahvaljujem mentorju izr. prof. dr. Marijanu Žuri.

Zahvaljujem se tudi dr. Alfredu Weningerju-Vycudilu in Alainu Hüppiju za strokovno pomoč pri delu z dTIMS.

Zahvaljujem se tudi svoji širši družini za razumevanje, še posebno pa prijateljem Jožici, Ladu, Heleni, Andreju in Vladimirju za spodbudo.

Zahvala gre tudi mojemu bivšemu delodajalcu DRI svetovanje inženiring d.o.o. za omogočen osebni strokovni razvoj na področju gospodarjenja z vozišči in sedanjemu delodajalcu CESTEL d.o.o., g. Robertu Brozoviču.

Ta stran je namenoma prazna.

KAZALO VSEBINE

I	IZJAVE	
II	BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK	
III	BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT	
IV	ZAHVALA	
1	UVOD	1
2	CILJI IN NAMEN NALOGE	2
3	HIPOTEZE REŠITVE PROBLEMA	2
3.1	RAZISKOVALNE HIPOTEZE IN ZAKLJUČKI	2
3.2	UPORABLJENE METODE IN INSTRUMENTI RAZISKAVE	2
4	TEORETIČNE OSNOVE GOSPODARJENJA Z VOZIČI	4
4.1	MODELI PROPADANJA	6
4.2	UKREPI IN STRATEGIJE	6
4.3	STROŠKI IN KORISTI	7
4.4	IZBIRA STRATEGIJE (OPTIMIZACIJA)	8
5	OPIS PROGRAMSKE OPREME DTIMS ZA GOSPODARJENJE Z VOZIČI	11
5.1	KOMPONENTE MODULA »BAZA PODATKOV«	12
5.1.1	»Tabele« (<i>Perspectives</i>)	12
5.1.2	»Atributi« (<i>Attributes</i>)	14
5.1.3	»Pregledi podatkov« (<i>Data Views</i>)	14
5.2	KOMPONENTE MODULA »DELO S PODATKI«	15
5.2.1	»Matematični izrazi v bazi podatkov« (<i>Database Expressions</i>)	16
5.2.2	»Linijske karte« (<i>Stripmaps</i>)	17
5.2.3	»Transformacije« (<i>Transformations</i>)	18
5.2.4	»Skupine ukazov« (<i>Batch Operations</i>)	20
5.3	KOMPONENTE MODULA »ANALIZE IN REZULTATI«	21
5.3.1	»Definicije analize« (<i>Analysis Sets</i>)	21
5.3.2	»Proračunski scenariji« (<i>Budget Scenarios</i>)	22
5.3.3	»Matematični izrazi za analize« (<i>Analysis Expressions</i>)	23
5.3.4	»Spremenljivke« (<i>Analysis Variables</i>)	24
5.3.5	»Ukrepi« (<i>Treatments</i>)	25
5.4	IZVEDBA ANALIZE, OPTIMIZACIJE IN PRIKAZ REZULTATOV	28
5.4.1	Izvedba analize	28
5.4.2	Izvedba optimizacije in izdelava plana na projektnem nivoju	29
5.4.3	Rezultati na mrežni ravni	31
6	GOSPODARJENJE Z VOZIČI NA G1 IN G2 Z DTIMS	36
6.1	»BAZNA TABELA« IN »GLAVNA TABELA«	36
6.2	INVENTURNI PODATKI O CESTAH G1 IN G2	38
6.2.1	Tabela »Odseki«	38
6.2.2	Tabela »Širine«	39
6.2.3	Tabela »Širine_Dodatni_pas«	39
6.3	PODATKI O VOZIŠČNIH KONSTRUKCIJAH IN PODNEBNIH POGOJIH	40
6.4	PODATKI O PROMETU NA CESTAH G1 IN G2	40
6.5	PODATKI O LASTNOSTIH VOZIŠČ NA CESTAH G1 IN G2	42
6.5.1	Vizualna ocena stanja vozni površin	42
6.5.2	Meritve tornih karakteristik	44
6.5.3	Meritve vzdolžne ravnosti	44
6.5.4	Meritve podajnosti in analize nosilnosti voziščnih konstrukcij	45
6.6	VKLJUČITEV DEBELINSKEGA INDEKSA IN POSTOPKA DIMENZIONIRANJA V APLIKACIJO	46
6.7	SPREMINJANJE LASTNOSTI VOZIŠČ S ČASOM (MODELI PROPADANJA)	49

6.7.1	<i>Model spreminjanja MSI</i>	49
6.7.2	<i>Model spreminjanja koeficienta bočnega trenja</i>	54
6.7.3	<i>Model spreminjanja vzdolžne ravnosti</i>	55
6.8	DOLOČANJE INDEKSOV STANJA VOZIŠČ IN VOZIŠČNIH KONSTRUKCIJ	60
6.8.1	<i>Normiranje MSI v I_{MSI}</i>	61
6.8.2	<i>Normiranje koeficienta bočnega trenja SR v I_{SR}</i>	64
6.8.3	<i>Normiranje vzdolžne ravnosti IRI v I_{IRI}</i>	65
6.8.4	<i>Združevanje indeksov</i>	67
6.9	KATALOG UKREPOV	67
6.10	PRORAČUNI ZA OBNOVE IN OPTIMIZACIJA	70
7	REZULTATI ANALIZ DTIMS	71
7.1	REZULTATI NA MREŽNEM NIVOJU	71
7.1.1	<i>Rezultati za proračunski scenarij »Brez vlaganja«</i>	73
7.1.2	<i>Rezultati za proračun »Neomejen«</i>	74
7.1.3	<i>Rezultati za proračunski scenarij »5 mio EUR«</i>	76
7.1.4	<i>Rezultati za proračunski scenarij »10 mio EUR«</i>	78
7.1.5	<i>Rezultati za proračunski scenarij »11 mio EUR«</i>	80
7.1.6	<i>Rezultati za proračunski scenarij »12 mio EUR«</i>	82
7.1.7	<i>Rezultati za proračunski scenarij »13 mio EUR«</i>	84
7.1.8	<i>Rezultati za proračunski scenarij »14 mio EUR«</i>	86
7.1.9	<i>Rezultati za proračunski scenarij »Predlog«</i>	88
7.1.10	<i>Primerjalni rezultat: Povprečno stanje omrežja (Average Condition)</i>	91
7.1.11	<i>Primerjalni rezultat: Dolžina omrežja v zelo slabem in slabem stanju (Length in Backlog)</i>	92
7.1.12	<i>Povzetek rezultatov analiz na mrežnem nivoju</i>	93
7.2	REZULTATI NA PROJEKTNEM NIVOJU	97
8	ZAKLJUČEK	103
9	SUMMARY	104
	VIRI	105

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1:	Vrste tabel v dTIMS.....	13
Preglednica 2:	Bazna tabela	38
Preglednica 3:	Tabele inventurnih podatkov v aplikaciji	38
Preglednica 4:	Atributi v tabeli »Odseki«	39
Preglednica 5:	Atributi v tabeli »Širine«	39
Preglednica 6:	Atributi v tabeli »Sirine_Dodatni_pas«	39
Preglednica 7:	Atributi v tabeli »Voz_Kon«	40
Preglednica 8:	Atributi v tabeli »Promet«	41
Preglednica 9:	Letne spremenljivke o prometu.....	42
Preglednica 10:	Tabeli podatkov o MSI v aplikaciji.....	43
Preglednica 11:	Atributi v tabelah »MSI« in »MSI_Homogeni«	43
Preglednica 12:	Atributi v tabeli »SR«.....	44
Preglednica 13:	Atributi v tabeli »IRI_Homogeni«	45
Preglednica 14:	Povprečne vrednosti količnikov ekvivalentnosti osnovnih cestogradbenih materialov (TSC 06.541 2009, 6).....	46
Preglednica 15:	Količniki poškodovanosti obstoječega asfaltnege vozišča k_s (TSC 06.541 2009, 9)	47
Preglednica 16:	Število zapisov vrednosti MSI pri posamezni starosti obrabne plasti vozišča in povprečne vrednosti MSI	50
Preglednica 17:	Koeficient α za model IRI za fleksibilna vozišča	57
Preglednica 18:	Definicija razredov stanj	60
Preglednica 19:	Razredi stanja vozišč po MSI v odvisnosti od gostote prometa.....	61
Preglednica 20:	Razredi stanja vozišč po SR v odvisnosti od merilne hitrosti vožnje (TSC 06.620 2009, 12)	65
Preglednica 21:	Razredi stanja vozišč po IRI v odvisnosti od gostote prometa in prometne obremenitve (TSC 06.610 2009, 12).....	66
Preglednica 22:	Enotne cene posameznih tipov obnove	68
Preglednica 23:	Sprožilci in reseti posameznih tipov obnove	68
Preglednica 24:	Dolžine obnov po vrsti ukrepa za proračunski scenarij »Predlog« [km]	89
Preglednica 25:	Pregled dolžin obnov, nediskontiranih in diskonotiranih letnih proračunov in stanja vozišč po I_{Total} za posamezne scenarije vlaganj v obnove.....	95
Preglednica 26:	Plan obnov pri proračunskem scenariju »Predlog«	99

KAZALO SLIK

Slika 1:	Odvisnost stroškov uporabnikov in upravljavca od stanja vozišča (Jamnik 2011, 1).....	4
Slika 2:	Izračun koristi po metodi površine med krivuljama.....	8
Slika 3:	Izračun koristi po metodi površine med krivuljama.....	9
Slika 4:	Optimizacija	10
Slika 5:	Osnovno okno dTIMS	11
Slika 6:	Definicija osnovnih informacij v vseh elementih v dTIMS.....	12
Slika 7:	Okno za definicijo »Tabel«	13
Slika 8:	Okno za definicijo atributov.....	14
Slika 9:	Okno za definicijo »Pregledov podatkov«	15
Slika 10:	Modul »Delo s podatki«	16
Slika 11:	Okno za definicijo »Matematičnih izrazov v bazi podatkov«	16
Slika 12:	»Linjska karta« v tekstualni obliki	17
Slika 13:	»Linjska karta« v grafični obliki	18
Slika 14:	Okno za definicijo »Transformacij med tabelami«	18
Slika 15:	Okno za definicijo »Transformacij z enačbami«	19
Slika 16:	Okno za definicijo »Transformacij s tabelami«	20
Slika 17:	Okno za definicijo »Skupine ukazov«	20
Slika 18:	Modul »Analize in rezultati«	21
Slika 19:	Okno za »Definicijo analize«	22
Slika 20:	Okno za definicijo »Proračunskega scenarija« in podokno za »Letne proračune«.....	23
Slika 21:	Tipi spremenljivk v dTIMS.....	24
Slika 22:	Okno za definicijo »Spremenljivke« s podoknom za »Izbor krivulj«	25
Slika 23:	Okno za definicijo »Ukrepi«	27
Slika 24:	Okno za delo z »Definicijo analize«.....	28
Slika 25:	Okno za naloge za »Proračunske scenarije«	29
Slika 26:	Okno za definicijo »Izvoza strategij«	30
Slika 27:	Okno za »Pregled in prilagajanje strategij«	30
Slika 28:	Okno za izdelavo »Plana obnov«	31
Slika 29:	Okno za definicijo »Rezultatov za posamezen proračunski scenarij«	32
Slika 30:	Okno »Porazdelitev stanja«	32
Slika 31:	Okno »Povzetek stroškov/dolžin po ukrepih«.....	33
Slika 32:	Okno »Stroški obnov«	33
Slika 33:	Okno za definicijo »Rezultatov primerjav med proračunskimi scenariji«	34
Slika 34:	Okno »Povprečno stanje omrežja«	35
Slika 35:	Okno »Dolžina v zelo slabem in slabem stanju«	35
Slika 36:	»Bazna tabela«	37
Slika 37:	Prenos podatkov iz posameznih tabel v glavno tabelo PMS_Odseki	37
Slika 38:	Statistika stanja vozišč po MSI po vizualnem ocenjevanju stanja vozišč v letu 2013	43
Slika 39:	Statistika stanja vozišč po koeficientu bočnega trenja SR po meritvah v letu 2009.....	44
Slika 40:	Statistika stanja vozišč po vzdolžni ravnosti IRI po meritvah v letih 2008 do 2009.....	45
Slika 41:	Količnik škode obstoječega asfaltnega vozišča.....	47
Slika 42:	Diagram za določitev dimenzij osnovnih plasti novih asfaltnih voziščnih konstrukcij (TSC 06.520 2009, 10)	48
Slika 43:	Model napredovanja poškodovanosti vozne površine po metodi MSI za 26 let.....	50
Slika 44:	Model spreminjanja MSI	52
Slika 45:	Modeli napredovanja MSI v odvisnosti od indeksa dimenzioniranosti <i>DI</i>	54
Slika 46:	Model spreminjanja koeficienta bočnega trenja	55
Slika 47:	Inženirska geološka karta Slovenije s prikazano trdnostjo kamnin (http://kalcedon.geo-zs.si/website/PTGK/viewer.htm)	57
Slika 48:	Karta informativnih vrednosti merodajnega indeksa mraza <i>FI</i> na področju Slovenije (TSC 06.512 2003, 13)	58
Slika 49:	Razmerje med indeksom mraza <i>FI</i> in številom ciklov zmrzovanja in tavanja <i>FTC</i> (Jackson and Puccinelli 2006, 70)	59
Slika 50:	Model spreminjanja vzdolžne ravnosti IRI	59
Slika 51:	Definicije in meje posameznega razreda stanja (primer za globino kolesnice).....	60
Slika 52:	Normalizacija <i>MSI</i> v <i>I_MSI</i> za $PLDP < 200$	62
Slika 53:	Normalizacija <i>MSI</i> v <i>I_MSI</i> za $200 < PLDP < 500$	62
Slika 54:	Normalizacija <i>MSI</i> v <i>I_MSI</i> za $500 < PLDP < 1.000$	62

Slika 55:	Normalizacija MSI v I_{MSI} za $1.000 < PLDP < 2.000$	63
Slika 56:	Normalizacija MSI v I_{MSI} za $2.000 < PLDP < 3.000$	63
Slika 57:	Normalizacija MSI v I_{MSI} za $3.000 < PLDP < 5.000$	63
Slika 58:	Normalizacija MSI v I_{MSI} za $5.000 < PLDP < 10.000$	64
Slika 59:	Normalizacija MSI v I_{MSI} za $PLDP > 10.000$	64
Slika 60:	Normalizacija koeficienta bočnega trenja SR v indeks I_{SR}	65
Slika 61:	Normalizacija vzdolžne ravnosti IRI v indeks I_{IRI}	66
Slika 62:	Porazdelitev stanja vozišč po I_{Total} od leta 2015 do 2030 za proračun »Brez vlaganja«	73
Slika 63:	Porazdelitev stanja vozišč po I_{Total} od leta 2015 do 2030 za scenarij »Neomejen«	74
Slika 64:	Stroški obnavljanja in skupna dolžina obnov po letih za scenarij »Neomejen«	75
Slika 65:	Dolžina omrežja po ukrepih za scenarij »Neomejen«	75
Slika 66:	Porazdelitev stanja vozišč po I_{Total} od leta 2015 do 2030 za scenarij »5 mio EUR« letno	76
Slika 67:	Stroški obnavljanja in skupna dolžina obnov po letih za scenarij »5 mio EUR« letno	76
Slika 68:	Dolžina omrežja po ukrepih za scenarij »5 mio EUR« letno	77
Slika 69:	Porazdelitev stanja vozišč po I_{Total} od leta 2015 do 2030 za proračun »10 mio EUR« letno	78
Slika 70:	Stroški obnavljanja in skupna dolžina obnov po letih za scenarij »10 mio EUR« letno	78
Slika 71:	Dolžina omrežja po ukrepih za scenarij »10 mio EUR« letno	79
Slika 72:	Porazdelitev stanja vozišč po I_{Total} od leta 2015 do 2030 za scenarij »11 mio EUR« letno	80
Slika 73:	Stroški obnavljanja in skupna dolžina obnov po letih za scenarij »11 mio EUR« letno	80
Slika 74:	Dolžina omrežja po ukrepih za scenarij »11 mio EUR« letno	81
Slika 75:	Porazdelitev stanja vozišč po I_{Total} od leta 2015 do 2030 za scenarij »12 mio EUR« letno	82
Slika 76:	Stroški obnavljanja in skupna dolžina obnov po letih za scenarij »12 mio EUR« letno	82
Slika 77:	Dolžina omrežja po ukrepih za scenarij »12 mio EUR« letno	83
Slika 78:	Porazdelitev stanja vozišč po I_{Total} od leta 2015 do 2030 za scenarij »13 mio EUR« letno	84
Slika 79:	Stroški obnavljanja in skupna dolžina obnov po letih za scenarij »13 mio EUR« letno	84
Slika 80:	Dolžina omrežja po ukrepih za scenarij »13 mio EUR« letno	85
Slika 81:	Porazdelitev stanja vozišč po I_{Total} od leta 2015 do 2030 za scenarij »14 mio EUR« letno	86
Slika 82:	Stroški obnavljanja in skupna dolžina obnov po letih za scenarij »14 mio EUR« letno	86
Slika 83:	Dolžina omrežja po ukrepih za scenarij »13 mio EUR« letno	87
Slika 84:	Proračunski scenarij »Predlog«	88
Slika 85:	Porazdelitev stanja vozišč po I_{Total} od leta 2015 do 2030 za scenarij »Predlog«	88
Slika 86:	Dolžina omrežja po ukrepih za scenarij »Predlog«	89
Slika 87:	Skupna dolžina obnov po letih za scenarij »Predlog«	90
Slika 88:	Povprečno stanje omrežja ob posameznih proračunskih scenarijih	91
Slika 89:	Dolžina odsekov v zelo slabem in slabem stanju pri posameznih proračunskih scenarijih	92
Slika 90:	Vsota nediskontiranih in diskontiranih letnih proračunov ter povprečno in končno stanje vozišč po I_{Total}	93
Slika 91:	Povprečni nediskontirani in diskontirani strošek obnov na kilometer ter povprečno in končno stanje vozišč po I_{Total}	94
Slika 92:	Razpoložljivi proračun in rezultirajoče stanje vozišč za scenarij »Predlog«	97

LIST OF TABLES

Table 1:	Perspective types in dTIMS	13
Table 2:	Base Perspective	38
Table 3:	Inventory Data Perspectives in application.....	38
Table 4:	Attributes in perspective "Odseki"	39
Table 5:	Attributes in perspective "Sirine"	39
Table 6:	Attributes in perspective "Sirine_Dodatni_pas"	39
Table 7:	Attributes in perspective "Voz_Kon"	40
Table 8:	Attributes in perspective "Promet"	41
Table 9:	Annual Analysis Variables for traffic	42
Table 10:	Perspectives with MSI information in application	43
Table 11:	Attributes in perspectives "MSI" and "MSI_Homogeni"	43
Table 12:	Attributes in perspective "SR"	44
Table 13:	Attributes in perspective "IRI_Homogeni"	45
Table 14:	Average equivalence factors of basic pavement structure materials (TSC 06.541 2009, 6).....	46
Table 15:	Damage coefficients of existing asphalt pavement k_s (TSC 06.541 2009, 9)	47
Table 16:	Number of records of MSI at each age of wearing course and average MSI values	50
Table 17:	Coefficient α for IRI model for flexible pavements.....	57
Table 18:	Definition of condition classes	60
Table 19:	Condition classes according to MSI in dependence of traffic density	61
Table 20:	Condition classes according to SR in dependence of measuring speed (TSC 06.620 2009, 12).....	65
Table 21:	Condition classes according to IRI in dependence of traffic density and traffic loading (TSC 06.610 2009, 12)	66
Table 22:	Unit prices of individual rehabilitation types.....	68
Table 23:	Triggers and resets of individual rehabilitation types	68
Table 24:	Treatment lengths for budget bcenario "Predlog" [km].....	89
Table 25:	Overview of treatment lengths, undiscounted and discounted annual budgets and pavement condition according to I_Total for individual budget scenarios	95
Table 26:	Construction program for budget scenario "Predlog"	99

LIST OF FIGURES

Figure 1: Dependence of user and operator costs on pavement condition (Jamnik 2011, 1).....	4
Figure 2: Calculation of benefits according to method of area between the curves.....	8
Figure 3: Calculation of benefits according to method of area between the curves.....	9
Figure 4: Optimization.....	10
Figure 5: Main window of dTIMS	11
Figure 6: Definition of basic information in all elements in dTIMS.....	12
Figure 7: Window for definition of Perspectives	13
Figure 8: Window for definition of Attributes.....	14
Figure 9: Window for definition of Data Views.....	15
Figure 10: Work with Data module	16
Figure 11: Window for definition of Database Expressions	16
Figure 12: Stripmap in textual form	17
Figure 13: Stripmap in graphical form	18
Figure 14: Window for definition of Perspective Transformations	18
Figure 15: Window for definition of Formula Transformations.....	19
Figure 16: Window for definition of Cross Tab Transformations	20
Figure 17: Window for definition of Batch Operations	20
Figure 18: »Analyze & Report« module.....	21
Figure 19: Window for definition of Analysis Sets	22
Figure 20: Window for definition of Budget Scenarios and panel for Yearly Budgets.....	23
Figure 21: Types of Variables in dTIMS	24
Figure 22: Window for definition of Variables and panel for Analysis Variable Curves.....	25
Figure 23: Window for definition of Treatments.....	27
Figure 24: Window for tasks with Analysis Sets	28
Figure 25: Window for Budget Scenario tasks	29
Figure 26: Window for definition of Export Strategies	30
Figure 27: Window for reviewing and adjust strategies (Review & Adjust)	30
Figure 28: Window for Construction Program	31
Figure 29: Window for definition of "Charts for a Budget Scenario"	32
Figure 30: Window for Condition Distribution	32
Figure 31: Window for Treatment Cost/Lengths.....	33
Figure 32: Window for Program Costs	33
Figure 33: Window for Charts that Compare Budget Scenarios	34
Figure 34: Window for Average Condition.....	35
Figure 35: Window for Length in Backlog.....	35
Figure 36: Base Perspective.....	37
Figure 37: Transformation of data from individual Perspectives into PMS Perspective.....	37
Figure 38: Pavement condition according to MSI after visual assessment of pavement condition in 2013	43
Figure 39: Pavement condition according to Skid Resistance Coefficient SR measured in 2009	44
Figure 40: Pavement condition according to Longitudinal Evenness IRI measured in 2008 to 2009.....	45
Figure 41: Damage coefficient of pavement structure.....	47
Figure 42: Diagram for determination of thickness of basic layers of new asphalt pavement structures (TSC 06.520 2009, 10)	48
Figure 43: Deterioration model for pavement damage for 26 years according to MSI methodology	50
Figure 44: Deterioration model for MSI	52
Figure 45: Deterioration models for MSI in dependence of design index <i>DI</i>	54
Figure 46: Deterioration model for side force skid resistance coefficient.....	55
Figure 47: Engineering geology map of Slovenia showing rock resistance (http://kalcedon.geozs.si/website/PTGK/viewer.htm).....	57
Figure 48: Map of informative values of Freezing Index <i>FI</i> in Slovenia (TSC 06.512 2003, 13)	58
Figure 49: Relationship between Freezing Index <i>FI</i> and number of freeze-thaw cycles <i>FTC</i> (Jackson and Puccinelli 2006, 70).....	59
Figure 50: Deterioration model for longitudinal evenness IRI	59
Figure 51: Definitions and borders between condition classes (example for rut depth).....	60
Figure 52: Normalization of <i>MSI</i> into <i>I_MSI</i> for AADT < 200.....	62
Figure 53: Normalization of <i>MSI</i> into <i>I_MSI</i> for AADT < 500.....	62

Figure 54: Normalization of <i>MSI</i> into <i>I_MSI</i> for AADT < 1,000	62
Figure 55: Normalization of <i>MSI</i> into <i>I_MSI</i> for AADT < 2,000	63
Figure 56: Normalization of <i>MSI</i> into <i>I_MSI</i> for AADT < 3,000	63
Figure 57: Normalization of <i>MSI</i> into <i>I_MSI</i> for AADT < 5,000	63
Figure 58: Normalization of <i>MSI</i> into <i>I_MSI</i> for AADT < 10,000	64
Figure 59: Normalization of <i>MSI</i> into <i>I_MSI</i> for AADT > 10,000	64
Figure 60: Normalization of side force skid resistance coefficient <i>SR</i> into <i>I_SR</i>	65
Figure 61: Normalization of longitudinal evenness <i>IRI</i> into <i>I_IRI</i>	66
Figure 62: Distribution of pavement condition according to <i>I_Total</i> from 2015 to 2030, "Do Nothing" strategy	73
Figure 63: Distribution of pavement condition according to <i>I_Total</i> from 2015 to 2030, "Unlimited" scenario	74
Figure 64: Program costs and total treatment lengths for each year, "Unlimited" scenario	75
Figure 65: Treatment lengths for "Unlimited" scenario	75
Figure 66: Distribution of pavement condition according to <i>I_Total</i> from 2015 to 2030, "5 mio EUR" yearly scenario	76
Figure 67: Program costs and total treatment lengths for each year, "5 mio EUR" yearly scenario	76
Figure 68: Treatment lengths for "5 mio EUR" yearly scenario	77
Figure 69: Distribution of pavement condition according to <i>I_Total</i> from 2015 to 2030, "10 mio EUR" yearly scenario	78
Figure 70: Program costs and total treatment lengths for each year, "10 mio EUR" yearly scenario	78
Figure 71: Treatment lengths for "10 mio EUR" yearly scenario	79
Figure 72: Distribution of pavement condition according to <i>I_Total</i> from 2015 to 2030, "11 mio EUR" yearly scenario	80
Figure 73: Program costs and total treatment lengths for each year, "11 mio EUR" yearly scenario	80
Figure 74: Treatment lengths for "11 mio EUR" yearly scenario	81
Figure 75: Distribution of pavement condition according to <i>I_Total</i> from 2015 to 2030, "12 mio EUR" yearly scenario	82
Figure 76: Program costs and total treatment lengths for each year, "12 mio EUR" yearly scenario	82
Figure 77: Treatment lengths for "12 mio EUR" yearly scenario	83
Figure 78: Distribution of pavement condition according to <i>I_Total</i> from 2015 to 2030, "13 mio EUR" yearly scenario	84
Figure 79: Program costs and total treatment lengths for each year, "13 mio EUR" yearly scenario	84
Figure 80: Treatment lengths for "13 mio EUR" yearly scenario	85
Figure 81: Distribution of pavement condition according to <i>I_Total</i> from 2015 to 2030, "14 mio EUR" yearly scenario	86
Figure 82: Program costs and total treatment lengths for each year, "14 mio EUR" yearly scenario	86
Figure 83: Treatment lengths for "14 mio EUR" yearly scenario	87
Figure 84: Budget scenario "Predlog"	88
Figure 85: Distribution of pavement condition according to <i>I_Total</i> from 2015 to 2030, "Predlog" scenario	88
Figure 86: Treatment lengths for "Predlog" scenario	89
Figure 87: Total treatment lengths for each year, "Predlog" scenario	90
Figure 88: Average condition of road network according to individual budget scenarios	91
Figure 89: Length in backlog according to individual budget scenarios	92
Figure 90: Sum of undiscounted and discounted annual budgets and average and final condition according to <i>I_Total</i>	93
Figure 91: Average undiscounted and discounted treatment cost per kilometer together with average and final condition according to <i>I_Total</i>	94
Figure 92: Available budget and resulting pavement condition for "Predlog" scenario	97

SEZNAM PRILOG

- Priloga A1: Vzorec podatkov v tabeli »Odseki« (Sample data in Perspective »Odseki«)
- Priloga A2: Vzorec podatkov v tabeli »Sirine« (Sample data in Perspective »Sirine«)
- Priloga A3: Vzorec podatkov v tabeli »Sirine_dodatni_pas« (Sample data in Perspective »Sirine_dodatni_pas«)
- Priloga A4: Vzorec podatkov v tabeli »VozKon« (Sample data in Perspective »VozKon«)
- Priloga A5: Vzorec podatkov v tabeli »Promet« (Sample data in Perspective »Promet«)
- Priloga A6: Vzorec podatkov v tabeli »MSI« (Sample data in Perspective »MSI«)
- Priloga A7: Vzorec podatkov v tabeli »MSI_Homogeni« (Sample data in Perspective »MSI_Homogeni«)
- Priloga A8: Vzorec podatkov v tabeli »SR« (Sample data in Perspective »SR«)
- Priloga A9: Vzorec podatkov v tabeli »IRI_Homogeni« (Sample data in Perspective »IRI_Homogeni«)

KRATICE

AAV	Annual Analysis Variable – letna spremenljivka
BCP	Banka cestnih podatkov
CBA	Cost Benefit Analysis – analiza stroškov in koristi
DARS	Družba za avtoceste v Republiki Sloveniji, d.d.
DIST	Distribucija prometnih podatkov
dTIMS	Deighton Total Infrastructure Management System
ELMOD	Evaluation of Layer Moduli and Overlay Design
FWD	Falling Weight Deflectometer – deflektometer s padajočo utežjo
G1, G2	Glavna cesta prvega reda, glavna cesta drugega reda
IBC	Incremental Benefit Cost Ratio
IRI	International Roughness Index
LCC	Life Cycle Cost Analysis – analize stroškov v življenjskem ciklusu
LTPP	Long-Term Pavement Performance
MSI	Modificirani švicarski indeks
NOO	Nominalna osna obremenitev
ODBC	Open Database Connectivity
PLDP	Povprečni letni dnevni promet
PMS	Pavement Management System – gospodarjenje z vozišči
PŽD	Preostala življenjska doba
SR	Koeficient bočnega trenja
TSC	Tehnične specifikacije za javne ceste
WIM	Weigh in Motion – tehtanje vozil med vožnjo

SLOVAR MANJ ZNANIH BESED IN TUJK

Slovenski izraz	Angleški izraz	Kratka obrazložitev
katalog ukrepov	Treatment Catalogue	matematična definicija sprožilcev, resetov in enotnih stroškov za posamezen tip obnove
model propadanja	Deterioration model	matematični zapis spreminjanja posamezne lastnosti vozišča v odvisnosti od zunanjih dejavnikov
mostni sistem WIM	Bridge Weigh In Motion	montažni sistem za tehtanje vozil med vožnjo, ki je nameščen na nosilni konstrukciji premostitvenega objekta
reset	Reset	matematični zapis ponastavitev parametrov po izvedbi obnove na vnaprej definirane vrednosti
sprožilec	Trigger	matematični zapis pogojev, ki morajo biti zadoščeni, da se lahko izvede določen tip obnove vozišča
strategija obnavljanja	Treatment Strategy	kombinacija različnih tipov obnove vozišča v obdobju analize na posameznem odseku
vzdrževalna zaloga	Backlog	dolžina (cestnega) omrežja v zelo slabem in slabem stanju

1 UVOD

Vsak upravljavec javnih cest je proračunski porabnik in tako zavezan k planiranju in optimalni porabi teh sredstev. Direkcija Republike Slovenije za infrastrukturo mora kot upravljavec cest zagotavljati uporabnikom cest varno in udobno vožnjo, kot porabnik proračunskih sredstev pa tudi optimalno porabo sredstev za zagotavljanje le-te. Pri manjšem vlaganju finančnih sredstev v obnavljanje vozišč namreč pada raven storitev za uporabnike, zmanjšuje se njihova varnost in udobnost vožnje, naraščajo pa njihovi stroški, saj se zmanjšujejo vozne hitrosti: s tem se namreč povečujejo poraba potovalnega časa in goriva ter stroški transporta dobrin. Naloga optimizacije obnavljanja vozišč je določitev takega scenarija vlaganja v obnove, da bodo skupni stroški upravljavca in uporabnikov minimalni.

Z nižanjem sredstev za obnove vozišč postaja vedno bolj pomembno sistematično gospodarjenje z vozišči (PMS – Pavement Management System), ki je vodenje dejavnosti za ohranjanje vozišč v stanju, sprejemljivem za udeležence v prometu (uprabnike) ob optimalnih stroških upravljavca za vzdrževanje tega stanja.

Za izvedbo opisanih nalog je smiselno uporabiti ustrezno programsko opremo, ki omogoča tovrstne analize. Na svetovnem trgu obstoji množica programskih oprem, od takih, v katere je treba le vnesti podatke, do takih, ki omogočajo popolnoma samostojno oblikovanje sistema v skladu z lokalnimi razmerami in posebnostmi. Za izdelavo magistrske naloge sem izbrala programsko opremo dTIMS (deighton's Total Infrastructure Management System), ki jo pri svojem delu uporabljam že preko deset let in ki jo za gospodarjenje z vozišči uporablja tudi DARS.

Posebnost te programske opreme je, da je ob nakupu prazna, podobno kot MS Excel ali MS Access, vgrajene pa ima različne module, ki omogočajo samostojno oblikovanje baze podatkov, modelov propadanja, kataloga ukrepov, izračuna stroškov in koristi ter prikaza rezultatov. Za vzpostavitev sistema PMS je torej mogoče uporabiti tiste podatke, ki so na voljo, in sicer v taki obliki, kot obstojijo v bazah podatkov upravljavcev, kar je že ena od bistvenih prednosti te programske opreme pred vsemi drugimi, ki od uporabnika zahtevajo določene podatke v specifični obliki, ki jih mora za ta namen upravljavec zbrati v prav taki obliki, čeprav njegove izkušnje temeljijo na drugačnih osnovah. Tak primer je ravno podatek o vizualni oceni stanja vozišč, ki ga Direkcija Republike Slovenije za infrastrukturo že dvajset let ciklično zbira po enaki metodologiji modificiranega švicarskega indeksa MSI in ki ga v taki obliki ni mogoče vključiti v druge komercialne programske opreme. Poleg samostojnega oblikovanja podatkov se v aplikacijo vključi tudi specifične modele propadanja in tipe obnov, ki so značilni za posameznega upravljavca, saj so obnove na občinskih ali lokalnih cestah bistveno drugačne kot na državnih cestah ali avtocestah.

V magistrski nalogi sem izdelala aplikacijo za gospodarjenje z vozišči na glavnih cestah v upravljanju Direkcije RS za infrastrukturo (ceste G1 in G2) ter izdelala dolgoročni, srednjeročni in kratkoročni plan obnov vozišč, temelječ izključno na tehničnih prioritetah in obstoječem stanju vozišč.

Na začetku predstavljam teoretične osnove gospodarjenja z vozišči in analiz življenjskega ciklusa vozišč, nato predstavljam programsko opremo dTIMS. Sledi podrobna predstavitev uporabljenih podatkov, modelov propadanja in ostalih spremenljivk ter kataloga ukrepov. Rezultati v obliki planov obnov ob različnih razpoložljivih proračunih za obnove prikazujem za petnajstletno plansko obdobje (2015 do 2030). Prikazujem tudi način modeliranja podatkov in spremenljivk v aplikacijo.

Osnovne podatke sem pridobila iz javno dostopnih podatkov Direkcije RS za infrastrukturo, vse ostale elemente pa sem razvila samostojno za to magistrsko delo.

2 CILJI IN NAMEN NALOGE

Namen in cilj magistrske naloge je določitev vseh potrebnih osnov za gospodarjenje z vozišči na državnih cestah v upravljanju Direkcije RS za infrastrukturo, izdelava aplikacije s programsko opremo dTIMS, testiranje sistema na delu cestnega omrežja in prikaz rezultatov.

Rezultati, ki jih omogoča sistem za gospodarjenje z vozišči z dTIMS, so naslednji:

- izdelava optimalnega plana sanacij vozišč na cestnem omrežju s predvidenim sanacijskim ukrepom in stroškom za izvedbo po letih za analizirano obdobje v odvisnosti od razpoložljivih sredstev v proračunu za obnove
- izdelava grafičnih in statističnih pregledov stanja vozišč na avtocestnem omrežju v odvisnosti od predvidenih sredstev za obnove (scenarij brez obnov, neomejen proračun, predvideni proračuni upravljavca – po podatkih upravljavca, predpostavljeni potrebni proračuni po ocenah izvajalca analiz):
 - skupnega stanja vozišč, ki ga zagotavlja posamezen proračunski scenarij in diagram vloženih sredstev
 - povprečno stanje omrežja
 - dolžina omrežja v zelo slabem in slabem stanju
 - povzetek dolžin omrežja po posameznih ukrepih.

Ti prikazi omogočajo upravljavcu vpogled v stanje vozišč cestnega omrežja v odvisnosti od v obnavljanje vloženih sredstev, kar mu služi kot osnova pri planiranju potrebnih sredstev v prihodnosti in prikaz posledic nezadostnih proračunov za obnove.

3 HIPOTEZE REŠITVE PROBLEMA

3.1 Raziskovalne hipoteze in zaključki

Glede na raziskovalno področje sem v začetku naloge hipotetično predpostavila, da

- izbrana programska oprema dTIMS omogoča vpeljavo vseh predvidenih modelov in podatkov za vepljavo gospodarjenja z vozišči,
- obstoječa tehnična regulativa zajema vsa potrebna strokovna spoznanja in postopke meritev posameznih lastnosti vozni površin ter opredelitev ocene uporabnosti vozni površin na obstoječih cestah,
- obstoječa tehnična regulativa zajema vse postopke za dimenzioniranje obnov,
- so v bazah podatkov na Direkciji RS za infrastrukturo na razpolago potrebni podatki za razvoj modelov propadanja ali vpeljavo uveljavljenih modelov propadanja iz področne literature,
- so v bazah podatkov na Direkciji RS za infrastrukturo na razpolago vsi potrebni podatki za izdelavo aplikacije za gospodarjenje z vozišči s programsko opremo dTIMS.

Rezultati izvedene raziskave so v splošnem potrdili vseh pet hipotez.

3.2 Uporabljene metode in instrumenti raziskave

Metoda je premišljen, ustaljen način opravljanja neke dejavnosti [17]. Z metodo natančno opredelimo kako, po kakšnem zaporedju in s kakšnimi sredstvi bomo raziskovali postavljeni raziskovalni problem. Vsaka metoda mora biti objektivna in preverljiva.

Pri raziskovanju v naravoslovnih vedah najpogosteje uporabljamo eksperimentalne metode. Pri tem se naslanjamo na splošne metode, med katerimi so pomembnejše:

- induktivna metoda in deduktivna metoda; pri dedukciji sklepamo na podlagi splošnega k posebnem; indukcija je sklepanje na podlagi poznavanja posebnega pojava k splošnemu,
- metodi analize in sinteze; analiza je razčlenjevanje pojavov, procesov ali dejavnikov na osnovne sestavne dele (analiza pokrajine do njenih osnovnih sestavin pri geografiji,

analiza tehničnega pripomočka do osnovnega sestavnega dela ...); nasprotje analize je sinteza, kjer dele sestavljamo v celoto,

- eksperimentalna metoda; problematiko raziskujemo s poskusi pri kontroliranih pogojih; pogoji oziroma razmere med poskusom morajo biti ustrezno dokumentirani, tako da lahko poskus ponovi drugi raziskovalec; s spreminjanjem pogojev ob poskusih lahko dokažemo ali ovrmemo svoje trditve,
- zgodovinska metoda; z zgodovinsko metodo sledimo pojavu, procesu ali dejavniku skozi krajše ali daljše časovno obdobje (npr. spreminjanje MSI s časom)
- statistične metode in metoda prognoziranja; s statističnimi metodami iščemo zakonitosti z obdelavo številčnih in drugih množičnih pojavov; metode prognoziranja temeljijo na statističnih; na podlagi obdelave podatkov do trenutka raziskave lahko sklepamo, kako se bodo procesi odvijali v prihodnje (npr. napovedovanje speminjanja posamezne lastnosti vozišča),
- metoda ekspertize; to je tipična kombinirana metoda, ki lahko vsebuje nekatere izmed zgoraj naštetih metod ali pa vse; ponavadi se začneja z analizo, preko sinteze, vključuje dedukcijo in indukcijo, lahko tudi poskuse; pri tem se uporabljajo statistične metode in nazadnje se metoda ekspertize največkrat zaključi z napovedjo trendov.

Pri svojem raziskovalnem delu sem uporabila kombinacijo več metod, ki si sledijo v določenem zaporedju, prilagojenem potrebi posamezne naloge.

V svoji dosednji profesionalni karieri sem se zadnjih 15 let ukvarjala z gospodarjenjem z vozišči, v zadnjih 8 letih pa tudi s programskim orodjem dTIMS. Prvi – teoretični – del naloge temelji na znanstveno deskriptivni metodi raziskovanja, ki obsega študij literature, strokovnih gradiv in obstoječe tehnične regulative, ki je podrobneje navedena v poglavju »Viri«. V teoretičnem delu magistrskega dela sem povzela idejo gospodarjenja z vozišči in osnove programske opreme dTIMS.

Drugi del je praktični del naloge, ki je pripravljen na podlagi metode ekspertize, zgodovinske metode, statistične metode in metode prognoziranja, s katerimi sem na podlagi večletnih podatkov razvila model napredovanja poškodovanosti vozne površine, ocenjene po metodi modificiranega švicarskega indeksa ter povzela še modela spreminjanja vzdolžne ravnosti in tornih lastnosti iz področne literature. Vse potrebne elemente sem modelirala v programsko opremo dTIMS in izdelala aplikacijo za gospodarjenje z vozišči. Za testiranje aplikacije sem izbrala del državnega cestnega omrežja glavnih cest in v empiričnem delu naloge preverila smiselnost rezultatov.

Empirični del naloge je izveden na podlagi raziskave, ki je bila izvedena v času od januarja 2014 do oktobra 2014 na delu državnega cestnega omrežja glavnih cest in je obsegala naslednje postopke oz. korake:

- zbiranje informacij in podatkov (pregled obstoječih inventurnih podatkov o delu cestnega omrežja, o stanju vozišč in voziščnih konstrukcij, o prometu, o načinih obnov, cenah ukrepov, o vplivih ukrepov na stanje vozišč),
- urejanje in analiza podatkov; ko sem imela podatke enkrat zbrane, jih je bilo potrebno urediti, ovrednotiti (kritična presoja kvalitete in pravilnosti informacij) in analizirati (uporaba ustreznih statističnih in drugih metod); na podlagi obdelanih informacij sem dobljene rezultate sintetizirala v sklepe, te pa še enkrat kritično ovrednotila,
- interpretacija rezultatov in podaja zaključkov.

4 TEORETIČNE OSNOVE GOSPODARJENJA Z VOZIŠČI

Glavna ideja gospodarjenja z vozišči je obnavljanje vozišč v pravem trenutku, ko upravljavec z nizkimi stroški cenejših ukrepov zagotavlja tudi nižje stroške (in s tem koristi) uporabnikom. To pomeni, da je potrebno izvajati obnovitvene ukrepe preden preide stanje vozišča (in voziščne konstrukcije) v slabo ali celo zelo slabo stanje, ko zahteva korenitejše in dražje obnove. Tak ukrep, ki je izveden pravočasno, namreč ne zahteva predhodnih sanacij, ki dražijo ukrep, in s svojo pravočasnostjo tudi prepreči vdor vode v voziščno konstrukcijo preko razpok, kar nato povzroča hitrejšo propadanje.

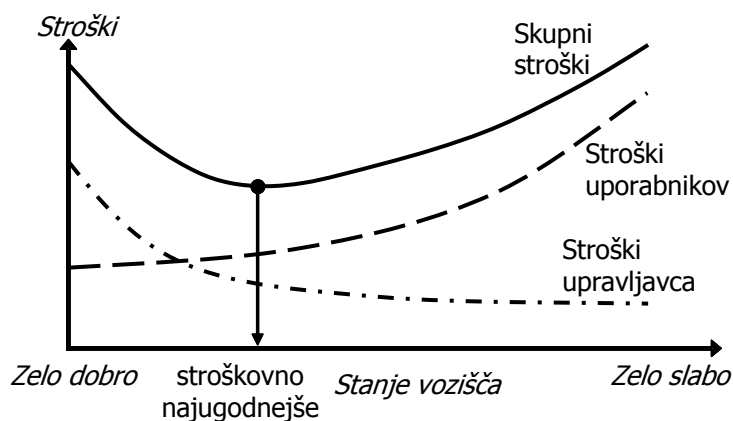
Upravljavec je razpet med dvema nasprotujočima si zahtevama:

- izboljšala naj bi se kakovost cestne mreže za uporabnike cest (s tem bi se zmanjšali stroški uporabnikov), hkrati pa
- naj bi se zmanjšali stroški za zagotavljanje te kakovosti (kar je možno doseči le s povečanjem stroškov upravljavca).

Stroški upravljavca in uporabnika so namreč obratno sorazmerni; z naraščanjem stroškov upravljavca padajo stroški uporabnikov in obratno.

Slika 1 prikazuje stroške v odvisnosti od stanja vozišča. Razvidno je, da se s tem, ko upravljavec v obnavljanje vozišč ne vlaga dovolj sredstev (stroški upravljavca padajo), stanje vozišča slabša in s tem povzroča večje stroške uporabnikom. Cilj gospodarjenja z vozišči je najti čim nižje skupne stroške za družbo kot celoto.

Če seštejemo stroške upravljavca in uporabnikov, dobimo krivuljo skupnih stroškov. Tam kjer ima ta krivulja svoj minimum, so stroški upravljavca in uporabnikov skupaj najnižji (stroškovno najugodnejše). Če se namreč na diagramu pomaknemo na desno, to pomeni, da pustimo propasti vozišče do večje mere, s tem pa se povečajo stroški uporabnikov bolj kot padejo stroški upravljavca, torej so skupni stroški za družbo kot celoto narasli. Seveda velja tudi obratno. Če se pomaknemo na diagramu na levo, kar pomeni, da izvedemo ukrep za izboljšanje stanja vozišča že pri manjši poškodovanosti od optimalne, so stroški za družbo kot celoto tudi v tem primeru večji od optimalnih, saj upravljavec vzdržuje vozišče v predobrem stanju, torej negospodarno razpolaga s sredstvi.



Slika 1: Odvisnost stroškov uporabnikov in upravljavca od stanja vozišča (Jamnik 2011, 1)

Figure 1: Dependence of user and operator costs on pavement condition (Jamnik 2011, 1)

Iz tega je razvidno, da je treba optimizirati stroške tudi takrat, kadar ima upravljavec dovolj (ali celo preveč) sredstev za obnavljanje vozišč. Ta potreba se seveda pojavi v še večji meri, kadar ima upravljavec omejena sredstva, ki jih zato mora razporejati gospodarno.

Ideja gospodarjenja z vozišči je v osnovi zelo preprosta in jo je mogoče prenesti na katerikoli drug segment (obnavljanje premostitvenih objektov, varnostnih ograj, obcestnega prostora, železnic, visokih zgradb ...), za katere poznamo:

- inventurne podatke (dolžine in širine ali površine, vgrajene materiale, njihove starosti ...),
- obremenitve, ki povzročajo spremembe stanja (prometne, podnebne, izredne ...),
- stanje oziroma kakovost (poškodovanost, razpokanost, nosilnost, varnost, udobnost ...), ki se določajo s cikličnimi meritvami in opazovanji.

Treba je poznati tudi medsebojno odvisnost posameznih parametrov in njihovo spreminjanje s časom. To spreminjanje je potrebno izraziti z matematičnimi modeli za vsako lastnost vozne površine (modeli propadanja – glej poglavje 4.1). Tako se lahko določi posamezna lastnost vozne površine v poljubnem (vsakem) letu v prihodnosti. Nato je treba določiti skupni indeks stanja vozišča, ki celovito opredeljuje stanje vozne površine in voziščne konstrukcije.

Izbira primerne obdobja analize je pomembna odločitev, ki mora biti narejena pred izvedbo analiz življenjskega ciklusa. Obdobje analize lahko razdelimo na dve obdobji: prvo obdobje, v katerem je cilj določitev primerne strategije obnove z upoštevanjem omejitev proračuna (imenovano »obdobje program«), in drugo obdobje, ki ga potrebujemo za oceno koristi, ki izhajajo iz izvedenih vzdrževalnih ukrepov v času po koncu prvega obdobja (imenovano »obdobje koristi«). Dolžina obdobja program je določena s ciljem analize. Če želimo pripraviti triletni vzdrževalni program, potem je obdobje analize tri leta. Če je naloga bolj strateškega značaja, je to lahko deset ali več let. Obdobje koristi pa je odvisno od tipov vzdrževalnih ukrepov in diskontne stopnje. Življenjska doba obnovitvenega ukrepa je čas, po katerem je potrebno izvesti nov podoben ukrep. Življenjska doba je lahko kratka (na primer v povprečju pet let) in tedaj je pet let dovolj dolgo obdobje koristi. Če pa je življenjska doba dolga (na primer dograditev dodatnega pasu), tedaj je obdobje koristi neomejeno. Tu postane pomembna diskontna stopnja: višja ko je diskontna stopnja, manj pomembni so prihodnji stroški in koristi. Končni test je, ali se s podaljšanjem obdobja analize spremenijo njeni rezultati ali ne. Če se rezultati analize ne spremenijo, sta čas za dodatni izračun in povečana baza podatkov iz analiz neopravičljiva (povzeto po [1]).

Treba je poznati tudi obnovitvene ukrepe za sanacijo posameznih vrst poškodb na voziščih ali njihovih kombinacij (Katalog ukrepov – glej poglavje 4.2). Definirati je treba:

- sprožilce ukrepov (to je stanje vozne površine, ki sproži obnovo vozišča, na primer slabo drsno trenje ali razpokana površina),
- ponastavitve (to je stanje vozne površine po izvedbi ukrepa oziroma izboljšanje lastnosti vozne površine po izvedeni obnovi, na primer po obnovi vozišča s kolesnicami globine 10 mm se globina kolesnic spremeni v 1 mm) in
- enotne cene (to so cene posameznih ukrepov obnove na enoto, npr. €/m² ali €/km).

Definirati je treba tudi način izračuna koristi uporabnikov, saj dobi tisti odsek, katerega obnova zagotavlja večji prirastek razmerja koristi/stroški, višje mesto v prioriteti obnavljanja, kar je pomembno predvsem takrat, kadar so sredstva za obnove omejena (nezadostna). Navadno je korist definirana kot površina med krivuljama, ki opisujeta stanje vozišča brez obnov in stanje vozišča ob posamezni strategiji obnavljanja.

Ko je vse zgoraj opisano definirano, sistem za gospodarjenje z vozišči vsako leto skladno z modeli propadanja poslabša stanje posameznih lastnosti vozne površine in voziščne konstrukcije ter tako določeno stanje primerja s sprožilci v katalogu ukrepov. Če je to stanje slabo ali zelo slabo, se sproži ustrezen ukrep obnove (na primer preplastitev ali ojačitev ali zamenjava voziščne konstrukcije) in vse lastnosti vozne površine se ponastavijo (resetirajo) na definirane vrednosti, s čimer je zagotovljena korist. Če pa so vse lastnosti vozne površine še zelo dobre ali dobre, se ukrep ne sproži. Nato se sistem premakne v naslednje leto in ponovno poslabša vse lastnosti vozne površine in tako naprej do konca obdobja analize. Tako se na vsakem odseku generirajo vse možne kombinacije ukrepov, imenovane strategije

obnavljanja. Ena od strategij je vedno strategija brez obnavljanja, ko se v obnove ne vlaga nič.

Seveda vsaka strategija obnavljanja povzroči določene stroške upravljavcu in koristi uporabnikom (glej poglavje 4.3). Izračuna se razmerje koristi/stroški, potem pa se glede na vse potrebne ukrepe obnove na celotnem cestnem omrežju določi prioriteta obnavljanja posameznega odseka.

Sledi optimizacija (glej poglavje 4.4), ki upošteva višino razpoložljivih finančnih sredstev (proračun za obnove), ki jih definira upravljavec. Odseki, ki so višje na prioritetni listi, dobijo prednost pri obnovi. Upravljavec lahko tako optimizacijo izvede za poljubno število razpoložljivih proračunov in za vsakega od njih primerja rezultirajoče stanje vozišč na cestnem omrežju. Tako lahko določi tak potreben proračun za obnove, da bo zagotovljena zelena raven storitev, oziroma izračuna tisto stanje vozišč, ki ga zagotavlja posamezen proračun. Sistem za gospodarjenje z vozišči zelo nazorno prikaže posledice premajhnega vlaganja v obnove, ki se kažejo v slabšanju stanja vozišč.

Za izvedbo zgoraj opisanih nalog sem uporabila programsko opremo dTIMS (deighton Total Infrastructure Management System), ki je ob nakupu »prazna«, podobno kot MS Access ali MS Excel, omogoča pa uporabniku vnos poljubnih podatkov, uporabo matematičnih, logičnih, statističnih in verjetnostnih operacij med podatki, izračun stroškov in koristi ter izvedbo optimizacije, hkrati pa tudi grafične in razpredelnice prikaze podatkov in rezultatov.

4.1 Modeli propadanja

Za izvajanje analiz LCC je treba poznati obnašanje vozišča v prihodnosti – modele propadanja (Deterioration Models) in tudi stanje vozišča po izvedenem sanacijskem ukrepu (Reset Values).

dTIMS omogoča definicijo poljubnega števila modelov propadanja, ki so lahko odvisni od poljubnega števila dejavnikov. V aplikaciji za ceste G1 in G2 sem definirala naslednje modele propadanja:

- model spreminjanja MSI – glej poglavje 6.7.1,
- model spreminjanja koeficienta bočnega trenja – glej poglavje 6.7.2,
- model spreminjanja vzdolžne ravnosti – glej poglavje 6.7.3.

4.2 Ukrepi in strategije

Analize LCC morajo vsebovati tako modele propadanja, ki definirajo propadanje vozišč, kot tudi ukrepe, ki jih upravljavec uporablja za e in izboljševanje stanja vozišč. V dTIMS pomeni izraz »Ukrep« (Treatment) en poseg v posameznem letu, ki pa lahko predstavlja ukrepe vse od rednega vzdrževanja (na promer zalivanja razpok) do rekonstrukcije voziščne konstrukcije. Tak ukrep povzroči strošek in spremeni eno ali več lastnosti (indeksov), s katerimi se opisuje stanje vozišča (na promer po ukrepu preplastitve dobi MSI vrednost 0).

Analize LCC se ukvarjajo s primerjavami različnih načinov vzdrževanja, ki so definirani kot eden ali več ukrepov v različnih letih analiziranega obdobja. V dTIMS je vsaka taka kombinacija različnih ukrepov poimenovana »strategija« (Strategy) in je lahko oblikovana kot:

- posamezen vzdrževalni ukrep v različnih letih,
- različni ukrepi v istem letu ali
- kombinacija obeh zgornjih možnosti.

Primer strategij:

Strategija 1: ko bo vozišče dovolj poškodovano (kot ga definiramo s sprožilci za preplastitev), se izvede preplastitev, nato se stanje v skladu z modeli propadanja z leti spreminja in ko bo

zopet doseglo določeno poškodovanost (na primer ko bo nosilnost voziščne konstrukcije izkazala potrebo po ojačitvi), se izvede ojačitev.

Strategija 2: ko bo vozišče dovolj poškodovano, se izvede preplastitev, nato se stanje v skladu z modeli propadanja z leti spreminja in ko bo zopet doseglo določeno poškodovanost (za rekonstrukcijo), se izvede ukrep rekonstrukcije voziščne konstrukcije.

Katera od obeh strategij je optimalnejša, se izračuna v postopku optimizacije (glej poglavje 4.4).

4.3 Stroški in koristi

Stroški lastnika (upravljavca) so:

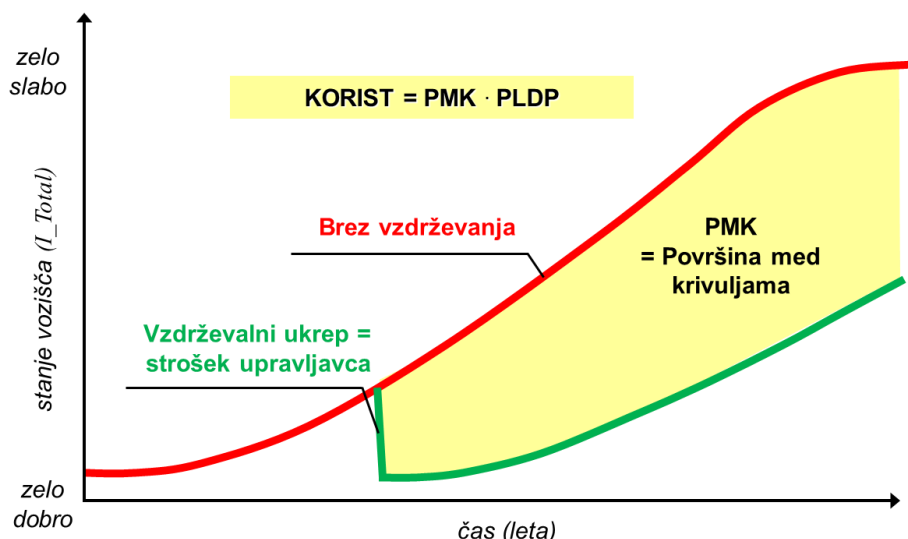
- stroški izgradnje in kapitala
- stroški rednega vzdrževanja in investicijskega obnavljanja
- stroški nadgradnje infrastrukture (npr. dograditev novega prometnega pasu)
- operativni stroški.

Stroški uporabnikov so težje določljivi kot stroški upravljavca, vendar jih lahko razdelimo v tri skupine:

- stroški vozil (amortizacija vozil, stroški popravil, goriva, pnevmatik in ostalih tekočih stroškov, navadno izraženih s stroškom na kilometer)
- stroški potnikov in tovora (vrednost časa v stroških na uro)
- stroški nesreč (to so stroški, pripisani poškodbam ljudi in škodi na vozilih ter smrti udeležencev v prometnih nesrečah; stroški poškodb ljudi so stroški medicinske oskrbe, lahko tudi izgube zaslužka, pa tudi nadomestila za bolečine in zmanjšano sposobnost za delo v prihodnosti; vrednost človeškega življenja je še težje določljiva).

Koristi so pravzaprav prihranki, ki jih imajo uporabniki z vožnjo po dobro vzdrževanih voziščih v primerjavi s stroški, ki jih imajo pri vožnji po slabo vzdrževanih voziščih (nižji so stroški vozil, potnikov, tovora in nesreč).

V dTIMS je že vgrajen tip optimizacije stroškov in koristi, imenovan *Benefit-Cost Optimization* (*optimizacija koristi in stroškov*), kjer so koristi pri različnih strategijah vzdrževanja definirane kot *površina med krivuljama* (*Area Under the Curve*). Korist se izračuna kot vsota sedanjih vrednosti razlike med krivuljo stanja, ki je posledica neke strategije vzdrževanja »Z ukrepom«, in krivuljo stanja, ki je posledica strategije brez obnavljanja »Brez ukrepa« (Do-Nothing Strategy) za vsako leto v analiziranem obdobju (slika 2). Indeks stanja, ki ga uporablja večina upravljavcev za račun površine med krivuljama, je sestavljen indeks, ki celovito prikazuje stanje vozišča (I_{Total}) – glej poglavje 6.8.4. Površino med krivuljama je mogoče še dodatno utežiti, na primer z gostoto prometa, ter tako dati odsekom z več prometa višjo prioriteto. Tako definirana korist je tem večja, čim večji je vpliv obnove na stanje vozišča. Pri taki definiciji koristi je potrebno biti previden pri redu velikosti koristi; velikost mora biti v skladu z redom velikosti stroškov obnove, da je izračunano razmerje koristi in stroškov razumna vrednost; npr. ekstremno visoka korist in ekstremno nizki stroški lahko povzročijo nepredvidljive rezultate.



Slika 2: Izračun koristi po metodi površine med krivuljama

Figure 2: Calculation of benefits according to method of area between the curves

Seveda s svojo odprtostjo dTIMS omogoča tudi definicijo poljubnega načina izračunavanja koristi.

V analizah življenjskega ciklusa ni treba vedno gledati na koristi uporabnikov. Lastnik cestnega omrežja lahko želi (ali pa ima obveznost) vzdrževati določeno raven storitev (level of service), kar je navada v koncesijskih pogodbah za vzdrževanje vozišč. Vprašanje, na katerega v tem primeru z analizami iščemo odgovor, je, kateri so najnižji stroški koncesionarja, da bo ravno še dosegal zahtevano raven storitev. Tak tip analize se imenuje *Minimalni stroški* (Minimum agency cost), ki je tudi na voljo za uporabo v dTIMS.

V aplikaciji, ki sem jo razvila za ceste G1 in G2, sem uporabila analizo koristi in stroškov (CBA - Cost-Benefit Analyses), korist pa sem definirala kot površino med krivuljama, uteženo s povprečnim letnim dnevnim prometom (PLDP).

4.4 Izbira strategije (optimizacija)

Končni cilj analiz LCC in CBA je poiskati eno strategijo za vsak del cestnega omrežja med vsemi mogočimi strategijami na tem delu omrežja, ki bo zagotavljala predpisano stanje in ustrezala omejitvam virov.

Če bi analizirali le en del cestnega omrežja (na primer en odsek ali del odseka), bi bila izbira najboljše strategije preprosta. Toda v eni analizi cestnega omrežja je veliko delov omrežja (odsekov ali delov odsekov), ciljna funkcija in omejitve virov pa veljata za vse dele omrežja skupaj, ne le za posamezen delček omrežja.

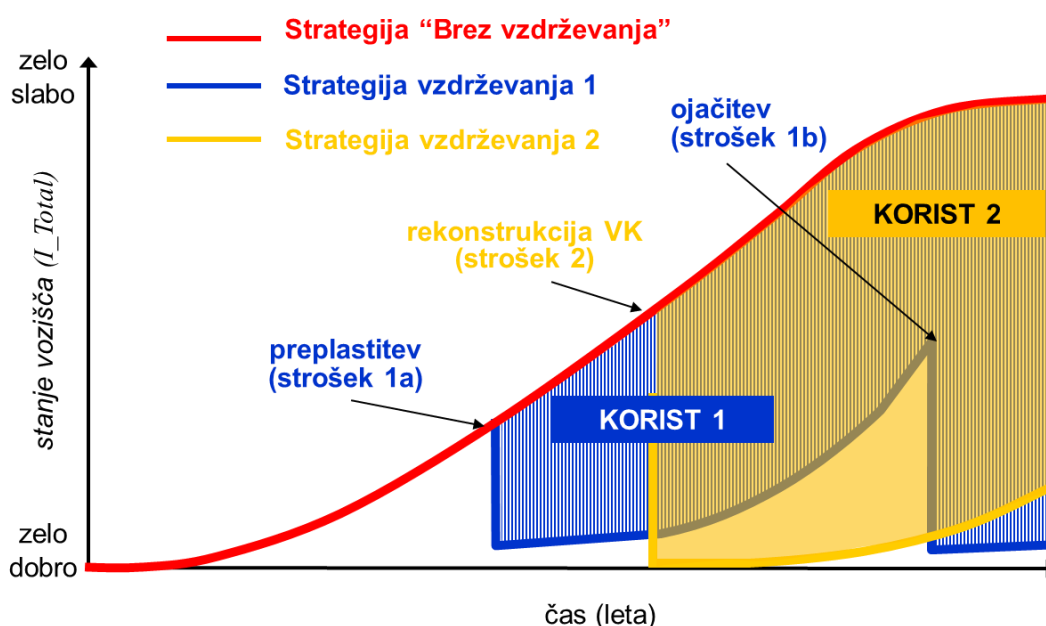
Če je ciljna funkcija minimizacija stroškov lastnika, je določitev optimalne strategije obnavljanja na posameznih delih cestnega omrežja razmeroma preprosta, ker je treba najti le strategije z najnižjimi stroški za posamezen del cestnega omrežja. Podobno je, če želimo minimizirati skupne stroške brez omejitev virov.

Slika 3 prikazuje različne koristi pri različnih strategijah obnavljanja. Vozišče je namreč mogoče obnoviti na različne načine, odvisno od stopnje poškodovanosti in nosilnosti voziščne konstrukcije, pa tudi od tornih karakteristik. Večji ko je učinek vzdrževalnega ukrepa na stanje vozišča, večja je površina med krivuljama. Zato ukrepi, ki koreniteje izboljšajo stanje vozišča, povzročijo večje izboljšanje stanja vozišča in počasnejše slabšanje stanja v prihodnosti.

Na sliki 3 je z rdečo krivuljo prikazano slabšanje stanja vozišča (model propadanja), izraženega s skupnim indeksom stanja I_{Total} (glej poglavje 6.8.4), ki ne predvideva nobenih sredstev za obnavljanje (strategija »Brez vzdrževanja«).

Strategija obnavljanja 1 je predstavljena z modro črto in predvideva v določenem trenutku izvedbo preplastitve, ki povzroči strošek 1a in hipno izboljšanje stanja, nato se stanje postopoma slabša, čez določen čas pa predvideva ojačitev, ki povzroči strošek 1b in hipno izboljšanje stanja ter nadaljevanje propadanja po položnejši krivulji. Površina med rdečo in modro krivuljo je obarvana modro in označena z napisom KORIST 1.

Strategija obnavljanja 2 je prikazana z rumeno krivuljo in predvideva pri bolj poškodovanem vozišču rekonstrukcijo voziščne konstrukcije, ki povzroči strošek 2, ki je višji od stroška 1a ali stroška 1b, povzroči pa tudi večje hipno izboljšanje stanja ter počasnejše propadanje vozišča v prihodnosti. Površina med rdečo in rumeno krivuljo je obarvana rumeno in označena z napisom KORIST 2.



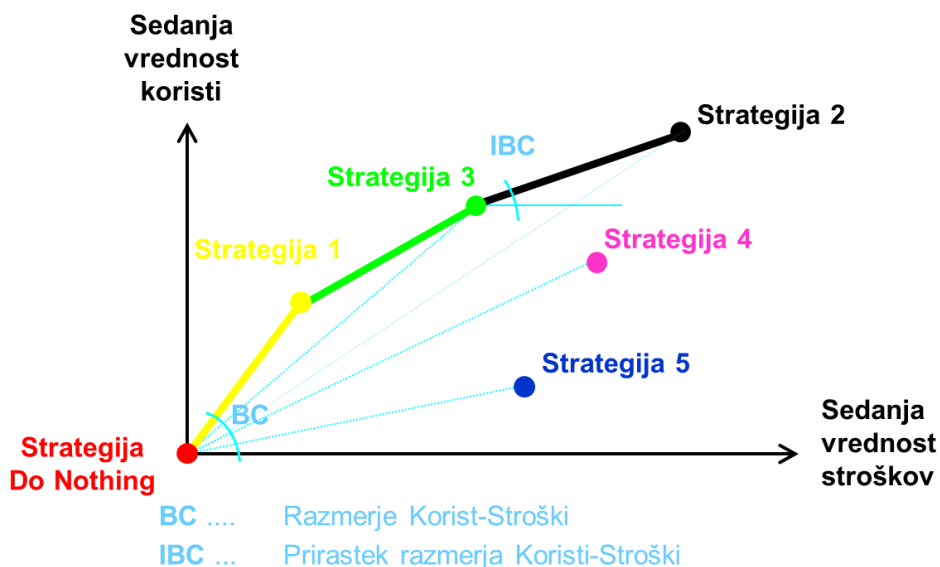
Slika 3: Izračun koristi po metodi površine med krivuljama

Figure 3: Calculation of benefits according to method of area between the curves

Katera strategija obnavljanja bo dobila višjo prioriteto, je torej odvisno od koristi, ki so lahko tudi utežene na primer z gostoto prometa. Če so sredstva neomejena, bo edino merilo korist.

Kadar pa obstojijo omejitve virov (letnih proračunov), je proces optimizacije veliko bolj kompleksna naloga, ker strategije obnavljanja na enem elementu cestnega omrežja tekmujejo za omejena sredstva, ki so na razpolago, s strategijami obnavljanja na drugih elementih cestnega omrežja. Če pomislimo na veliko število elementov cestnega omrežja (homogenih odsekov), od katerih ima vsak več možnih strategij obnavljanja, in še na to, da so proračuni v posameznih letih analiziranega obdobja omejeni, postane matematični proces zelo zahteven.

Na sliki 4 je grafično prikazana optimizacija z maksimizacijo koristi. Na abscisi je sedanja vrednost stroškov, na ordinati pa sedanja vrednost koristi. Vsaka strategija ima svojo točko v diagramu glede na strošek in korist, ki ju povzroči.



Slika 4: Optimizacija

Figure 4: Optimization

V koordinatnem izhodišču na sliki 4 je strategija »Brez vzdrževanja« (Do Nothing), ki ne povzroča stroškov, seveda pa tudi nobenih koristi. Optimizacija vzame v obzir točke z najvišjimi koristmi. Če so viri (Proračun za obnove) neomejeni, bo izbrana kot optimalna Strategija 2, ker ima največjo korist, seveda pa tudi največji strošek. Če so viri omejeni in je Strategija 2 predraga, bo izbrana Strategija 3, ki ima sicer nižjo korist, vendar pa tudi nižji strošek. Če je tudi strošek te strategije previsok, bo izbrana Strategija 1, če pa tudi za to ni sredstev, bo izbrana strategija Do Nothing, torej brez obnavljanja. Strategiji 4 in 5 ne prideta v poštev, ker obstajata strategiji 1 in 3, ki imata višjo korist ob nižjih stroških.

5 OPIS PROGRAMSKE OPREME dTIMS ZA GOSPODARJENJE Z VOZIŠČI

dTIMS je kratica za deighton's Total Infrastructure Management System (Deightonov sistem za gospodarjenje z infrastrukturo).

dTIMS je programska oprema, ki omogoča gospodarjenje s poljubnim premoženjem, v tem primeru z vozišči. Uporabnik lahko izvaja dve glavni nalogi:

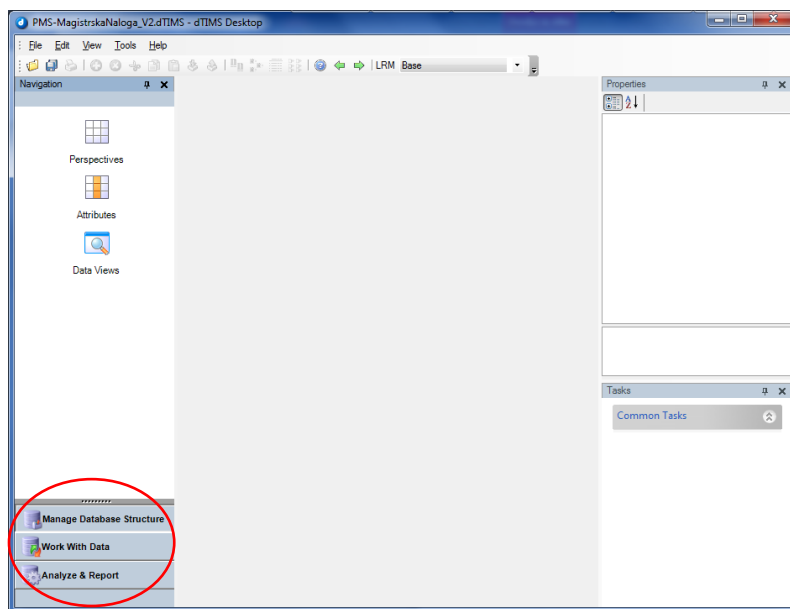
- ustvarja in vzdržuje baze podatkov in jih medsebojno povezuje
- izvaja analize LCC (Life Cycle Cost Analysis – analize stroškov v življenjskem ciklusu) na voziščih.

Z avtomatičnim referenčnim sistemom je omogočena medsebojna povezava podatkov v različnih tabelah v bazi podatkov, ki omogoča delitev in združevanje delov omrežja s transformacijo njihovih podatkov (slika 37).

Ko je programska oprema nameščena, je popolnoma prazna, omogoča pa samostojno oblikovanje baze podatkov, modelov propadanja, kataloga ukrepov, izračuna stroškov in koristi ter prikaza rezultatov. V širšem pomenu si lahko dTIMS predstavljamo kot povezavo prednosti Microsoft Accessa pri delu z bazami podatkov z analitičnimi sposobnostmi Microsoft Excela, ki sta ob namestitvi ravno tako prazna. Na ta način dTIMS omogoča uporabniku, da zgradi lastno bazo podatkov in analitični model. Uporabnik sam določi, katere podatke bo vključil v analize in kakšna bo njihova oblika. Na ta način je omogočeno postopno delo od preprostega sistema do vedno bolj prefinjenega.

Tako dTIMS sestoji iz treh glavnih modulov (slika 5):

- baza podatkov (Manage Database Structure) – glej poglavje 5,
- delo s podatki (Work With Data) – glej poglavje 5.2 – in
- analize in rezultati (Analyze & Report) – glej poglavje 5.3.



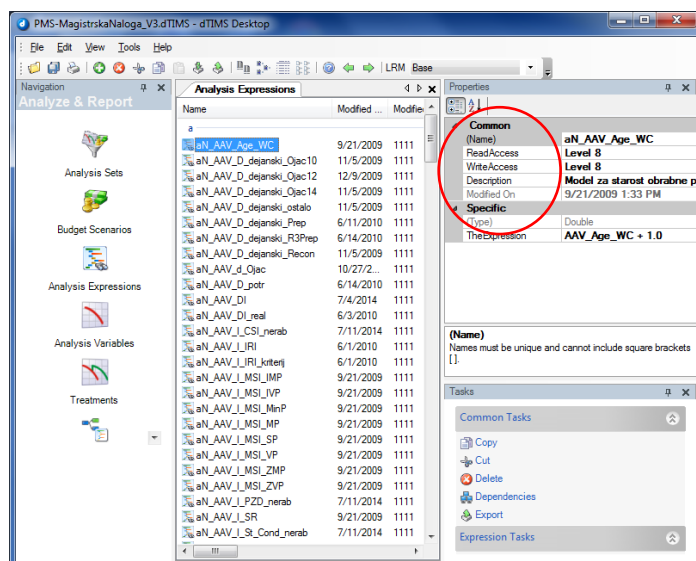
Slika 5: Osnovno okno dTIMS

Figure 5: Main window of dTIMS

Za vsak element (tabelo, atribut, matematični izraz, proračun ...), ki ga definiramo v dTIMS, se določi naslednje informacije (slika 6):

- ime (Name)
- pravice branja in pisanja (Read & Write Access)
- opis (Description).

Smiselno je, da že ime pove, katero lastnost z njim opisujemo (Naming Convention), pravice branja in pisanja definira administrator, opis pa je tekstovno polje, v katerega uporabnik vpiše kratek opis, kaj element v aplikaciji predstavlja.



Slika 6: Definicija osnovnih informacij v vseh elementih v dTIMS

Figure 6: Definition of basic information in all elements in dTIMS

5.1 Komponente modula »Baza podatkov«

Baza podatkov je organizirana zbirka podatkov o cestnem omrežju. Vsebovati mora dve glavni komponenti:

- podatke: surove podatke (inventurni in geometrijski podatki, podatki o stanju vozišč, prometni podatki ...)
- odnose med podatki: če opisujemo vsako vrsto podatkov v drugi tabeli, morajo med tabelami obstajati odnosi (Relationships).

Osnovni elementi modula »Baza podatkov« (Manage Database Structure) so:

- tabele (Perspectives),
- atributi (Attributes) in
- pregledi podatkov (Data Views).

5.1.1 »Tabele« (Perspectives)

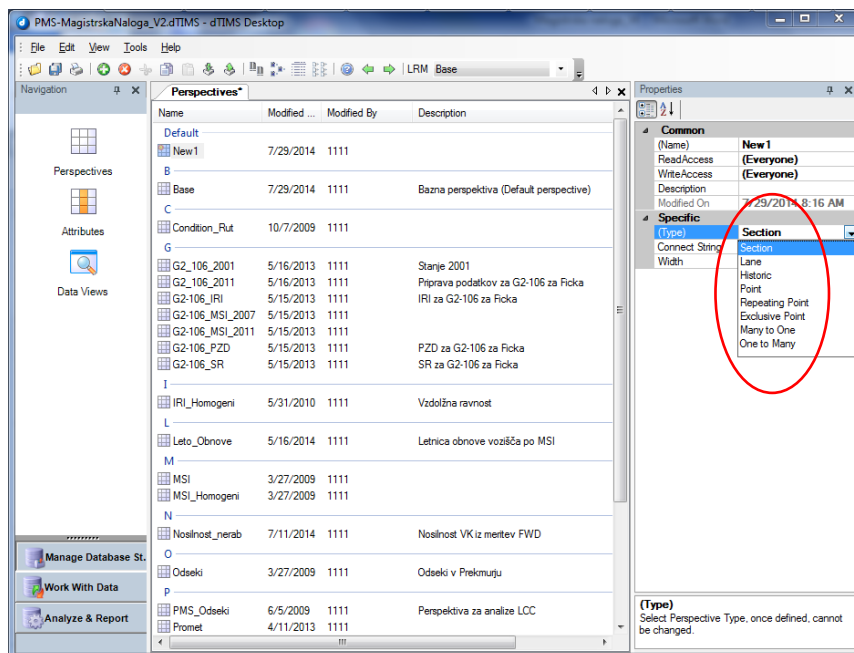
»Tabela« v dTIMS predstavlja skupino podatkov, ki opisujejo določeno lastnost cestnega omrežja. Ime perspektiva izhaja iz dejstva, da vsaka od njih predstavlja drugačen pogled na cestno omrežje, na primer za opis različnih nizov podatkov o stanju vozišča, prometu, inventuri in drugem.

Načrtovanje baze podatkov v dTIMS se začne z edino zahtevano vsebino v dTIMS: »Bazno tabelo« (Base Perspective – glej sliko 36), ki predstavlja vrh strukture baze podatkov. Vse nadaljnje tabele, ki jih definira uporabnik poljubno, so povezane (Relationships) s to bazno tabelo in imajo lahko drugačno delitev (glej sliko 37), odvisno od podatkov, ki so v njih. Vsaka tabela, ki jo definiramo, je sestavljena iz vrstic (Elements) in stolpcev (Attributes). Vrstice v tabeli so vezane na lokacijo na omrežju cest, atributi pa opisujejo poljubne lastnosti, na primer širino, torne karakteristike, število pasov, PLDP itd.

Na ta način je mogoče definirati toliko tabel, kolikor različnih nizov podatkov želimo vključiti v analize.

Za izvedbo analiz LCC morajo biti podatki iz posameznih tabel združeni (transformirani) v eno samo tabelo, ki se uporablja kot osnova za analize. Imenuje se *glavna tabela*.

dTIMS omogoča definicijo različnih vrst tabel (slika 7 in preglednica 1).



Slika 7: Okno za definicijo »Tabel«

Figure 7: Window for definition of Perspectives

Preglednica 1: Vrste tabel v dTIMS

Table 1: Perspective types in dTIMS

Vrsta tabele	Opis in uporaba
"Section"	Definira niz medsebojno izključujočih se elementov, kar pomeni, da se elementi ne morejo prekrivati (na primer inventura odsekov, stanje vozne površine po določeni lastnosti ...).
"Lane"	Definira niz elementov, ki se lahko prekrivajo. V tem primeru sistem privzame, da je na tem odseku več dogodkov na isti lokaciji (na primer več prometnih pasov); tako lahko opišemo vsak pas posebej (na primer stanje vozne površine na posameznem prometnem pasu, širina posameznega prometnega pasu ...).
"Historic"	Podobno kot tabela "Section", le da se lahko elementi časovno prekrivajo; uporablja se za shranjevanje podatkov, ki kontinuirano prihajajo v bazo podatkov in prekrivajo starejše podatke (na primer stanje vozne površine v posameznih letih, podatki o voziščnih konstrukcijah pred in po obnovi ...).
"Repeating Point"	Definira niz točkovnih elementov, kjer lahko več elementov obstaja na določeni lokaciji (na primer prometne nesreče, prometni znaki,...).
"Exclusive Point"	Definira niz točkovnih elementov, ko lahko le en element obstaja na določeni lokaciji, vendar ima lahko več elementov na omrežju enako identifikacijsko oznako (ID), dokler so na različnih odsekih (na primer cestna tablica km 0,000 obstaja na vseh odsekih, vendar je le ena na vsakem odseku).
"Many to One"	Definira niz elementov (na primer ime vzdrževalca), kjer je več elementov v izvorni tabeli v odnosu z enim elementom predmetne tabele.
"One to Many"	Definira niz elementov (na primer vzdrževalnih ukrepov), ko se lahko en element v izvorni tabeli uporabi na več elementih predmetne tabele.

V polju Connected String lahko definiramo pot do zunanje ODBC (Open Database Connectivity) baze podatkov.

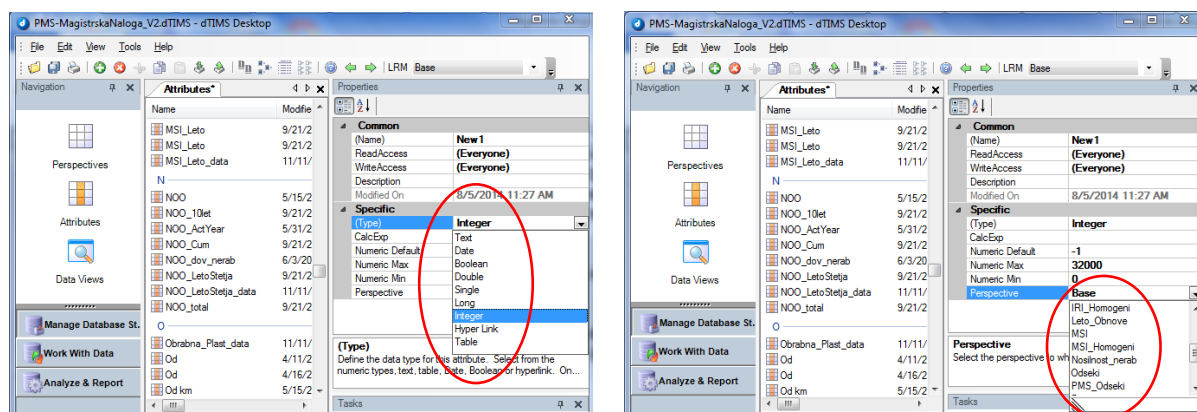
Širina (Width) predstavlja dolžino identifikacije posameznega elementa v tabeli (Element ID).

5.1.2 »Atributi« (Attributes)

Po definiciji tabel je za vsako od njih treba definirati lastnosti, ki jih želimo opisovati v posamezni tabeli. Za to so v dTIMS na razpolago »Atributi« (Attributes).

Atributi navadno predstavljajo največji nabor objektov v definiranju baze podatkov. Za vsak atribut lahko uporabnik poljubno definira

- tip atributa (Text, Date, Boolean, Double, Single, Long, Integer, Hyper Link, Table) – slika 8 levo,
- matematični izraz za izračun (CalcExp),
- število decimalnih mest (Number of Decimals),
- privzeto vrednost, ki se avtomatično vnese, kadar podatek manjka (Numeric Default),
- maksimalno in minimalno vrednost, ki jo atribut lahko doseže (Numeric Max in Min) in
- kateri tabeli atribut pripada (Perspective) – slika 8 desno.



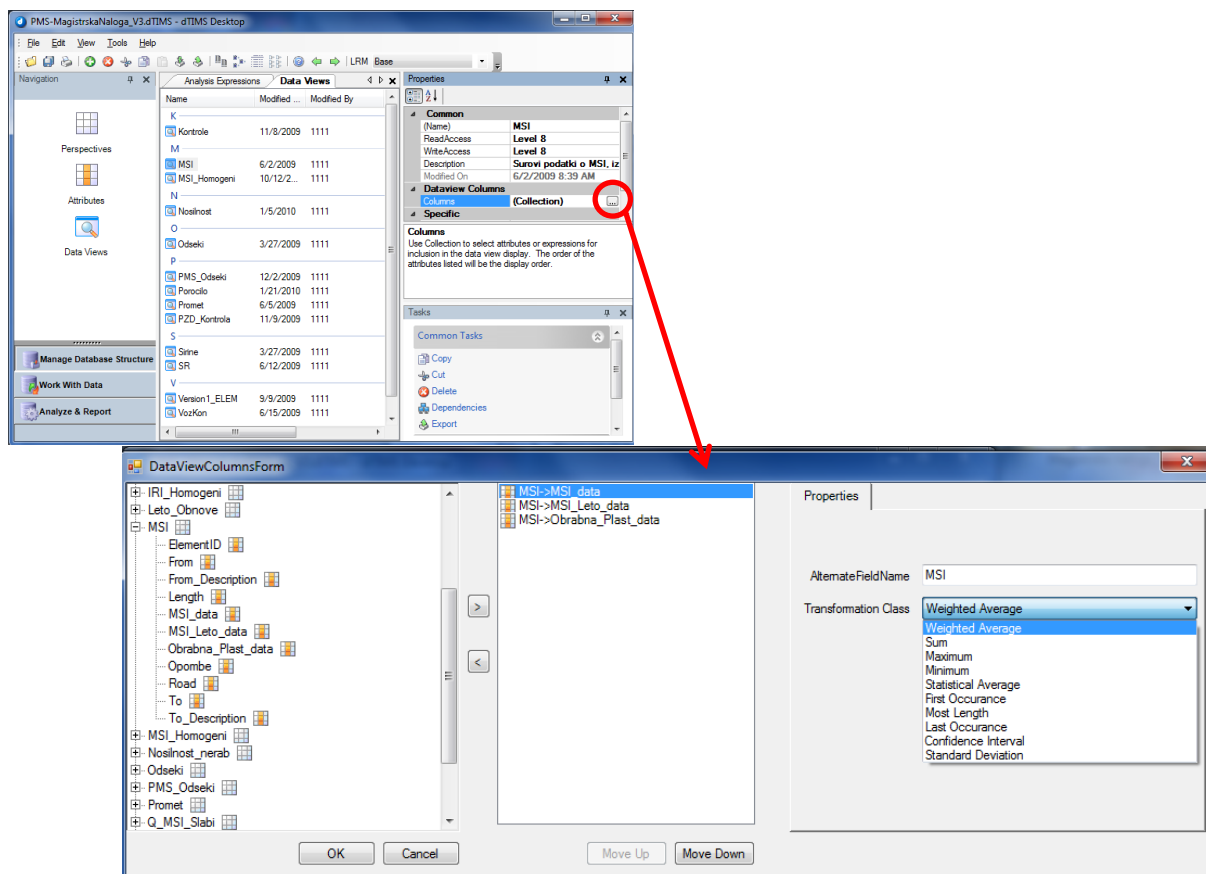
Slika 8: Okno za definicijo atributov

Figure 8: Window for definition of Attributes

5.1.3 »Pregledi podatkov« (Data Views)

»Pregledi podatkov« so izpeljane tabele iz baze podatkov, v katerih uporabnik izbere attribute, ki jih želi prikazovati (slika 9 zgoraj). Za izbiro atributov je pripravljena maska (slika 9 spodaj), kjer v levem polju poiščemo in izberemo attribute, ki jih želimo prikazati, jih prenesemo v srednje polje in določimo transformacijske razrede (Transformation Class), ki povedo, kako naj se pri transformacijah med tabelami izračuna vrednost posameznega atributa na novem homogenem odseku (glej sliko 37). Transformacijski razredi so:

- uteženo povprečje (Weighted Average),
- vsota (Sum),
- maksimalna vrednost (Maximum),
- minimalna vrednost (Minimum),
- statistično povprečje (Statistical Average),
- prvi podatek (First Occurrence),
- podatek na največji dolžini (Most Length),
- zadnji podatek (Last Occurrence),
- interval zaupanja (Confidence Interval) in
- standardna deviacija (Standard Deviation).



Slika 9: Okno za definicijo »Pregledov podatkov«

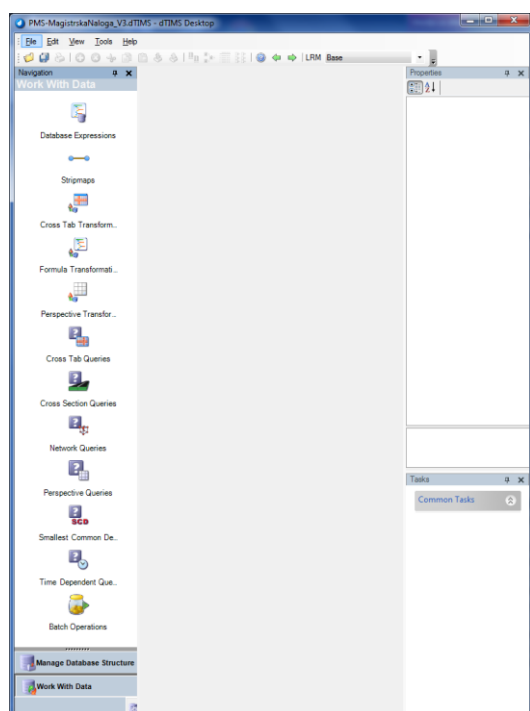
Figure 9: Window for definition of Data Views

5.2 Komponente modula »Delo s podatki«

Modul »Delo s podatki« (Work With Data) omogoča preračune, transformacije in pregled podatkov v bazi podatkov (slika 10).

Najpomembnejši elementi modula »Delo s podatki« so:

- matematični izrazi v bazi podatkov (Database Expressions),
- grafični prikazi podatkov (Stripmaps),
- transformacije (Transformations) in
- skupine ukazov (Batch Operations).



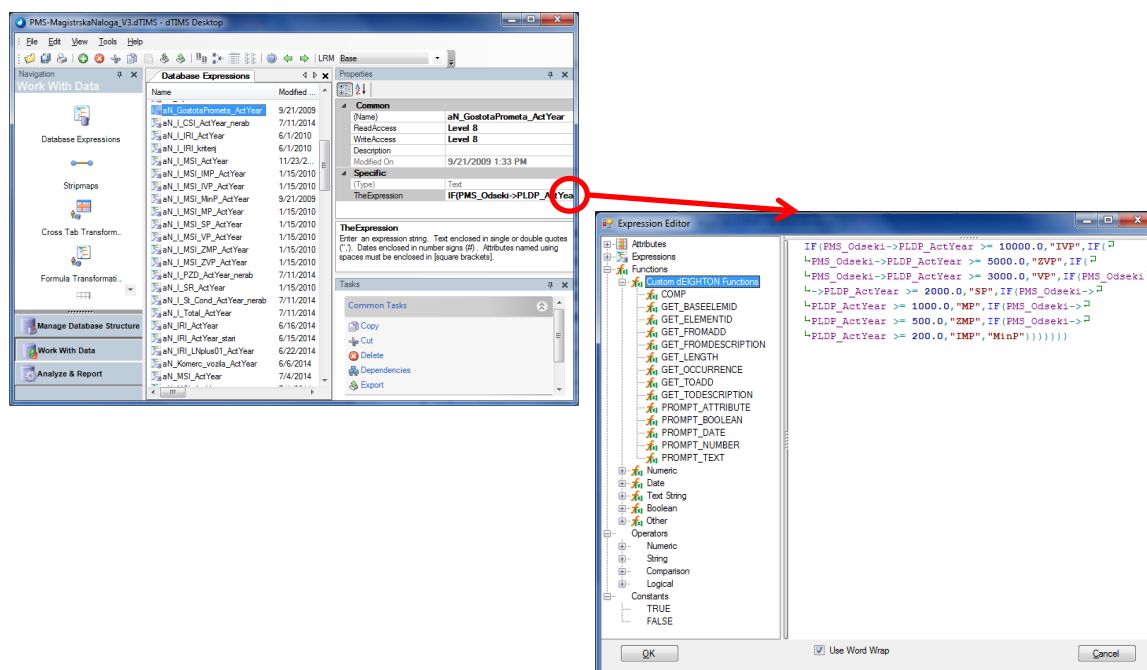
Slika 10: Modul »Delo s podatki«

Figure 10: Work with Data module

5.2.1 »Matematični izrazi v bazi podatkov« (Database Expressions)

Kadar hoče uporabnik nekaj izračunati, skombinirati ali preiskati v bazi podatkov, uporabi objekt »Matematični izrazi v bazi podatkov« (slika 11). Uporabnik lahko vgradi poljubne matematične ali logične izraze in z njimi definira operacije med atributi ali tvori filtre.

V polju The Expression z urejevalnikom enačb uporabnik izbere attribute ali predhodno definirane matematične izraze in jih poljubno poveže v nove matematične izraze.



Slika 11: Okno za definicijo »Matematičnih izrazov v bazi podatkov«

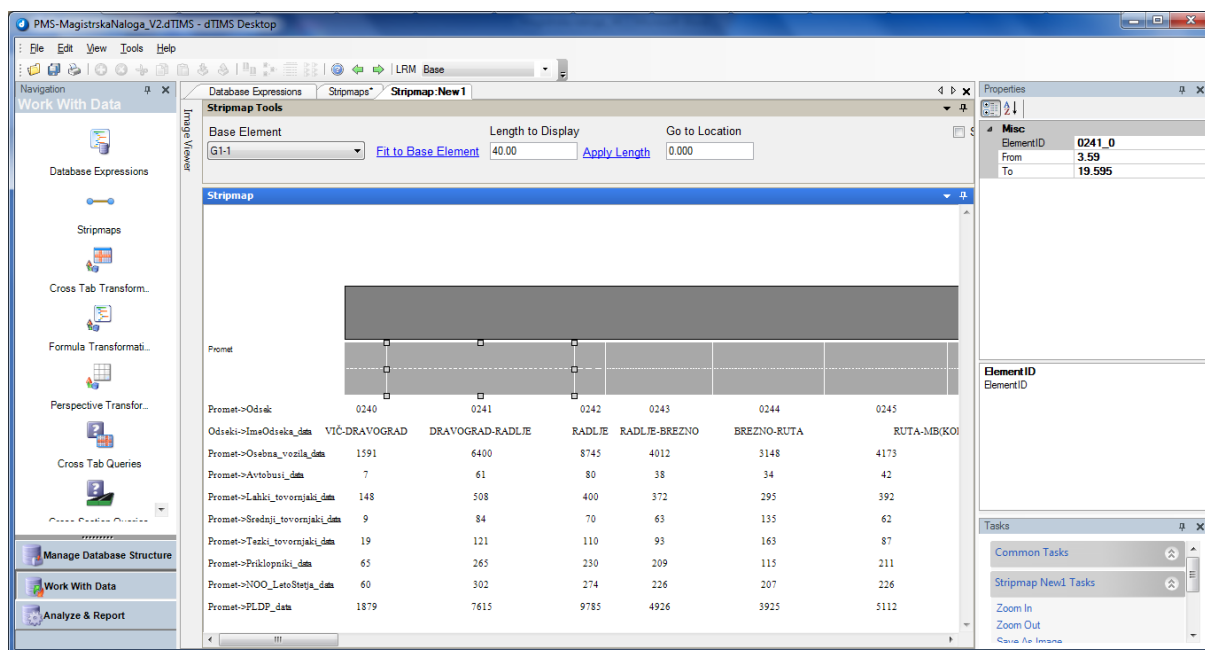
Figure 11: Window for definition of Database Expressions

Filtri omogočajo uporabniku, da izvaja izračune in analize na delu cestnega omrežja, ki ustreza določenemu izrazu v filtru. Omogočajo tudi definicijo »družin« za različne izračune, na primer krivulje propadanja so lahko definirane z družino krivulj.

dTIMS ima poleg vseh osnovnih funkcij, ki so na razpolago na primer v Microsoft Accessu, tudi kompilacijske funkcije (Custom dEIGHTON Functions), ki olajšujejo uporabniku delo (na primer za izračun dolžine posameznega odseka v tabeli obstaja funkcija GET_LENGTH).

5.2.2 »Linijske karte« (Stripmaps)

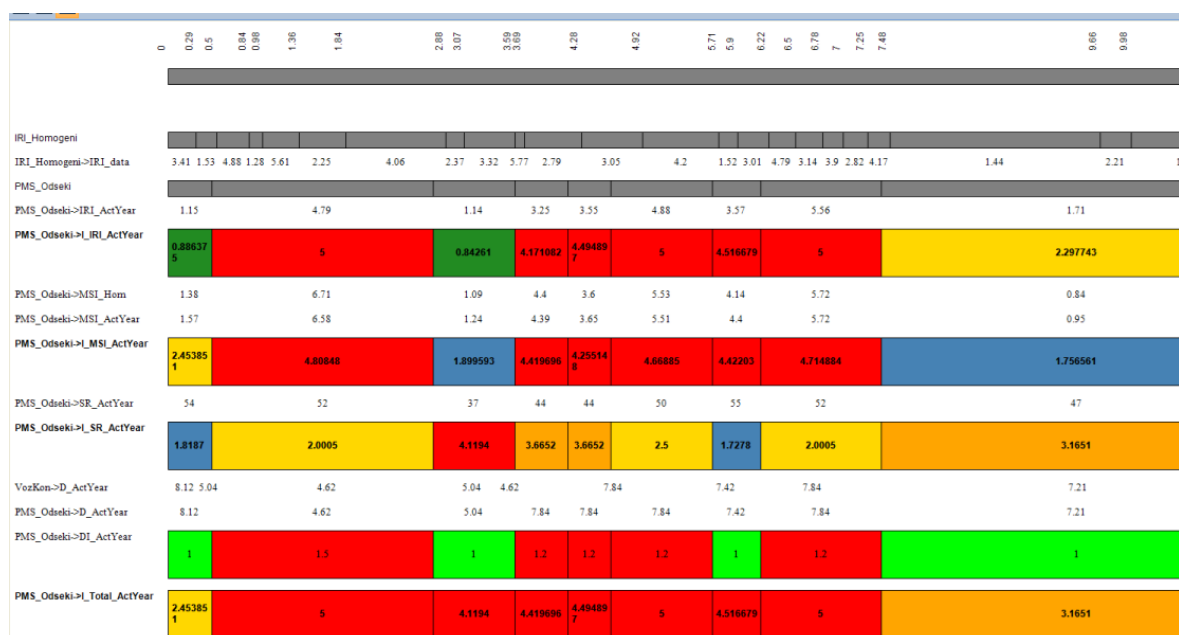
dTIMS omogoča tudi grafično ponazoritev podatkov z »Linijskimi kartami« (Strip Maps), in sicer v tekstualni obliki (slika 12) in grafični obliki (slika 13). V linijskih kartah je mogoče prikazovati in spreminjati podatke iz različnih tabel. Linijske karte omogočajo hitro kontrolo in popravo podatkov.



Slika 12: »Linijaska karta« v tekstualni obliki

Figure 12: Stripmap in textual form

Videz linijske karte oblikuje uporabnik sam. Izbere atribute, ki jih želi pregledovati. Atributi so lahko iz različnih tabel. Oblikuje lahko barvno lestvico, ki ponazarja stanje od zelo slabega do zelo dobrega (slika 13).



Slika 13: »Linijnska karta« v grafični obliki

Figure 13: Stripmap in graphical form

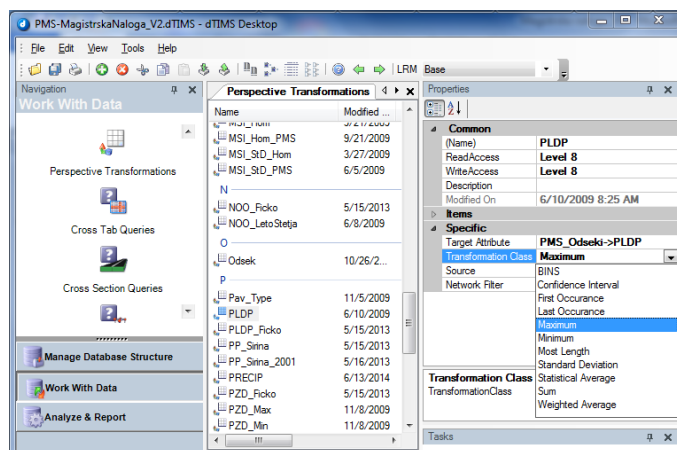
5.2.3 »Transformacije« (Transformations)

Transformacije podatkov v dTIMS omogočajo prenos podatkov iz ene oblike v drugo ali iz ene tabele v drugo. Transformacija poteka preko vrednosti posameznih atributov iz izhodišča (Source) v cilj (Target). dTIMS omogoča tri transformacijske načine:

- transformacije med tabelami (Perspective Transformations),
- transformacije z enačbami (Formula Transformations) in
- transformacije s tabelami (Cross Tab Transformations).

5.2.3.1 »Transformacije med tabelami«

»Transformacije med tabelami« omogočajo prenos podatkov iz atributa izhodiščne tabele (Source) v atribut ciljne tabele (Target Attribute) z uporabo različnih transformacijskih razredov (Transformation Class), saj so zbrani podatki navadno v drugačni obliki (homogenizirani na drugačen način) kot tisti, ki jih potrebujemo za analize v sistemu gospodarjenja z vozički (slika 14).



Slika 14: Okno za definicijo »Transformacij med tabelami«

Figure 14: Window for definition of Perspective Transformations

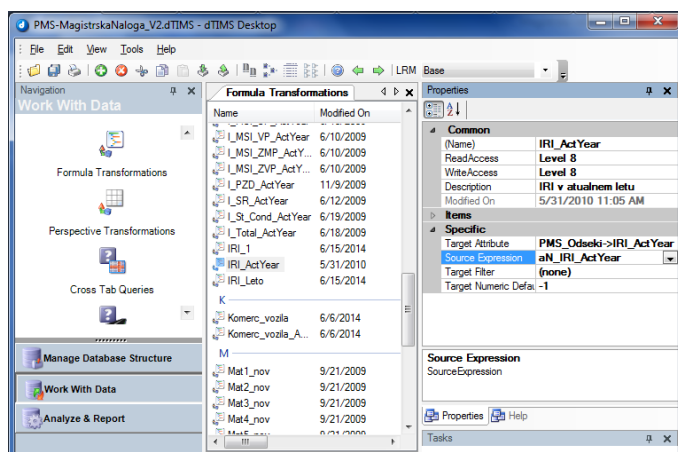
Transformacijski razredi so:

- odstotek dolžine (BINS),
- interval zaupanja (Confidence Interval),
- prvi podatek (First Occurrence),
- zadnji podatek (Last Occurrence),
- maksimalna vrednost (Maximum Value),
- minimalna vrednost (Minimum Value),
- podatek na največji dolžini (Most Length),
- standardna deviacija (Standard Deviation),
- statistično povprečje (Statistical Average),
- vsota (Sum),
- uteženo povprečje (Weighted Average).

Tako lahko uporabnik že pri prenosu surovega podatka iz izvorne tabele v glavno tabelo določi, na kakšen način naj se osnovni podatek prenese.

5.2.3.2 »Transformacije z enačbami« (Formula Transformations)

»Transformacije z enačbami« uporabljajo matematične izraze, definirane v »Matematičnih izrazih v bazi podatkov«, za pretvorbo podatkov znotraj ene tabele (slika 15).



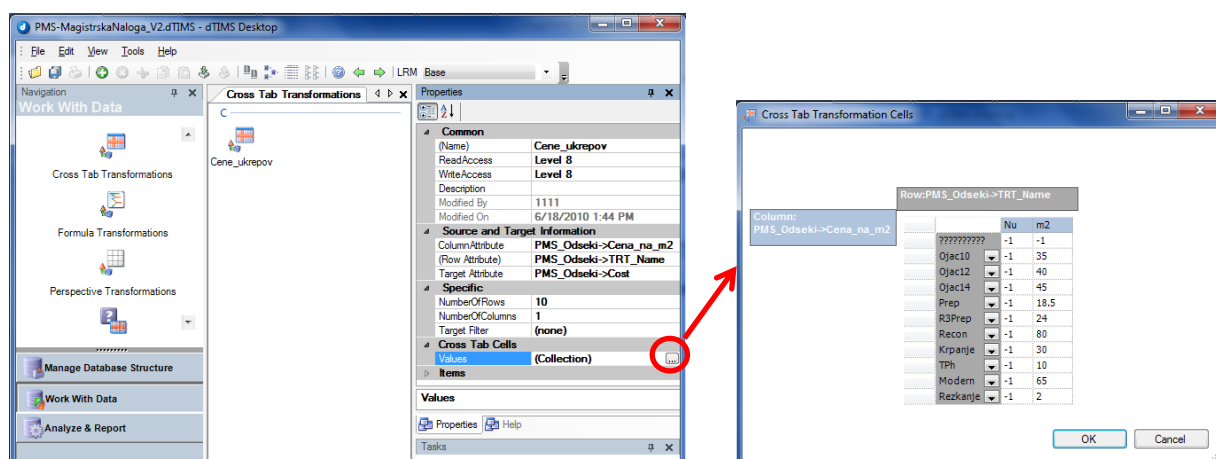
Slika 15: Okno za definicijo »Transformacij z enačbami«

Figure 15: Window for definition of Formula Transformations

Definirati je potrebno ciljni atribut (Target Attribute), matematični izraz (Source Expression), po potrebi filter (Target Filter) in privzeto vrednost (Target Numeric Default) v primeru, da podatek manjka. Vsi atributi, ki nastopajo v matematičnem izrazu ali filtru, morajo biti iz iste tabele, kot je ciljni atribut.

5.2.3.3 »Transformacije s tabelami« (Cross Tab Transformations)

»Transformacije s tabelami« (slika 16) so podobne tabelam Lookup v Excelu. Stolpci (Column Attribute) in vrstice (Row Attribute) v teh tabelah so definirani z ustreznimi atributi, celice pa so vrednosti, ki so pripisane ciljnemu atributu (Target Attribute). Definirati je potrebno število vrstic in stolpcev (Number Of Rows in Number Of Columns), nato pa definirati vrednosti v tabeli.



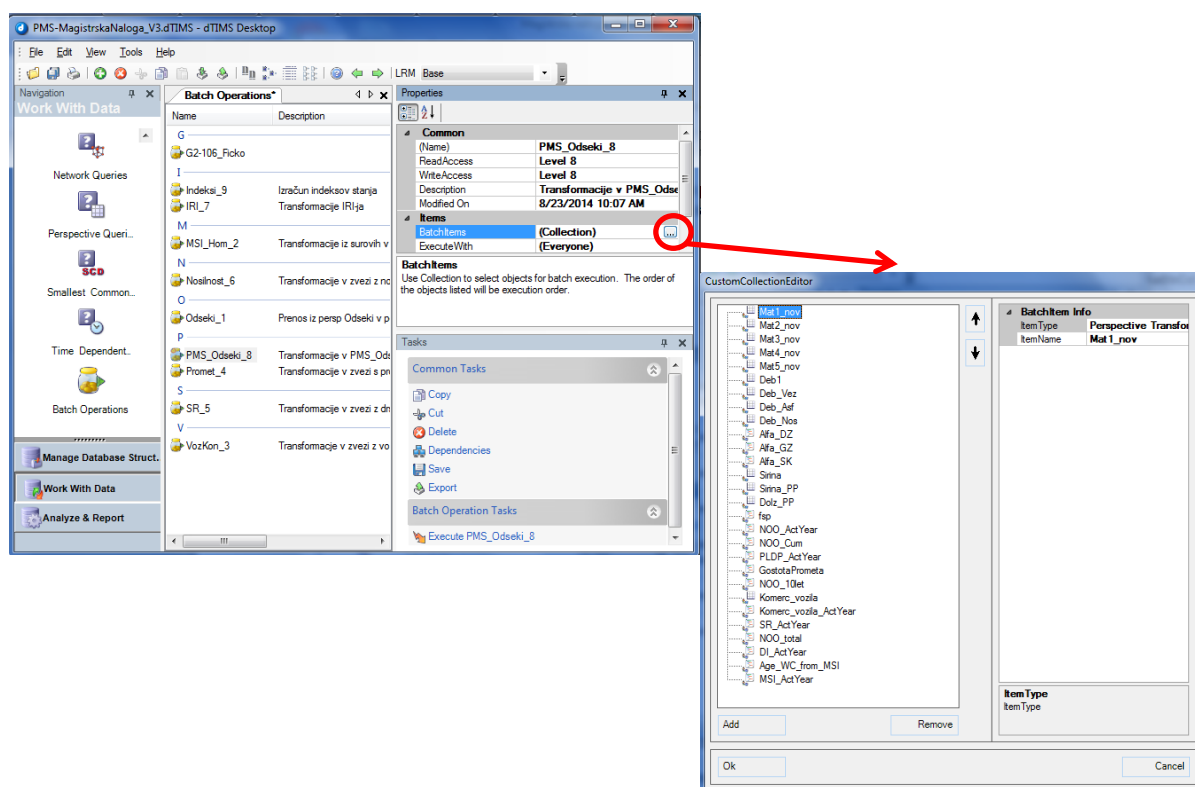
Slika 16: Okno za definicijo »Transformacij s tabelami«

Figure 16: Window for definition of Cross Tab Transformations

5.2.4 »Skupine ukazov« (Batch Operations)

»Skupine ukazov« se uporabljajo za definicijo vrstnega reda posameznih transformacij med podatki. Okno za definicijo »Skupine ukazov« je prikazano na sliki 17.

Definirati je treba vse transformacije, ki so potrebne za izračune znotraj posamezne tabele in za prenos teh vrednosti med tabelami.



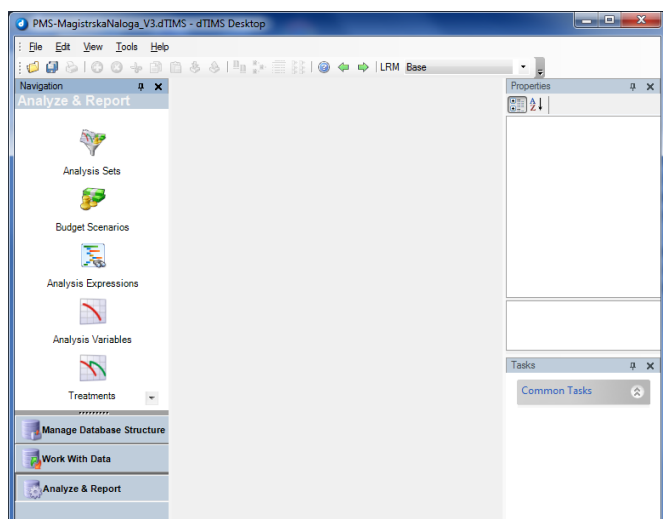
Slika 17: Okno za definicijo »Skupine ukazov«

Figure 17: Window for definition of Batch Operations

5.3 Komponente modula »Analize in rezultati«

Osnovni elementi modula »Analize in rezultati« (slika 18) so:

- definicija analize (Analysis Sets) – poglavje 5.3.1
- proračunski scenariji (Budget Scenarios) – poglavje 5.3.2
- matematični izrazi za analize (Analysis Expressions) – poglavje 5.3.3,
- spremenljivke (Analysis Variables) – poglavje 5.3.4
- ukrepi (Treatments) – poglavje 5.3.5.



Slika 18: Modul »Analize in rezultati«

Figure 18: »Analyze & Report« module

5.3.1 »Definicije analize« (Analysis Sets)

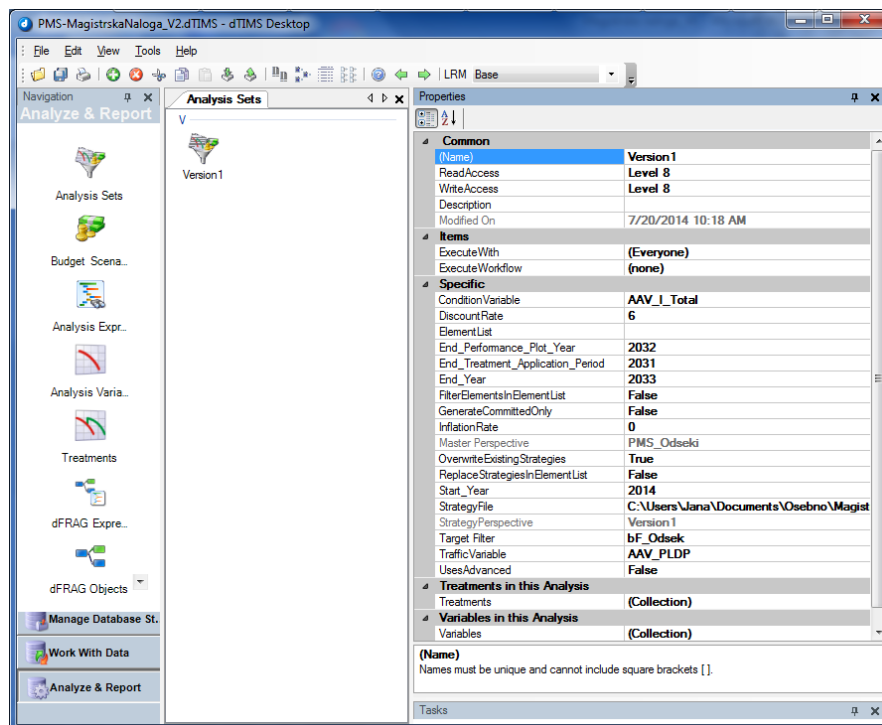
Izvršitev analiz LCC v dTIMS se odvija v dveh fazah. V prvi fazi se ustvarjajo (generirajo) strategije obnov za vsak element v glavni tabeli. Druga faza, imenovana optimizacija, izbira najboljšo strategijo obnove za vsak element v glavni tabeli v odvisnosti od razpoložljivega proračuna za obnove.

»Definicija analize« je jedro analiz LCC v dTIMS in definira, kako bodo strategije obnov generirane. Definirati je potrebno naslednje lastnosti (slika 19):

- ime spremenljivke, ki vsebuje podatke o stanju vozišč (Condition Variable),
- diskontno stopnjo (Discount Rate) [%],
- časovne periode, ki bodo uporabljene v analizah:
 - končno leto obdobja analize (End Performance Plot Year),
 - končno leto obdobja apliciranja ukrepov obnove (End Treatment Application Period); ker je predpostavljen datum 1. januar, v tem letu ne bo več obnov; zato je tudi letni proračun definiran le do predhodnega leta,
 - končno leto, do katerega se izdelava plan obnov (End Year),
 - začetno leto za analize (Start Year); to je prvo leto, v katerem se sprostijo ukrepi obnove,
- stopnjo inflacije (Inflation Rate),
- glavno tabelo, ki vsebuje vse potrebne podatke za analize (Master Perspective),
- datoteko, v katero se zapišejo rezultati analize (Strategy File),
- ime tabele, ki jo dTIMS avtomatično kreira v zunanji MS Accessovi datoteki, ki vsebuje vse rezultate analiz LCC (Strategy Perspective),
- po potrebi filter, ki omejuje analize le na del cestnega omrežja (Target Filter),
- spremenljivko, ki opisuje utežni faktor za površino pod krivuljo (Traffic Variable),
- možnost definiranja intervala analize na več kot eno leto (Uses Advanced),

- izbor ukrepov, ki bodo uporabljeni v analizah LCC (Treatments),
- izbor spremenljivk, ki bodo uporabljene v analizah LCC (Variables).

Na ta način so v »Definiciji analize« združeni vsi ostali objekti, ki so bili opisani do zdaj in ki morajo biti ustvarjeni predhodno.



Slika 19: Okno za »Definicijo analize«

Figure 19: Window for definition of Analysis Sets

5.3.2 »Proračunski scenariji« (Budget Scenarios)

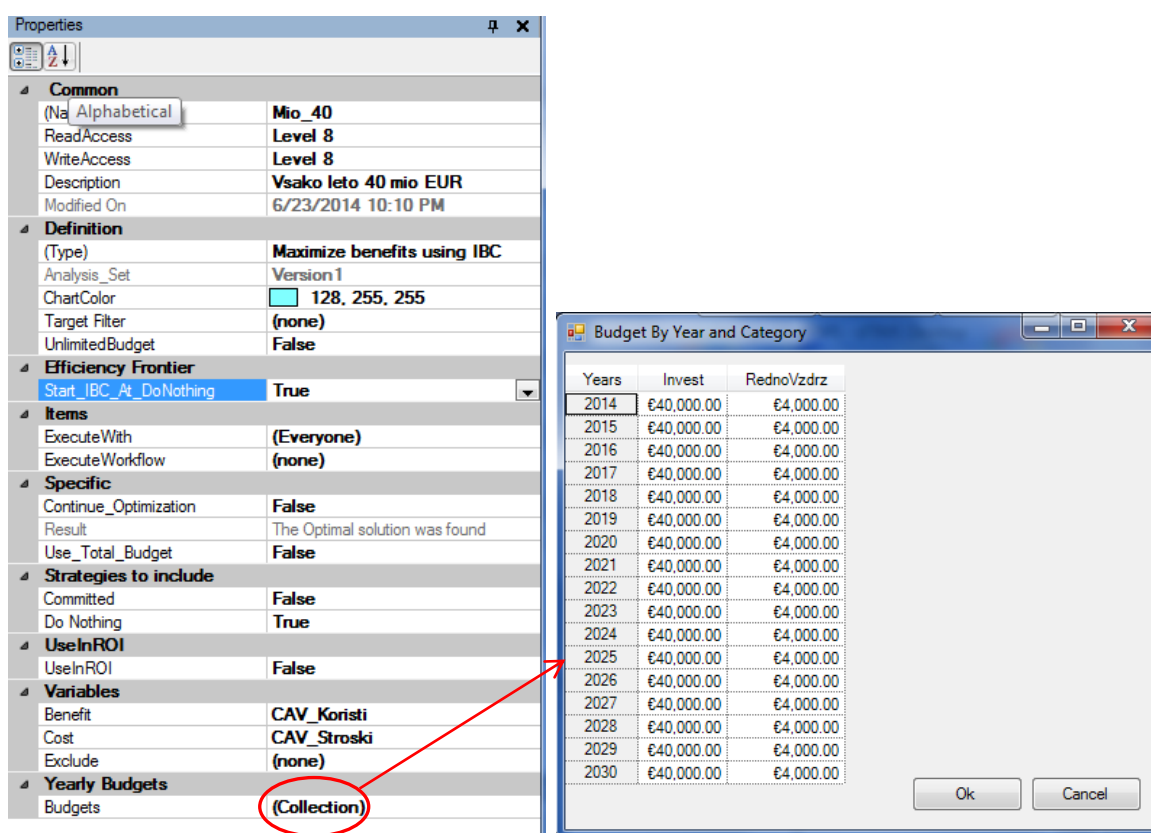
»Proračunski scenarij« definira drugo fazo analiz LCC – kako je izvedena optimizacija.

V »Proračunskem scenariju« je potrebno definirati (slika 20):

- tip optimizacije (Type); na voljo so tri vrste optimizacije:
 - maksimizacija koristi z uporabo IBC (Maximize Benefits Using IBC) – glej sliko 4,
 - maksimizacija koristi z uporabo drugega merila (Maximize Benefits Using Other Criteria): merilo določi uporabnik sam,
 - minimizacija stroškov (Minimize Cost): cilj je najti strategijo obnavljanja za vsak element cestnega omrežja, ki povzroči najnižje stroške upravljavcu, ne glede na koristi uporabnikov, kjer definiramo, kakšnega stanja ne sme preseči katerikoli del omrežja v celotnem obdobju analize; ta tip optimizacije najobičajneje uporabljajo koncesionarji,
- na katero definicijo analize se proračunski scenarij nanaša (Analysis Set),
- barvo, s katero so prikazani rezultati posameznih proračunskih scenarijev (Chart Color),
- ime filtra iz matematičnih izrazov za analize, ki definira le del omrežja (Target Filter),
- ali je proračun neomejen ali ne (Unlimited Budget, True/False),
- ali naj se za obnove uporablja skupni proračun za obnove ali ne (Use Total Budget, True/False),
- ali naj bodo v analize vključeni tudi vnaprej izbrani odseki ali ne (Committed, True/False); vnaprej izbrani oziroma vsiljeni odseki so tisti deli cestnega omrežja, kjer lahko uporabnik zahteva, da se izvede točno določen ukrep v točno določenem letu ne glede na to, ali bo ta odsek z optimizacijo prišel na vrsto za obnovo v tistem letu ali ne. Ta možnost je

namenjena za vključitev tistih odsekov v plan obnov, ki so zaradi različnih vzrokov (na primer pri večletnih investicijah ali pri mestnih cestah, kjer bo drug upravljavec menjal infrastrukturo v voziščni konstrukciji v določenem letu, tudi če vozišče ni v slabem stanju) že vnaprej določeni za obnovo. V primeru, da so vsiljeni odseki vključeni, lahko pri njih uporabnik definira leto izvedbe, vrsto ukrepa in strošek, lahko pa se strošek izračuna iz kataloga ukrepov. Sistem bo prednostno vključil te odseke v plan, optimizacijo na ostalih odsekih pa bo izvajal le v velikosti preostalega proračuna.

- ali naj bo vključena strategija »Brez obnavljanja« (Do Nothing, True/False),
- določitev vgrajene (kompilacijske) spremenljivke, ki opisuje sedanjo vrednost koristi (Benefit),
- določitev vgrajene (kompilacijske) spremenljivke, ki opisuje sedanjo vrednost stroškov (Cost),
- določitev kriterija za morebitno izključitev določenih strategij (Exclude),
- definicijo razpoložljivega proračuna (Budgets); v podoknu se odpre tabela za vnos višine letnih proračunov – glej sliko 20 spodaj.



Slika 20: Okno za definicijo »Proračunskega scenarija« in podokno za »Letne proračune«
Figure 20: Window for definition of Budget Scenarios and panel for Yearly Budgets

5.3.3 »Matematični izrazi za analize« (Analysis Expressions)

Matematični izrazi za analize ima enako funkcijo kot matematični izrazi v bazi podatkov, ki so opisani v poglavju 5.2.1.

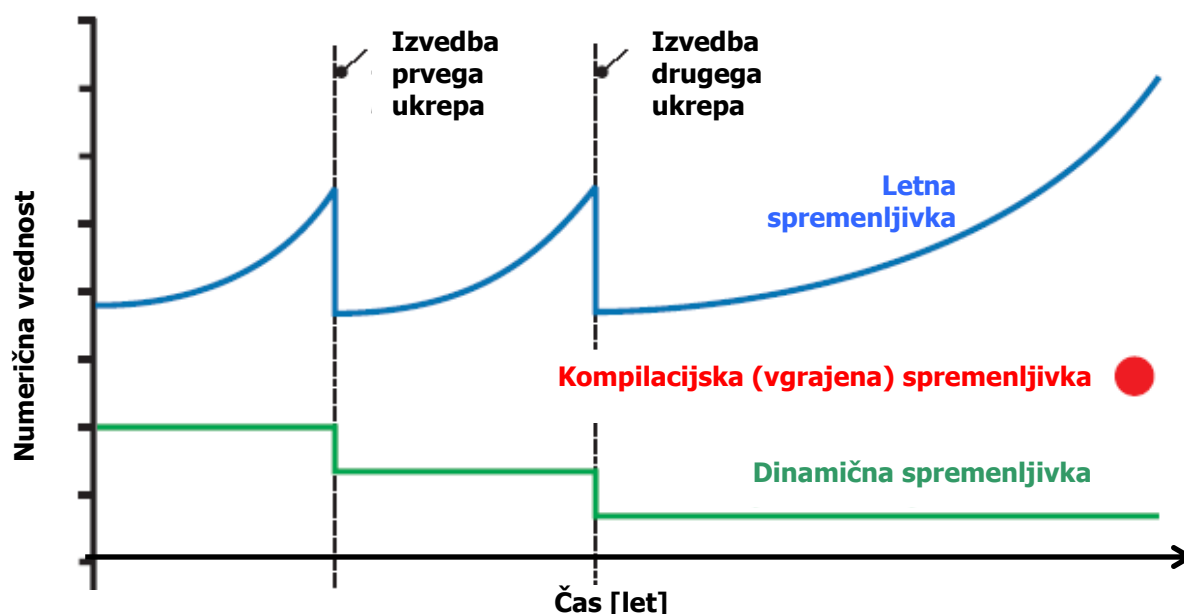
Kadar hoče uporabnik nekaj izračunati, skombinirati ali preiskati v analizah, uporabi objekt »matematični izrazi za analize«. Uporabnik lahko vgradi poljubne matematične ali logične izraze in z njimi definira operacije med atributi, spremenljivkami ali drugimi matematičnimi izrazi ali tvori filtre.

V polju The Expression z urejevalnikom enačb uporabnik izbere attribute ali predhodno definirane matematične izraze ali spremenljivke in jih poljubno poveže v nove matematične izraze.

5.3.4 »Spremenljivke« (Analysis Variables)

Analize LCC napovedujejo količine v prihodnosti in morajo zato imeti parametre, ki se spreminjajo s časom, kot je na primer stanje vozišča, in način spreminjanja (model) teh parametrov. Za to so v dTIMS na voljo 3 vrste »Spremenljivk« (slika 21):

- dinamične (Dynamic),
- letne (Annual),
- kompilacijske (Compilation).



Slika 21: Tipi spremenljivk v dTIMS
Figure 21: Types of Variables in dTIMS

Dinamične spremenljivke se uporabljajo za definicijo količin, ki se v analiziranem obdobju spremenijo (ponastavijo, resetirajo) le, ko je izveden ukrep obnove. Primer: tip obrabne plasti ali debelina voziščne konstrukcije, ki se spremeni po izvedbi ukrepa.

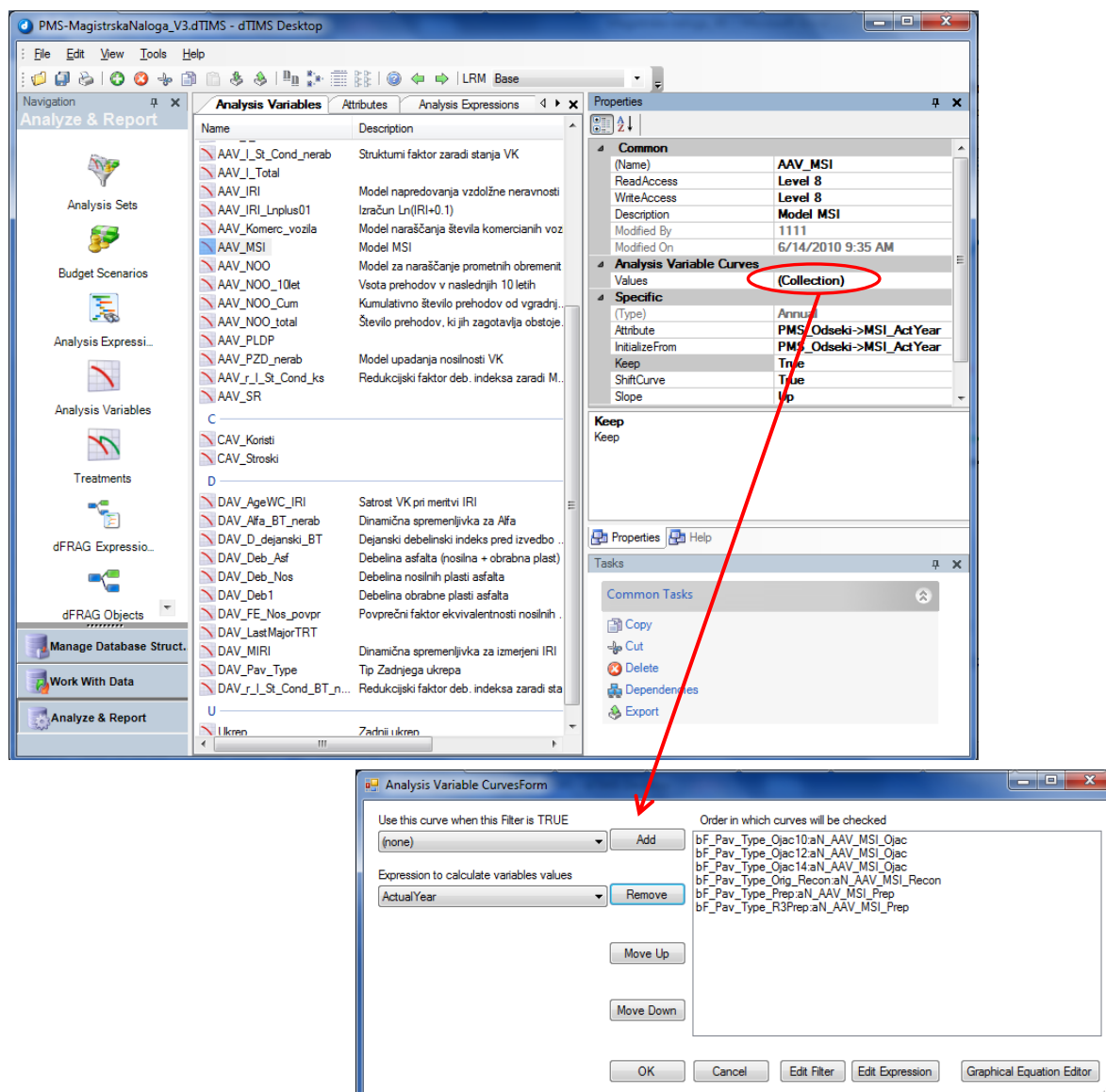
Letne spremenljivke se uporabljajo za definicijo količin, ki se spremenijo vsako leto in/ali takrat, ko je izveden vzdrževalni ukrep. Primer: promet, ki narašča vsako leto in se navadno po ukrepu ne spremeni ali stanje vozne površine, ki se spremeni vsako leto in se lahko po izvedbi ukrepa ponastavi na določeno vrednost.

Kompilacijska spremenljivka se uporablja za izračun številčnih vrednosti na koncu posamezne strategije z uporabo vgrajenih (built-in) funkcij v dTIMS. Navadno se za optimizacijo uporabljata dve od njih, ena za izračun stroškov in druga za izračun koristi. Večina kompilacijskih spremenljivk zahteva letno spremenljivko, iz katere izračuna skupno vrednost za posamezno strategijo. Primer: kompilacijska spremenljivka lahko izračunava sedanjo vrednost (diskontirano vsoto skozi celotno analizirano obdobje) stroškov obnavljanja (ki so podani z letno spremenljivko).

Uporabnik mora pri določanju spremenljivk definirati:

- vrsto spremenljivke (Type),

- atribut, ki določa tip količine – številčni, besedilni, logični ... (Attribute),
- atribut, ki vsebuje začetno vrednost spremenljivke v prvem letu analize (Initialize From),
- ali želimo, da izhodna datoteka vsebuje polje za to spremenljivko ali ne (Keep),
- ali naj se krivulja propadanja začne z vrednostjo, določeno v prvem letu (Shift Curve, True/False),
- izbiro naraščanja ali padanja spremenljivke s časom (Slope, Up/Down),
- podokno za definicijo matematičnih filtrov in izrazov za izračun vrednosti spremenljivk (Values) – slika 22 spodaj.



Slika 22: Okno za definicijo »Spremenljivke« s podoknom za »Izbor krivulj«
Figure 22: Window for definition of Variables and panel for Analysis Variable Curves

5.3.5 »Ukrepi« (Treatments)

Napovedovanje prihodnjega stanja cestnega omrežja bi bilo brez pomena, če ne bi bilo mogoče vplivati na spreminjanje stanja cestnega omrežja s časom, predvsem po izvedeni obnovi. To se v dTIMS izvaja z »Ukrepi«, ki so v računskem svetu akcije, ki povzročijo stroške in koristi. Koristi so definirane kot način, na katerega ukrep spremeni eno ali več spremenljivk. V resničnem svetu je primer ukrepa, denimo, preplastitev, ki povzroči upravljavcu strošek za izvedbo, hkrati pa izboljša stanje vozne površine za uporabnike

(korist). Očitno je, da ukrep, ki ima strošek, ne povzroči pa spremembe (reseta) spremenljivke (na primer stanja vozne površine), tudi ne povzroči koristi in ne bo izbran kot optimalen med optimizacijo. Zato je potrebno pri kreiranju ukrepa v dTIMS specificirati tudi tri glavne komponente:

- pogoje, ki sprožijo posamezen ukrep – sprožilce (Triggers),
- vrednosti spremenljivk po izvedenem ukrepu – resete (Resets) in
- strošek izvedbe ukrepa.

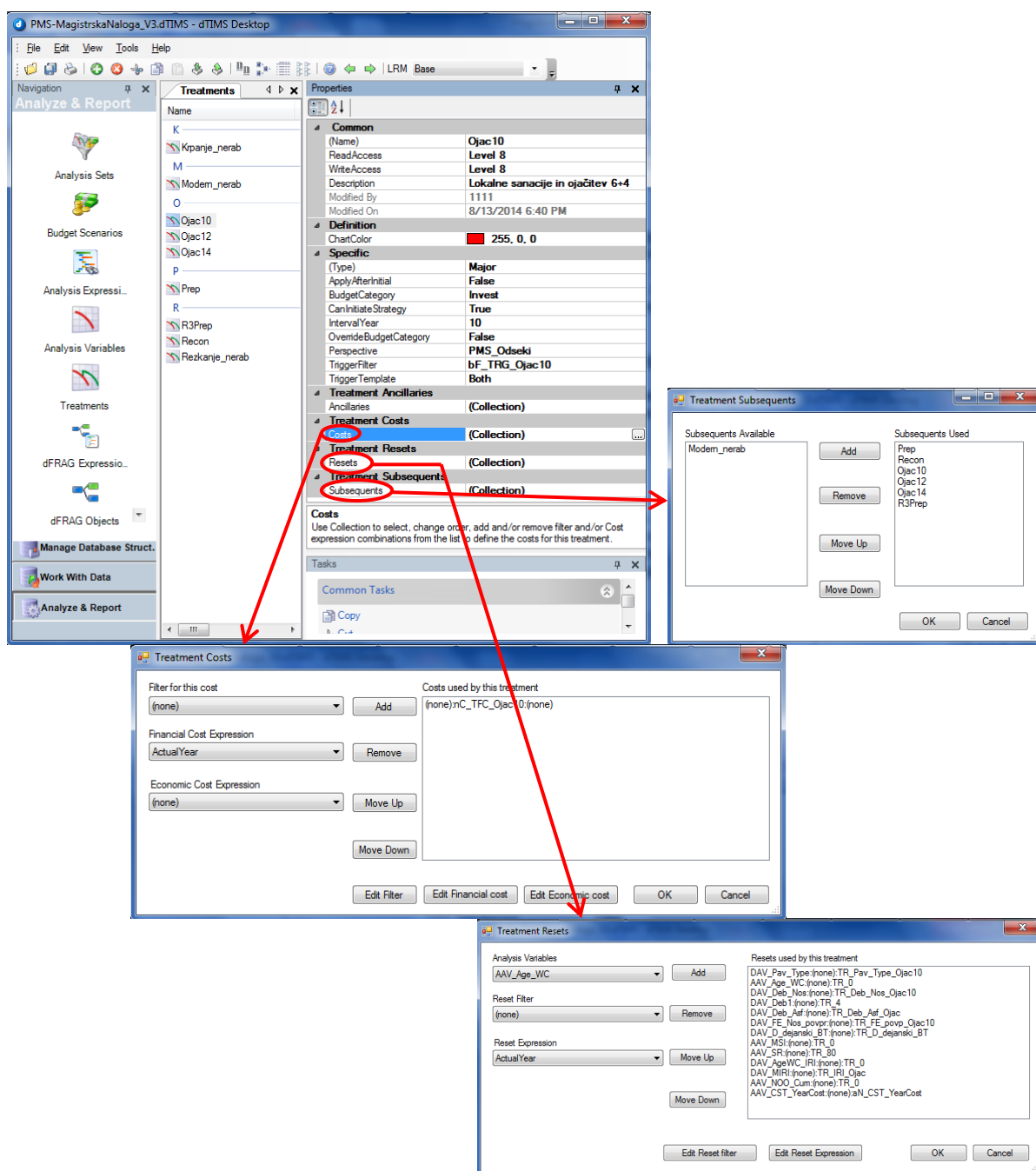
V dTIMS obstajajo trije tipi ukrepov:

- glavni ukrep (Major Treatment) – glavna lastnost tega tipa ukrepa je, da je lahko le en glavni ukrep izveden v posameznem letu ter da vzpodbudi in definira strategijo obnavljanja; ta tip ukrepa se uporablja za večje periodične obnove, kot so preplastitve, ojačitve, zamenjave in rekonstrukcije voziščne konstrukcije;
- mali ukrep (Minor Treatment) – v posameznem letu je lahko izveden več kot en mali ukrep; ta tip ukrepa se navadno uporablja za redno vzdrževanje, kot sta zalivanje razpok in krpanje;
- spremljajoči ukrep (Ancillary Treatment) – je ukrep, ki je povezan z glavnim ali malim ukrepom, kadar je zadoščeno njegovemu sprožilcu; primer je na primer rezkanje pred nekim drugim glavnim ali malim ukrepom obnove, če je na primer prečna ravnost zelo slaba.

Slika 23 prikazuje okno »Ukrepi« in njegova podokna.

Uporabnik mora pri definiciji ukrepa definirati:

- barvo, s katero bodo posamezni ukrepi obnove iz kataloga ukrepov prikazani na grafih (Chart Color),
- tip ukrepa (Type),
- izbiro, ali je ukrep povezan s kakšnim spremljajočim ukrepom (Apply After Initial, True/False),
- proračun, iz katerega se bo ukrep financiral (Budget Category),
- ali lahko ukrep sproži novo strategijo ali ne (Can Initiate Strategy, True/False),
- število let, ki morajo preteči, preden se lahko sproži nov glavni ukrep (Interval Year),
- ali dovoljujemo, da je višina razpoložljivega proračuna prekoračena ali ne (Override Budget Category, True/False),
- ime glavne tabele (Perspective),
- ime matematičnega izraza, v katerem so definirani sprožilci (Trigger Filter),
- izbira enega od treh načinov (Do Nothing, Maintenance Only, Both), na katerega se sprožajo ukrepi obnove (Trigger Template),
- izbor ukrepov, ki se sprožijo pred glavnim ali malim ukrepom (Ancillaries),
- izbor matematičnega izraza, ki izračunava strošek obnove (Costs),
- izbor filtrov in matematičnih izrazov, ki določajo vrednosti spremenljivk po izvedenem ukrepu (Resets),
- izbor ukrepov, ki lahko sledijo glavnemu ali malemu ukrepu, ko se stanje zopet poslabša (Subsequents).



Slika 23: Okno za definicijo »Ukrepov«
Figure 23: Window for definition of Treatments

dTIMS omogoča izračun finančnih in ekonomskih stroškov, ki so definirani s kombinacijo filtrov in številčnih izrazov. Na primer: filter lahko definira del cestnega omrežja, kjer veljajo določeni pogoji (ki so drugačni na drugem delu cestnega omrežja), številčni izraz pa določa funkcijo dolžine in širine odseka ter enotno ceno stroška ukrepa.

Triger je logični matematični izraz, ki pove, pod katerimi pogoji je posamezen ukrep lahko uporabljen. Matematični izraz lahko vsebuje katerikoli tip spremenljivke.

Osnovni princip analiz LCC je, da ukrep mora resetirati vsaj eno spremenljivko (dinamično ali letno), če se od njega pričakuje, da povzroči korist. Uporabnik lahko v posebnem oknu resetira posamezne spremenljivke z uporabo enačb in filtrov, definiranih v matematičnih izrazih za analize, ki povedo, na katero vrednost naj se posamezna spremenljivka resetira po izvedenem ukrepu.

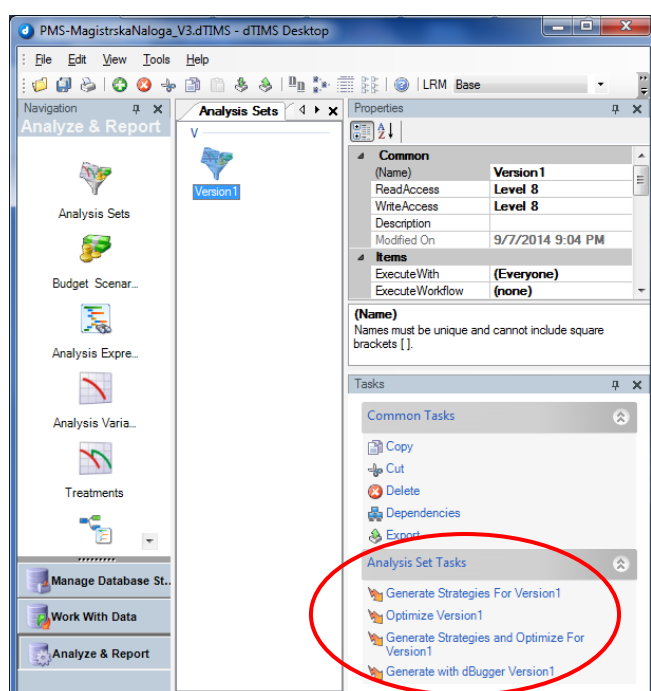
Različni ukrepi in njihove kombinacije z naslednjimi ukrepi hitro povečujejo število generiranih strategij, zato je treba ukrepe kombinirati z razmislekom in ne ustvariti prevelikega števila mogočih ukrepov.

5.4 Izvedba analize, optimizacije in prikaz rezultatov

Analiza je proces v dveh fazah. Prva je generacija strategij, sledi ji optimizacija. Generacija strategij se izvaja na definiciji analize, optimizacija pa na posameznih proračunskih scenarijih.

5.4.1 Izvedba analize

Analiza se požene z enim od ukazov med nalogami za »Definicijo analize« (Analysis Set Tasks) – slika 24.



Slika 24: Okno za delo z »Definicijo analize«

Figure 24: Window for tasks with Analysis Sets

Ukaz »Generiraj strategije« (Generate Strategies For) požene analize in izdelajo se vse možne strategije obnov na posameznih odsekih.

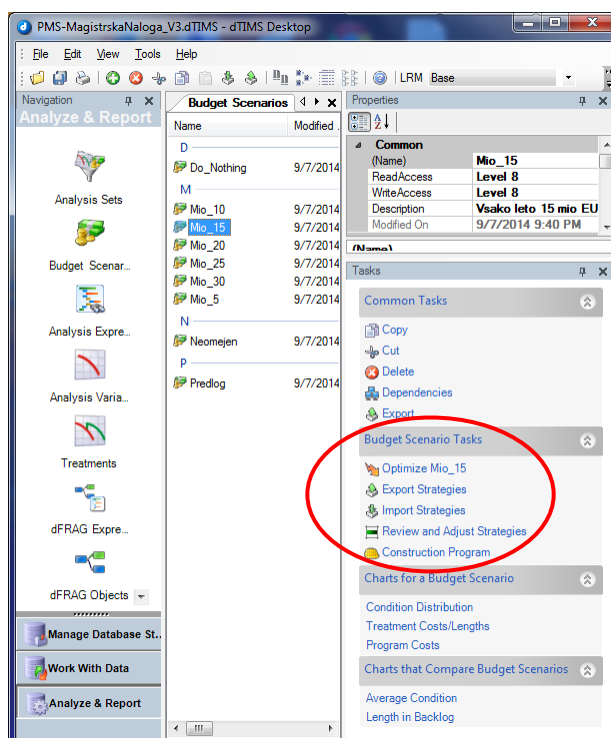
Ukaz »Generiraj strategije in optimiziraj« (Generate Strategies and Optimize) najprej požene analize, nato pa še optimizacijo za vse pripravljene proračune, ki so povezani s to definicijo analize.

Ukaz »Optimiziraj« (Optimize) izvede samo optimizacijo za vse pripravljene proračune, ki so povezani s to definicijo analize.

Z ukazom »Generiraj z iskalnikom napak« (Generate with dBugger) lahko sproti pregledujemo generacijo strategij po korakih. Ta ukaz je namenjen odkrivanju napak, do katerih lahko pride med optimizacijo in so posledica napak pri sestavljanju aplikacije.

5.4.2 Izvedba optimizacije in izdelava plana na projektnem nivoju

Optimizacija se izvaja na »Proračunskih scenarijih« (Budget Scenarios). Optimizacija se požene z enim od ukazov med nalogami za proračunske scenarije (Budget Scenario Tasks) – slika 25.



Slika 25: Okno za naloge za »Proračunske scenarije«

Figure 25: Window for Budget Scenario tasks

Ukaz »Optimiziraj« (Optimize) izvede optimizacijo na posameznem proračunu.

Ukaz »Izvozi strategije« (Export Strategies) oziroma »Uvozi strategije« (Import Strategies) izvozi oziroma uvozi v Excel ali Access vmesne rezultate po letih po posameznih spremenljivkah, kar definira uporabnik z izbiro spremenljivk iz nabora v levem oknu in prenosom v desno okno (slika 26).

Ukaz »Pregled in prilagajanje strategij« (Review and Adjust Strategies) odpre več interaktivnih oken. Najpomembnejša so prikazana na sliki 27.

- Okno »Elementi« (Elements) prikazuje attribute v glavni tabeli.
- Okno »Strategije za posamezen element« (Strategies for Element ID) prikazuje vse generirane strategije z neto sedanjo vrednostjo koristi (PV Benefits) in stroškov (PV Costs) ter razmerje med njima. Urejene so po padajočem vrstnem redu koristi, tako da je na vrhu vedno optimalna strategija. Pri omejenih proračunih se optimalna strategija vedno ne more izbrati, zato je izbrana strategija obarvana zeleno.
- Okno »Graf učinkovitosti« (Efficiency Chart) prikazuje koristi in stroške.
- Okno »Ukrepi« (Strategy Treatments) prikazuje za posamezno strategijo leto izvedbe ukrepa, strošek in proračunsko kategorijo.
- Okno »Spremenljivke« (Analysis Variables) prikazuje letne vrednosti spremenljivk za vsako strategijo.
- Okno »Graf spremenljivk« (Variables Chart) prikazuje grafično vrednost izbrane spremenljivke v oknu »Spremenljivke«.

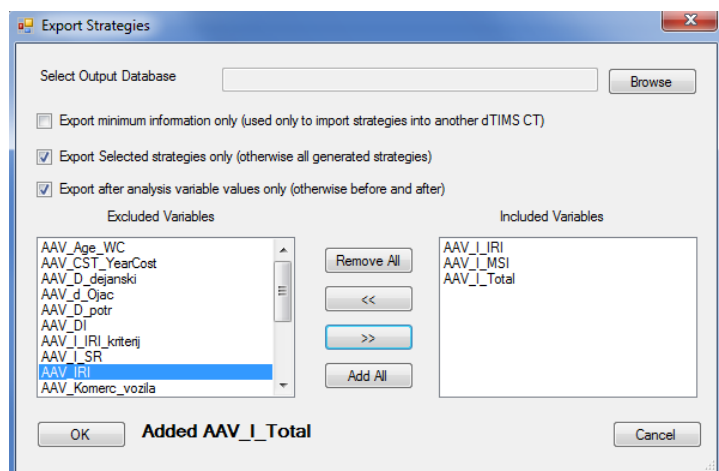
Ukaz »Plan obnov« (Construction Program) omogoča izdelavo plana na projektni ravni, ki prikaže za posamezen proračunski scenarij za vsak element v glavni tabeli

- tip ukrepa,
- leto izvedbe ukrepa in
- strošek,

pri čemer lahko določimo obliko poročila

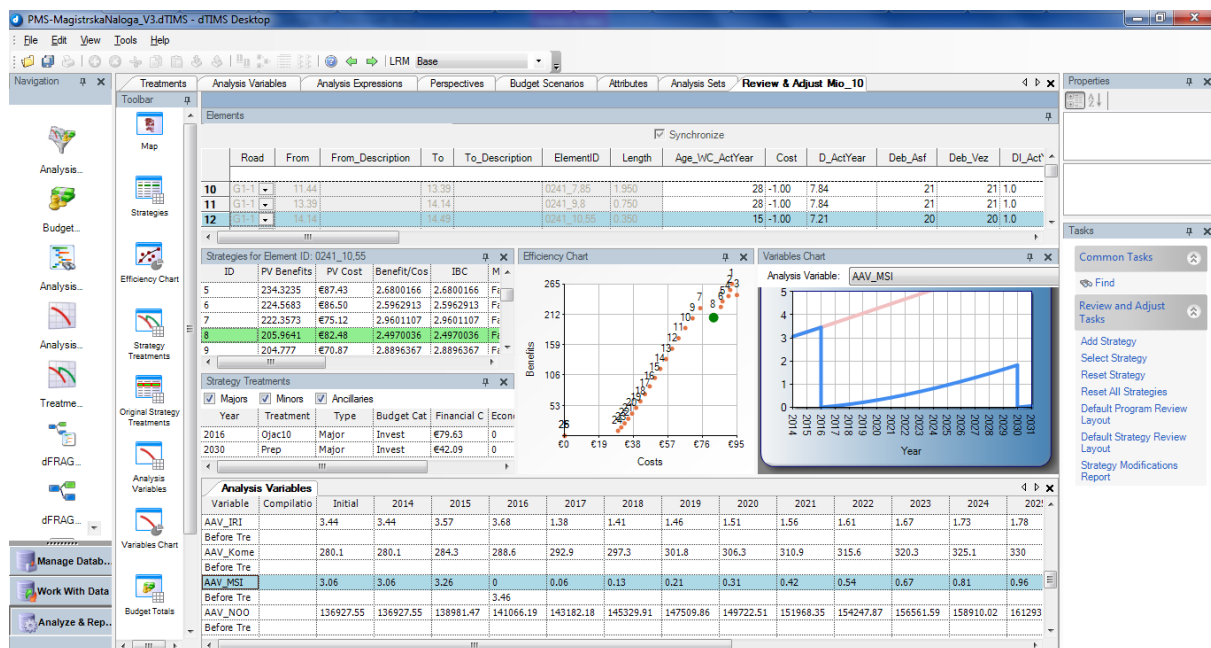
- po odsekih (By Section Report) ali
- po letih (By Year Report),

dodatno pa lahko pripravimo tudi pregled podatkov (Dataview), v katerega vključimo attribute, ki jih želimo v rezultatih (Include Values From This Dataview). Rezultati se shranijo v Excelovo datoteko (slika 28).



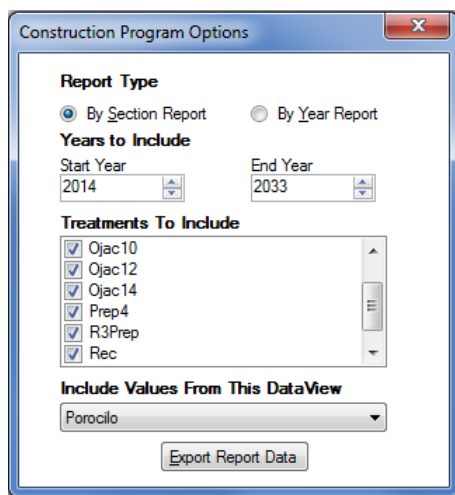
Slika 26: Okno za definicijo »Izvoza strategij«

Figure 26: Window for definition of Export Strategies



Slika 27: Okno za »Pregled in prilagajanje strategij«

Figure 27: Window for reviewing and adjust strategies (Review & Adjust)



Slika 28: Okno za izdelavo »Plana obnov«

Figure 28: Window for Construction Program

5.4.3 Rezultati na mrežni ravni

Po izvedenih analizah lahko grafično pregledujemo rezultate na dva načina:

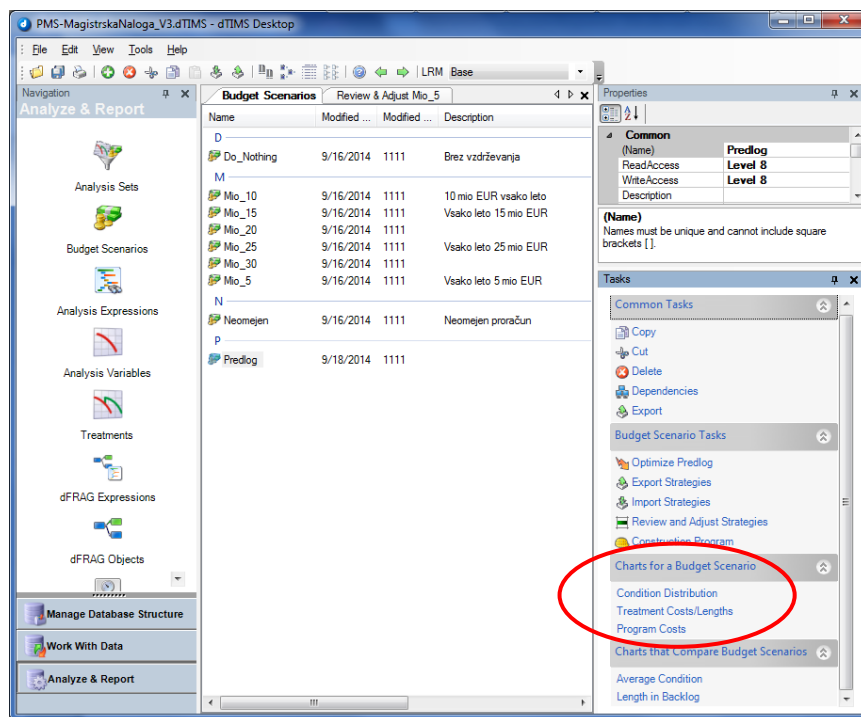
- »Rezultati za posamezni proračunski scenarij« (Charts for a Budget Scenario) in
- »Rezultati primerjav med proračunskimi scenariji« (Charts that Compare Budget Scenarios).

Za pregled rezultatov posameznega proračunskega scenarija je treba izbrati (označiti) posamezen proračunski scenarij, za primerjalnega pa več proračunskih scenarijev hkrati.

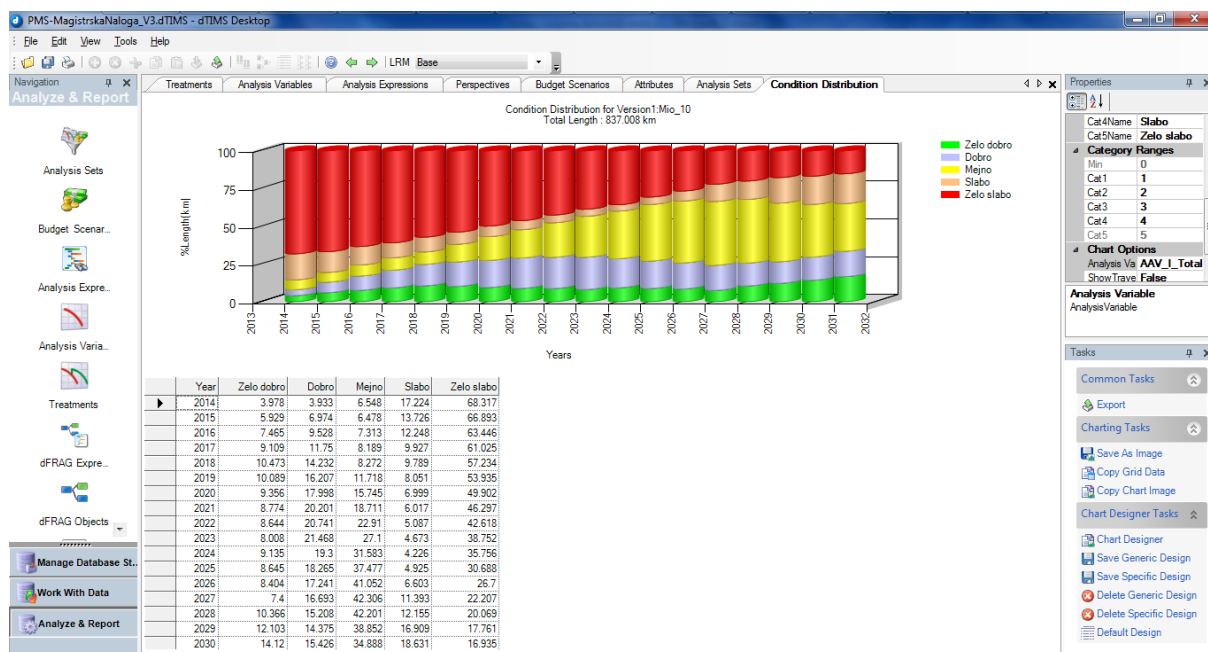
5.4.3.1 »Rezultati za posamezen proračunski scenarij« (Charts for a Budget Scenario)

Za posamezni proračunski scenarij so na voljo naslednji prikazi (slika 29):

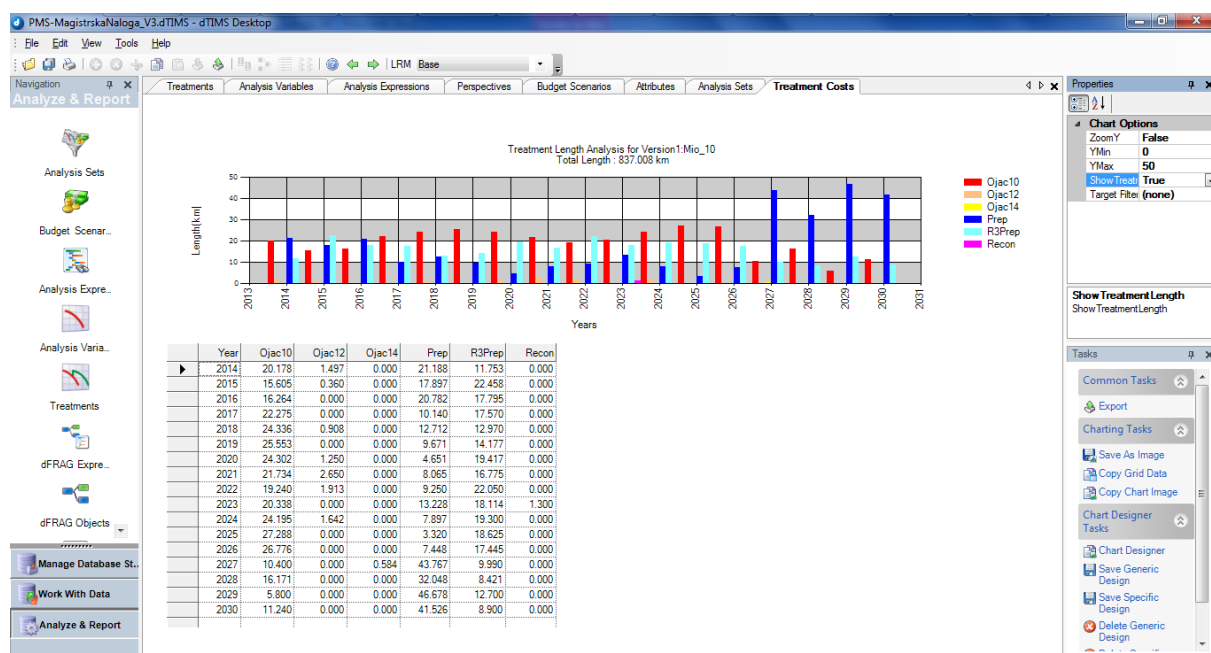
- »Porazdelitev stanja« (Condition Distribution) pokaže povprečno stanje vozišč na celotnem cestnem omrežju, v razporedni ali grafični obliki (slika 30).
- »Povzetek stroškov/dolžin po ukrepih« (Treatment Cost/Lengths) prikaže stroške/dolžine po ukrepih za vsako leto v grafični in razporedni obliki (slika 31).
- »Stroški obnov« (Program Costs) kažejo skupne stroške obnov po letih, ločeno po proračunskih kategorijah (slika 32).



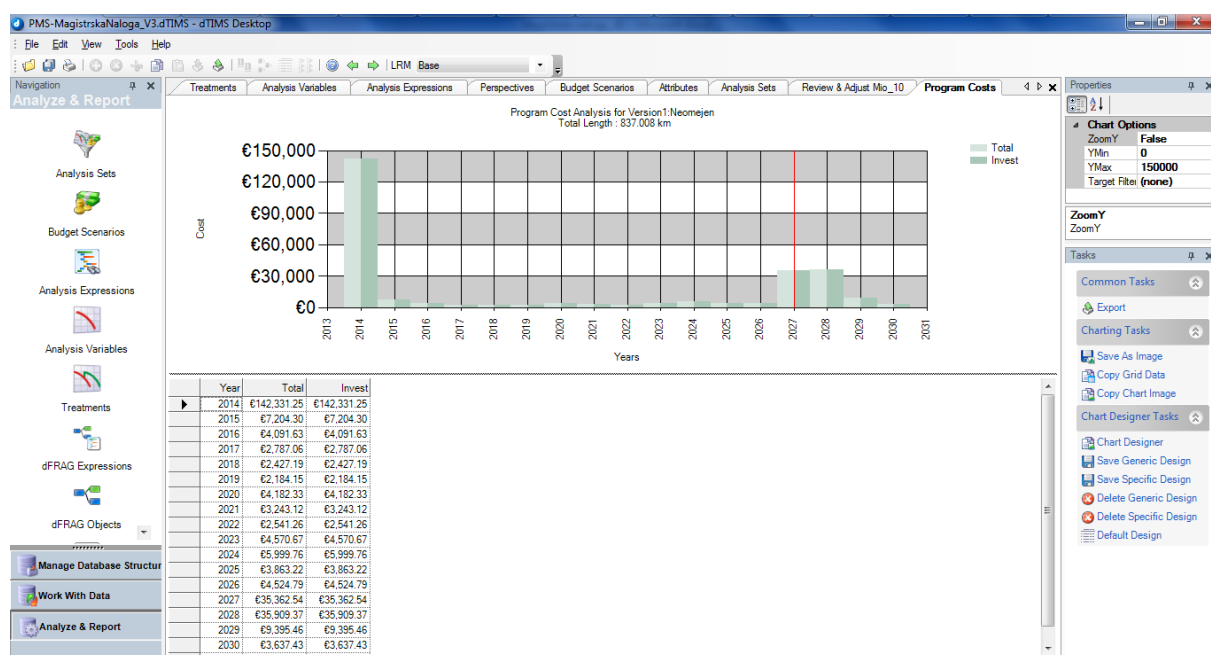
Slika 29: Okno za definicijo »Rezultatov za posamezen proračunski scenarij«
Figure 29: Window for definition of “Charts for a Budget Scenario”



Slika 30: Okno »Porazdelitev stanja«
Figure 30: Window for Condition Distribution



Slika 31: Okno »Povzetek stroškov/dolžin po ukrepih«
Figure 31: Window for Treatment Cost/Lengths

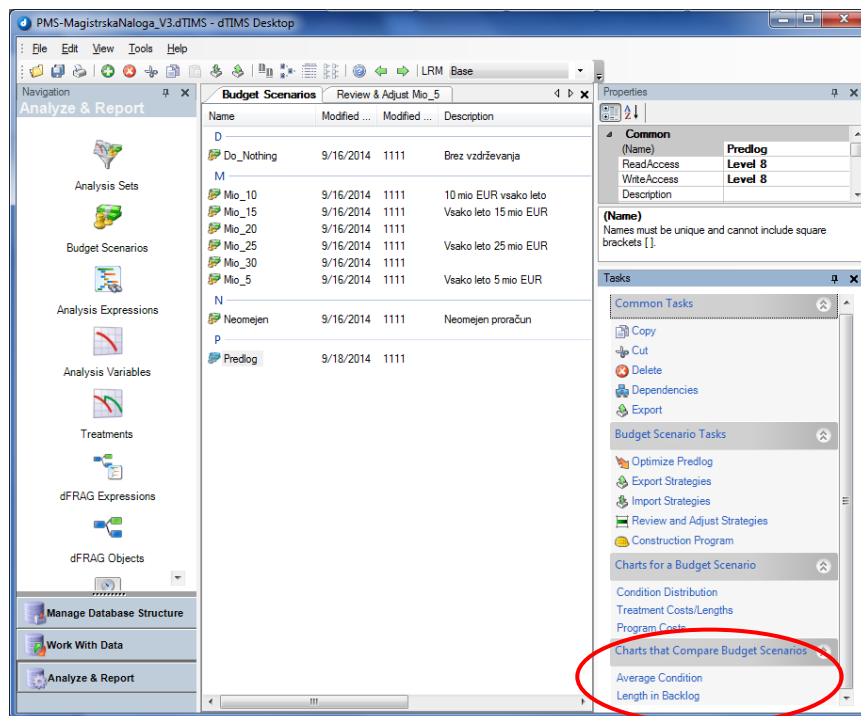


Slika 32: Okno »Stroški obnov«
Figure 32: Window for Program Costs

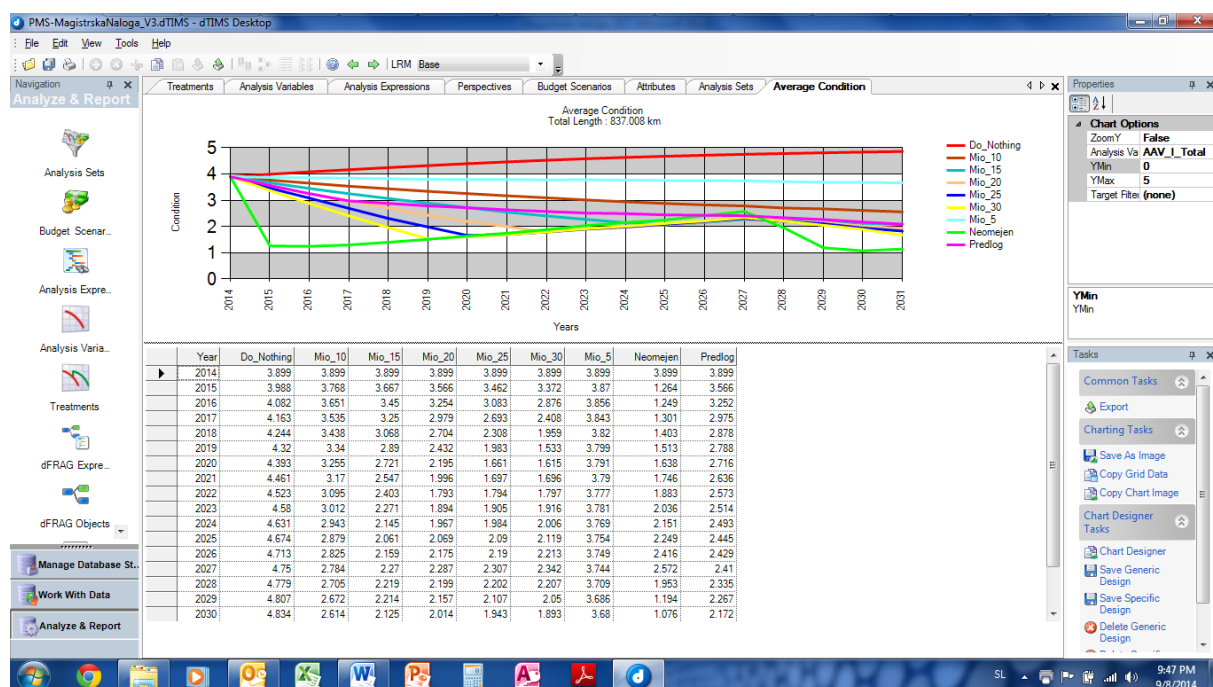
5.4.3.2 »Rezultati primerjav med proračunskimi scenariji« (Charts that Compare Budget Scenarios)

Primerjajo se rezultati med posameznimi proračunskimi scenariji (slika 33). Na voljo so naslednji prikazi:

- »Povprečno stanje« (Average Condition) prikaže v razpredelnici in grafični obliki povprečno stanje izbranih spremenljivk za vsako leto in vsak proračunski scenarij (slika 34).
- »Vzdrževalna zaloga = dolžina v slabem in zelo slabem stanju« (Length in Backlog) prikaže v razpredelnici in grafični obliki za vsako leto in proračunski scenarij skupno dolžino cestnega omrežja, ki je v slabem in zelo slabem stanju (slika 35).

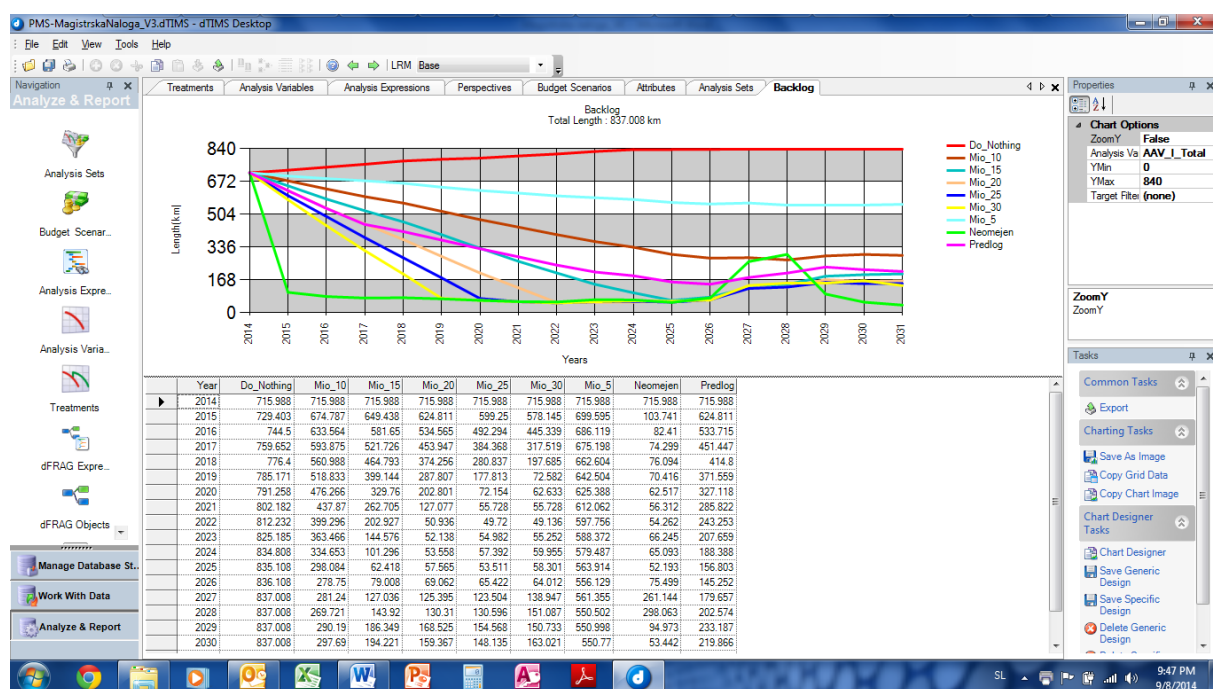


Slika 33: Okno za definicijo »Rezultatov primerjav med proračunskimi scenariji«
Figure 33: Window for Charts that Compare Budget Scenarios



Slika 34: Okno »Povprečno stanje omrežja«

Figure 34: Window for Average Condition



Slika 35: Okno »Dolžina v zelo slabem in slabem stanju«

Figure 35: Window for Length in Backlog

dTIMS omogoča tudi izvoz vseh rezultatov analize v MS Excel ali Access.

6 GOSPODARJENJE Z VOZIŠČI NA G1 IN G2 Z dTIMS

Za testiranje razvite aplikacije za gospodarjenje z vozišči s programsko opremo dTIMS sem izbrala del državnega cestnega omrežja cest G1 in G2. Začetno leto analize je 2015.

Za vpeljava gospodarjenja z vozišči je bilo treba definirati:

- bazno in glavno tabelo (poglavje 6.1),
- inventurne podatke (poglavje 6.2),
- podatki o voziščnih konstrukcijah in podnebnih pogojih (poglavje 6.3),
- podatke o prometu (poglavje 6.4),
- podatke o lastnostih vozišč (poglavje 6.5),
- debelinski indeks (poglavje 6.6),
- spreminjanje lastnosti vozišč s časom (modeli propadanja, poglavje 6.7)
- način spreminjanja lastnosti vozišč v brezdimenzijske indekse in združevanje indeksov (poglavje 6.8),
- ukrepe, s katerimi se stanje lahko izboljša, z robnimi pogoji, ki sprožijo posamezen ukrep, in učinkom posameznega ukrepa na obstoječe stanje, seveda pa tudi strošek in korist posameznega ukrepa (to je katalog ukrepov, poglavje 6.9),
- proračune za obnove (poglavje 6.10).

Računski postopek za modeliranje vzdrževalnih del, ki se aplicira v vsakem analiziranem letu, lahko povzamem z naslednjimi koraki:

- v skladu z modeli propadanja se vsako leto spremenijo (poslabšajo) lastnosti vozišča,
- izračunajo se pripadajoči indeksi stanja,
- indeksi stanja se združijo v skupni indeks stanja (I_{Total}),
- preverijo se merila za intervenco – triggerji,
- sprožijo se vzdrževalni ukrepi, ki so možni v posameznem letu; samo en vzdrževalni ukrep se lahko aplicira na en cestni odsek v posameznem analiziranem letu,
- izračunajo se fizične količine za obnove (površine saniranih vozišč),
- izračunajo se stroški vzdrževalnih del z uporabo enotnih stroškov in fizičnih količin za obnove,
- izračunajo se učinki obnov, to pomeni, da se resetirajo vrednosti spremenljivk (lastnosti vozišč) na nove vrednosti po izvedenem vzdrževalnem ukrepu – reseti,
- shranijo se rezultati ekonomske analize za uporabo v naslednjem analiziranem letu,
- shranijo se rezultati ekonomske analize kumulativno za posamezne odseke in za celotno cestno omrežje,
- izvede se optimizacija.

6.1 »Bazna tabela« in »Glavna tabela«

Slika 36 prikazuje »Bazno tabelo«, ki definira ceste, ki so vključene v analize. Preko polj »Road«, »From« in »To« so vse tabele povezane z bazno tabelo.

Poleg »Bazne tabele« je treba za izvedbo analiz izdelati še »Glavno tabelo« (PMS Perspective), ki je nosilec analiz življenjskega ciklusa in v katero so preneseni vsi podatki, ki so za te analize potrebni – glej sliko 37. Imenovala sem jo PMS_Odseki. Oblikovati je bilo treba homogene odseke, na katerih so posamezne vrednosti čim bolj konstantne. Za glavne kriterije v smislu homogenizacije sem vzela voziščno konstrukcijo, prometno obremenitev in stanje vozne površine po MSI.

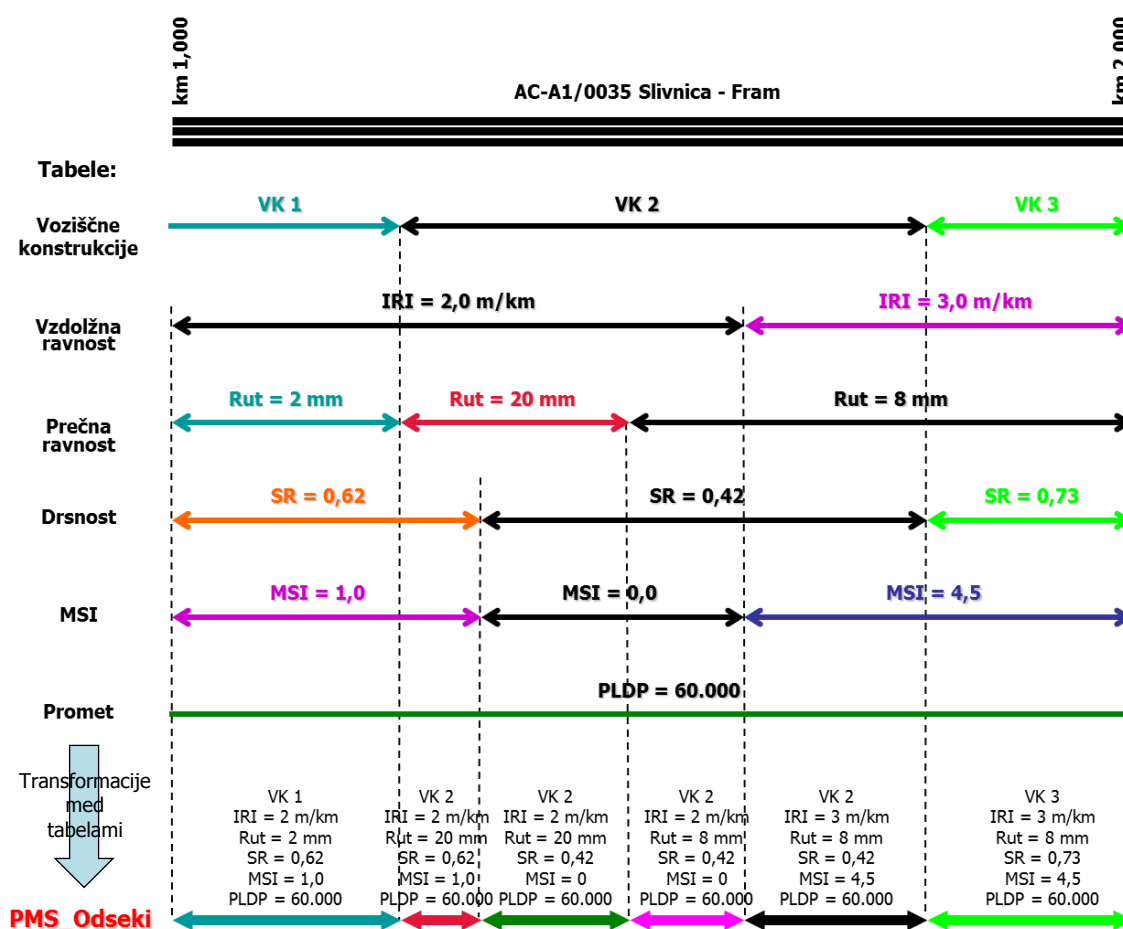
The screenshot shows a software interface with a menu bar (File, Edit, View, Tools, Help), a toolbar, and a sidebar with icons for Perspectives, Attributes, and Data Views. The main window displays a table titled 'DataSheet View:Base' with columns: Road, From, From_Description, To, To_Description, and Length. The table contains 20 rows of data, with row 4 highlighted. A 'Tasks' panel on the right lists common tasks like Copy, Import, Export, Paste, and Find and Replace.

	Road	From	From_Description	To	To_Description	Length
1	G1-1	0		78.41		78.418
2	G1-11	0		17.14		17.148
3	G1-2	0		53.30		53.309
4	G1-4	0		51.34		51.342
5	G1-5	0		70.74		70.744
6	G1-6	0		44.16		44.168
7	G1-7	0		31.01		31.014
8	G1-8	0		2.9		2.900
9	G1-9	0		13.25		13.251
10	G2-101	0		19.19		19.195
11	G2-102	0		97.46		97.461
12	G2-103	0		41.93		41.931
13	G2-104	0		38.62		38.625
14	G2-105	0		32.80		32.802
15	G2-106	0		85.88		85.888
16	G2-107	0		47.54		47.543
17	G2-108	0		64.64		64.643
18	G2-109	0		5.165		5.165
19	G2-111	0		22.54		22.540
20	G2-112	0		18.93		18.936

Slika 36: »Bazna tabela«

Figure 36: Base Perspective

Iz posameznih tabel so podatki preneseni v glavno tabelo PMS_Odseki s pomočjo transformacij med tabelami, kot je shematsko prikazano na sliki 37.



Slika 37: Prenos podatkov iz posameznih tabel v glavno tabelo PMS_Odseki

Figure 37: Transformation of data from individual Perspectives into PMS Perspective

V preglednici 2 so našteje vse ceste G1 in G2, ki so vključene v aplikacijo za gospodarjenje z vozišči.

Preglednica 2: Bazna tabela

Table 2: Base Perspective

Road	From	To	Length
G1-1	0	78,418	78,418
G1-2	0	53,309	53,309
G1-4	0	51,342	51,342
G1-5	0	70,744	70,744
G1-6	0	44,168	44,168
G1-7	0	31,014	31,014
G1-8	0	2,900	2,900
G1-9	0	13,251	13,251
G1-11	0	17,148	17,148
G2-101	0	19,195	19,195
G2-102	0	97,461	97,461
G2-103	0	41,931	41,931
G2-104	0	38,625	38,625
G2-105	0	32,802	32,802
G2-106	0	85,888	85,888
G2-107	0	47,543	47,543
G2-108	0	64,643	64,643
G2-109	0	5,165	5,165
G2-111	0	22,540	22,540
G2-112	0	18,936	18,936

V aplikacijo je tako vključenih 837,008 km vozišč G1 in G2.

6.2 Inventurni podatki o cestah G1 in G2

Inventurni (geometrijski) podatki so shranjeni v Banki cestnih podatkov (BCP) na Direkciji RS za infrastrukturo. To so:

- zaporedna številka odseka,
- številka ceste,
- številka in ime odseka,
- dolžina odseka,
- širina vozišča.

Vse zgoraj omenjene podatke sem vnesla v aplikacijo preko tabel, definiranih v preglednici 3.

Preglednica 3: Tabele inventurnih podatkov v aplikaciji

Table 3: Inventory Data Perspectives in application

Ime tabele	Opis
<i>Odseki</i>	Definira vrstni red in dolžine odsekov na posameznih cestah.
<i>Sirine</i>	Definira homogene odseke, na katerih je širina vozišča konstantna.
<i>Sirine_Dodatni_pas</i>	Definira homogene odseke, na katerih obstoji dodatni pas.

V posameznih tabelah sem definirala vrsto atributov, s katerimi sem v aplikacijo vnesla potrebne podatke za vpeljavo gospodarjenja z vozišči na ceste G1 in G2. Konkretni podatki so obrazloženi v naslednjih poglavjih in prikazani v preglednicah v prilogah A1, A2 in A3.

6.2.1 Tabela »Odseki«

Z določitvijo odsekov v pravilnem vrstnem redu preko polj »Road«, »From« in »To« je tabela »Odseki« povezana z bazno tabelo.

V tabeli »Odseki« sem definirala attribute, navedene v preglednici 4.

Preglednica 4: Atributi v tabeli »Odseki«

Table 4: Attributes in perspective "Odseki"

Ime atributa	Tip	Opis atributa
<i>ZapSt</i>	Single	Zaporedna številka odseka po BCP
<i>Cesta</i>	Text	Številka ceste po BCP
<i>Odsek</i>	Text	Številka odseka po BCP
<i>ImeOdseka</i>	Text	Ime odseka po BCP
<i>DolzOdseka</i>	Double	Dolžina odseka po BCP [km]

Vzorec podatkov, ki sem jih vnesla v aplikacijo preko tabele »Odseki«, je prikazan v prilogi A1.

6.2.2 Tabela »Širine«

V tabeli »Širine« sem definirala attribute, navedene v preglednici 5.

Preglednica 5: Atributi v tabeli »Širine«

Table 5: Attributes in perspective "Sirine"

Ime atributa	Tip	Opis atributa
<i>Sirina</i>	Single	Širina vozišča [m]
<i>VP_St</i>	Double	Število vozniških pasov

Vzorec podatkov, ki sem jih vnesla v aplikacijo preko tabele »Širine«, je prikazan v prilogi A2.

6.2.3 Tabela »Širine_Dodatni_pas«

V bazi podatkov Direkcije RS za infrastrukturo so podatki o širinah dodatnih pasov v ločeni tabeli, zato sem jih tudi v aplikacijo za gospodarjenje z vozišči oblikovala v posebni tabeli. Tudi te pasove je namreč potrebno obnavljati.

Ker se lahko na istem odseku na isti stacionaži pojavlja več dodatnih pasov (npr. dodatni pas za zavijalce na levi in desni), sem definirala linijsko tabelo »Širine_Dodatni_pas«, v njej pa sem definirala attribute, navedene v preglednici 5.

Preglednica 6: Atributi v tabeli »Sirine_Dodatni_pas«

Table 6: Attributes in perspective "Sirine_Dodatni_pas"

Ime atributa	Tip	Opis atributa
<i>PP_LEGA</i>	Text	Lega dodatnega pasu: – L = levo – D = desno – S = sredina
<i>PP_SIR</i>	Double	Širina dodatnega pasu [m]
<i>PP_TIP</i>	Text	Vrsta dodatnega pasu: – LP = ločilni pas – OD = odstavni pas – PA = pas za parkiranje – PP = pas za počasni promet – PS = pospeševalni pas – PZ = dodatni pas za zavijalce – RP = robni pas

Vzorec podatkov, ki sem jih vnesla v aplikacijo preko tabele »Širine_Dodatni_pas«, je prikazan v prilogi A3.

6.3 Podatki o voziščnih konstrukcijah in podnebnih pogojih

V tabeli o voziščnih konstrukcijah »Voz_Kon« sem omrežje cest razdelila na homogene odseke glede na vrsto, debelino in letnico vgradnje v voziščno konstrukcijo vgrajene plasti. Osnovne podatke sem pridobila iz Banke cestnih podatkov na Direkciji RS za infrastrukturo, manjkajoče pa smiselno dopolnila.

V tabeli »Voz_Kon« sem definirala attribute, ki so obrazloženi v preglednici 7.

Preglednica 7: Atributi v tabeli »Voz_Kon«

Table 7: Attributes in perspective "Voz_Kon"

Ime atributa	Tip	Opis atributa
<i>Deb1 ... Deb5</i>	Single	Debelina prve do pete plasti voziščne konstrukcije [cm]
<i>Leto1 ... Leto5</i>	Integer	Leto vgradnje prve do pete plasti voziščne konstrukcije
<i>Mat1 ... Mat5</i>	Text	Material prve do pete plasti voziščne konstrukcije
<i>PAV_TYPE</i>	Table	Tip voziščne konstrukcije: Orig originalna voziščna konstrukcija Prep preplaščena voziščna konstrukcija z novo obrabno plastjo PrepRez odrezkana stara obrabna plast in vgrajena nova obrabna plast Ojac vgrajena ojačitev voziščne konstrukcije v dveh plasteh OjacRez odrezkana stara obrabna plast in vgrajena ojačitev v dveh plasteh Recon rekonstruirana voziščna konstrukcija TPh stara voziščna konstrukcija, nadgrajena z novo tankoplastno ali površinsko prevleko
<i>CI</i>	Integer	Letni indeks hlajenja (Cooling Index)
<i>FI</i>	Integer	Indeks mraza (Freezing Index)
<i>FTC</i>	Integer	Letno število ciklov zmrzovanja in tajanja
<i>PRECIP</i>	Integer	Letna količina padavin [mm]
<i>Tem_tla</i>	Table	Zrnavost temeljnih tal: DZ drobnozrnata temeljna tla GZ grobozrnata temeljna tla SK skalnata temeljna tla

S transformacijami sem podatke iz tabele »Voz_Kon« prenesla v tabelo »PMS_Odseki«.

Vzorec podatkov, ki sem jih vnesla v aplikacijo preko tabele »Voz_Kon«, je prikazan v prilogi A4.

6.4 Podatki o prometu na cestah G1 in G2

Direkcija RS za infrastrukturo vsako leto v publikaciji Promet izda podatke o gostoti prometa na vsem cestnem omrežju, in sicer v obliki PLDP (povprečni letni dnevni promet), ločeno za posamezne razrede vozil, ki jih dobi na podlagi rednih in izrednih štetij prometa in podatkov avtomatskih števecv.

Za realnejšo določitev prometnih obremenitev na posameznih odsekih Direkcija RS za infrastrukturo že nekaj zadnjih let izvaja tudi meritve osnih obremenitev v prostem prometnem toku z mostnimi sistemi WIM (Weigh In Motion), ki so nameščeni na premostitvenih objektih in stehajo vsako osno obremenitev vsakega vozila skupne mase nad 3,5 t. Nato se po teoriji, definirani v [4], izračunajo faktorji ekvivalentnosti teh osnih obremenitev in se seštejejo po vozilih in po času. Tako se določi realna prometna obremenitev, ki je v publikaciji *Promet* označena s tipom meritev WIM. Tudi na odsekih, kamor je po dogovorjeni metodologiji mogoče distribuirati izmerjene prometne obremenitve, je z distribucijo določena dejanska prometna obremenitev (tip meritev DIST). Na odsekih, kjer meritve z WIM sistemom niso bile izvedene niti na njih niso mogle biti distribuirane, pa je

prometna obremenitev ocenjena s povprečnimi faktorji ekvivalentnosti v skladu z razpredelnico 2 v TSC 06.511 [4].

Za vpeljavo gospodarjenja z vozišči sem definirala tabelo »Promet«, v njej pa attribute, definirane v preglednici 8.

Preglednica 8: Atributi v tabeli »Promet«

Table 8: Attributes in perspective "Promet"

Ime atributa	Tip	Opis atributa
<i>Osebna_vozila</i>	Long	Število osebnih vozil na dan
<i>Avtobusi</i>	Long	Število avtobusov na dan
<i>Motorji</i>	Long	Število motorjev na dan
<i>Lahki_tovornjaki</i>	Long	Število lahkih tovornjakov nosilnosti do 3 t na dan
<i>Srednji_tovornjaki</i>	Long	Število srednjih tovornjakov nosilnosti 3 do 7 t na dan
<i>Tezki_tovornjaki</i>	Long	Število težkih tovornjakov nosilnosti nad 7 t na dan
<i>Priklopniki</i>	Long	Število težkih tovornjakov s priklopniki na dan
<i>PLDP</i>	Long	PLDP v letu štetja prometa na dan
<i>Komerc_vozila</i>	Long	Število komercialnih vozil (avtobusov in tovornih vozil brez lahkih tovornjakov) na dan na smer
<i>Traffic_Year</i>	Single	Leto štetja prometa
<i>NOO_LetoStetja</i>	Long	Prometna obremenitev v eni smeri na dan [število prehodov nominalne osi 100 kN]
<i>TIP</i>	Text	Način določitve prometne obremenitve: – PLDP (prometna obremenitev je ocenjena s povprečnimi faktorji ekvivalentnosti tovornih vozil po TSC 06.511 [4]) – WIM (prometna obremenitev je dejansko izmerjena z mostnimi WIM sistemi) – DIST (prometna obremenitev je distribuirana s sosednjega odseka, kjer so bile izvedene WIM meritve dejanskih prometnih obremenitev)

Podatki o prometu v aplikaciji so iz štetja prometa v letu 2013 (*Traffic_Year* = 2013). Vzorec podatkov v tabeli »Promet« je prikazan v prilogi A5.

S transformacijami sem podatke iz tabele »Promet« prenesla v glavno tabelo »PMS_Odseki«.

Podatki o prometu se s časom spreminjajo, zato sem v aplikaciji definirala vrednosti gostote prometa in prometne obremenitve v aktualnem letu 2015 (enačbe 1, 2 in 3). Kljub temu, da je zadnjih nekaj let opazen trend upadanja prometa, sem za prihodnjih 15 let predpostavila povprečno 1,5 % letno rast prometa.

$$PLDP_{ActYear} = PLDP \cdot 1,015^{ActualYear - Traffic_Year} \quad (1)$$

$$NOO_{ActYear} = NOO_{LetoStetja} \cdot 365 \cdot f_{sp} \cdot 1,015^{ActualYear - Traffic_Year} \quad (2)$$

$$Komerc_vozila_{ActYear} = Komerc_vozila \cdot 1,015^{ActualYear - Traffic_Year} \quad (3)$$

$$f_{sp} = IF \left(\frac{Sirina}{2} < 2,5; 2,0; IF \left(\frac{Sirina}{2} < 2,75; 1,8; IF \left(\frac{Sirina}{2} < 3,25; 1,4; IF \left(\frac{Sirina}{2} < 3,75; 1,1; 1,0 \right) \right) \right) \right) \quad (4)$$

kjer je

$PLDP_{ActYear}$	... povprečni letni dnevni promet v aktualnem letu 2015 pri letni stopnji rasti prometa 1,5 %
$PLDP$	... PLDP v letu štetja prometa na dan
$ActualYear$	... aktualno leto (= 2015)
$Traffic_Year$	... leto štetja prometa (= 2013)
$NOO_{ActYear}$	... prometna obremenitev v aktualnem letu pri letni stopnji rasti prometa 1,5 %
$NOO_{LetoStetja}$	... prometna obremenitev v eni smeri na dan v letu štetja prometa [število prehodov nominalne osi 100 kN/dan]
f_{sp}	... faktor širine prometnega pasu, skladno s TSC 06.511 [4] in enačbo 4
$sirina$	... širina prometnega pasu [m]
$Komerc_vozila_{ActYear}$	... število komercialnih vozil v aktualnem letu

Definirala sem tudi letne spremenljivke za vse količine, ki se spreminjajo s časom (enačbe 5, 6 in 7). Navedene so v preglednici 9.

Preglednica 9: Letne spremenljivke o prometu

Table 9: Annual Analysis Variables for traffic

Ime spremenljivke	Opis atributa
AAV_PLDP	Letna spremenljivka za opis gostote prometa
AAV_NOO	Letna spremenljivka za opis prometne obremenitve
AAV_Komerc_vozila	Letna spremenljivka za število komercialnih vozil

$$AAV_PLDP = AAV_PLDP \cdot 1,015 \quad (5)$$

$$AAV_NOO = AAV_NOO \cdot 1,015 \quad (6)$$

$$AAV_Komerc_vozila = AAV_Komerc_vozila \cdot 1,015 \quad (7)$$

6.5 Podatki o lastnostih vozišč na cestah G1 in G2

Stanje vozišč je osnova za ugotovitev potrebe po obnovah. Zato je treba aktualne informacije o stanju vozišč prognozirati, da bi lahko skozi analizo ob vsakem času t v prihodnosti napovedali stanje odseka oziroma celotnega cestnega omrežja.

Stanje vozišča oziroma voziščne konstrukcije opisujejo naslednje karakteristike:

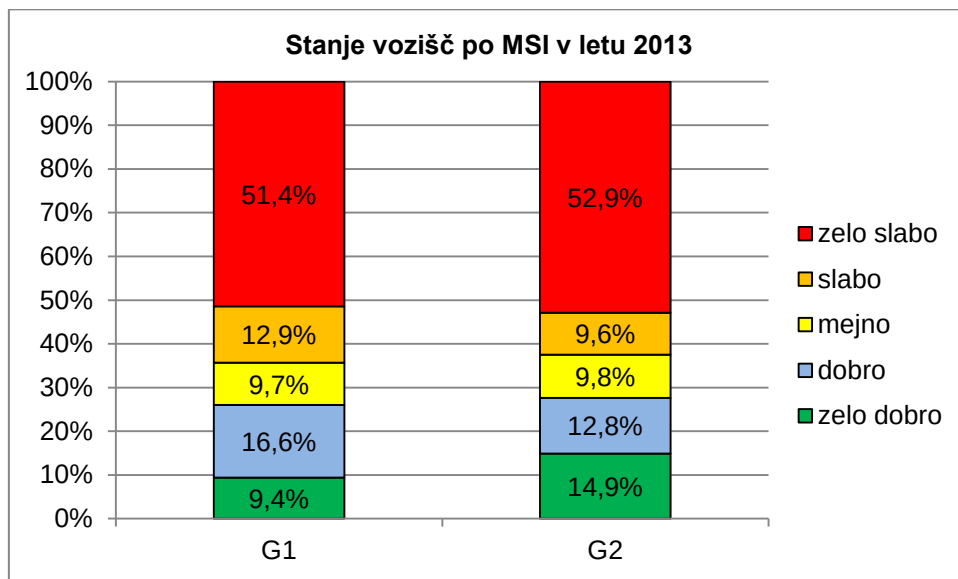
- MSI,
- koeficient bočnega trenja,
- vzdolžna ravnost.

Podatki o stanju vozni površin in voziščnih konstrukcij se zbirajo z raznimi meritvami in ocenjevanjem stanja. Shranjeni so na Direkciji RS za infrastrukturo.

6.5.1 Vizualna ocena stanja vozni površin

Ocenjevanje stanja vozni površin je bilo na cestah G1 in G2 izvedeno po metodi modificiranega švicarskega indeksa (MSI) v letu 2013. Za vsakih 50 m so bile ocenjene razpokanost, obrabljenost, zakrpanost, udarne jame in deformiranost vozni površin. Rezultati za del omrežja G1 in G2 po oceni stanja v letu 2013 in kriterijih za ocenjevanje stanja vozišč Direkcije RS za infrastrukturo [14] so prikazani na sliki 38.

V zelo slabem stanju je 51 % vozišč G1 in 53 % vozišč G2, v slabem stanju pa še nadaljnjih 13 % oziroma 9,6 %, v dobrem in zelo dobrem stanju skupaj pa le 26 % oziroma 27,7 % vozišč.



Slika 38: Statistika stanja vozišč po MSI po vizualnem ocenjevanju stanja vozišč v letu 2013
Figure 38: Pavement condition according to MSI after visual assessment of pavement condition in 2013

V preglednici 10 sta obrazloženi tabeli, ki vsebujeta podatke o vizualni oceni stanja voznih površin po metodologiji modificiranega švicarskega indeksa (MSI).

Preglednica 10: Tabeli podatkov o MSI v aplikaciji

Table 10: Perspectives with MSI information in application

Ime tabele	Opis
<i>MSI</i>	Definira 50-metrške odseke, ocenjene po MSI.
<i>MSI_Homogeni</i>	Definira homogene odseke, na katerih je stanje voznih površin po vizualnem ocenjevanju stanja voznih površin po MSI enakomerno.

V tabelah »MSI« in »MSI_Homogeni« sem definirala attribute, navedene v preglednici 11.

Preglednica 11: Atributi v tabelah »MSI« in »MSI_Homogeni«

Table 11: Attributes in perspectives "MSI" and "MSI_Homogeni"

Ime atributa	Tip	Opis atributa
<i>MSI</i>	Single	MSI na 50-metrskem odseku [-]
<i>MSI_Leto</i>	Integer	Leto ocenjevanja MSI
<i>MSI_Hom</i>	Single	Povprečni MSI na homogenem odseku [-]
<i>MSI_Hom_StD</i>	Single	Standardna deviacija MSI na homogenem odseku [-]

Atributa *MSI_Hom* in *MSI_Hom_StD* v tabeli »MSI_Homogeni« sta napolnjena z dvema transformacijama med tabelami iz atributa *MSI* v tabeli »MSI«, in sicer s povprečno vrednostjo in s standardno deviacijo.

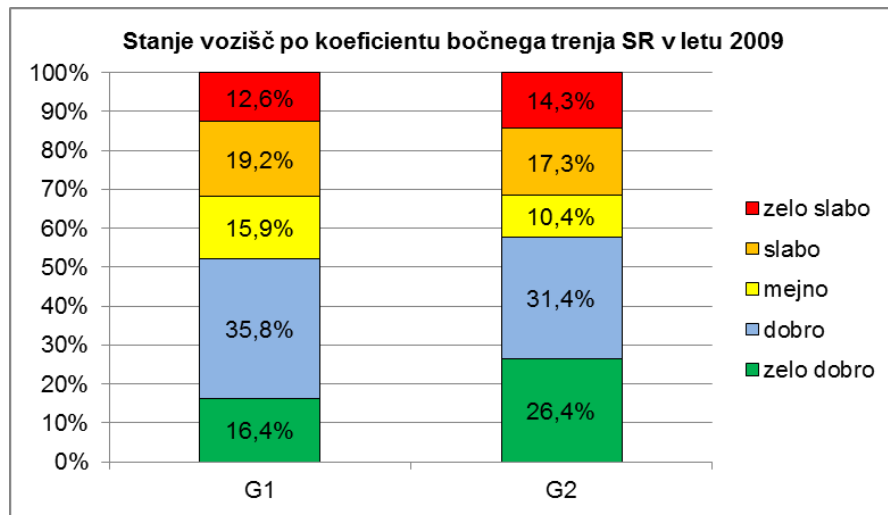
Vzorec podatkov, ki sem jih vnesla v aplikacijo preko tabele »MSI«, je prikazan v prilogi A6, vzorec podatkov iz tabele »MSI_Homogeni« pa v prilogi A7.

S transformacijami sem podatke prenesla v tabelo »PMS_Odseki«. Tam sem izračunala vrednosti MSI v aktualnem letu 2015, za kar sem razvila model napredovanja MSI s časom, kar je obrazloženo v nadaljevanju, v poglavju 6.7.1. Definirala sem letno spremenljivko *AAV_MSI*.

6.5.2 Meritve tornih karakteristik

Meritve tornih karakteristik na cestah G1 in G2 so bile nazadnje izvedene v letu 2009 z merilno opremo SCRIMTEX. Stanje vozišča je izraženo s koeficientom bočnega trenja SR.

Rezultati za del omrežja G1 in G2 po kriterijih iz TSC 06.620 [7] za merilno hitrost 50 km/h so prikazani na sliki 39. V zelo slabem stanju je 12,6 % vozišč G1 in 14,3 % vozišč G2, v slabem stanju še nadaljnjih 19,2% oziroma 17,3%, v dobrem in zelo dobrem stanju skupaj pa je 52,2% oziroma 57,8% vozišč.



Slika 39: Statistika stanja vozišč po koeficientu bočnega trenja SR po meritvah v letu 2009

Figure 39: Pavement condition according to Skid Resistance Coefficient SR measured in 2009

Tabela, ki vsebuje podatke o koeficientu bočnega trenja, se imenuje »SR«.

V tabeli »SR« sem definirala attribute, navedene v preglednici 12.

Preglednica 12: Atributi v tabeli »SR«

Table 12: Attributes in perspective "SR"

Ime atributa	Tip	Opis atributa
SR	Integer	Povprečna vrednost koeficienta bočnega trenja na homogenem odseku [-]
SR_Max	Integer	Maksimalna vrednost koeficienta bočnega trenja na homogenem odseku [-]
SR_Min	Integer	Minimalna vrednost koeficienta bočnega trenja na homogenem odseku [-]
SR_SD	Double	Standardna deviacija koeficienta bočnega trenja na homogenem odseku [-]
SR_Leto	Integer	Leto meritve koeficienta bočnega trenja

Vzorec podatkov, ki sem jih vnesla v aplikacijo preko tabele »SR«, je prikazan v prilogi A8.

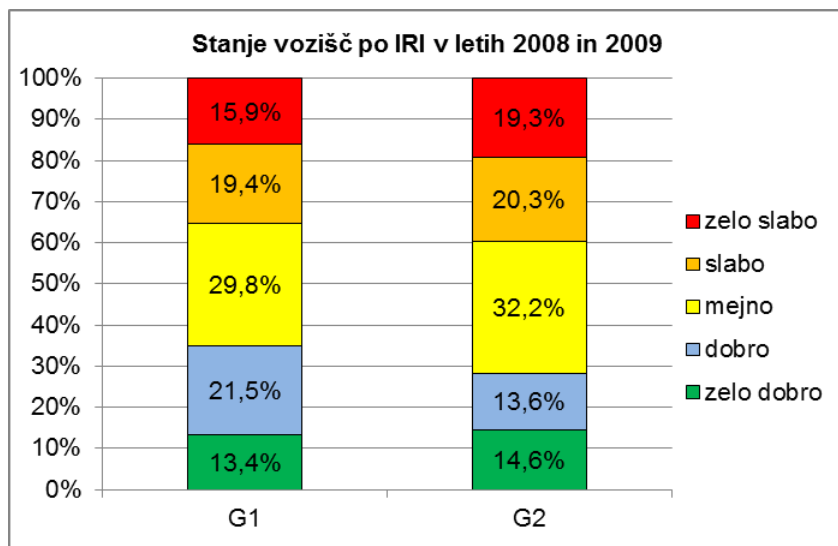
S transformacijami sem podatke prenesla v tabelo »PMS_Odseki«. Tam sem izračunala vrednosti SR v aktualnem letu 2015, za kar sem razvila model napredovanja SR s časom; to je obrazloženo v nadaljevanju, v poglavju 6.7.2. Definirala sem letno spremenljivko AAV_SR.

6.5.3 Meritve vzdolžne ravnosti

Meritve vzdolžne ravnosti se na državnih cestah izvajajo na mrežnem nivoju vsakih nekaj let z merilno opremo Profilograf ZAG-VP. Nazadnje so bile meritve vozišč G1 in G2 izvedene v letih 2008 in 2009. Stanje vozišč po kriteriju vzdolžne ravnosti se vrednoti z mednarodnim indeksom ravnosti IRI (International Roughness Index) po TSC 06.610 [9].

Rezultati za del omrežja G1 in G2 po kriterijih iz TSC 06.610 [9] so prikazani na sliki 40. V zelo slabem stanju je 15,9 % vozišč G1 in 19,3 % vozišč G2, v slabem stanju še nadaljnjih

19,4 % oz. iroma 20,3 %, v dobrem in zelo dobrem stanju skupaj pa 34,9 % oziroma 28,2 % vozišč G1 in G2.



Slika 40: Statistika stanja vozišč po vzdolžni ravnosti IRI po meritvah v letih 2008 do 2009

Figure 40: Pavement condition according to Longitudinal Evenness IRI measured in 2008 to 2009

Tabela, ki vsebuje podatke o vzdolžni ravnosti, se imenuje »IRI_Homogeni«. V tabeli »IRI_Homogeni« sem definirala attribute, navedene v preglednici 13.

Preglednica 13: Atributi v tabeli »IRI_Homogeni«

Table 13: Attributes in perspective "IRI_Homogeni"

Ime atributa	Tip	Opis atributa
<i>IRI</i>	Integer	Povprečna vrednost IRI na homogenem odseku
<i>IRI_Max</i>	Integer	Maksimalna vrednost IRI na homogenem odseku
<i>IRI_Min</i>	Integer	Minimalna vrednost IRI na homogenem odseku
<i>IRI_StD</i>	Double	Standardna deviacija IRI na homogenem odseku
<i>IRI_Leto</i>	Integer	Leto meritve IRI
<i>IRI_Stanje</i>	Text	Stanje vozišča od zelo dobrega, dobrega, mejnega, slabega do zelo slabega, skladno s kriteriji iz TSC 06.610 [9]

Vzorec podatkov, ki sem jih vnesla v aplikacijo preko tabele »IRI_Homogeni«, je prikazan v prilogi A9.

S transformacijami sem podatke prenesla v tabelo »PMS_Odseki«. Tam sem izračunala vrednosti IRI v aktualnem letu 2015, za kar sem razvila model napredovanja IRI s časom, kar je obrazloženo v nadaljevanju v poglavju 6.7.3. Definirala sem letno spremenljivko *AAV_IRI*.

6.5.4 Meritve podajnosti in analize nosilnosti voziščnih konstrukcij

Meritve podajnosti in analize nosilnosti voziščnih konstrukcij se na državnih cestah izvajajo v obsegu ¼ omrežja letno na mrežni ravni z merilno opremo FWD (Falling Weight Deflectometer – deflektometer s padajočo utežjo), kjer se izvede ena meritev na vsakih 200 m ceste.

Na tla se spusti obremenilna plošča nanjo pa z določene višine padejo uteži tako, da se simulira kolesna obremenitev 50 kN oziroma osna obremenitev 100 kN. Geofoni, ki so različno oddaljeni od padajoče uteži, zaznajo posredke površine in jih zabeležijo. Iz teh podatkov in podatkov o debelinah in vrstah plasti voziščne konstrukcije se nato s programsko opremo ELMOD izračunajo moduli elastičnosti plasti. Za iz vrednotenje dinamičnih modulov elastičnosti plasti vgrajenih materialov, ki posredno opredeljujejo stanje voziščne

konstrukcije, je treba opredeliti strukturo voziščne konstrukcije. Izračun debelin ekvivalentnih plasti temelji na teoriji polprostora po Odemarku in na prirejenem računalniškem programu (ELMOD).

Osnova za določitev stanja voziščne konstrukcije je preostala življenjska doba voziščne konstrukcije (PŽD).

Podatek o preostali življenjski dobi na vsakih 200 tekočih metrov voziščne konstrukcije po mojem mnenju ne zadostuje za oceno nosilnosti voziščne konstrukcije v sistemu za gospodarjenje z vozišči. Zato sem se odločila, da bom za merilo nosilnosti voziščne konstrukcije vpeljala debelinski indeks, kot ga opredeljuje naša tehnična regulativa TSC 06.541 [6]. Osnove sem opredelila v poglavju 6.6.

6.6 Vključitev debelinskega indeksa in postopka dimenzioniranja v aplikacijo

Za merilo nosilnosti voziščnih konstrukcij sem vzela debelinski indeks obstoječe voziščne konstrukcije. Za osnovo sem privzela osnove debelinskega indeksa v skladu s tehnično regulativo o dimenzioniranju ojačitev obstoječih asfaltnih voziščnih konstrukcij TSC 06.541 [6].

Medsebojna razmerja odpornosti materialov proti utrujanju, ki ga pogojujejo prometne in podnebne obremenitve, t. i. količniki ekvivalentnosti materiala ali količniki zamenjave (a_i), omogočajo potrebne primerjave pri določanju vrste in dimenzij posameznih plasti za ojačitev obstoječih asfaltnih voziščnih konstrukcij kot tudi za oceno njihove še preostale sposobnosti prevzema prometnih obremenitev. Povprečne (informativne) vrednosti količnikov ekvivalentnosti proizvedenih novih materialov so navedene v preglednici 14.

Preglednica 14: Povprečne vrednosti količnikov ekvivalentnosti osnovnih cestogradbenih materialov (TSC 06.541 2009, 6)

Table 14: Average equivalence factors of basic pavement structure materials (TSC 06.541 2009, 6)

Vrsta materiala	Količnik ekvivalentnosti – a_i
- za obrabno plast:	
- bitumenski beton	0,42
- drobir z bitumenskim mastiksom	0,42
- cementni beton	0,60
- za zgornjo vezano nosilno plast:	
- bituminizirani drobljenec	0,35
- bituminizirani prodec	0,28
- za spodnjo vezano nosilno plast:	
- stabilizirana zmes kamnitih zrn	
- z bitumnom	0,24
- s cementom	0,20

Debelinski indeks nove voziščne konstrukcije se izračuna po enačbi 8 v skladu s TSC 06.520 [5].

$$D_{no} = \sum_{i=1}^n (d_i \cdot a_i) \quad (8)$$

kjer je

D_{no} ... debelinski indeks nove voziščne konstrukcije [cm]

d_i ... debelina plasti i [cm]

a_i ... količnik ekvivalentnosti materiala plasti i

Preostalo sposobnost obstoječe voziščne konstrukcije za prevzem prometnih obremenitev sem opredelila z debelinskim indeksom $D_{obstoječi}$ (enačba 9), ki se lahko določi ob vsakem času znotraj analiziranega obdobja in upošteva trenutno stanje vozišča oziroma voziščne

konstrukcije s količnikom škode k_s , v odvisnosti od MSI in gostote prometa, skladno s preglednico 15, povzeto po [6].

Preglednica 15: Količniki poškodovanosti obstoječega asfaltnega vozišča k_s (TSC 06.541 2009, 9)

Table 15: Damage coefficients of existing asphalt pavement k_s (TSC 06.541 2009, 9)

opis	Gostota prometa	Vrednosti MSI		
	mejne vrednosti PLDP			
izredno velika	> 20.000	< 2,2	2,2 do 2,8	> 2,8
zelo velika	> 10.000 do 20.000	< 2,3	2,3 do 2,9	> 2,9
velika	> 5.000 do 10.000	< 2,4	2,4 do 3,0	> 3,0
srednja	> 2.000 do 5.000	< 2,5	2,5 do 3,1	> 3,1
majhna	> 1.000 do 2.000	< 2,6	2,6 do 3,2	> 3,2
zelo majhna	< 1.000	< 2,7	2,7 do 3,3	> 3,3
količnik poškodovanosti – k_s		0,7	0,7 do 0,4	0,4

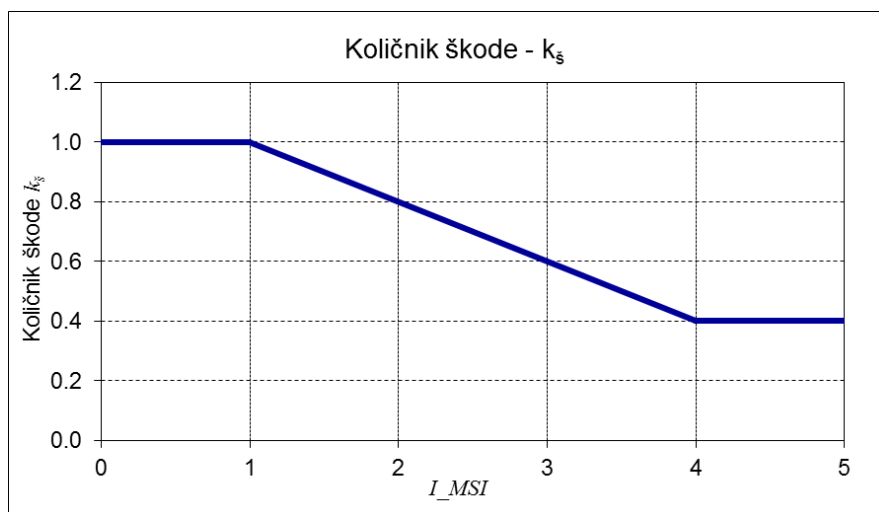
$$D_{dejanski} = D_{no} \cdot k_s \quad (9)$$

kjer je

$D_{dejanski}$... debelinski indeks obstoječe voziščne konstrukcije [cm]

k_s ... količnik poškodovanosti obstoječega asfaltnega vozišča

Količnik poškodovanosti obstoječega asfaltnega vozišča je torej redukcijski faktor nosilnosti voziščne konstrukcije zaradi stanja vozišča. Pri modeliranju količnika škode v aplikacijo sem ugotovila, da je kriterij upadanja nosilnosti asfaltnih plasti precej strog, zato sem ga nekoliko omilila in v aplikacijo vnesla model, ki ga prikazuje slika 41 in je opisan z enačbo 10.



Slika 41: Količnik škode obstoječega asfaltnega vozišča

Figure 41: Damage coefficient of pavement structure

$$k_s = IF(I_{MSI} \leq 1; 1; IF(I_{MSI} < 4; -0,2 \cdot I_{MSI} + 1,2; 0,4)) \quad (10)$$

Model upadanja debelinskega indeksa (in s tem nosilnosti voziščne konstrukcije) je odvisen od indeksa poškodovanosti vozišča I_{MSI} , torej posredno tudi od modela spreminjanja MSI, ki pa je odvisen od časa. Torej je upadanje debelinskega indeksa tudi odvisno od časa.

V aplikaciji sem za količnik škode definirala letno spremenljivko $AAV_r_{I_{St}Cond_{ks}}$, za upadanje debelinskega indeksa pa letno spremenljivko $AAV_D_{dejanski}$.

Da bi bila voziščna konstrukcija dovolj nosilna, da bo sposobna še naslednjih deset let prenašati prometne in ostale obremenitve, mora imeti debelinski indeks $D_{potrebni}$.

Za določitev $D_{potrebni}$ in vnos v aplikacijo za gospodarjenje z vozišči sem morala določiti matematično enačbo krivulje za določitev dimenzij osnovnih plasti novih asfaltnih voziščnih konstrukcij, TSC 06.520: 2009 [5], slika 42. Za to sem z MS Excel določila trendno črto in dobila enačbo 11 za izračun potrebne debeline asfaltov v odvisnosti od prometne obremenitve.

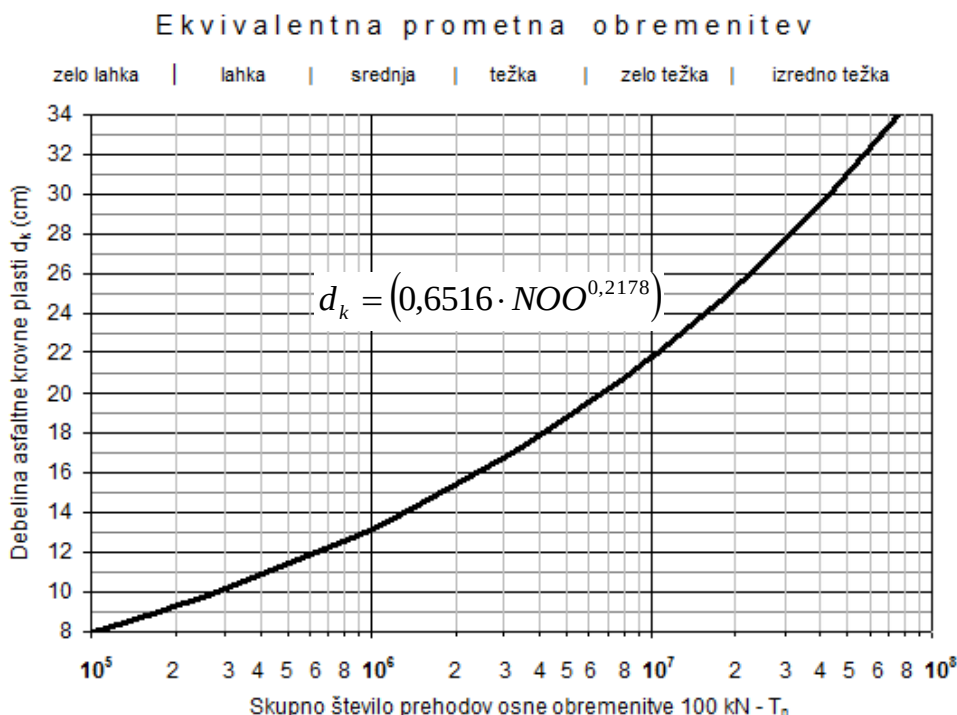
$$d_k = (0,6516 \cdot NOO^{0,2178}) \quad (11)$$

kjer je

d_k ... debelina asfaltne krovne plasti [cm]

NOO ... prometna obremenitev [število prehodov nominane osne obremenitve 100 kN]

$D_{potrebni}$ sem nato določila z enačbo 12.



Slika 42: Diagram za določitev dimenzij osnovnih plasti novih asfaltnih voziščnih konstrukcij (TSC 06.520 2009, 10)

Figure 42: Diagram for determination of thickness of basic layers of new asphalt pavement structures (TSC 06.520 2009, 10)

$$D_{potrebni} = (0,6516 \cdot NOO_{10let}^{0,2178}) \cdot 0,38 \quad (12)$$

kjer je

0,38 ... povprečni faktor ekvivalentnosti asfaltne krovne plasti

NOO_{10let} ... predvideno število prehodov nominalne osne obremenitve 100 kN v projektiranem obdobju 10 let (glej enačbo 19 na strani 53)

Če je potreben debelinski indeks $D_{potrebni}$ manjši od obstoječega debelinskega indeksa $D_{dejanski}$, je voziščna konstrukcija potrebna ojačitve v velikosti debelinskega indeksa $D_{ojacitve}$ (enačba 13).

$$D_{ojacitve} = D_{potrebni} - D_{dejanski} \quad (13)$$

Enačba 14 prikazuje potrebno debelino ojačitve $d_{ojacitve}$ obstoječe voziščne konstrukcije, da bo tako nadgrajena sposobna prenesti prometne obremenitve v prihodnjih 10 letih.

$$d_{ojacitve} = \frac{D_{ojacitve}}{0,38} \quad (14)$$

V aplikaciji sem za izračun $D_{potrebni}$ definirala letni spremenljivki AAV_D_potr in AAV_NOO_10let .

V aplikaciji sem za izračun debeline ojačitve definirala letno spremenljivko AAV_d_Ojac .

S tem postopkom sem v aplikacijo vnesla izračun potrebne nadgradnje ($d_{ojacitve}$), ki je odvisna od poškodovanosti obstoječe voziščne konstrukcije (izražene z I_MSI) preko količnika škode (k_s) in predvidene prometne obremenitve v prihodnjih 10 letih (NOO_{10let}).

6.7 Spreminjanje lastnosti vozišč s časom (modeli propadanja)

Za napovedovanje obnašanja voziščnih konstrukcij v prihodnosti je treba definirati modele propadanja, to je modele spreminjanja posameznih lastnosti vozniških površin s časom. Definirala sem naslednje modele:

- model spreminjanja MSI,
- model spreminjanja koeficienta drsnega trenja,
- model spreminjanja vzdolžne ravnosti.

Stanje vozišča in voziščne konstrukcije se spreminja s časom (starostjo). Model mora zagotavljati spreminjanje posamezne lastnosti vozne površine, ki je čim bolj skladno s stanjem v naravi in meritvami ali ocenami teh lastnosti. dTIMS omogoča prilagajanje modelov na izmerjeno stanje s koeficienti ali vektorji, ki zagotavljajo, da se model prilagaja vsakemu odseku posebej.

6.7.1 Model spreminjanja MSI

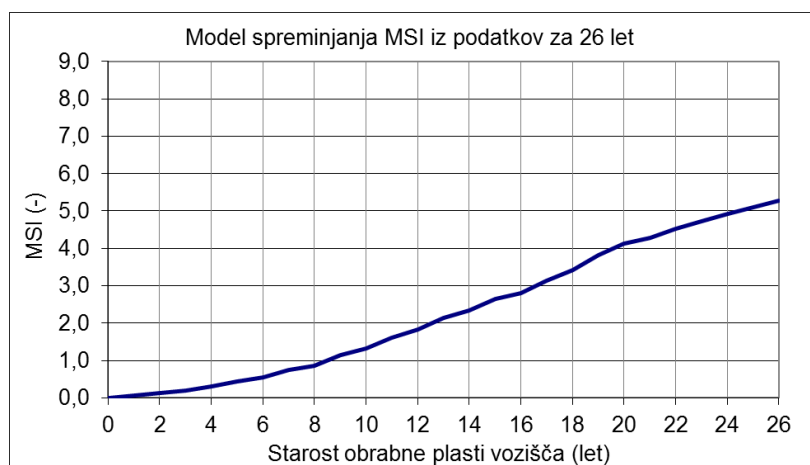
Vizualna ocena stanja vozišč po metodi MSI se v Sloveniji na državnih cestah izvaja ciklično že od leta 1995. Pogostost meritve je bila v prvih letih na eno leto, v zadnjih letih pa se vsak odsek oceni vsako drugo leto. Tako je nastala obsežna baza podatkov, ki sem jo uporabila za razvoj modela napredovanja poškodb na voziščih (model MSI). Zajela sem preko 99.000 podatkov o vrednosti MSI pri določeni starosti voziščne konstrukcije (preglednica 16). Moj prvotni namen je bil, da poleg starosti upoštevam tudi vrsto voziščne konstrukcije (originalna, že preplaščena, nadgrajena, itd.), vendar podatki v banki cestnih podatkov na Direkciji RS za infrastrukturo niso organizirani tako, da bi bilo z gotovostjo mogoče določiti vrsto voziščne konstrukcije. Prav tako tudi poskus upoštevanja gostote prometa ni prinesel smiselni razlik v modelih.

Preglednica 16: Število zapisov vrednosti MSI pri posamezni starosti obrabne plasti vozišča in povprečne vrednosti MSI

Table 16: Number of records of MSI at each age of wearing course and average MSI values

Starost obrabne plasti vozišča (let)	Število podatkov o MSI	Povprečna vrednost MSI
0	2.700	0,00
1	2.610	0,05
2	4.900	0,13
3	5.020	0,19
4	5.950	0,31
5	6.220	0,45
6	6.660	0,54
7	6.710	0,75
8	6.940	0,87
9	6.990	1,14
10	5.740	1,32
11	6.560	1,62
12	4.240	1,83
13	5.450	2,15
14	3.320	2,35
15	4.530	2,64
16	2.620	2,80
17	4.070	3,14
18	2.020	3,43
19	2.320	3,81
20	1.020	4,13
21	1.210	4,29
22	475	4,53
23	324	4,73
24	216	4,92
25	95	5,10
26	100	5,27
Skupaj:	99.010	

Slika 43 prikazuje model napredovanja poškodb vozne površine, ki temelji na podatkih iz ocenjevanja stanja vozniških površin po MSI.



Slika 43: Model napredovanja poškodovanosti vozne površine po metodi MSI za 26 let

Figure 43: Deterioration model for pavement damage for 26 years according to MSI methodology

Ker so nekatere voziščne konstrukcije tudi starejše od 26 let, v aplikaciji pa je treba tudi predvideti strategijo obnavljanja brez obnov, sem morala razviti tudi model MSI za voziščne konstrukcije, ki so starejše od 26 let. O njih je v bazi podatkov le malo zapisov, njihove vrednosti MSI pa so zelo odstopale, zato sem se odločila za prognoziranje spreminjanja MSI.

Napoved spreminjanja neke lastnosti v prihodnosti se izvaja na podlagi poznavanja spreminjanja te lastnosti v preteklosti. Za napoved sem izbrala generalizirano logistično funkcijo ali Richardovo funkcijo [12]. Splošna oblika Richardove krivulje je prikazana z enačbo 15.

$$y(t) = A + \frac{K - A}{\left(1 + Q \cdot e^{-B \cdot (t-M)}\right)^{1/\nu}} \quad (15)$$

kjer je

$y(t)$	...	MSI pri določeni starosti obrabne plasti $AgeWC$
A	...	spodnja asimptota
K	...	zgornja asimptota
B	...	stopnja rasti
ν	...	> 0 : asimptota, pri kateri se pojavi največja rast
Q	...	je odvisen od $y(0)$
M	...	čas največje rasti če je $Q = \nu$

Določila sem naslednje parametre Richardove krivulje:

$t = AgeWC$
 $A = 0$
 $K = 8$
 $B = 0,145$
 $\nu = 1$
 $Q = 0,9$
 $M = 20$

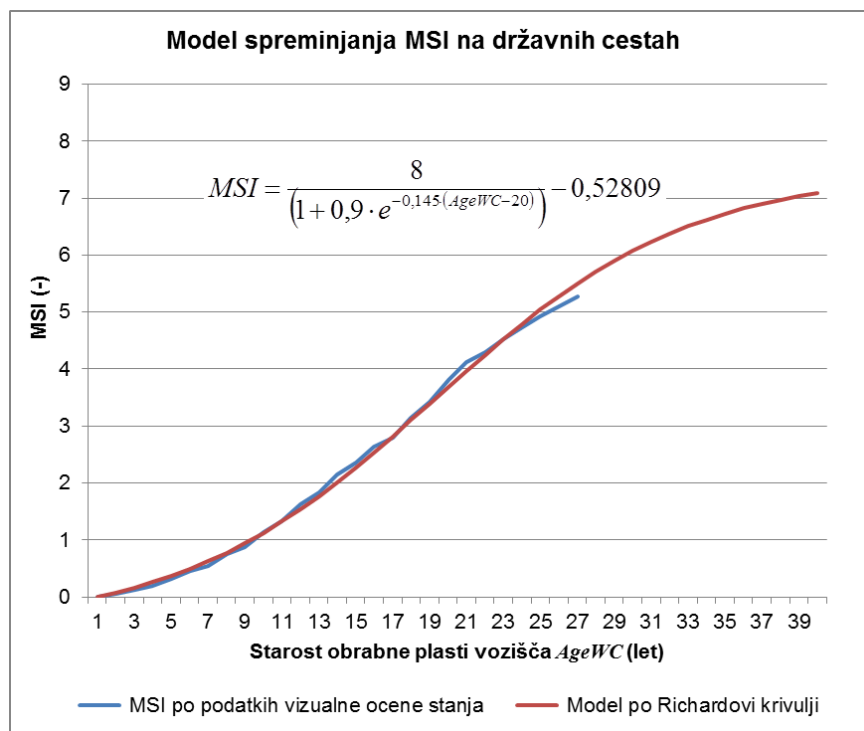
Tako definirano krivuljo sem morala nato še premakniti navzdol za vrednost $MSI = 0,52809$.

Model spreminjanja MSI je prikazan z enačbo 16 in na sliki 44. Model se zelo dobro prilega izmerjenim vrednostim v območju, ki je za določanje ukrepov obnove najbolj pomembno, to je pri MSI 1 do 4,5. Kvadrat odklonov v tem območju znaša 0,097, v celotnem obdobju 26 let pa 0,224.

$$MSI = \left(\frac{8}{1 + 0,9 \cdot e^{-0,145(AgeWC-20)}} \right) - 0,52809 \quad (16)$$

Modra črta prikazuje model spreminjanja poškodovanosti vozne površine po MSI, izdelan na podlagi podatkov za 26 let, rdeča pa prirejen model z napovedjo za starost obrabne plasti do 40 let.

V aplikaciji sem za spreminjanje starosti obrabne plasti voziščne konstrukcije definirala letno spremenljivko AAV_Age_WC .



Slika 44: Model spreminjanja MSI

Figure 44: Deterioration model for MSI

Spreminjanje MSI je odvisno od:

- časa (staranja v voziščno konstrukcijo vgrajenih materialov),
- prometne obremenitve (glavnega povzročitelja poškodb vozne površine),
- podnebnih obremenitev in
- dimenzij ter materialov voziščne konstrukcije.

Prometne in podnebne obremenitve ter dimenzije in materiali voziščne konstrukcije so medsebojno povezani v postopku dimenzioniranja, zato sem jih združila v indeks dimenzioniranja DI_{real} . Tako je model spreminjanja MSI odvisen od časa in indeksa dimenzioniranja, ki je opisan v nadaljevanju. S tem je posredno v MSI zajeta tudi nosilnost voziščne konstrukcije oziroma njena ustreznost za prenos pričakovanih prometnih obremenitev v analiziranem obdobju.

Na podlagi izkušenj sem oblikovala tri modele napredovanja MSI za tri tipe voziščnih konstrukcij glede na ustreznost dimenzioniranja: poddimenzionirane, ustrezno dimenzionirane in predimenzionirane.

Indeks dimenzioniranja DI_{real} v primeru poddimenzionirane voziščne konstrukcije pospeši propadanje voziščne konstrukcije, v primeru predimenzionirane pa ga upočasni. DI_{real} sem definirala kot razmerje med prometno obremenitvijo, ki jo je glede na debelino asfaltov voziščna konstrukcija sposobna prenesti (NOO_{total}), ter vsoto kumulativne prometne obremenitve, ki jo je voziščna konstrukcija od svoje izgradnje že prenesla (NOO_{cum}), in pričakovane prometne obremenitve v prihodnjih 10 letih (NOO_{10let}) – enačba 17.

$$DI_{real} = \frac{NOO_{total}}{NOO_{Cum} + NOO_{10let}} \quad (17)$$

NOO_{total} je odvisen od dimenzij in materialov voziščne konstrukcije in predstavlja tisto prometno obremenitev, ki jo je voziščna konstrukcija sposobna prenesti. Za izračun NOO_{total} sem uporabila [5] (slika 42).

Primer: Če je debelina asfaltnih plasti obstoječe voziščne konstrukcije enaka 18 cm, je v svoji življenjski dobi sposobna prenesti 4 milijone prehodov NOO 100kN ($NOO_{total} = 8.000.000$).

NOO_{cum} je kumulativna prometna obremenitev, ki jo je voziščna konstrukcija od svoje izgradnje že prenesla. Določila sem jo po enačbi 18, ki je zapisana za primer letne stopnje rasti prometa 1,5 %.

$$NOO_{cum} = NOO_{ActYear} \cdot \frac{1 - \left(\frac{1}{1,015}\right)^{AgeWC}}{1 - \frac{1}{1,015}} \quad (18)$$

kjer je

$NOO_{ActYear}$... letno število prehodov NOO 100 kN v prvem letu analize (2015)

$AgeWC$... starost obrabne plasti voziščne konstrukcije

Število prehodov NOO 100kN v prihodnjih 10 letih (NOO_{10let}) pomeni število prehodov, ki jih mora voziščna konstrukcija v prihodnjih 10 letih (od leta 2015 do leta 2024) še prenesti, da je ustrezno dimenzionirana za prihodnjih 10 let – slika 42 in enačba 19 za predvideno letno stopnjo rasti prometa 1,5 %.

$$NOO_{10let} = NOO_{ActYear} \cdot \frac{(1 + 0,015)^{10} - 1}{0,015} \quad (19)$$

kjer je $NOO_{ActYear}$ letno število prehodov NOO 100 kN v prvem letu analize (2015).

Primer: Če letno število prehodov NOO 100kN v letu 2015 znaša 0,1 mio in je predpostavljena letna stopnja rasti prometa 1,5 %, znaša skupna prometna obremenitev v 10 letih (NOO_{10let}) 1,070 milijonov prehodov.

V aplikaciji sem za opis spreminjanja prometnih obremenitev za določitev indeksa dimenzioniranja AAV_{DI_real} definirala letne spremenljivke AAV_{NOO_total} , AAV_{NOO_cum} , AAV_{NOO_10let} .

V nadaljevanju sem upoštevala, da je voziščna konstrukcija predimenzionirana, kadar je DI_{real} večji od 1, pri $DI_{real} = 1$ je ravno ustrezno dimenzionirana, pri DI_{real} pod 1 pa je voziščna konstrukcija poddimenzionirana, saj ni sposobna še naslednjih 10 let prenašati predvidenih prometnih obremenitev.

DI sem vključila v modele spreminjanja poškodovanosti vozne površine po MSI, in sicer sem upoštevala, da razviti model MSI iz historičnih podatkov velja za predimenzionirano voziščno konstrukcijo:

- če je $DI_{real} < 0,6$, model MSI narašča hitreje za približno 40 %, $DI = 1,4$
- če je $0,6 \leq DI_{real} \leq 1,2$, model MSI narašča hitreje za približno 20 %, $DI = 1,2$
- če je $DI_{real} > 1,2$, model MSI narašča skladno z razvitim modelom propadanja, $DI = 1,0$

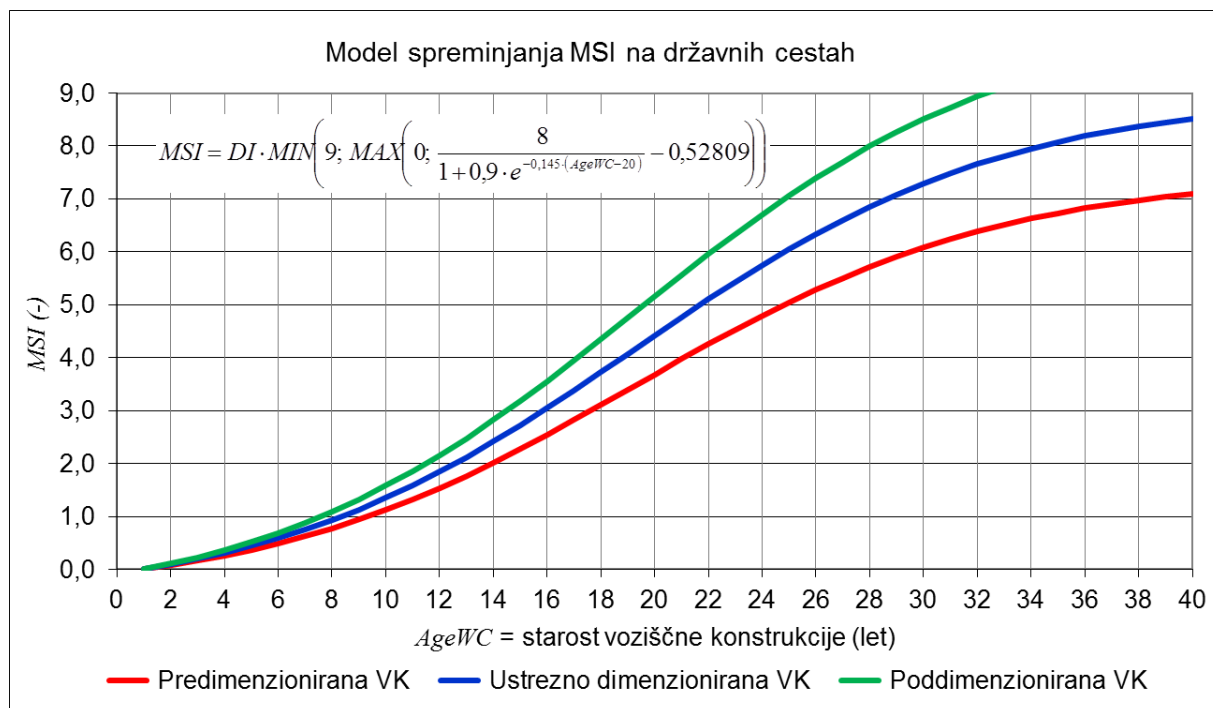
Enačba 20 prikazuje določitev DI .

$$DI = IF(DI_{real} > 1,2; 1,0; IF(DI_{real} > 0,6; 1,2; 1,4)) \quad (20)$$

V aplikaciji sem za opis spreminjanja indeksa dimenzioniranja definirala letne spremenljivke AAV_{DI_real} , AAV_{DI} .

Tako sem definirala tri modele za napredovanje MSI, prikazane na sliki 45: za poddimenzionirano voziščno konstrukcijo z zeleno krivuljo, za ustrezno dimenzionirano z modro krivuljo in za predimenzionirano voziščno konstrukcijo z rdečo krivuljo (enačba 21).

$$MSI = DI \cdot MIN \left(9; MAX \left(0; \frac{8}{1 + 0,9 \cdot e^{-0,145(AgeWC-20)}} - 0,52809 \right) \right) \quad (21)$$



Slika 45: Modeli napredovanja MSI v odvisnosti od indeksa dimenzioniranosti DI
Figure 45: Deterioration models for MSI in dependence of design index DI

V aplikaciji sem za opis spreminjanja MSI definirala letno spremenljivko AAV_MSI .

Normalizacija MSI v indeks I_MSI je opisana v poglavju 6.8.1.

6.7.2 Model spreminjanja koeficienta bočnega trenja

Model spreminjanja merodajnega koeficienta bočnega trenja SR (SFC) sem povzela po HDM-4 ([13], str. B11-7 do B11-8), ki je definiran z enačbami 22 do 24 in sliko 46.

$$\Delta SFC_{50} = K_{sfc} \cdot a_0 \cdot MAX(0; QCV) \quad (22)$$

kjer je

- ΔSFC_{50} ... prirastek koeficienta bočnega trenja med analiziranim letom, izmerjenega pri hitrosti 50 km/h
- K_{sfc} ... kalibracijski faktor za koeficient bočnega trenja (predlagana vrednost je 1,0)
- a_0 ... kalibracijski faktor, odvisen od tipa obrabne plasti, predlagana vrednost po HDM-4 je enaka za vse, in sicer $a_0 = -0,663 \cdot 10^{-4}$
- QCV ... število komercialnih vozil, torej vsota avtobusov, srednjih tovornjakov, težkih tovornjakov in priklopnikov [vozil/prometni pas/dan] – v aplikaciji je to spremenljivka AAV_Komer_vozila

$$QCV = Avtobusi + Srednji_tovornjaki + Tezki_tovornjaki + Priklopniki \quad (23)$$

Vrednost koeficienta bočnega trenja ob koncu analiziranega leta je definirana z enačbo 24.

$$SFC_{50b} = MAX((SFC_{50a} + \Delta SFC_{50}); 0,35) \quad (24)$$

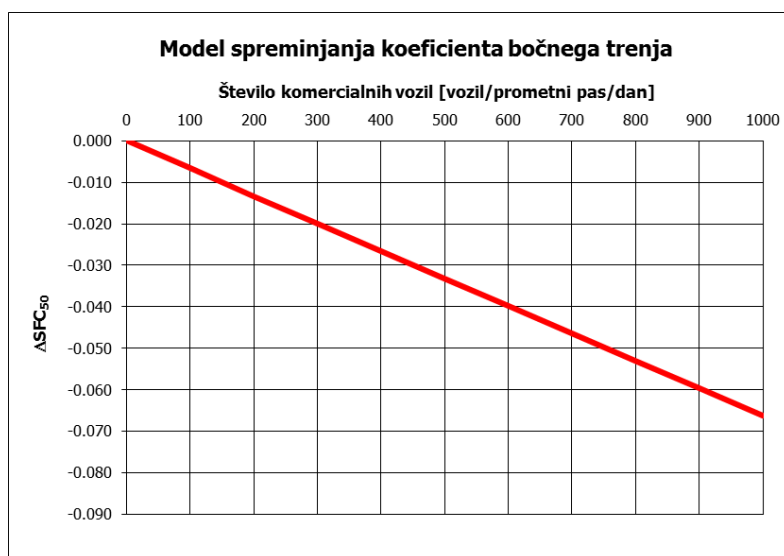
kjer je

- SFC_{50b} ... koeficient bočnega trenja na koncu analiziranega leta, izmerjen pri hitrosti 50 km/h
 SFC_{50a} ... koeficient bočnega trenja na začetku analiziranega leta, izmerjen pri hitrosti 50 km/h

V aplikaciji sem za število komercialnih vozil (QCV), ki se povečuje z 1,5-odstotno letno rastjo, definirala letno spremenljivko AAV_{Komerc_vozila} .

V aplikaciji sem za opis spreminjanja koeficienta bočnega trenja definirala letno spremenljivko AAV_{SR} .

Z letno spremenljivko za spremembo koeficienta bočnega trenja med analiziranim letom AAV_{SR} se v sistemu tako vsako leto spremeni koeficient bočnega trenja za ΔSFC_{50} , kar prikazuje enačba 25 in slika 46.



Slika 46: Model spreminjanja koeficienta bočnega trenja
 Figure 46: Deterioration model for side force skid resistance coefficient

$$AAV_{SR} = AAV_{SR} + \Delta SFC_{50} \quad (25)$$

Normalizacija koeficienta bočnega trenja (SR) v indeks koeficienta bočnega trenja (I_{SR}) je opisana v poglavju 6.8.2. V aplikaciji sem za indeks koeficienta bočnega trenja definirala letno spremenljivko $AAV_{I_{SR}}$.

6.7.3 Model spreminjanja vzdolžne ravnosti

Model spreminjanja vzdolžne ravnosti sem povzela po FHWA, Long-Term Pavement Performance (LTPP) [10]. Model spreminjanja vzdolžne ravnosti, izražene z IRI [m/km], je bil oblikovan na podlagi analiz baze podatkov o izmerjenih vrednostih IRI in pripadajočih starostih voziščnih konstrukcij.

Razvoj modela je bil postopen. V prvi fazi so poskusili IRI, izmerjen takoj po vgradnji voziščne konstrukcije, odšteti od vseh nadaljnjih meritev, vendar s tem postopkom niso dobili zadovoljive korelacije med IRI in starostjo voziščne konstrukcije.

Zato so se v drugi fazi odločili za absolutni model IRI. Ta model je napovedoval napredovanje vrednosti IRI s časom precej natančno (glede na nagib modela), vendar je bil premaknjen od izmerjenih vrednosti. To razliko so eliminirali s premikom v točko začetnega IRI in takratno starost voziščne konstrukcije.

Enačba 26 prikazuje model spreminjanja IRI z leti, enačba 27 pa definira premik modela IRI v točko, ki ustreza izmerjeni vrednosti IRI pri poznani starosti voziščne konstrukcije v času meritve.

$$\ln(IRR + 0,1) = \left\{ \begin{aligned} &\alpha - \Delta + 0,115 \cdot \left(\frac{\log(ESAL)}{SN} \right) + 3,29 \cdot 10^{-2} \cdot AGE - 4,33 \cdot 10^{-5} \cdot CI + 2,28 \cdot 10^{-6} \cdot FI + \\ &+ 5,90 \cdot 10^{-5} \cdot PRECIP + 2,21 \cdot 10^{-4} \cdot FTC + 8,59 \cdot 10^{-5} \cdot ACTHICK - \\ &- 5,39 \cdot 10^{-3} \cdot \left(\frac{\log(ESAL)}{SN} \right) \cdot AGE + 1,77 \cdot 10^{-6} \cdot AGE \cdot CI + 4,55 \cdot 10^{-6} \cdot AGE \cdot FI + \\ &+ 0,643 \cdot MIRI - 2,5 \cdot 10^{-2} \cdot MIRI \cdot AGE - 2,4 \cdot 10^{-6} \cdot AGE \cdot PRECIP - \\ &- 1,09 \cdot 10^{-5} \cdot AGE \cdot FTC \end{aligned} \right\} \quad (26)$$

$$\Delta = \left\{ \begin{aligned} &\alpha + 0,115 \cdot \left(\frac{\log(ESAL)}{SN} \right) + 7,9 \cdot 10^{-3} \cdot MIRI \cdot AGE - 4,33 \cdot 10^{-5} \cdot CI + 2,28 \cdot 10^{-6} \cdot FI + \\ &+ 5,90 \cdot 10^{-5} \cdot PRECIP + 2,21 \cdot 10^{-4} \cdot FTC + 8,59 \cdot 10^{-5} \cdot ACTHICK - \\ &- 5,39 \cdot 10^{-3} \cdot \left(\frac{\log(ESAL)}{SN} \right) \cdot MIRI \cdot AGE + 1,77 \cdot 10^{-6} \cdot MIRI \cdot AGE \cdot CI + \\ &+ 4,55 \cdot 10^{-6} \cdot MIRI \cdot AGE \cdot FI + 0,643 \cdot MIRI - 2,4 \cdot 10^{-6} \cdot MIRI \cdot AGE \cdot PRECIP - \\ &- 1,09 \cdot 10^{-5} \cdot MIRI \cdot AGE \cdot FTC - \ln(MIRI + 0,1) \end{aligned} \right\} \quad (27)$$

kjer je

<i>IRI</i>	...	Vzdolžna ravnost vozišča (v aplikaciji je to spremenljivka <i>AAV_IRI</i>) [m/km]
α	...	Koeficient za model IRI na fleksibilnih voziščih (v aplikaciji je to atribut <i>Alfa</i>) – glej preglednico 17
<i>ESAL</i>	...	Letna prometna obremenitev (v aplikaciji je to spremenljivka <i>AAV_NOO</i>)
<i>SN</i>	...	Strukturno število (v aplikaciji je to spremenljivka <i>AAV_D_dejanski</i>) [mm]
<i>AGE</i>	...	Starost vozišča (v aplikaciji je to spremenljivka <i>AAV_Age_WC</i>) [let]
<i>CI</i>	...	Letni indeks hlajenja [°C dni]
<i>FI</i>	...	Indeks mraza [°C dni]
<i>PRECIP</i>	...	Letna količina padavin [mm]
<i>FTC</i>	...	Letno število ciklov zmrzovanja in tajanja [-]
<i>ACTHICK</i>	...	Debelina asfaltnih plasti (v aplikaciji je to spremenljivka <i>DAV_Deb_Asf</i>) [mm]
<i>MIRI</i>	...	Izmerjeni IRI (v aplikaciji je to spremenljivka <i>DAV_MIRI</i>) [m/km]
<i>MIRI_AGE</i>	...	Starost vozišča ob meritvi IRI (v aplikaciji je to spremenljivka <i>DAV_AgeWC_IRI</i>) [let]

Za definicijo modela IRI v aplikacijo so nekatere količine že vpeljane; dodatno je bilo treba definirati še 5 parametrov: α , *FI*, *CI*, *PRECIP* in *FTC*.

V preglednici 17 je podan koeficient α v odvisnosti od temeljnih tal (drobnozrnata, grobozrnata, skalnata), vrste nosilne plasti (nevezana, asfaltna) in v odvisnosti od tega, ali je voziščna konstrukcija originalna (nepreplaščena) ali pa je bila že preplaščena. Voziščne konstrukcije na državnih cestah, ki sem jih vključila v sistem za gospodarjenje z vozišči, imajo praviloma nevezano nosilno plast.

Preglednica 17: Koeficient α za model IRI za fleksibilna vozišča

Table 17: Coefficient α for IRI model for flexible pavements

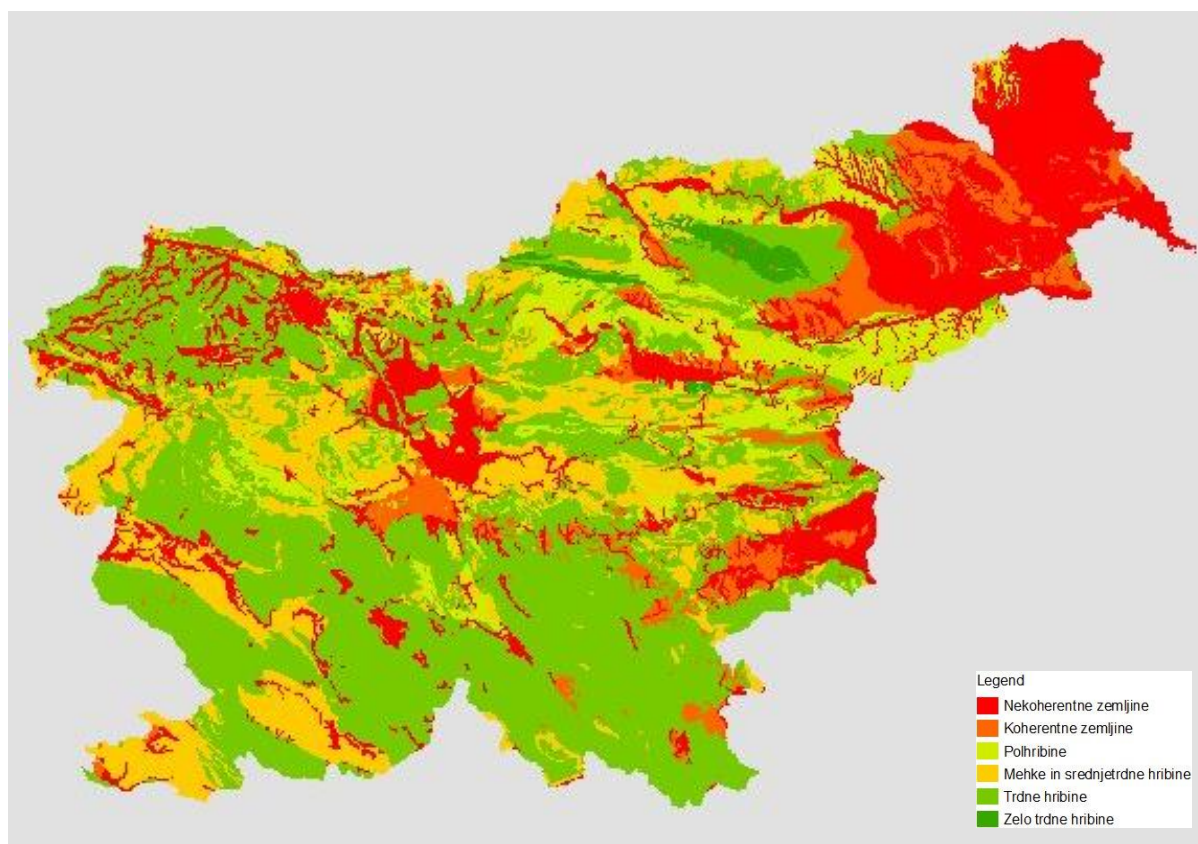
	drobnozrnata	Temeljna tla grobozrnata	skalnata
Nepreplaščena VK (Orig, Recon)	-0,713	-0,769	-0,670
Preplaščena VK (Ojac, OjacRez, Ppee, Prep, PrepRez, Recik, TPh)	-0,753	-0,810	-0,711

Za določitev, katera temeljna tla v Sloveniji so drobnozrnata, grobozrnata in skalnata, sem uporabila inženirsko geološko karto Slovenije s prikazano trdnostjo kamnin [16] (slika 47).

Nekoherentne zemljine so nevezljivi gramozji in peski, in sem jih zato uvrstila med grobozrnata temeljna tla.

Koherentne zemljine so vezljive gline, melji in organske zemljine (šota). Polhribine so kamnine, ki ob stiku z zrakom in vodo hitro preperijo v glino in melje. To so predvsem fliši, laproji, skrilavci in glinavci. Te kamnine na prvi vtis spadajo med zelo trdne hribine, vendar zelo hitro preperijo v koherentne zemljine in je to treba upoštevati pri temeljenju cest in objektov. Zato sem koherentne zemljine in polhribine uvrstila med drobnozrnata temeljna tla.

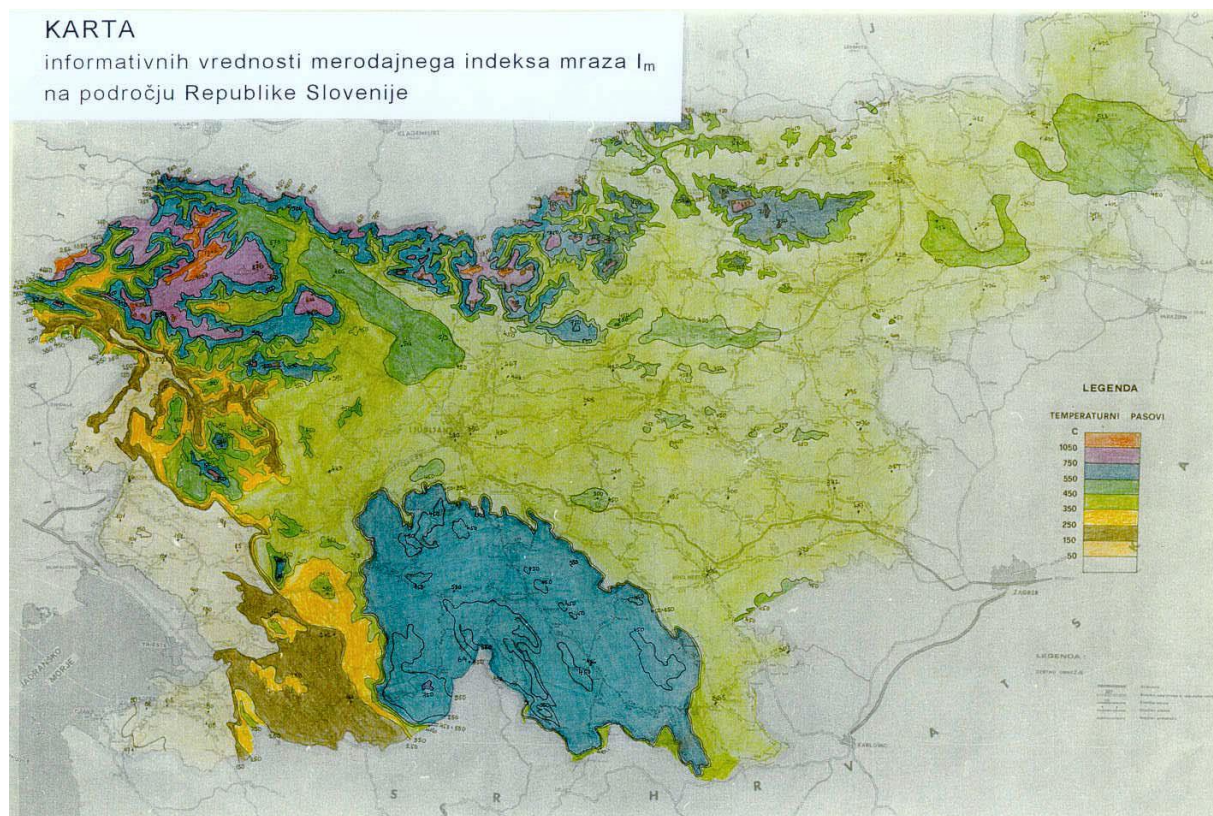
Trdne in zelo trdne hribine so apnenci in dolomiti (sedimentne kamnine) in magmatske ter metamorfne kamnine. Mehke, srednjetrde, trdne in zelo trdne hribine sem uvrstila med skalnata temeljna tla.



Slika 47: Inženirska geološka karta Slovenije s prikazano trdnostjo kamnin (<http://kalcedon.geo-zs.si/website/PTGK/viewer.htm>)

Figure 47: Engineering geology map of Slovenia showing rock resistance (<http://kalcedon.geo-zs.si/website/PTGK/viewer.htm>)

Indeks mraza FI je definiran tudi v naši tehnični regulativi [8] in je vsota srednjih (negativnih) dnevnih temperatur zraka od začetka do konca obdobja zmrzovanja; označuje trajanje in intenzivnost mraza na določenem kraju. Določitev srednje dnevne temperature zraka temelji na postopku, uveljavljenem v hidrometeorološki službi (povprečje meritev temperatur ob 7., 14. in 21. uri 1,2 m nad tlemi). Merodajni indeks mraza za načrtovano dobo trajanja je srednja vrednost indeksa mraza v treh najhladnejših zimah v izbranem nizu let. Na osnovi podatkov Hidrometeorološkega zavoda o temperaturah v značilnih okoljih v Sloveniji (za niz 1951 – 1970) je v [8] pripravljena karta informativnih vrednosti merodajnega indeksa mraza (slika 48).



Slika 48: Karta informativnih vrednosti merodajnega indeksa mraza FI na področju Slovenije (TSC 06.512 2003, 13)

Figure 48: Map of informative values of Freezing Index FI in Slovenia (TSC 06.512 2003, 13)

CI je letni indeks hlajenja. Definiran je z enačbo 28 in opisuje poletne razmere. Vsota se nanaša na število dni, ko je srednja dnevna temperatura zraka višja od $18,33^{\circ}\text{C}$.

$$CI = \sum (\bar{T} - 18,33) \quad \text{če je} \quad \bar{T} > 18,33 \quad (28)$$

kjer je

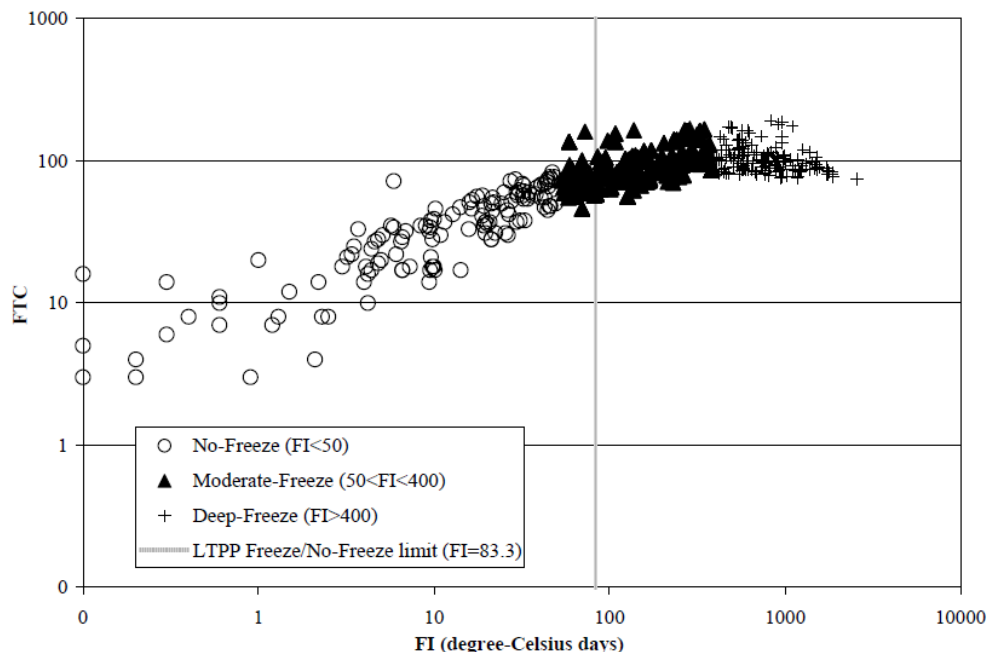
CI ... letni indeks hlajenja ($^{\circ}\text{C}\cdot\text{dni}$)
 $\bar{T}$... srednja dnevna temperatura zraka [$^{\circ}\text{C}$]

Podatke o CI za posamezne glavne meteorološke postaje sem dobila na spletni strani Agencije RS za okolje (Meteo.si, Arhiv meritev) [15]. Med njimi sem podatek o CI interpolirala.

Podatke o povprečni letni količini padavin $PRECIP$ od 1999 do 2013 sem dobila na spletni strani Agencije RS za okolje (Meteo.si, Arhiv meritev) [15].

Podatkov o letnem številu ciklusov zmrzovanja in tavanja FTC za Slovenijo ni na voljo, zato sem uporabila razmerje med indeksom mraza FI in številom ciklusov zmrzovanja in tavanja iz

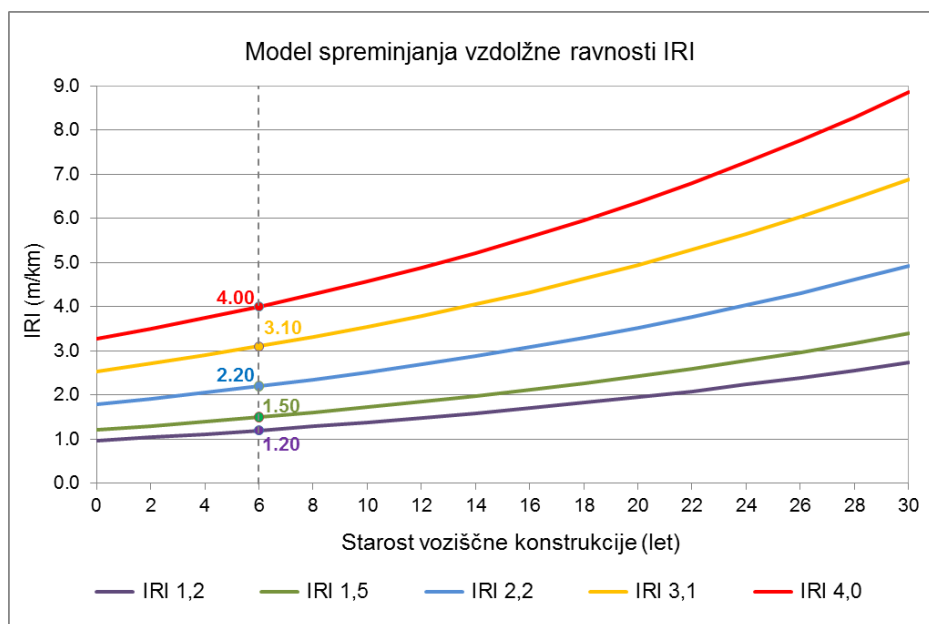
[11], ki je prikazano na sliki 49. Področja brez zmrzovanja (*no-freeze region*) so definirana kot področja z indeksom mraza pod 50°C·dni, področja z zmernim zmrzovanjem (*moderate-freeze region*) pa z indeksom mraza med 50 in 400°C·dni. Področja z globokim zmrzovanjem (*deep-freeze region*) so definirana z indeksom mraza preko 400°C dni. Te meje so bile postavljene na osnovi analiz v bazi podatkov [11], pri čemer so bili upoštevani tudi kriteriji iz LTPP (LTPP Freeze/No-Freeze limit (FI=83,3)).



Slika 49: Razmerje med indeksom mraza FI in številom ciklusov zmrzovanja in tavanja FTC (Jackson and Puccinelli 2006, 70)

Figure 49: Relationship between Freezing Index FI and number of freeze-thaw cycles FTC (Jackson and Puccinelli 2006, 70)

Primer modela spreminjanja vzdolžne ravnosti za enake klimatske in hidrološke pogoje ter enako voziščno konstrukcijo, vendar za različne vrednosti izmerjenega IRI pri starosti voziščne konstrukcije 6 let, je prikazan na sliki 50.



Slika 50: Model spreminjanja vzdolžne ravnosti IRI

Figure 50: Deterioration model for longitudinal evenness IRI

V aplikaciji sem za model spreminjanja vzdolžne ravnosti definirala letno spremenljivko AAV_{IRI} .

Normalizacija vzdolžne ravnosti IRI v indeks vzdolžne ravnosti I_{IRI} je opisana v poglavju 6.8.3. V aplikaciji sem za indeks vzdolžne ravnosti definirala letno spremenljivko $AAV_{I_{IRI}}$.

6.8 Določanje indeksov stanja vozišč in voziščnih konstrukcij

Vsaka lastnost vozne površine se opisuje z drugačno fizikalno enoto, hkrati pa je opredeljevanje kakovosti vozne površine lahko odvisno od gostote prometa ali prometne obremenitve, pa tudi hidroloških in podnebnih pogojev, zato je smiselno izvesti normiranje posameznih karakteristik v brezdimenzijske indekse z uporabo odsekoma linearnih funkcij [19].

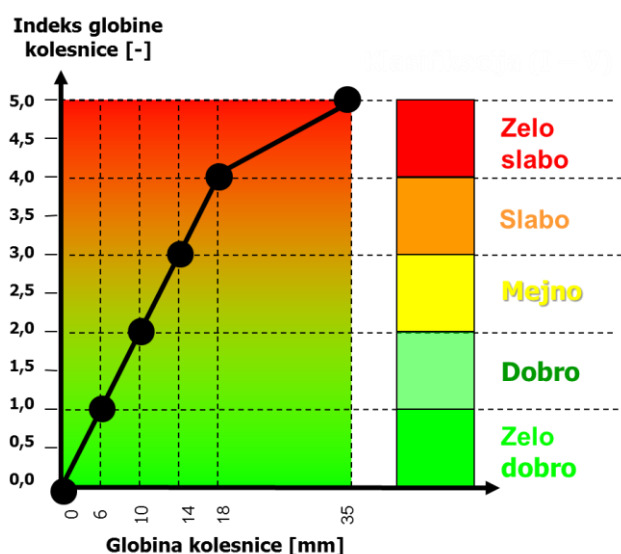
Izbrala sem normalizacijo v pet razredov, kjer razred [0–1) pomeni zelo dobro stanje, [1–2) dobro stanje, [2–3) mejno stanje, [3–4) slabo in [4–5) zelo slabo stanje. Tako lahko na enak način opišem vsako in tudi vse karakteristike vozišč in voziščnih konstrukcij (slika 51 in preglednica 18).

Preglednica 18: Definicija razredov stanj

Table 18: Definition of condition classes

Vrednost stanja	Razred stanja
[4–5]	Zelo slabo
[3–4)	Slabo
[2–3)	Mejno
[1–2)	Dobro
[0–1)	Zelo dobro

Na sliki 51 je shematično prikazano vrednotenje stanja vozišča glede na globino kolesnice (mm), ki jo sicer določamo skladno s TSC 06.610: 2003 [9]. TSC določa mejne vrednosti ravnosti za oceno uporabnosti vozne površine na obstoječih cestah (z oceno stanja »zelo dobro«, »dobro«, »mejno«, »slabo« in »zelo slabo«) glede na velikost neravnine (globino kolesnice v mm) v odvisnosti od gostote prometa oziroma prometne obremenitve. Tako je na abscisi prikazana globina kolesnice v mm, na ordinati pa indeks globine kolesnice na lestvici od 0 do 5.



Slika 51: Definicije in meje posameznega razreda stanja (primer za globino kolesnice)

Figure 51: Definitions and borders between condition classes (example for rut depth)

TSC [9] določa, da je za večjo prometno obremenitev vozišče

- v zelo dobrem stanju, če je globina kolesnice manjša od 6 mm,
- v dobrem stanju, če je globina kolesnice med 6 in 10 mm,
- v mejnem stanju, če je globina kolesnice med 10 in 14 mm,
- v slabem stanju, če je globina kolesnice med 14 in 18 mm in
- v zelo slabem stanju, če je globina kolesnice večja od 18 mm.

Z normalizacijo določimo, da je

- globina kolesnice 0 mm enaka indeksu 0,
- globina kolesnice 6 mm enaka indeksu 1,
- globina kolesnice 10 mm enaka indeksu 2,
- globina kolesnice 14 mm enaka indeksu 3,
- globina kolesnice 18 mm enaka indeksu 4 in
- globina kolesnice, ki je večja od 35 mm, enaka indeksu 5.

Tako lahko zapišemo odsekoma linearne funkcije, ki pretvorijo globino kolesnice (mm) v indeks globine kolesnice (enačba 29):

$$I_Rut = If(0 \leq Rut \leq 6; 0,1667 \cdot Rut; If(Rut \leq 18; 0,25 \cdot Rut - 0,5; Min(5; 0,0588 \cdot Rut + 2,9412))) \quad (29)$$

V poglavju 6.8.1 je obrazloženo normiranje MSI v indeks MSI (I_MSI), v poglavju 6.8.2 normiranje koeficienta bočnega trenja SR v indeks koeficienta bočnega trenja (I_SR), v poglavju 6.8.3 pa normiranje vzdolžne ravnosti IRI v indeks vzdolžne ravnosti (I_IRI).

Ker je v procesu optimizacije v dTIMS možno le-to izvajati samo na eni spremenljivki, je potrebno tako dobljene indekse smiselno združiti v skupni indeks stanja I_Total (poglavje 6.8.4), ki celovito opiše stanje vozišča.

Kadar določena lastnost vozne površine prekorači opozorilno vrednost, ki je definirana v katalogu ukrepov s sprožilcem (trigerjem), je potrebno izvesti ukrep obnove bodisi zaradi varnosti udeležencev v prometu bodisi za zaustavitev pospešenega propadanja voziščne konstrukcije.

6.8.1 Normiranje MSI v I_MSI

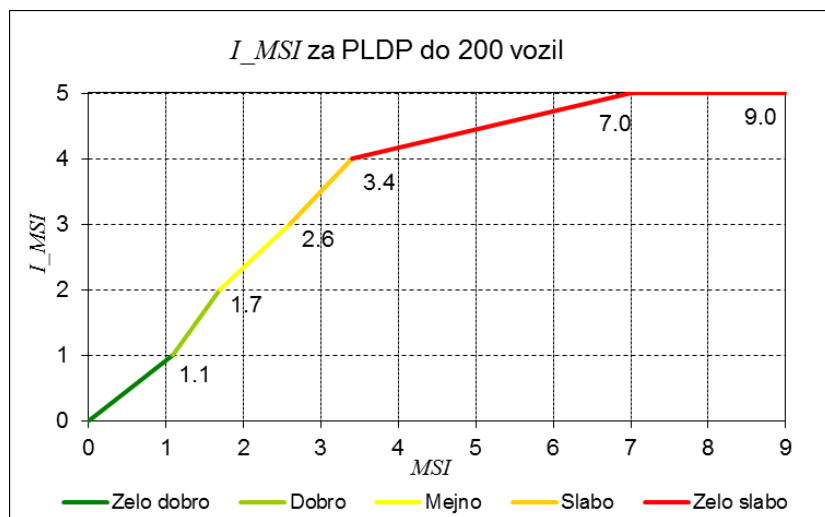
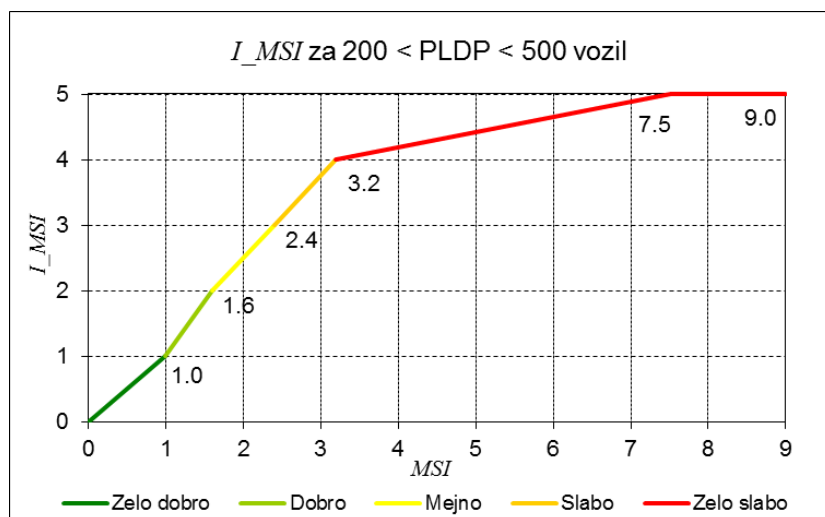
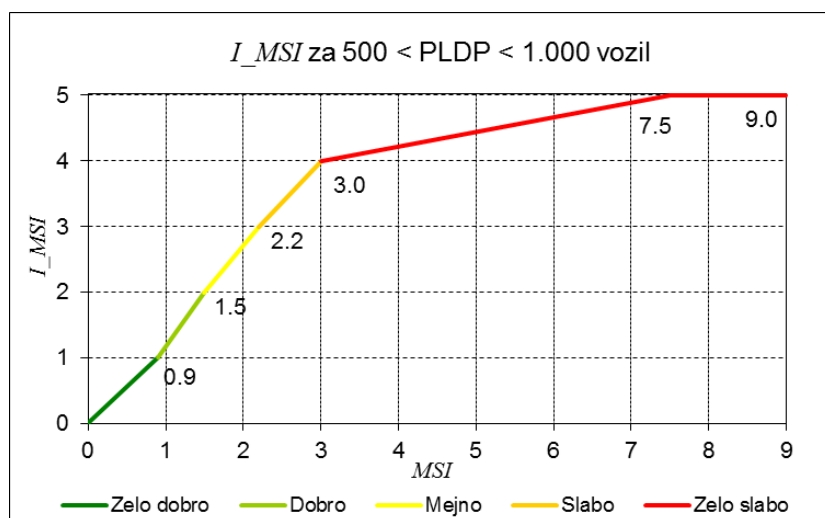
Modificirani švicarski indeks MSI sem normirala v I_MSI skladno z navodili Direkcije RS za infrastrukturo [14] glede na gostoto prometa in MSI (preglednica 19).

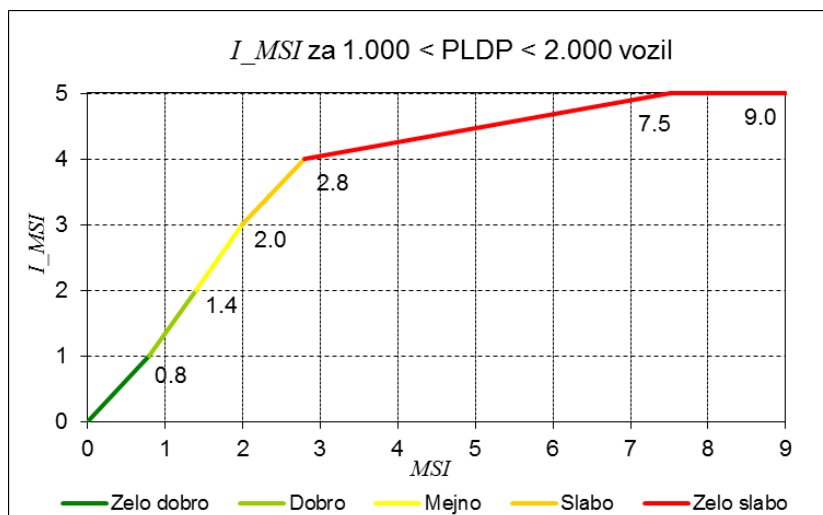
Preglednica 19: Razredi stanja vozišč po MSI v odvisnosti od gostote prometa

Table 19: Condition classes according to MSI in dependence of traffic density

PLDP	Zelo slabo	Slabo	Mejno	Dobro	Zelo dobro
nad 10.000	nad 2,4	1,6–2,4	1,0–1,6	0,4–1,0	pod 0,4
5.000–10.000	nad 2,5	1,7–2,5	1,1–1,7	0,5–1,1	pod 0,5
3.000–5.000	nad 2,6	1,8–2,6	1,2–1,8	0,6–1,2	pod 0,6
2.000–3.000	nad 2,7	1,9–2,7	1,3–1,9	0,7–1,3	pod 0,7
1.000–2.000	nad 2,8	2,0–2,8	1,4–2,0	0,8–1,4	pod 0,8
500–1.000	nad 3,0	2,2–3,0	1,5–2,2	0,9–1,5	pod 0,9
200–500	nad 3,2	2,4–3,2	1,6–2,4	1,0–1,6	pod 1,0
pod 200	nad 3,4	2,6–3,4	1,7–2,6	1,1–1,7	pod 1,1

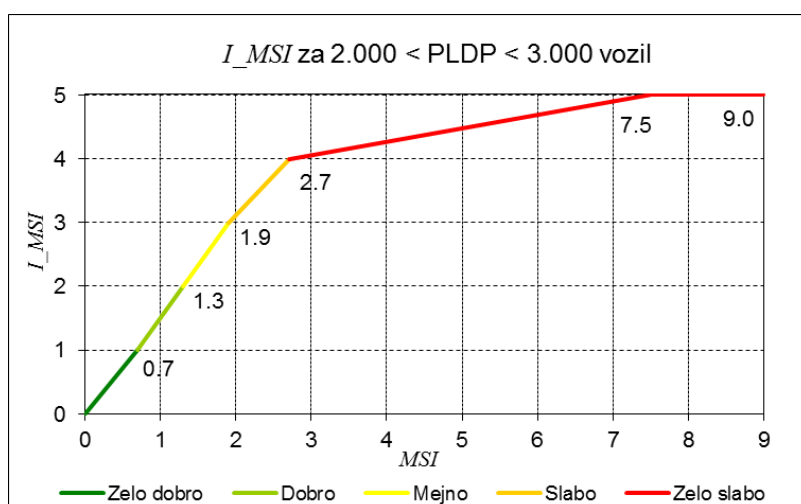
Funkcije normiranja v odvisnosti od posamezne vrednosti PLDP in stanja so prikazane na spodnjih slikah (od 52 do 59).

Slika 52: Normalizacija *MSI* v *I_MSI* za PLDP < 200Figure 52: Normalization of *MSI* into *I_MSI* for AADT < 200Slika 53: Normalizacija *MSI* v *I_MSI* za 200 < PLDP < 500Figure 53: Normalization of *MSI* into *I_MSI* for AADT < 500Slika 54: Normalizacija *MSI* v *I_MSI* za 500 < PLDP < 1.000Figure 54: Normalization of *MSI* into *I_MSI* for AADT < 1,000



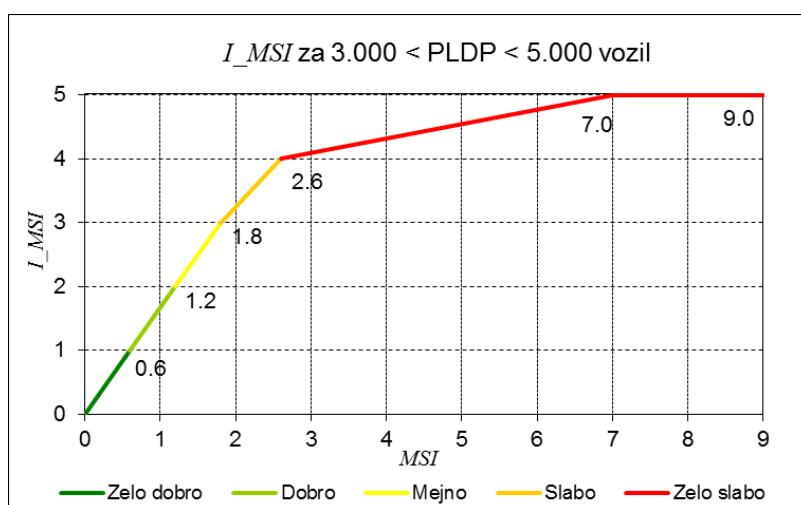
Slika 55: Normalizacija MSI v I_MSI za $1.000 < PLDP < 2.000$

Figure 55: Normalization of MSI into I_MSI for AADT $< 2,000$



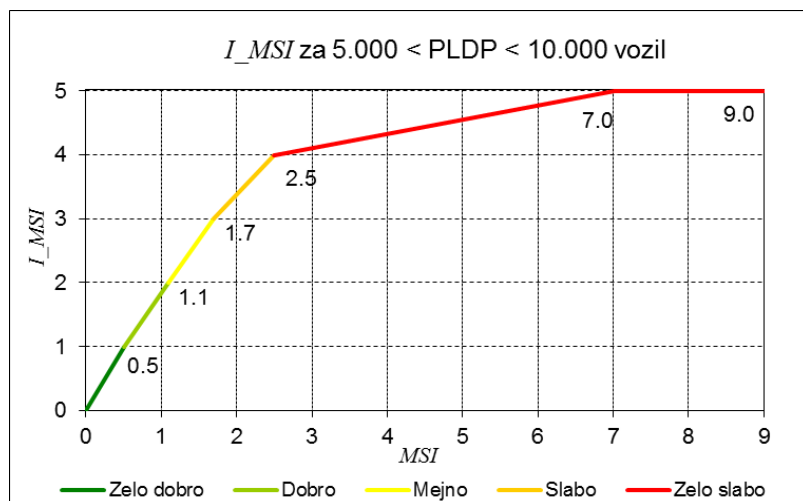
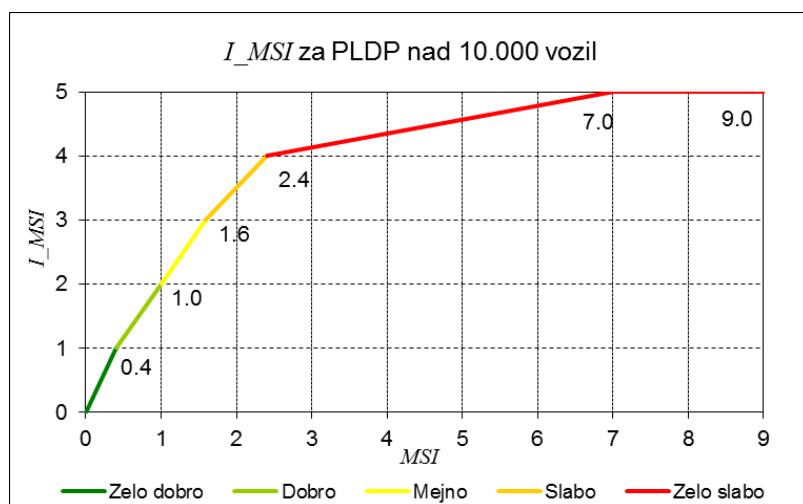
Slika 56: Normalizacija MSI v I_MSI za $2.000 < PLDP < 3.000$

Figure 56: Normalization of MSI into I_MSI for AADT $< 3,000$



Slika 57: Normalizacija MSI v I_MSI za $3.000 < PLDP < 5.000$

Figure 57: Normalization of MSI into I_MSI for AADT $< 5,000$

Slika 58: Normalizacija *MSI* v *I_MSI* za 5.000 < PLDP < 10.000Figure 58: Normalization of *MSI* into *I_MSI* for AADT < 10,000Slika 59: Normalizacija *MSI* v *I_MSI* za PLDP > 10.000Figure 59: Normalization of *MSI* into *I_MSI* for AADT > 10,000

Za normalizacijo *MSI* sem v aplikaciji definirala letno spremenljivko *AAV_I_MSI*.

6.8.2 Normiranje koeficienta bočnega trenja *SR* v *I_SR*

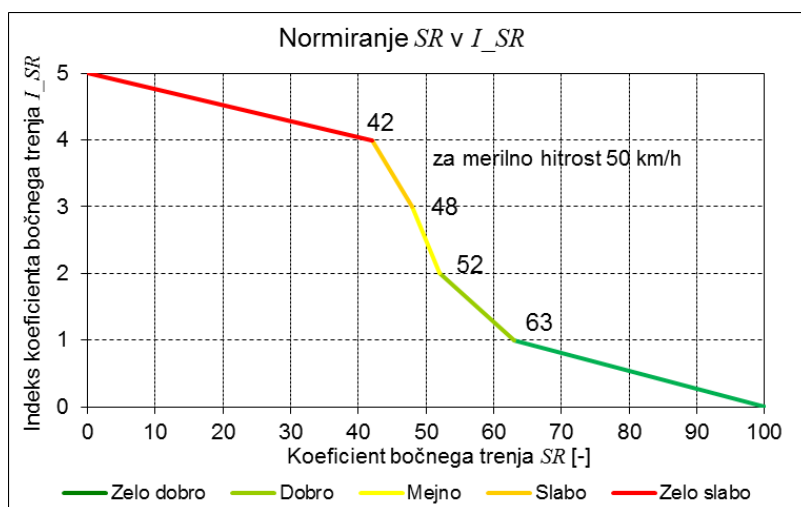
Koeficient bočnega trenja *SR* sem normirala v *I_SR* v skladu s TSC 06.620 [7] – preglednica 20 za hitrost pri meritvi 50 km/h po naslednji odsekom linearni funkciji (enačba 30), ki je prikazana tudi na sliki 60.

Preglednica 20: Razredi stanja vozišč po SR v odvisnosti od merilne hitrosti vožnje (TSC 06.620 2009, 12)

Table 20: Condition classes according to SR in dependence of measuring speed (TSC 06.620 2009, 12)

Merilna hitrost vožnje (km/h)	Ocena stanja Območje povprečne vrednosti torne sposobnosti na homogenem merilnem odseku (SN)				
	zelo slabo	slabo	zadovoljivo	dobro	zelo dobro
30	< 50	50–56	57–61	62–72	> 72
40	< 46	46–52	53–56	57–67	> 67
50	< 42	42–48	49–52	53–63	> 63
60	< 39	39–45	46–48	49–59	> 59
70	< 36	36–42	43–45	46–56	> 56
80	< 33	33–39	40–42	43–53	> 53
90	< 30	30–36	37–39	40–50	> 50
	mejna vrednost		opozorilna vrednost	prevzemna vrednost	

$$I_{SR} = IF \left(\begin{array}{l} SR \leq 42; -0,0238 \cdot SR + 5; \\ IF \left(\begin{array}{l} SR \leq 48; -0,1667 \cdot SR + 11; \\ IF \left(\begin{array}{l} SR < 52; -0,25 \cdot SR + 15; IF \left(\begin{array}{l} SR < 63; -0,0909 \cdot SR + 6,7273; \\ MAX(0; -0,027 \cdot SR + 2,7027) \end{array} \right) \end{array} \right) \end{array} \right) \end{array} \right) \quad (30)$$



Slika 60: Normalizacija koefficienta bočnega trenja SR v indeks I_{SR}

Figure 60: Normalization of side force skid resistance coefficient SR into I_{SR}

Za normalizacijo koefficienta bočnega trenja SR sem v aplikaciji definirala letno spremenljivko $AAV_{I_{SR}}$.

6.8.3 Normiranje vzdolžne ravnosti IRI v I_{IRI}

Vzdolžno ravnost IRI sem normirala v I_{IRI} v skladu s TSC 06.610 [9] – preglednica po dveh funkcijah v odvisnosti od gostote prometa oziroma prometne obremenitve (slika 61).

Preglednica 21: Razredi stanja vozišč po IRI v odvisnosti od gostote prometa in prometne obremenitve (TSC 06.610 2009, 12)

Table 21: Condition classes according to IRI in dependence of traffic density and traffic loading (TSC 06.610 2009, 12)

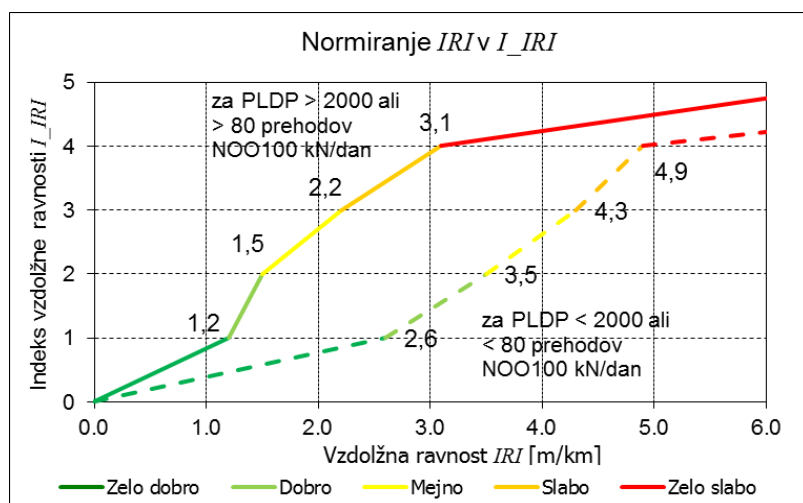
Razvrstitev prometa	Ocena stanja				
	zelo dobro	dobro	mejno	slabo	zelo slabo
Velikost indeksa IRI_{100}					
- srednja ali večja gostota (PLDP > 2000 vozil) in srednja ali težja prometna obremenitev (> 80 NOO 100 kN/dan)	< 1,2	1,2 do 1,5	1,5 do 2,2	2,2 do 3,1	> 3,1
- majhna gostota (PLDP do 2000 vozil) in lažja prometna obremenitev (do 80 NOO 100 kN/dan)	< 2,6	2,6 do 3,5	3,5 do 4,3	4,3 do 4,9	> 4,9

Za opredelitev kvalitete obstoječih vozniških površin za srednjo ali večjo gostoto (PLDP > 2000 vozil) ter srednjo ali težjo prometno obremenitev (nad 80 NOO100 kN/dan) je IRI normiran po odsekoma linearni funkciji (enačba 31), ki je prikazana tudi na sliki 61 z zgornjo krivuljo:

$$I_{-IRI} = IF \left(\begin{array}{l} IRI \leq 1,2; 0,8333 \cdot IRI; \\ IF \left(\begin{array}{l} IRI \leq 1,5; 3,3333 \cdot IRI - 3,0; \\ IF \left(\begin{array}{l} IRI < 2,2; 1,4286 \cdot IRI - 0,1429; IF \left(\begin{array}{l} IRI < 3,1; 1,1111 \cdot IRI + 0,5556; \\ MIN(5; 0,2564 \cdot IRI + 3,2051) \end{array} \right) \end{array} \right) \end{array} \right) \end{array} \right) \quad (31)$$

Za opredelitev kvalitete obstoječih vozniških površin za majhno gostoto (PLDP < 2000 vozil) ter lažjo prometno obremenitev (do 80 prehodov NOO100 kN/dan) sem normirala IRI po odsekoma linearni funkciji (32), ki je prikazana tudi na sliki 61 s spodnjo črtkano krivuljo:

$$I_{-IRI} = IF \left(\begin{array}{l} IRI \leq 2,6; 0,3946 \cdot IRI; \\ IF \left(\begin{array}{l} IRI \leq 3,5; 1,1111 \cdot IRI - 1,8889; \\ IF \left(\begin{array}{l} IRI < 4,3; 1,25 \cdot IRI - 2,375; IF \left(\begin{array}{l} IRI < 4,9; 1,6667 \cdot IRI - 4,1667; \\ MIN(5; 0,1961 \cdot IRI + 3,0392) \end{array} \right) \end{array} \right) \end{array} \right) \end{array} \right) \quad (32)$$



Slika 61: Normalizacija vzdolžne ravnosti IRI v indeks I_{IRI}
Figure 61: Normalization of longitudinal evenness IRI into I_{IRI}

Za normalizacijo vzdolžne ravnosti *IRI* sem v aplikaciji definirala letno spremenljivko *AAV_I_IRI*.

6.8.4 Združevanje indeksov

Optimizacijo (izbiro optimalnega načina in časa obnavljanja) je mogoče izvajati le na eni spremenljivki, zato je bilo potrebno določiti skupni indeks stanja *I_Total*, ki celovito izraža stanje vozne površine in voziščne konstrukcije in sem ga definirala kot maksimalni doseženi posamezni indeks stanja vozišča (enačba 33).

$$I_Total = MAX(I_MSI; I_IRI; I_SR) \quad (33)$$

Enačba 33 prikazuje, da skupni indeks stanja *I_Total* privzame največjo od vrednosti stanja po posameznih lastnostih vozne površine. Če so npr. torne lastnosti v zelo slabem stanju, MSI in IRI pa v dobrem, bo celovito stanje tega odseka zelo slabo, saj je nevarno za uporabnike. Vendar pa se vrsta ukrepa določa na podlagi posameznih lastnosti vozne površine, kar je obrazloženo v naslednjem poglavju 6.9 s sprožilci posameznih ukrepov.

6.9 Katalog ukrepov

Vzdrževalni standardi definirajo vzdrževalna dela, ki so potrebna za obnavljanje cestnega omrežja na določenem nivoju (v določenem stanju).

V investicijsko obnavljanje vozišč sem vključila

- preplastitev z novo obrabno plastjo debeline 4 cm (Prep4),
- zamenjavo obrabne plasti – rezkanje 3 cm in nadomestitev z novo obrabno plastjo (R3Prep),
- ojačitev:
 - z novo vezano zgornjo nosilno plastjo 6 cm in novo obrabno plastjo 4 cm (Ojac10),
 - z novo vezano zgornjo nosilno plastjo 8 cm in novo obrabno plastjo 4 cm (Ojac12),
 - z novo vezano zgornjo nosilno plastjo 10 cm in novo obrabno plastjo 4 cm (Ojac14),
- rekonstrukcijo voziščne konstrukcije (Rec), kjer sem upoštevala le stanje voziščnih konstrukcij zaradi prometa in podnebnih vplivov. Dejansko se izvaja veliko več rekonstrukcij (zamenjav voziščnih konstrukcij), ki pa so v glavnem pogojene z zahtevo po ohranjanju nivelete voziščne konstrukcije.

Zaradi nepopolne (nezanesljive) banke podatkov o krivinskih radijih državnih cest in dovoljenih hitrosti na posameznih delih odsekov, v aplikacijo nisem modelirala nobenega ukrepa, ki bi popravljal krivinske radije ali širine vozišča. Vse obnove so vezane na ohranjanje obstoječih dimenzij vozišč. Prav tako zaradi nezadostnih podatkov o višinskem poteku vozišč nisem upoštevala morebitnih zahtev po ohranjanju nivelete vozišča (na primer zaradi priključnih cest ali cest v naseljih, kjer je dvig nivelete omejen z višino robnikov, in podobno). Seveda pa programska oprema dTIMS omogoča, da se tudi ti podatki v prihodnosti modelirajo v aplikacijo in se katalog ukrepov ustrezno nadgradi.

V aplikaciji sem za vsak vzdrževalni ukrep določila intervencijske kriterije – sprožilce (Triggers) in stanje po izvedenem ukrepu s konkretnimi vrednostmi kazalnikov stanja vozne površine – resete (Reset Values).

Sprožitelji definirajo, kakšno stanje omrežja želimo doseči oziroma katerega stanja ne dovoljujemo. Če na primer definiramo, da se ukrep sproži, ko MSI doseže slabo stanje ($I_MSI \geq 3$), se bo ta ukrep sprožil v tistem letu, ko bo spremenljivka *I_MSI* dosegla ali preseгла vrednost 3. S tem zagotovimo, da se stanje vozišča ne bo slabšalo do vrednosti 4 ali celo več. Če bi sprožilec za *MSI* nastavila višje, na primer na zelo slabo stanje ($I_MSI \geq 4$), bi dovoljevala, da vozišča prehajajo v zelo slabo stanje, preden se na njih izvede obnova.

Taka strategija pa povzroča večje stroške uporabnikom in zahteva dražje ukrepe, torej povzroča tudi večje stroške upravljavcu.

Reseti posameznih spremenljivk po izvedenem ukrepu so tisti, ki v sistemu zagotavljajo koristi. Koristi so namreč definirane kot razlika površin pod krivuljama stanja po I_Total »Z ukrepom« in »Brez ukrepa« – glej poglavje 2.3. Večje ko je izboljšanje stanja, ki ga povzroči posamezen ukrep obnove, večjo korist dobi, s tem pa tudi večje razmerje med koristmi in stroški in s tem višjo prioriteto – glej poglavje 2.4.

Za vsak tip obnove sem določila strošek na enoto (preglednica 22), kamor je vključena samo vgradnja voziščne konstrukcije (brez projektiranja, kontrole kvalitete, nadzora, ograj in podobno).

Preglednica 22: Enotne cene posameznih tipov obnove

Table 22: Unit prices of individual rehabilitation types

Ukrep	Enotna cena [EUR/m ²]		
	Brez DDV	DDV	Z DDV
Prep4	15,42	3,08	18,50
R3Prep	20,00	4,00	24,00
Ojac10	29,17	5,83	35,00
Ojac12	33,33	6,67	40,00
Ojac14	37,50	7,50	45,00
Rec	66,67	13,33	80,00

V preglednici 23 so prikazani sprožilci in reseti za posamezne tipe obnove.

Preglednica 23: Sprožilci in reseti posameznih tipov obnove

Table 23: Triggers and resets of individual rehabilitation types

Tip obnove	Sprožilec	Reset
Prep4	$AAV_d_Ojac < 6,0$ And $AAV_I_IRI < 4,0$ And $(2,7 < AAV_I_MSI < 4,4$ Or $AAV_I_SR > 3,0)$	$DAV_Pav_Type = Prep$ $AAV_Age_WC = 0$ $DAV_Deb_Nos = Deb1 + Deb_Nos$ $DAV_Deb1 = 4$ $DAV_Deb_Asf = Deb1 + Deb_Nos$ $AAV_MSI = 0$ $AAV_SR = 0,8$ $DAV_MIRI = \max(AAV_IRI, 0,6; f(PLDP, NOO) = 1,5 \text{ Or } 0,7)^*$ $DAV_AgeWC_IRI = 0$ $AAV_NOO_Cum = 0$
R3Prep	$AAV_d_Ojac \leq 3,0$ And $((AAV_I_MSI \geq 4,5$ Or $AAV_I_SR > 3,0)$ Or $(AAV_I_IRI \geq 4$ And $AAV_I_MSI > 2,7))$	$DAV_Pav_Type = R3Prep$ $AAV_Age_WC = 0$ $DAV_Deb_Nos = Deb1 + Deb_Nos - 3$ $DAV_Deb1 = 4$ $DAV_Deb_Asf = Deb1 + Deb_Nos$ $AAV_MSI = 0$ $AAV_SR = 0,8$ $DAV_MIRI = \max(AAV_IRI, 0,3; f(PLDP, NOO) = 1,4 \text{ Or } 0,6)$ $DAV_AgeWC_IRI = 0$ $AAV_NOO_Cum = 0$

DAV ... dinamična spremenljivka

Se nadaljuje ...

AAV ... letna spremenljivka

* $f(PLDP, NOO) = 1,5 \text{ Or } 0,7$... reset IRI, odvisen od gostote prometa AAV_PLDP in prometne obremenitve AAV_NOO (glej sliko 61) na 1,5 m/km ali na 0,7 m/km

... Nadaljevanje preglednice 23

Ojac10	$(AAV_I_MSI > 3,0 \text{ Or } AAV_I_SR > 3,0) \text{ And } 5,0 \leq AAV_d_Ojac < 11,0 \text{ Or } (AAV_I_MSI \geq 4,0 \text{ And } AAV_d_Ojac < 11,0)$	$DAV_Pav_Type=Ojac10$ $AAV_Age_WC=0$ $DAV_Deb_Nos=Deb1 + Deb_Nos + 6$ $DAV_Deb1=4$ $DAV_Deb_Asf=Deb1+Deb_Nos$ $AAV_MSI=0$ $AAV_SR=0,8$ $DAV_MIRI=Max(AAV_IRI 0,5; f(PLDP, NOO)=1,3 \text{ Or } 0,5)$ $DAV_AgeWC_IRI=0$ $AAV_NOO_Cum=0$
Ojac12	$11,0 \leq AAV_d_Ojac < 13,0 \text{ And } (AAV_I_MSI > 3,5 \text{ Or } AAV_I_SR > 3,0)$	$DAV_Pav_Type=Ojac12$ $AAV_Age_WC=0$ $DAV_Deb_Nos=Deb1 + Deb_Nos + 8$ $DAV_Deb1=4$ $DAV_Deb_Asf=Deb1+Deb_Nos$ $AAV_MSI=0$ $AAV_SR=0,8$ $DAV_MIRI=Max(AAV_IRI 0,5; f(PLDP, NOO)=1,3 \text{ Or } 0,5)$ $DAV_AgeWC_IRI=0$ $AAV_NOO_Cum=0$
Ojac14	$AAV_d_Ojac \geq 13,0 \text{ And } (AAV_I_MSI > 3,5 \text{ Or } AAV_I_SR > 3,0)$	$DAV_Pav_Type=Ojac14$ $AAV_Age_WC=0$ $DAV_Deb_Nos=Deb1 + Deb_Nos + 10$ $DAV_Deb1=4$ $DAV_Deb_Asf=Deb1+Deb_Nos$ $AAV_MSI=0$ $AAV_SR=0,8$ $DAV_MIRI=Max(AAV_IRI 0,5; f(PLDP, NOO)=1,3 \text{ Or } 0,5)*$ $DAV_AgeWC_IRI=0$ $AAV_NOO_Cum=0$
Rec	$(AAV_I_MSI > 4,3 \text{ And } AAV_d_Ojac \geq 12,0) \text{ Or } (AAV_MSI > 7,0 \text{ And } AAV_d_Ojac > 9,0)$	$DAV_Pav_Type=Recon$ $AAV_Age_WC=0$ $DAV_Deb_Nos=MAX(5,0; CEILING((0,6516(AAV_NOO \cdot (1+0,015)^{20} - 1,0)/0,015)^{0,2178} - 4,0)))$ $DAV_Deb1=4$ $DAV_Deb_Asf=Deb1+Deb_Nos$ $AAV_MSI=0$ $AAV_SR=0,8$ $DAV_MIRI= f(PLDP, NOO)=0,9 \text{ Or } 0,35$ $DAV_AgeWC_IRI=0$ $AAV_NOO_Cum=0$

* $f(PLDP, NOO)=1,3 \text{ Or } 0,5$...reset odvisen od gostote prometa AAV_PLDP in prometno obremenitev AAV_NOO (glej sliko 61) na 1,3 m/km ali na 0,5 m/km

Preglednica 23 prikazuje, katere lastnosti in njihove kombinacije sprožijo določeno vrsto obnove vozišča. Primer: preplastitev (Prep4) se sproži, če je potrebna debelina ojačitve manjša od 6 cm, indeks vzdolžne ravnosti mora biti manjši od 4 in indeks MSI mora biti med 2,7 in 4 ali pa mora biti indeks tornih karakteristik večji od 3. Če je potrebna debelina ojačitve večja ali enaka 6 cm, s preplastitvijo ne moremo reševati stanja tega vozišča, saj je potrebno ojačitve. Tudi če je indeks vzdolžne ravnosti večji ali enak 4, preplastitev ne bo ustrezen

ukrep. Podobno velja tudi za indeks MSI; če je večji ali enak 4, preplastitev ni ustrezna vrsta obnove.

Če so vrednosti iz sprožilca za preplastitev presežene, se sproži močnejši ukrep (na primer rezkanje in preplastitev – R3Prep ali ojačitev – Ojac10, Ojac12 ali Ojac14, pri zelo poškodovanih voziščih in velikih potrebnih debelinah ojačitev se sproži rekonstrukcija voziščne konstrukcije – Rec).

Tudi vrednosti resetov po izvedeni obnovi so za posamezne vrste obnove različne, kar zagotavlja različne koristi, različne pa so tudi cene obnov in s tem je omogočena izvedba optimizacije koristi in stroškov.

6.10 Proračuni za obnove in optimizacija

Optimizacija, ki maksimira razmerje koristi – stroški (Benefit-Cost Optimization), zagotavlja, da dobijo najvišjo prioriteto za obnovo odseki s tistim ukrepom in v tistem letu, ko je razmerje med koristmi in stroški največje.

Vsota stroškov obnov po letih tako pove, kolikšne letne proračune bi bilo treba zagotoviti, da bo stanje vozišč boljše od tistega, ki je definirano s sprožiteljki ukrepov (Triggers).

Glede na slabo stanje, v kakršnem se nahajajo vozišča na omrežju državnih cest G1 in G2 danes, je pričakovati, da bo v prvem letu analize potreben zelo visok proračun za odpravo vsega zelo slabega stanja na omrežju. Zato je eden od proračunov za obnove neomejen (proračun »Neomejen«). Če v aplikaciji definiram neomejen proračun, bo dejansko določen optimalni plan obnov.

Seveda pa neomejena sredstva za obnove niso realna niti v najbogatejših gospodarstvih, zato programska oprema dTIMS omogoča, da za optimizacijo nastavimo različne omejene letne proračune. Seveda, bolj ko omejimo letne proračune, bolj sistem silimo v odlašanje z obnovo in tako v izbiro ukrepov, ki zato niso več optimalni.

Med optimizacijo z omejenimi proračuni dTIMS torej išče, katera strategija obnove povzroči največje koristi, pri čemer upošteva razpoložljiva sredstva v posameznih letih.

Določila sem 8 scenarijev vlaganj sredstev v obnavljanje cestnega omrežja G1 in G2, in sicer:

- »Do Nothing« scenarij, kjer se nič sredstev ne namenja za investicijsko obnavljanje cestnega omrežja; ta scenarij predstavlja bazni, t. j. osnovni scenarij,
- »Neomejen« scenarij: scenarij z neomejenimi sredstvi,
- »5 mio EUR« na leto,
- »10 mio EUR« na leto,
- »11 mio EUR« na leto,
- »12 mio EUR« na leto,
- »13 mio EUR« na leto,
- »14 mio EUR« na leto.

Iz rezultatov teh scenarijev sem določila še 9. končni scenarij, ki sem ga uporabila za osnovo pri izdelavi plana obnov za leti 2015 in 2016 ter dolgoročnega plana sanacij do leta 2030 in ki sem ga poimenovala »Predlog«.

7 REZULTATI ANALIZ dTIMS

Rezultati analiz življenjskega ciklusa vozišč so prikazani na mrežnem in projektnem nivoju.

V nadaljevanju sem prikazala rezultate vpeljave gospodarjenja z vozišči na ceste G1 in G2. Poleg glavne spremembe, ki jo v investicijsko obnavljanje prinese ideja gospodarjenja z vozišči – to je pravočasno obnavljanje (preden vozišče preide v slabo oziroma zelo slabo stanje), ko je mogoče uporabiti za sanacijo cenejše ukrepe (na primer preplastitev) – so bile upoštevane še naslednje predpostavke:

- dolžina omrežja cest G1 in G2, ki je vključeno v aplikacijo, znaša 837 km,
- vizualna ocena stanja vozniških površin je bila izvedena leta 2013,
- meritve bočnega trenja so bile izvedene leta 2009,
- podatki o prometu so iz štetja prometa leta 2013,
- cene obnov vključujejo odstranitev (po potrebi), dobavo in vgradnjo voziščne konstrukcije; cene ne vključujejo DDV.

V poglavju 7.1 so predstavljeni rezultati na mrežnem nivoju, na podlagi katerih sem določila proračunski scenarij »Predlog«; ta je bil osnova za predlog plana obnov na projektnem nivoju, ki je prikazan v poglavju 7.2.

7.1 Rezultati na mrežnem nivoju

Glavni rezultat izračunov na mrežnem nivoju je ocena potrebnih sredstev za obnove v planskem obdobju (2015–2029). Za določitev le-tega je potrebna primerjava stanja cestnega omrežja pri različnih scenarijih vlaganja.

Če je razpoložljivi proračun nižji od potrebnih sredstev za obnove, se povprečno stanje omrežja slabša. Spodnja meja potrebnega proračuna je odvisna od povečevanja odstotka odsekov v slabem in zelo slabem stanju (indeks stanja med 3 in 5). Če odstotek omrežja v tem razredu narašča, je treba povečati vložena sredstva. Nespremenljiv odstotek v obdobju nekaj let določa spodnjo mejo potrebnih sredstev.

Če je v vsakem letu na razpolago več sredstev, kot jih je treba za obnavljanje omrežja, lahko scenarij vlaganja znižamo. V tem primeru namreč dodatno vlaganje v obnavljanje ne povzroča izboljševanja stanja omrežja.

Okvirna velikost potrebnega proračuna je določena z višino razpoložljivih sredstev po letih, ko se kljub povečevanju sredstev povprečno stanje omrežja bistveno ne izboljšuje več.

V poglavjih od 7.1.1 do 7.1.9 so prikazani diagrami stanja omrežja, sredstev za doseg tega stanja in dolžina s posameznimi ukrepi saniranih vozišč za vsakega od naslednjih scenarijev vlaganja:

- proračun »Brez vlaganja«, kjer se nič sredstev ne namenja za investicijsko obnavljanje vozišč (poglavje 7.1.1),
- proračun »Neomejen«, kjer so sredstva za investicijsko obnovo neomejena (poglavje 7.1.2),
- proračun »5 mio EUR« na leto (poglavje 7.1.3),
- proračun »10 mio EUR« na leto (poglavje 7.1.4),
- proračun »11 mio EUR« na leto (poglavje 7.1.5),
- proračun »12 mio EUR« na leto (poglavje 7.1.6),
- proračun »13 mio EUR« na leto (poglavje 7.1.7),
- proračun »14 mio EUR« na leto (poglavje 7.1.8),
- predlagani proračun »Predlog« (poglavje 7.1.9).

V poglavjih 7.1.10 in 7.1.11 sta prikazana primerjalna diagrama med gornjimi proračunskimi scenariji, in sicer diagram povprečnega stanja in diagram dolžine omrežja v zelo slabem in slabem stanju.

Za predstavitev rezultatov na mrežnem nivoju sem pripravila naslednje vrste sumarnih diagramov (teoretične osnove so v poglavju 5.4.3.1):

- porazdelitev stanja (Condition Distribution) – pokaže odstotek dolžine omrežja v posameznem stanju (od zelo dobrega do zelo slabega) po letih za posamezni proračunski scenarij (slike 62, 63, 66, 69, 72, 75, 78, 81, 85),
- stroški obnavljanja (Program Costs) – prikazujejo skupne stroške ukrepov po letih za posamezni proračunski scenarij (slike 64, 67, 70, 73, 76, 79, 82, 84),
- povzetek obnovljenih dolžin po ukrepih (Treatment Length Summary) – prikazujejo skupno dolžino cestnega omrežja, ki je bilo obnovljeno s posameznim ukrepom po letih za posamezni proračunski scenarij (slike 65, 68, 71, 74, 77, 80, 83, 86)

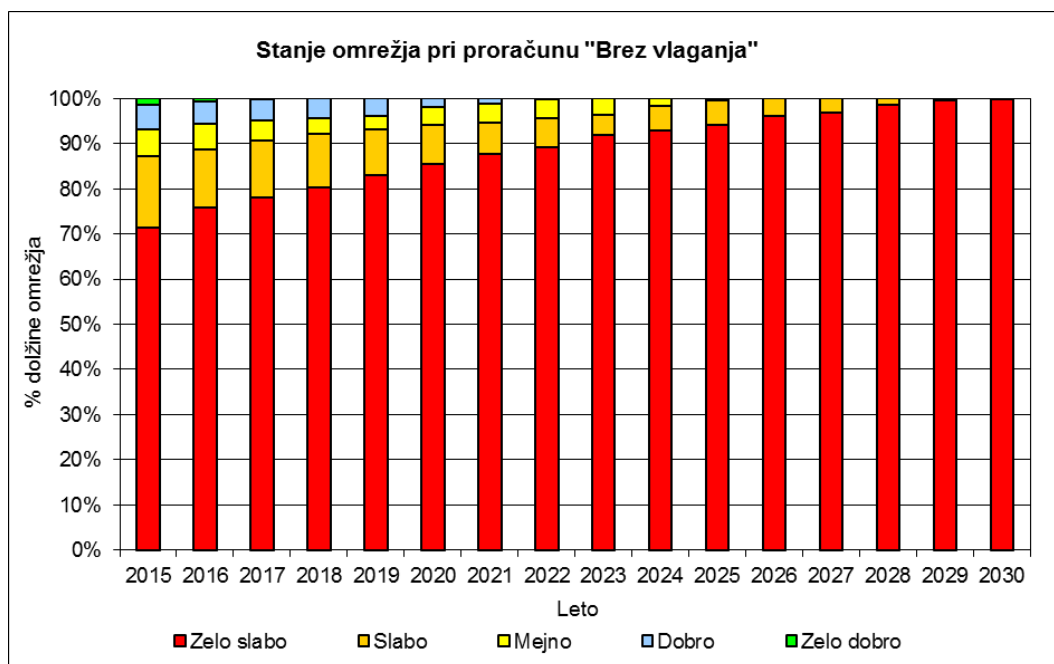
in primerjalnih diagramov (teoretične osnove so v poglavju 5.4.3.2):

- povprečno stanje (Average Condition) – prikaže v razpredelnični in grafični obliki povprečno stanje omrežja po I_{Total} po letih primerjalno med proračunskimi scenariji (slika 88),
- dolžina v slabem in zelo slabem stanju (Length in Backlog) – prikaže v razpredelnični in grafični obliki za vsako leto in proračunski scenarij skupno dolžino cestnega omrežja, ki je v slabem in zelo slabem stanju (slika 89).

Diagrami porazdelitev stanja vozišč G1 in G2 prikazujejo stanje med letoma 2015 in 2030, pri čemer pomeni stanje v letu 2015 izhodiščno stanje vozišč na omrežju, vpliv sanacijskih ukrepov, izvedenih v posameznih letih, pa se odraža z izboljšanjem stanja v naslednjem letu.

7.1.1 Rezultati za proračunski scenarij »Brez vlaganja«

Pri proračunskem scenariju »Brez vlaganja«, kjer se nič sredstev ne namenja za investicijsko obnavljanje cestnega omrežja, bi se stanje omrežja G1 in G2 slabšalo skladno s sliko 62.



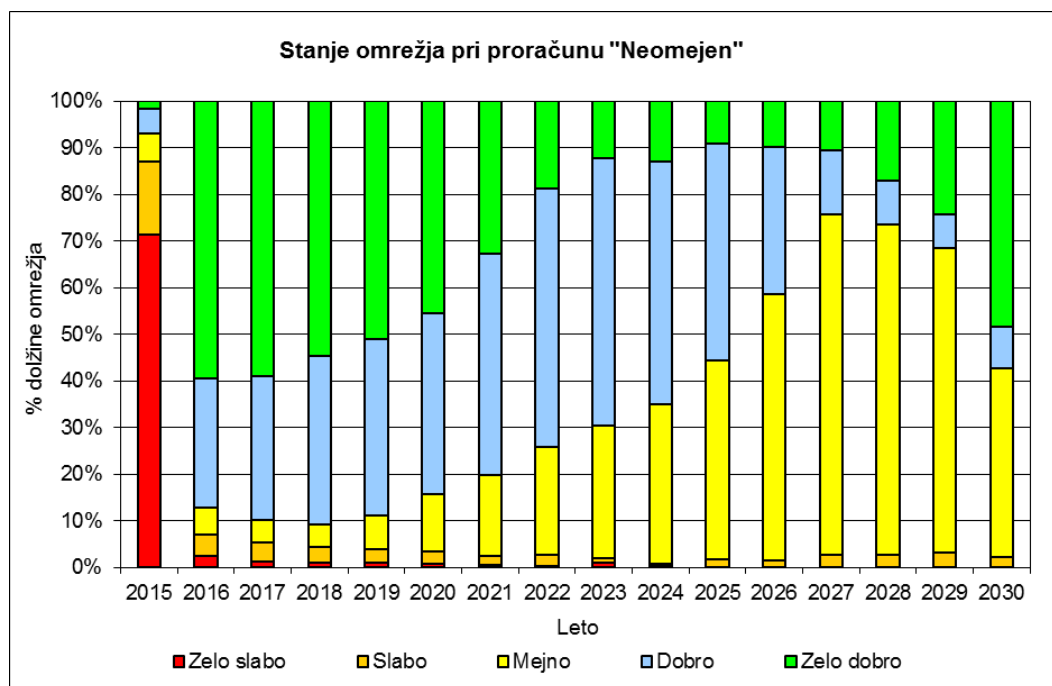
Slika 62: Porazdelitev stanja vozišč po I_{Total} od leta 2015 do 2030 za proračun »Brez vlaganja«

Figure 62: Distribution of pavement condition according to I_{Total} from 2015 to 2030, "Do Nothing" strategy

Iz slike 62 je razvidno, kako bi se slabšalo stanje vozišč brez vlaganja v investicijsko obnavljanje. Začetno stanje omrežja cest G1 in G2 po I_{Total} kaže, da je 71 % omrežja v zelo slabem stanju, 16 % v slabem stanju, 6 % v mejnem stanju, 5 % v dobrem stanju in 2% v zelo dobrem stanju. Pri vlaganju 0 EUR/leto v investicijsko obnavljanje bi bilo omrežje že v letu 2017 brez odsekov v zelo dobrem stanju, v letu 2022 pa že tudi brez odsekov v dobrem stanju. Ob koncu analiziranega obdobja bi bilo že vse omrežje v zelo slabem stanju.

7.1.2 Rezultati za proračun »Neomejen«

Drugo skrajnost proračunu »Brez vlaganja« predstavlja proračun »Neomejen«, ki predvideva neomejeno vlaganje v investicijsko obnavljanje vsako leto. Seveda je za uporabnike najbolj koristno, da se v čim krajšem času odpravijo vsi zelo slabi in slabi odseki, ki jim zvišujejo stroške in znižujejo varnost. Tudi za upravljavca bi bilo najkoristneje, da takoj odpravi vse zelo slabe in slabe odseke, pa tudi že del odsekov v mejnem stanju, saj se s slabšanjem stanja stroški ukrepov le povečujejo, ker zahtevajo dražje posege v voziščno konstrukcijo. Slika 63 prikazuje stanje vozišč ob neomejenem vlaganju, slika 64 pa za tako stanje potrebna sredstva.

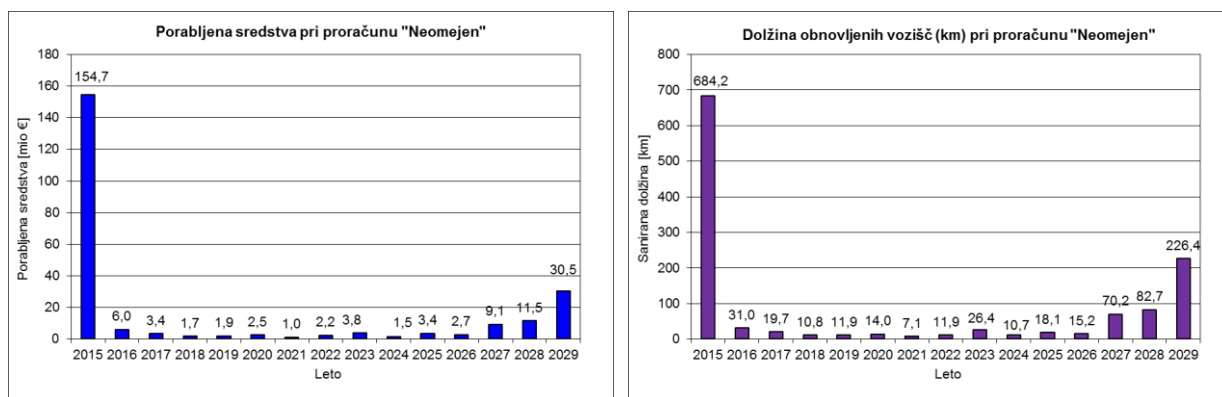


Slika 63: Porazdelitev stanja vozišč po I_{Total} od leta 2015 do 2030 za scenarij »Neomejen«

Figure 63: Distribution of pavement condition according to I_{Total} from 2015 to 2030, "Unlimited" scenario

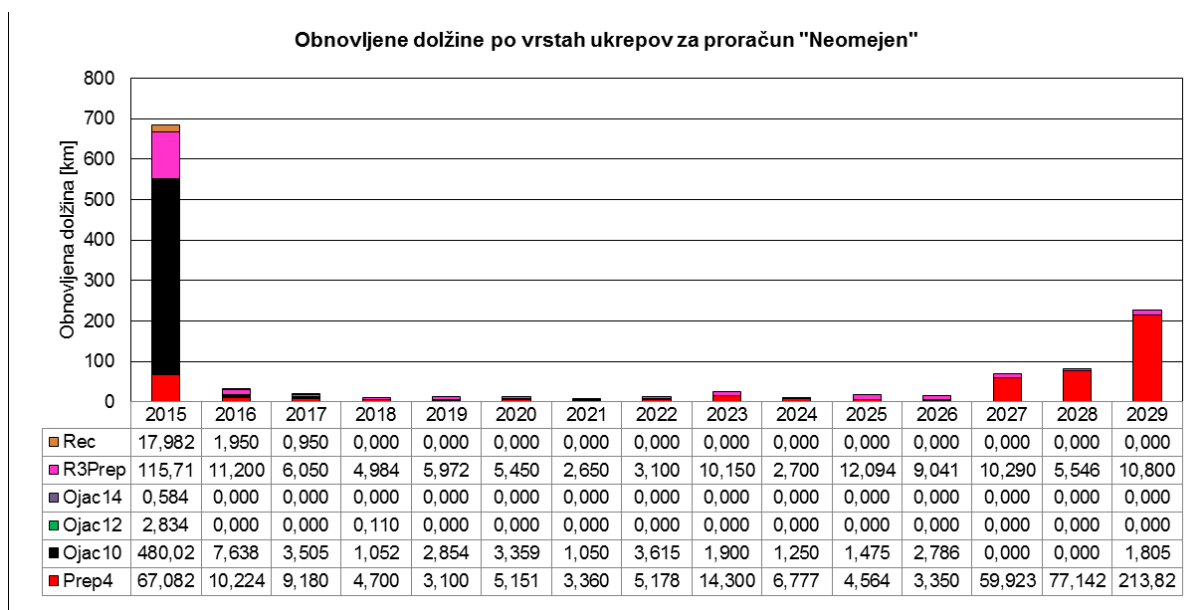
Morda bi kdo pričakoval, da bo ob neomejenem proračunu po prvem letu obnov vse omrežje v zelo dobrem stanju. Vendar je pri tem potrebno vedeti, da se obnove sprožijo šele takrat, ko vozišče preide v slabo stanje, vozišča v dobrem ali mejnem stanju se ne obnavljajo. Z leti se stanje vozišč slabša in odseki prehajajo iz zelo dobrega stanja v dobro in nato v mejno in šele ko preidejo v slabo stanje, se izvede obnova. Zato je na omrežju kljub neomejenim sredstvom za obnove poleg zelo dobrega stanja vedno prisotno tudi dobro in mejno stanje, del omrežja pa je vedno tudi v slabem stanju, ki pa se takoj v naslednjem letu obnovi in preide v zelo dobro stanje.

Manjši deli omrežja, na katerih se pojavlja (ali ohranja) tudi zelo slabo stanje, so posledica dejstva, da se vozišča, ki so le po kriteriju vzdolžne ravnosti v zelo slabem stanju, vse ostale lastnosti pa so v dobrem stanju, ne obnavlja; če vozišče ni razpokano ali drsno, se obnova na njem ne sproži, kar je tudi v skladu s prakso obnavljanja vozišč na državnih cestah.



Slika 64: Stroški obnavljanja in skupna dolžina obnov po letih za scenarij »Neomejen«
Figure 64: Program costs and total treatment lengths for each year, "Unlimited" scenario

Slike 63 in 64 izkazujejo, da bi bilo za takojšnjo odpravo zelo slabega stanja na omrežju potrebno zagotoviti 154,7 milijona evrov v letu 2015. S temi sredstvi bi obnovili 684,2 km vozišč. V naslednjih letih bi z minimalnimi sredstvi vzdrževali omrežje v bistveno boljšem stanju. V letih 2027, 2028 in 2029 se začnejo pojavljati ponovne obnove odsekov, ki so bili prvič obnovljeni v letu 2015. Vendar pa je iz slike 65 razvidno, da gre v glavnem za preplastitve, saj je bila z obnovo v letu 2015 zagotovljena primerno dimenzionirana voziščna konstrukcija.



Slika 65: Dolžina omrežja po ukrepih za scenarij »Neomejen«
Figure 65: Treatment lengths for "Unlimited" scenario

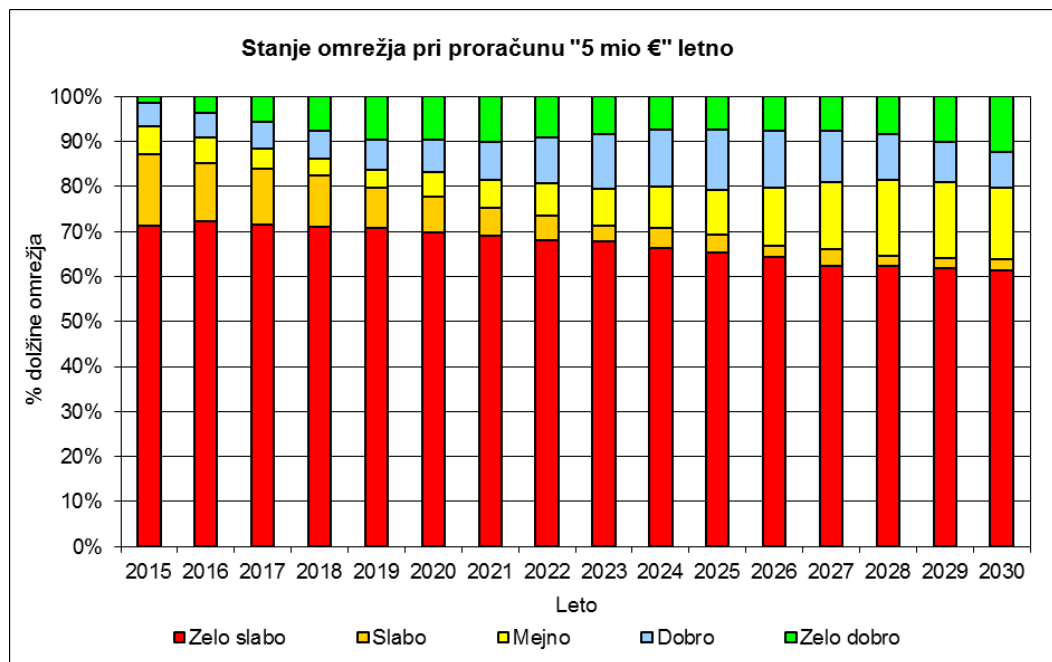
Slika 65 prikazuje, da bi bilo pri neomejenem proračunskem scenariju v letu 2015 potrebno in najbolj ekonomično izvajati največ ojačitev debeline 10 cm Ojac10 (480 km) in preplastitev s predhodnim rezkanjem R3Prep (115,71 km).

Ob neomejenih sredstvih za obnove tudi odseki, ki imajo majhno gostoto prometa (in s tem nizko prioriteto), pridejo na vrsto za obnovo. Obnova je tako izvedena na vseh odsekih vsaj enkrat.

Seveda toliko sredstev ni mogoče zagotoviti, pa tudi tolikšnega dela omrežja ni mogoče v enem letu obnoviti, saj bi delovne zapore onemogočile vsakršen promet v državi. Zato so v nadaljevanju prikazani rezultati omejenih proračunov za investicijsko obnavljanje.

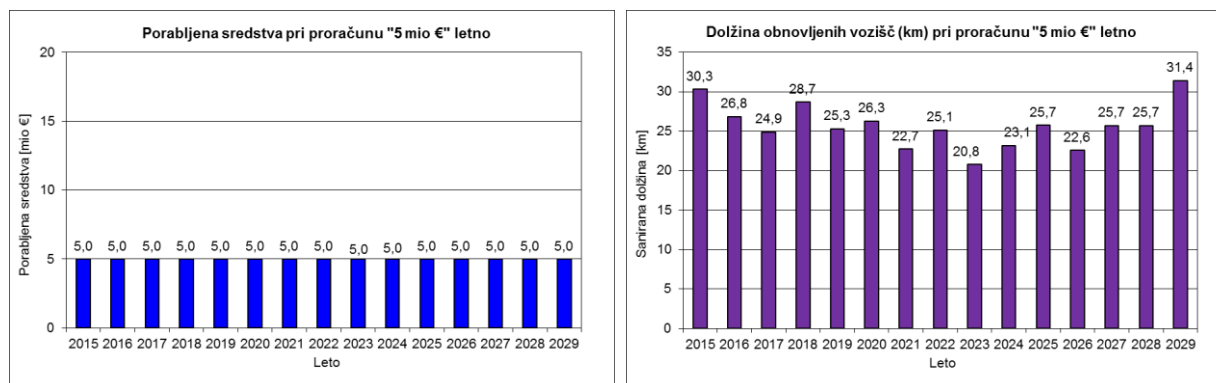
7.1.3 Rezultati za proračunski scenarij »5 mio EUR«

Pri proračunskem scenariju »5 mio EUR« letno bi se stanje cestnega omrežja G1 in G2 slabšalo skladno s sliko 66.



Slika 66: Porazdelitev stanja vozišč po I_{Total} od leta 2015 do 2030 za scenarij »5 mio EUR« letno

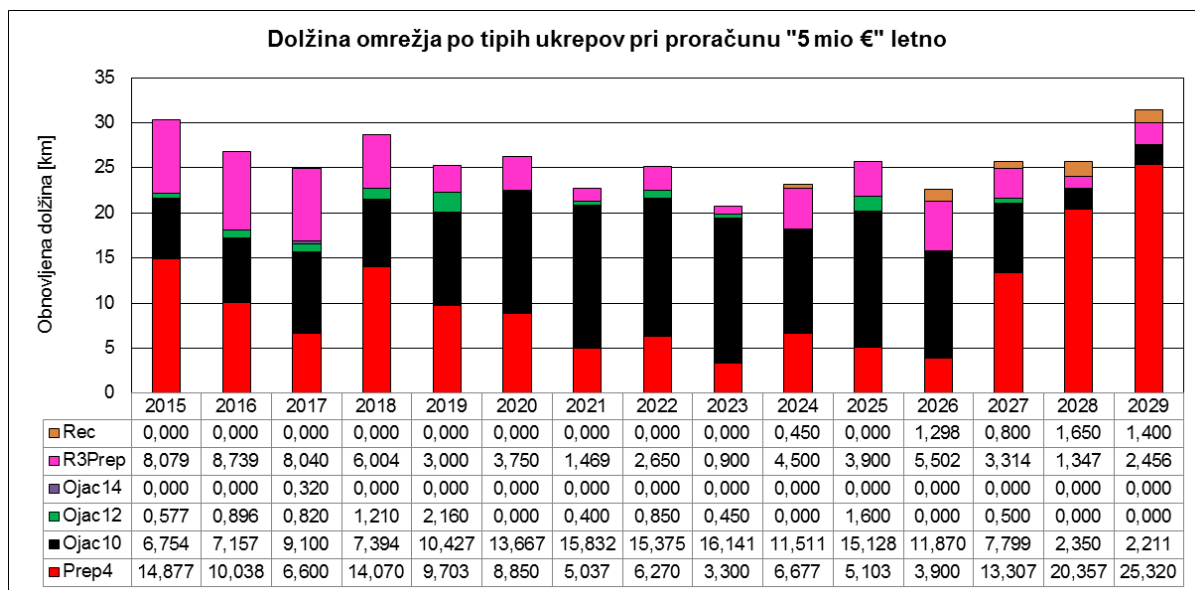
Figure 66: Distribution of pavement condition according to I_{Total} from 2015 to 2030, "5 mio EUR" yearly scenario



Slika 67: Stroški obnavljanja in skupna dolžina obnov po letih za scenarij »5 mio EUR« letno

Figure 67: Program costs and total treatment lengths for each year, "5 mio EUR" yearly scenario

Zgornji diagrami (sliki 66 in 67) izkazujejo, da pet milijonov evrov na leto za investicijsko obnavljanje vozišč G1 in G2 postopoma rahlo izboljšuje stanje omrežja, vendar je ob koncu analiziranega obdobja še vedno 61 % omrežja v zelo slabem stanju, 3% pa v slabem stanju.



Slika 68: Dolžina omrežja po ukrepih za scenarij »5 mio EUR« letno

Figure 68: Treatment lengths for "5 mio EUR" yearly scenario

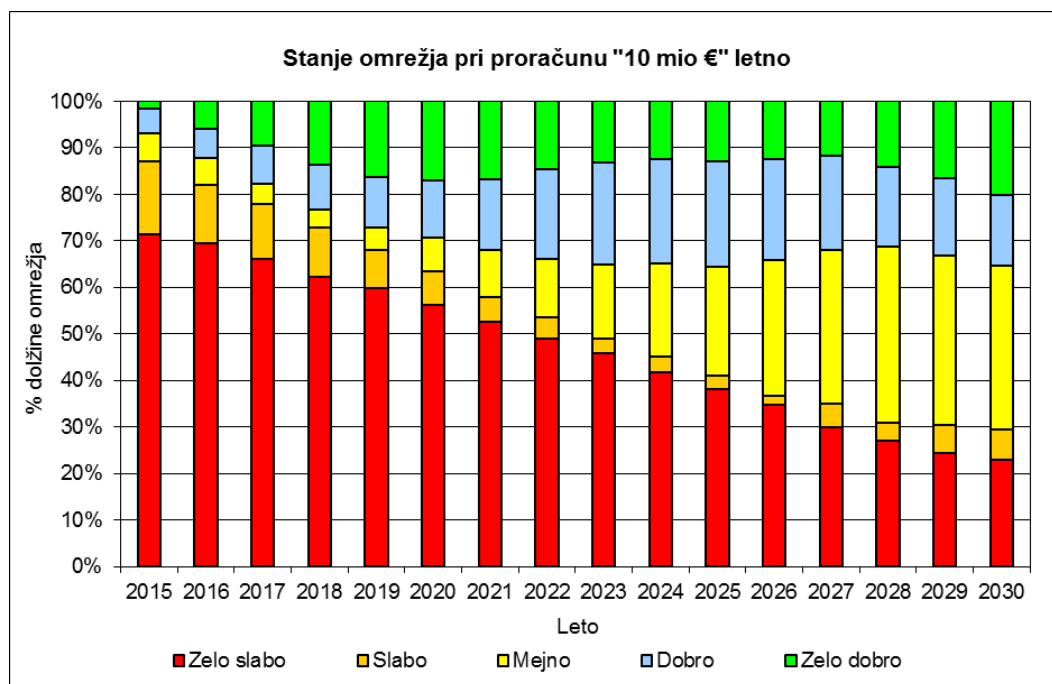
Slika 68 prikazuje, da bi bilo pri proračunskem scenariju »5 mio EUR« letno v letu 2015 možno in najbolj ekonomično izvesti 14,877 km preplastitev Prep4, 6,754 km ojačitve debeline 10 cm Ojac10 in 8,079 km preplastitev s predhodnim rezkanjem R3Prep.

V naslednjih letih se v prvi polovici analiziranega obdobja v glavnem izvajajo ojačitve debeline 10 cm in preplastitve, ob koncu analiziranega obdobja pa v večini preplastitve.

V letih 2026 do 2029 se pojavijo tudi rekonstrukcije odsekov, ki bodo v 10 letih prešla v tako slabo stanje, da je rekonstrukcija voziščne konstrukcije edini možni ukrep.

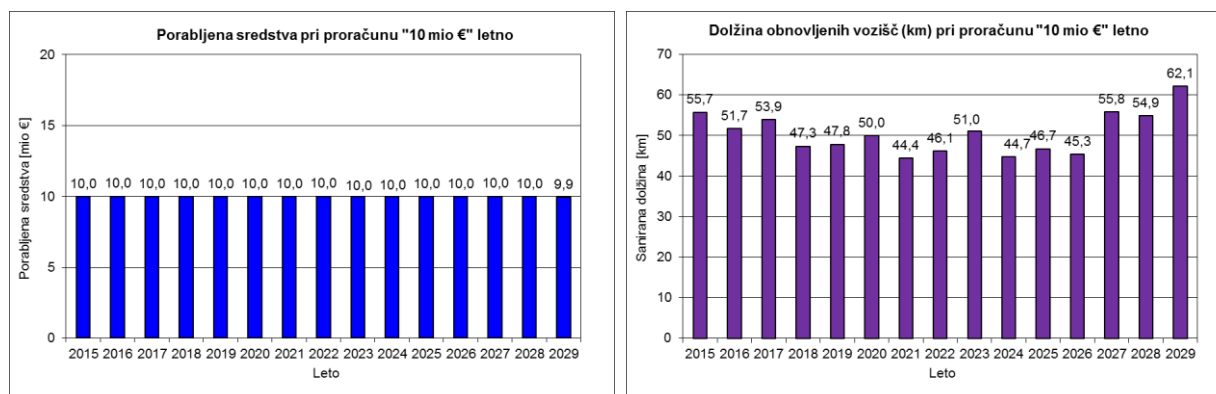
7.1.4 Rezultati za proračunski scenarij »10 mio EUR«

Pri proračunskem scenariju »10 mio EUR« letno bi se stanje cestnega omrežja G1 in G2 slabšalo skladno s sliko 69.



Slika 69: Porazdelitev stanja vozišč po I_{Total} od leta 2015 do 2030 za proračun »10 mio EUR« letno

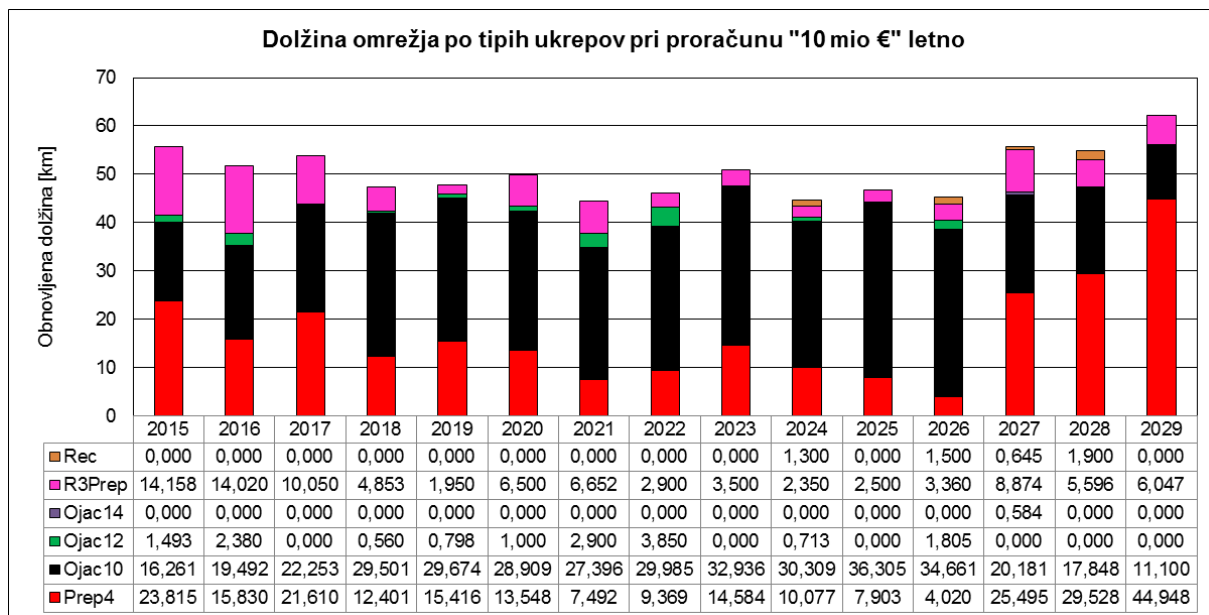
Figure 69: Distribution of pavement condition according to I_{Total} from 2015 to 2030, “10 mio EUR” yearly scenario



Slika 70: Stroški obnavljanja in skupna dolžina obnov po letih za scenarij »10 mio EUR« letno

Figure 70: Program costs and total treatment lengths for each year, “10 mio EUR” yearly scenario

Zgornji diagrami (sliki 69 in 70) izkazujejo, da deset milijonov evrov na leto za investicijsko obnavljanje vozišč G1 in G2 postopoma izboljšuje stanje omrežja, tako da je ob koncu analiziranega obdobja še 23 % omrežja G1 in G2 v zelo slabem stanju. Izboljšanje stanja nakazuje, da je proračun deset milijonov evrov letno za obnove voziščnih konstrukcij G1 in G2 že kar primeren.



Slika 71: Dolžina omrežja po ukrepih za scenarij »10 mio EUR« letno

Figure 71: Treatment lengths for "10 mio EUR" yearly scenario

Slika 71 prikazuje, da bi bilo pri proračunskem scenariju »10 mio EUR« letno v letu 2015 mogoče in najbolj ekonomično izvesti 23,815 km preplastitev in 16,261 km ojačitve debeline 10 cm, 14,158 km pa tudi preplastitev s predhodnim rezkanjem.

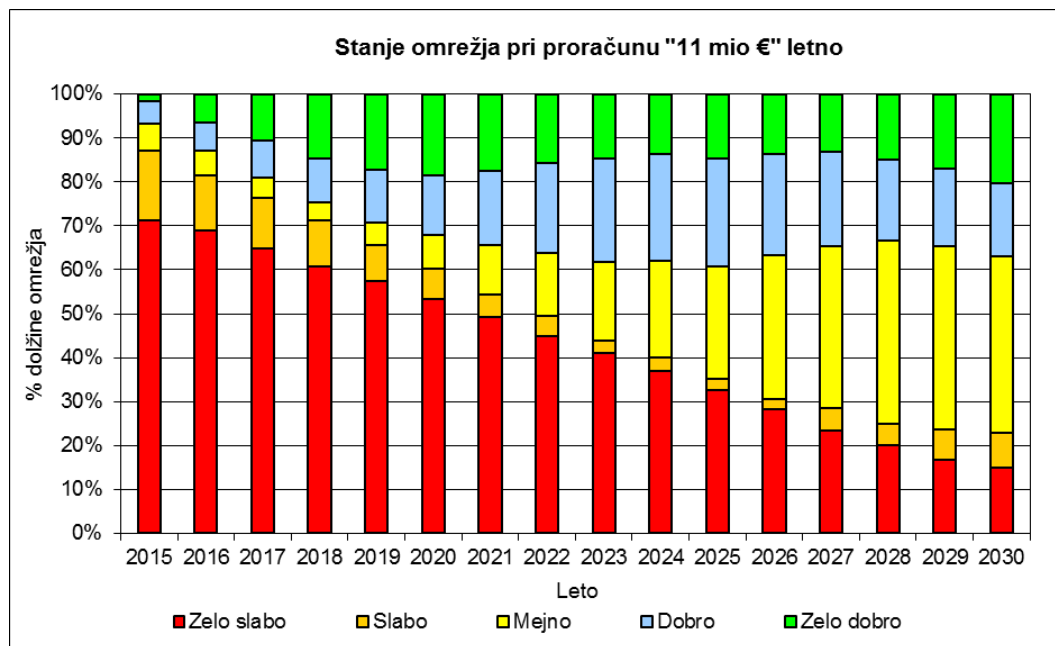
V naslednjih letih se v prvi polovici analiziranega obdobja v glavnem izvajajo ojačitve debeline 10 cm in preplastitve, ob koncu analiziranega obdobja pa v večini preplastitve.

V drugi polovici analiziranega obdobja se pojavijo tudi rekonstrukcije odsekov, ki bodo v 10 letih prešla v tako slabo stanje, da je rekonstrukcija voziščne konstrukcije edini možni ukrep.

Nekateri odseki, ki imajo majhno gostoto prometa, ob omejenih sredstvih za obnove kljub zelo slabemu stanju ne pridejo na vrsto za obnovo.

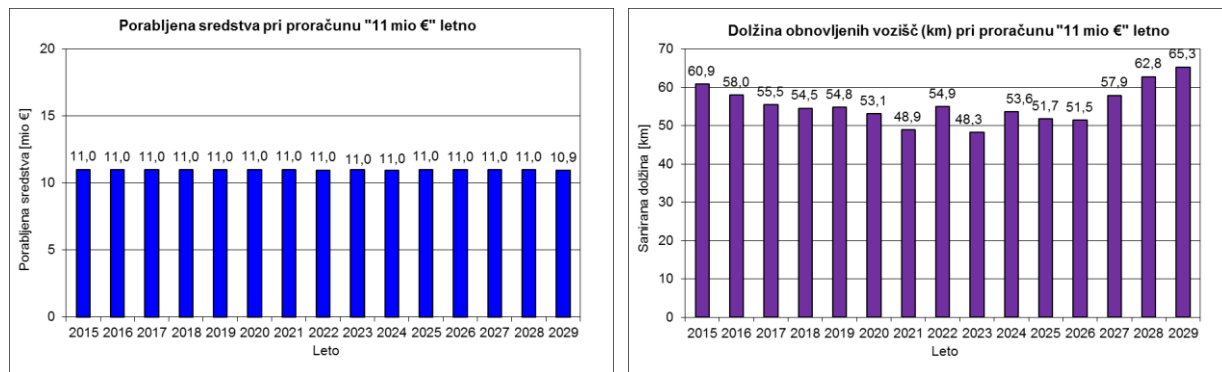
7.1.5 Rezultati za proračunski scenarij »11 mio EUR«

Pri proračunskem scenariju »11 mio EUR« letno bi se stanje cestnega omrežja G1 in G2 slabšalo skladno s sliko 72.



Slika 72: Porazdelitev stanja vozišč po I_{Total} od leta 2015 do 2030 za scenarij »11 mio EUR« letno

Figure 72: Distribution of pavement condition according to I_{Total} from 2015 to 2030, "11 mio EUR" yearly scenario

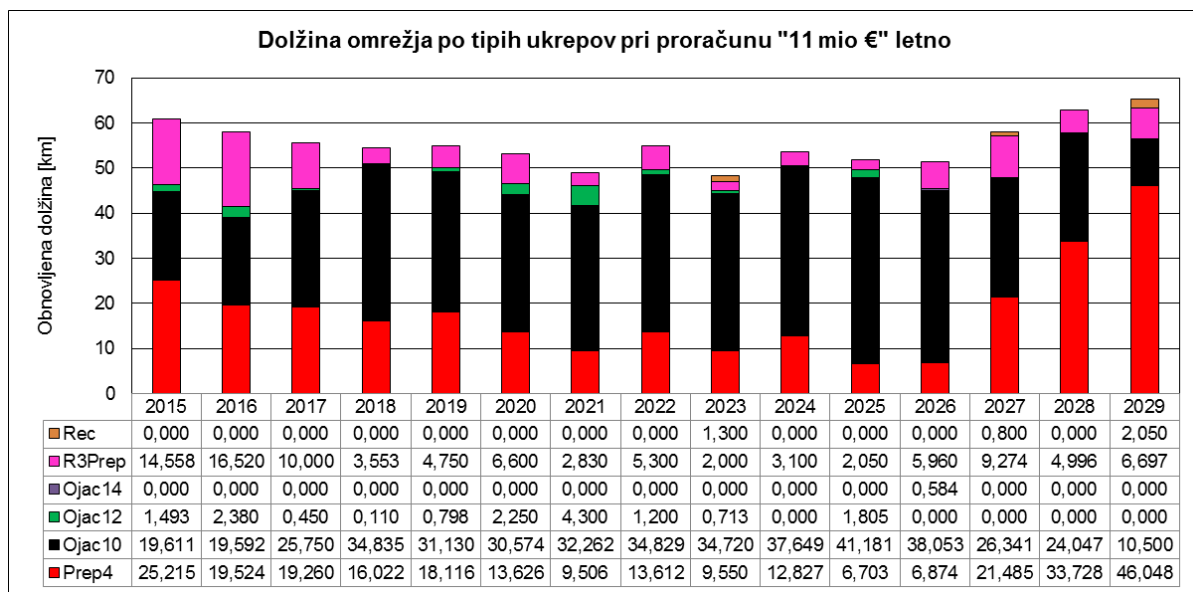


Slika 73: Stroški obnavljanja in skupna dolžina obnov po letih za scenarij »11 mio EUR« letno

Figure 73: Program costs and total treatment lengths for each year, "11 mio EUR" yearly scenario

Zgornji diagrami (sliki 72 in 73) izkazujejo, da 11 milijonov evrov na leto za investicijsko obnavljanje vozišč G1 in G2 zagotavlja postopno izboljševanje stanja vozišč.

Nazorna je tudi slika 74, ki prikazuje vrste ukrepov po letih za scenarij »11 mio EUR« letno.



Slika 74: Dolžina omrežja po ukrepih za scenarij »11 mio EUR« letno

Figure 74: Treatment lengths for "11 mio EUR" yearly scenario

Slika 74 prikazuje, da bi bilo pri proračunskem scenariju »11 mio EUR« letno v letu 2015 potrebno in najbolj ekonomično izvajati največ preplastitev (25,215 km), nato ojačitev debeline 10 cm (19,611 km) in nato preplastitev s predhodnim rezkanjem (14,558 km).

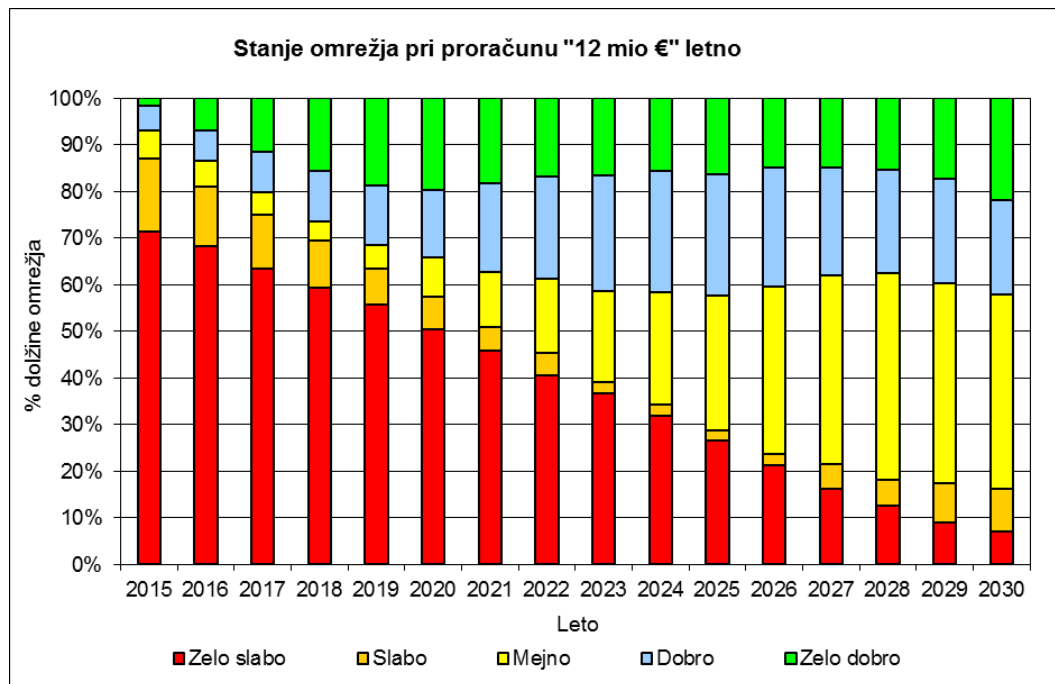
V naslednjih letih se v prvi polovici analiziranega obdobja v glavnem izvajajo ojačitve debeline 10 cm in preplastitve, ob koncu analiziranega obdobja pa v večini preplastitve.

V drugi polovici analiziranega obdobja se pojavijo tudi rekonstrukcije odsekov, ki bodo v 10 letih prešla v tako slabo stanje, da je rekonstrukcija voziščne konstrukcije edini možni ukrep.

Nekateri odseki, ki imajo majhno gostoto prometa, ob omejenih sredstvih za obnove kljub zelo slabemu stanju ne pridejo na vrsto za obnovo.

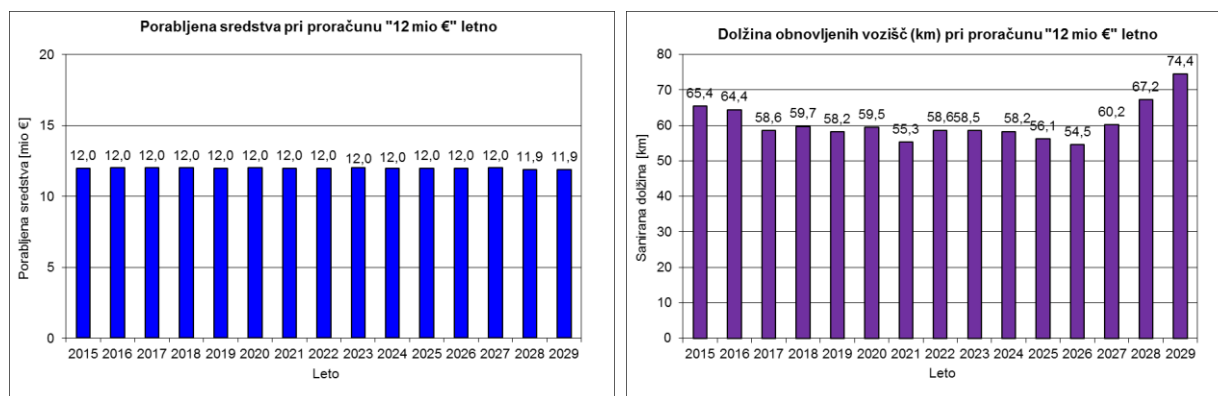
7.1.6 Rezultati za proračunski scenarij »12 mio EUR«

Pri proračunskem scenariju »12 mio EUR« letno bi se stanje cestnega omrežja G1 in G2 slabšalo skladno s sliko 75.



Slika 75: Porazdelitev stanja vozišč po I_{Total} od leta 2015 do 2030 za scenarij »12 mio EUR« letno

Figure 75: Distribution of pavement condition according to I_{Total} from 2015 to 2030, "12 mio EUR" yearly scenario

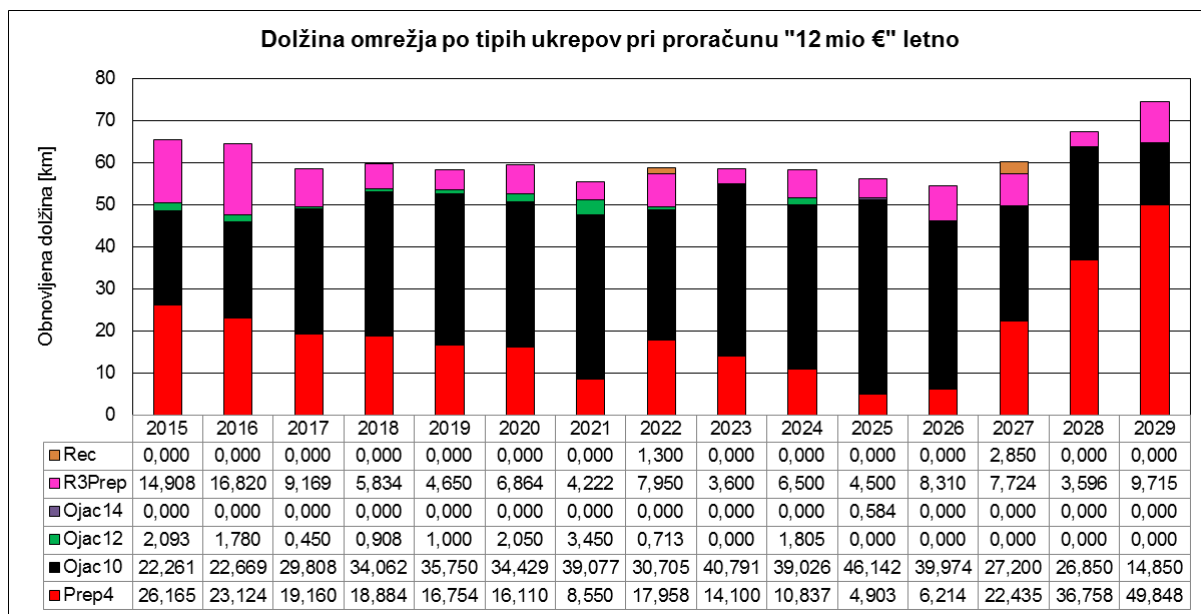


Slika 76: Stroški obnavljanja in skupna dolžina obnov po letih za scenarij »12 mio EUR« letno

Figure 76: Program costs and total treatment lengths for each year, "12 mio EUR" yearly scenario

Zgornji diagrami (sliki 75 in 76) izkazujejo, da 12 milijonov evrov na leto za investicijsko obnavljanje vozišč G1 in G2 zagotavlja hitro izboljševanje stanja vozišč. Že v letu 2025 je v zelo slabem in slabem stanju manj kot 30% omrežja G1 in G2, ob koncu analiziranega obdobja pa le še 16%.

Nazorna je tudi slika 77, ki prikazuje vrste ukrepov po letih za scenarij »12 mio EUR« letno.



Slika 77: Dolžina omrežja po ukrepih za scenarij »12 mio EUR« letno

Figure 77: Treatment lengths for "12 mio EUR" yearly scenario

Slika 77 prikazuje, da bi bilo pri proračunskem scenariju »12 mio EUR« letno v letu 2015 potrebno in najbolj ekonomično izvajati največ preplastitev (26,165 km), nato ojačitev debeline 10 cm (22,261 km), nato preplastitev s predhodnim rezkanjem (14,908 km), pa tudi ojačitev debeline 12 cm (2,261 km).

V naslednjih letih prevladujejo ojačitve debeline 10 cm, v letih 2028 in 2029 pa pridejo nekateri odseki, obnovljeni v letih 2015 in 2016, ponovno na vrsto za preplastitev.

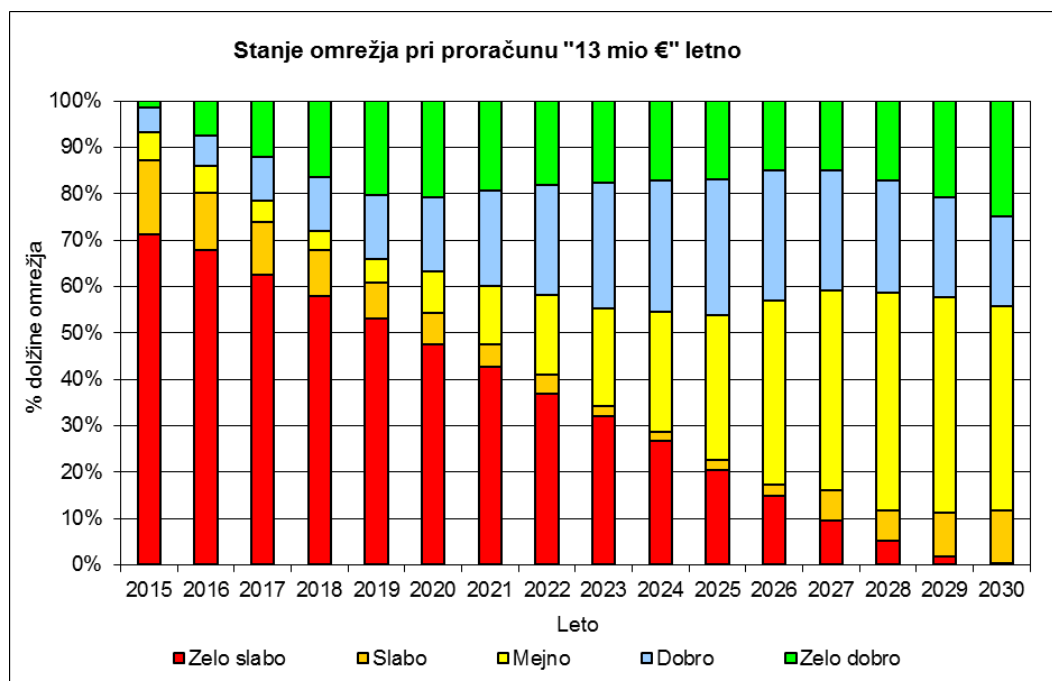
V naslednjih letih se v glavnem izvajajo ojačitve debeline 10 cm in preplastitve, ob koncu analiziranega obdobja pa v večini preplastitve, ko preidejo odseki, obnovljeni v prvih letih, ponovno v slabo stanje; ker je na njih bila s prvim ukrepom zagotovljena zadostna nosilnost, kot drugi ukrep zadoščajo preplastitve.

V drugi polovici analiziranega obdobja se pojavijo tudi rekonstrukcije odsekov z majhno gostoto prometa, ki zaradi tako malo prometa v predhodnih letih niso prišla med odseke z dovolj visoko prioriteto za obnovo in so zato prešla v tako slabo stanje, da je rekonstrukcija voziščne konstrukcije edini možni ukrep.

Nekateri odseki, ki imajo majhno gostoto prometa, ob omejenih sredstvih za obnovo kljub zelo slabemu stanju ne pridejo na vrsto za obnovo.

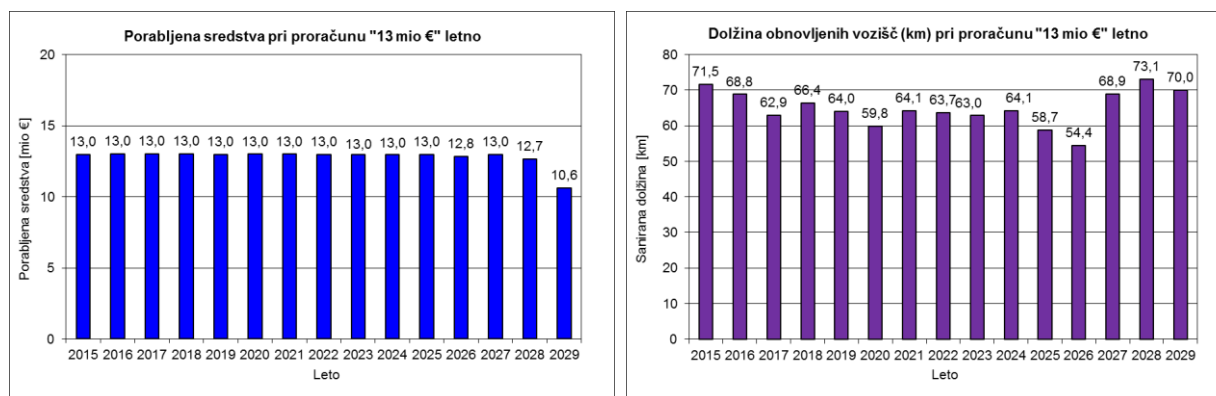
7.1.7 Rezultati za proračunski scenarij »13 mio EUR«

Pri proračunskem scenariju »13 mio EUR« letno bi se stanje cestnega omrežja G1 in G2 slabšalo skladno s sliko 78.



Slika 78: Porazdelitev stanja vozišč po I_{Total} od leta 2015 do 2030 za scenarij »13 mio EUR« letno

Figure 78: Distribution of pavement condition according to I_{Total} from 2015 to 2030, "13 mio EUR" yearly scenario

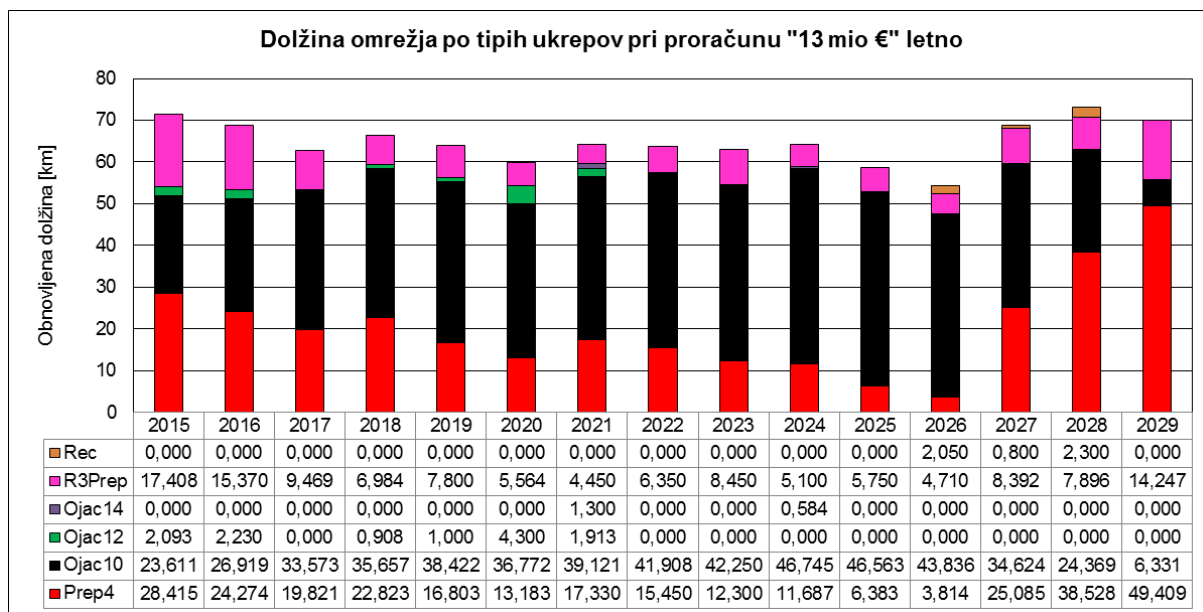


Slika 79: Stroški obnavljanja in skupna dolžina obnov po letih za scenarij »13 mio EUR« letno

Figure 79: Program costs and total treatment lengths for each year, "13 mio EUR" yearly scenario

Zgornji diagrami (sliki 78 in 79) izkazujejo, da 13 milijonov evrov na leto za investicijsko obnavljanje vozišč G1 in G2 zagotavlja hitro izboljševanje stanja vozišč na omrežju G1 in G2. V zadnjih letih analiziranega obdobja je stanje vozišč v že tako dobrem stanju, da je 13 milijonov evrov že previsok proračun za obnove. To pomeni, da je ta proračun že blizu potrebnega proračuna za obnavljanje omrežja G1 in G2.

Nazorna je tudi slika uporabljenih vrst ukrepov po letih za scenarij »13 mio EUR« letno (slika 80).



Slika 80: Dolžina omrežja po ukrepih za scenarij »13 mio EUR« letno

Figure 80: Treatment lengths for "13 mio EUR" yearly scenario

Slika 80 prikazuje, da bi bilo pri proračunskem scenariju »13 mio EUR« letno v letu 2015 potrebno in najbolj ekonomično izvajati največ preplastitev (28,415 km), nato ojačitve debeline 10 cm (23,611 km), nato preplastitev s predhodnim rezkanjem (17,408 km).

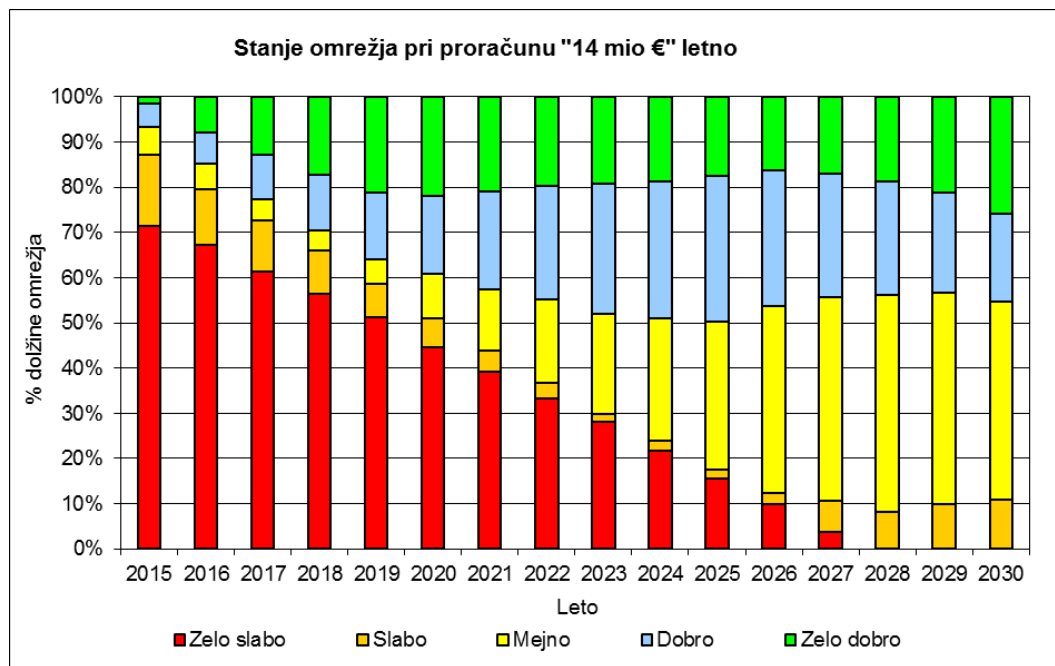
V naslednjih letih se v glavnem izvajajo ojačitve debeline 10 cm in preplastitve, ob koncu analiziranega obdobja pa v večini preplastitve, ko preidejo odseki, obnovljeni v prvih letih, ponovno v slabo stanje; ker je na njih bila s prvim ukrepom zagotovljena zadostna nosilnost, kot drugi ukrep zadoščajo preplastitve.

Odseki, ki imajo majhno gostoto prometa, ob omejenih sredstvih za obnove kljub zelo slabemu stanju v prvih letih ne pridejo na vrsto za obnovo, zato se njihovo stanje tako poslabša, da je edini možni ukrep rekonstrukcija voziščne konstrukcije, ki se lahko izvede šele v zadnjih letih analiziranega obdobja, ko je sredstev za obnovo dovolj.

Nekateri odseki, ki imajo majhno gostoto prometa, ob omejenih sredstvih za obnove kljub zelo slabemu stanju ne pridejo na vrsto za obnovo.

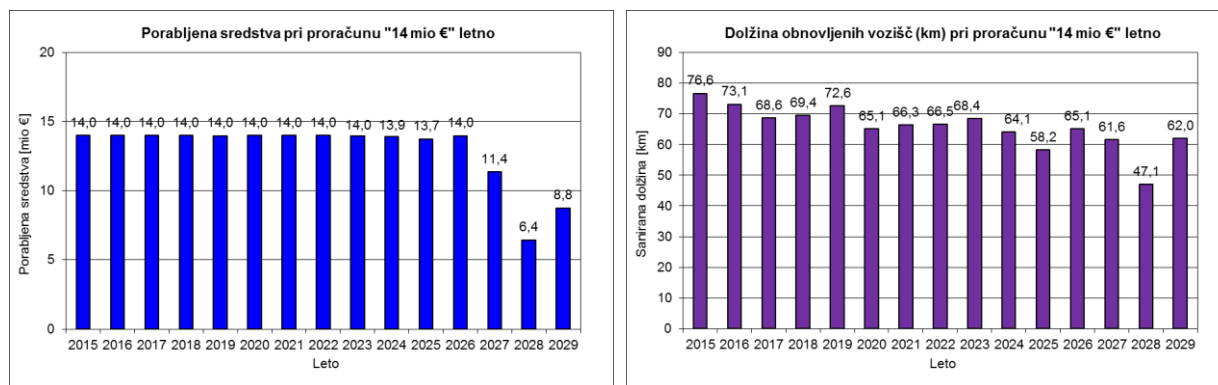
7.1.8 Rezultati za proračunski scenarij »14 mio EUR«

Pri proračunskem scenariju »14 mio EUR« letno bi se stanje cestnega omrežja G1 in G2 slabšalo skladno s sliko 81.



Slika 81: Porazdelitev stanja vozišč po I_{Total} od leta 2015 do 2030 za scenarij »14 mio EUR« letno

Figure 81: Distribution of pavement condition according to I_{Total} from 2015 to 2030, "14 mio EUR" yearly scenario

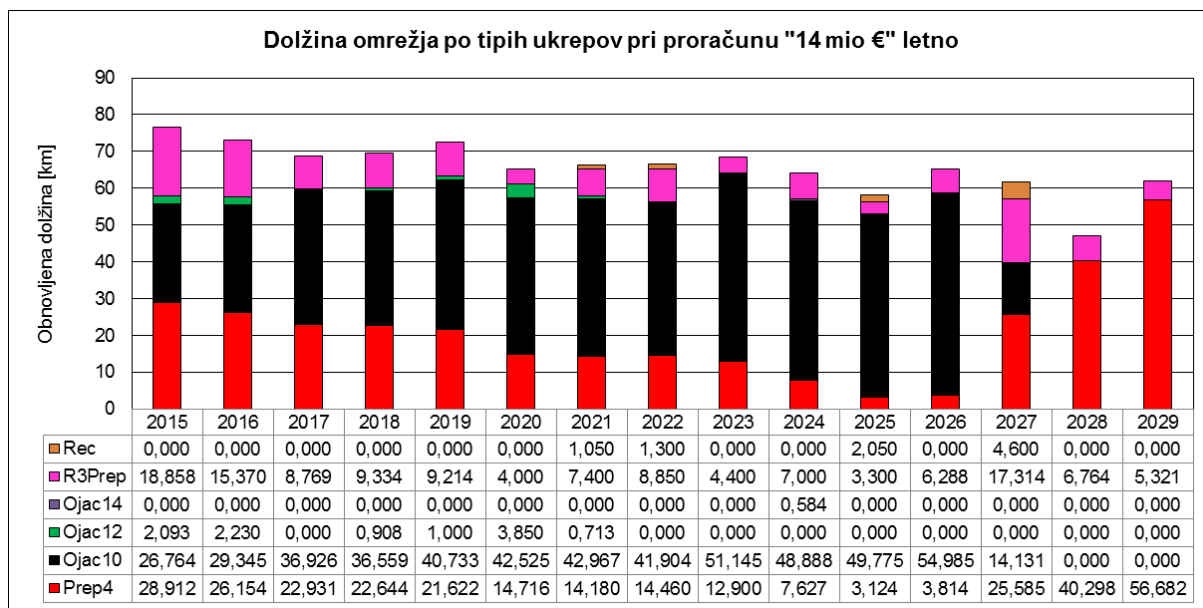


Slika 82: Stroški obnavljanja in skupna dolžina obnov po letih za scenarij »14 mio EUR« letno

Figure 82: Program costs and total treatment lengths for each year, "14 mio EUR" yearly scenario

Zgornji diagrami (sliki 81 in 82) izkazujejo, da 14 milijonov evrov na leto za investicijsko obnavljanje vozišč G1 in G2 zagotavlja hitro izboljšanje stanja vozišč. Po letu 2026 za obnove ni več potrebnih razpoložljivih 14 mio EUR/leto.

Slika 83 prikazuje vrste ukrepov po letih za scenarij »14 mio EUR« letno.



Slika 83: Dolžina omrežja po ukrepih za scenarij »13 mio EUR« letno

Figure 83: Treatment lengths for "14 mio EUR" yearly scenario

Slika 83 prikazuje, da bi bilo pri proračunskem scenariju »14 mio EUR« letno v letu 2015 potrebno in najbolj ekonomično izvajati največ preplastitev (28,912 km), nato ojačitev debeline 10 cm (26,764 km), nato rezkanja in preplastitev (18,858 km).

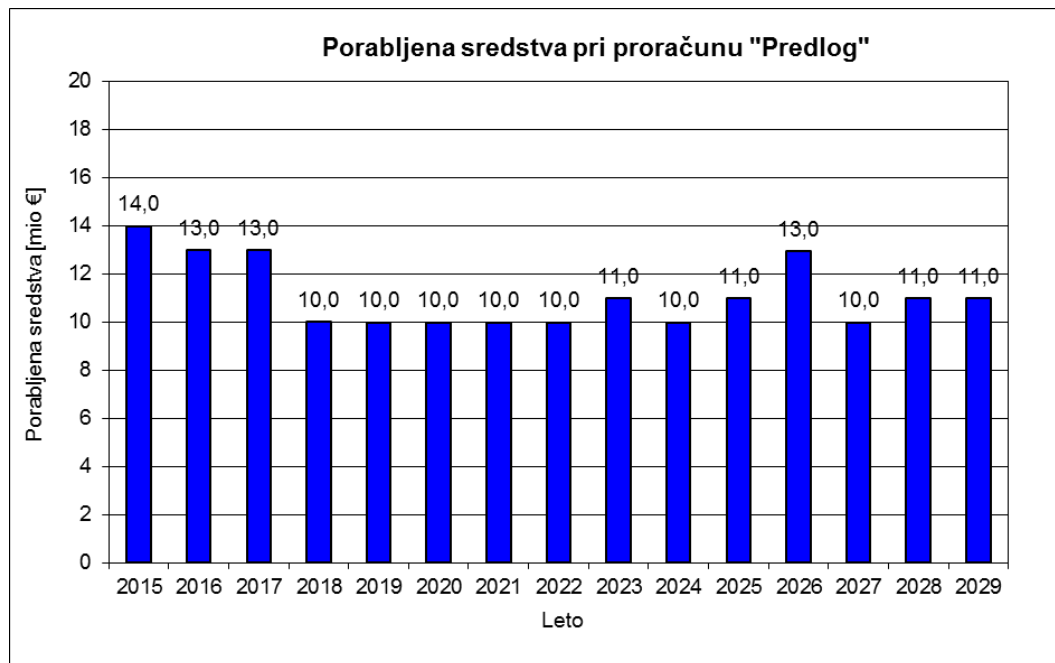
V naslednjih letih se v glavnem izvajajo ojačitve debeline 10 cm in preplastitve, ob koncu analiziranega obdobja pa v večini preplastitve, ko pridejo odseki, obnovljeni v prvih letih, ponovno v slabo stanje; ker je na njih bila s prvim ukrepom zagotovljena zadostna nosilnost, kot drugi ukrep zadoščajo preplastitve.

Odseki, ki imajo majhno gostoto prometa, ob omejenih sredstvih za obnove kljub zelo slabemu stanju v prvih letih ne pridejo na vrsto za obnovo, zato se njihovo stanje tako poslabša, da je edini možni ukrep rekonstrukcija voziščne konstrukcije, ki se lahko izvede šele v zadnjih letih analiziranega obdobja, ko je sredstev za obnovo dovolj.

Nekateri odseki, ki imajo majhno gostoto prometa, ob omejenih sredstvih za obnove kljub zelo slabemu stanju ne pridejo na vrsto za obnovo.

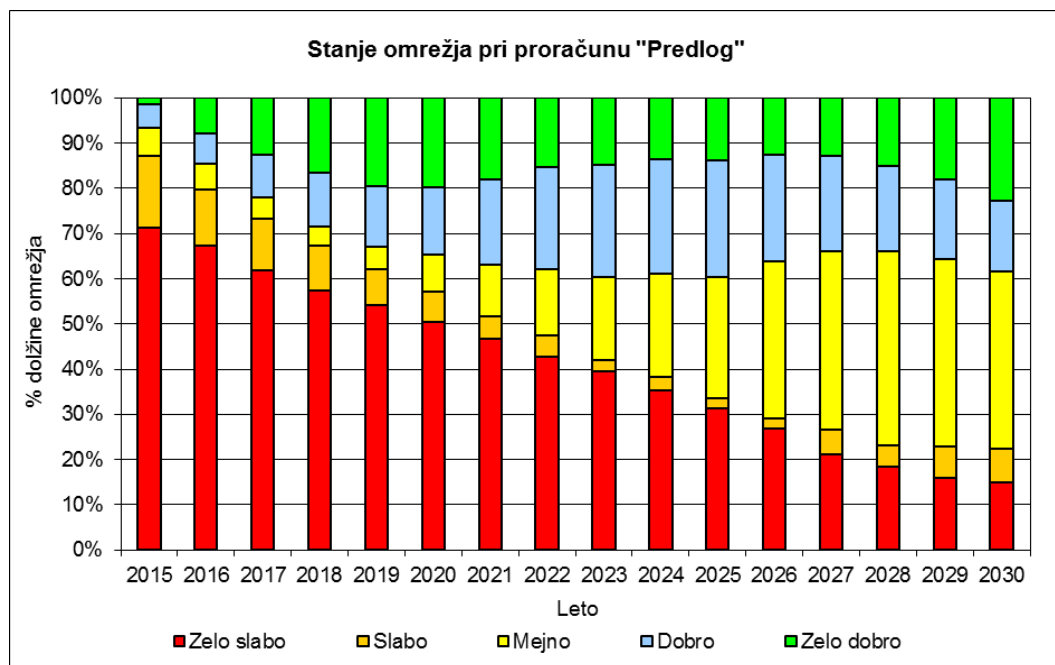
7.1.9 Rezultati za proračunski scenarij »Predlog«

Glede na rezultate pri neomejenem proračunu in pri posameznih omejenih proračunih za investicijsko obnavljanje, prikazanih v poglavjih od 7.1.2 do 7.1.8, sem določila končni predlagani proračunski scenarij, imenovan »Predlog« (slika 84), ki zagotavlja postopno enakomerno izboljševanje stanja, prikazano na sliki 85.



Slika 84: Proračunski scenarij »Predlog«

Figure 84: Budget scenario "Predlog"

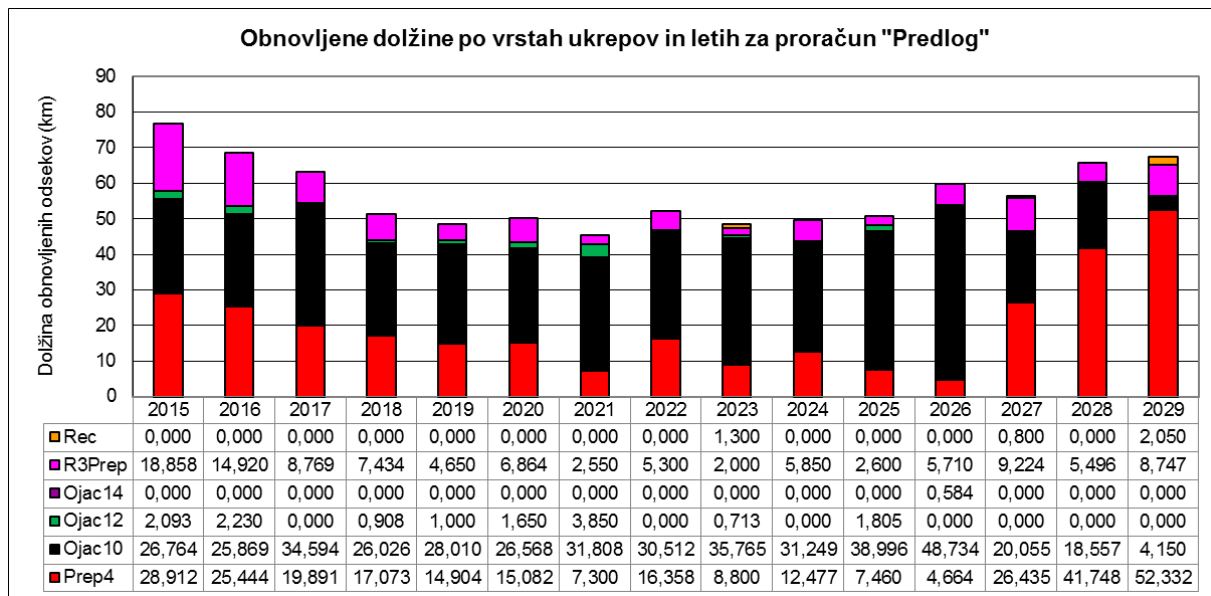


Slika 85: Porazdelitev stanja vozišč po I_{Total} od leta 2015 do 2030 za scenarij »Predlog«

Figure 85: Distribution of pavement condition according to I_{Total} from 2015 to 2030, "Predlog" scenario

Sliki 84 in 85 izkazujeta, da scenarij »Predlog« za investicijsko obnavljanje vozišč na omrežju državnih cest G1 in G2 zagotavlja postopno izboljševanje stanja vozišč. Ob koncu analiziranega obdobja bi bilo v zelo slabem stanju 15 % vozišč, v slabem pa še 7,4 % vozišč. Delež vozišč v zelo dobrem in dobrem stanju bi bil ob koncu analiziranega obdobja 22,8 % oziroma 15,7 %.

Nazorna je tudi slika vrste ukrepa po letih za scenarij »Predlog« (slika 86).



Slika 86: Dolžina omrežja po ukrepih za scenarij »Predlog«

Figure 86: Treatment lengths for "Predlog" scenario

V preglednici 24 in na sliki 87 so prikazane še skupne dolžine po ukrepih za celotno analizirano obdobje petnajstih let.

Preglednica 24: Dolžine obnov po vrsti ukrepa za proračunski scenarij »Predlog« [km]

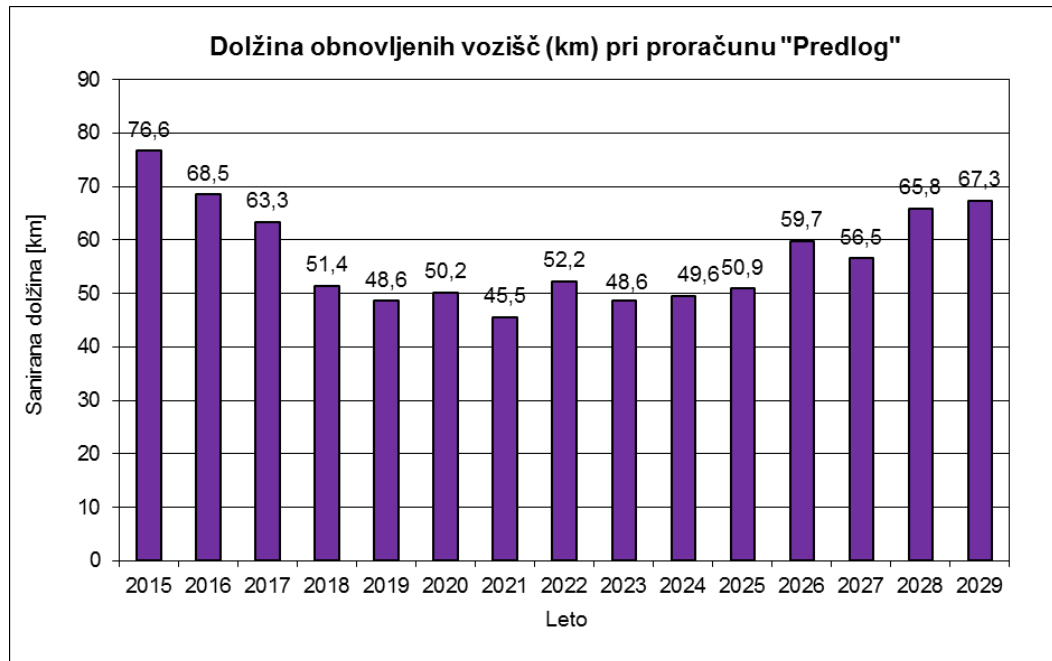
Table 24: Treatment lengths for budget bcenario "Predlog" [km]

Leto	Ojac10	Ojac12	Ojac14	Prep4	R3Prep	Rec	Skupaj km
2015	26,764	2,093	0,000	28,912	18,858	0,000	76,627
2016	25,869	2,230	0,000	25,444	14,920	0,000	68,463
2017	34,594	0,000	0,000	19,891	8,769	0,000	63,254
2018	26,026	0,908	0,000	17,073	7,434	0,000	51,441
2019	28,010	1,000	0,000	14,904	4,650	0,000	48,564
2020	26,568	1,650	0,000	15,082	6,864	0,000	50,164
2021	31,808	3,850	0,000	7,300	2,550	0,000	45,508
2022	30,512	0,000	0,000	16,358	5,300	0,000	52,170
2023	35,765	0,713	0,000	8,800	2,000	1,300	48,578
2024	31,249	0,000	0,000	12,477	5,850	0,000	49,576
2025	38,996	1,805	0,000	7,460	2,600	0,000	50,861
2026	48,734	0,000	0,584	4,664	5,710	0,000	59,692
2027	20,055	0,000	0,000	26,435	9,224	0,800	56,514
2028	18,557	0,000	0,000	41,748	5,496	0,000	65,801
2029	4,150	0,000	0,000	52,332	8,747	2,050	67,279
Skupaj km	427,657	14,249	0,584	298,880	108,972	4,150	854,492

Slika 86 in preglednica 24 prikazujeta, da je možno omrežje državnih cest G1 in G2 pri proračunskem scenariju »Predlog« v največji meri obnavljati s preplastitvami in ojačitvami debeline 10 cm.

Najbolj ekonomično je preko celotnega analiziranega obdobja izvajati ojačitve debeline 10 cm (skupaj v 15 letih 427,657 km), nato preplastitve (skupaj v 15 letih 298,880 km), nato pa preplastitve s predhodnim rezkanjem (skupaj v 15 letih 108,972 km). Izvesti je treba tudi nekaj ojačitev debeline 12 cm (skupaj v 15 letih 14,249 km), in ojačitev debeline 14 cm (skupaj v 15 letih 0,584 km).

Predlagani proračun »Predlog« omogoča tudi 4,150 km rekonstrukcij voziščnih konstrukcij.



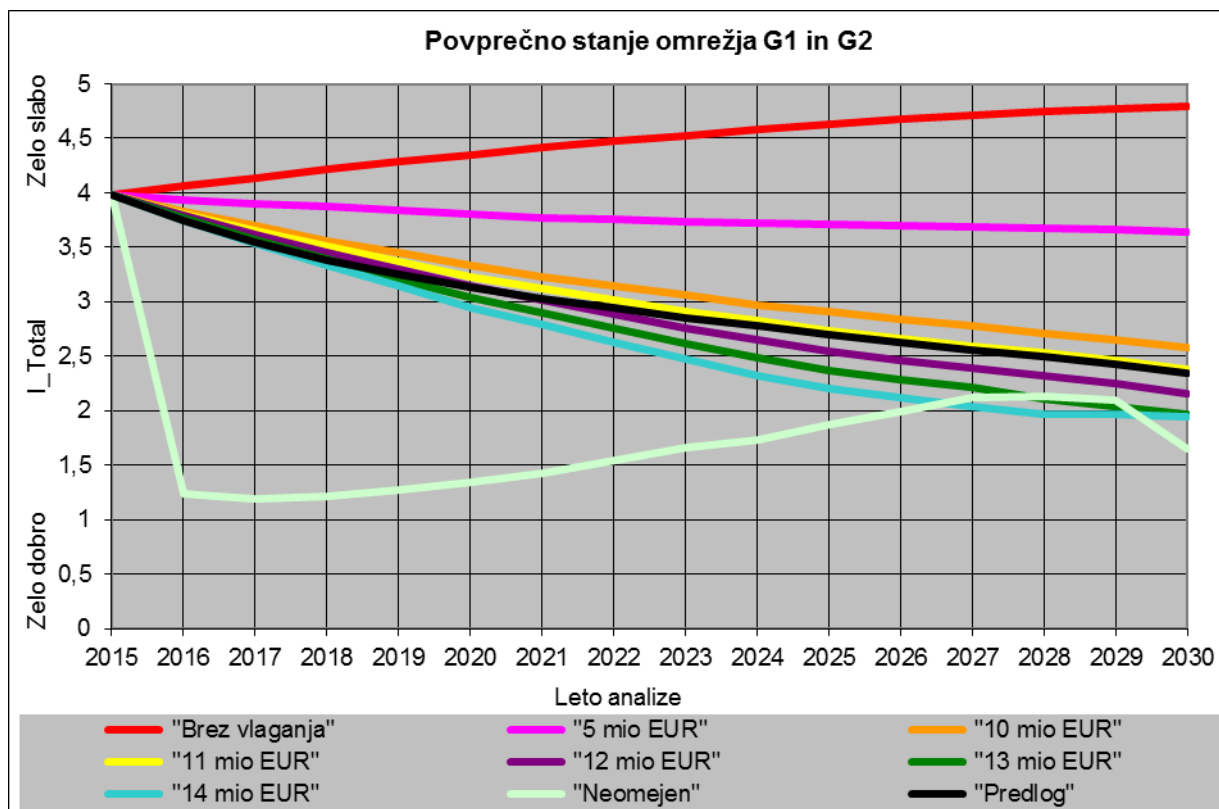
Slika 87: Skupna dolžina obnov po letih za scenarij »Predlog«

Figure 87: Total treatment lengths for each year, "Predlog" scenario

Nekateri odseki, ki imajo majhno gostoto prometa (in s tem nizko prioriteto), ob omejenih sredstvih za obnove kljub zelo slabemu stanju ne pridejo na vrsto za obnovo.

7.1.10 Primerjalni rezultat: Povprečno stanje omrežja (Average Condition)

Na sliki 88 je prikazano povprečno stanje vozišč na omrežju cest G1 in G2 po letih za posamezne proračunske scenarije. Stanje vozišč je izraženo z I_{Total} , ki je skupni indeks stanja, sestavljen iz vzdolžne ravnosti, tornih karakteristik in vizualne ocene stanja vozišč po MSI v odvisnosti od ustreznosti dimenzioniranosti voziščne konstrukcije.



Slika 88: Povprečno stanje omrežja ob posameznih proračunskih scenarijih

Figure 88: Average condition of road network according to individual budget scenarios

Zgornji diagram (slika 88) izkazuje, da je izhodiščno povprečno stanje vozišč omrežja G1 in G2 v začetnem letu analize (2015) enako 3,977, kar pomeni slabo stanje.

V odvisnosti od razpoložljivih proračunov se povprečno stanje cestnega omrežja izboljšuje ali slabša. Scenarij »Brez vlaganja« (rdeča krivulja) povzroči, da bo že v letu 2016 povprečno stanje vozišč zelo slabo.

Scenarij »Neomejen« bi že v prvem letu povzročil, da bi povprečno stanje vozišč postalo povprečno dobro ($I_{Total} = 1,24$), vendar bi za to potrebovali 154,7 milijonov evrov v letu 2015 (sliki 63 in 64 na strani 74). Iz svetlo zelene krivulje je razvidno, da bi se po začetnem hipnem izboljšanju stanja nato stanje skladno z modeli propadnja počasi slabšalo, dokler ne bi prvi odseki po letu 2027 prišli v slabo stanje, ko bi se na njih sprožili ponovni ukrepi, ki bi zopet izboljšali stanje do leta 2030.

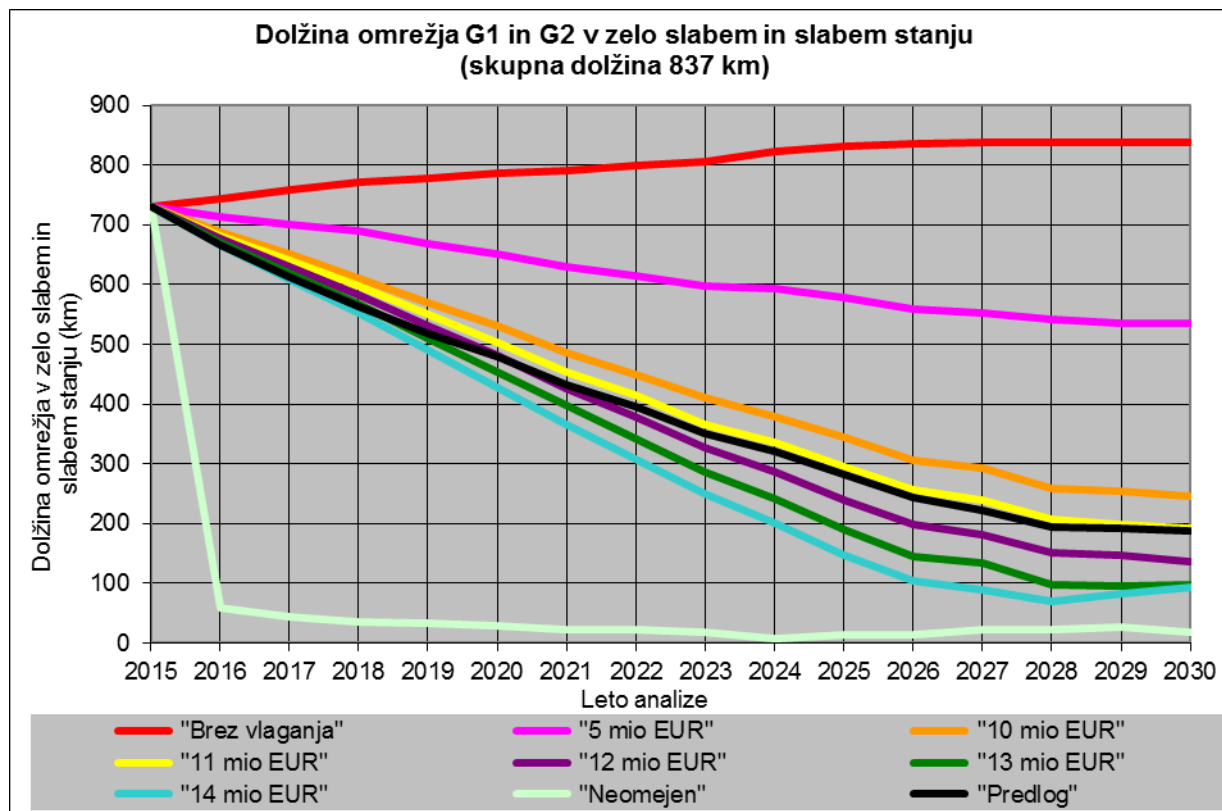
Razvidno je tudi, da proračunski scenarij »5 mio EUR« na leto (magenta krivulja) zagotavlja minimalno izboljševanje stanja vozišč v 15 letih analize, vendar bi stanje omrežja ostalo v povprečno slabem stanju.

Z letnim vlaganjem 10 do 14 milijonov evrov na leto je zagotovljeno postopno izboljševanje stanja vozišč do povprečno mejnega stanja (I_{Total} med 2 in 3).

Scenarij »Predlog« (črna krivulja) zagotavlja postopno izboljševanje stanja vozišč G1 in G2, ki v letu 2026 preidejo v povprečno mejno stanje, v letu 2030 pa zopet v povprečno dobro stanje.

7.1.11 Primerjalni rezultat: Dolžina omrežja v zelo slabem in slabem stanju (Length in Backlog)

Na sliki 89 je prikazana dolžina omrežja državnih cest G1 in G2 v zelo slabem in slabem stanju (indeks stanja I_{Total} med 3 in 5). V izhodiščnem letu 2015 je 730 km vozišč G1 in G2 od skupno 837 km v zelo slabem ali slabem stanju.



Slika 89: Dolžina odsekov v zelo slabem in slabem stanju pri posameznih proračunskih scenarijih

Figure 89: Length in backlog according to individual budget scenarios

Brez investicijskega obnavljanja dolžina vozišč v zelo slabem in slabem stanju hitro narašča, ob neomejenem proračunu pa že po prvem letu pade na 59 km.

Pri scenariju vlaganja »5 mio EUR« letno se dolžina vozišč v zelo slabem in slabem stanju postopno zmanjšuje na 534,6 km ob koncu analiziranega obdobja. Tudi scenariji vlaganja v obnove v višini 10 do 14 milijonov evrov letno zagotavljajo skrajševanje omrežja v zelo slabem in slabem stanju na končnih manj kot 250 km.

Predlagani scenarij za obnove »Predlog« zagotavlja postopno krajšanje omrežja v zelo slabem in slabem stanju na končnih 187,2 km.

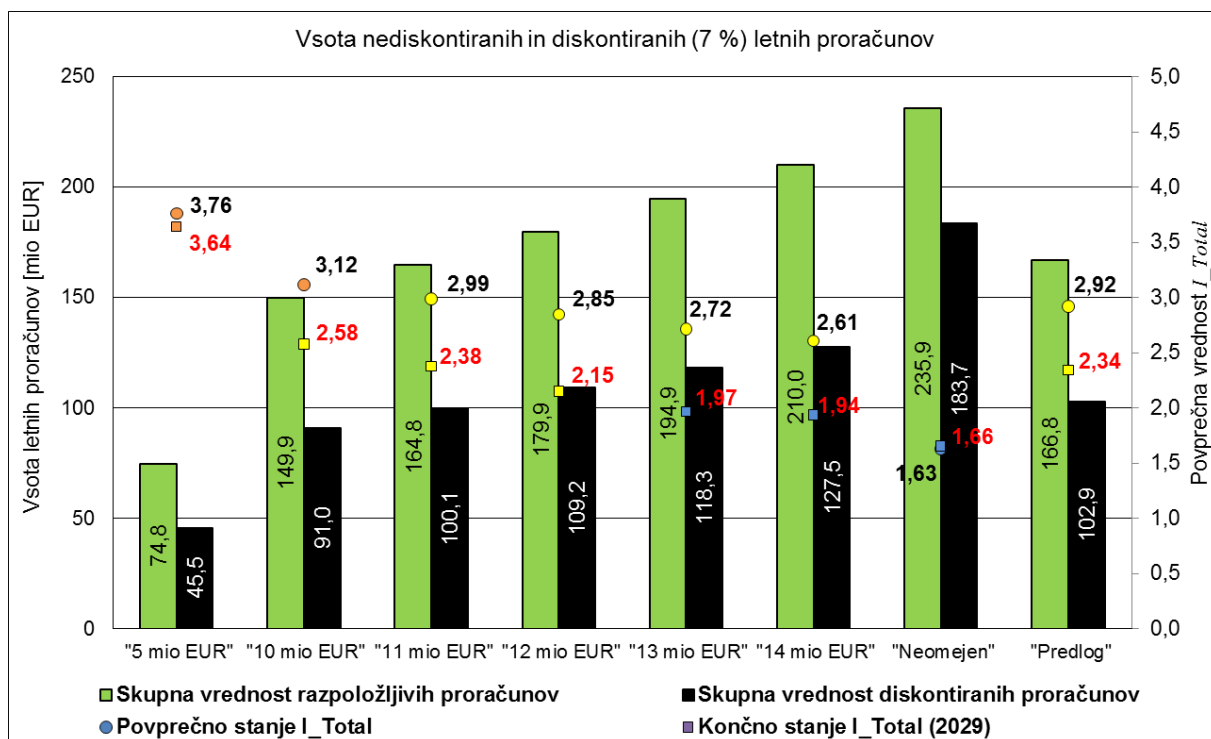
7.1.12 Povzetek rezultatov analiz na mrežnem nivoju

V preglednici 25 so zbrani rezultati analiz po letih za posamezne proračunske scenarije, pri čemer je prikazano stanje vozišča konec posameznega leta:

- dolžina obnovljenih odsekov [km],
- razpoložljivi letni proračuni [mio EUR],
- diskontirana vrednost (diskontna stopnja znaša 7 %) razpoložljivih letnih proračunov [mio EUR],
- povprečna vrednost indeksa I_{Total} ,
- skupna dolžina obnovljenih odsekov v petnajstletnem obdobju [km]
- skupna vrednost razpoložljivih proračunov v petnajstletnem obdobju [mio EUR],
- skupna vrednost diskontiranih razpoložljivih letnih proračunov v petnajstletnem obdobju [mio EUR],
- povprečna vrednost indeksa I_{Total} v petnajstletnem obdobju,
- povprečni strošek obnov na kilometer [EUR/km],
- povprečni diskontirani strošek obnov na kilometer [EUR/km].

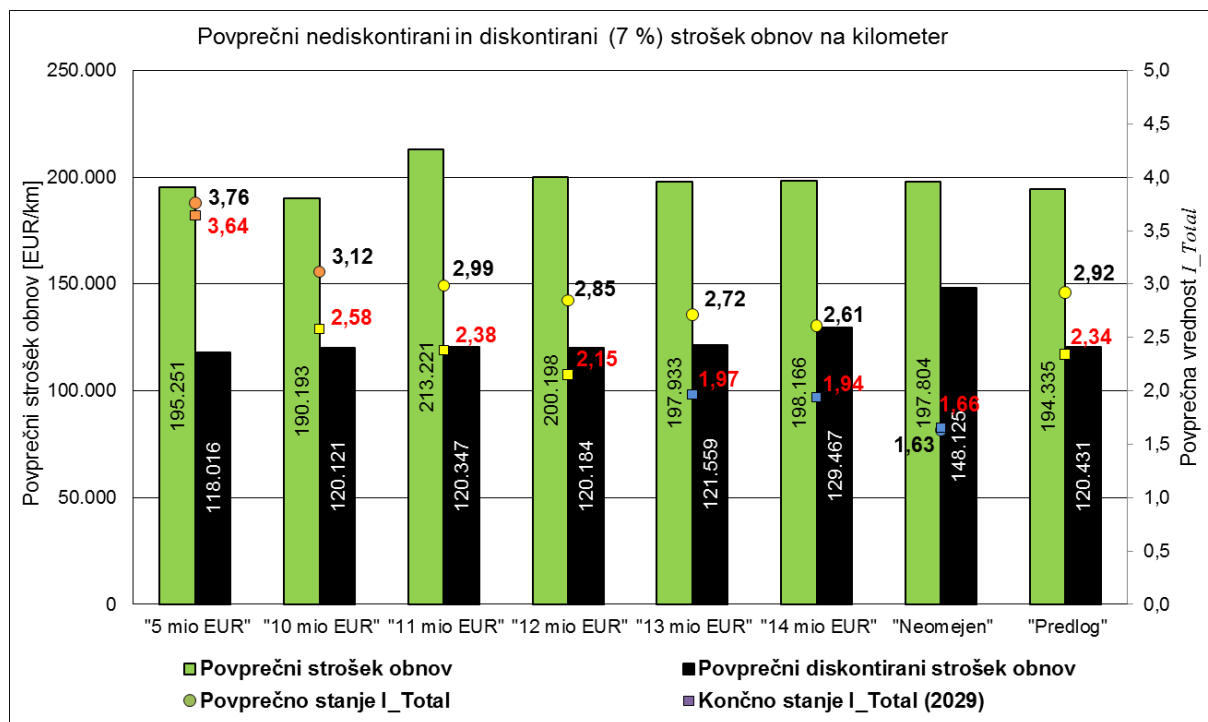
Rezultati analiz na mrežnem nivoju so prikazani tudi na diagramih za posamezne proračune za obnove:

- na sliki 90 je na primarni y osi s stolpci prikazana vsota nediskontiranih in diskontiranih letnih proračunov [mio EUR], na sekundarni y osi pa s točkami povprečna vrednost indeksa I_{Total} v petnajstletnem obdobju (okrogle točke) in vrednost indeksa I_{Total} konec leta 2029 (kvadratne točke),
- na sliki 91 je na primarni y osi s stolpci prikazan povprečni nediskontirani in diskontirani strošek obnov na kilometer [EUR/km], na sekundarni y osi pa s točkami povprečna vrednost indeksa I_{Total} v petnajstletnem obdobju (okrogle točke) in vrednost indeksa I_{Total} konec leta 2029 (kvadratne točke).



Slika 90: Vsota nediskontiranih in diskontiranih letnih proračunov ter povprečno in končno stanje vozišč po I_{Total}

Figure 90: Sum of undiscounted and discounted annual budgets and average and final condition according to I_{Total}



Slika 91: Povprečni nediskontirani in diskontirani strošek obnov na kilometer ter povprečno in končno stanje vozišč po I_{Total}

Figure 91: Average undiscounted and discounted treatment cost per kilometer together with average and final condition according to I_{Total}

Rezultate je potrebno gledati v povezavi z rezultirajočim stanjem vozišč in tudi z doseženim stanjem vozišč konec leta 2029.

Iz slik 90 in 91 je mogoče razbrati, da je povprečno stanje vozišč v petnajstletnem obdobju odvisno od višine vloženih sredstev, saj je pri najnižjem proračunu za obnove »5 mio EUR« na leto povprečno stanje vozišč najslabše ($I_{Total} = 3,76$), prav tako pa tudi stanje vozišč konec leta 2029 ($I_{Total} = 3,64$). Tudi povprečni diskontirani strošek ukrepov na kilometer je pri tem proračunu najnižji, saj je sistem prisiljen uporabljati cenejše ukrepe.

Pri letnih proračunih od 10 do 14 milijonov evrov je razvidno izboljševanje tako povprečnega stanja vozišč kot tudi končnega stanja vozišč (konec leta 2029).

Analize pri neomejenem proračunu za obnove povedo, da bi bilo potrebno v vozišča omrežja G1 in G2 cest v prihodnjih 15 letih vložiti skupno 235,9 milijonov evrov, s čimer bi zagotovili dobro povprečno stanje vozišč ($I_{Total} = 1,63$) in dobro stanje vozišč konec analiziranega obdobja (konec leta 2029), ko bi I_{Total} znašal 1,66. Vsota diskontiranih proračunov je bistveno višja, saj je predviden največji vložek v prvem letu analize. Tudi povprečni diskontirani strošek je bistveno višji kot pri ostalih scenarijih vlaganja v obnove, saj lahko sistem izbira dražje ukrepe, ki povzročijo največje koristi.

Končni predlagani proračun »Predlog« zagotavlja enakomerno izboljševanje stanja vozišč državnega cestnega omrežja G1 in G2 ter povprečno mejno stanje stanje ($I_{Total} = 2,92$) in menjo stanje konec leta 2029 ($I_{Total} = 2,34$).

Preglednica 25: Pregled dolžin obnov, nediskontiranih in diskontiranih letnih proračunov in stanja vozišč po *I_Total* za posamezne scenarije vlaganj v obnove

Table 25: Overview of treatment lengths, undiscounted and discounted annual budgets and pavement condition according to *I_Total* for individual budget scenarios

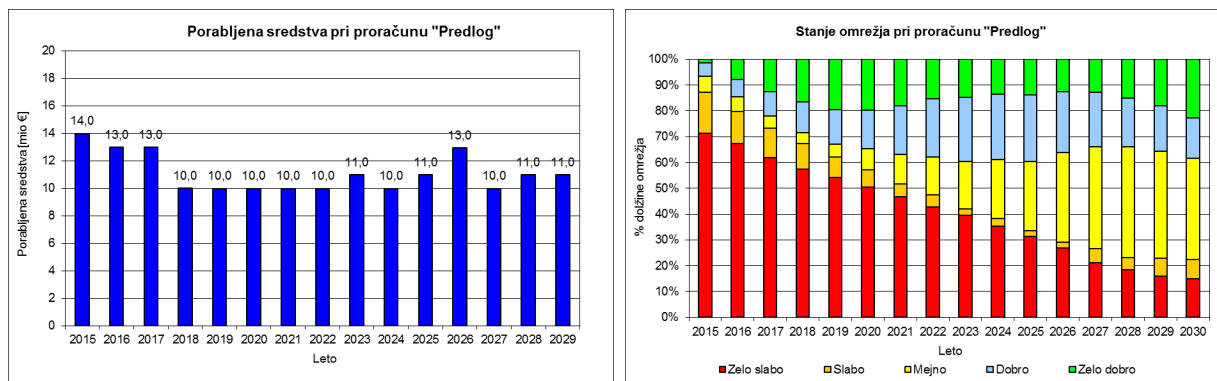
Scenarij	Leto	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	Skupaj [mio EUR]	EUR/km
"Brez vlaganja"	dolžina obnovljenih odsekov [km]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
	letni proračun [mio EUR]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
	SV letnih proračunov [mio EUR]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0
	povprečno stanje po <i>I_Total</i>	4,061	4,138	4,213	4,284	4,351	4,414	4,473	4,529	4,584	4,63	4,673	4,709	4,742	4,772	4,799	Povpr. 4,49	
"5 mio EUR"	dolžina obnovljenih odsekov [km]	30,287	26,830	24,880	28,678	25,290	26,267	22,738	25,145	20,791	23,138	25,731	22,570	25,720	25,704	31,387	385,156	
	letni proračun [mio EUR]	4,996	5,000	4,999	5,000	4,975	4,994	4,998	4,970	4,980	4,992	4,969	4,984	4,997	4,998	4,998	74,849	194.335
	SV letnih proračunov [mio EUR]	4,669	4,367	4,081	3,814	3,547	3,328	3,113	2,893	2,709	2,538	2,361	2,213	2,073	1,938	1,811	45,455	118.016
	povprečno stanje po <i>I_Total</i>	3,935	3,899	3,875	3,835	3,807	3,772	3,757	3,732	3,727	3,716	3,694	3,683	3,675	3,667	3,643	Povpr. 3,76	
"10 mio EUR"	dolžina obnovljenih odsekov [km]	55,727	51,722	53,913	47,315	47,838	49,957	44,440	46,104	51,020	44,749	46,708	45,346	55,779	54,872	62,095	757,585	
	letni proračun [mio EUR]	9,998	9,999	9,988	9,993	9,988	9,992	9,994	9,999	9,989	9,984	9,998	9,997	9,999	9,994	9,943	149,853	197.804
	SV letnih proračunov [mio EUR]	9,343	8,734	8,153	7,623	7,121	6,658	6,224	5,819	5,433	5,075	4,750	4,439	4,149	3,876	3,604	91,002	120.121
	povprečno stanje po <i>I_Total</i>	3,830	3,699	3,561	3,448	3,335	3,224	3,140	3,060	2,974	2,907	2,837	2,781	2,712	2,651	2,578	Povpr. 3,12	
"11 mio EUR"	dolžina obnovljenih odsekov [km]	60,877	58,016	55,460	54,520	54,794	53,050	48,898	54,941	48,283	53,576	51,739	51,471	57,900	62,771	65,295	831,591	
	letni proračun [mio EUR]	10,998	10,993	10,992	10,990	10,986	11,000	10,999	10,973	10,993	10,964	10,997	10,980	10,992	10,993	10,944	164,793	198.166
	SV letnih proračunov [mio EUR]	10,279	9,601	8,973	8,384	7,833	7,330	6,850	6,386	5,980	5,574	5,225	4,875	4,561	4,263	3,967	100,079	120.347
	povprečno stanje po <i>I_Total</i>	3,810	3,653	3,508	3,369	3,233	3,117	3,019	2,909	2,826	2,734	2,658	2,597	2,530	2,459	2,379	Povpr. 2,99	
"12 mio EUR"	dolžina obnovljenih odsekov [km]	65,427	64,393	58,587	59,688	58,154	59,453	55,299	58,626	58,491	58,168	56,129	54,498	60,209	67,204	74,413	908,739	
	letni proračun [mio EUR]	11,991	11,991	11,991	11,991	11,991	11,991	11,991	11,991	11,991	11,991	11,991	11,991	11,991	11,991	11,991	179,870	197.933
	SV letnih proračunov [mio EUR]	11,207	10,474	9,788	9,148	8,550	7,990	7,468	6,979	6,522	6,096	5,697	5,324	4,976	4,650	4,346	109,216	120.184
	povprečno stanje po <i>I_Total</i>	3,792	3,611	3,455	3,297	3,146	3,011	2,889	2,763	2,651	2,545	2,457	2,391	2,323	2,253	2,152	Povpr. 2,85	
"13 mio EUR"	dolžina obnovljenih odsekov [km]	71,527	68,793	62,863	66,372	64,025	59,819	64,114	63,708	63,000	64,116	58,696	54,410	68,901	73,093	69,987	973,424	
	letni proračun [mio EUR]	12,992	12,992	12,992	12,992	12,992	12,992	12,992	12,992	12,992	12,992	12,992	12,992	12,992	12,992	12,992	194,877	200.198
	SV letnih proračunov [mio EUR]	12,142	11,348	10,605	9,911	9,263	8,657	8,091	7,561	7,067	6,604	6,172	5,769	5,391	5,038	4,709	118,328	121.559
	povprečno stanje po <i>I_Total</i>	3,766	3,570	3,397	3,209	3,043	2,903	2,759	2,615	2,487	2,363	2,281	2,218	2,115	2,035	1,966	Povpr. 2,72	
"14 mio EUR"	dolžina obnovljenih odsekov [km]	76,627	73,099	68,626	69,445	72,569	65,091	66,310	66,514	68,445	64,099	58,249	65,087	61,630	47,062	62,003	984,856	
	letni proračun [mio EUR]	13,999	13,999	13,999	13,999	13,999	13,999	13,999	13,999	13,999	13,999	13,999	13,999	13,999	13,999	13,999	209,992	213.221
	SV letnih proračunov [mio EUR]	13,084	12,228	11,428	10,680	9,981	9,328	8,718	8,148	7,615	7,117	6,651	6,216	5,809	5,429	5,074	127,506	129.467
	povprečno stanje po <i>I_Total</i>	3,746	3,532	3,339	3,141	2,947	2,788	2,626	2,469	2,325	2,209	2,122	2,036	1,964	1,974	1,939	Povpr. 2,61	
"Neomejen"	dolžina obnovljenih odsekov [km]	684,220	31,012	19,685	10,846	11,926	13,960	7,060	11,893	26,350	10,727	18,133	15,177	70,213	82,688	226,426	1240,316	
	letni proračun [mio EUR]	154,668	5,974	3,383	1,658	1,921	2,504	1,033	2,215	3,773	1,534	3,445	2,696	9,143	11,471	30,480	235,900	190.193
	SV letnih proračunov [mio EUR]	144,549	5,218	2,762	1,265	1,369	1,669	0,643	1,289	2,052	0,780	1,637	1,197	3,794	4,449	11,048	183,721	148.125
	povprečno stanje po <i>I_Total</i>	1,240	1,188	1,215	1,271	1,339	1,421	1,540	1,657	1,731	1,870	1,990	2,127	2,131	2,103	1,656	Povpr. 1,63	
"Predlog"	dolžina obnovljenih odsekov [km]	76,627	68,463	63,254	51,441	48,564	50,164	45,508	52,170	48,578	49,576	50,861	59,692	56,514	65,801	67,279	854,492	
	letni proračun [mio EUR]	13,999	12,999	12,999	9,997	9,991	9,988	9,992	9,996	10,995	9,980	10,978	12,960	9,987	10,980	10,997	166,840	195.251
	SV letnih proračunov [mio EUR]	13,084	11,354	10,611	7,627	7,123	6,656	6,222	5,818	5,981	5,073	5,216	5,754	4,144	4,258	3,986	102,907	120.431
	povprečno stanje po <i>I_Total</i>	3,746	3,551	3,378	3,249	3,137	3,033	2,951	2,857	2,777	2,700	2,630	2,553	2,493	2,424	2,341	Povpr. 2,92	

dobro stanje mejno stanje slabo stanje zelo slabo stanje

Ta stran je namenoma prazna.

7.2 Rezultati na projektnem nivoju

Razpoložljiva sredstva in rezultirajoče stanje vozišč cest G1 in G2 za scenarij »Predlog« so prikazani na sliki 92.



Slika 92: Razpoložljivi proračun in rezultirajoče stanje vozišč za scenarij »Predlog«

Figure 92: Available budget and resulting pavement condition for "Predlog" scenario

V preglednici 26 sta prikazani prvi dve strani plana obnov na projektnem nivoju pri proračunskem scenariju »Predlog«. V razpredelnični obliki so prikazani:

- vrsta ukrepa,
- leto ukrepa in
- strošek ukrepa.

Ta stran je namenoma prazna.

Preglednica 26: Plan obnov pri proračunskem scenariju »Predlog«

Table 26: Construction program for budget scenario "Predlog"

Cesta	Odsek	Ime odseka	Od [km]	Do [km]	Dolžina [km]	Leto ukrepa	Vrsta ukrepa	Strošek ukrepa (EUR)
G1-1	0240	VIČ-DRAVOGRAD	0,000	0,450	0,450	2020	Prep4	54.113
G1-1	0240	VIČ-DRAVOGRAD	2,750	3,590	0,840	2026	Ojac10	176.400
G1-1	0241	DRAVOGRAD-RADLJE	0,000	0,550	0,550	2018	Ojac10	125.125
G1-1	0241	DRAVOGRAD-RADLJE	0,550	1,000	0,450	2017	Ojac10	102.375
G1-1	0241	DRAVOGRAD-RADLJE	1,000	2,050	1,050	2025	Ojac10	238.875
G1-1	0241	DRAVOGRAD-RADLJE	2,050	2,550	0,500	2019	Ojac10	113.750
G1-1	0241	DRAVOGRAD-RADLJE	2,550	3,800	1,250	2025	Ojac10	284.375
G1-1	0241	DRAVOGRAD-RADLJE	7,850	9,800	1,950	2027	Ojac10	443.625
G1-1	0241	DRAVOGRAD-RADLJE	9,800	10,550	0,750	2021	Ojac10	170.625
G1-1	0241	DRAVOGRAD-RADLJE	10,550	10,900	0,350	2016	Ojac10	79.625
G1-1	0241	DRAVOGRAD-RADLJE	10,900	11,400	0,500	2016	Prep4	60.125
G1-1	0241	DRAVOGRAD-RADLJE	10,900	11,400	0,500	2028	Prep4	60.125
G1-1	0241	DRAVOGRAD-RADLJE	11,400	11,850	0,450	2019	Ojac10	126.079
G1-1	0241	DRAVOGRAD-RADLJE	11,850	12,350	0,500	2017	Ojac10	120.855
G1-1	0241	DRAVOGRAD-RADLJE	12,350	12,950	0,600	2019	Ojac10	136.500
G1-1	0241	DRAVOGRAD-RADLJE	12,950	13,350	0,400	2015	Prep4	48.100
G1-1	0241	DRAVOGRAD-RADLJE	12,950	13,350	0,400	2027	Prep4	48.100
G1-1	0241	DRAVOGRAD-RADLJE	14,850	15,450	0,600	2018	Ojac10	136.500
G1-1	0241	DRAVOGRAD-RADLJE	15,450	16,005	0,555	2019	Ojac10	126.263
G1-1	0242	RADLJE	0,000	2,686	2,686	2026	Ojac10	598.693
G1-1	0243	RADLJE-BREZNO	0,000	0,100	0,100	2026	Ojac10	22.750
G1-1	0243	RADLJE-BREZNO	0,100	1,750	1,650	2024	Prep4	198.413
G1-1	0243	RADLJE-BREZNO	1,750	2,150	0,400	2020	Ojac10	91.000
G1-1	0243	RADLJE-BREZNO	2,150	3,150	1,000	2025	Ojac10	224.788
G1-1	0243	RADLJE-BREZNO	3,150	5,300	2,150	2027	Ojac10	451.500
G1-1	0243	RADLJE-BREZNO	5,300	7,050	1,750	2027	Ojac10	380.037
G1-1	0243	RADLJE-BREZNO	7,050	7,350	0,300	2016	R3Prep	45.360
G1-1	0243	RADLJE-BREZNO	7,350	7,800	0,450	2017	Prep4	52.448

Se nadaljuje ...

Ta stran je namenoma prazna.

... Nadaljevanje preglednice 26

Cesta	Odsek	Ime odseka	Od [km]	Do [km]	Dolžina [km]	Leto ukrepa	Vrsta ukrepa	Strošek ukrepa (EUR)
G1-1	0243	RADLJE-BREZNO	7,800	8,800	1,000	2025	Ojac10	220.500
G1-1	0243	RADLJE-BREZNO	8,800	9,127	0,327	2020	Prep4	38.112
G1-1	0244	BREZNO-RUTA	0,000	0,300	0,300	2018	Prep4	36.075
G1-1	0244	BREZNO-RUTA	0,300	0,650	0,350	2019	Ojac10	79.625
G1-1	0244	BREZNO-RUTA	0,650	1,550	0,900	2024	Ojac10	204.750
G1-1	0244	BREZNO-RUTA	1,550	1,850	0,300	2018	Ojac10	68.250
G1-1	0244	BREZNO-RUTA	3,600	5,100	1,500	2027	Ojac10	367.500
G1-1	0244	BREZNO-RUTA	5,100	6,300	1,200	2028	Ojac10	294.000
G1-1	0245	RUTA-MB(KOR. MOST)	0,000	0,450	0,450	2019	Ojac10	97.650
G1-1	0245	RUTA-MB(KOR. MOST)	0,450	1,450	1,000	2024	Ojac10	217.000
G1-1	0245	RUTA-MB(KOR. MOST)	1,450	2,000	0,550	2022	Ojac10	131.950
G1-1	0245	RUTA-MB(KOR. MOST)	2,000	2,900	0,900	2025	Ojac10	220.500
G1-1	0245	RUTA-MB(KOR. MOST)	2,900	3,850	0,950	2023	Ojac10	206.101
G1-1	0245	RUTA-MB(KOR. MOST)	3,850	4,950	1,100	2026	Ojac10	242.550
G1-1	0245	RUTA-MB(KOR. MOST)	4,950	5,250	0,300	2017	Prep4	34.965
G1-1	0245	RUTA-MB(KOR. MOST)	4,950	5,250	0,300	2029	Prep4	34.965
G1-1	0245	RUTA-MB(KOR. MOST)	5,250	6,600	1,350	2026	Ojac10	323.008
G1-1	0245	RUTA-MB(KOR. MOST)	6,600	7,650	1,050	2026	Ojac10	257.250
G1-1	0245	RUTA-MB(KOR. MOST)	7,650	9,200	1,550	2026	Ojac10	330.400
G1-1	0245	RUTA-MB(KOR. MOST)	9,200	9,750	0,550	2021	Ojac10	115.983
G1-1	0245	RUTA-MB(KOR. MOST)	9,750	10,100	0,350	2023	Prep4	40.793
G1-1	0245	RUTA-MB(KOR. MOST)	10,100	10,600	0,500	2017	Ojac10	116.914
G1-1	0245	RUTA-MB(KOR. MOST)	10,600	10,950	0,350	2016	Ojac10	85.750
G1-1	0245	RUTA-MB(KOR. MOST)	10,950	12,150	1,200	2023	Ojac10	294.000
G1-1	0245	RUTA-MB(KOR. MOST)	12,150	12,550	0,400	2016	Ojac10	98.000
G1-1	0245	RUTA-MB(KOR. MOST)	12,550	14,300	1,750	2023	Ojac10	402.598
G1-1	0245	RUTA-MB(KOR. MOST)	14,300	14,750	0,450	2017	Ojac10	110.250
G1-1	0245	RUTA-MB(KOR. MOST)	14,750	15,550	0,800	2019	Ojac10	205.450
G1-1	0245	RUTA-MB(KOR. MOST)	15,550	15,850	0,300	2016	Ojac10	84.000
G1-1	0245	RUTA-MB(KOR. MOST)	15,850	16,150	0,300	2016	Ojac10	84.000
G1-1	0245	RUTA-MB(KOR. MOST)	16,150	16,450	0,300	2016	Ojac10	76.787

Ta stran je namenoma prazna.

8 ZAKLJUČEK

Upravljalavec cest mora zagotavljati uporabnikom cest varno in udobno vožnjo, kot porabnik namenskih sredstev iz proračuna pa tudi optimalno porabo sredstev za njeno zagotavljanje. Pri manjšem vlaganju finančnih sredstev v obnavljanje cestnega omrežja namreč pada raven storitev za uporabnike, zmanjšuje se njihova varnost in udobnost vožnje, naraščajo pa njihovi stroški, saj se zmanjšujejo vozne hitrosti, s čimer pa se povečuje poraba potovalnega časa in goriva, pa tudi stroški transporta dobrin.

Z nižanjem sredstev za obnove vozišč postaja vedno bolj pomembno sistematično gospodarjenje z vozišči (PMS – Pavement Management System), ki je vodenje dejavnosti za ohranjanje vozišč v stanju, sprejemljivem za udeležence v prometu (uprabnike) ob optimalnih stroških upravljavca za vzdrževanje tega stanja.

Za izdelavo magistrske naloge sem izbrala programsko opremo dTIMS (deighton's Total Infrastructure Management System), ki jo pri svojem delu uporabljam že preko deset let. Značilnost te programske opreme je, da je ob nakupu prazna, podobno kot MS Access ali MS Excel, omogoča pa oblikovanje poljubnih baz podatkov (kakršni so na voljo), modelov propadanja in ostalih spremenljivk, definicije koristi, kataloga ukrepov in proračunov za obnove. Aplikacijo je mogoče tudi ves čas nadgrajevati z novimi spoznanji s področja gospodarjenja z vozišči.

Tako sem za testni del omrežja glavnih cest G1 in G2 oblikovala bazo podatkov, razvila model napredovanja MSI (modificiranega švicarskega indeksa), iz literature povzela modela za napredovanje vzdolžne neravnosti in upadanje tornih karakteristik, vpeljala debelinski indeks namesto nosilnosti voziščnih konstrukcij, vpeljala sistem dimenzioniranja voziščnih konstrukcij, izdelala normalizacijo posameznih lastnosti vozni površin v skladu s slovensko tehnično regulativo ter modelirala vse to v aplikacijo.

Rezultati so prikazani za posamezne izbrane proračunske scenarije in primerjalno med njimi.

Primerjalni rezultati na mrežnem nivoju omogočajo upravljavcu vpogled v posledice različnih proračunov za obnove, ki se odražajo v stanju cestnega omrežja. Z višanjem proračunov za obnove se namreč izboljšuje stanje vozišč in upravljalavec z diagrami zelo nazorno prikaže, kako prenizek proračun za obnove slabša stanje vozišč. Hkrati lahko tudi izračuna, kolikšni letni proračuni v dolgoročnem obdobju bi bili potrebni za doseg zelenega stanja vozišč. Rezultate lahko uporabi tudi pri dokazovanju višine potrebnih sredstev za obnove, saj lahko z grafi ali prikazi na kartah omrežja zelo plastično prikaže trend spreminjanja stanja vozišč ob posameznih proračunskih scenarijih.

Plan obnov na projektnem nivoju za petnajstletno obdobje 2015–2029 vsebuje vrsto ukrepa, čas izvedbe obnove in strošek za obnovo voziščne konstrukcije ob predvidenem potrebnem proračunu za obnove, ki zagotavlja postopno izboljšanje stanja vozišč glavnih cest v upravljanju Direkcije Republike Slovenije za infrastrukturo.

Tako ima moje magistrsko delo tudi uporabno vrednost, saj je izdelana aplikacija uporabna za optimiranje obnov na državnem cestnem omrežju v upravljanju Direkcije RS za infrastrukturo.

Izdelano aplikacijo za gospodarjenje z vozišči bi bilo mogoče v bodoče dopolniti še s podatki o regionalnih cestah, s čimer bi dobili oceno potrebnih sredstev za obnovo vozišč celotnega državnega cestnega omrežja.

Aplikacijo bi bilo mogoče nadgraditi tudi še s sistemom za gospodarjenje s premostitvenimi objekti, s podpornimi in opornimi konstrukcijami, varnostnimi in varovalnimi ograjami, prometno opremo itd. Seveda bi bilo potrebno podobno kot za gospodarjenje z vozišči za te primere definirati potrebne podatke, oblikovati modele propadanja, kataloge ukrepov in način določanja koristi.

9 SUMMARY

A road manager must ensure safety and comfort for road users, while also having to guarantee optimal use of funds for accomplishing that as a user of earmarked budget funds. Less financial investment in rehabilitation of road network leads to a lower level of service provided to the users, evident in diminished drive safety and comfort and on the other hand in higher costs brought about by lower drive speeds resulting in longer travel times and higher fuel consumption, as well as higher costs of transport of goods.

With diminished investment in pavement rehabilitation, systematic pavement management systems (PMS) are becoming increasingly important. These help manage tasks for maintaining pavements in a condition acceptable to road users, while ensuring optimal costs for the manager to maintain such a condition.

For the purpose of my master's thesis I chose to use dTIMS (deighton's Total Infrastructure Management System), a software which I have been using in my work for over ten years. Its characteristic is that it is empty at the time of purchase, similar to MS Access or MS Excel, but enables creation of customized databases (using available data), deterioration models and other variables, definitions of benefits, catalogues of treatments and rehabilitation budgets. The application also allows constant upgrading with new findings in the field of pavement management.

For a test part of state roads, namely for main roads G1 and G2 I created a database which I supplied with required data and developed a deterioration model according to MSI; furthermore, I derived deterioration models for longitudinal unevenness and skid resistance from technical literature, introduced thickness index instead of load-bearing capacity of pavement structures and a system of pavement design, performed normalization of individual pavement characteristics in accordance with the Slovenian technical regulations and modelled all of that into the application.

The results are shown for individual selected budget scenarios and comparatively between them.

Comparative results at the network level offer the manager an insight into the results of different rehabilitation budgets, reflected in the condition of road network. Higher rehabilitation budgets result in a better pavement condition; using diagrams, the manager is able to explicitly show how inadequate rehabilitation budgets worsen pavement condition. At the same time, the manager is able to calculate long-term yearly budgets needed to achieve the desired pavement condition. The results can then be used in justification of amounts of required rehabilitation funds; graphs and road network maps are excellent tools for showing changing trends in pavement condition at individual budget scenarios.

The project rehabilitation plan for a 15-year term (2015 - 2029) includes types of measures, time of execution of rehabilitation, and costs of rehabilitation of pavement structure for each presumed necessary rehabilitation budget, which ensures a gradual improvement of pavements in main roads managed by the Slovenian Roads Agency.

My master's thesis has thus also a practical value, namely the application I have created can be used in optimizing rehabilitation projects in the state road network managed by the Slovenian Roads Agency.

The pavement management application could be in the future complemented with the data on regional roads in order to get an assessment of the necessary funds for the pavement rehabilitation of entire national road network.

The application could be upgraded even with the bridge management system, with a management system for supporting and retaining structures, safety and guardrails, traffic furniture, etc. Of course, similarly as for the pavement management system, the necessary data, deterioration models, treatment catalogue and the benefits would have to be defined.

VIRI

UPORABLJENI VIRI

- [1] Deighton, R. in DEIGHTON ASSOCIATES LTD. 1998. *dTIMS® - Reference manual*. Bowmanville, Ontario, Canada.
- [2] Jamnik, J. 2010. *Vrednotenje stanja vozišč in predlog dolgoročnih ukrepov za izboljšanje stanja vozišč na območju Prekmurja. Končno poročilo*. Razvojno-raziskovalni projekt Direkcije RS za ceste, oktober 2010, 137 f.
- [3] Jamnik, J. 2011. Načrtovanje in optimizacija vzdrževanja cest. V: *Dnevi občinskih cest. Zbornik referatov: 1-11. Portorož, 19.-20. maj 2011*. Ljubljana: Slovenska cestna podjetja.
- [4] TSC 06.511: 2009 Prometne obremenitve, Določitev in razvrstitev.
- [5] TSC 06.520: 2009 Projektiranje, Dimenzioniranje novih asfaltnih voziščnih konstrukcij.
- [6] TSC 06.541: 2009 Projektiranje, Dimenzioniranje ojačitev obstoječih asfaltnih voziščnih konstrukcij.
- [7] TSC 06.620: 2003 Lastnosti vozniških površin, Torna sposobnost.
- [8] TSC 06.512: 2003 Projektiranje, Klimatski in hidrološki pogoji.
- [9] TSC 06.610: 2003 Lastnosti vozniških površin, Ravnost.
- [10] FHWA. 2006. Long-Term Pavement Performance (LTPP) Data Analysis Support, National Pooled Fund Study Tpf-5(013), Appendix B, Performance Prediction Models, FHWA-HRT-06-121, November 2006. Dostopno prek: <http://www.fhwa.dot.gov/publications/research/infrastructure/pavements/ltp/06121/appendb.cfm> (pridobljeno 15. 8. 2014.)
- [11] Jackson, N. in Puccinelli, J. 2006. Long-Term Pavement Performance (LTPP) Data Analysis Support: National Pooled Fund Study Tpf-5(013), Effects of Multiple Freeze Cycles and Deep Frost Penetration on Pavement Performance and Cost, FHWA-HRT-06-121, November 2006. Dostopno prek: <http://www.fhwa.dot.gov/publications/research/infrastructure/pavements/ltp/06121/06121.pdf> (pridobljeno 15. 8. 2014.)
- [12] *Generalised logistic function*. Dostopno prek: http://en.wikipedia.org/wiki/Generalised_logistic_function (pridobljeno 20. 11. 2014.)
- [13] Morosiuk, G., Riley, M. J. in Odoki, J. B. 2004. HDM-4. *Volume SIX. Modelling Road Deterioration and Works Effects. Version 2. May 2004*.
- [14] Direkcija RS za ceste. 2002. *Navodila za izvajanje zaščite podatkov*. Oznaka dokumenta ME 0007, izdaja dokumenta 1.0, Direkcija RS za ceste, interno gradivo. Izdelal Vinko Vodopivec. Velja od 23. 9. 2002.
- [15] Agencija RS za okolje: *Meteo.si*, Arhiv meritev. Dostopno prek: <http://meteo.arso.gov.si/> (pridobljeno 15. 7. 2014.)
- [16] *Inženirsko-geološka karta Slovenije*. Dostopno prek: <http://kalcedon.geo-zs.si/website/PTGK/viewer.htm> (pridobljeno 22. 6. 2014.)
- [17] *Osnove znanstveno raziskovalnega dela*. Dostopno prek: <http://mladiraziskovalci.scv.si/admin/file/skripta-osnove-znanstveno.pdf> (pridobljeno 28. 11. 2014.)

OSTALI VIRI

- [18] Žura, M. in Srdič, A. 2002. Multikriterialno določanje prioritetnega vrstnega reda gradnje cestnih odsekov. V: 6. *Slovenski kongres o cestah in prometu. Portorož 2002. Zbornik referatov*: 133–140. Ljubljana, Družba za raziskave v cestni in prometni stroki Slovenije.

- [19] Litzka, J., Leben, B., La Torre, F., Weninger-Vycudil, A., Antunes, M. L., Kokot, D., Mladenović, G., Brittain, S. in Viner, H. 2008. COST 354: *Performance indicators for Road Pavements*, July 2008.
- [20] Žmavc, J. 2007. *Gradnja cest. Voziščne konstrukcije*. 2. izdaja. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo in DRC, Družba za raziskave v cestni in prometni stroki Slovenije.
- [21] Žmavc, J. 2010. *Vzdrževanje cest*, Ljubljana: FGG in DRC.
- [22] Žura, M. 1994. *Integralni informacijski sistem cestnega gospodarstva*. *Gradbeni vestnik* 43, (9/10): 236–241.
- [23] Jamnik, J. 2009. *Nadgradnja ekspertnega sistema dTIMS za gospodarjenje z vozišči na cestah v upravljanju DARS d.d.* Ljubljana: DDC svetovanje inženiring d.o.o.
- [24] Jamnik, J. 2004. Pilotni projekt vpeljave gospodarjenja z vozišči na avtocestno omrežje. V: 7. *Slovenski kongres o cestah in prometu. Zbornik referatov: Vol. 1*: 228–236. Ljubljana. Ljubljana, Družba za raziskave v cestni in prometni stroki Slovenije.
- [25] Jamnik, J. 2006. Gospodarjenje z vozišči na slovenskem avtocestnem omrežju. V: 8. *Slovenski kongres o cestah in prometu. Ljubljana – Portorož*. Oktober 2006. *Zbornik referatov*: 630–640. Ljubljana, Družba za raziskave v cestni in prometni stroki Slovenije.
- [26] Jamnik, J. 2008. Stanje vozišč državnih cest in gospodarjenje z vozišči. V: 9. *Slovenski kongres o cestah in prometu. Ljubljana – Portorož*. Oktober 2008. *Zbornik referatov*: 354–365. Ljubljana, Družba za raziskave v cestni in prometni stroki Slovenije.
- [27] Jamnik, J. 2008. Gospodarjenje z vozišči. *Gradbenik – Priloga Ceste 2008*. Oktober 2008: 6–8.

PRILOGA A1: Vzorec podatkov v tabeli »Odseki« (Sample data in perspective "Odseki")

Road	From	To	ElementID	Length	ZapSt	Cesta	Odsek	ImeOdseka	DolzOdseka
G1-1	0,000	3,590	0240	3,590	386	1	0240	VIČ-DRAVOGRAD	3,590
G1-1	3,590	19,595	0241	16,005	387	1	0241	DRAVOGRAD-RADLJE	16,005
G1-1	19,595	22,281	0242	2,686	388	1	0242	RADLJE	2,686
G1-1	22,281	31,408	0243	9,127	389	1	0243	RADLJE-BREZNO	9,127
G1-1	31,408	40,977	0244	9,569	390	1	0244	BREZNO-RUTA	9,569
G1-1	40,977	61,665	0245	20,688	391	1	0245	RUTA-MB(KOR. MOST)	20,688
G1-1	61,665	61,760	1605	0,095	392	1	1605	RONDO MARIBOR (KOROŠKA VRATA)	0,095
G1-1	61,760	63,774	0326	2,014	393	1	0326	MB (KOR. MOST-C. PROLETARSKIH BRIGAD)	2,014
G1-1	63,774	65,787	0726	2,013	394	1	0726	MB (KOR. MOST-C. PROLETARSKIH BRIGAD)	2,013
G1-1	65,787	66,345	0475	0,558	395	1	0475	PRIKLJ. STUDENCI	0,558
G1-1	66,345	66,724	0476	0,379	396	1	0476	PRIKLJ. LIMBUŠ	0,379
G1-1	66,724	66,895	1633	0,171	397	1	1633	RONDO MB PROLETARSKE BRIGADE	0,171
G1-1	66,895	69,122	0364	2,227	398	1	0364	MB (C. PROLETARSKIH BRIGAD-TRŽAŠKA C.)	2,227
G1-1	69,122	71,346	0764	2,224	399	1	0764	MB (C. PROLETARSKIH BRIGAD-TRŽAŠKA C.)	2,224
G1-1	71,346	74,878	0246	3,532	400	1	0246	MB (TRŽAŠKA C.)-MIKLAVŽ	3,532
G1-1	74,878	78,418	0746	3,540	401	1	0746	MB (TRŽAŠKA C.)-MIKLAVŽ	3,540
G1-2	0,000	3,595	1290	3,595	403	2	1290	SL.BISTRICA-PRAGERSKO	3,595
G1-2	3,595	8,918	0392	5,323	404	2	0392	PRAGERSKO-ŠIKOLE	5,323
G1-2	8,918	16,868	0393	7,950	405	2	0393	ŠIKOLE-HAJDINA	7,950
G1-2	16,868	18,510	0395	1,642	407	2	0395	PTUJ (TURNIŠČE- BUDINA)	1,642
G1-2	18,510	20,736	0249	2,226	408	2	0249	PTUJ-SPUHLJA	2,226
G1-2	20,736	38,424	0250	17,688	409	2	0250	SPUHLJA-ORMOŽ	17,688
G1-2	38,424	41,444	0398	3,020	410	2	0398	ORMOŽ Z-ORMOŽ V	3,020
G1-2	41,444	53,309	1313	11,865	411	2	1313	ORMOŽ-SREDIŠČE OB DRAVI	11,865
G1-4	0,000	1,448	1257	1,448	412	4	1257	DRAVOGRAD-OTIŠKI VRH	1,448
G1-4	1,448	10,618	1258	9,170	413	4	1258	OTIŠKI VRH-SL.GRADEC	9,170
G1-4	10,618	12,528	1445	1,910	414	4	1445	SL.GRADEC	1,910
G1-4	12,528	25,425	1259	12,897	415	4	1259	SL.GRADEC-ZG.DOLIČ	12,897
G1-4	25,425	36,901	1260	11,476	416	4	1260	ZG.DOLIČ-VELENJE	11,476
G1-4	36,901	44,328	1261	7,427	417	4	1261	VELENJE-ČRNOVA	7,427
G1-4	44,328	51,342	1262	7,014	418	4	1262	ČRNOVA-ARJA VAS	7,014
G1-5	0,000	3,613	1401	3,613	419	5	1401	PRIKLJ. CELJE Z-MEDLOG	3,613
G1-5	3,613	6,855	0370	3,242	420	5	0370	MEDLOG-CELJE	3,242
G1-5	6,855	24,180	0328	17,325	421	5	0328	CELJE-ŠMARJETA	17,325
G1-5	24,180	25,230	0329	1,050	422	5	0329	ŠMARJETA-RIMSKE TOPLICE	1,050
G1-5	25,230	31,980	0330	6,750	423	5	0330	RIM.TOPLICE-ZIDANI MOST	6,750
G1-5	31,980	34,977	0331	2,997	424	5	0331	ZIDANI MOST-RADEČE	2,997
G1-5	34,977	35,497	0360	0,520	425	5	0360	RADEČE	0,520
G1-5	35,497	46,746	0332	11,249	426	5	0332	RADEČE-BOŠTANJ	11,249
G1-5	46,746	47,536	0333	0,790	427	5	0333	BOŠTANJ	0,790
G1-5	47,536	52,026	0334	4,490	428	5	0334	BOŠTANJ-IMPOLJCA	4,490
G1-5	52,026	61,816	0335	9,790	429	5	0335	IMPOLJCA-BRESTANICA	9,790
G1-5	61,816	65,716	0361	3,900	430	5	0361	BRESTANICA-KRŠKO	3,900
G1-5	65,716	70,641	0336	4,925	431	5	0336	KRŠKO-DRNOVO	4,925
G1-5	70,641	70,744	1619	0,103	432	5	1619	RONDO DRNOVO	0,103

PRILOGA A2: Vzorec podatkov v tabeli »Sirine« (Sample data in Perspective "Sirine")

Road	From	To	ElementID	Length	Sirina	VP_St
G1-1	0,000	0,285	0240_0	0,285	6,50	2
G1-1	0,285	1,600	0240_0,285	1,315	6,50	2
G1-1	1,600	3,590	0240_1,6	1,990	6,00	2
G1-1	3,590	15,140	0241_0	11,550	6,50	2
G1-1	15,140	15,215	0241_11,55	0,075	7,08	2
G1-1	15,215	15,290	0241_11,625	0,075	9,15	3
G1-1	15,290	15,315	0241_11,7	0,025	9,40	3
G1-1	15,315	15,381	0241_11,725	0,066	9,40	3
G1-1	15,381	15,450	0241_11,791	0,069	9,40	3
G1-1	15,450	15,510	0241_11,86	0,060	9,40	3
G1-1	15,510	16,455	0241_11,92	0,945	6,50	2
G1-1	16,455	19,540	0241_12,865	3,085	6,50	2
G1-1	19,540	19,595	0241_15,95	0,055	6,50	2
G1-1	19,595	20,981	0242_0	1,386	6,50	2
G1-1	20,981	21,131	0242_1,386	0,150	7,00	2
G1-1	21,131	21,424	0242_1,536	0,293	6,50	2
G1-1	21,424	22,281	0242_1,829	0,857	6,00	2
G1-1	22,281	25,276	0243_0	2,995	6,50	2
G1-1	25,276	28,137	0243_2,995	2,861	6,00	2
G1-1	28,137	31,408	0243_5,856	3,271	6,30	2
G1-1	31,408	33,296	0244_0	1,888	6,50	2
G1-1	33,296	39,952	0244_1,888	6,656	7,00	2
G1-1	39,952	40,155	0244_8,544	0,203	6,60	2
G1-1	40,155	40,977	0244_8,747	0,822	6,00	2
G1-1	40,977	42,527	0245_0	1,550	6,20	2
G1-1	42,527	44,047	0245_1,55	1,520	7,00	2
G1-1	44,047	44,765	0245_3,07	0,718	6,00	2
G1-1	44,765	46,287	0245_3,788	1,522	6,30	2
G1-1	46,287	47,017	0245_5,31	0,730	6,50	2
G1-1	47,017	47,197	0245_6,04	0,180	6,20	2
G1-1	47,197	47,247	0245_6,22	0,050	7,60	2
G1-1	47,247	47,327	0245_6,27	0,080	10,10	3
G1-1	47,327	47,397	0245_6,35	0,070	7,74	2
G1-1	47,397	48,767	0245_6,42	1,370	7,00	2
G1-1	48,767	50,681	0245_7,79	1,914	6,00	2
G1-1	50,681	51,305	0245_9,704	0,624	6,30	2
G1-1	51,305	53,787	0245_10,328	2,482	7,00	2
G1-1	53,787	54,721	0245_12,81	0,934	6,20	2
G1-1	54,721	56,257	0245_13,744	1,536	7,00	2
G1-1	56,257	57,217	0245_15,28	0,960	8,00	2
G1-1	57,217	57,236	0245_16,24	0,019	6,20	2
G1-1	57,236	57,477	0245_16,259	0,241	7,10	2
G1-1	57,477	57,827	0245_16,5	0,350	7,00	2
G1-1	57,827	58,877	0245_16,85	1,050	6,00	2
G1-1	58,877	59,237	0245_17,9	0,360	7,50	2
G1-1	59,237	59,677	0245_18,26	0,440	6,20	2
G1-1	59,677	61,645	0245_18,7	1,968	7,10	2
G1-1	61,645	61,665	0245_20,668	0,020	9,00	2
G1-1	61,665	61,760	1605_0	0,095	6,00	2
G1-1	61,760	63,774	0326_0	2,014	7,00	2

PRILOGA A3: Vzorec podatkov v tabeli »Sirine_dodatni_pas« (Sample data in perspective
"Sirine_dodatni_pas")

Road	From	To	ElementID	Length	PP_LEGA	PP_SIR	PP_TIP
G1-1	4,125	4,183	0241_535	0,058	S	3,00	PZ
G1-1	5,707	5,890	0241_2117	0,183	S	3,00	PZ
G1-1	13,430	13,460	0241_9840	0,030	D	3,00	PZ
G1-1	15,283	15,493	0241_11693	0,210	S	3,00	PZ
G1-1	19,667	19,831	0241_16077	0,164	S	3,00	PZ
G1-1	62,220	62,320	0326_460	0,100	D	4,00	ZV
G1-1	62,510	62,630	0326_750	0,120	D	4,00	PS
G1-1	62,680	62,780	0326_920	0,100	D	4,00	PS
G1-1	62,810	62,920	0326_1050	0,110	D	3,60	PZ
G1-1	63,040	63,130	0326_1280	0,090	L	3,60	PZ
G1-1	63,300	63,360	0326_1540	0,060	D	3,60	PZ
G1-1	64,234	64,334	0726_460	0,100	L	4,00	PS
G1-1	64,524	64,634	0726_750	0,110	L	4,00	PS
G1-1	64,684	64,784	0726_910	0,100	L	4,00	ZV
G1-1	64,944	65,009	0726_1170_1	0,065	L	3,60	PZ
G1-1	64,944	65,039	0726_1170	0,095	D	3,60	PZ
G1-1	65,154	65,234	0726_1380	0,080	D	3,60	PZ
G1-1	67,895	67,985	0364_1000	0,090	D	3,60	PZ
G1-1	68,280	68,335	0364_1385	0,055	L	3,60	PZ
G1-1	68,465	68,555	0364_1570	0,090	L	3,60	PZ
G1-1	68,815	68,905	0364_1920	0,090	L	3,60	PZ
G1-1	68,995	69,122	0364_2100	0,127	L	3,60	PZ
G1-1	69,772	69,941	0764_650	0,169	L	2,50	PZ
G1-1	70,062	70,142	0764_940	0,080	D	3,60	PZ
G1-1	70,252	70,322	0764_1130	0,070	D	3,60	PZ
G1-1	70,492	70,562	0764_1370	0,070	L	3,00	PS
G1-1	70,562	70,622	0764_1440	0,060	L	3,00	ZV
G1-1	70,612	70,672	0764_1490	0,060	D	3,60	PZ
G1-1	70,662	70,782	0764_1540	0,120	D	3,50	PZ
G1-1	70,782	70,867	0764_1660	0,085	D	3,60	PZ
G1-1	71,137	71,247	0764_2015	0,110	D	3,60	PZ
G1-1	71,332	71,408	0764_2210	0,076	D	3,50	PZ
G1-1	71,501	71,598	0764_2379	0,097	L	3,00	PZ
G1-1	72,059	72,846	0246_713	0,787	L	1,50	LP
G1-1	72,746	72,831	0246_1400	0,085	L	2,50	PZ
G1-1	73,685	73,717	0246_2339	0,032	D	3,00	PZ
G1-11	0,000	0,084	1062_0	0,084	L	0,50	RP
G1-11	0,120	0,180	1062_120	0,060	S	3,25	PZ
G1-11	0,180	0,260	1062_180	0,080	D	3,25	PZ

L levo
S sredina
D desno
PZ dodatni pas za zavijalce
RP robni pas
PP pas za počasni promet
OD odstavni pas
LP ločilni pas
PA pas za parkiranje
PS pospeševalni pas

PRILOGA A4: Vzorec podatkov v tabeli »Voz_Kon« (Sample data in perspective "Voz_Kon")

Road	From	To	ElementID	Length	Deb1	Deb2	Deb3	Deb4	Deb5	Leto1	Leto2	Leto3	Leto4	Leto5	Mat1	Mat2	Mat3	Mat4	Mat5	Pav_Type	CI	FI	FTC	PRECIP	Tem_tla
G1-1	0,000	0,350	0240_0	0,350	4	10	2	6	40	2010	2010	1974	1974	1974	ACsurf	ACbase	ACsurf	ACbase	Nevezan	OjacRez	168	480	100	1194	GZ
G1-1	0,350	0,500	0240_0,35	0,150	4	3	6	40	0	1999	1974	1974	1974	1900	ACsurf	ACsurf	ACbase	Nevezan	-	PrepRez	170	480	100	1190	GZ
G1-1	0,500	2,800	0240_0,5	2,300	3	3	6	40	0	1979	1974	1974	1974	1900	ACsurf	ACsurf	ACbase	Nevezan	-	Prep	172	480	100	1186	GZ
G1-1	2,800	3,500	0240_2,8	0,700	4	3	6	40	0	2010	1974	1974	1974	1900	ACsurf	ACsurf	ACbase	Nevezan	-	PrepRez	174	480	100	1182	GZ
G1-1	3,500	3,590	0240_3,5	0,090	3	3	6	40	0	1991	1974	1974	1974	1900	ACsurf	ACsurf	ACbase	Nevezan	-	Prep	176	480	100	1178	GZ
G1-1	3,590	5,640	0241_0	2,050	4	3	14	50	0	1977	1974	1974	1974	1900	ACsurf	ACsurf	ACbase	Nevezan	-	Prep	178	480	100	1174	GZ
G1-1	5,640	5,930	0241_2,05	0,290	4	2	14	50	0	2007	1974	1974	1974	1900	ACsurf	ACsurf	ACbase	Nevezan	-	PrepRez	180	480	100	1170	GZ
G1-1	5,930	7,430	0241_2,34	1,500	4	3	14	50	0	1977	1974	1974	1974	1900	ACsurf	ACsurf	ACbase	Nevezan	-	Prep	182	480	100	1166	GZ
G1-1	7,430	11,440	0241_3,84	4,010	3	8	9	50	0	1999	1999	1974	1974	1900	ACsurf	ACbase	ACbase	Nevezan	-	OjacRez	184	480	100	1162	GZ
G1-1	11,440	14,140	0241_7,85	2,70	4	3	14	50	0	1986	1974	1974	1974	1900	ACsurf	ACsurf	ACbase	Nevezan	-	Prep	186	480	100	1158	GZ
G1-1	14,140	15,493	0241_10,55	1,353	3	8	9	50	0	1999	1999	1974	1974	1900	ACsurf	ACbase	ACbase	Nevezan	-	OjacRez	188	480	100	1154	GZ
G1-1	15,493	16,540	0241_11,903	1,047	4	3	14	50	0	1977	1974	1974	1974	1900	ACsurf	ACsurf	ACbase	Nevezan	-	Prep	190	480	100	1150	GZ
G1-1	16,540	16,940	0241_12,95	0,400	3	8	9	50	0	1999	1999	1974	1974	1900	ACsurf	ACbase	ACbase	Nevezan	-	OjacRez	192	480	100	1146	GZ
G1-1	16,940	18,440	0241_13,35	1,500	4	3	14	50	0	1986	1974	1974	1974	1900	ACsurf	ACsurf	ACbase	Nevezan	-	Prep	194	480	100	1142	GZ
G1-1	18,440	19,595	0241_14,85	1,155	4	9	20	30	0	2003	2003	2003	2003	1900	ACsurf	ACbase	STcem	Nevezan	-	Orig	196	480	100	1138	GZ
G1-1	19,595	22,281	0242_0	2,686	4	9	20	30	0	2013	2013	2013	2013	1900	ACsurf	ACbase	STcem	Nevezan	-	Orig	198	480	100	1134	GZ
G1-1	22,281	22,381	0243_0	0,100	4	9	20	30	0	2012	2012	2012	2012	1900	ACsurf	ACbase	STcem	Nevezan	-	Orig	200	480	100	1130	GZ
G1-1	22,381	22,581	0243_0,1	0,200	4	10	3	6	40	1990	1987	1974	1974	1974	ACsurf	ACbase	ACsurf	ACbase	Nevezan	Ojac	202	480	100	1126	GZ
G1-1	22,581	24,031	0243_0,3	1,450	3	7	10	6	40	1999	1999	1987	1974	1974	ACsurf	ACbase	ACbase	ACbase	Nevezan	Ojac	204	480	100	1122	GZ
G1-1	24,031	25,431	0243_1,75	1,400	4	9	3	6	40	1987	1987	1974	1974	1974	ACsurf	ACbase	ACsurf	ACbase	Nevezan	Ojac	206	480	100	1118	GZ
G1-1	25,431	27,331	0243_3,15	1,900	4	5	3	6	40	1991	1991	1974	1974	1974	ACsurf	ACbase	ACsurf	ACbase	Nevezan	Ojac	208	480	100	1114	GZ
G1-1	27,331	31,408	0243_5,05	4,077	4	5	6	6	40	1991	1991	1987	1974	1974	ACsurf	ACbase	ACbase	ACbase	Nevezan	Ojac	210	480	100	1110	GZ
G1-1	31,408	33,928	0244_0	2,520	3	7	3	6	50	1999	1999	1974	1974	1974	ACsurf	ACbase	ACsurf	ACbase	Nevezan	Ojac	212	350	91	1106	GZ
G1-1	33,928	34,428	0244_2,52	0,500	4	6	3	6	50	1997	1997	1974	1974	1974	ACsurf	ACbase	ACsurf	ACbase	Nevezan	Ojac	214	350	91	1102	GZ
G1-1	34,428	38,268	0244_3,02	3,840	3	7	3	6	50	1999	1999	1974	1974	1974	ACsurf	ACbase	ACsurf	ACbase	Nevezan	Ojac	216	350	91	1098	GZ
G1-1	38,268	40,977	0244_6,86	2,709	4	6	3	6	50	1990	1990	1974	1974	1974	ACsurf	ACbase	ACsurf	ACbase	Nevezan	Ojac	218	350	91	1094	GZ

PRILOGA A5: Vzorec podatkov v tabeli »Promet« (Sample data in perspective "Promet")

Road	From	To	ElementID	Length	Osebna vozila	Avtobusi	Lahki tovornjaki	Srednji tovornjaki	Tezki tovornjaki	Priklopniki	PLDP	Gostota Prometa	NOO LetoStetja	Komerc vozila	StMesto	Traffic Year	TIP
G1-1	0,000	3,590	0240_0	3,590	1620	5	171	34	76	277	2257	SP	253	50	663	2013	PLDP
G1-1	3,590	19,595	0241_0	16,005	5986	50	578	118	148	236	7206	ZVP	264	265.5	60	2013	WIM
G1-1	19,595	22,281	0242_0	2,686	8555	80	410	85	150	150	9500	ZVP	255	245	-1	2013	DIST
G1-1	22,281	31,408	0243_0	9,127	3556	36	380	80	89	151	4350	VP	232	201.5	605	2013	WIM
G1-1	31,408	40,977	0244_0	9,569	2945	32	280	130	233	35	3700	VP	198	223.5	573	2013	DIST
G1-1	40,977	51,477	0245_0	10,500	3886	33	403	64	125	165	4735	VP	217	201	600	2013	DIST
G1-1	51,477	60,197	0245_10,5	8,720	7314	85	535	99	111	147	8369	ZVP	237	244.5	61	2013	DIST
G1-1	60,197	61,665	0245_19,22	1,468	12370	89	794	101	134	147	13734	IVP	207	266.5	900	2013	WIM
G1-1	61,665	61,760	1605_0	0,095	13399	88	792	127	99	219	14889	IVP	280	266.5	-1	2013	PLDP
G1-1	61,760	63,774	0326_0	2,014	21963	103	1052	134	149	167	23688	IVP	289	156.5	18	2013	DIST
G1-1	63,774	65,787	0726_0	2,013	12026	60	599	80	54	119	13023	IVP	162	156.5	-1	2013	PLDP
G1-1	65,787	66,345	0475_0	0,558	12026	60	599	80	54	119	13023	IVP	162	156.5	-1	2013	PLDP
G1-1	66,345	66,724	0476_0	0,379	12026	60	599	80	54	119	13023	IVP	162	156.5	-1	2013	PLDP
G1-1	66,724	66,895	1633_0	0,171	12026	60	599	80	54	119	13023	IVP	162	156.5	-1	2013	PLDP
G1-1	66,895	69,122	0364_0	2,227	13178	70	600	115	132	105	14250	IVP	213	215	-1	2012	DIST
G1-1	69,122	71,346	0764_0	2,224	13178	70	600	115	132	105	14250	IVP	213	215	-1	2012	DIST
G1-1	71,346	74,878	0246_0	3,532	8992	80	632	127	109	142	10126	IVP	239	228.5	19	2013	DIST
G1-1	74,878	78,418	0746_0	3,540	8992	80	632	127	109	142	10126	IVP	239	228.5	-1	2013	DIST
G1-2	0,000	3,595	1290_0	3,595	6478	22	657	228	257	317	8013	ZVP	445	460	196	2013	WIM
G1-2	3,595	8,918	0392_0	5,323	3980	18	469	195	219	304	5229	ZVP	399	404.5	641	2013	DIST
G1-2	8,918	15,768	0393_0	6,850	4856	19	513	197	240	315	6193	ZVP	415	444	426	2013	DIST
G1-2	15,768	16,868	0393_6,85	1,100	8814	49	725	232	321	320	10524	IVP	484	503.5	792	2013	DIST
G1-2	16,868	18,510	0395_0	1,642	9812	31	922	288	338	496	11935	IVP	634	602.5	670	2013	PLDP
G1-2	18,510	20,736	0249_0	2,226	11268	84	847	203	235	413	13128	IVP	529	495	638	2013	DIST
G1-2	20,736	28,766	0250_0	8,030	6404	32	508	108	148	195	7444	ZVP	162	307.5	424	2013	WIM
G1-2	28,766	38,424	0250_8,03	9,658	4736	31	433	107	135	182	5671	ZVP	249	249	62	2013	DIST
G1-2	38,424	41,444	0398_0	3,020	2651	10	268	94	113	179	3341	VP	220	223.5	574	2013	DIST
G1-2	41,444	50,444	1313_0	9,000	2070	11	141	58	75	120	2501	SP	89	135.5	355	2013	DIST
G1-2	50,444	53,309	1313_9	2,865	602	5	56	41	41	109	861	ZMP	66	94.5	522	2013	DIST

PRILOGA A6: Vzorec podatkov v tabeli »MSI« (Sample data in perspective "MSI")

Road	From	To	ElementID	Length	MSI	MSI_Leto
G1-1	0,000	0,050	0240_0	0,050	1,60	2013
G1-1	0,050	0,100	0240_0,05	0,050	1,20	2013
G1-1	0,100	0,150	0240_0,1	0,050	1,20	2013
G1-1	0,150	0,200	0240_0,15	0,050	0,80	2013
G1-1	0,200	0,250	0240_0,2	0,050	0,00	2013
G1-1	0,250	0,300	0240_0,25	0,050	0,80	2013
G1-1	0,300	0,350	0240_0,3	0,050	0,80	2013
G1-1	0,350	0,400	0240_0,35	0,050	3,60	2013
G1-1	0,400	0,450	0240_0,4	0,050	2,40	2013
G1-1	0,450	0,500	0240_0,45	0,050	4,10	2013
G1-1	0,500	0,550	0240_0,5	0,050	7,50	2013
G1-1	0,550	0,600	0240_0,55	0,050	8,30	2013
G1-1	0,600	0,650	0240_0,6	0,050	7,80	2013
G1-1	0,650	0,700	0240_0,65	0,050	7,80	2013
G1-1	0,700	0,750	0240_0,7	0,050	7,70	2013
G1-1	0,750	0,800	0240_0,75	0,050	7,80	2013
G1-1	0,800	0,850	0240_0,8	0,050	7,40	2013
G1-1	0,850	0,900	0240_0,85	0,050	6,60	2013
G1-1	0,900	0,950	0240_0,9	0,050	4,00	2013
G1-1	0,950	1,000	0240_0,95	0,050	3,60	2013
G1-1	1,000	1,050	0240_1	0,050	6,20	2013
G1-1	1,150	1,200	0240_1,15	0,050	7,90	2013
G1-1	1,200	1,250	0240_1,2	0,050	7,70	2013
G1-1	1,250	1,300	0240_1,25	0,050	8,30	2013
G1-1	1,300	1,350	0240_1,3	0,050	6,30	2013
G1-1	1,350	1,400	0240_1,35	0,050	1,20	2013
G1-1	1,400	1,450	0240_1,4	0,050	6,60	2013
G1-1	1,450	1,500	0240_1,45	0,050	6,60	2013
G1-1	1,500	1,550	0240_1,5	0,050	8,10	2013
G1-1	1,550	1,600	0240_1,55	0,050	7,50	2013
G1-1	1,600	1,650	0240_1,6	0,050	1,80	2013
G1-1	1,650	1,700	0240_1,65	0,050	4,20	2013
G1-1	1,700	1,750	0240_1,7	0,050	6,80	2013
G1-1	1,750	1,800	0240_1,75	0,050	5,40	2013
G1-1	1,800	1,850	0240_1,8	0,050	5,00	2013
G1-1	1,850	1,900	0240_1,85	0,050	8,30	2013
G1-1	1,900	1,950	0240_1,9	0,050	7,50	2013
G1-1	1,950	2,000	0240_1,95	0,050	6,60	2013
G1-1	2,000	2,050	0240_2	0,050	8,30	2013
G1-1	2,050	2,100	0240_2,05	0,050	8,10	2013
G1-1	2,100	2,150	0240_2,1	0,050	7,50	2013
G1-1	2,150	2,200	0240_2,15	0,050	7,80	2013
G1-1	2,200	2,250	0240_2,2	0,050	8,30	2013
G1-1	2,250	2,300	0240_2,25	0,050	8,40	2013
G1-1	2,300	2,350	0240_2,3	0,050	7,90	2013
G1-1	2,350	2,400	0240_2,35	0,050	7,90	2013
G1-1	2,400	2,450	0240_2,4	0,050	2,40	2013

PRILOGA A7: Vzorec podatkov v tabeli »MSI_Homogeni« (Sample data in perspective
"MSI_Homogeni")

Road	From	To	ElementID	Length	MSI_Hom	MSI_Hom_StD	MSI_Leto
G1-1	0,000	0,450	0240_0	0,450	1,38	1,00	2013
G1-1	0,450	2,750	0240_0,45	2,300	6,71	1,78	2013
G1-1	2,750	3,590	0240_2,75	0,840	1,09	1,92	2013
G1-1	3,590	4,140	0241_0	0,550	4,40	0,73	2013
G1-1	4,140	4,590	0241_0,55	0,450	3,60	1,23	2013
G1-1	4,590	5,640	0241_1	1,050	5,53	0,54	2013
G1-1	5,640	6,140	0241_2,05	0,500	4,14	1,26	2013
G1-1	6,140	7,390	0241_2,55	1,250	5,72	0,69	2013
G1-1	7,390	11,440	0241_3,8	4,050	0,84	0,42	2013
G1-1	11,440	13,390	0241_7,85	1,950	3,64	1,04	2013
G1-1	13,390	14,140	0241_9,8	0,750	4,51	1,19	2013
G1-1	14,140	14,490	0241_10,55	0,350	2,74	0,41	2013
G1-1	14,490	14,990	0241_10,9	0,500	0,90	0,94	2013
G1-1	14,990	15,440	0241_11,4	0,450	2,73	0,57	2013
G1-1	15,440	15,940	0241_11,85	0,500	4,53	0,65	2013
G1-1	15,940	16,540	0241_12,35	0,600	2,68	0,88	2013
G1-1	16,540	16,940	0241_12,95	0,400	1,50	1,07	2013
G1-1	16,940	18,440	0241_13,35	1,500	3,76	1,07	2013
G1-1	18,440	19,040	0241_14,85	0,600	2,77	1,13	2013
G1-1	19,040	19,595	0241_15,45	0,555	1,24	0,82	2013
G1-1	19,595	22,281	0242_0	2,686	0,05	0,22	2013
G1-1	22,281	22,381	0243_0	0,100	0,00	0,00	2013
G1-1	22,381	24,031	0243_0,1	1,650	1,06	1,13	2013
G1-1	24,031	24,431	0243_1,75	0,400	2,25	1,17	2013
G1-1	24,431	25,431	0243_2,15	1,000	4,81	1,16	2013
G1-1	25,431	27,581	0243_3,15	2,150	2,50	0,85	2013
G1-1	27,581	29,331	0243_5,3	1,750	0,78	0,32	2013
G1-1	29,331	29,631	0243_7,05	0,300	1,13	0,66	2013
G1-1	29,631	30,081	0243_7,35	0,450	0,53	0,53	2013
G1-1	30,081	31,081	0243_7,8	1,000	1,16	0,58	2013
G1-1	31,081	31,408	0243_8,8	0,327	0,62	0,43	2013
G1-1	31,408	31,708	0244_0	0,300	0,87	0,15	2013
G1-1	31,708	32,058	0244_0,3	0,350	2,40	0,00	2013
G1-1	32,058	32,958	0244_0,65	0,900	3,10	0,67	2013
G1-1	32,958	33,258	0244_1,55	0,300	2,40	0,00	2013
G1-1	33,258	35,008	0244_1,85	1,750	2,75	0,94	2013
G1-1	35,008	36,508	0244_3,6	1,500	2,24	0,41	2013
G1-1	36,508	37,708	0244_5,1	1,200	1,04	0,47	2013
G1-1	37,708	40,977	0244_6,3	3,269	2,46	0,66	2013
G1-1	40,977	41,427	0245_0	0,450	1,78	0,98	2013
G1-1	41,427	42,427	0245_0,45	1,000	0,94	0,23	2013
G1-1	42,427	42,977	0245_1,45	0,550	1,58	0,64	2013
G1-1	42,977	43,877	0245_2	0,900	1,80	0,63	2013
G1-1	43,877	44,827	0245_2,9	0,950	1,58	0,84	2013
G1-1	44,827	45,927	0245_3,85	1,100	4,75	0,83	2013
G1-1	45,927	46,227	0245_4,95	0,300	0,80	0,40	2013
G1-1	46,227	47,577	0245_5,25	1,350	2,26	0,79	2013

PRILOGA A8: Vzorec podatkov v tabeli »SR« (Sample data in perspective "SR")

Road	From	To	ElementID	Length	SR	SR_Max	SR_Min	SR_SD	SR_Leto
G1-1	0,000	0,350	0240_0	0,350	75	75	75	1,0	2010
G1-1	0,350	0,570	0240_0,35	0,220	58	64	52	3,3	2009
G1-1	0,570	0,690	0240_0,57	0,120	60	65	54	3,8	2009
G1-1	0,690	0,770	0240_0,69	0,080	46	51	44	2,1	2009
G1-1	0,770	0,850	0240_0,77	0,080	41	43	38	1,9	2009
G1-1	0,850	1,010	0240_0,85	0,160	60	65	49	4,1	2009
G1-1	1,010	1,080	0240_1,01	0,070	44	48	39	4,1	2009
G1-1	1,080	1,230	0240_1,08	0,150	51	56	47	2,7	2009
G1-1	1,230	1,370	0240_1,23	0,140	42	46	34	3,2	2009
G1-1	1,370	1,440	0240_1,37	0,070	64	67	59	3,2	2009
G1-1	1,440	1,590	0240_1,44	0,150	51	56	42	4,4	2009
G1-1	1,590	1,850	0240_1,59	0,260	66	73	57	4,9	2009
G1-1	1,850	1,910	0240_1,85	0,060	37	40	35	1,9	2009
G1-1	1,910	2,030	0240_1,91	0,120	64	69	58	3,4	2009
G1-1	2,030	2,270	0240_2,03	0,240	49	58	36	5,1	2009
G1-1	2,270	2,360	0240_2,27	0,090	59	76	54	6,8	2009
G1-1	2,360	2,420	0240_2,36	0,060	44	47	41	2,3	2009
G1-1	2,420	2,750	0240_2,42	0,330	52	58	46	3,2	2009
G1-1	2,750	2,800	0240_2,75	0,050	38	45	33	3,7	2009
G1-1	2,800	3,500	0240_2,8	0,700	75	75	75	2,0	2010
G1-1	3,500	3,590	0240_3,5	0,090	41	64	31	8,5	2009
G1-1	3,590	3,660	0241_0	0,070	65	84	57	9,7	2009
G1-1	3,660	3,760	0241_0,07	0,100	48	52	36	5,0	2009
G1-1	3,760	3,940	0241_0,17	0,180	57	65	51	3,8	2009
G1-1	3,940	4,140	0241_0,35	0,200	48	60	29	6,3	2009
G1-1	4,140	4,330	0241_0,55	0,190	51	59	39	6,0	2009
G1-1	4,330	4,420	0241_0,74	0,090	61	65	54	3,6	2009
G1-1	4,420	4,550	0241_0,83	0,130	48	53	44	2,4	2009
G1-1	4,550	4,680	0241_0,96	0,130	63	68	55	3,1	2009
G1-1	4,680	4,820	0241_1,09	0,140	59	64	53	2,7	2009
G1-1	4,820	4,980	0241_1,23	0,160	55	58	52	2,1	2009
G1-1	4,980	5,070	0241_1,39	0,090	62	66	56	3,7	2009
G1-1	5,070	5,170	0241_1,48	0,100	52	57	48	2,9	2009
G1-1	5,170	5,390	0241_1,58	0,220	61	69	47	6,6	2009
G1-1	5,390	5,700	0241_1,8	0,310	58	64	48	3,1	2009
G1-1	5,700	5,840	0241_2,11	0,140	64	66	60	1,9	2009
G1-1	5,840	5,950	0241_2,25	0,110	61	63	57	2,0	2009
G1-1	5,950	6,050	0241_2,36	0,100	70	73	67	2,5	2009
G1-1	6,050	6,160	0241_2,46	0,110	63	67	59	2,6	2009
G1-1	6,160	6,320	0241_2,57	0,160	55	64	48	5,2	2009
G1-1	6,320	6,800	0241_2,73	0,480	63	68	58	2,4	2009
G1-1	6,800	6,950	0241_3,21	0,150	72	78	66	3,6	2009
G1-1	6,950	7,350	0241_3,36	0,400	58	63	48	3,5	2009
G1-1	7,350	7,510	0241_3,76	0,160	52	58	49	2,5	2009
G1-1	7,510	7,630	0241_3,92	0,120	54	58	44	3,7	2009
G1-1	7,630	7,690	0241_4,04	0,060	60	64	56	3,3	2009
G1-1	7,690	8,080	0241_4,1	0,390	53	57	49	1,6	2009

PRILOGA A9: Vzorec podatkov v tabeli »IRI_Homogenik« (Sample data in perspective "IRI_Homogeni")

Road	From	To	ElementID	Length	IRI	IRI_max	IRI_min	IRI_StD	IRI_Leto	IRI_Stanje
G1-1	0,000	0,350	0240_0	0,350	1,50	2,00	1,00	0,50	2010	Dobro
G1-1	0,350	0,500	0240_350	0,150	1,53	3,29	0,66	0,70	2009	Mejno
G1-1	0,500	0,840	0240_500	0,340	4,88	15,42	1,77	2,35	2009	Zelo slabo
G1-1	0,840	0,980	0240_840	0,140	1,28	3,06	0,45	0,69	2009	Dobro
G1-1	0,980	1,360	0240_980	0,380	5,61	11,07	2,61	2,16	2009	Zelo slabo
G1-1	1,360	1,840	0240_1360	0,480	2,25	9,86	0,50	1,83	2009	Slabo
G1-1	1,840	2,800	0240_1840	0,960	4,06	13,77	0,93	2,10	2009	Zelo slabo
G1-1	2,800	3,500	0240_2800	0,700	2,37	4,09	0,87	0,91	2009	Slabo
G1-1	3,500	3,590	0240_3500	0,090	3,32	9,92	0,92	2,14	2009	Zelo slabo
G1-1	3,590	3,690	0241_0	0,100	5,77	11,36	2,59	2,77	2009	Zelo slabo
G1-1	3,690	4,280	0241_100	0,590	2,79	6,77	1,09	1,22	2009	Slabo
G1-1	4,280	4,920	0241_690	0,640	3,05	6,70	1,12	1,40	2009	Slabo
G1-1	4,920	5,710	0241_1330	0,790	4,20	10,03	0,95	2,14	2009	Zelo slabo
G1-1	5,710	5,900	0241_2120	0,190	1,52	2,48	0,58	0,68	2009	Mejno
G1-1	5,900	6,220	0241_2310	0,320	3,01	7,39	1,43	1,38	2009	Slabo
G1-1	6,220	6,500	0241_2630	0,280	4,79	9,98	1,91	2,06	2009	Zelo slabo
G1-1	6,500	6,780	0241_2910	0,280	3,14	12,84	1,13	2,15	2009	Zelo slabo
G1-1	6,780	7,000	0241_3190	0,220	3,90	9,83	1,68	2,11	2009	Zelo slabo
G1-1	7,000	7,250	0241_3410	0,250	2,82	7,69	1,03	1,46	2009	Slabo
G1-1	7,250	7,480	0241_3660	0,230	4,17	7,56	1,65	1,55	2009	Zelo slabo
G1-1	7,480	9,660	0241_3890	2,180	1,44	6,35	0,52	0,73	2009	Dobro
G1-1	9,660	9,980	0241_6070	0,320	2,21	6,92	0,57	1,54	2009	Slabo
G1-1	9,980	11,120	0241_6390	1,140	1,42	3,41	0,53	0,62	2009	Dobro
G1-1	11,120	11,480	0241_7530	0,360	1,10	1,86	0,43	0,34	2009	Zelo dobro
G1-1	11,480	11,710	0241_7890	0,230	4,16	12,53	1,53	2,57	2009	Zelo slabo
G1-1	11,710	11,930	0241_8120	0,220	2,59	10,24	1,14	1,92	2009	Slabo
G1-1	11,930	12,630	0241_8340	0,700	2,91	6,79	1,04	1,17	2009	Slabo
G1-1	12,630	12,770	0241_9040	0,140	4,80	8,99	2,03	2,02	2009	Zelo slabo
G1-1	12,770	12,940	0241_9180	0,170	2,34	3,35	1,44	0,57	2009	Slabo
G1-1	12,940	13,450	0241_9350	0,510	3,05	6,85	1,53	1,15	2009	Slabo
G1-1	13,450	13,750	0241_9860	0,300	4,83	9,18	1,30	2,30	2009	Zelo slabo
G1-1	13,750	14,520	0241_10160	0,770	2,93	10,21	0,72	1,92	2009	Slabo
G1-1	14,520	15,060	0241_10930	0,540	1,49	3,05	0,65	0,60	2009	Dobro
G1-1	15,060	15,230	0241_11470	0,170	5,20	12,16	2,20	2,59	2009	Zelo slabo
G1-1	15,230	15,610	0241_11640	0,380	2,46	10,82	0,71	1,86	2009	Slabo
G1-1	15,610	16,220	0241_12020	0,610	1,94	7,75	0,70	1,15	2009	Mejno
G1-1	16,220	16,640	0241_12630	0,420	2,97	9,25	0,71	1,81	2009	Slabo
G1-1	16,640	17,060	0241_13050	0,420	1,81	4,34	0,74	0,83	2009	Mejno
G1-1	17,060	17,240	0241_13470	0,180	3,44	7,67	1,66	1,75	2009	Zelo slabo
G1-1	17,240	17,440	0241_13650	0,200	1,47	3,50	0,42	0,86	2009	Dobro
G1-1	17,440	18,080	0241_13850	0,640	3,92	7,00	1,53	1,29	2009	Zelo slabo
G1-1	18,080	18,610	0241_14490	0,530	2,49	6,78	0,82	1,05	2009	Slabo
G1-1	18,610	19,595	0241_15020	0,985	1,59	6,68	0,50	1,03	2009	Mejno
G1-1	19,595	22,281	0242_0	2,686	1,50	2,00	1,00	0,50	2013	Dobro
G1-1	22,281	22,381	0243_0	0,100	1,50	2,00	1,00	0,50	2012	Dobro
G1-1	22,381	24,031	0243_100	1,650	1,29	3,76	0,44	0,58	2009	Dobro