

Univerza  
v Ljubljani  
Fakulteta  
*za gradbeništvo  
in geodezijo*

*Janova 2  
1000 Ljubljana, Slovenija  
telefon (01) 47 68 500  
faks (01) 42 50 681  
fgg@fgg.uni-lj.si*



Podiplomski program Gradbeništvo  
Prometna smer

Kandidatka:

**Metka Zupančič Demšar**

**Učinkovitost ukrepov sistema za nadzor in  
vodenje prometa na potencialno nevarnih  
situacijah na avtocesti**

Magistrska naloga št. 217

**Mentor:**

izr. prof. dr. Tomaž Kastelic

Ljubljana, 23. 3. 2011

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



**PODIPLOMSKI ŠTUDIJ  
GRADBENIŠTVA**

Kandidatka:

**METKA ZUPANČIČ, univ. dipl. inž. grad.**

**UČINKOVITOST UKREPOV SISTEMA ZA NADZOR IN  
VODENJE PROMETA V POTENCIALNO NEVARNIH  
SITUACIJAH NA AVTOCESTI**

**Magistrsko delo štev.: 217**

**EFFICIENCY OF THE TRAFFIC CONTROL AND  
MANAGEMENT SYSTEM MEASURES IN POTENTIALLY  
DANGEROUS SITUATIONS ON HIGHWAY**

**Master of Science Thesis No.: 217**

**Mentor:**  
izr. prof. dr. Tomaž Kastelic

**Predsednik komisije:**  
doc. dr. Marijan Žura

**Član:**  
doc. dr. Tomaž Maher

Ljubljana, 23. marec 2011

## IZJAVA O AVTORSTVU

Spodaj podpisana **METKA ZUPANČIČ** izjavljam, da sem avtorica magistrskega dela z naslovom **»Učinkovitost ukrepov sistema za nadzor in vodenje prometa v potencialno nevarnih situacijah na avtocesti«**.

Odpuščam se vsem materialnim avtorskim pravicam za potrebe elektronskega arhiva FGG.

Ljubljana, marec 2011

.....

**BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK**

<b>UDK:</b>	<b>656.1:621.396/.397:(043.3)</b>
<b>Avtor:</b>	<b>Metka Zupančič</b>
<b>Mentor:</b>	<b>izr. prof. dr. Tomaž Kastelic</b>
<b>Naslov:</b>	<b>Učinkovitost ukrepov sistema za nadzor in vodenje prometa v potencialno nevarnih situacijah na avtocesti</b>
<b>Obseg in oprema:</b>	<b>192 str., 61 pregl., 33 graf., 32 sl., 14 en., 1 pril.</b>
<b>Ključne besede:</b>	<b>ukrepi SNVP, sporočila na SPIS, izredni dogodki na cesti, prometni pretok, redukcija zamude, zadovoljstvo voznikov</b>

**Izvleček**

Sistem za nadzor in vodenje prometa (SNVP) je nameščen na petih najbolj kritičnih odsekih slovenskega avtocestnega omrežja z namenom vzpostavljanja optimalnih prometnih razmer v potencialno nevarnih situacijah na cesti. Glavni cilj obveščanja voznikov in vodenja prometa je doseči večjo prometno varnost, poleg tega pa tudi zmanjšati možnost nastanka zastojev in minimizirati negativne vplive na okolje. Namen naloge je oceniti učinkovitost ukrepov SNVP na področjih, na katerih je pričakovati vpliv delovanja sistema. Obravnavani dogodki, pri katerih je bila izvedena ocena vplivov, sodijo v skupino izrednih dogodkov na cesti. Le-ti so zaradi svoje nepredvidljivosti najbolj kritični, saj za zagotavljanje prometne varnosti zahtevajo hitro in premišljeno ukrepanje. V okviru sistema se zbirajo različne vrste podatkov, ki se shranjujejo v bazi sistema in so na voljo za podrobnejše analize. Vplivi ukrepov SNVP so ocenjeni iz primerjave prometnih podatkov, posnetkov video nadzornih kamer in podatkov o prometnih vsebinah, prikazanih preko spremenljive prometno-informativne signalizacije (SPIS). Primerjavo med stanjem brez ukrepa SNVP in stanjem z ukrepom omogočajo rezultati simulacije. Vpliv na dejavnike, ki jih ni mogoče razbrati iz prometnih podatkov, razkriva anketa voznikov. Rezultati analize prometnega stanja in ankete so uporabljeni v različnih računskih modelih, ki omogočajo oceno učinkovitosti ukrepov SNVP na področju prometne varnosti, mobilnosti in okoljevarstva. Ugotovljeni so pozitivni vplivi ukrepov SNVP na vseh omenjenih področjih, ki so primerljivi z rezultati študij iz tujine.

## **BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT**

**UDC:** 656.1:621.396/.397:(043.3)  
**Author:** Metka Zupančič  
**Supervisor:** prof. dr. Tomaž Kastelic  
**Title:** Efficiency of the Traffic Control and Management System measures in potentially dangerous situations on highway  
**Notes:** 192 p., 61 tab., 33 graph., 32 fig., 14 eq., 1 app.  
**Key words:** TCMS measures, messages on the VMS, incidents on the road, traffic flow, delay reduction, drivers' satisfaction

### **Abstract**

The Traffic Control and Management System (TCMS) is implemented on the five most critical sections of Slovenian highways with the purpose to re-establish the optimal traffic conditions in case of potentially dangerous situations on the road. The main goal of the informing and the traffic management is to increase traffic safety as well as decrease congestions and minimise negative impact on the environment. The objective of this study is to evaluate efficiency of the TCMS measures in the areas where the system's influence is expected. The events under evaluation are incidents, chosen since they represent the most critical situations on the road because they require fast and cautious reaction to ensure traffic safety. Several types of traffic data are archived in the system's data base and can be used in the detailed analysis. The influence of the TCMS measures is evaluated through a comparison of the traffic data, with the data from the video surveillance system cameras and the data about the traffic messages displayed on the Variable Message Signs (VMS). The comparison between the condition with the TCMS measures and the condition without any measure can be made from data produced in a simulation. The influence on the factors, that can not be comprehended from the traffic data, is revealed through a survey of drivers' behaviour. The results of the traffic condition and the survey are used in different calculation models of the TCMS measures efficiency evaluation on the field of traffic safety, mobility and environmental subjects. The positive impacts that have been established in all listed areas are comaparble with the results from other countries.

## **ZAHVALA**

Zahvaljujem se vsem, ki so mi pri izdelavi magistrskega dela prijazno priskočili na pomoč. Še posebej sem hvaležna svojemu mentorju prof. dr. Tomažu Kastelicu za idejno in izvedbeno podporo, mag. Roku Marsetiču s Prometno tehniškega inštituta za tehnično podporo, možu Alešu za psihično podporo, sinu Galu za motivacijo in vsem bližnjim, ker so me spodbujali pri delu.

## KAZALO VSEBINE

<b>IZJAVA O AVTORSTVU</b>	<b>II</b>
<b>BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK</b>	<b>III</b>
<b>BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT</b>	<b>IV</b>
<b>ZAHVALA</b>	<b>V</b>
<b>1 UVOD</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Opis sistema za nadzor in vodenje prometa na avtocestah</b>	<b>2</b>
<b>1.2 Opis metode dela pri izdelavi naloge</b>	<b>6</b>
<b>2 VPLIV UKREPOV SNVP OB POJAVU IZREDNIH DOGODKOV NA CESTI</b>	<b>9</b>
<b>2.1 Prometna nesreča 05.10.2008</b>	<b>9</b>
<b>2.1.1 Časovni potek in opis izrednega dogodka</b>	<b>9</b>
<b>2.1.1.1 Obvestilo iz sistema Kažipot</b>	<b>9</b>
<b>2.1.1.2 Podatki iz posnetkov video nadzornih kamer</b>	<b>10</b>
<b>2.1.1.3 Osnovni podatki o izrednem dogodku</b>	<b>14</b>
<b>2.1.1.4 Prikaz prometnih vsebin</b>	<b>15</b>
<b>2.1.2 Analiza prometnih podatkov</b>	<b>17</b>
<b>2.1.2.1 Analiza prometnih podatkov na merilnem mestu MD 06L</b>	<b>17</b>
<b>2.1.2.2 Analiza prometnih podatkov na izvozu Lj.-Brod</b>	<b>22</b>
<b>2.1.2.3 Analiza prometnih podatkov na uvozu Lj.-Brod</b>	<b>28</b>
<b>2.1.2.4 Analiza vozne hitrosti</b>	<b>32</b>
<b>2.1.2.5 Analiza odzivnega časa</b>	<b>34</b>
<b>2.1.2.6 Razbremenitev kritičnega avtocestenga odseka</b>	<b>35</b>
<b>2.1.2.6.1 Povečanje prometnega pretoka na izvozu Lj.-Brod zaradi ukrepa SNVP</b>	<b>35</b>
<b>2.1.2.6.2 Nespremenjen prometni pretok na uvozu Lj.-Brod zaradi neukrepanja</b>	<b>36</b>
<b>2.1.3 Analiza vpliva ukrepov SNVP s pomočjo simulacije</b>	<b>37</b>
<b>2.1.3.1 Kalibracija simulacijskega modela mreže</b>	<b>37</b>
<b>2.1.3.1.2 Simulacija stanja brez ukrepa –na polportalih ni sporočila (realno stanje)</b>	<b>40</b>

---

<b>2.1.3.1.3</b>	<b>Simulacija stanja s prikazom sporočila na polportalih (predpostavljeno stanje)</b>	<b>41</b>
<b>2.1.3.1.4</b>	<b>Primerjava rezultatov simulacije</b>	<b>43</b>
<b>2.2</b>	<b>Prometna nesreča 30.12.2008</b>	<b>44</b>
<b>2.2.1</b>	<b>Časovni potek in oris izrednega dogodka</b>	<b>44</b>
<b>2.2.1.1</b>	<b>Obvestilo iz sistema Kažipot</b>	<b>44</b>
<b>2.2.1.2</b>	<b>Podatki iz posnetkov video nadzornih kamer</b>	<b>44</b>
<b>2.2.1.3</b>	<b>Osnovni podatki o izrednem dogodku</b>	<b>49</b>
<b>2.2.1.4</b>	<b>Prikaz prometnih vsebin</b>	<b>50</b>
<b>2.2.2</b>	<b>Analiza prometnih podatkov</b>	<b>52</b>
<b>2.2.2.1</b>	<b>Analiza prometnih podatkov na merilnem mestu MD 06L</b>	<b>52</b>
<b>2.2.2.2</b>	<b>Analiza prometnih podatkov na izvozu Lj.-Brod</b>	<b>56</b>
<b>2.2.2.3</b>	<b>Analiza prometnih podatkov na uvozu Lj.-Brod</b>	<b>61</b>
<b>2.2.2.4</b>	<b>Analiza vozne hitrosti</b>	<b>66</b>
<b>2.2.2.5</b>	<b>Analiza odzivnega časa</b>	<b>67</b>
<b>2.2.2.6</b>	<b>Razbremenitev kritičnega avtocestnega odseka</b>	<b>68</b>
<b>2.2.2.6.1</b>	<b>Povečanje prometnega pretoka na izvozu Lj.-Brod zaradi ukrepa SNVP</b>	<b>68</b>
<b>2.2.2.6.2</b>	<b>Zmanjšanje prometnega pretoka na uvozu Lj.-Brod zaradi ukrepa SNVP</b>	<b>69</b>
<b>2.2.3</b>	<b>Analiza vpliva ukrepov SNVP s pomočjo simulacije</b>	<b>70</b>
<b>2.2.3.1.1</b>	<b>Kalibracija simulacijskega modela mreže</b>	<b>70</b>
<b>2.2.3.1.2</b>	<b>Simulacija stanja brez ukrepa (predpostavljeno stanje)</b>	<b>73</b>
<b>2.2.3.1.3</b>	<b>Simulacija stanja s prikazom sporočila na portalih in polportalih (realno stanje)</b>	<b>75</b>
<b>2.2.3.1.4</b>	<b>Simulacija stanja s prikazom sporočila samo na portalih (predpostavljeno stanje)</b>	<b>76</b>
<b>2.2.3.1.5</b>	<b>Simulacija stanja s prikazom sporočila samo na polportalih (predpostavljeno stanje)</b>	<b>77</b>
<b>2.2.3.1.6</b>	<b>Primerjava rezultatov simulacije</b>	<b>79</b>
<b>2.3</b>	<b>Prometna nesreča 19.01.2009</b>	<b>80</b>
<b>2.3.1</b>	<b>Časovni potek in oris izrednega dogodka</b>	<b>80</b>
<b>2.3.1.1</b>	<b>Obvestilo iz sistema Kažipot</b>	<b>80</b>
<b>2.3.1.2</b>	<b>Podatki iz posnetkov video nadzornih kamer</b>	<b>80</b>



<b>2.3.1.3</b>	<b>Osnovni podatki o izrednem dogodku</b>	<b>85</b>
<b>2.3.1.4</b>	<b>Prikaz prometnih vsebin</b>	<b>86</b>
<b>2.3.2</b>	<b>Analiza prometnih podatkov</b>	<b>88</b>
<b>2.3.2.1</b>	<b>Analiza prometnih podatkov na merilnem mestu MD 01D</b>	<b>88</b>
<b>2.3.2.2</b>	<b>Analiza prometnih podatkov na izvozu Lj.-Šmartno</b>	<b>93</b>
<b>2.3.2.3</b>	<b>Analiza prometnih podatkov na uvozu Lj.-Šmartno</b>	<b>97</b>
<b>2.3.2.4</b>	<b>Analiza vozne hitrosti</b>	<b>100</b>
<b>2.3.2.5</b>	<b>Analiza odzivnega časa</b>	<b>101</b>
<b>2.3.2.6</b>	<b>Razbremenitev kritičnega avtocestnega odseka</b>	<b>102</b>
<b>2.3.2.6.1</b>	<b>Povečanje prometnega pretoka na izvozu Lj.-Šmartno zaradi ukrepa SNVP</b>	<b>102</b>
<b>2.3.2.6.2</b>	<b>Nespremenjen prometni pretok na uvozu Lj.-Šmartno</b>	<b>103</b>
<b>2.3.3</b>	<b>Analiza vpliva ukrepov SNVP s pomočjo simulacije</b>	<b>104</b>
<b>2.3.3.1.1</b>	<b>Kalibracija simulacijskega modela mreže</b>	<b>104</b>
<b>2.3.3.1.2</b>	<b>Simulacija stanja s prikazom sporočila na portalu (realno stanje)</b>	<b>107</b>
<b>2.3.3.1.3</b>	<b>Simulacija stanja brez ukrepa (predpostavljeno stanje)</b>	<b>109</b>
<b>2.3.3.1.4</b>	<b>Primerjava rezultatov simulacije</b>	<b>110</b>
<b>3</b>	<b>VPLIV UKREPOV SNVP PO MNENJU VOZNIKOV</b>	<b>111</b>
<b>3.1</b>	<b>Opis metode anketiranja</b>	<b>111</b>
<b>3.2</b>	<b>Anketa o učinkovitosti ukrepov SNVP</b>	<b>113</b>
<b>3.3</b>	<b>Interpretacija rezultatov ankete</b>	<b>121</b>
<b>3.3.1</b>	<b>Osnovni podatki o anketirancih</b>	<b>121</b>
<b>3.3.2</b>	<b>Razbremenitev kritičnega avtocestnega odseka</b>	<b>122</b>
<b>3.3.3</b>	<b>Prometna varnost</b>	<b>123</b>
<b>3.3.4</b>	<b>Zadovoljstvo voznikov</b>	<b>123</b>
<b>4</b>	<b>OCENA UČINKOVITOSTI UKREPOV SNVP</b>	<b>125</b>
<b>4.1</b>	<b>Prometna varnost</b>	<b>125</b>
<b>4.1.1</b>	<b>Prilagoditev vozne hitrosti</b>	<b>125</b>
<b>4.1.1.1</b>	<b>Redukcija hitrosti</b>	<b>125</b>
<b>4.1.1.2</b>	<b>Prekoračitev omejitve hitrosti</b>	<b>128</b>

---

<b>4.1.1.3</b>	<b>Primerjava z anketo</b>	<b>130</b>
<b>4.1.1.4</b>	<b>Končna ugotovitev in ukrepi za izboljšavo</b>	<b>131</b>
<b>4.1.2</b>	<b>Krajši odzivni čas</b>	<b>132</b>
<b>4.1.2.1</b>	<b>Primerjava odzivnega časa vzdrževalne službe in SNVP</b>	<b>132</b>
<b>4.1.2.2</b>	<b>Končna ugotovitev in ukrepi za izboljšavo</b>	<b>134</b>
<b>4.1.3</b>	<b>Zmanjšanje števila sekundarnih izrednih dogodkov</b>	<b>136</b>
<b>4.1.3.1</b>	<b>Število prometnih nesreč</b>	<b>136</b>
<b>4.1.3.2</b>	<b>Končna ugotovitev in ukrepi za izboljšavo</b>	<b>138</b>
<b>4.2</b>	<b>Mobilnost</b>	<b>139</b>
<b>4.2.1</b>	<b>Razbremenitev kritičnega avtocestnega odseka</b>	<b>139</b>
<b>4.2.1.1</b>	<b>Ocena povečanja prometnega pretoka na izvozu</b>	<b>139</b>
<b>4.2.1.1.1</b>	<b>Manjša razbremenitev kritičnega avtocestnega odseka zaradi informacije o delni pretočnosti</b>	<b>141</b>
<b>4.2.1.1.2</b>	<b>Primerjava z rezultati ankete</b>	<b>142</b>
<b>4.2.1.2</b>	<b>Ocena zmanjšanja prometnega pretoka na uvozu</b>	<b>144</b>
<b>4.2.1.2.1</b>	<b>Primerjava z rezultati ankete</b>	<b>146</b>
<b>4.2.1.3</b>	<b>Končna ugotovitev in ukrepi za izboljšavo</b>	<b>147</b>
<b>4.2.2</b>	<b>Redukcija zamude</b>	<b>148</b>
<b>4.2.2.1</b>	<b>Prometni model za izračun zamude</b>	<b>148</b>
<b>4.2.2.2</b>	<b>Ocena redukcije zamude</b>	<b>152</b>
<b>4.2.2.3</b>	<b>Prihranek pri vrednosti izgubljenega časa</b>	<b>154</b>
<b>4.2.2.4</b>	<b>Končna ugotovitev in ukrepi za izboljšavo</b>	<b>157</b>
<b>4.3</b>	<b>Energija in okolje</b>	<b>158</b>
<b>4.3.1</b>	<b>Manjša poraba goriva</b>	<b>158</b>
<b>4.3.1.1</b>	<b>Prometni model za izračun porabe goriva</b>	<b>158</b>
<b>4.3.1.2</b>	<b>Ocena zmanjšanja porabe goriva</b>	<b>159</b>
<b>4.3.1.3</b>	<b>Prihranek pri porabi goriva</b>	<b>161</b>
<b>4.3.1.4</b>	<b>Končna ugotovitev in ukrepi za izboljšavo</b>	<b>164</b>
<b>4.3.2</b>	<b>Zmanjšanje emisij škodljivih plinov</b>	<b>166</b>
<b>4.3.2.1</b>	<b>Zmanjšanje emisij CO<sub>2</sub></b>	<b>166</b>
<b>4.3.2.1.1</b>	<b>Prometni model za izračun emisij CO<sub>2</sub></b>	<b>167</b>
<b>4.3.2.2</b>	<b>Ocena zmanjšanja emisij CO<sub>2</sub></b>	<b>171</b>

<b>4.3.3</b>	<b>Zmanjšanje emisij HC</b>	<b>174</b>
<b>4.3.3.1</b>	<b>Prometni model za izračun emisij HC</b>	<b>175</b>
<b>4.3.3.2</b>	<b>Ocena zmanjšanja emisij HC</b>	<b>175</b>
<b>4.3.3.3</b>	<b>Končna ugotovitev in ukrepi za izboljšavo</b>	<b>177</b>
<b>4.4</b>	<b>Zadovoljstvo uporabnikov</b>	<b>180</b>
<b>4.4.1</b>	<b>Pozitiven odziv voznikov</b>	<b>180</b>
<b>4.4.1.1</b>	<b>Končna ugotovitev in ukrepi za izboljšavo</b>	<b>182</b>
<b>5</b>	<b>ZAKLJUČKI IN UGOTOVITVE</b>	<b>183</b>
<b>6</b>	<b>POVZETEK</b>	<b>186</b>
<b>7</b>	<b>SUMMARY</b>	<b>188</b>
<b>VIRI</b>		<b>190</b>
<b>PRILOGA</b>		<b>192</b>

**KAZALO PREGLEDNIC**

Preglednica 1: Prometna nesreča 05.10.2008, osnovni podatki .....	14
Preglednica 2: Prometna nesreča 05.10.2008, prometne vsebine na portalu SPIS 06L .....	15
Preglednica 3: Prometna nesreča 05.10.2008, analiza vozne hitrosti.....	32
Preglednica 4: Prometna nesreča 05.10.2008, analiza odzivnega časa .....	34
Preglednica 5: Prometna nesreča 05.10.2008, povečanje prometnega pretoka na izvozu .....	35
Preglednica 6: Prometna nesreča 05.10.2008, prometni podatki za kalibracijo.....	37
Preglednica 7: Prometna nesreča 05.10.2008, prometni podatki za stanje brez ukrepa.....	40
Preglednica 8: Prometna nesreča 05.10.2008, rezultati simulacije, brez ukrepa.....	40
Preglednica 9: Prometna nesreča 05.10.2008, prometni podatki za stanje z ukrepom.....	42
Preglednica 10: Prometna nesreča 05.10.2008, rezultati simulacije, sporočilo na polport. SPIS .....	42
Preglednica 11: Prometna nesreča 05.10.2008, primerjava rezultatov simulacije .....	43
Preglednica 12: Prometna nesreča 30.12.2008, osnovni podatki .....	49
Preglednica 13: Prometna nesreča 30.12.2008, prometne vsebine na portalu SPIS 06L .....	50
Preglednica 14: Prometna nesreča 30.12.2008, prometne vsebine na polportalih PP 01L, 02D .....	51
Preglednica 15: Prometna nesreča 30.12.2008, poročilo o prometnem stanju na MD 06L .....	53
Preglednica 16: Prometna nesreča 30.12.2008, poročilo o alarmih na VD 09L .....	62
Preglednica 17: Prometna nesreča 30.12.2008, analiza vozne hitrosti.....	66
Preglednica 18: Prometna nesreča 30.12.2008, analiza odzivnega časa .....	67
Preglednica 19: Prometna nesreča 30.12.2008, povečanje prometnega pretoka na izvozu .....	68
Preglednica 20: Prometna nesreča 30.12.2008, zmanjšanje prometnega pretoka na uvozu ....	69
Preglednica 21: Prometna nesreča 30.12.2008, prometni podatki za kalibracijo.....	70
Preglednica 22: Prometna nesreča 30.12.2008, prometni podatki za stanje brez ukrepa.....	74
Preglednica 23: Prometna nesreča 30.12.2008, rezultati simulacije, brez ukrepa.....	74
Preglednica 24: Prometna nesreča 30.12.2008, prometni podatki, sporočilo na portalu in polportalih SPIS.....	75
Preglednica 25: Prometna nesreča 30.12.2008, rezultati simulacije, sporočilo na portalu in polportalih SPIS.....	75
Preglednica 26: Prometna nesreča 30.12.2008, prometni podatki, sporočilo na portalu SPIS	76

Preglednica 27: Prometna nesreča 30.12.2008, rezultati simulacije, sporočilo na portalu SPIS .....	77
Preglednica 28: Prometna nesreča, 30.12.2008, prometni podatki, sporočilo na polportal. SPIS .....	78
Preglednica 29: Prometna nesreča 30.12.2008, rezultati simulacije, sporočilo na polportalih SPIS.....	78
Preglednica 30: Prometna nesreča 30.12.2008, primerjava rezultatov simulacije.....	79
Preglednica 31: Prometna nesreča 19.01.2009, osnovni podatki.....	85
Preglednica 32: Prometna nesreča 19.01.2009, prometne vsebine na portalu SPIS 01D.....	86
Preglednica 33: Prometna nesreča 19.01.2009, poročilo o prometnem stanju na MD 01D ....	89
Preglednica 34: Prometna nesreča 19.01.2009, analiza vozne hitrosti .....	100
Preglednica 35: Prometna nesreča 19.01.2009, analiza odzivnega časa.....	101
Preglednica 36: Prometna nesreča 19.01.2009, povečanje prometnega pretoka na izvozu...	102
Preglednica 37: Prometna nesreča 19.01.2009, prometni podatki za kalibracijo .....	104
Preglednica 38: Prometna nesreča 19.01.2009, prometni podatki za stanje z ukrepom.....	108
Preglednica 39: Prometna nesreča 19.01.2009, rezultati simulacije, sporočilo na portalu SPIS .....	108
Preglednica 40: Prometna nesreča 19.01.2009, prometni podatki za stanje brez ukrepa .....	109
Preglednica 41: Prometna nesreča 19.01.2009, rezultati simulacije, brez ukrepa .....	109
Preglednica 42: Prometna nesreča 19.01.2009, primerjava rezultatov simulacije.....	110
Preglednica 43: Redukcija hitrosti zaradi ukrepa SNVP .....	126
Preglednica 44: Prekoračitev omejitve hitrosti .....	128
Preglednica 45: Primerjava odzivnega časa vzdrževalne službe in SNVP.....	132
Preglednica 46: Število prometnih nesreč v cestnem prometu RS v letih 2003-2009.....	136
Preglednica 47: Število prometnih nesreč na odseku lj. obvoznice s SNVP v letih 2003-2009 .....	137
Preglednica 48: Število smrtnih žrtev prometnih nesreč na odseku lj. obvoznice s SNVP...	138
Preglednica 49: Povečanje prometnega pretoka na izvozu.....	139
Preglednica 50: Vpliv informacije o delni pretočnosti na prometni pretok.....	141
Preglednica 51: Zmanjšanje prometnega pretoka na uvozu.....	144
Preglednica 52: Vpliv ukrepov SNVP na redukcijo zamude.....	152
Preglednica 53: Prihranek pri vrednosti izgubljenega časa .....	156

Preglednica 54: Manjša poraba goriva ob ukrepu SNVP .....	159
Preglednica 55: Povprečna cena goriva v časovnem obdobju 01.01.2008 – 28.06.2010.....	161
Preglednica 56: Delež vozil glede na uporabo vrste goriva .....	162
Preglednica 57: Količina prodanega 95 in 98 oktanskega bencina v letih 2006 - 2008.....	163
Preglednica 58: Prihranek pri porabi goriva.....	164
Preglednica 59: Povprečna hitrost za posamezen izredni dogodek.....	171
Preglednica 60: Manj emisij CO <sub>2</sub> ob ukrepu SNVP.....	171
Preglednica 61: Manj emisij HC ob ukrepu SNVP .....	175

## KAZALO GRAFIKONOV

Grafikon 1: Prometna nesreča 05.10.2008, skupna povprečna hitrost na MD 06L	17
Grafikon 2: Prometna nesreča 05.10.2008, ekvivalentni prometni pretok na MD 06L	18
Grafikon 3: Prometna nesreča 05.10.2008, ekvivalentni prometni pretok na VD 08L	22
Grafikon 4: Prometna nesreča 05.10.2008, skupna povprečna hitrost na VD 08L	23
Grafikon 5: Prometna nesreča 05.10.2008, ekvivalentni prometni pretok na VD 09L	28
Grafikon 6: Prometna nesreča 05.10.2008, skupna povprečna hitrost na VD 09L	29
Grafikon 7: Prometna nesreča 30.12.2008, skupna povprečna hitrost na MD 06L	52
Grafikon 8: Prometna nesreča 30.12.2008, ekvivalentni prometni pretok na MD 06L	53
Grafikon 9: Prometna nesreča 30.12.2008, ekvivalentni prometni pretok na VD 08L	56
Grafikon 10: Prometna nesreča 30.12.2008, skupna povprečna hitrost na VD 08L	57
Grafikon 11: Prometna nesreča 30.12.2008, ekvivalentni prometni pretok na VD 09L	61
Grafikon 12: Prometna nesreča 30.12.2008, skupna povprečna hitrost na VD 09L	62
Grafikon 13: Prometna nesreča 19.01.2009, skupna povprečna hitrost na MD 01D	88
Grafikon 14: Prometna nesreča 19.01.2009, ekvivalentni prometni pretok na MD 01D	89
Grafikon 15: Prometna nesreča 19.01.2009, ekvivalentni prometni pretok na VD 01D	93
Grafikon 16: Prometna nesreča 19.01.2009, skupna povprečna hitrost na VD 01D	94
Grafikon 17: Prometna nesreča 19.01.2009, ekvivalentni prometni pretok na VD 02D	97
Grafikon 18: Prometna nesreča 19.01.2009, skupna povprečna hitrost na VD 02D	98
Grafikon 19: Redukcija hitrosti zaradi ukrepa SNVP	127
Grafikon 20: Prekoračitev omejitve hitrosti	129
Grafikon 21: Prilagoditev vožnje zaradi omejitve hitrosti (anketa)	130
Grafikon 22: Primerjava odzivnega časa vzdrževalne službe in SNVP	133
Grafikon 23: Povečanje prometnega pretoka na izvozu	140
Grafikon 24: Vpliv informacije o delni pretočnosti na prometni pretok	142
Grafikon 25: Vpliv informacije na uporabo izvoza (anketa)	143
Grafikon 26: Zmanjšanje prometnega pretoka na uvozu	145
Grafikon 27: Vpliv informacije na uporabo uvoza	146
Grafikon 28: Vpliv ukrepov SNVP na redukcijo zamude	153
Grafikon 29: Manjša poraba goriva ob ukrepu SNVP	160
Grafikon 30: Manj emisij CO <sub>2</sub> ob ukrepu SNVP	172

Grafikon 31: Manj emisij HC ob ukrepu SNVP	176
Grafikon 32: Mnenje voznikov o prikazanih informacijah (anketa)	180
Grafikon 33: Ocena zadovoljstva voznikov (anketa)	181



## KAZALO SLIK

Slika 1: Mikrovalovni detektorji, video nadzorne in video detekcijske kamere	2
Slika 2: Center za nadzor in vodenje prometa v Dragomlju	3
Slika 3: Različne vrste grafičnih prikazovalnikov SPIS	5
Slika 4: Prometna nesreča 05.10.2008, pešec v območju priključka Lj.-Brod	10
Slika 5: Prometna nesreča 05.10.2008, pojav kolone vozil	11
Slika 6: Prometna nesreča 05.10.2008, intervencija	12
Slika 7: Prometna nesreča 05.10.2008, zapora ceste	13
Slika 8: Prometna nesreča 05.10.2008, normalno stanje	13
Slika 9: Prometna nesreča 05.10.2008, prostorski prikaz na shematskem vmesniku	14
Slika 10: Prometna nesreča 05.10.2008, simulacijski model mreže	38
Slika 11: Prometna nesreča 05.10.2008, kalibracija ozkega grla	39
Slika 12: Prometna nesreča 30.12.2008, pojav izrednega dogodka	45
Slika 13: Prometna nesreča 30.12.2008, intervencija	45
Slika 14: Prometna nesreča 30.12.2008, vozni pas je ponovno odprt za promet	46
Slika 15: Prometna nesreča 30.12.2008, normalno stanje	46
Slika 16: Prometna nesreča 30.12.2008, zgostitev prometa	47
Slika 17: Prometna nesreča 30.12.2008, daljšanje kolone vozil	48
Slika 18: Prometna nesreča 30.12.2008, izginjanje kolone vozil	48
Slika 19: Prometna nesreča 30.12.2008, prostorski prikaz na shematskem vmesniku	49
Slika 20: Prometna nesreča 30.12.2008, simulacijski model mreže	71
Slika 21: Prometna nesreča 30.12.2008, kalibracija ozkega grla	72
Slika 22: Prometna nesreča 30.12.2008, kalibracija izvozne rampe Lj.-Brod	73
Slika 23: Prometna nesreča 19.01.2009, pojav izrednega dogodka	81
Slika 24: Prometna nesreča 19.01.2009, intervencija	81
Slika 25: Prometna nesreča 19.01.2009, umik vzdrževalnega vozila	82
Slika 26: Prometna nesreča 19.01.2009, kolona	82
Slika 27: Prometna nesreča 19.01.2009, kolona na izvozu Lj.-Šmartno	83
Slika 28: Prometna nesreča 19.01.2009, rep kolone	84
Slika 29: Prometna nesreča 19.01.2009, prostorski prikaz na shematskem vmesniku	85
Slika 30: Prometna nesreča 19.01.2009, simulacijski model mreže	105

Slika 31: Prometna nesreča 19.01.2009, kalibracija ozkega grla 106

Slika 32: Prometna nesreča 19.01.2009, kalibracija izvozne rampe Lj.-Šmartno 107

## **OKRAJŠAVE IN SIMBOLI**

SNVP	sistem za nadzor in vodenje prometa na avtocestah
SPIS	spremenljiva prometno-informativna signalizacija
SCADA	računalniški kontrolni sistem, ki upravlja in nadzoruje določen proces
SKS	spremenljiva kažipotna signalizacija
OECD	organizacija za gospodarsko sodelovanje in razvoj

## **ABBREVIATIONS AND SYMBOLS**

TCMS	Traffic Control and Management System
VMS	Variable Message Sign
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition (a computer control system monitoring and controlling a process)
OECD	Organisation for Economic Cooperation and Development

## 1 UVOD

Sistem za nadzor in vodenje prometa (SNVP) je inteligenten transportni sistem, ki omogoča vzpostavitev optimalnih prometnih razmer v potencialno nevarnih situacijah na cesti. Na slovenskem avtocestnem omrežju je trenutno nameščenih pet regionalnih sistemov. Leta 2003 je bil SNVP nameščen na odseku primorske avtoceste med Kozino in Koprom. V letu 2005 je sledila implementacija sistema na delu štajerske avtoceste med priključkoma Blagovica in Vransko, ki je zaradi velikega števila predorov in viaduktov eden izmed najbolj kritičnih slovenskih avtocestnih odsekov. Del avtocestnega obroča okoli Ljubljane, ki obsega zahodno ljubljansko obvoznico, del severne obvoznice in del gorenjskega avtocestnega kraka, pa je bil pokrit s SNVP v letu 2008. Nadgradnja primorskega sistema z razširitvijo na novo zgrajeni odsek hitre ceste čez Rebernice je bila izvedena v letu 2009. V prejšnjem letu je bil SNVP nameščen na avtocestnem odseku pred predorom Karavanke, kjer deluje v tesni povezavi s predorskim sistemom. Odločitev za namestitev sistema na omenjenih avtocestnih odsekih je bila utemeljena na podlagi ocene kritičnosti zaradi geometrijske, prometne in vremenske zahtevnosti.

Sistem je bil na omenjenih pet avtocestnih odsekov postavljen z namenom, da bi na prvem mestu zagotavljal večjo prometno varnost v kritičnih situacijah na cesti. Poleg tega je bila predvidena harmonizacija prometnega toka pri velikih prometnih obremenitvah in posledično večja izkoriščenost kapacitete ceste ter manj zastojev. Vnaprej so bili pričakovani tudi drugi pozitivni vplivi, kot so manjše obremenjevanje okolja ter večje zadovoljstvo voznikov. Po nekajletnem delovanju SNVP na slovenskem avtocestnem omrežju je mogoče na podlagi zbranih podatkov narediti študijo učinkovitosti sistema z oceno pozitivnih vplivov na različne dejavnike. Namen naloge je preveriti vplive ukrepov SNVP na podlagi analize podatkov, ki se zbirajo v okviru sistema. Neprenehno zbiranje prometnih podatkov v realnem času omogoča podrobno analizo spreminjanja prometnih parametrov v izbranem časovnem obdobju. Pregled nad stanjem na cesti omogoča tudi video nadzorni sistem, ki pokriva celoten avtocestni odsek, na katerem deluje SNVP. Za oceno vplivov na dejavnike, ki jih ni mogoče razbrati iz prometnih podatkov, se je potrebno obrniti direktno na uporabnike sistema in sicer s pomočjo ankete.

## 1.1 Opis sistema za nadzor in vodenje prometa na avtocestah

Glavna funkcija sistema za nadzor in vodenje prometa na avtocesti je izvajanje ukrepov vodenja prometa in informiranja voznikov za zagotavljanje prometne varnosti v potencialno nevarnih situacijah na cesti. Kompleksna struktura sistema vključuje poleg tega še številne druge medsebojno odvisne funkcije, ki se izvajajo neprenehoma v realnem času. Nabor osnovnih funkcij SNVP je sledeč:

- zbiranje prometnih in vremenskih podatkov ter podatkov o izrednih dogodkih na cesti vzdolž obravnavanega avtocestnega odseka,
- obdelava in shranjevanje podatkov,
- nadzor nad trenutnim stanjem na avtocestnem odseku,
- nadzor nad delovanjem posameznih komponent sistema,
- izvajanje ukrepov vodenja prometa na avtocestnem odseku,
- izmenjava informacij z drugimi sistemi in organizacijami, ki sodelujejo pri nadzoru in vodenju prometa na avtocestnem odseku.

SNVP je sestavljen iz sledečih komponent, ki so nameščene vzdolž obravnavanega avtocestnega odseka in medsebojno povezane preko telekomunikacijskega omrežja:

- Merilniki za zbiranje prometnih podatkov, ki omogočajo neprekinjeno zbiranje vseh prometnih podatkov, potrebnih za delovanje SNVP. Mednje sodijo mikrovalovni detektorji in video detekcijske kamere.
- Video nadzorni sistem, ki je namenjen stalni kontroli prometnega prostora na obravnavanem avtocestnem odseku.



Slika 1: Mikrovalovni detektorji, video nadzorne in video detekcijske kamere

Figure 1: Microwave detector, video surveillance and video detection camera

- Sistem cestno-vremenskih postaj, ki omogoča neprekinjeno zbiranje vseh vremenskih podatkov, potrebnih za delovanje SNVP.
- Lokalne postaje, ki zajemajo podatke o stanju naprav in podsistemov, obdelujejo zbrane podatke in jih začasno shranjujejo, prejemajo in izvajajo ukaze iz regionalnega centra.
- Spremenljiva prometno-informativna signalizacija (SPIS), ki omogoča prikaz programov prometnih vsebin, ki se aktivirajo v okviru ukrepov vodenja prometa in informiranja voznikov glede na prometno stanje, v neugodnih vremenskih razmerah ali ob pojavu izrednih dogodkov na cesti.
- Center za nadzor in vodenje prometa, opremljen z ustrezno strojno in programsko opremo, ki omogoča izvajanje zajema, obdelave in shranjevanja podatkov, nadzora nad trenutnim stanjem na cesti in nad delovanjem sistema, ukrepov vodenja prometa, izmenjave informacij z drugimi sistemi in organizacijami. Zaenkrat ima vsak izmed pokritih avtocestnih odsekov svoj regionalni center. V prihodnosti je planirana izvedba glavnega centra, ki bo imel pregled nad delovanjem SNVP na celotnem slovenskem avtocestnem omrežju.



Slika 2: Center za nadzor in vodenje prometa v Dragomlju

Figure 2: Traffic control and management centre in Dragomelj

Vodenje prometa in informiranje voznikov se v okviru sistema izvaja preko prikaza prometnih vsebin na spremenljivi prometno-informativni signalizaciji. V okviru SNVP so vzdolž avtocestnega odseka in priključnih križišč nameščeni grafični prikazovalniki SPIS, ki sodijo v sledeče skupine:

- Portali SPIS, ki so nameščeni nad smernim voziščem avtoceste, so namenjeni posredovanju informacij voznikom na obravnavanem avtocestnem odseku. Sestavljeni so iz osrednjega enobarvnega in dveh stranskih polnobarvnih grafičnih prikazovalnikov. Srednji je namenjen prikazovanju enobarvnih grafičnih simbolov in alfanumeričnih sporočil. Pravitako je mogoč prikaz simbolov za označevanje preusmerjanja in odprtih oz. zaprtih prometnih pasov (rumena utripajoča puščica, zelena puščica, rdeči križ). Stranska prikazovalnika sta namenjena prikazovanju prometnih znakov. Povprečna razdalja med dvema zaporednima portaloma SPIS se giblje v območju od 1,5 do 3 km.
- Polportali SPIS, ki so nameščeni na območju priključnih križišč, so namenjeni obveščanju o stanju na avtocesti za voznike, ki se nameravajo vključiti na avtocesto. Sestavljeni so iz enobarvnega in dvobarvnega grafičnega prikazovalnika. Enobarvni del je namenjen prikazovanju enobarvnih grafičnih simbolov in alfanumeričnih sporočil. Dvobarvni prikazovalnik je namenjen prikazovanju prometnih znakov.
- Obcestne table SPISoet, ki so po potrebi nameščene na obeh straneh smernega vozišča za pospeševalnim pasom, so namenjene obveščanju voznikov, ki se vključujejo na avtocesto. Namestitev je potrebna v primerih, ko se naslednji portal SPIS nahaja na daljši razdalji za uvozom. Prikazovalnik je dvobarven in namenjen prikazovanju prometnih znakov.
- Spremenljiva kažipotna signalizacija SKS, ki je nameščena v okviru statičnih kažipotnih tabel pred razcepi, je namenjena obveščanju o morebitnem obvozu zaradi izrednih dogodkov na cesti. Prikazovalniki so nameščeni pred razcepi, kjer je do enega cilja mogoče izbrati vsaj dve poti in kjer je mogoče pričakovati veliko število izrednih dogodkov (avtocestni obroč okoli Ljubljane).

Prometne vsebine so sporočila, ki vsebujejo prepovedi, opozorila, napotke in druge informacije, ki omogočajo vodenje prometa in obveščanje voznikov v potencialno nevarnih situacijah na cesti. Sporočila poleg tekstovnih sporočil sestavljajo prometni znaki in grafični

simboli, ki so v skladu s Pravilnikom o prometni signalizaciji in prometni opremi na javnih cestah. Zaradi boljše vidnosti so simboli v prometnih znakih bele barve, ozadje pa črne barve. Tekstovna sporočila so sestavljena iz alfanumeričnih znakov. Oblika in dolžina sporočila ter velikost znakov so izbrani na tak način, da je zagotovljena ustrezna berljivost in razumljivost sporočila.



Slika 3: Različne vrste grafičnih prikazovalnikov SPIS

Figure 3: Different types of Variable Message Signs

Programi prometnih vsebin so sestavljeni iz nabora sporočil za prikaz na različnih vrstah grafičnih prikazovalnikov SPIS. Sistem vsebuje vnaprej pripravljene programe prometnih vsebin, ki se bodisi avtomatsko bodisi ročno prikažejo v različnih potencialno nevarnih



situacijah na cesti. Shematski vmesnik računalniške aplikacije omogoča operaterjem v nadzornem centru oblikovanje sporočil, ki ustrezajo trenutni situaciji na cesti, iz nabora vnaprej pripravljenih komponent.

## 1.2 Opis metode dela pri izdelavi naloge

Ukrepi SNVP se izvajajo ob pojavu potencialno nevarnih situacij na cesti, ko je zaradi različnih vzrokov ogrožena prometna varnost. Sistem se bodisi avtomatsko bodisi ročno odzove v primeru zgoščenega prometnega stanja, v neugodnih vremenskih razmerah in ob pojavu izrednih dogodkov na cesti. Učinkovitost sistema se najbolj odraža v primeru nenapovedanih izrednih dogodkov, ki zahtevajo hitro in učinkovito reakcijo brez možnosti natančne predhodne priprave na situacijo. Veliko vlogo pri tem igra človeška komponenta, ki ni prisotna pri avtomatsko sproženih ukrepih sistema. Zaradi teh lastnosti so v nalogi obravnavani različni izredni dogodki, ki so se nepričakovano pojavili na izbranem avtocestnem odseku.

Za analizo je bil izbran gorenjski avtocestni odsek, na katerega je sistem razširjen z zahodne ljubljanske obvoznice. Glavna vzroka za izbiro omenjenega odseka sta sledeča:

- velike prometne obremenitve,
- karakteristika avtoceste, ki prevzema tako primestni kot medregionalni promet.

Avtocestna odseka, ki sta na Štajerskem in na Primorskem pokrita s SNVP, sta sicer zelo zahtevna zaradi velikega števila objektov in spremenljivih vremenskih razmer, vendar ne prevzemata tako velikih prometnih obremenitev, razen v obdobju glavne turistične sezone. Avtocestni obroč okoli Ljubljane je vsakodnevno močno prometno obremenjen, vendar ni merodajen za splošno oceno učinkovitosti SNVP, ker ima zaradi velikega števila priključkov in značaja mestne obvoznice posebne karakteristike.

Ugotavljanje učinkovitosti ukrepov SNVP omogoča postopek, sestavljen iz večih zaporednih korakov, ki je izveden za posamezen obravnavan izredni dogodek. Postopek sestavljajo sledeči koraki:

- Pregled sporočil iz sistema Kažipot;  
Identifikacija izrednih dogodkov je izvedena s pregledom obvestil iz sistema Kažipot, v katerega se vnašajo poročila o potencialno nevarnih situacijah na cesti. Poročilo navaja vrsto, čas in lokacijo izrednega dogodka ter nekatere okoliščine (npr. zaprtje prometnih pasov).
- Pregled videoposnetkov;  
Po identifikaciji izrednega dogodka sledi pregled posnetkov kamer video nadzornega sistema v časovnem obdobju in v območju lokacije izrednega dogodka. Iz posnetkov je mogoče razbrati nekatere podrobnosti o dogajanju na cesti, ki so koristne za analizo prometnih podatkov v nadaljevanju.
- Pregled prikazanih prometnih vsebin;  
V bazi podatkov je nato izvedena poizvedba o seznamu sporočil, ki so bila v času trajanja izrednega dogodka prikazana na različnih vrstah prikazovalnikov SPIS v vplivnem območju dogodka.
- Pregled prometnih podatkov;  
Za časovno obdobje trajanja izrednega dogodka je izvedena poizvedba o prometnih podatkih na merilnih mestih, ki so se nahajali v predvidenem vplivnem območju izrednega dogodka.
- Analiza prometnih podatkov;  
Na podlagi primerjave časovnega prikaza in vsebine sporočil s prometnimi podatki je izvedena analiza vplivov v glavnem, izvoznem in uvoznem prometnem toku. Iz grafikonov časovnega spreminjanja prometnih parametrov je mogoče zaznati spremembe, ki so sledile prikazom sporočil. Vpliv prikaza sporočil na uvozni in izvozni prometni tok je najbolj razviden iz sprememb vrednosti ekvivalentnega prometnega pretoka. V glavnem prometnem toku sporočila nimajo vpliva na količino vozil, ki prečkajo merilno mesto, temveč se vplivi kažejo v spremembah skupne povprečne hitrosti.
- Simulacija stanja z ukrepom in brez ukrepa SNVP;  
Za primerjavo stanja z ukrepom SNVP in brez njega je izvedena simulacija s pomočjo programskega orodja SimTraffic 6. Eno izmed stanj je realno, drugo pa predpostavljeno. V simulaciji so obravnavani izbrani primeri, pri katerih je na

spremembo prometnih parametrov nedvomno v celoti vplival prikaz sporočila na določeni vrsti SPIS.

Za ugotavljanje vplivov sistema na dejavnike, ki jih iz prometnih podatkov ni mogoče razbrati, je izvedena anketa uporabnikov sistema. Odgovori lahko vsebujejo nekoliko subjektiven pogled anketirancev, vendar podajajo splošno mnenje voznikov, ki ga ni mogoče pridobiti na noben drug način.

Za vrednotenje vplivov sistema na različne dejavnike, je izvedena ocena učinkovitosti ukrepov SNVP. Za določevanje vpliva na izbran dejavnik so uporabljeni računski modeli, ki se najbolj približajo realnemu stanju na cesti. Ocena učinkovitosti ukrepov SNVP se nanaša na rezultate analize prometnih podatkov, ki jih je v nekaterih primerih mogoče primerjati z rezultati ankete.

V zaključnem delu naloge so za primerjavo in splošno oceno učinkovitosti ukrepov SNVP zbrani rezultati ocene vplivov na posamezna področja za vse obravnavane izredne dogodke.

## **2 VPLIV UKREPOV SNVP OB POJAVU IZREDNIH DOGODKOV NA CESTI**

### **2.1 Prometna nesreča 05.10.2008**

#### **2.1.1 Časovni potek in oris izrednega dogodka**

##### **2.1.1.1 Obvestilo iz sistema Kažipot**

Čas objave: ned 5.10.2008 14:58

Na avtocesti Karavanke - Ljubljana pred priključkom Lj.-Šmartno v smeri Jesenic je zaradi prometne nesreče oviran promet.

Čas objave: ned 05.10.2008 15:03

Na avtocesti Karavanke - Ljubljana pred priključkom Lj.-Šmartno v smeri Jesenic je zaradi prometne nesreče zaprt vozni pas.

Čas objave: ned 05.10.2008 15:22

Na avtocesti Karavanke - Ljubljana med priključkom Lj.-Brod in priključkom Lj.-Šmartno v smeri Jesenic je zaradi prometne nesreče zaprta polovica avtoceste, promet je preusmerjen na vzporedno glavno cesto.

Čas objave: ned 05.10.2008 15:33 / Čas preklica: ned 05.10.2008 15:40

Avtocesta Karavanke - Ljubljana med razcepom Koseze in priključkom Lj.-Brod v smeri Jesenic bo do 5.10.2008 zaradi izrednega dogodka zaprta polovica avtoceste, promet je preusmerjen na vzporedno glavno cesto.

Čas objave: ned 05.10.2008 15:41 / Čas preklica: ned 05.10.2008 15:45

Na avtocesti Karavanke - Ljubljana med priključkom Lj.-Brod in priključkom Lj.-Šmartno v smeri Jesenic je zaradi prometne nesreče zaprt vozni pas.

### 2.1.1.2 Podatki iz posnetkov video nadzornih kamer

Kamera: TRA 12

Čas: 05.10.2008, 14:38:20 – 16:25:00

Lokacija: drog na priključku Lj.-Brod, AC A2

Smer kamere: Ljubljana in Kranj

Opis dogodka:

- Pojav izrednega dogodka: Ob 14:38:20 se na video posnetku pod podvozom Miheličeve ceste pojavi pešec, ki hodi ob desnem robu cestišča proti priključku Lj.-Brod in ob 14:41:50 prečka izvozno rampo.



Slika 4: Prometna nesreča 05.10.2008, pešec v območju priključka Lj.-Brod

Figure 4: Traffic accident 5th Oct. 2008, a pedestrian in the area of the Lj.-Brod junction

Približen čas dogodka nesreče: Video nadzorna kamera TRA 12 je v času prometne nesreče obrnjena v smer proti Ljubljani, zato natančni čas dogodka ni znan. Vendar je mogoče narediti približen izračun. Pešec je za hojo vzdolž zaviralnega pasu dolžine cca. 170 m (izmerjeno v ortofoto posnetku) potreboval čas od 14:38:20 do 14:41:00 (razvidno iz posnetka), kar je približno 160 s. Torej hodi s povprečno hitrostjo 1 m/s, kar je 3,6 km/h. Razdalja od začetka zaviralnega pasu do konca pospeševalnega pasu znaša cca. 500 m, torej jo pešec prehodi približno v  $t = 0,5 \text{ km} / 3,6 \text{ km/h} = 0,14\text{h} = 8,4 \text{ min}$ . Če to vrednost

prištejemo času, ko se je pešec pojavil na posnetku ob 14:38:20, dobimo približen čas dogodka prometne nesreče 14:46:35, ki ga zaokrožimo na 14:47:00.

- Pojav kolone vozil: Ob 14:53:15 se v območju video slike na voznem pasu ustavi prvo vozilo (Slika 5 levo zgoraj). Nekaj minut pred tem je mogoče opazovati vozila, ki upočasnjujejo vožnjo pred priključkom Lj.-Brod, nekatera pa se v zadnjem hipu usmerijo na izvoz. Na voznem pasu se prične nabirati kolona vozil. Ob 14:53:52 operator preusmeri kamero v smer proti Kranju. Kolona vozil se nahaja na obeh prometnih pasovih, vzdolž uvozne rampe priključka Lj.-Brod se začnejo vozila s prehitevalnega pasu preusmerjati na vozni pas. Ob 14:55:04 operator približa video sliko na kraj dogodka. Dva osebna avtomobila stojita na prehitevalnem pasu, druga dva pa na odstavnem pasu. Promet poteka mimo lokacije dogodka po voznem pasu (Slika 5 spodaj).



Slika 5: Prometna nesreča 05.10.2008, pojav kolone vozil

Figure 5: Traffic accident 5th Oct. 2008, traffic congestion appearance

- Intervencija: Ob 14:55:30 in 14:58:08 se na kraj prometne nesreče pripelje policija, ob 14:59:00 pa dve gasilski vozili. Ob 14:59:35-45 policist ustavi promet, nekaj oseb potisne vozilo s prehitevalnega pasu na odstavní pas (Slika 6 levo zgoraj). Ob 15:00:00 na kraj prometne nesreče pripelje vzdrževalno vozilo (Slika 6 desno zgoraj). Ob 15:00:44-50 policist ustavi promet, da lahko drugo vozilo s prehitevalnega pasu zapelje na odstavní pas (Slika 6 levo spodaj). Ob 15:01:05 policist odstrani trikotnik, tako da lahko promet nemoteno steče po prehitevalnem pasu. hkrati se na spremenljivi obvestilni tabli prižge vsebina, ki izmenično prikazuje prometni znak za prometno nesrečo in puščico za preusmerjanje prometa na prehitevalni pas (Slika 6 desno spodaj). Ob 15:01:50 na kraj prometne nesreče pripelje reševalno vozilo.



Slika 6: Prometna nesreča 05.10.2008, intervencija

Figure 6: Traffic accident 5th Oct. 2008, intervention

- Zapora ceste: Od 15:05:20 do 15:32:00 je promet popolnoma ustavljen (Slika 7 levo). Ob 15:27:20 s kraja prometne nesreče odpeljejo gasilci, ob 15:30:00 pa tudi rešilec. Z video posnetka ob 15:35:00 je razvidno, da kolona sega do predora Šentvid (Slika 7 desno).



Slika 7: Prometna nesreča 05.10.2008, zapora ceste

Figure 7: Traffic accident 5th Oct. 2008, roadblock

- Odstranitev ovir: Ob 15:44:38 se vzdrževalno vozilo umakne na odstavni pas, promet zopet steče po obeh prometnih pasovih (Slika 8 levo). Ob 16:04:00 avtovleka odpelje okvarjeno vozilo. Ob 16:23:55 se odpelje policija, ob 16:25:00 pa tudi vzdrževalci (Slika 8 desno). Na cestišču ni več nobene ovire.



Slika 8: Prometna nesreča 05.10.2008, normalno stanje

Figure 8: Traffic accident 5th Oct. 2008, normal conditions

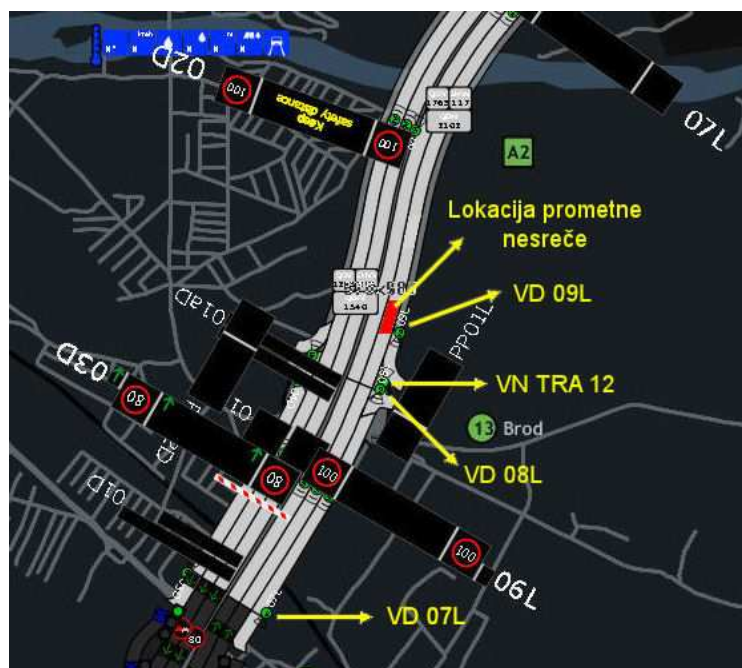


### 2.1.1.3 Osnovni podatki o izrednem dogodku

Preglednica 1: Prometna nesreča 05.10.2008, osnovni podatki

Table 1: Traffic accident 5th Oct. 2008, basic data

Vrsta podatka	Podatek za izredni dogodek
Vrsta izrednega dogodka	Prometna nesreča
Lokacija izrednega dogodka	AC A2, smer Kranj, uvoz Lj.-Brod, takoj za koncem pospeševalnega pasu
Pojav izrednega dogodka	Nedelja 05.10.2008, 14:47:00
Zaprti prometni pasovi	14:47:00 - 15:01:05 prehitevalni pas 15:01:05 - 15:05:20 vozni pas 15:05:20 - 15:32:00 smerno vozišče 15:32:00 - 15:44:38 vozni pas
Odstranitev ovir	15:44:38 – odstranitev ovire na voznem pasu 16:25:00 – odstranitev ovire na odstavnem pasu



Slika 9: Prometna nesreča 05.10.2008, prostorski prikaz na shematskem vmesniku

Figure 9: Traffic accident 5th Oct. 2008, spatial view as displayed on the schematic interface

#### 2.1.1.4 Prikaz prometnih vsebin

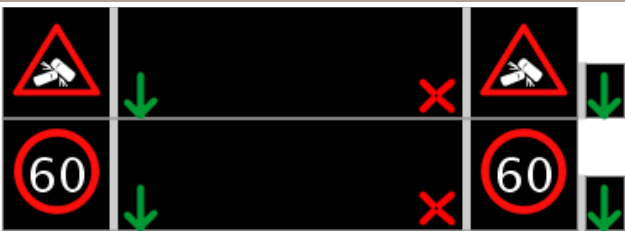



Preglednica 2: Prometna nesreča 05.10.2008, prometne vsebine na portalu SPIS 06L

Table 2: Traffic accident 5th Oct. 2008, variable messages on the gantry VMS 06L

SPIS	Datum	Št.	Grafika
SPIS06L	30.09.2008 12:43:00	0	
SPIS06L	05.10.2008 14:55:00	1	
SPIS06L	05.10.2008 15:03:30	2	
SPIS06L	05.10.2008 15:06:00	3	
SPIS06L	05.10.2008 15:09:50	4	

se nadaljuje...

...nadaljevanje

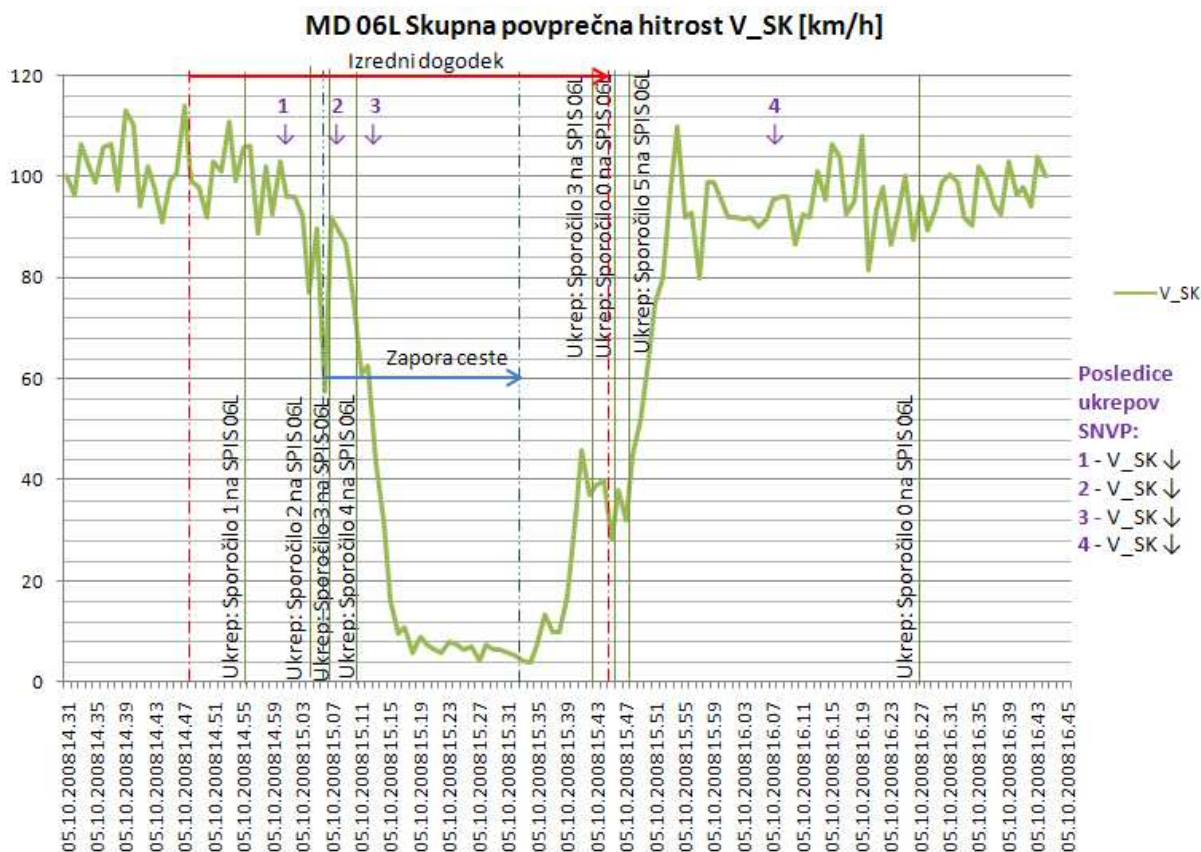
SPIS06L	05.10.2008 15:42:00	3	
SPIS06L	05.10.2008 15:45:00	0	
SPIS06L	05.10.2008 15:47:00	5	
SPIS06L	05.10.2008 16:26:30	0	

Na polportalih ni bilo prikazanih nobenih prometnih vsebin.

## 2.1.2 Analiza prometnih podatkov

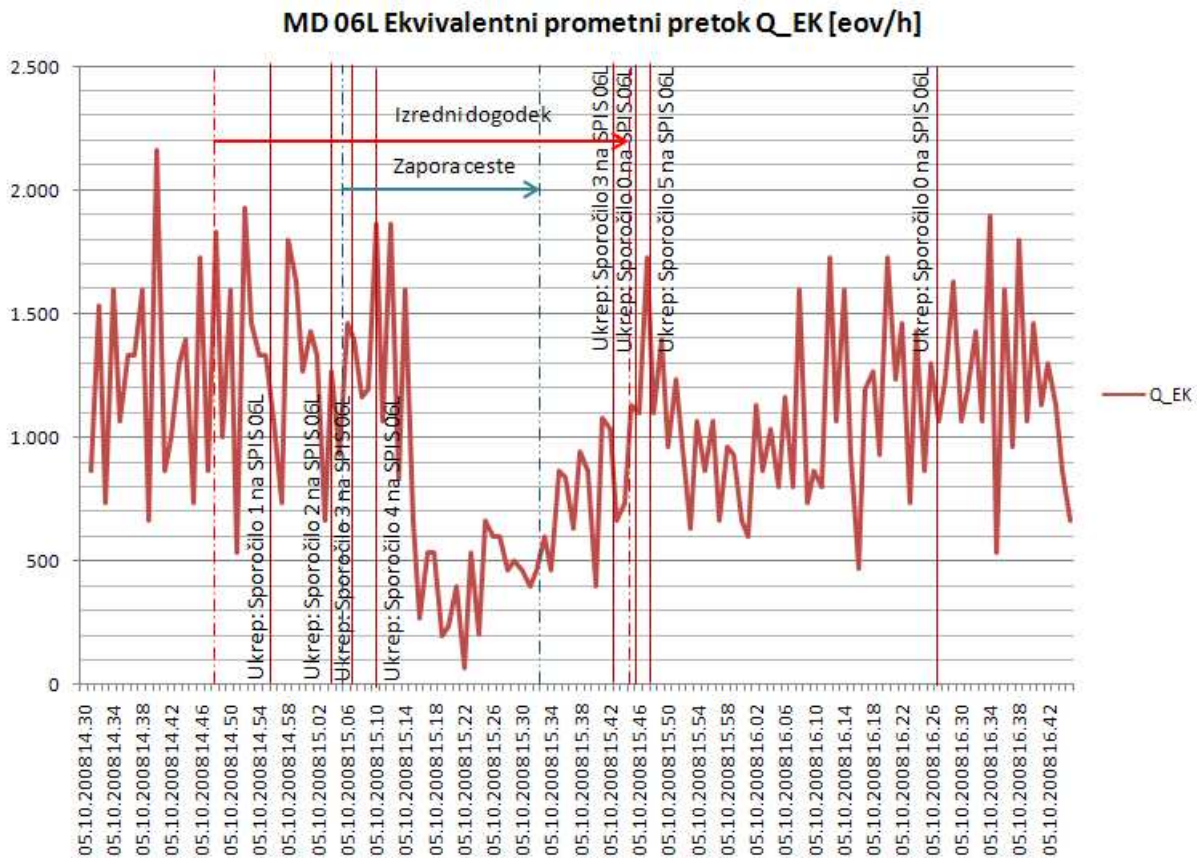
### 2.1.2.1 Analiza prometnih podatkov na merilnem mestu MD 06L

V analizi sem primerjala prometne podatke na merilnem mestu MD 06L z ukrepi SNVP. Mikrovalovni detektorji MD 06L so nameščeni na portalu SPIS 06L in sicer nad vsemi tremi prometnimi pasovi po en detektor (Slika 9). Podatki skupne povprečne hitrosti in ekvivalentnega prometnega pretoka na merilnem mestu MD 06L so preračunani iz podatkov posameznih mikrovalovnih detektorjev. Ukrepi SNVP, s katerimi sem primerjala prometne podatke, predstavljajo prikaze različnih sporočil na portalu SPIS 06L.



Grafikon 1: Prometna nesreča 05.10.2008, skupna povprečna hitrost na MD 06L

Diagram 1: Traffic accident 5th Oct. 2008, average speed for all vehicles on the MD 06L



Grafikon 2: Prometna nesreča 05.10.2008, ekvivalentni prometni pretok na MD 06L

Diagram 2: Traffic accident 5th Oct. 2008, equivalent traffic flow on the MD 06L

Ocena vrednosti ekvivalentnega prometnega pretoka in skupne povprečne hitrosti v različnih časovnih obdobjih na merilnem mestu MD 06L:

### 1. Čas od začetka opazovanja do dogodka prometne nesreče

V času od začetka opazovanja ob 14:30:00 do pojava izrednega dogodka ob 14:47:00 je bilo na portalu SPIS 06L prikazano sporočilo 0 z omejitvijo hitrosti 100 km/h. Temu ustreza tudi povprečna vrednost skupne hitrosti 101 km/h. Ekvivalentni prometni pretok se giblje okoli povprečne vrednosti 1242 eov/h.

## 2. Čas med dogodkom prometne nesreče in prikazom sporočila 1 na SPIS 06L

V časovnem obdobju po dogodku prometne nesreče pa vse do prikaza sporočila 1 na portalu SPIS 06L na grafikonu skupne povprečne hitrosti ni mogoče opaziti nikakršnih sprememb v primerjavi z gibanjem vrednosti pred pojavom izrednega dogodka. Povprečna vrednost hitrosti ostane na enakem nivoju, to je 102 km/h. Vozniki v tem času še niso obveščeni o bližini kritičnega odseka, na katerem se je zgodil izredni dogodek. Zato na nikakršen način ne prilagodijo načina vožnje, temveč vozijo na podoben način kot pred prometno nesrečo. Tudi ekvivalentni prometni pretok se še vedno giblje v območju okoli povprečja 1317 eov/h.

## 3. Čas po prikazu sporočila 1 na SPIS 06L

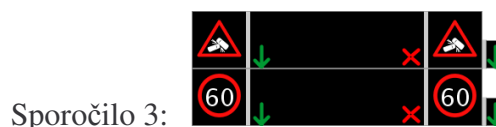
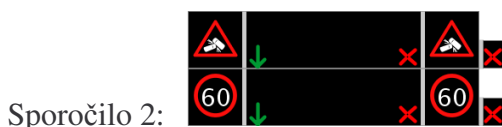


- vpliv ukrepa:

### padec skupne povprečne hitrosti

Ob 14:55:00 operater na portalu SPIS 06L ročno prikaže sporočilo 1, ki vsebuje informacijo o dogodku prometne nesreče na lokaciji med priključkoma Lj.-Brod in Lj.-Šmartno ter omejitev hitrosti 80 km/h. Takoj za tem prične skupna povprečna hitrost padati. V času do prikaza sporočila 2 se spusti na 92 km/h, povprečna vrednost v tem obdobju pa znaša 95 km/h, kar je še vedno več kot prikazana omejitev hitrosti. Ekvivalentni prometni pretok se še vedno giblje okoli povprečja 1321 km/h, ker se kolona vozil še ni nabrala do portala SPIS 06L. Padeč hitrosti je torej posledica prikazanega sporočila. Obveščeni vozniki prilagodijo hitrost in postanejo bolj previdni, zato se zmanjša možnost nastanka naletov na repu kolone.

## 4. Čas po prikazu sporočila 2 in 3 na SPIS 06L - vpliv ukrepa: padec skupne povprečne hitrosti



Ob 15:03:30 operater na portalu SPIS 06L prikaže sporočilo 2, ki vsebuje informacijo o prometni nesreči, zaprtih prometnih pasovih in omejitvi hitrosti 60 km/h. Operater se zmoti in tudi nad pasom, ki se iz uvozne rampe Lj.-Šentvid nadaljuje v izvozno rampo Lj.-Brod,

prikaže rdeči križ. V resnici mora biti ta pas odprt za promet, da vozniki lahko izvažajo na priključku Lj.-Brod. Kmalu operater opazi napako in ob 15:06:00 rdeči križ zamenja z zeleno puščico. V analizi so obravnavani prometni podatki za celotno merilno mesto in ne ločeno po prometnih pasovih, zato ta sprememba v sporočilu ni relevantna. Ob 15:05:20 vzdrževalci na lokaciji prometne nesreče začasno zaprejo cesto za ves promet, vendar vpliv nekaj minut še ne seže nazaj do portala. Vzrok je najbrž tudi v razbremenitvi kritičnega odseka zaradi povečane uporabe izvoza Lj.-Brod. V času po prikazu sporočila 2 in 3 do prikaza sporočila 4 se ekvivalentni prometni pretok giblje v enakem območju kot prej okoli povprečne vrednosti 1236 eov/h. Povprečna vrednost skupne hitrosti pade na 82 km/h. Vzrok za to je prikaz strožje omejitve hitrosti 60 km/h, ki pa je na žalost vozniki ne upoštevajo popolnoma. Kljub temu padec hitrosti prispeva k povečanju prometne varnosti pred kritičnim odsekom.

#### 5. Čas po zapori ceste in prikazu sporočila 4 na SPIS 06L

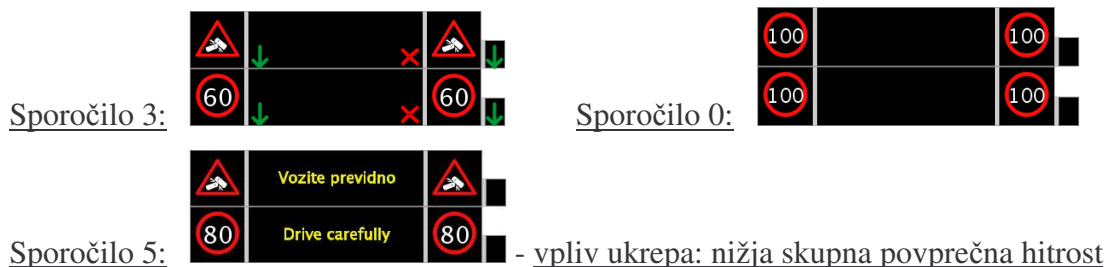
- delni vpliv ukrepa: padec skupne povprečne hitrosti



Kljub zapori ceste ob 15:05:20 pade ekvivalentni prometni pretok šele ob 15:16:00 na vrednost 266 eov/h. Do takrat pa se tudi po prikazu sporočila 4 giblje okoli povprečja 1313 eov/h. Skupna hitrost pa prične padati takoj po prikazu sporočila 4, ki vsebuje omejitev hitrosti 50 km/h in napotek za uporabo izvoza Lj.-Brod. Iz vrednosti 76 km/h ob 15:10:00, to je takoj po prikazu sporočila 4, se do 15:16:00 postopoma spusti na vrednost 10 km/h. V tem obdobju povprečna hitrost znaša 48 km/h. Vzrok za to je ob konstantnem pretoku torej informacija v sporočilu, ki voznike pošilja na izvoz. Vozniki se začnejo preusmerjati proti desnemu robu vozišča, zaradi česar pride do motnje v prometnem toku in posledično naglega zmanjšanja hitrosti. Ob 15:16:00 vrednost ekvivalentnega prometnega pretoka naglo pade in se do konca zapore ceste ob 15:32:00 giblje v območju okoli povprečne vrednosti 418 km/h. Padec prometnega pretoka je posledica zapore ceste in omejene prepustnosti izvoza Lj.-Brod, na katerem se nabere kolona vozil. Povprečna vrednost skupne hitrosti v tem časovnem obdobju znaša 7 km/h. Kljub popolni zapori ceste na lokaciji prometne nesreče se zaradi izvažanja vozil na izvozu Lj.-Brod kolona zelo počasi premika naprej. Po koncu popolne

zapore ceste, ko je od 15:32:00 dalje prehitvalni pas zopet odprt za promet, pričneta tako ekvivalentni prometni pretok kot tudi skupna povprečna hitrost postopoma naraščati.

#### 6. Čas po prikazu sporočil 3, 0 in 5 na SPIS 06L



Operater ob 15:42:00 prikaže sporočilo 3. Ob 15:44:38 so na lokaciji prometne nesreče odstranjene vse ovire na obeh prometnih pasovih, zato operater ob 15:45:00 prikaže sporočilo 0 za osnovno stanje, ki vsebuje le omejitev hitrosti 100 km/h. Nato pa se že čez 2 minuti premisli in prikaže sporočilo 5, ki zopet vsebuje podatek o prometni nesreči in omejitev hitrosti 80 km/h. Bolj bi bilo primerno prikazati sporočilo za oviro, ki se na odstavnem pasu nahaja do 16:25:00. Spremembi sporočil 3 in 0 se zgodita v tako kratkem časovnem intervalu, da ni mogoče narediti analize njunega vpliva. Po prikazu sporočila 5 se ekvivalentni prometni pretok ustali v območju okoli povprečne 1063 km/h. Skupna povprečna hitrost pa se giblje okoli povprečja 91 km/h vse do prikaza sporočila za normalno stanje ob 16:26:30. Kljub temu, da se je kolona vozil postopoma sprostila, hitrost še vedno ne dosega vrednosti okoli 100 km/h kot po ponovnem prikazu sporočila 0 za normalno stanje. Na nižjo hitrost torej vpliva sporočilo 5 z informacijo o izrednem dogodku in omejitvijo hitrosti.

#### 7. Čas po prikazu sporočila 0 na SPIS 06L

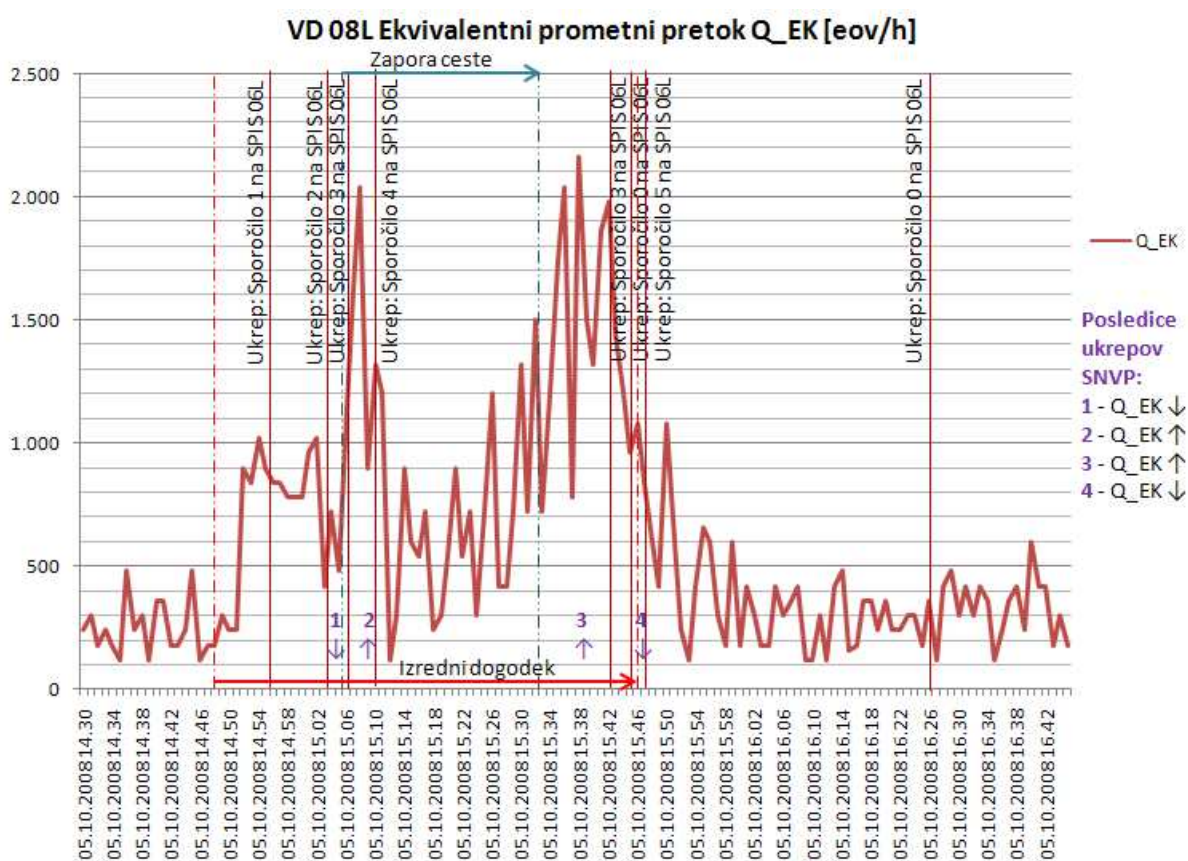


Po tem ko tudi vzdrževalna vozila zapustijo lokacijo prometne nesreče, tako da tudi na odstavnem pasu ni več nobene ovire, operater ob 16:26:30 prikaže sporočilo 0 za normalno stanje z omejitvijo hitrosti 100 km/h. V času do konca opazovanja ov 16:45:00 se povprečna vrednost ekvivalentnega pretoka zviša na 1214 eov/h, povprečna vrednost skupne hitrosti pa zraste na 97 km/h. Obe vrednosti sta primerljivi z obdobjem pred prometno nesrečo.



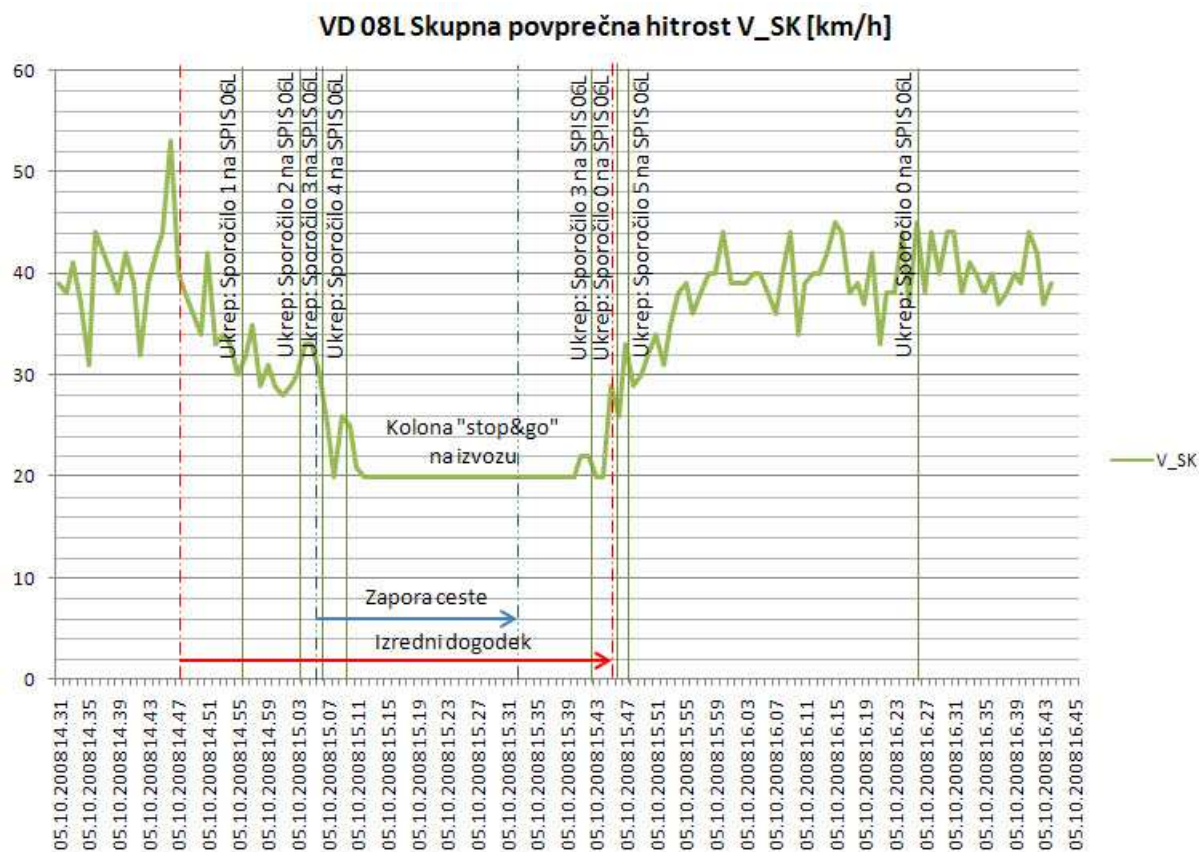
### 2.1.2.2 Analiza prometnih podatkov na izvozu Lj.-Brod

V analizi izvoznega prometnega toka priključka Lj.-Brod sem prometne podatke primerjala z ukrepi SNVP (Preglednica 2) in dogajanjem na cesti, ki je razvidno iz posnetkov video nadzornih kamer (Poglavje 2.1.1.2). Prometni podatki o izvoznem prometnem toku, ki jih je v izbranem časovnem obdobju zbrala video detekcijska kamera VD 08L, so predstavljeni v spodnjih grafikonih. Video detekcijska kamera VD 08L je nameščena na samostojnem drogu nad izvozno rampo priključka Lj.-Brod (Slika 9).



Grafikon 3: Prometna nesreča 05.10.2008, ekvivalentni prometni pretok na VD 08L

Diagram 3: Traffic accident 5th Oct. 2008, equivalent traffic flow on the VD 08L



Grafikon 4: Prometna nesreča 05.10.2008, skupna povprečna hitrost na VD 08L

Diagram 4: Traffic accident 5th Oct. 2008, average speed for all vehicles on the VD 08L

Ocena vrednosti ekvivalentnega prometnega pretoka in skupne povprečne hitrosti v različnih časovnih obdobjih na izvozu Lj.-Brod:

#### 1. Čas od začetka opazovanja do dogodka prometne nesreče

V času od začetka opazovanja ob 14:20:00 do 14:47:00, ko se zgodi prometna nesreča, ekvivalentni prometni pretok niha v ustaljenem območju s povprečno vrednostjo 261 ev/h. V tem obdobju se skupna povprečna hitrost giblje okoli povprečne vrednosti 40 km/h.

2. Čas med dogodkom prometne nesreče in prikazom sporočila 1 na SPIS 06L

Takoj po dogodku prometne nesreče ob 14:47:00 prične ekvivalentni prometni pretok naraščati, še preden ob 14:55:00 operater v nadzornem centru sproži prikaz sporočila 1 na portalu SPIS 06L. Iz video posnetkov je razvidno, da se že ob 14:53:15 kolona vozil nabere do izvoza Lj.-Brod (Slika 5) in da se veliko voznikov tik pred koncem zaviralnega pasu usmeri na izvoz. To se kaže v porastu prometnega pretoka na izvozni rampi in padcu skupne povprečne hitrosti.

3. Čas po prikazu sporočila 1 na SPIS 06L

Prikaz sporočila 1 na portalu SPIS 06L (Preglednica 2), ki vsebuje informacijo o vrsti izrednega dogodka (prometni znak za prometno nesrečo) ter lokaciji (Brod – Šentvid) ne povzroči bistvene spremembe pri uporabi izvoza Lj.-Brod. Ekvivalentni prometni pretok se giblje okoli povprečne vrednosti 900 eov/h, do katerega je narasel že pred prikazom sporočila 1. Vzrok za to je, da je lokacija prometne nesreče blizu izvoza Lj.-Brod. Zaradi vidnosti izrednega dogodka oziroma njegovih posledic (nastajanje kolone), so vozniki pričeli uporabljati izvoz, še preden so bili informirani preko SNVP.

4. Čas po prikazu sporočila 2 na SPIS 06L

ekvivalentnega prometnega pretoka

Po tem ko ob 15:01:05 promet steče po prehitevalnem pasu, operater ob 15:03:30 prikaže sporočilo 2, ki vsebuje križe in puščice za označitev zaprtih oz. odprtih prometnih pasov. Na lokaciji portala SPIS 06L se nahajajo trije prometni pasovi (Slika 9). Skrajno desni pas povezuje uvozno rampo priključka Lj.-Šentvid z izvozno rampo priključka Lj.-Brod. Operater po pomoti zapre tudi skrajno desni pas, kar vpliva tudi na izvozni tok. Vozniki delno upoštevajo rdeči križ, zaradi česar v naslednjih minutah pade vrednost ekvivalentnega prometnega pretoka. Če bi vozniki popolnoma upoštevali rdeči križ, ne bi smeli uporabljati

izvoza. Portal SPIS 06L se sicer nahaja precej daleč od izvozne rampe, zato vozniki kljub temu uporabijo izvoz, ko vidijo, da na njem ni nobene ovire.

5. Čas po prikazu sporočila 3 na SPIS 06L  
porast ekvivalentnega prometnega pretoka



- vpliv ukrepa:

Operater po nekaj minutah ugotovi napako in ob 15:06:00 rdeči križ nad skrajno desnim prometnim pasom spremeni v zeleno puščico. Takoj za tem ekvivalentni prometni pretok na izvozu skokovito naraste, hkrati se zniža skupna povprečna hitrost.

6. Čas po zapori ceste in prikazu sporočila 4 na SPIS 06L  
vpliv ukrepa: porast ekvivalentnega prometnega pretoka



Od 15:05:20 do 15:32:00 je promet ustavljen. Ob 15:09:50 operater prikaže sporočilo, ki voznike pošilja na izvoz Lj.-Brod. Zaradi omejene prepustnosti križišča izvozne rampe z Miheličevo cesto se na izvozni rampi kmalu začne nabirati kolona vozil, ki preide v »stop & go« način vožnje (izmenično speljevanje in ustavljanje). Tak način vožnje se odraža tudi na grafikonu, ki prikazuje časovno odvisnost skupne povprečne hitrosti  $V_{sk}$  (Grafikon 4). Video detekcijska kamera VD 08L v časovnem obdobju od 15:12:00 do 15:40:00 podaja enake vrednosti skupne povprečne hitrosti 20 km/h. To je najnižja nastavljena hitrost, ki jo video detekcijska kamera na uvozni ali izvozni rampi še detektira oziroma podaja v primeru »stop & go« načina vožnje. Vzrok take nastavitve je dejstvo, da video detekcijske kamere v pogojih »stop & go« načina vožnje ne morejo dovolj zanesljivo podajati podatkov o hitrosti. Na podlagi analize video slike lahko namreč kamera prepozna večje število zelo skupaj vozečih vozil kot eno daljše tovorno vozilo.

Zaradi zapore ceste se glavni prometni tok popolnoma ustavi, nabere se stoječa kolona vozil. Zaradi tega je usmerjanje vozil na izvoz Lj.-Brod oteženo, kar se kaže v padcu ekvivalentnega prometnega pretoka na izvozni rampi. V času zapore ceste povprečni ekvivalentni prometni

pretok zaradi različne prepustnosti izvoznega križišča niha okoli povprečne vrednosti 771 eov/h. Po koncu zapore v nekaj minutah pretok na izvozu naraste in doseže povprečno vrednost 1530 eov/h, ki bi jo v primeru vsaj delne pretočnosti v glavnem prometnem toku že prej dosegel zaradi ukrepa SNVP, ki voznike usmerja na izvoz.

7. Čas po ponovnem prikazu sporočila 3 na SPIS 06L



Sporočilo 3 s križi in puščicami je na portalu SPIS 06L prikazano le kratek čas od 15:42:00 do 15:45:00, tako da je težko narediti analizo vpliva na izvozni prometni tok. Čeprav se že kaže trend padanja ekvivalentnega prometnega pretoka in naraščanja skupne povprečne hitrosti, ki sledi po prikazu sledečega sporočila.

8. Čas po prikazu sporočila 0 na SPIS 06L  
padec ekvivalentnega prometnega pretoka



- vpliv ukrepa:

Ob 15:44:38 se vzdrževalno vozilo umakne na odstavni pas in promet zopet steče po obeh prometnih pasovih (Slika 8). Zaradi tega se najbrž operater ob 15:45:00 odloči za prikaz sporočila 0 na portalu SPIS 06L, ki ustreza normalnemu stanju na cesti in vsebuje omejitev hitrosti 100 km/h brez informacije o izrednem dogodku. To sporočilo je prikazano le kratek čas do 15:47:00. Kljub kratkemu prikazu sporočila je mogoče opaziti očiten upad ekvivalentnega prometnega pretoka in vzporedno naraščanje skupne povprečne hitrosti na izvozni rampi. V tem času je na kritičnem odseku promet še vedno zelo gost in poteka v strnjeni koloni, zato se vozniki odločajo za nadaljevanje vožnje po avtocesti predvsem zaradi preklica sporočila, ki jih je predhodno pošiljalo na izvoz Lj.-Brod.

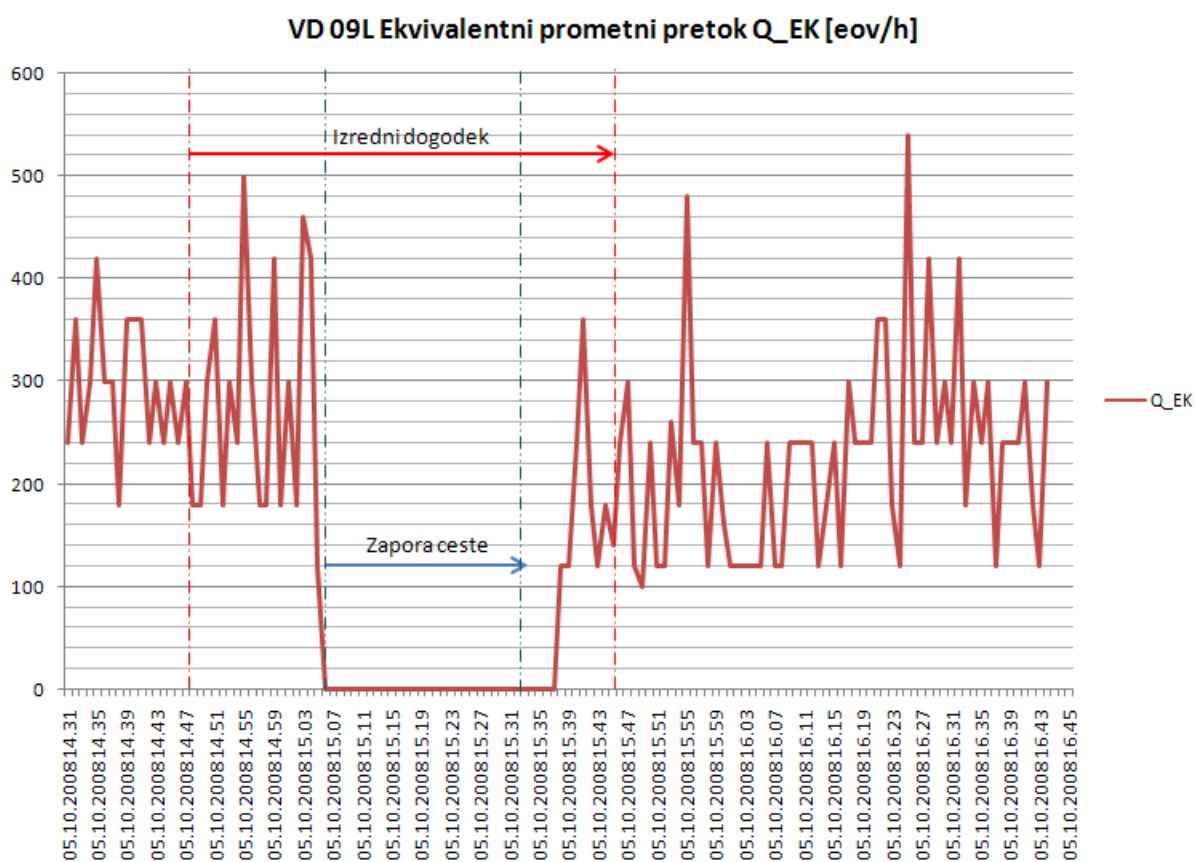
9. Čas po prikazu sporočila 5 na SPIS 06L

Na odstavnem pasu še vedno ostane policija in avtovleka, ki nalaga okvarjeno vozilo. Zaradi ovire na odstavnem pasu se najbrž operater premisli in zopet prikaže manj restriktivno sporočilo 5, ki vsebuje podatek o vrsti izrednega dogodka, omejitev hitrosti 80 km/h in napotek za previdno vožnjo. Ovira na odstavnem pasu se sprostí šele ob 16:25:00, ko tudi vzdrževalci odpeljejo s kraja nesreče. Od sprostitve prometa po obeh prometnih pasovih poteče še najmanj 10 minut, da se prometno stanje normalizira. Od 15:55:00 dalje se ekvivalentni prometni pretok na izvozu ustali okoli povprečne vrednosti 313 eov/h, skupna povprečna hitrost pa okoli 40 km/h. Obe vrednosti sta primerljivi s stanjem na izvozu pred dogodkom prometne nesreče.

Sporočilo 5 torej ne vpliva na odločanje voznikov o izbiri alternativne poti. Saj tudi njegov namen ni tak. Voznikom sporočilo podaja le informacijo, da je na cesti neko posebno stanje in naj zato bolj previdno vozijo. Zaradi tega se tudi po ponovnem prikazu sporočila 0 v normalnem stanju situacija na izvozu Lj.-Brod ne spremeni.

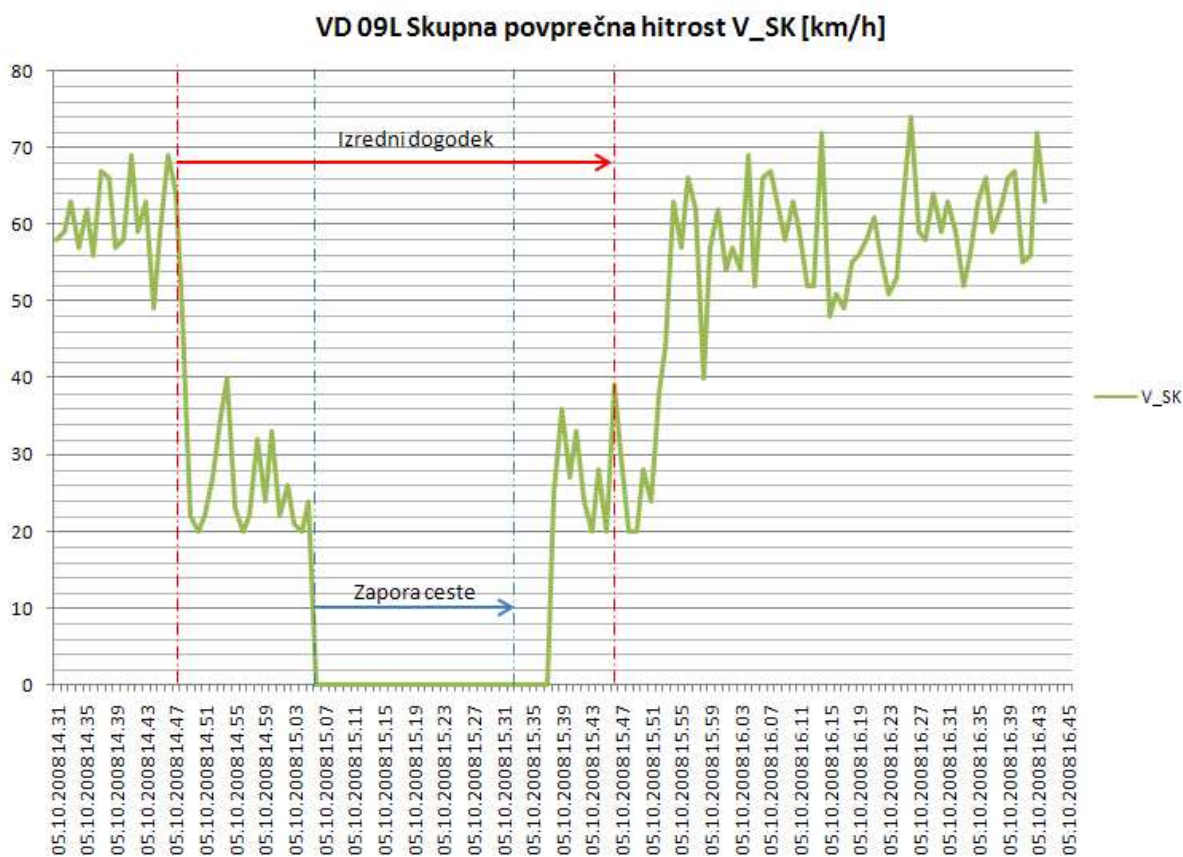
### 2.1.2.3 Analiza prometnih podatkov na uvozu Lj.-Brod

V času prometne nesreče na polportalih priključka Lj.-Brod ni bilo prikazanih nobenih sporočil. Za analizo uvoznega prometnega toka priključka Lj.-Brod sem preučila podatke o ekvivalentnem prometnem pretoku in skupni povprečni hitrosti, ki jih je izmerila video detekcijska kamera VD 09L. Ta kamera je nameščena na samostojnem drogu nad uvozno rampo priključka Lj.-Brod (Slika 9).



Grafikon 5: Prometna nesreča 05.10.2008, ekvivalentni prometni pretok na VD 09L

Diagram 5: Traffic accident 5th Oct. 2008, equivalent traffic flow on the VD 09L



Grafikon 6: Prometna nesreča 05.10.2008, skupna povprečna hitrost na VD 09L

Diagram 6: Traffic accident 5th Oct. 2008, average speed for all vehicles on the VD 09L

Ocena vrednosti ekvivalentnega prometnega pretoka in skupne povprečne hitrosti v različnih časovnih obdobjih na uvozu Lj.-Brod:

1. Čas od začetka opazovanja do dogodka prometne nesreče

V času od začetka opazovanja do dogodka prometne nesreče ob 14:47:00 ekvivalentni prometni pretok na uvozni rampi priključka Lj.-Brod niha okoli povprečne vrednosti 296 eov/h. Skupna povprečna hitrost na uvozni rampi pa se giblje okoli povprečne vrednosti 60 km/h.



## 2. Čas po dogodku prometne nesreče do zapore ceste

Takoj po dogodku prometne nesreče se prometni pretok na uvozu ne spremeni, v nekaj časovnih intervalih doseže celo višje vrednosti kot pred dogodkom prometne nesreče. Vzrok za to je, da na polportalih priključka Lj.-Brod ni prikazanih nobenih sporočil, zato vozniki niso obveščeni o pojavu izrednega dogodka na avtocesti. Ker vozniki nimajo nikakršne informacije, tudi nimajo možnosti odločanja o izbiri alternativne poti in se še vedno v enakem številu vključujejo na kritični avtocestni odsek kot pred dogodkom prometne nesreče. Zaradi neukrepanja s strani operaterjev v nadzornem centru ostaja kritični avtocestni odsek še vedno v enaki meri obremenjen. V nasprotnem primeru se kaže pozitiven vpliv ukrepa SNVP z zmanjšanjem uvoznega prometnega toka in posledično razbremenitvijo kritičnega avtocestnega odseka v primeru prometne nesreče 30.12.2008 (glej poglavje 2.2.2.3).

Sprememba skupne povprečne hitrosti je očitna takoj po pojavu izrednega dogodka. Skupna povprečna hitrost pade in se vse do zapore ceste giblje okoli povprečne vrednosti 25 km/h. Vzrok temu je lokacija prometne nesreče tik za koncem pospeševalnega pasu uvoza Lj.-Brod. Vozniki, ki uvažajo na kritični avtocestni odsek na pospeševalnem pasu zmanjšujejo hitrost, saj je vključevanje v glavni prometni tok oteženo zaradi kolone vozil, ki se nabere na voznem pasu.

## 3. Čas zapore ceste

V času zapore ceste ekvivalentni prometni pretok in skupna povprečna hitrost padeta na 0, saj zaradi stoječe kolone vozil ni več mogoče vključevanje uvoznega toka na avtocesto.

## 4. Čas od konca zapore ceste do vzpostavitve normalnih prometnih razmer

Po koncu zapore ceste promet še vedno poteka le po enem prometnem pasu, tako da ostaja prepustnost kritičnega avtocestnega odseka zmanjšana. Zaradi tega je še vedno ovirano vključevanje uvoznega prometnega toka v glavni prometni tok, kar se kaže v zmanjšanih vrednostih ekvivalentnega prometnega pretoka in skupne povprečne hitrosti na uvozni rampi. Na voljo sicer ni nikakršnih video posnetkov, vendar je mogoče sklepati, da se je zaradi

zapore ceste kolona vozil na uvozni rampi nabrala vse do priključnega križišča. Zaradi tega vozniki kljub neinformiranosti namesto vključevanja na avtocesto izbirajo alternativno pot.



Še približno 10 minut poteče, da se po sprostitvi prometa po obeh prometnih pasovih ob 15:44:38 prometno stanje normalizira. Do takrat ekvivalentni prometni pretok in skupna povprečna hitrost vozil ponovno narasteta. Povprečna vrednost pretoka 218 eov/h in hitrosti 57 km/h je sicer nekoliko manjša kot pred dogodkom prometne nesreče. Vzrok za to je verjetno ovira, ki še do 16:25:00 ostane na odstavnem pasu tik za koncem pospeševalnega pasu. Po odstranitvi ovire se prometno stanje popolnoma normalizira.

#### 2.1.2.4 Analiza vozne hitrosti

Za prometno nesrečo 05.10.2008 je na podalgi analize prometnih podatkov na merilnem mestu MD 06L mogoče izpostaviti štiri primere vpliva ukrepov SNVP na prilagoditev hitrosti. V prvem primeru se je rep kolone nahajal še precej daleč od portala, zato v času ukrepa oziroma prikaza sporočila 4 ni bilo prisotnih drugih dejavnikov, ki bi vplivali na znižanje vozne hitrosti. Tudi v drugem in četrtem primeru se je pretok pred in po ukrepu gibal v približno enakem območju, zato je znižanje vozne hitrosti mogoče pripisati prikazu ustreznega sporočila. V tretjem primeru prilagoditve hitrosti ni mogoče popolnoma pripisati ukrepu SNVP, saj je nanj vplivalo tudi zgoščevanje prometa in približevanje repa kolone portalu, zato ta primer ni obravnavan v sledeči preglednici.


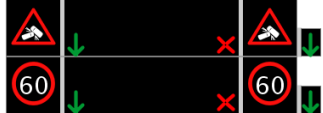

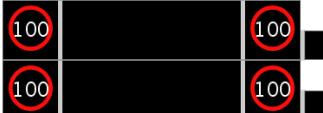
Preglednica 3: Prometna nesreča 05.10.2008, analiza vozne hitrosti

Table 3: Traffic accident 5th Oct. 2008, driving speed analysis

Primer	Stanje	Sporočilo na SPIS 06L	Q_EK [eov/h]	Hitrost [km/h]	Odstopanje od omejitve [km/h]
1	Pred ukrepom	0 	1317	Omejitev 100	+ 2
				V_SK 102	
	Ukrep	1 	1321	Omejitev 80	+ 15
			V_SK 95		
	Redukcija V_SK ob ukrepu [km/h]:			7	

se nadaljuje...

...nadaljevanje

2	Pred ukrepom	1		1321	Omejitev 80	+ 15
					V_SK 95	
2	Ukrep	3		1236	Omejitev 60	+ 22
					V_SK 82	
	Redukcija V_SK ob ukrepu [km/h]:					13
4	Ukrep	5		1063	Omejitev 80	+ 11
					V_SK 91	
	Po ukrepu	0		1214	Omejitev 100	- 3
				V_SK 97		
Redukcija V_SK ob ukrepu [km/h]:					8	

### 2.1.2.5 Analiza odzivnega časa

Odzivni čas je čas od pojava izrednega dogodka do prvega ukrepa, ki zagotovi ustrezno prometno varnost v danih razmerah na cesti. Ukrepe vzdrževalne službe je prihod vzdrževalnega vozila na kraj nesreče in zavarovanje ovire, ukrep SNVP pa je prikaz prvega sporočila z informacijo o izrednem dogodku na cesti. Odzivni čas za SNVP in vzdrževalno službo ter razlika med njima je navedena v sledeči preglednici. Prvi ukrep SNVP po pojavu izrednega dogodka je prikaz sporočila 1 na portalu SPIS 06L, ki ga je operater ročno sprožil 8 minut po pojavu izrednega dogodka. Vzdrževalna služba pa je oviro na voznem pasu zavarovala še 6 minut kasneje, to je 14 minut po dogodku prometne nesreče.

Preglednica 4: Prometna nesreča 05.10.2008, analiza odzivnega časa

Table 4: Traffic accident 5th Oct. 2008, response time analysis

Izvajalec ukrepa	Čas pojava izrednega dogodka	Ukrep	Čas ukrepa	Odzivni čas [min]
Vzdrževalna služba	14:47:00	Prihod vzdrževalnega vozila na kraj nesreče	15:01:00	14,0
SNVP	14:47:00	Prikaz sporočila na SPIS 06L 	14:55:00	8,0
Krajši odzivni čas [min]:				6,0


## 2.1.2.6 Razbremenitev kritičnega avtocestnega odseka

### 2.1.2.6.1 Povečanje prometnega pretoka na izvozu Lj.-Brod zaradi ukrepa SNVP

Na podlagi analize prometnih podatkov na izvozu Lj.-Brod so bili ugotovljeni 4 primeri vpliva ukrepa SNVP na izvozni prometni tok. Vendar so bila v primerih 1, 2 in 4 sporočila prikazana prekratek čas, to je le nekaj minut, tako da ocena vpliva na izvozni prometni tok ni smiselna. V sledeči preglednici je zato predstavljen le primer 3, ko je na portalu SPIS 06L prikazano sporočilo 4, ki voznike spodbuja k uporabi izvoza. V času zapore ceste je zaradi stoječe kolone vozil v glavnem prometnem toku izvažanje nekoliko ovirano, zato prometni pretok na izvozni rampi sicer naraste, a še ne doseže maksimalnih vrednosti. Ko pa se zapora ceste sprost, prometni pretok močno naraste na 5,9-krat večjo vrednost kot v normalnem stanju pred izrednim dogodkom. Na ta način se bistveno razbremeni kritični avtocestni odsek.

Preglednica 5: Prometna nesreča 05.10.2008, povečanje prometnega pretoka na izvozu

Table 5: Traffic accident 5th Oct. 2008, traffic flow increase on exit

Primer	Sporočilo na SPIS 06L	Q_EK [eov/h]		Količnik povečanja pretoka
		pred izrednim dogodkom	po ukrepu	
3		261	1530*	5,9-krat

Opomba: Povprečje Q\_EK je izračunano v časovnem obdobju po koncu zapore ceste

#### 2.1.2.6.2 Nespremenjen prometni pretok na uvozu Lj.-Brod zaradi neukrepanja

V času izrednega dogodka na polportalih priključka Lj.-Brod ni bilo prikazanih nobenih sporočil, ki bi voznike opozarjale na prometno nesrečo. Zaradi tega so vozniki v enaki meri uvažali na kritični avtocestni odsek kot pred dogodkom. Povprečna vrednost prometnega pretoka pred izrednim dogodkom je znašala 296 eov/h, po dogodku vse do zapore ceste pa 278 eov/h. Posledica neustreznega ukrepanja je podaljšano trajanje zastojev.

### 2.1.3 Analiza vpliva ukrepov SNVP s pomočjo simulacije

Lokacija prometne nesreče se nahaja takoj po koncu pospeševalnega pasu izvoza Lj.-Brod, zato jo vozniki dovolj zgodaj opazijo, da se lahko še pravočasno odločijo in varno usmerijo na izvoz Lj.-Brod. Zaradi tega bi se tudi brez predhodne informacije o izrednem dogodku kritični odsek razbremenil, morda sicer v nekoliko manjši meri, kar je mogoče ugotoviti iz porasta ekvivalentnega prometnega pretoka na izvozu še pred prikazom sporočila 1. Na podlagi te ugotovitve sem v analizi obravnavala vpliv ukrepa, ki zajema prikaz ustreznega sporočila na polportalih. Po kalibraciji simulacijskega modela mreže sem najprej simulirala primer realnega stanja, v katerem ni bilo prikazanega nobenega sporočila na polportalih. Nato pa sem simulirala še primer ob predpostavki prikaza ustreznega sporočila na polportalih, ki bi prispeval k razbremenitvi kritičnega avtocestnega odseka.

#### 2.1.3.1.1 Kalibracija simulacijskega modela mreže

Časovni interval: 10 min, začetni čas: 14:47:00 – dogodek prometne nesreče.

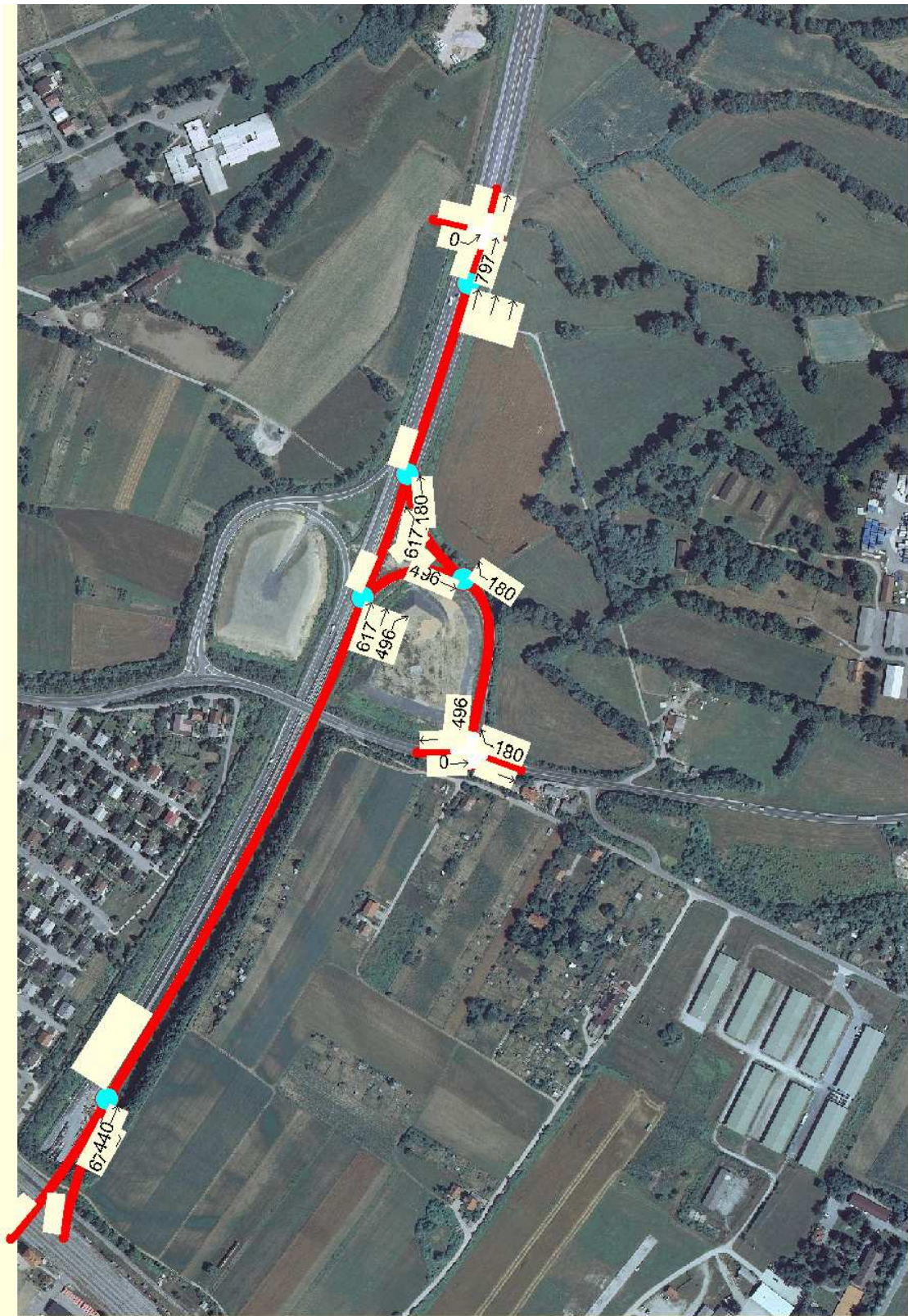
Prometni podatki: povprečni prometni podatki za enako časovno obdobje.

Preglednica 6: Prometna nesreča 05.10.2008, prometni podatki za kalibracijo

Table 6: Traffic accident 5th Oct. 2008, traffic data for the calibration

Merilnik	Lokacija	Qsk [voz/h]
VD 09L	Uvozna rampa Lj.-Brod	180
VD 08L	Izvozna rampa Lj.-Brod	496
MD 06L	Lj.-Šentvid – Lj.-Brod	1113
VD 07L	Uvozna rampa Lj.-Šentvid	440

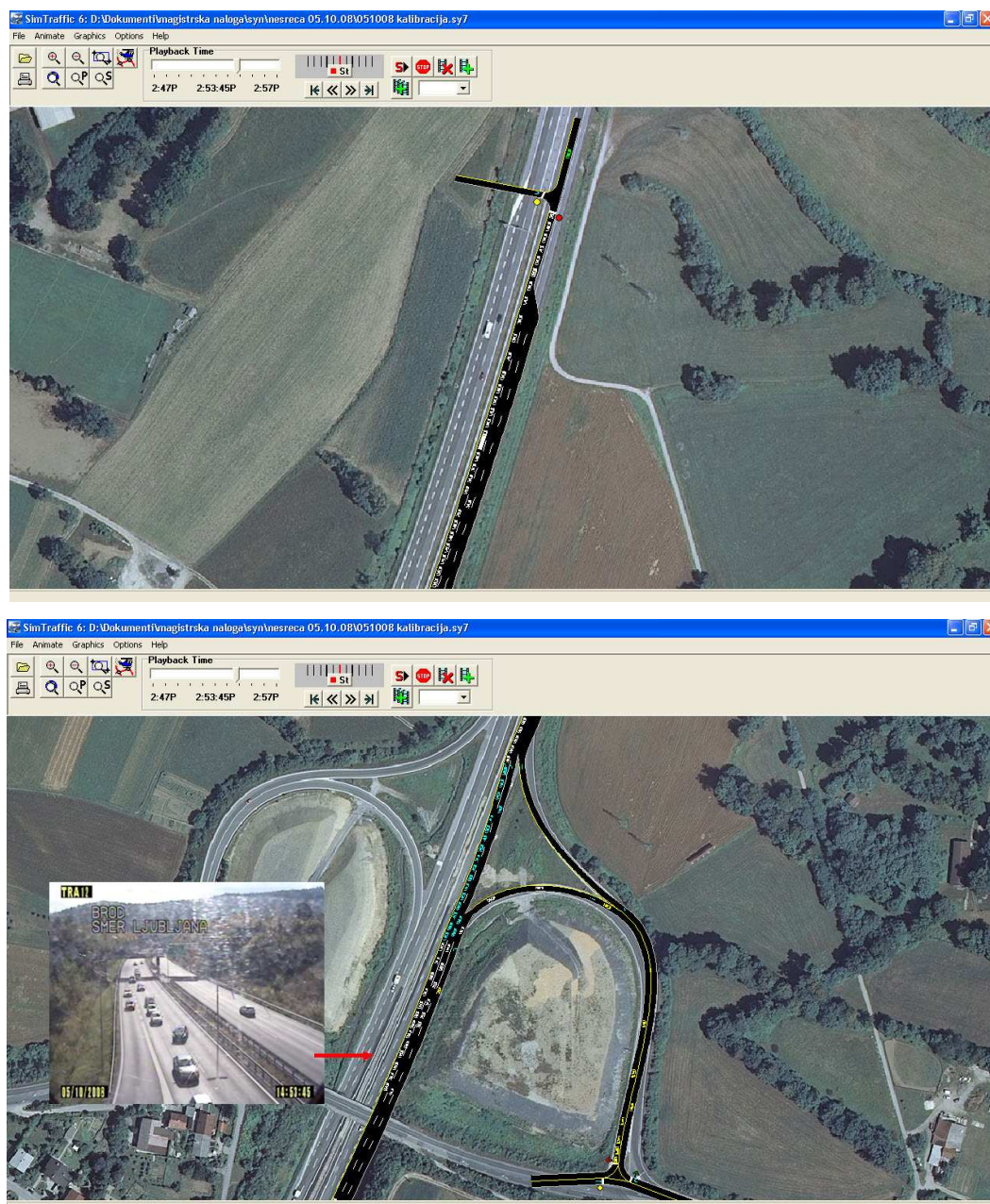




Slika 10: Prometna nesreča 05.10.2008, simulacijski model mreže  
Figure 10: Traffic accident 5th Oct. 2008, simulation network model

### Kalibracija ozkega grla na lokaciji prometne nesreče:

Iztočnica iz posnetka video nadzorne kamere TRA 12 je kolona vozil, ki ob 14:53:45 sega do nadvoza. Na koncu zožitve modeliram semaforizirano križišče in spreminjam dolžino posamezne faze, dokler se ne približam realnemu stanju iztočnice.



Slika 11: Prometna nesreča 05.10.2008, kalibracija ozkega grla

Figure 11: Traffic accident 5th Oct. 2008, calibration of the bottle neck

Kalibracija izvozne rampe priključka Lj.-Brod:

Zaradi usmerjenosti video nadzorne kamere TRA 12 v smer proti Kranju nimam na voljo posnetkov, iz katerih bi lahko razbrala iztočnico za nabiranje kolone vozil na izvozni rampi priključka Lj.-Brod. Zaradi tega privzamem enako pretočnost priključnega križišča kot pri nesreči 30.12.2008, ker je čas obeh dogodkov primerljiv (nedelja 14:30 – 16:50).

2.1.3.1.2 Simulacija stanja brez ukrepa –na polportalih ni sporočila (realno stanje)

Časovni interval: 1h, začetni čas: 14:47:00 – dogodek prometne nesreče.

Prometni podatki: povprečni prometni podatki po dogodku prometne nesreče.

Preglednica 7: Prometna nesreča 05.10.2008, prometni podatki za stanje brez ukrepa

Table 7: Traffic accident 5th Oct. 2008, traffic data for the conditions with no measure

Merilnik	Lokacija	Qsk [voz/h]
VD 09L	Uvozna rampa Lj.-Brod	180
VD 08L	Izvozna rampa Lj.-Brod	496
MD 06L	Lj.-Šentvid – Lj.-Brod	1113
VD 07L	Uvozna rampa Lj.-Šentvid	440

Rezultati simulacije:

Preglednica 8: Prometna nesreča 05.10.2008, rezultati simulacije, brez ukrepa

Table 8: Traffic accident 5th Oct. 2008, simulation results, with no measure

Stanje	Brez ukrepa			
	1	2	3	Povpr.
Št. simulacije				
Zamuda [h]	319,7	300,6	306,5	<b>308,9</b>
Zamuda/voz [s]	1327,6	1264	1308,9	<b>1300,7</b>

se nadaljuje...

...nadaljevanje

Zamuda ustavitvev [h]	313,4	294,9	301,3	<b>303,2</b>
Zamuda ustavitvev/ voz [s]	1301,3	1240,4	1286,6	<b>1276,6</b>
Število ustavitvev	3020	2656	2567	<b>2747</b>
Št. ustavitvev/voz	3,48	3,1	3,05	<b>3,21</b>
Potovalna razdalja [km]	806,3	800,8	767,5	<b>791,5</b>
Potovalni čas [h]	337,9	318,6	323,9	<b>326,8</b>
Povprečna hitrost [km/h]	3	4	3	<b>3</b>
Poraba goriva [l]	847,6	820,2	815,7	<b>827,8</b>
Izkoristek goriva [km/l]	1	1	0,9	<b>1</b>
Emisije HC [g]	583	562	575	<b>573</b>

Opomba: Zamuda ustavitvev predstavlja čas, v katerem so vozila ustavljena. Skupna zamuda pa poleg tega vključuje tudi izgubo časa zaradi upočasnjene vožnje.

#### 2.1.3.1.3 Simulacija stanja s prikazom sporočila na polportalih (predpostavljeno stanje)

Časovni interval: 1h, začetni čas: 14:47:00 – dogodek prometne nesreče.

Prometni podatki: predpostavljene prometni podatki po prikazu sporočila na polportalih.

V primeru prometne nesreče z dne 30.12.08, ki ima podobno lokacijo in čas pojava, je v normalnem stanju povprečni skupni pretok na uvozni rampi priključka Lj.-Brod znašal 310 voz/h (glej poglavje 2.2.2.3). Po prikazu ustreznega sporočila na polportalih se je pretok na uvozni rampi znižal na 133 voz/h, kar je 43 % od vrednosti pretoka pred ukrepom. Enak delež upada uvoznega pretoka je kot predpostavka privzet tudi za primer prikaza ustreznega sporočila na polportalih v prometni nesreči 05.10.2008 Uvozni pretok bi se iz 180 voz/h zmanjšal za 43% na 77 voz/h. Ostalih prometni podatki ostanejo enaki.

Preglednica 9: Prometna nesreča 05.10.2008, prometni podatki za stanje z ukrepom  
Table 9: Traffic accident 5th Oct. 2008, traffic data for the conditions with the measure

Merilnik	Lokacija	Qsk [voz/h]
VD 09L	Uvozna rampa Lj.-Brod	<b>77</b>
VD 08L	Izvozna rampa Lj.-Brod	496
MD 06L	Lj.-Šentvid – Lj.-Brod	1113
VD 07L	Uvozna rampa Lj.-Šentvid	440

Rezultati simulacije:

Preglednica 10: Prometna nesreča 05.10.2008, rezultati simulacije, sporočilo na polport. SPIS  
Table 10: Traffic accident 5th Oct. 2008, simulation results, message on the WMS half-gantry

Stanje	Sporočilo na polportalih SPIS			
	1	2	3	<b>Povpr.</b>
Št. simulacije				
Zamuda [h]	225,4	217,1	203,9	<b>215,5</b>
Zamuda/voz [s]	854	844,2	763,9	<b>820,9</b>
Zamuda ustavitev [h]	216,6	209,5	196,3	<b>207,5</b>
Zamuda ustavitev/ voz [s]	820,8	814,6	735,4	<b>790,4</b>
Število ustavitev	3507	3163	3398	<b>3355</b>
Št. ustavitev/voz	3,69	3,42	3,54	<b>3,55</b>
Potovalna razdalja [km]	951,2	943,9	961,1	<b>952,1</b>
Potovalni čas [h]	245,9	237,4	224,7	<b>236</b>
Povprečna hitrost [km/h]	4	5	5	<b>5</b>
Poraba goriva [l]	682,3	670,9	651,2	<b>668,1</b>
Izkoristek goriva [km/l]	1,4	1,4	1,5	<b>1,4</b>
Emisije HC [g]	498	491	491	<b>493</b>

#### 2.1.3.1.4 Primerjava rezultatov simulacije

Rezultati simulacije za prometno nesrečo dne 05.10.2008 v realnem stanju brez ukrepa in v predpostavljenem stanju z ukrepom so povzeti v sledeči preglednici. Zamude so v primeru stanja brez ukrepa približno za tretjino večje kot v stanju z ukrepom. Zaradi manjših zastojev se v stanju z ukrepom poveča potovalna razdalja in povprečna hitrost, potovalni čas pa se zmanjša. Ob ukrepu se prav tako izboljša stanje na področju porabe goriva in emisij HC. Podrobnejša primerjava rezultatov sledi v poglavju ocene učinkovitosti ukrepov SNVP.

Preglednica 11: Prometna nesreča 05.10.2008, primerjava rezultatov simulacije

Table 11: Traffic accident 5th Oct. 2008, simulation results comparison

Stanje	Ni ukrepa	Ukrep: polportali
Zamuda [h]	308,9	215,5
Zamuda/voz [s]	1300,7	820,9
Zamuda ustavitv [h]	303,2	207,5
Zamuda ustavitv/ voz [s]	1276,6	790,4
Število ustavitv	2747	3355
Št. ustavitv/voz	3,21	3,55
Potovalna razdalja [km]	791,5	952,1
Potovalni čas [h]	326,8	236
Povprečna hitrost [km/h]	3	5
Poraba goriva [l]	827,8	668,1
Izkoristek goriva [km/l]	1	1,4
Emisije HC [g]	573	493

## **2.2 Prometna nesreča 30.12.2008**

### **2.2.1 Časovni potek in oris izrednega dogodka**

#### **2.2.1.1 Obvestilo iz sistema Kažipot**

Čas objave: tor 30.12.2008 15:28 / Čas preklica: tor 30.12.2008 16:13

Na avtocesti Karavanke - Ljubljana pred priključkom Lj.-Šmartno v smeri Jesenic je zaradi prometne nesreče zaprt vozni pas.

Čas objave: tor 30.12.2008 15:30 / Čas preklica: tor 30.12.2008 16:21

Na avtocesti Karavanke - Ljubljana pred priključkom Lj.-Šmartno v smeri Jesenic je zaradi prometne nesreče gost promet z občasnimi zastoji.

#### **2.2.1.2 Podatki iz posnetkov video nadzornih kamer**

Kamera: TRA 09

Čas: 30.12.2008, 15:20:00 – 16:30:00

Lokacija: portal SPIS 02D, AC A2

Smer kamere: Ljubljana

Opis dogajanja:

- Pojav izrednega dogodka: Ob 15:20:10 je na video posnetku mogoče opaziti osebni avto, ki z voznega pasu zapelje na odstavni pas in ga nato zanese čez vozišče do središčne varnostne ograje. Od nje se odbije nazaj na vozni pas, kjer se ustavi (Slika 12).
- Intervencija: Že takoj po dogodku prometne nesreče se nekaj osebnih vozil ustavi in priskoči na pomoč (Slika 13 levo zgoraj). Ob 15:34:00 pripelje na kraj prometne nesreče rešilec, ob 15:36:20 pa še gasilci in vzdrževalno vozilo, ki zapre vozni pas (Slika 13 desno zgoraj). Gasilci odpeljejo ob 15:41:05, rešilec pa ob 15:44:45. Vzdrževalci ob 16:01:00 zaradi odstranjanja ovire na cestišču za 0,5 min ustavijo promet na prehitevalnem pasu (Slika 13 levo spodaj). Avtovleka pripelje na kraj nesreče ob 16:05:25 (Slika 13 desno spodaj) in odpelje poškodovano vozilo ob 16:09:40.



Slika 12: Prometna nesreča 30.12.2008, pojav izrednega dogodka

Figure 12: Traffic accident 30th Dec. 2008, incident occurrence



Slika 13: Prometna nesreča 30.12.2008, intervencija

Figure 13: Traffic accident 30th Dec. 2008, intervention



- Odstranitev ovir: Ob 16:11:33 se vzdrževalno vozilo umakne na odstavni pas, tako da promet zopet steče tudi po voznem pasu (Slika 14).
- Normalno stanje: Okoli 16:19:00 se na lokaciji izrednega dogodka zopet vzpostavi normalno prometno stanje. Vzdrževalno vozilo odpelje ob 16:23:50 (Slika 15).



Slika 14: Prometna nesreča 30.12.2008, vozni pas je ponovno odprt za promet  
Figure 14: Traffic accident 30th Dec. 2008, the right lane is again open for traffic



Slika 15: Prometna nesreča 30.12.2008, normalno stanje  
Figure 15: Traffic accident 30th Dec. 2008, normal condition

Kamera:        TRA 12

Čas:            30.12.2008, 15:16:00 – 16:22:00

Lokacija:      drog na priključku Lj.-Brod, AC A2

Smer kamere: Kranj in Ljubljana

Opis dogajanja:

- Zgostitev prometa: Od 16:20:10 naprej se promet postopno zgoščuje (Slika 16).



Slika 16: Prometna nesreča 30.12.2008, zgostitev prometa

Figure 16: Traffic accident 30th Dec. 2008, heavy traffic

- Kolona vozil: Ob 15:46:00 sega kolona vozil do izvoza Lj.-Brdo in se v nekaj minutah do cca. 15:50:00 nabere do portala SPIS 06L (Slika 17). Od 16:16:00 dalje se začne kolona postopno skrajševati. Do 16:19:00 promet zopet poteka normalno (Slika 18).



Slika 17: Prometna nesreča 30.12.2008, daljšanje kolone vozil  
Figure 17: Traffic accident 30th Dec. 2008, traffic congestion extension



Slika 18: Prometna nesreča 30.12.2008, izginjanje kolone vozil  
Figure 18: Traffic accident 30th Dec. 2008, traffic congestion resolution

### 2.2.1.3 Osnovni podatki o izrednem dogodku

Preglednica 12: Prometna nesreča 30.12.2008, osnovni podatki

Table 12: Traffic accident 30th Dec. 2008, basic data

Vrsta podatka	Podatek za izredni dogodek
Vrsta izrednega dogodka	Prometna nesreča
Lokacija izrednega dogodka	AC A2, smer Kranj, Lj.-Brod - Lj.-Šmartno, cca. 700 m za uvozom Lj.-Brod
Pojav izrednega dogodka	Torek 30.12.2008, 15:20:10
Zaprti prometni pasovi	15:20:10 - 16:11:33 vozni pas
Odstranitev ovir	16:11:33 – odstranitev ovire na voznem pasu 16:23:50 – odstranitev ovire na odstavnem pasu























Slika 19: Prometna nesreča 30.12.2008, prostorski prikaz na shematskem vmesniku

Figure 19: Traffic accident 30th Dec. 2008, spatial view on the schematic interface

### 2.2.1.4 Prikaz prometnih vsebin








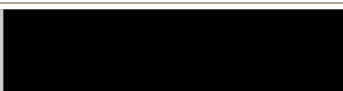




Preglednica 13: Prometna nesreča 30.12.2008, prometne vsebine na portalu SPIS 06L

Table 13: Traffic accident 30th Dec. 2008, variable messages on the gantry VMS 06L

SPIS	Datum	Št.	Grafika		
SPIS06L	30.12.2008 06:06:20	0			
					
SPIS06L	30.12.2008 15:26:30	1.0		<b>Brod – Šmartno</b>	
				<b>Brod – Šmartno</b>	
SPIS06L	30.12.2008 15:45:40	1.1		<b>Brod – Šmartno</b>	
				<b>Brod – Šmartno</b>	
SPIS06L	30.12.2008 15:48:40	1.2		<b>Brod – Šmartno</b>	
				<b>Brod – Šmartno</b>	
SPIS06L	30.12.2008 16:18:40	1.1		<b>Brod – Šmartno</b>	
				<b>Brod – Šmartno</b>	

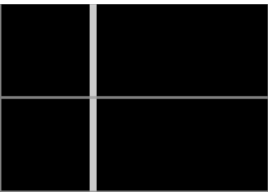




se nadaljuje...

...nadaljevanje

SPIS06L	30.12.2008 16:20:40	1.0	  
			  
SPIS06L	30.12.2008 16:21:20	0	  
			  

Preglednica 14: Prometna nesreča 30.12.2008, prometne vsebine na polportalih PP 01L, 02D

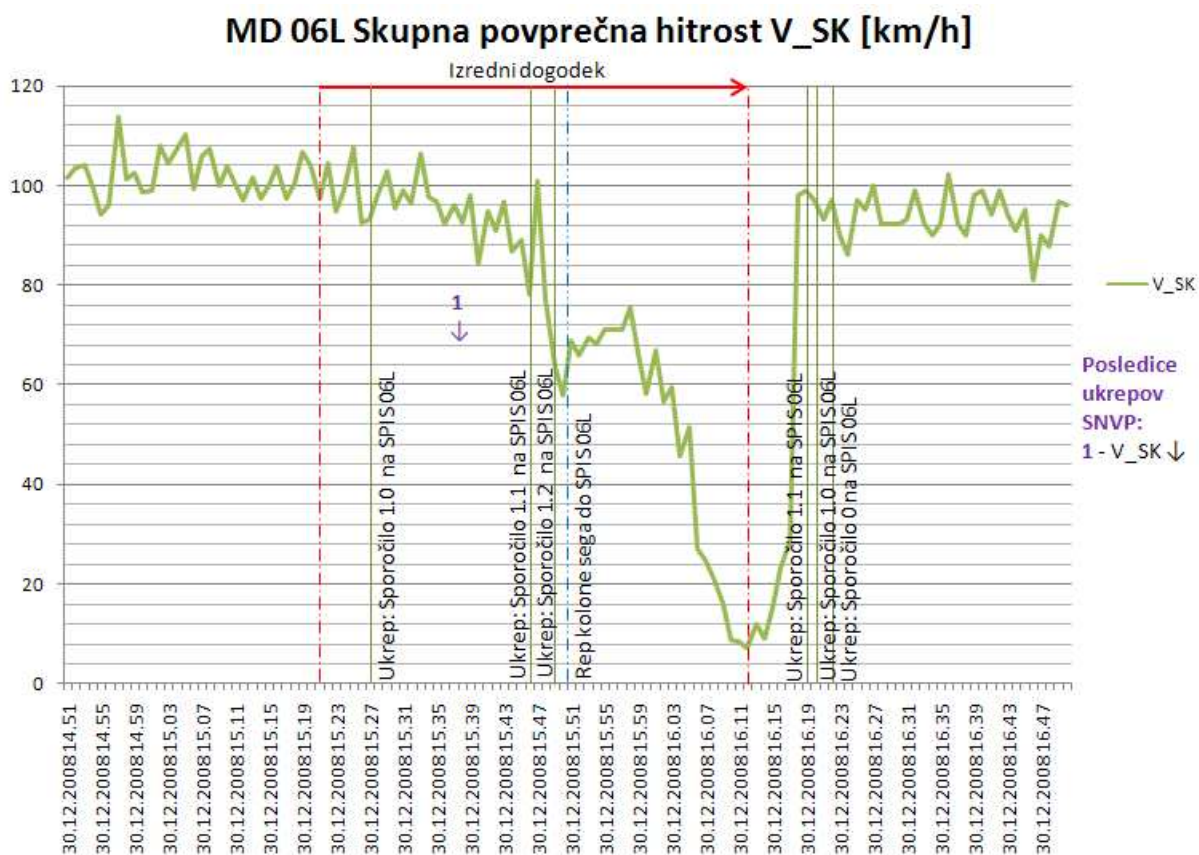
Table 14: Traffic accident 30th Dec. 2008, variable messages on half-gantry VMS 01L, 02D

SPIS	Datum	Št.	Grafika
PP 01L PP 02D	30.12.2008 06:06:20	0	
PP 01L PP 02D	30.12.2008 15:28:20	1	  
PP 01L PP 02D	30.12.2008 16:18:20	0	

## 2.2.2 Analiza prometnih podatkov

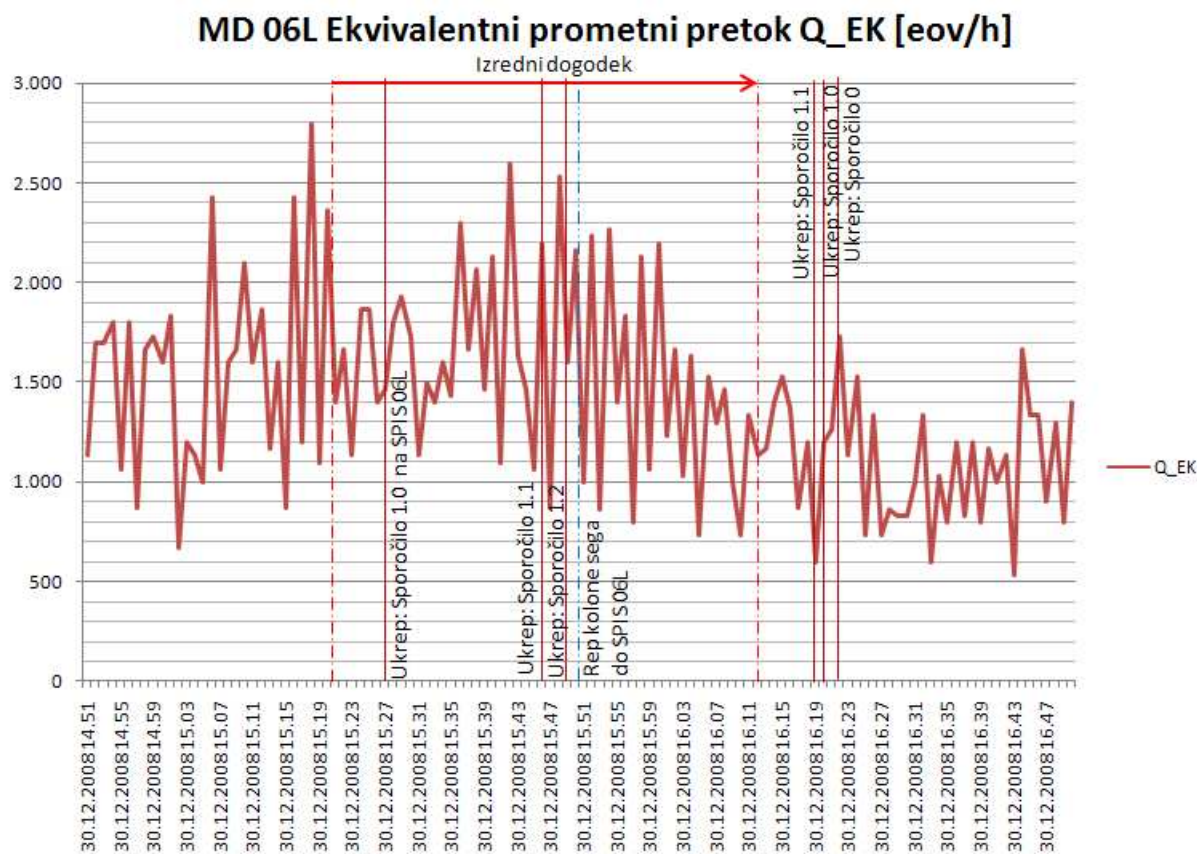
### 2.2.2.1 Analiza prometnih podatkov na merilnem mestu MD 06L

V analizi sem primerjala spreminjanje skupne povprečne hitrosti in ekvivalentnega prometnega pretoka na merilnem mestu MD 06L z ukrepi SNVP. Tako merilno mesto kot obravnavani ukrepi sistema se nanašajo na portal SPIS 06L, ki je zadnji portal pred izvozom Lj.-Brod v smeri proti Kranju (Slika 19).



Grafikon 7: Prometna nesreča 30.12.2008, skupna povprečna hitrost na MD 06L

Diagram 7: Traffic accident 30th Dec. 2008, average speed for all vehicles on the MD 06L



Grafikon 8: Prometna nesreča 30.12.2008, ekvivalentni prometni pretok na MD 06L

Diagram 8: Traffic accident 30th Dec. 2008, equivalent traffic flow on the MD 06L

Preglednica 15: Prometna nesreča 30.12.2008, poročilo o prometnem stanju na MD 06L

Table 15: Traffic accident 30th Dec. 2008, traffic condition report on the MD 06L

Časovno obdobje	Prometno stanje
30.12.2008 14.50-15.44	PS0
30.12.2008 15.45-15.47	PS2
30.12.2008 15.48-16.17	PS3
30.12.2008 16.18-16.19	PS2
30.12.2008 16.20-16.50	PS0



Ocena vrednosti ekvivalentnega prometnega pretoka in skupne povprečne hitrosti v različnih časovnih obdobjih na merilnem mestu MD 06L:

### 1. Čas od začetka opazovanja do dogodka prometne nesreče

V času od začetka opazovanja ob 14:50:00 do dogodka prometne nesreče ob 15:20:10 se skupna povprečna hitrost giblje okoli povprečne vrednosti 102 km/h, kar ustreza tudi omejitvi 100 km/h, ki je na portalu SPIS 06L prikazana v normalnem stanju. Povprečna vrednost ekvivalentnega prometnega pretoka v tem časovnem obdobju znaša 1553 eov/h.

### 2. Čas med dogodkom prometne nesreče in prikazom sporočila 1 na SPIS 06L

Lokacija prometne nesreče je tako daleč od portala SPIS 06L, da je vozniki z odseka tik pred portalom še ne morejo videti. Takoj po dogodku prometne nesreče so vozniki nekaj minut do prikaza sporočila 1 neobveščeni o izrednem stanju na cesti, zaradi tega ne spremenijo načina vožnje. Vozijo z enako hitrostjo kot pred dogodkom s povprečno vrednostjo 99 km/h. Tudi povprečje ekvivalentnega prometnega pretoka ostaja na isti ravni, to je 1551 eov/h.

### 3. Čas po prikazu sporočila 1.0 na SPIS 06L



padec skupne povprečne hitrosti

- vpliv ukrepa:

Ob 15:26:30 operater na portalu SPIS 06L ročno prikaže sporočilo 1.0, ki vsebuje informacijo o pojavu zastoja in o njegovi lokaciji. Operater se je najbrž odločil za obveščanje o zastoju, ker je to prvi dogodek, na katerega naletijo vozniki, čeprav je v resnici posledica prometne nesreče. Kljub temu, da se operater ni odločil za prikaz omejitve hitrosti, je po prikazu sporočila 1 na grafikonu mogoče opaziti upadanje skupne povprečne hitrosti. Vozniki na podlagi prikazane informacije o zastoju zmanjšajo hitrost vožnje. Iz posnetkov video nadzorne kamere TRA 12 je razvidno, da rep kolone še ne sega do portala SPIS 06L, tako da je padec hitrosti posledica prikazanega sporočila. Promet se začne zgoščevati okoli 15:45:00, ko sistem določi stopnjo prometnega stanja PS2, rep kolone pa okoli 15:50:00 doseže

območje portala (Slika 17). Povprečna skupna hitrost se v obdobju od 15:26:30 do 15:45:00 giblje okoli vrednosti 95 km/h, ekvivalentni prometni pretok pa okoli povprečja 1653 eov/h.

#### 4. Čas po prikazu sporočila 1.1 in 1.2 na SPIS 06L



Ob 15:45:00 sistem zaradi zgoščevanja prometa določi stopnjo prometnega stanja PS2 (Preglednica 15), zaradi tega se v sporočilu 1.1 ob 15:45:40 prikaže pripadajoča omejitev hitrosti 80 km/h. Zaradi hitrega upadanja hitrosti je že čez nekaj minut ob 15:48:00 v sistemu določena stopnja prometnega stanja PS3, tako da se v sporočilu 1.2 omejitev hitrosti avtomatsko spremeni na 60 km/h. Iz grafikona je razvidno, da skupna povprečna hitrost občutno pade in ob 16:12:00 doseže najnižjo vrednost 7 km/h, kar je posledica zastoja. Nato pa se zgodi preobrat, hitrost začne postopoma zopet naraščati. Vzrok za to je, da sta ob 16:11:33 na lokaciji prometne nesreče zopet oba prometna pasova odprta za promet. Ob 16:18:00 sistem ponovno določi stopnjo prometnega stanja PS2, kateri sledi avtomatski prikaz omejitve hitrosti 80 km/h v sporočilu 1.1. Dve minuti za tem je določeno prometno stanje PS0, tako da v sporočilu 1.0 ni več nobene omejitve hitrosti.

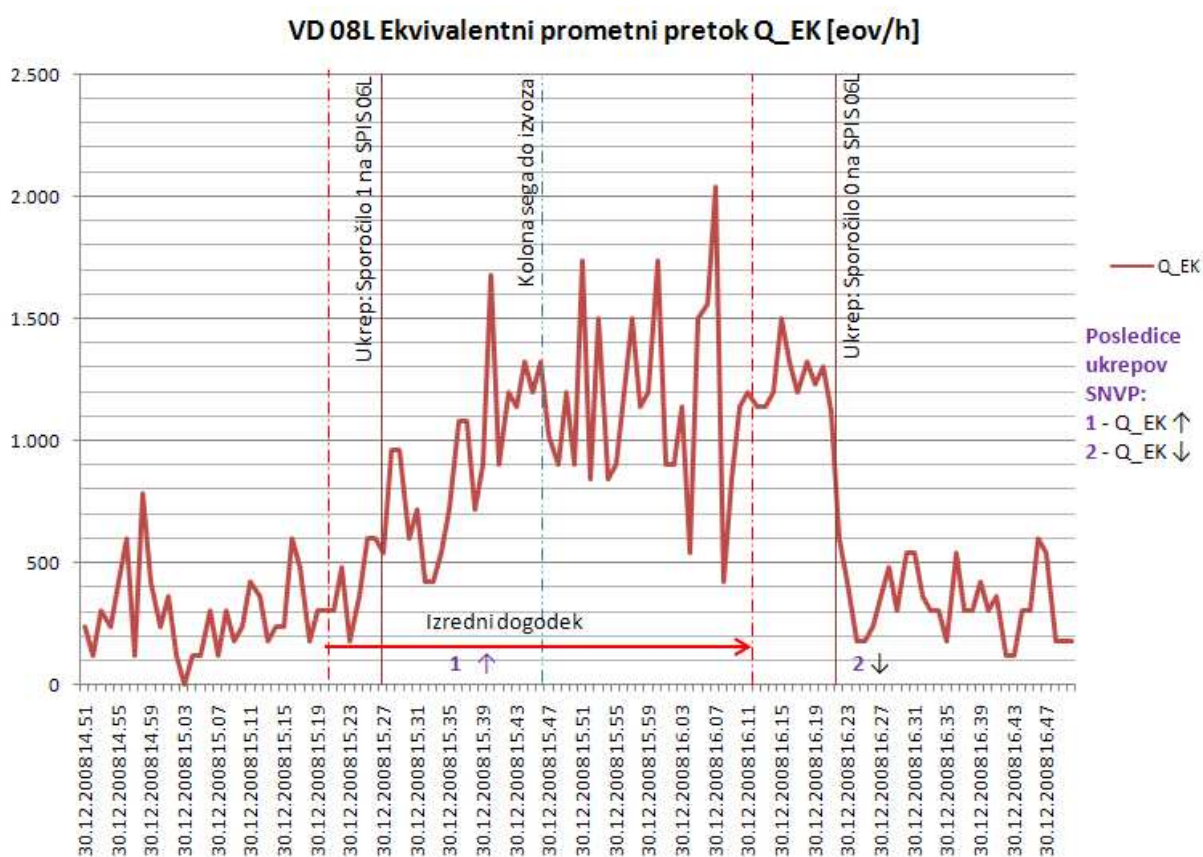
#### 5. Čas po prikazu sporočila 0 na SPIS 06L



Ob 16:21:20 operater na portalu SPIS 06L ročno prikaže sporočilo 0 za normalno prometno stanje, ki vsebuje le omejitev hitrosti 100 km/h. Ovira z odstavnega pasu je odstranjena ob 16:23:50. Od tedaj naprej pa do konca opazovanja se skupna povprečna hitrost giblje okoli povprečne vrednosti 94 km/h. Ekvivalentni prometni pretok pa niha okoli povprečja 1069 eov/h, kar je nekoliko manj kot pred izrednim dogodkom.

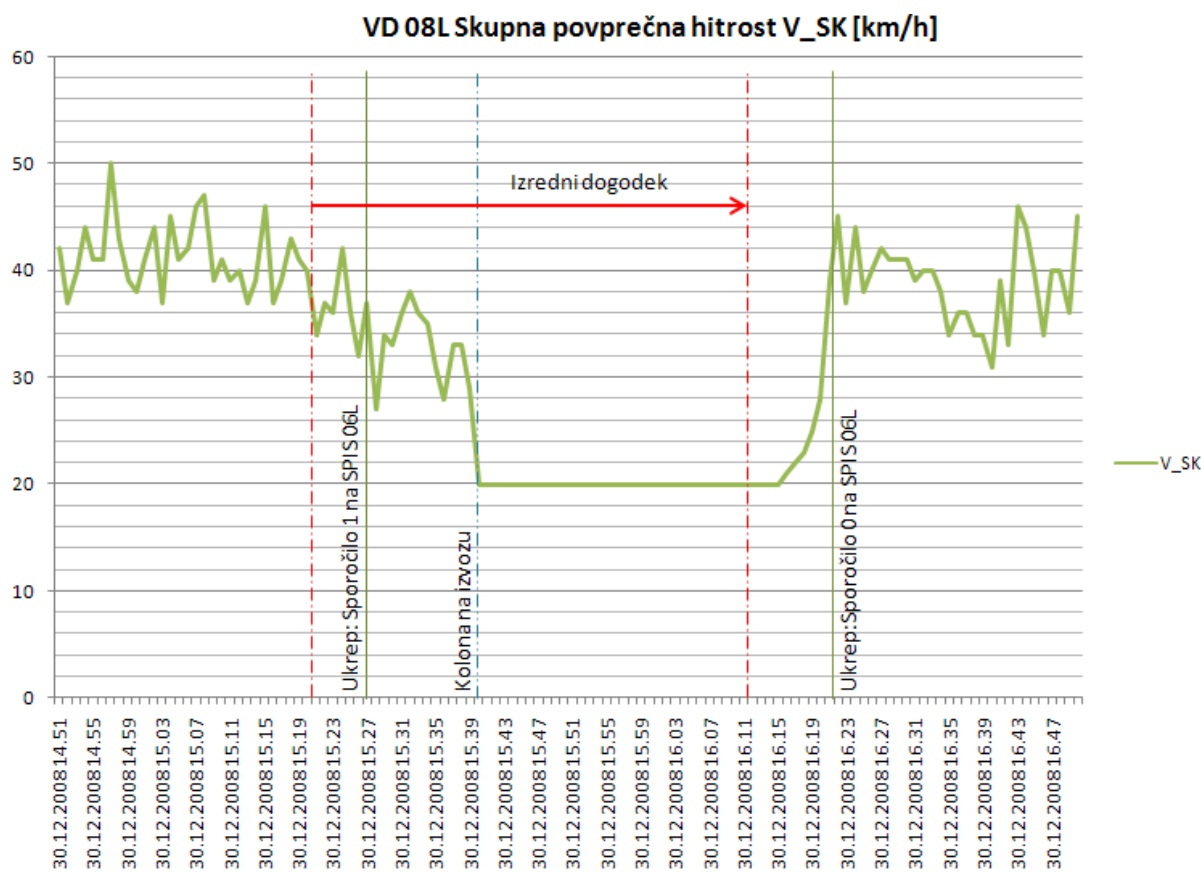
### 2.2.2.2 Analiza prometnih podatkov na izvozu Lj.-Brod

Analizo prometnih podatkov na izvozu Lj.-Brod sem izvedla s pomočjo pregleda vrednosti ekvivalentnega prometnega pretoka in skupne povprečne hitrosti, ki jih je v izbranem časovnem obdobju izmerila video detekcijska kamera VD 08L. Kamera je nameščena na drogu nad izvozno rampo priključka Lj.-Brod (Slika 19). Prometni podatki so predstavljeni na spodnjih grafikonih.



Grafikon 9: Prometna nesreča 30.12.2008, ekvivalentni prometni pretok na VD 08L

Diagram 9: Traffic accident 30th Dec. 2008, equivalent traffic flow on the VD 08L



Grafikon 10: Prometna nesreča 30.12.2008, skupna povprečna hitrost na VD 08L

Diagram 10: Traffic accident 30th Dec. 2008, average speed for all vehicles on the VD 08L

Ocena vrednosti ekvivalentnega prometnega pretoka in skupne povprečne hitrosti v različnih časovnih obdobjih na izvozu Lj.-Brod:

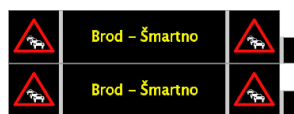
### 1. Čas od začetka opazovanja do dogodka prometne nesreče

Za začetek opazovanja sem izbrala čas 14:50:00, to je 20 minut pred dogodkom prometne nesreče. V teh 20 minutah sta tako ekvivalentni prometni pretok kot tudi skupna povprečna hitrost nihala znotraj dokaj enotnega območja. Povprečni ekvivalentni prometni pretok v tem obdobju je znašal 288 eov/h, povprečna skupna hitrost pa 41 km/h.

## 2. Čas med dogodkom prometne nesreče in prikazom sporočila 1 na SPIS 06L

Prometna nesreča se zgodi ob 15:20:10 (Slika 12), prvi ukrep SNVP, ki ga predstavlja prikaz sporočila 1 o izrednem dogodku (Preglednica 13) na portalu SPIS 06L, pa operater v nadzornem centru izvede ob 15:26:30. V vmesnem času vozniki niso obveščeni o izrednem dogodku in se zato ne odločajo, da bi avtocesto zapustili na izvozu Lj.-Brod. To je razvidno iz podatkov o ekvivalentnem prometnem pretoku (Grafikon 9), saj vrednosti pretoka v vmesnem času nihajo v enakem območju kot pred dogodkom prometne nesreče. Prav tako tudi skupna povprečna hitrost niha v ustaljenem območju (Grafikon 10). Poleg neobveščeni voznikov je vzrok za neuporabo izvoza dejstvo, da pred izvozom lokacija prometne nesreče ni vidna. Prav tako se takoj po dogodku nesreče še ne nebere daljša kolona vozil, ki bi voznike prepričala o uporabi izvoza. Neobveščeni vozniki torej nimajo možnosti, da bi se pravočasno izognili kritičnemu odseku.

## 3. Čas po prikazu sporočila 1 na SPIS 06L porast ekvivalentnega prometnega pretoka



- vpliv ukrepa:

Prvi ukrep v SNVP izvede operater iz nadzornega centra ob 15:26:30, ko sproži ročni prikaz sporočila 1 na portalu SPIS 06L (Preglednica 13). Sporočilo vsebuje informacijo o vrsti izrednega dogodka, kar je ponazorjeno s prometnim znakom za zastoj in lokacijo dogodka na odseku med priključkoma Lj.-Brod in Lj.-Šmartno. Iz grafikonov je razvidno, da takoj za tem pričnejo vrednosti ekvivalentnega prometnega pretoka na izvozu Lj.-Brod naglo naraščati, vrednosti skupne povprečne hitrosti pa se posledično postopno zmanjšujejo. Vozniki z izbiro alternativne poti - v tem primeru uporabe izvoza Lj.-Brod - omogočijo, da se kritični avtocestni odsek, na katerem je zaradi izrednega dogodka oviran promet, razbremenijo.

Iz posnetka kamere video nadzornega sistema TRA 12 je razvidno, da se do 15:46:00 kolona vozil na obeh prometnih pasovih smernega vozišča nabere do izvoza Lj.-Brod (Slika 17). Če vozniki ne bi bili preko sporočila na portalu SPIS 06L obveščeni o izrednem dogodku, bi se pretok vozil na izvozu šele v tem času povečal. Saj šele od takrat naprej vozniki dovolj zgodaj

opazijo rep kolone, tako da bi se lahko brez predhodnega opozorila še pravočasno odločili in uporabili izvoz. Zaradi podatka o lokaciji zastoja pa so imeli vozniki do tega trenutka že 20 min možnost odločitve o izbiri alternativne poti, kar predstavlja pridobljeni čas zaradi ustreznega ukrepa SNVP (Grafikon 9). V primeru, da na avtocestnem odseku ne bi bilo nameščenega sistema ali da operater ne bi izvedel ustreznega ukrepa, bi se torej ekvivalentni prometni pretok na izvozu začel povečevati precej kasneje. Pridobljeni čas kaže na veliko učinkovitost ukrepa SNVP v smislu razbremenitve kritičnega odseka in s tem zmanjšanja zastojev za obravnavani izredni dogodek. V časovnem obdobju od prikaza sporočila 1 ob 15:26:30 do kolone do izvoza ob 15:46:00 znaša povprečni ekvivalentni pretok 921 eov/h, povprečna skupna hitrost pa 33 km/h.

Povprečen ekvivalentni prometni pretok v obdobju od 15:46:00 do 16:21:20, ko je na portalu zopet prikazano sporočilo 0, znaša 1184 eov/h. Vrednosti pretoka se gibljejo od minimuma 420 eov/h do maksimuma 2040 eov/h. Veliko nihanje prometnega pretoka na izvozu je posledica variiranja prepustnosti križišča izvozne rampe na sekundarno cestno omrežje. Ta prepustnost variira v odvisnosti od trenutnega prometnega stanja na sekundarnem cestnem omrežju (Miheličeva cesta), kar se kaže v »stop & go« načinu premikanja kolone vozil (obdobja izmeničnega speljevanja in ustavljanja vozil) po izvozni rampi od 15:40:00 dalje. Tak način vožnje je mogoče opaziti na posnetku video nadzorne kamere TRA 12. Nanj pa kažejo tudi podatki o skupni povprečni hitrosti, ki v časovnem obdobju od 15:40:00 do 16:19:00 podaja enake vrednosti skupne povprečne hitrosti 20 km/h.

V sporočilu o zastoju na portalu SPIS 06L se ves čas prikaza podatka o vrsti in lokaciji izrednega dogodka ne spreminjata. Spreminjajo se le omejitve hitrosti, ki pa ne vplivajo na odločanje voznikov o izbiri alternativne poti. Zaradi tega je bil v analizi preučen le vpliv ukrepa ob prikazu sporočila 1.

4. Čas po prikazu sporočila 0 na SPIS 06L  
padec ekvivalentnega prometnega pretoka

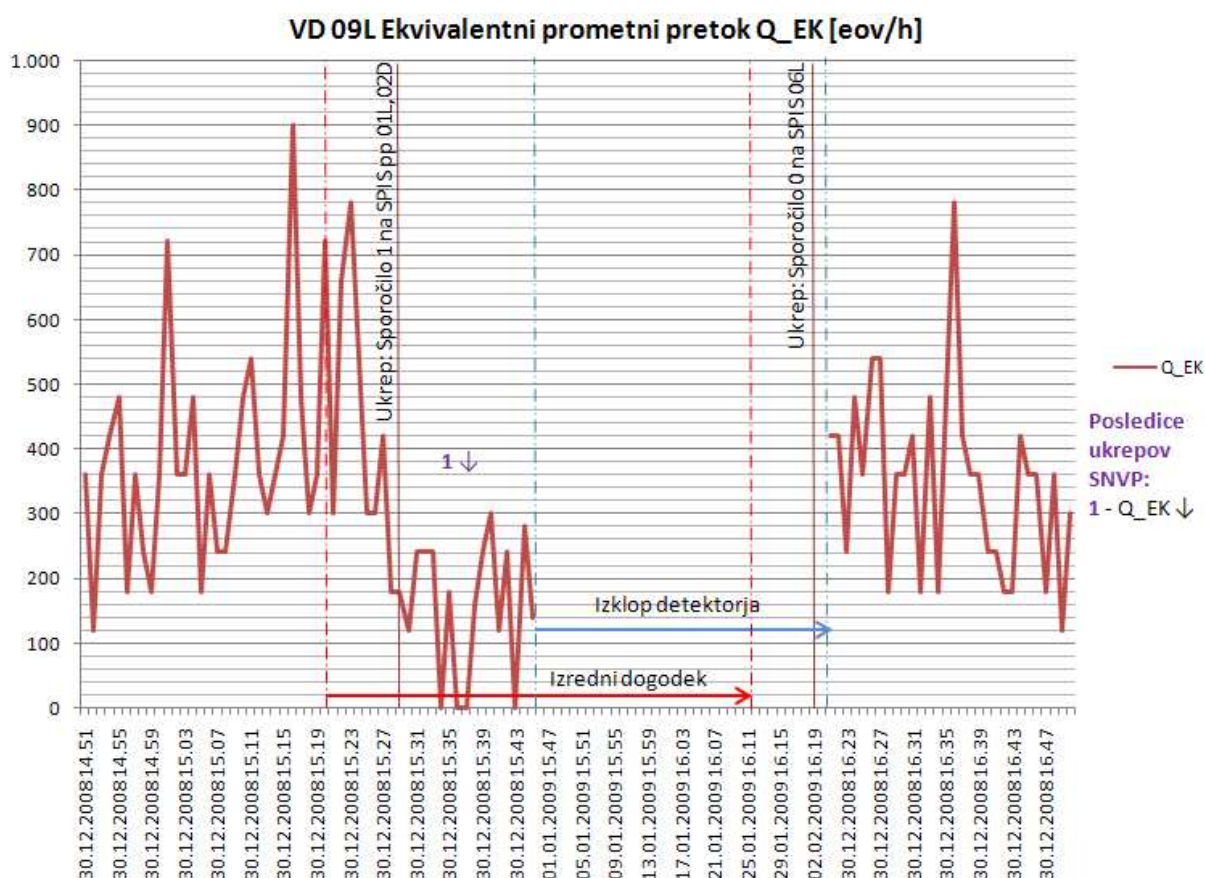


- vpliv ukrepa:

Ko ob 16:21:20 operater na portalu SPIS 06L prikaže sporočilo 0 za normalno prometno stanje, vrednost ekvivalentnega prometnega pretoka na izvozu Lj.-Brod naglo pade, hkrati pa zopet naraste skupna povprečna hitrost vozil. Na padec pretoka deloma vpliva tudi postopno normaliziranje prometa zaradi odstranitve ovir. Povprečna vrednost ekvivalentnega prometnega pretoka v času od 16:22:00 do 16:50:00 znaša 337 eov/h, kar je primerljivo s povprečno vrednostjo 288 eov/h v 20 minutah pred prometno nesrečo. Prav tako je primerljiva povprečna vrednost hitrosti vseh vozil v obdobju 20 minut pred dogodkom nesreče 41 km/h s povprečno vrednostjo hitrosti v 20 minutah po koncu vseh vplivov dogodka, ki znaša 39 km/h.

### 2.2.2.3 Analiza prometnih podatkov na uvozu Lj.-Brod

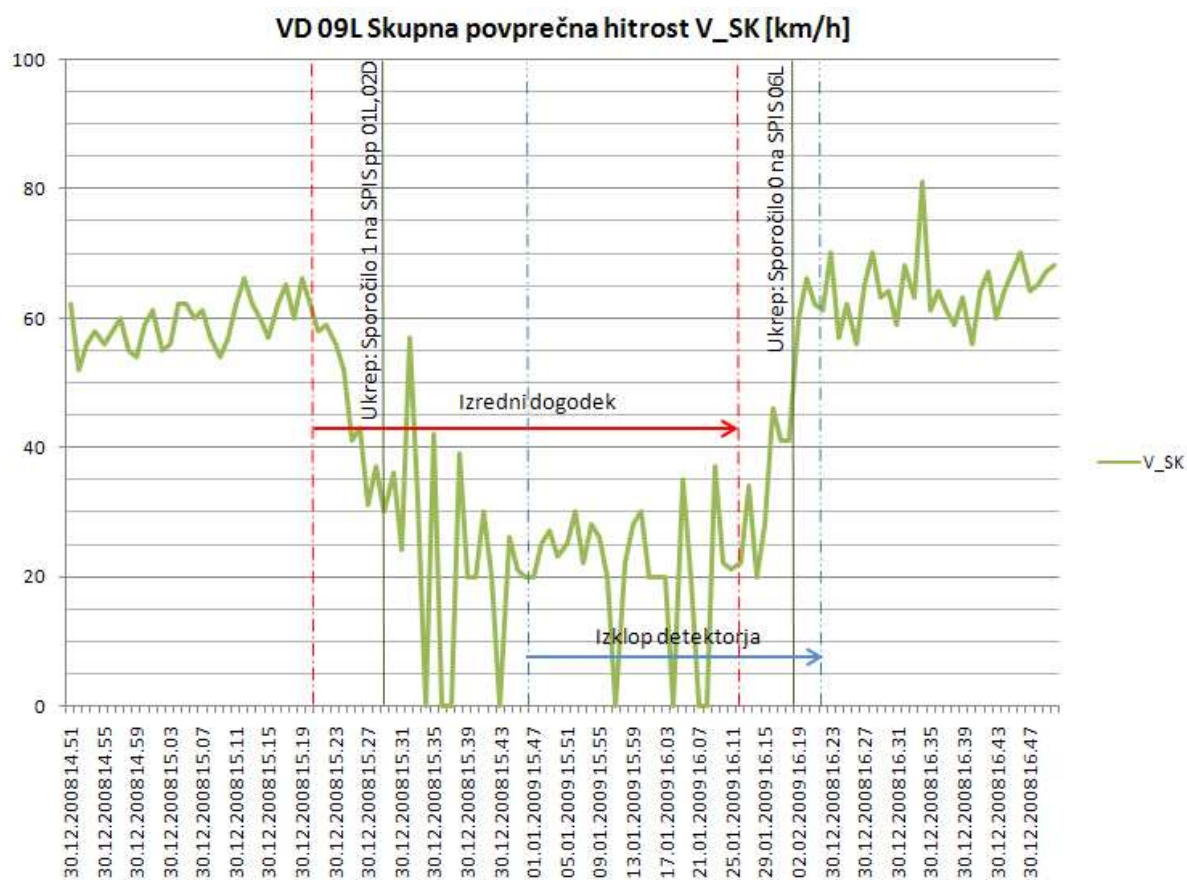
V analizi sem primerjala prometne podatke z video detekcijske kamere VD 09L (uvoz Lj.-Brod) s prometnimi vsebinami, ki so bile v času izrednega dogodka prikazane na polportalih PP 01L in 02D (Preglednica 14). Polportala se nahajata na Miheličevi cesti pred uvozom Lj.-Brod. Iz poročila o alarmih je razvidno, da je video detekcijska kamera VD 09L ob 15.45.56 javila alarm za zaustavljeno vozilo (Preglednica 16) in od takrat dalje ni več podajala meritev prometnih podatkov. Razlog za to je izklop detektorja, ki ga je ročno izvedel operater iz nadzornega centra, kar je razvidno iz baze podatkov. Video detekcijska kamera je bila ponovno vklopljena ob 16.21.45, ko je tudi javila preklic alarma za zaustavljeno vozilo. Na žalost v času izklopa detektorja ni bilo mogoče narediti analize prometnih podatkov.



Grafikon 11: Prometna nesreča 30.12.2008, ekvivalentni prometni pretok na VD 09L

Diagram 11: Traffic accident 30th Dec. 2008, equivalent traffic flow on the VD 09L





Grafikon 12: Prometna nesreča 30.12.2008, skupna povprečna hitrost na VD 09L

Diagram 12: Traffic accident 30th Dec. 2008, average speed for all vehicles on the VD 09L

Preglednica 16: Prometna nesreča 30.12.2008, poročilo o alarmih na VD 09L

Table 16: Traffic accident 30th Dec. 2008, alarm report on the VD 09L

Časovno obdobje	ID merilnika	Opis
30.12.2008 15.45.56	VD-09L-1	Zaustavljeno vozilo
30.12.2008 16.21.45	VD-09L-1	Konec alarma: Zaustavljeno vozilo

Ocena vrednosti ekvivalentnega prometnega pretoka in skupne povprečne hitrosti v različnih časovnih obdobjih na uvozu Lj.-Brod:

1. Čas od začetka opazovanja do dogodka prometne nesreče

V časovnem obdobju 20 minut pred dogodkom prometne nesreče je mogoče opaziti trend rahlega porasta ekvivalentnega prometnega pretoka na uvozni rampi Lj.-Brod. Povprečna vrednost znaša 374 eov/h, vendar pretok zelo niha v območju med 900 in 120 eov/h. Nihanje pretoka je normalno za uvozno rampo, saj je vključevanje vozil na avtocesto neenakomeren pojav, ki se v časovnem intervalu 1 minute lahko zelo spreminja. Skupna povprečna hitrost niha v precej ustaljenem območju od 52 do 66 km/h s povprečno vrednosto 59 km/h.

2. Čas med dogodkom prometne nesreče in prikazom sporočila 1 na SPISpp 01L in 02D

V času od dogodka prometne nesreče ob 15:20:10 do 15:28:20, ko je na polportalih prikazano prvo sporočilo, vozniki niso obveščeni o izrednem dogodku na avtocesti. Ne morejo se odločiti o izbiri alternativne poti, saj pred uvozom na rampo priključka Lj.-Brod niso obveščeni o izrednih razmerah na avtocesti. To je razvidno iz podatkov o ekvivalentnem prometnem pretoku (Grafikon 11), ki v tem času niha v približno enakem območju kot pred dogodkom. Povprečna vrednost pretoka znaša 467 eov/h, maksimalna 780 eov/h in minimalna 180 eov/h. Iz podatkov o hitrosti (Grafikon 12) je razvidno, da začne skupna povprečna hitrost v času po pojavu prometne nesreče padati. Vzrok za padeč je dejstvo, da se zaradi ovire na voznem pasu prične v glavnem prometnem toku nabirati kolona vozil, ki do 15:28 sega že do uvozne rampe. Vozniki, ki sicer niso obveščeni o dogodku, lahko na zadnjem delu uvozne rampe že opazijo kolono vozil in zato namesto pospeševanja zmanjšajo hitrost vožnje.



### 3. Čas med prikazom sporočila 1 na SPISpp 01L in 02D in izklopom detektorja - vpliv ukrepa: padec ekvivalentnega prometnega pretoka

Ob 15:28:20 operater v nadzornem centru ročno sproži prikaz sporočila 1 na polportalih PP 01L in 02D. Sporočilo vsebuje informacijo o vrsti izrednega dogodka, ki je podana s prometnim znakom za prometno nesrečo, in o lokaciji dogodka v tekstovnem delu sporočila (Preglednica 14). Vozniki so torej obveščeni, da se je na gorenjski avtocesti med priključkoma Lj.-Brod in Lj.-Šmartno zgodila prometna nesreča in imajo zato možnost odločitve za ali proti vključitvi na kritičen avtocestni odsek. Precej voznikov se raje odloči za nadaljevanje poti po sekundarnem cestnem omrežju, na kar kaže nagel padec ekvivalentnega prometnega pretoka na uvozni rampi. Povprečna vrednost pretoka se spusti na 158 eov/h, z maksimalno doseženo vrednostjo 300 eov/h. V večih minutnih časovnih intervalih se sploh nobeno vozilo ne vključi na avtocesto, kar je razvidno iz ničelnih vrednosti pretoka. Tista vozila, ki se kljub vsemu vključujejo na avtocesto, vozijo z zmanjšano povprečno hitrostjo 23 km/h, saj upočasnijo vožnjo zaradi kolone v glavnem prometnem toku.

Iz posnetkov video nadzorne kamere VN TRA 12 je razvidno, da v tem času ne nastane kolona na uvozni rampi (Slika 16, spodnji dve sliki). To pomeni, da se vozniki ne odločajo za vključitev na avtocesto zaradi informacije, ki jo dobijo preko sporočil na polportalih. Če na polportalih ne bi bilo sporočil, bi se vozniki lahko pravočasno odločali o nadaljevanju poti šele v primeru, da bi na uvozni rampi nastala kolona vozil in segala vse do križišča z Miheličevo cesto.

### 4. Čas izklopa detektorja

Ob 15.45.56 je video detekcijska kamera VD 09L javila alarm za zaustavljeno vozilo. Takoj za tem je operater v nadzornem centru izklopil detektor, ker se je verjetno želel izogniti nenehnemu javljanju alarmov. Detektor je ponovno vključil ob 16.21.45. V vmesnem času je kamera še vedno zbirala prometne podatke, ki so se zapisovali v bazo podatkov. Niso pa se izračunavali prometni podatki, ki jih ni mogoče direktno meriti. Zato v tem času ni podatkov

za ekvivalentni prometni pretok, ki se izračuna iz direktno izmerjenih podatkov o pretoku osebnih in tovornih vozil. Zaradi izklopa detektorja tako žal ni mogoče narediti analize ekvivalentnega prometnega pretoka v času takoj po 16:18:20, ko operater na polportalih izključi prikaz sporočila o prometni nesreči. Po vklopu detektorja se ekvivalentni prometni pretok zopet giblje v območju višjih vrednosti, tako kot pred prikazom sporočila 1, kar mora biti posledica izklopa prikaza le-tega sporočila.

Podatki o skupni povprečni hitrosti so se v času izklopa detektorja shranjevali v bazi podatkov. Iz grafikona je razvidno, da se povprečna hitrost na uvozni rampi zopet dvigne po prikazu praznega sporočila na polportalih, ki sovpada s koncem vpliva izrednega dogodka na promet. Iz posnetka video nadzorne kamere VN TRA12 (Slika 18) je razvidno, da v tem času izgine kolona v glavnem prometnem toku. Zaradi tega se povečajo tudi hitrosti na uvozni rampi, ker vozniki zaradi neoviranega vključevanja ponovno pospešujejo.

#### 5. Čas po vklopu detektorja do konca opazovanja



Po vklopu detektorja ob 16:21:45 do konca opazovanja ob 16:50:00 ekvivalentni prometni pretok s povprečno vrednostjo 350 eov/h in rahlo padajočim trendom ter skupna hitrost s povprečno vrednostjo 64 km/h zopet nihata v območju, ki je primerljivo z območjem pred pojavom prometne nesreče.

#### 2.2.2.4 Analiza vozne hitrosti

V času prometne nesreče 30.12.08 je prvi ukrep SNVP s prikazom sporočila 1.0 na portalu SPIS 06L vplival na zmanjšanje vozne hitrosti in posledično povečanje prometne varnosti pred vstopom na kritični avtocestni odsek. V sporočilu 1.0 ni bila prikazana nobena omejitev hitrosti, vendar so vozniki kljub temu zmanjšali hitrost vožnje. Vozniki so torej postali bolj pazljivi zaradi informacije o bližini kolone vozil.

Preglednica 17: Prometna nesreča 30.12.2008, analiza vozne hitrosti

Table 17: Traffic accident 30th Dec. 2008, driving speed analysis

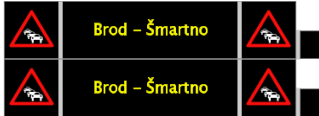
Primer	Stanje	Sporočilo na SPIS 06L	Q_EK [eov/h]	V_SK [km/h]	Odstopanje od omejitve [km/h]
1	Pred ukrepom	0 	1553	Omejitev 100	+ 2
				V_SK 102	
	Ukrep	1.0 	1653	Omejitev 100	- 5
			V_SK 95		
	Redukcija V_SK ob ukrepu [km/h]:			7	

### 2.2.2.5 Analiza odzivnega časa

Podatki za primerjavo odzivnega časa SNVP in vzdrževalne službe so navedeni v sledeči preglednici. Operater je prvo sporočilo na portalu SPIS 01D prikazal 6,3 minute po dogodku prometne nesreče. To je 9,8 minut prej, preden je vzdrževalna služba zavarovala oviro na voznem pasu.

Preglednica 18: Prometna nesreča 30.12.2008, analiza odzivnega časa

Table 18: Traffic accident 30th Dec. 2008, response time analysis

Izvajalec ukrepa	Čas pojava izrednega dogodka	Ukrep	Čas ukrepa	Odzivni čas [min]
Vzdrževalna služba	15:20:10	Prihod vzdrževalnega vozila na kraj nesreče	15:36:20	16,1
SNVP	15:20:10	Prikaz sporočila na SPIS 06L 	15:26:30	6,3
Krajši odzivni čas [min]:				9,8


## 2.2.2.6 Razbremenitev kritičnega avtocestnega odseka

### 2.2.2.6.1 Povečanje prometnega pretoka na izvozu Lj.-Brod zaradi ukrepa SNVP

Na izvozu Lj.-Brod se takoj po prikazu sporočila 1 na portalu SPIS 06L občutno poveča ekvivalentni prometni pretok. Povprečni ekvivalentni prometni pretok po ukerpu je 3,2-krat večji kot v normalnem stanju pred pojavom izrednega dogodka. To pomeni, da informacija o vrsti in lokaciji izrednega dogodka vpliva na odločanje voznikov za uporabo alternativne poti. Ukrep SNVP torej prispeva k razbremenitvi kritičnega avtocestnega odseka in s tem k zmanjšanju zastojev.

Preglednica 19: Prometna nesreča 30.12.2008, povečanje prometnega pretoka na izvozu

Table 19: Traffic accident 30th Dec. 2008, traffic flow increase on exit


Primer	Sporočilo na SPIS 06L	Q_EK [eov/h]		Količnik povečanja pretoka
		pred izrednim dogodkom	po ukrepu	
1		288	921	3,2-krat

### 2.2.2.6.2 Zmanjšanje prometnega pretoka na uvozu Lj.-Brod zaradi ukrepa SNVP

Po prikazu sporočila 1 na polportalih PP 01L in 02D v območju priključka Lj.-Brod so vozniki, ki vozijo po sekundarnem cestnem omrežju, obveščeni o nastali kritični situaciji na avtocesti. Na podlagi informacije o vrsti in lokaciji izrednega dogodka se veliko voznikov odloči, da se ne bo vključilo na avtocesto, kar se kaže v zmanjšanju ekvivalentnega prometnega pretoka na uvozni rampi. Ukrep SNVP, ki ga predstavlja prikaz ustreznega sporočila na polportalih, torej prispeva k manjšemu obremenjevanju kritičnega avtocestnega odseka z uvoznim prometnim tokom.

Preglednica 20: Prometna nesreča 30.12.2008, zmanjšanje prometnega pretoka na uvozu

Table 20: Traffic accident 30th Dec. 2008, traffic flow reduction on entry

Primer	Sporočilo na SPISpp 01L in 02D	Q_EK [eov/h]		Količnik zmanjšanja pretoka
		pred izrednim dogodkom	po ukrepu	
1		374	158	2,4-krat



### 2.2.3 Analiza vpliva ukrepov SNVP s pomočjo simulacije

Za izredni dogodek dne 30.12.2008 sem po kalibraciji simulacijskega modela mreže najprej simulirala primer predpostavljenega stanja, v katerem ni bilo prikazanega nobenega sporočila na portalu in polportalih. Nato pa sem simulirala še stanja s prikazom ustreznega sporočila na različnih vrstah SPIS.

#### 2.2.3.1.1 Kalibracija simulacijskega modela mreže

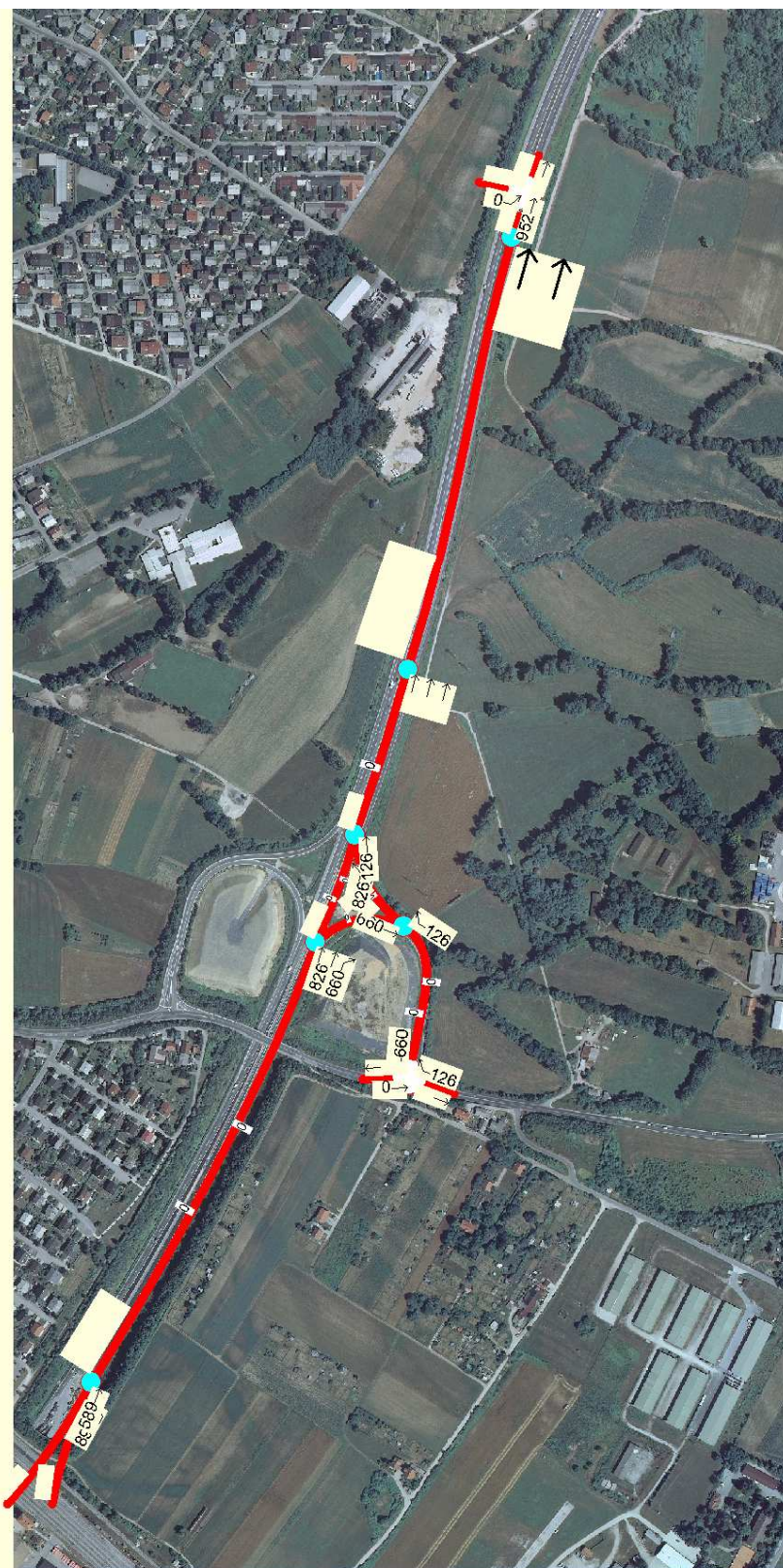
Časovni interval: 20 min, začetni čas: 15:27:00 – prikaz sporočila 1.0 na portalu SPIS 06L.

Prometni podatki: povprečni prometni podatki za enako časovno obdobje.

Preglednica 21: Prometna nesreča 30.12.2008, prometni podatki za kalibracijo

Table 21: Traffic accident 30th Dec. 2008, traffic data for calibration

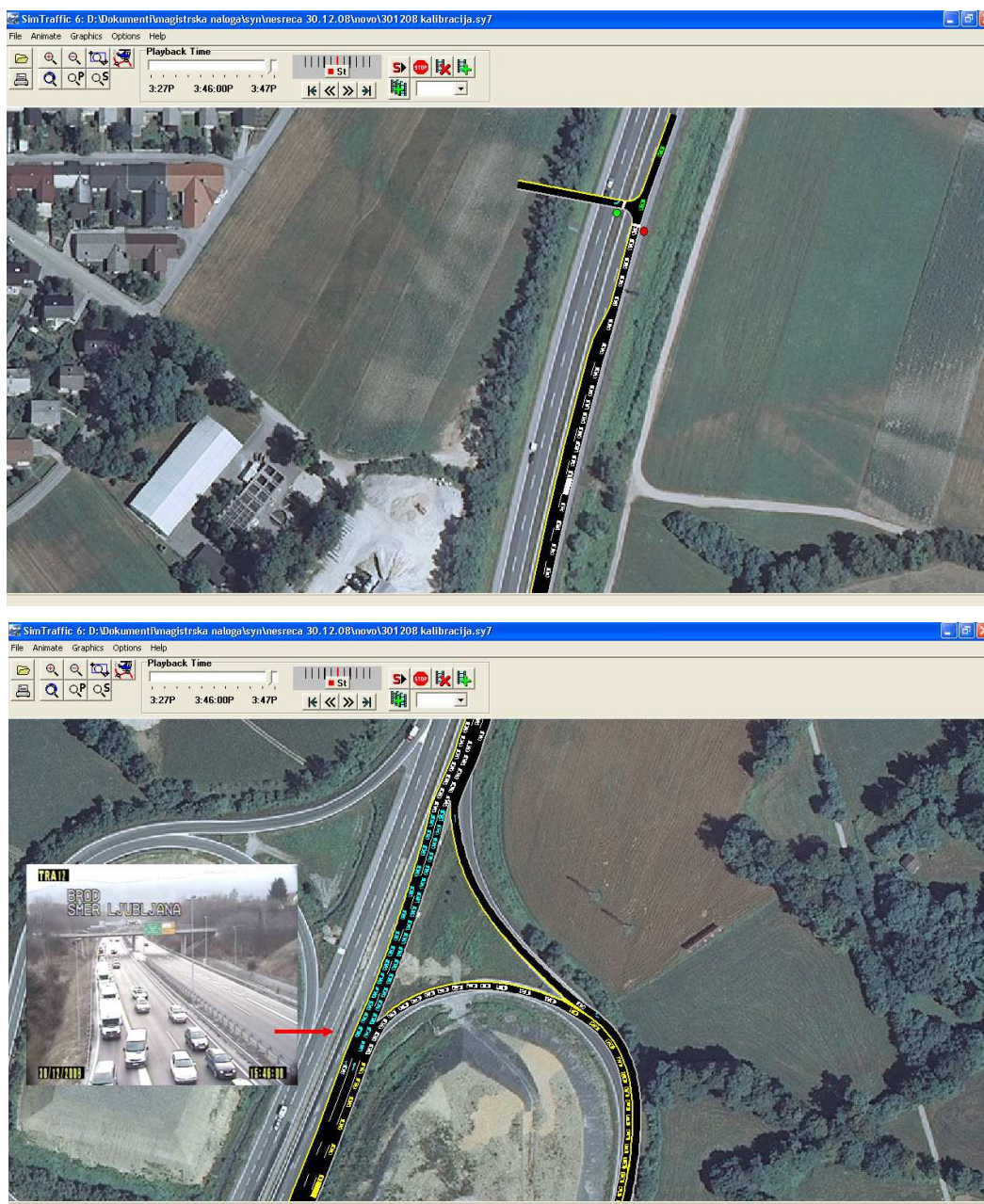
Merilnik	Lokacija	Qsk [voz/h]
VD 09L	Uvozna rampa Lj.-Brod	126
VD 08L	Izvozna rampa Lj.-Brod	660
MD 06L	Lj-Šentvid – Lj.-Brod	1486
VD 07L	Uvozna rampa Lj.-Šentvid	589



Slika 20: Prometna nesreča 30.12.2008, simulacijski model mreže  
Figure 20: Traffic accident 30th Dec. 2008, simulation network model

### Kalibracija ozkega grla na lokaciji prometne nesreče:

Iztočnica iz posnetka video nadzorne kamere TRA 12 je kolona vozil, ki ob 15:46:00 sega do izvoza Lj.-Brod. Na koncu zožitve modeliram semaforizirano križišče in spreminjam dolžino posamezne faze, dokler se ne približam realnemu stanju iztočnice.

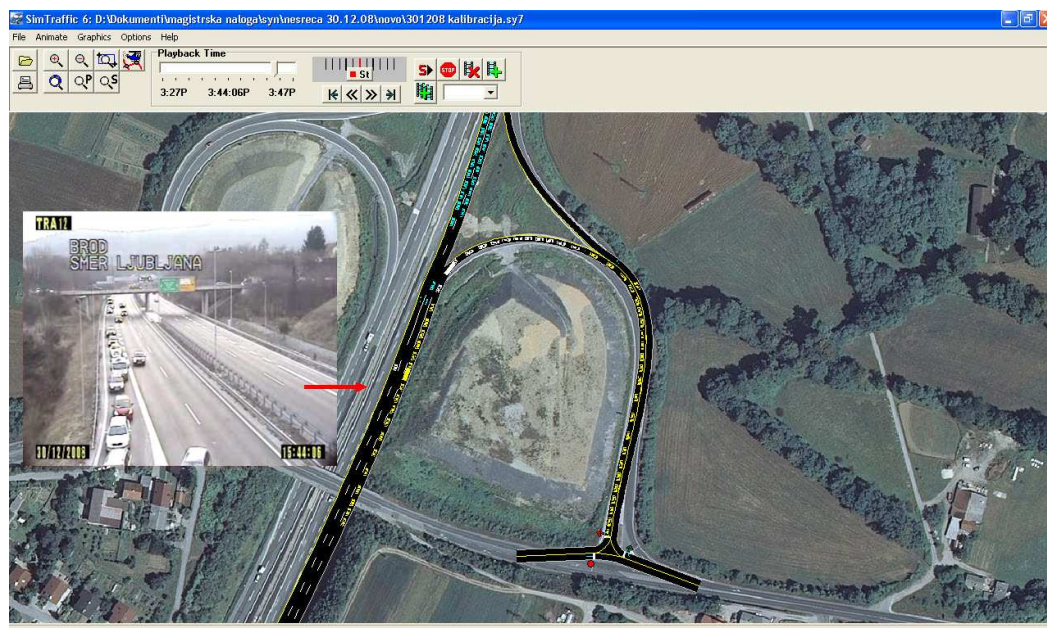


Slika 21: Prometna nesreča 30.12.2008, kalibracija ozkega grla

Figure 21: Traffic accident 30th Dec. 2008, calibration of the bottle neck

### Kalibracija izvozne rampe Lj.-Brod:

Iztočnica iz posnetka video nadzorne kamere TRA 12 je kolona vozil na izvozni rampi priključka Lj.-Brod, ki ob 15:44:06 sega do nadvoza. Na koncu zožitve modeliram semaforizirano križišče in spreminjam dolžino posamezne faze, dokler se ne približam realnemu stanju iztočnice.



Slika 22: Prometna nesreča 30.12.2008, kalibracija izvozne rampe Lj.-Brod

Figure 22: Traffic accident 30th Dec. 2008, calibration of the exit ramp Lj.-Brod

#### 2.2.3.1.2 Simulacija stanja brez ukrepa (predpostavljeno stanje)

Časovni interval: 1 h, začetni čas: 15:27:00.

Prometni podatki: povprečni prometni podatki v času pred izrednim dogodkom.

Preglednica 22: Prometna nesreča 30.12.2008, prometni podatki za stanje brez ukrepa

Table 22: Traffic accident 30th Dec. 2008, traffic data for the conditions with no measure

Merilnik	Lokacija	Qsk [voz/h]
VD 09L	Uvozna rampa Lj.-Brod	310
VD 08L	Izvozna rampa Lj.-Brod	221
MD 06L	Lj.-Šentvid – Lj.-Brod	1388
VD 07L	Uvozna rampa Lj.-Šentvid	554

Rezultati simulacije:

Preglednica 23: Prometna nesreča 30.12.2008, rezultati simulacije, brez ukrepa

Table 23: Traffic accident 30th Dec. 2008, simulation results, with no measure

Stanje	Brez ukrepa			
	1	2	3	Povpr.
Št. simulacije				
Zamuda [h]	562,9	554,9	564,7	<b>560,8</b>
Zamuda/voz [s]	2274,5	2150,3	2310,2	<b>2240,9</b>
Zamuda ustavitev [h]	547,5	538,7	549,7	<b>545,3</b>
Zamuda ustavitev/ voz [s]	2210	2087,7	2248,7	<b>2178,8</b>
Število ustavitev	7477	7600	7303	<b>7460</b>
Št. ustavitev/voz	8,39	8,18	8,3	<b>8,28</b>
Potovalna razdalja [km]	1156,3	1207,5	1141,4	<b>1168,4</b>
Potovalni čas [h]	584,4	577,3	585,9	<b>582,6</b>
Povprečna hitrost [km/h]	3	3	3	<b>3</b>
Poraba goriva [l]	1423,7	1391,6	1412,3	<b>1409,2</b>
Izkoristek goriva [km/l]	0,8	0,9	0,8	<b>0,8</b>
Emisije HC [g]	934	942	943	<b>940</b>

2.2.3.1.3 Simulacija stanja s prikazom sporočila na portalih in polportalih (realno stanje)

Časovni interval: 1 h, začetni čas: 15:27:00 – prikaz sporočila 1.0 na portalu SPIS 06L.

Prometni podatki: povprečni prometni podatki po prikazu sporočila na portalu in polportalih.

Preglednica 24: Prometna nesreča 30.12.2008, prometni podatki, sporočilo na portalu in polportalih SPIS

Table 24: Traffic accident 30th Dec. 2008, traffic data, message on the WMS gantry and half-gantries

Merilnik	Lokacija	Qsk [voz/h]
VD 09L	Uvozna rampa Lj.-Brod	133*
VD 08L	Izvozna rampa Lj.-Brod	560*
MD 06L	Lj-Šentvid – Lj.-Brod	1388
VD 07L	Uvozna rampa Lj.-Šentvid	554

\* Upoštevana je sprememba pretoka zaradi sporočila na SPIS.

Rezultati simulacije:

Preglednica 25: Prometna nesreča 30.12.2008, rezultati simulacije, sporočilo na portalu in polportalih SPIS

Table 25: Traffic accident 30th Dec. 2008, simulation results, message on the WMS gantry and half-gantries

Stanje	Sporočilo na portalu in polportalih SPIS			
	1	2	3	<b>Povpr.</b>
Št. simulacije				
Zamuda [h]	241,6	278,5	252	<b>257,4</b>
Zamuda/voz [s]	696,2	786,5	716,7	<b>733,6</b>
Zamuda ustavitev [h]	225	260,7	235,1	<b>240,3</b>

se nadaljuje...

...nadaljevanje

Zamuda ustavitve/ voz [s]	648,5	736,1	668,4	<b>684,8</b>
Število ustavitvev	6957	7565	7131	<b>7218</b>
Št. ustavitvev/voz	5,57	5,93	5,63	<b>5,71</b>
Potovalna razdalja [km]	1596,6	1629,2	1604,6	<b>1610,1</b>
Potovalni čas [h]	272,4	310,1	283,1	<b>288,5</b>
Povprečna hitrost [km/h]	6	6	6	<b>6</b>
Poraba goriva [l]	860,8	920,4	891	<b>890,7</b>
Izkoristek goriva [km/l]	1,9	1,8	1,8	<b>1,8</b>
Emisije HC [g]	666	704	696	<b>689</b>

#### 2.2.3.1.4 Simulacija stanja s prikazom sporočila samo na portalih (predpostavljeno stanje)

Časovni interval: 1 h, začetni čas: 15:27:00 – prikaz sporočila 1.0 na portalu SPIS 06L.

Prometni podatki: povprečni prometni podatki po prikazu sporočila na portalu, na uvozni rampi Lj.-Brod je predpostavljeno stanje brez prikaza sporočila na polportalih.

Preglednica 26: Prometna nesreča 30.12.2008, prometni podatki, sporočilo na portalu SPIS

Table 26: Traffic accident 30th Dec. 2008, traffic data, message on the WMS gantry

Merilnik	Lokacija	Qsk [voz/h]
VD 09L	Uvozna rampa Lj.-Brod	310
VD 08L	Izvozna rampa Lj.-Brod	560*
MD 06L	Lj.-Šentvid – Lj.-Brod	1388
VD 07L	Uvozna rampa Lj.-Šentvid	554

\* Upoštevana je sprememba pretoka zaradi sporočila na portalu SPIS.

Rezultati simulacije:

Preglednica 27: Prometna nesreča 30.12.2008, rezultati simulacije, sporočilo na portalu SPIS

Table 27: Traffic accident 30th Dec. 2008, simulation results, message on the WMS gantry

Stanje	Sporočilo na portalu SPIS			
	1	2	3	Povpr.
Št. simulacije				
Zamuda [h]	392,8	386,7	397,3	<b>392,3</b>
Zamuda/voz [s]	1165,7	1096,3	1160,1	<b>1140,7</b>
Zamuda ustavitv [h]	375,8	368,6	378,5	<b>374,3</b>
Zamuda ustavitv/ voz [s]	1115,3	1.045	1105,2	<b>1088,5</b>
Število ustavitv	7553	8520	8452	<b>8175</b>
Št. ustavitv/voz	6,23	6,71	6,85	<b>6,60</b>
Potovalna razdalja [km]	1496,4	1570,7	1532,8	<b>1533,3</b>
Potovalni čas [h]	421,9	417,3	427	<b>422,1</b>
Povprečna hitrost [km/h]	4	4	4	<b>4</b>
Poraba goriva [l]	1124,6	1135,6	1.144	<b>1134,7</b>
Izkoristek goriva [km/l]	1,3	1,4	1,3	<b>1,4</b>
Emisije HC [g]	813	836	834	<b>828</b>

#### 2.2.3.1.5 Simulacija stanja s prikazom sporočila samo na polportalih (predpostavljeno stanje)

Časovni interval: 1 h, začetni čas: 15:27:00 – prikaz sporočila 1.0 na polportalih SPIS 01L, 02D.

Prometni podatki: povprečni prometni podatki po prikazu sporočila na portalih, na izvozni rampi Lj.-Brod je predpostavljeno stanje brez prikaza sporočila na portalih.



Preglednica 28: Prometna nesreča, 30.12.2008, prometni podatki, sporočilo na polportal. SPIS

Table 28: Traffic accident, 30th Dec. 2008, traffic data, message on the WMS half-gantries

Merilnik	Lokacija	Qsk [voz/h]
VD 09L	Uvozna rampa Lj.-Brod	133*
VD 08L	Izvozna rampa Lj.-Brod	221
MD 06L	Lj.-Šentvid – Lj.-Brod	1388
VD 07L	Uvozna rampa Lj.-Šentvid	554

\* Upoštevana je sprememba pretoka zaradi sporočila na polportalih SPIS.

### Rezultati simulacije:

Preglednica 29: Prometna nesreča 30.12.2008, rezultati simulacije, sporočilo na polportalih SPIS

Table 29: Traffic accident 30th Dec. 2008, simulation results, message on the WMS half-gantry

Stanje	Sporočilo na polportalih SPIS			
	1	2	3	<b>Povpr.</b>
Št. simulacije				
Zamuda [h]	467,1	441,5	441,7	<b>450,1</b>
Zamuda/voz [s]	1843,9	1678,2	1.755	<b>1759,3</b>
Zamuda ustavitvev [h]	449,3	423,5	424,3	<b>432,4</b>
Zamuda ustavitvev/ voz [s]	1773,6	1609,8	1685,9	<b>1.690</b>
Število ustavitvev	8281	8366	8534	<b>8393</b>
Št. ustavitvev/voz	9,08	8,83	9,42	<b>9,11</b>
Potovalna razdalja [km]	1240,5	1300,1	1225,8	<b>1255,5</b>
Potovalni čas [h]	489,8	465,3	464	<b>473</b>
Povprečna hitrost [km/h]	3	4	4	<b>4</b>
Poraba goriva [l]	1231,9	1180,6	1180,1	<b>1197,5</b>
Izkoristek goriva [km/l]	1,0	1,1	1,0	<b>1,0</b>
Emisije HC [g]	826	803	818	<b>816</b>

2.2.3.1.6 Primerjava rezultatov simulacije

Iz spodnje preglednice je mogoče razbrati primerjavo rezultatov za stanje brez ukrepa SNVP in stanja, v katerih je bilo na določeni vrsti SPIS prikazano sporočilo. Zamude so več kot za polovico manjše v stanju, ko je ustrezno sporočilo prikazano tako na portalih kot polportalih. Občutno se zmanjšajo tudi v primerih, ko je sporočilo prikazano le na eni vrsti SPIS. Pri tem se poveča povprečna hitrost in potovalna razdalja, zmanjša pa potovalni čas. Podrobnejši komentarji rezultatov sledijo v nadaljevanju naloge.

Preglednica 30: Prometna nesreča 30.12.2008, primerjava rezultatov simulacije

Table 30: Traffic accident 30th Dec. 2008, comparison of simulation results

Stanje	Ni ukrepa	Ukrep		
		Portali in polportali	Portali	Polportali
Zamuda [h]	560,8	257,4	392,3	450,1
Zamuda/voz [s]	2240,9	733,6	1140,7	1759,3
Zamuda ustavitvev [h]	545,3	240,3	374,3	432,4
Zamuda ustavitvev/ voz [s]	2178,8	684,8	1088,5	1.690
Število ustavitvev	7460	7218	8175	8393
Št. ustavitvev/voz	8,28	5,71	6,60	9,11
Potovalna razdalja [km]	1168,4	1610,1	1533,3	1255,5
Potovalni čas [h]	582,6	288,5	422,1	473
Povprečna hitrost [km/h]	3	6	4	4
Poraba goriva [l]	1409,2	890,7	1134,7	1197,5
Izkoristek goriva [km/l]	0,8	1,8	1,4	1,0
Emisije HC [g]	940	689	828	816

## 2.3 Prometna nesreča 19.01.2009

### 2.3.1 Časovni potek in oris izrednega dogodka

#### 2.3.1.1 Obvestilo iz sistema Kažipot

Čas objave: pon 19.1.2009 7:58 / Čas preklica: pon 19.1.2009 8:04

Na avtocesti Karavanke - Ljubljana med priključkom Lj.-Šmartno in priključkom Lj.- Brod v smeri Ljubljane je zaradi prometne nesreče zaprt prehitevalni pas.

#### 2.3.1.2 Podatki iz posnetkov video nadzornih kamer

Kamera: TRA 06

Čas: 19.01.2009, 07:45:00 – 08:15:00

Lokacija: portal SPIS 07L, AC A2

Smer kamere: Ljubljana in Kranj

Opis dogajanja:

- Pojav izrednega dogodka: Ob 07:46:50 osebni avto s prehitevalnega pasu nenadoma zapelje na vozni pas. Drug osebni avto se mu izogne, pri tem pa ga zanese, tako da se vozili zaletita. Eno vozilo ostane zaustavljeno na odstavnem pasu, drugo pa na prehitevalnem pasu. Promet poteka mimo ovir po voznem pasu (Slika 23).
- Intervencija: Ob 07:57:10 na kraj prometne nesreče pripelje vzdrževalno vozilo, ki zavaruje oviro na prehitevalnem pasu (Slika 24 levo). Ob 07:58:00 vzdrževalci za 15 sekund ustavijo promet, da se osebni avto s prehitevalnega pasu umakne na odstavni pas (Slika 24 desno).
- Odstranitev ovir: Vzdrževalno vozilo ob 08:00:24 s prehitevalnega pasu zapelje na odstavni pas. Promet zopet steče po obeh prometnih pasovih (Slika 25).
- Kolona: Po pojavu izrednega dogodka se gortočno nabere kolona vozil, ki se tudi po odstranitvi ovir še nekaj časa ne sprostijo (Slika 26). Zaradi obrnjenosti kamere proti Kranju iz video posnetkov ni mogoče videti, kdaj je odstranjena ovira na odstavnem pasu.



Slika 23: Prometna nesreča 19.01.2009, pojav izrednega dogodka

Figure 23: Traffic accident 19th Jan. 2009, incident occurrence



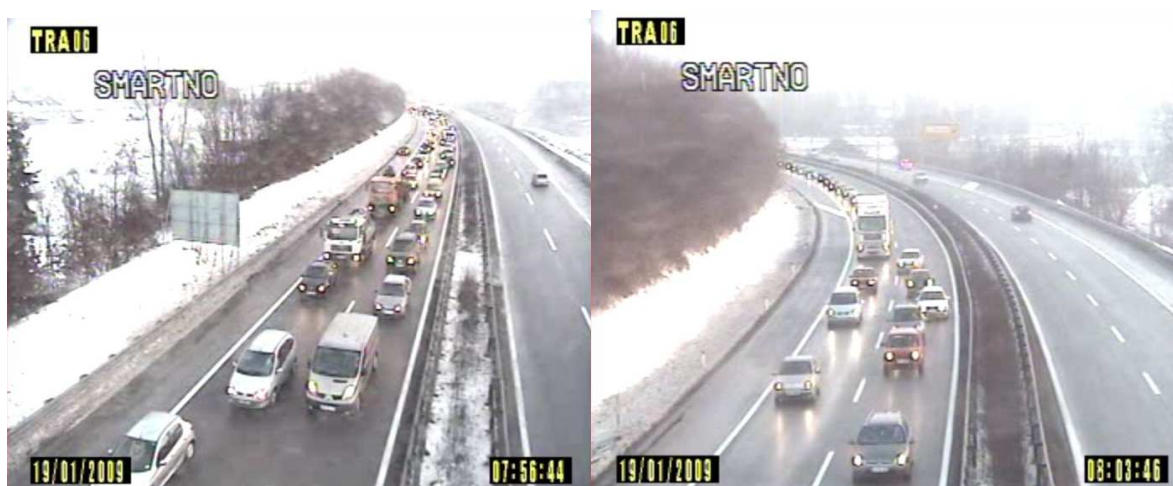
Slika 24: Prometna nesreča 19.01.2009, intervencija

Figure 24: Traffic accident 19th Jan. 2009, intervention



Slika 25: Prometna nesreča 19.01.2009, umik vzdrževalnega vozila

Figure 25: Traffic accident 19th Jan. 2009, maintenance vehicle withdrawal



Slika 26: Prometna nesreča 19.01.2009, kolona

Figure 26: Traffic accident 19th Jan. 2009, congestion

Kamera: VD 01D

Čas: 19.01.2009, 07:45:00 – 08:00:00

Lokacija: portal SPIS 01D, AC A2

Smer kamere: Izvoz Lj.-Šmartno

Opis dogajanja:

- Po dogodku prometne nesreče se vedno več voznikov odloča za uporabo izvoza Lj.-Šmartno. Ob 07:53:45 se na izvozni rampi nabere kolona vozil, ki zaradi spremenljive prepustnosti priključnega križišča variira (Slika 27 levo).
- V glavnem toku je mogoče opaziti počasnejšo vožnjo vozil. Ob 07:54:40 se vozila ustavijo, rep kolone sega do izvoza Lj.-Šmartno (Slika 27 desno).



Slika 27: Prometna nesreča 19.01.2009, kolona na izvozu Lj.-Šmartno

Figure 27: Traffic accident 19th Jan. 2009, congestion on the exit Lj.-Šmartno

Kamera:        TRA 01

Čas:            19.01.2009, 08:00:00 – 08:10:00

Lokacija:      portal SPIS 01D, AC A2

Smer kamere: Ljubljana

Opis dogajanja:

- Nabiranje kolone vozil: Okoli 8h je v vidnem območju kamere mogoče opaziti rep kolone vozil (Slika 28 levo zgoraj), ki se nekaj minut premika gortočno (Slika 28 desno zgoraj). Nato pa se začne kolona vozil postopoma zopet skrajševati (Slika 28 levo spodaj). Do 08:10:00 rep kolone izgine iz vidnega polja kamere (Slika 28 desno spodaj).



Slika 28: Prometna nesreča 19.01.2009, rep kolone

Figure 28: Traffic accident 19th Jan. 2009, congestion ends

### 2.3.1.3 Osnovni podatki o izrednem dogodku

Preglednica 31: Prometna nesreča 19.01.2009, osnovni podatki

Table 31: Traffic accident 19th Jan. 2009, basic data

Vrsta podatka	Podatek za izredni dogodek
Vrsta izrednega dogodka	Prometna nesreča
Lokacija izrednega dogodka	AC A2, smer Ljubljana, Lj.-Brod - Lj.-Šmartno, vzporedno s kažipotno tablo 1000 m pred izvozom Lj.-Brod
Pojav izrednega dogodka	Ponedeljek 19.01.2009, 07:46:50
Zaprti prometni pasovi	07:46:50 - 08:00:24 prehitevalni pas
Odstranitev ovir	08:00:24 – odstranitev ovire na prehitevalnem pasu ? – odstranitev ovire na odstavnem pasu



Slika 29: Prometna nesreča 19.01.2009, prostorski prikaz na shematskem vmesniku

Figure 29: Traffic accident 19th Jan. 2009, spatial view on the schematic interface



### 2.3.1.4 Prikaz prometnih vsebin


Preglednica 32: Prometna nesreča 19.01.2009, prometne vsebine na portalu SPIS 01D

Table 32: Traffic accident 19th Jan. 2009, variable messages on the gantry VMS 01D

SPIS	Datum	Št.	Grafika
SPIS01D	19.01.2009 07:36:10	0	
SPIS01D	19.01.2009 07:53:10	1	
SPIS01D	19.01.2009 08:01:00	2	
SPIS01D	19.01.2009 08:05:20	3	
SPIS01D	19.01.2009 08:11:10	2	

se nadaljuje...

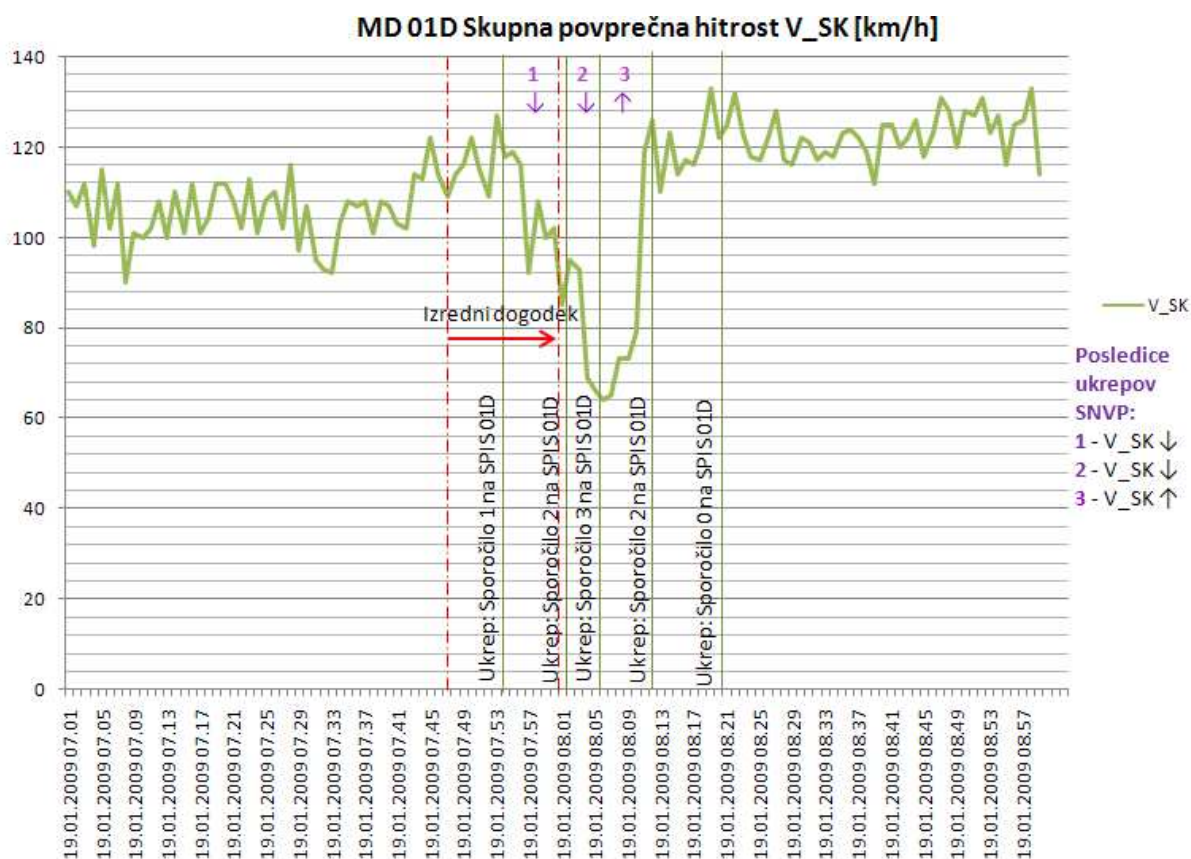
...nadaljevanje

SPIS01D	19.01.2009 08:20:00	0	
---------	---------------------	---	--

## 2.3.2 Analiza prometnih podatkov

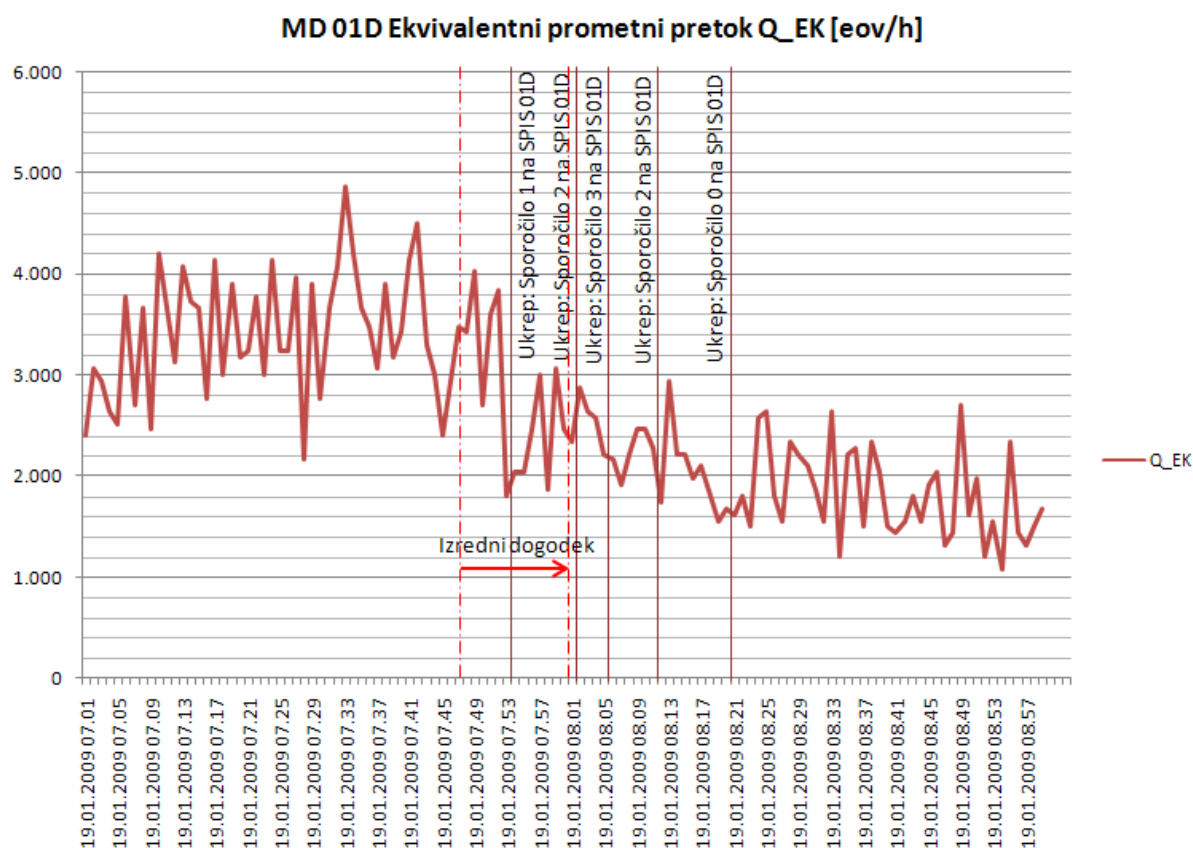
### 2.3.2.1 Analiza prometnih podatkov na merilnem mestu MD 01D

Prvi portal gortočno od lokacije prometne nesreče je SPIS 01D (Slika 29). Na njem je operater ročno sprožil prikaz sporočil v zvezi z izrednim dogodkom. V sledeči analizi sem vsebino teh sporočil primerjala s podatki o skupni povprečni hitrosti in ekvivalentnem prometnem pretoku, ki so jih izmerili mikrovalovni detektorji MD 01D, nameščeni na tem portalu.



Grafikon 13: Prometna nesreča 19.01.2009, skupna povprečna hitrost na MD 01D

Diagram 13: Traffic accident 19th Jan. 2009, average speed for all vehicles on the MD 01D



Grafikon 14: Prometna nesreča 19.01.2009, ekvivalentni prometni pretok na MD 01D

Diagram 14: Traffic accident 19th Jan. 2009, equivalent traffic flow on the MD 01D

Preglednica 33: Prometna nesreča 19.01.2009, poročilo o prometnem stanju na MD 01D

Table 33: Traffic accident 19th Jan. 2009, traffic condition report on the MD 01D

Časovno obdobje	Prometno stanje
19.01.2009 07.00-07.32	PS0
19.01.2009 07.33-07.35	PS1
19.01.2009 07.36-08.04	PS0
19.01.2009 08.05-08.10	PS2
19.01.2009 08.11-09.00	PS0

Ocena vrednosti ekvivalentnega prometnega pretoka in skupne povprečne hitrosti v različnih časovnih obdobjih na merilnem mestu MD 01D:

### 1. Čas od začetka opazovanja do dogodka prometne nesreče

Časovno obdobje od začetka opazovanja ob 07:00:00 do dogodka prometne nesreče ob 07:46:50 sovпада s ponedeljkovo jutranjo prometno konico. Povprečna vrednost ekvivalentnega prometnega pretoka v tem obdobju znaša kar 3408 eov/h. Do 07:33:00, ko je dosežena maksimalna vrednost pretoka 4860 eov/h in je za nekaj minut določena stopnja prometnega stanja PS1, se kaže trend naraščanja pretoka. Po tem času pa prične vrednost ekvivalentnega prometnega pretoka zopet upadati. Čas obrata se ujema z dejstvom, da se delavnik večine ljudi prične ob 8h. Obraten pojav je mogoče opaziti pri skupni povprečni hitrosti. Do 07:33:00 se hitrost giblje v območju povprečne vrednosti 105 km/h, čeprav na merilnem mestu ni omejitve hitrosti in torej velja maksimalna dovoljena hitrost na avtocesti 130 km/h. Vzrok za to je velika količina prometa, ki onemogoča popolnoma prost prometni tok. Po 07:33:00 prične povprečna hitrost naraščati in ob 07:45:00 doseže maksimalno vrednost 122 km/h.

### 2. Čas med dogodkom prometne nesreče in prikazom sporočila 1 na SPIS 01D

Po dogodku prometne nesreče ob 07:46:50 ekvivalentni prometni pretok še vedno sledi trendu upadanja, skupna povprečna hitrost pa narašča. Z merilnega mesta MD 01D vozniki ne vidijo lokacije prometne nesreče, ki je oddaljena skoraj 2 km, zato tudi ne spremenijo načina vožnje. Povprečne hitrosti v obdobju od 7:33:00 do 07:53:00 znaša 111 km/h, povprečne ekvivalentnega prometnega pretoka pa 3471 eov/h.

3. Čas po prikazu sporočila 1 na SPIS 01D  
skupne povprečne hitrosti



- vpliv ukrepa: padec

Po prikazu sporočila 1 na portalu SPIS 01D ob 07:53:10 prične skupna povprečna hitrost vidno padati, kljub temu da prometni pretok ne narašča, temveč še vedno precej enakomerno upada. Nagel padec hitrosti je torej posledica prikaza sporočila 1 na portalu SPIS 01D, ki vsebuje prometni znak za prometno nesrečo, rdeči križ nad zaprtim prehitevalnim pasom in zeleno puščico nad voznim pasom (Grafikon 13, posledica ukrepov SNVP 1). Kljub temu, da se operater ni odločil za prikaz omejitve hitrosti, vozniki upočasnijo vožnjo s 127 na 102 km/h. Povprečna vrednost hitrosti znaša 105 km/h, ekvivalentnega prometnega pretoka pa 2408 eov/h.

4. Čas po prikazu sporočila 2 na SPIS 01D  
padec skupne povprečne hitrosti



- delni vpliv ukrepa:

Ob 08:00:24 so vse ovire odstranjene, tako da promet zopet steče po obeh prometnih pasovih (Slika 25), zato se najbrž ob 08:01:00 operater odloči, da sporočilo 1 zamenja s sporočilom 2. Le-to vsebuje prometni znak za kolono vozil. Takrat je z merilnega mesta že mogoče opaziti rep kolone vozil, ki se približuje lokaciji portala SPIS 01D (Slika 28). Posledica tega je, da vozniki še bolj upočasnijo vožnjo, tako da hitrost v naslednjih 4 minutah pade na 66 km/h. K temu prispeva prikaz sporočila 2 v kombinaciji z vidnostjo repa kolone.

5. Čas po prikazu sporočila 3 na SPIS 01D  
porast skupne povprečne hitrosti



- delni vpliv ukrepa:

Od 08:05:00 do 08:11:00 sistem na podlagi vrednosti prometnega pretoka in hitrosti javi stopnjo prometnega stanja 2 (Preglednica 33), kateri ustreza omejitev hitrosti 80 km/h. Zato se

v sporočilu na portalu SPIS 01D avtomatsko prikaže ta omejitev hitrosti, ki izmenično utripa s prometnim znakom za kolono vozil. Skupna povprečna hitrost prične ponovno naraščati in se približuje vrednosti 80 km/h. Vzrok temu je delno omejitev hitrosti, ki je višja od vozniških hitrosti, delno pa tudi oddaljevanje repa kolone iz območja vidnosti z merilnega mesta (Slika 28). Prometni pretok še vedno precej enakomerno upada.

6. Čas po prikazu sporočila 2 na SPIS 01D



Ob 08:11:00 se prometno stanje na merilnem mestu MD 01D zopet normalizira, sistem javi stopnjo prometnega stanja 0. Zato se na portalu SPIS 01D zopet prikaže sporočilo 2 brez omejitve hitrosti. Ker vozniki ne vidijo kolone vozil, kljub opozorilu na portalu ne upočasnijo vožnje. Zgodi se celo obratno, da skupna povprečna hitrost narašča. Ker je na cesti normalno prometno stanje in vozniki še ne vidijo kolone, ne prilagodijo načina vožnje. V takem primeru bi bilo bolje v sporočilu dodati lokacijo oziroma odsek, na katerem se je pojavil zastoj. Tako bi se zaupanje voznikov v sistem v večji meri ohranjalo, kot če le opozarjamo na zastoj na lokaciji, kjer le-ta še ni viden.

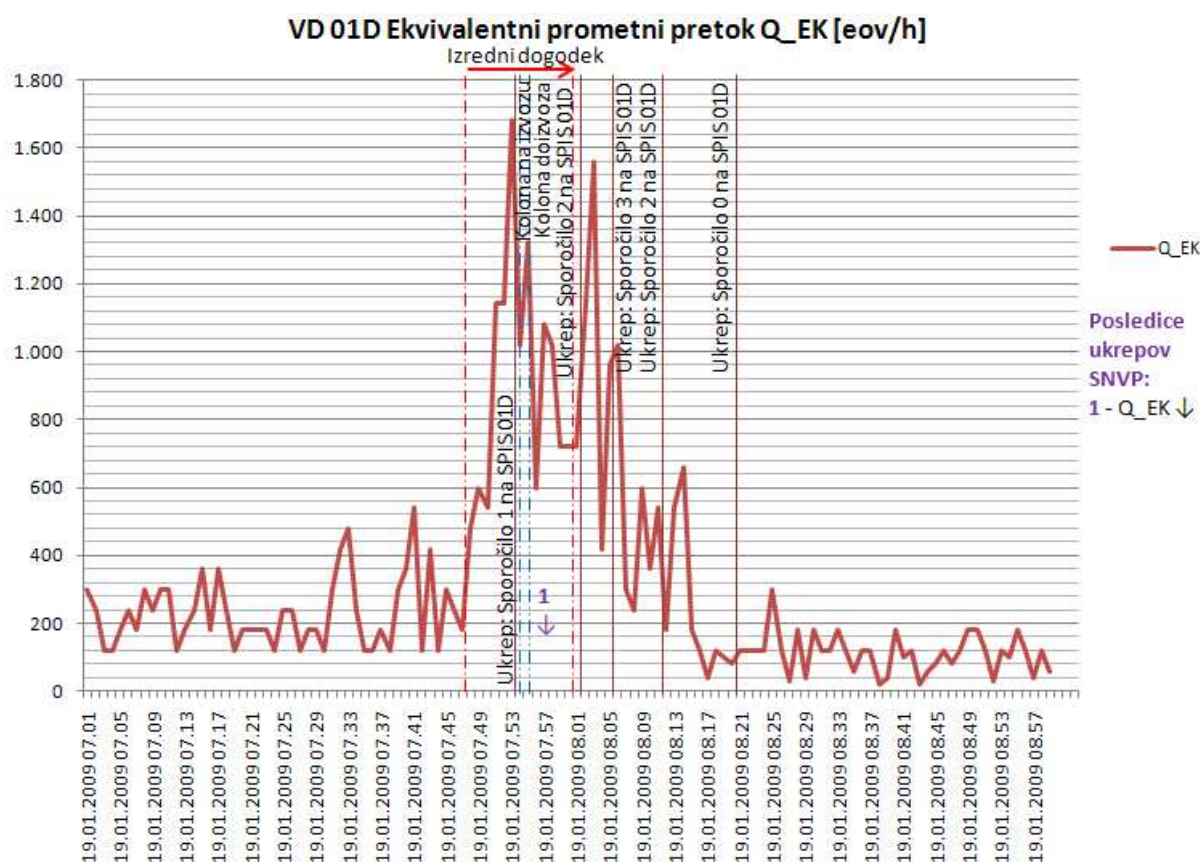
7. Čas po prikazu sporočila 0 na SPIS 01D



Ob 08:20:00 operater ugasne prikaz sporočila o zastoj, tako da ostane prikazovalnik portala SPIS 01D prazen. Po tem času se trend upadanja ekvivalentnega prometnega pretoka zelo zmanjša. Jutranja prometna konica se približuje koncu, povprečna vrednost pretoka se spusti na okoli 1800 eov/h. Hkrati se skupna povprečna hitrost dvigne na višjo raven s povprečno vrednostjo 123 km/h.

### 2.3.2.2 Analiza prometnih podatkov na izvozu Lj.-Šmartno

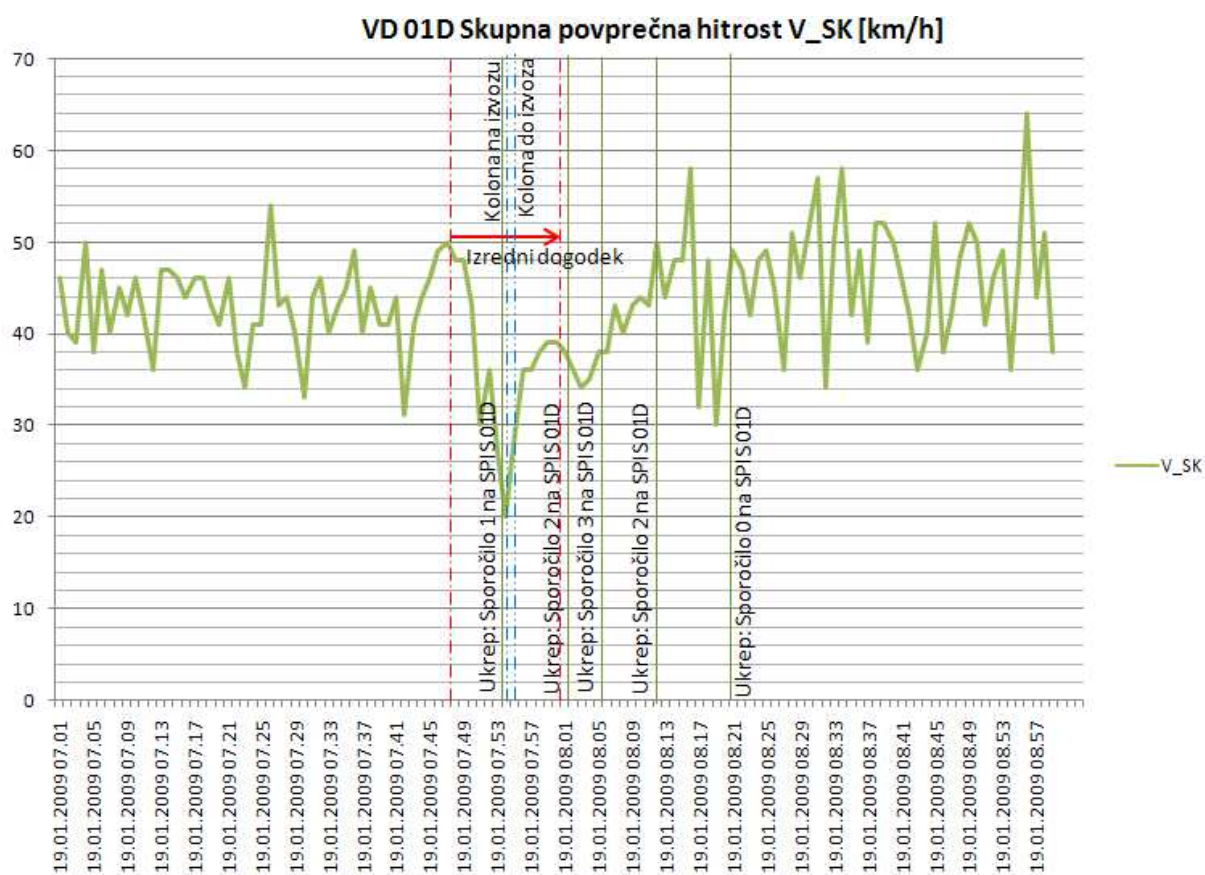
V analizi sem preučevala vplive ukrepov SNVP na izbiro poti. Različna vsebina sporočil, prikazanih na portalu SPIS 01D je na različne načine vplivala na odločanje voznikov o uporabi izvoza Lj.-Šmartno. To je razvidno iz prometnih podatkov, zbranih preko video detekcijske kamere VD 01, ki je nameščena na samostojnem drogu nad izvozno rampo priključka Lj.-Šmartno (Slika 29).



Grafikon 15: Prometna nesreča 19.01.2009, ekvivalentni prometni pretok na VD 01D

Diagram 15: Traffic accident 19th Jan. 2009, equivalent traffic flow on the VD 01D





Grafikon 16: Prometna nesreča 19.01.2009, skupna povprečna hitrost na VD 01D

Diagram 16: Traffic accident 19th Jan. 2009, average speed for all vehicles on the VD 01D

Ocena vrednosti ekvivalentnega prometnega pretoka in skupne povprečne hitrosti v različnih časovnih obdobjih na izvozu Lj.-Šmartno:

### 1. Čas od začetka opazovanja do dogodka prometne nesreče

V časovnem obdobju od 07:00:00 do dogodka prometne nesreče ob 07:46:50 se ekvivalentni prometni pretok na izvozu Lj.-Šmartno giblje v ustaljenem območju okoli povprečne vrednosti 231 ev/h. Prav tako skupna povprečna hitrost precej ustaljeno niha okoli vrednosti 43 km/h.

## 2. Čas med dogodkom prometne nesreče in prikazom sporočila 1 na SPIS 01D

Takoj po dogodku prometne nesreče ob 07:46:50 prične prometni pretok na izvozni rampi priključka Lj.-Šmartno naraščati. Gortočno od lokacije prometne nesreče se namreč zaradi velike količine prometa v jutranji konici hitro prične nabirati kolona vozil, ki jo je mogoče opaziti že pred priključkom Lj.-Šmartno. Zaradi zgoščevanja prometa in približevanja repa kolone izvozu se vedno več voznikov odloča za uporabo izvoza Lj.-Šmartno in nadaljevanje poti po sekundarnem cestnem omrežju. Večina voznikov jutranje konice sodi v skupino vozačev, ki se vsakodnevno iz gorenjske smeri pripeljejo v Ljubljano na delo. Ti že dobro poznajo možnosti obvoznih poti, saj so navajeni na zastoje v jutranji konici, ki so se pred izgradnjo predora Šentvid redno pojavljali na koncu gorenjske avtoceste in se občasno še vedno pojavljajo na izvozih Lj.-Šentvid in Lj.-Brod sicer v nekoliko manjši meri. Ekvivalentni prometni pretok doseže maksimalno vrednost 1680 eov/h v zadnji minuti pred prikazom sporočila 1 na SPIS 01D, povprečna vrednost pa znaša 1020 eov/h.

## 3. Čas po prikazu sporočila 1 na SPIS 01D ekvivalentnega prometnega pretoka



- vpliv ukrepa: padec

Po prikazu sporočila 1 na portalu SPIS 01D ob 07:53:10 prične ekvivalentni prometni pretok na izvozu zopet padati, skupna povprečna hitrost pa se povečuje. Pri tem je potrebno premisliti, kako prikazano sporočilo vpliva na voznike. Pred prikazom sporočila so neobveščeni vozniki naleteli na kolono, katere vzroka niso poznali. Najbrž je večina voznikov predvidevala, da gre za zgostitev prometa zaradi jutranje konice. Po prikazu sporočila 1 so vozniki obveščeni, da se je na cesti zgodila prometna nesreča in da je na lokaciji prometne nesreče zaprt prehitelvalni pas. Iz teh podatkov je mogoče predvidevati, da je promet zgoščen le na odseku pred izrednim dogodkom in da se zatem sprosti. Kljub temu, da ob 07:54:40 kolona vozil v glavnem prometnem toku sega do izvoza Lj.-Šmartno (Slika 27), se vozniki v manjši meri odločajo za uporabo izvoza. Poznajo namreč vzrok za nastanek kolone in podatek, da je vozni pas odprt za promet, zato raje nadaljujejo pot po avtocesti, ker računajo

na pretočnost kritičnega odseka. Povprečna vrednost ekvivalentnega prometnega pretoka znaša 900 eov/h.

Iz posnetkov video detekcijske kamere VD 01D je razvidno, da se ob 07:53:45 na izvozni rampi nabere kolona vozil, kar se odraža tudi v najnižji vrednosti skupne povprečne hitrosti. Vendar je mogoče na posnetku opaziti, da je priključno križišče dovolj pretočno, tako da se kolona ne podaljšuje, oziroma se hitro zopet razpusti. To je razvidno tudi iz povečevanja hitrosti. Padanje prometnega pretoka na izvozu torej ni posledica kolone.

#### 4. Čas po prikazu sporočila 2 na SPIS 01D



Ves čas prikaza sporočila 2 od 08:01:00 do 08:20:00, vključno z vmesnim prikazom sporočila 3 (ki je enako sporočilu 2, le da vsebuje omejitev hitrosti, ki pa ne vpliva na odločanje voznikov o uporabi izvoza), ekvivalentni prometni pretok na izvozu Lj.-Šmartno upada, skupna povprečna hitrost pa postopno narašča. Vzrok temu je sprostitev prometa po 08:00:24, ko promet zopet steče po obeh prometnih pasovih, tako da se kolona vozil počasi skrajšuje oziroma hitreje premika. Ko se vozniki približujejo izvozu Lj.-Šmartno, se zaradi vedno manj gostega prometa in večjih hitrosti v glavnem prometnem toku vedno redkeje odločajo za uporabo izvoza. Sporočilu 2 bi bilo bolje dodati tudi podatek o lokaciji zastoja, tako bi se vozniki še lažje odločali za uporabo izvoza ali nadaljevanje poti po avtocesti.

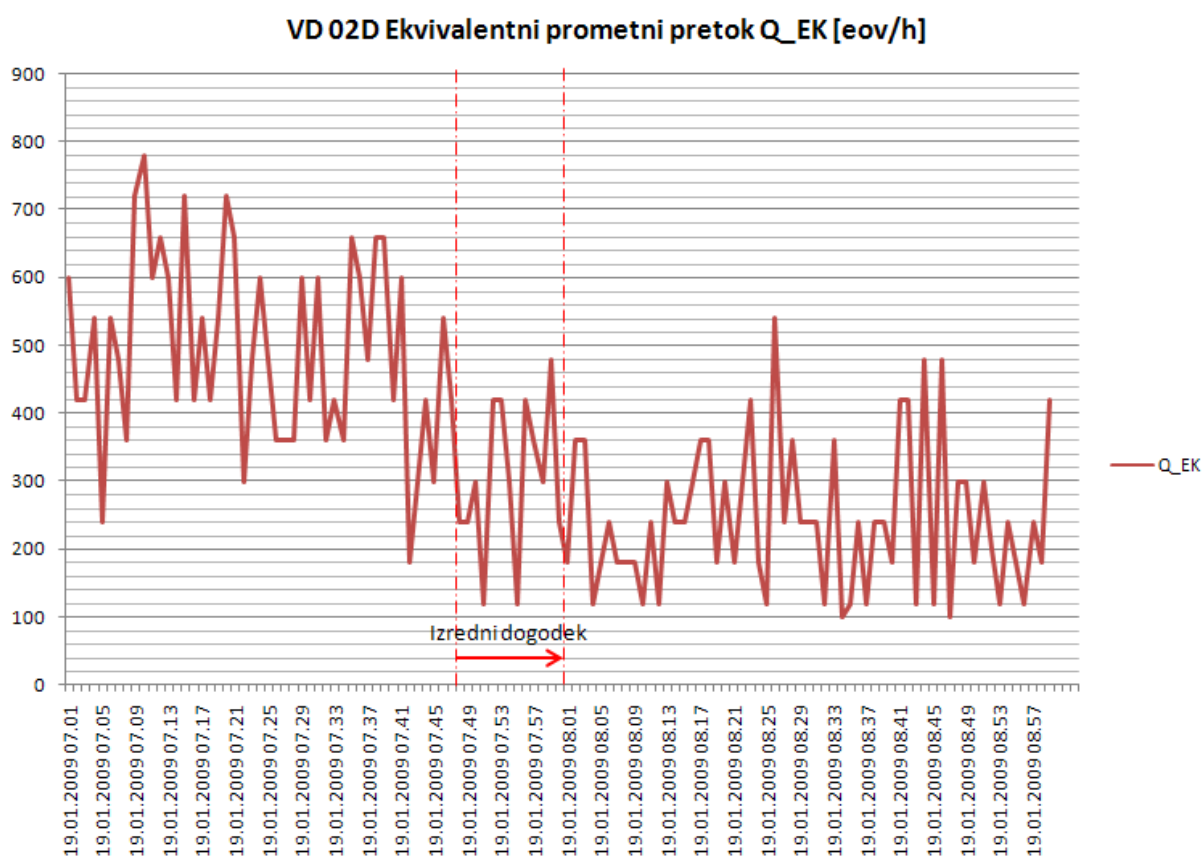
#### 5. Čas po prikazu sporočila 0 na SPIS 01D



Po prikazu sporočila 0 na portalu SPIS 01D, ki je prazno, se ekvivalentni prometni pretok ustali in niha okoli povprečne vrednosti 87 eov/h. Ta vrednost je nižja kot pred dogodkom prometne nesreče, to pa zaradi tega, ker se jutranja konica že približuje koncu in je na avtocestnem odseku na splošno manj prometa. V skladu s tem se poveča skupna povprečna hitrost.

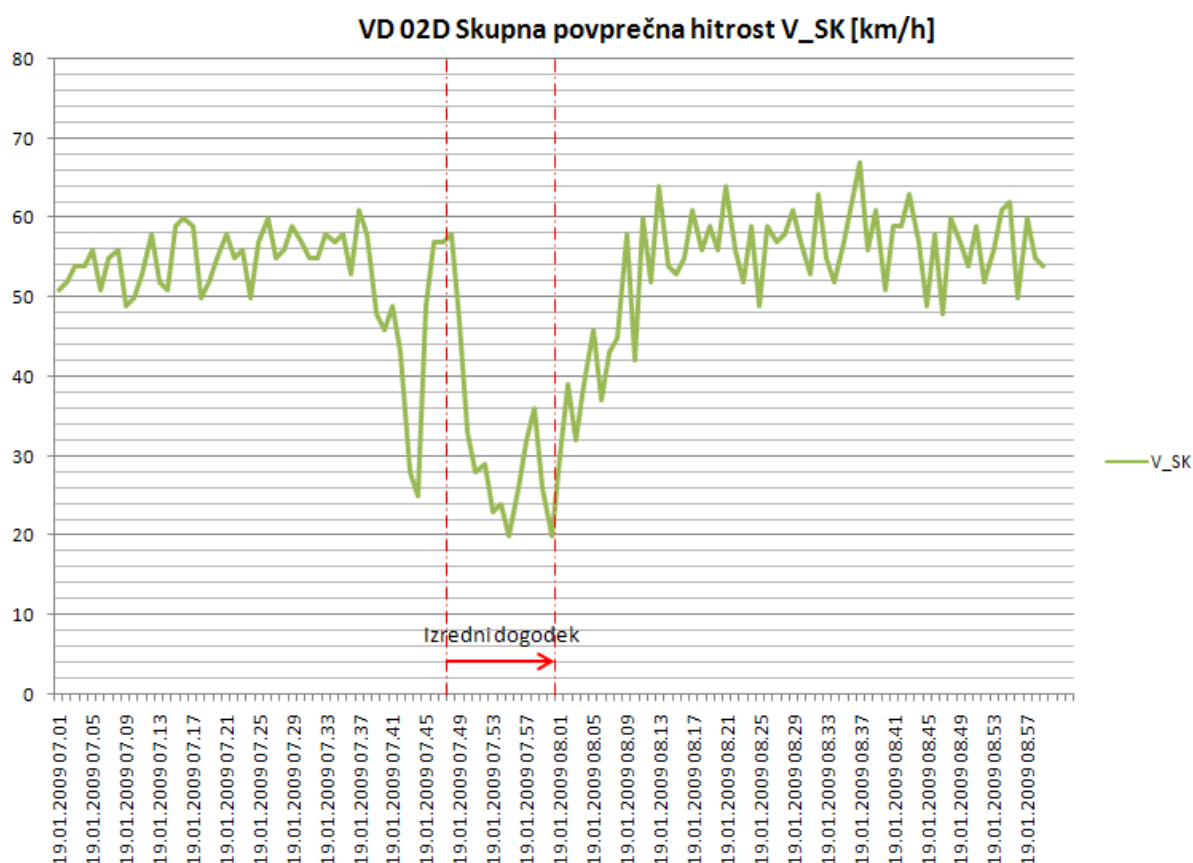
### 2.3.2.3 Analiza prometnih podatkov na uvozu Lj.-Šmartno

V območju priključka Lj.-Šmartno ni polportalov, tako da ni bilo mogoče izvesti nikakršnega ukrepa, ki bi voznike opozarjal na dogodek prometne nesreče. Kljub temu sem naredila analizo prometnih podatkov video detekcijske kamere VD 02D na uvozu Lj.-Šmartno in sicer zaradi primerjave z izrednimi dogodki, pri katerih je bilo mogoče voznike obvestiti s sporočili na polportalih.



Grafikon 17: Prometna nesreča 19.01.2009, ekvivalentni prometni pretok na VD 02D

Diagram 17: Traffic accident 19th Jan. 2009, equivalent traffic flow on the VD 02D



Grafikon 18: Prometna nesreča 19.01.2009, skupna povprečna hitrost na VD 02D

Diagram 18: Traffic accident 19th Jan. 2009, average speed for all vehicles on the VD 02D

Ocena vrednosti ekvivalentnega prometnega pretoka in skupne povprečne hitrosti v različnih časovnih obdobjih na uvozu Lj.-Šmartno:

### 1. Čas od začetka opazovanja do dogodka prometne nesreče

V času od 07:00:00 do dogodka prometne nesreče ob 07:46:50 se ekvivalentni prometni pretok na uvozu Lj.-Šmartno giblje okoli precej visoke povprečne vrednosti 498 eov/h zaradi jutranje konice. Opaziti pa je že mogoče trend upadanja prometnega pretoka. Povprečna vrednost skupne hitrosti na uvozni rampi v tem obdobju je 53 km/h. Od 07:39:00 do 07:45:00 je mogoče opaziti padec hitrosti, ki je verjetno posledica zgoščevanja prometa naprej od priključka Lj.-Šmartno, razvidnega iz video posnetkov.

## 2. Čas od dogodka prometne nesreče do odstranitve ovir

V času trajanja izrednega dogodka ni opaziti posebnih sprememb uvoznega prometnega pretoka, razen postopnega upadanja, ki je posledica bližanja koncu obdobja jutranje prometne konice. Razlog za to je, da vozniki pred uvažanjem na avtocesto niso vedeli, da se je na njej zgodila prometna nesreča. Zaradi tega nimajo možnosti za odločitev za alternativno pot in še vedno v enaki meri uporabljajo uvoz Lj.-Šmartno. Povprečna vrednost ekvivalentnega prometnega pretoka v tem obdobju znaša 295 eov/h. Skupna povprečna hitrost pa takoj po dogodku prometne nesreče prične postopno padati. Vzrok za to je nabiranje kolone in zaradi tega oteženo vključevanje uvoznega toka v glavni prometni tok.

## 3. Čas po koncu izrednega dogodka



Po koncu izrednega dogodka ekvivalentni prometni pretok ustaljeno niha okoli povprečne vrednosti 244 eov/h. Skupna povprečna hitrost na uvozni rampi pa približno 15 min po odstranitvi ovir postopoma narašča. Toliko časa traja, da se stanje v glavnem prometnem toku normalizira. Po tem obdobju se giblje okoli povprečja 57 km/h.

### 2.3.2.4 Analiza vozne hitrosti

V analizi vozne hitrosti za prometno nesrečo 19.01.2009 je upoštevan le prvi primer vpliva ukrepov SNVP na skupno povprečno hitrost, izmerjeno na merilnem mestu MD 01D. V tem primeru poleg ukrepa SNVP ni prisotnih drugih dejavnikov, ki bi vplivali na spremembo vozne hitrosti. V drugem in tretjem primeru na način oziroma hitrost vožnje vpliva tudi rep kolone vozil.

Preglednica 34: Prometna nesreča 19.01.2009, analiza vozne hitrosti

Table 34: Traffic accident 19th Jan. 2009, driving speed analysis


Primer	Stanje	Sporočilo na SPIS 06L	Q_EK [eov/h]	Hitrost [km/h]	Odstopanje od omejitve [km/h]
1	Pred ukrepom	0 	3471	Omejitev 130	- 19 Vpliv gostote prometa
				V_SK 111	
	Ukrep	1 	2408	Omejitev 130	- 25 Vpliv informacije na sporočilu
Redukcija V_SK ob ukrepu [km/h]:			105	6	

### 2.3.2.5 Analiza odzivnega časa

V sledeči preglednici je za prometno nesrečo 19.01.2009 naveden odzivni čas SNVP in vzdrževalne službe. Iz primerjave je razvidno, da je operater reagiral s prikazom ustreznega sporočila 6,3 minute po pojavu izrednega dogodka, kar je še vedno 4 minute prej, preden se je na lokacijo prometne nesreče uspela pripeljati vzdrževalna služba.

Preglednica 35: Prometna nesreča 19.01.2009, analiza odzivnega časa

Table 35: Traffic accident 19th Jan. 2009, response time analysis

Izvajalec ukrepa	Čas pojava izrednega dogodka	Ukrep	Čas ukrepa	Odzivni čas [min]
Vzdrževalna služba	07:46:50	Prihod vzdrževalnega vozila na kraj nesreče	07:57:10	10,3
SNVP	07:46:50	Prikaz sporočila na SPIS 01D 	07:53:10	6,3
Krajši odzivni čas [min]:				4,0




### 2.3.2.6 Razbremenitev kritičnega avtocestnega odseka

#### 2.3.2.6.1 Povečanje prometnega pretoka na izvozu Lj.-Šmartno zaradi ukrepa SNVP

V spodnji preglednici so zbrani podatki o povprečnem ekvivalentnem pretoku na izvozu Lj.-Šmartno za prometno nesrečo 19.01.2009. Obravnavana sta dva primera. Primer 0 obravnava čas med pojavom prometne nesreče in prikazom sporočila 1 na SPIS 01D. V tem času se je zaradi hitrega zgoščevanja prometa in vidnosti repa kolone prometni pretok naglo povečal. Povprečna vrednost 1020 eov/h je kar 4,4-krat večja od povprečja pred izrednim dogodkom. Po prikazu sporočila 1 na SPIS 01D se povprečna vrednost ekvivalentnega prometnega pretoka zmanjša na 900 eov/h, kar je 3,9-krat več kot pred dogodkom. Vzrok za zmanjšanje pretoka na izvozu je vsebina sporočila 1, ki voznikom podaja informacijo o delni prepustnosti kritičnega odseka. Na podlagi te informacije se manj voznikov odloča za izbiro izvoza, zato se po ukrepu kritični avtocestni odsek sicer še vedno razbremenjuje, vendar v manjši meri kot prej.

Preglednica 36: Prometna nesreča 19.01.2009, povečanje prometnega pretoka na izvozu

Table 36: Traffic accident 19th Jan. 2009, traffic flow increase on exit

Primer	Sporočilo na SPIS 01D	Q_EK [eov/h]		Količnik povečanja pretoka
		pred izrednim dogodkom	po ukrepu	
0	Ni sporočila	231	1020*	4,4-krat
1		231	900	3,9-krat

\*Primer 0 obravnava čas med pojavom prometne nesreče in prikazom sporočila 1.

#### 2.3.2.6.2 Nespremenjen prometni pretok na uvozu Lj.-Šmartno

Na priključku Lj.-Šmartno ni nameščenih polportalov SPIS, preko katerih bi bilo mogoče voznike obvestiti o stanju na avtocesti. Zaradi tega ni bilo mogoče izvesti nobenega ukrepa, ki bi vplival na uvozni tok in posledično na razbremenitev kritičnega avtocestnega odseka.

### 2.3.3 Analiza vpliva ukrepov SNVP s pomočjo simulacije

Pri obdelavi podatkov s pomočjo simulacije sem za prometno nesrečo dne 30.12.2008 obravnavala realno stanje, ki vključuje prikaz sporočila na portalu pred izvozom Lj.-Šmartno. V območju tega priključka ni nameščenih nobenih polportalov, zato je na prometne tokove vplivalo zgolj sporočilo na portalu. Realno stanje sem primerjala s predpostavljenim stanjem brez prikaza sporočila na portalu SPIS.

#### 2.3.3.1.1 Kalibracija simulacijskega modela mreže

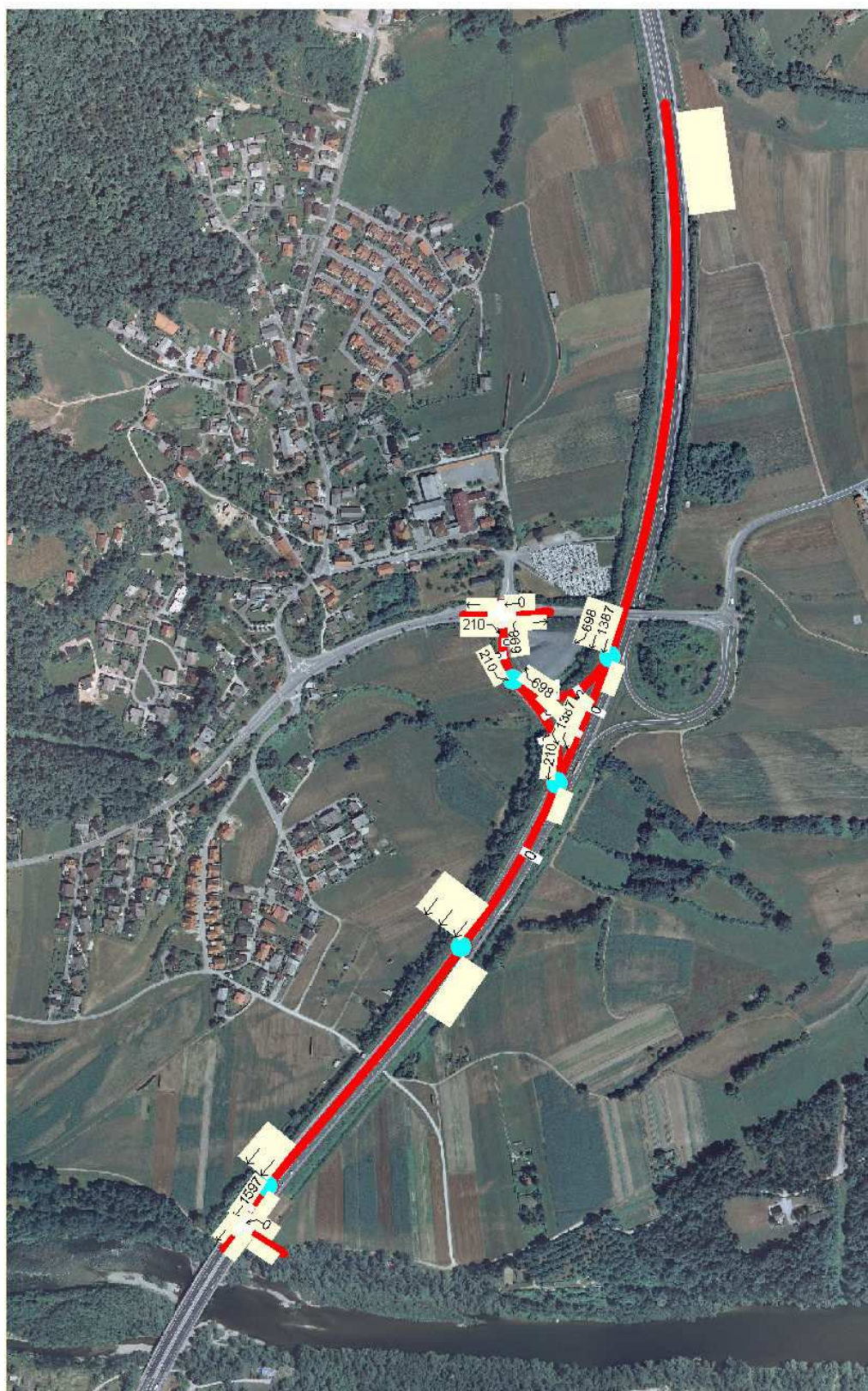
Časovni interval: 8 min, začetni čas: 07:53:00 – prikaz sporočila 1 na portalu SPIS 01D.

Prometni podatki: povprečni prometni podatki za enako časovno obdobje.

Preglednica 37: Prometna nesreča 19.01.2009, prometni podatki za kalibracijo

Table 37: Traffic accident 19th Jan. 2009, traffic data for calibration

Merilnik	Lokacija	Qsk [voz/h]
MD 01D	Povodje – Lj.-Šmartno	2085
VD 01D	Izvozna rampa Lj.-Šmartno	698
VD 02D	Uvozna rampa Lj.-Šmartno	210

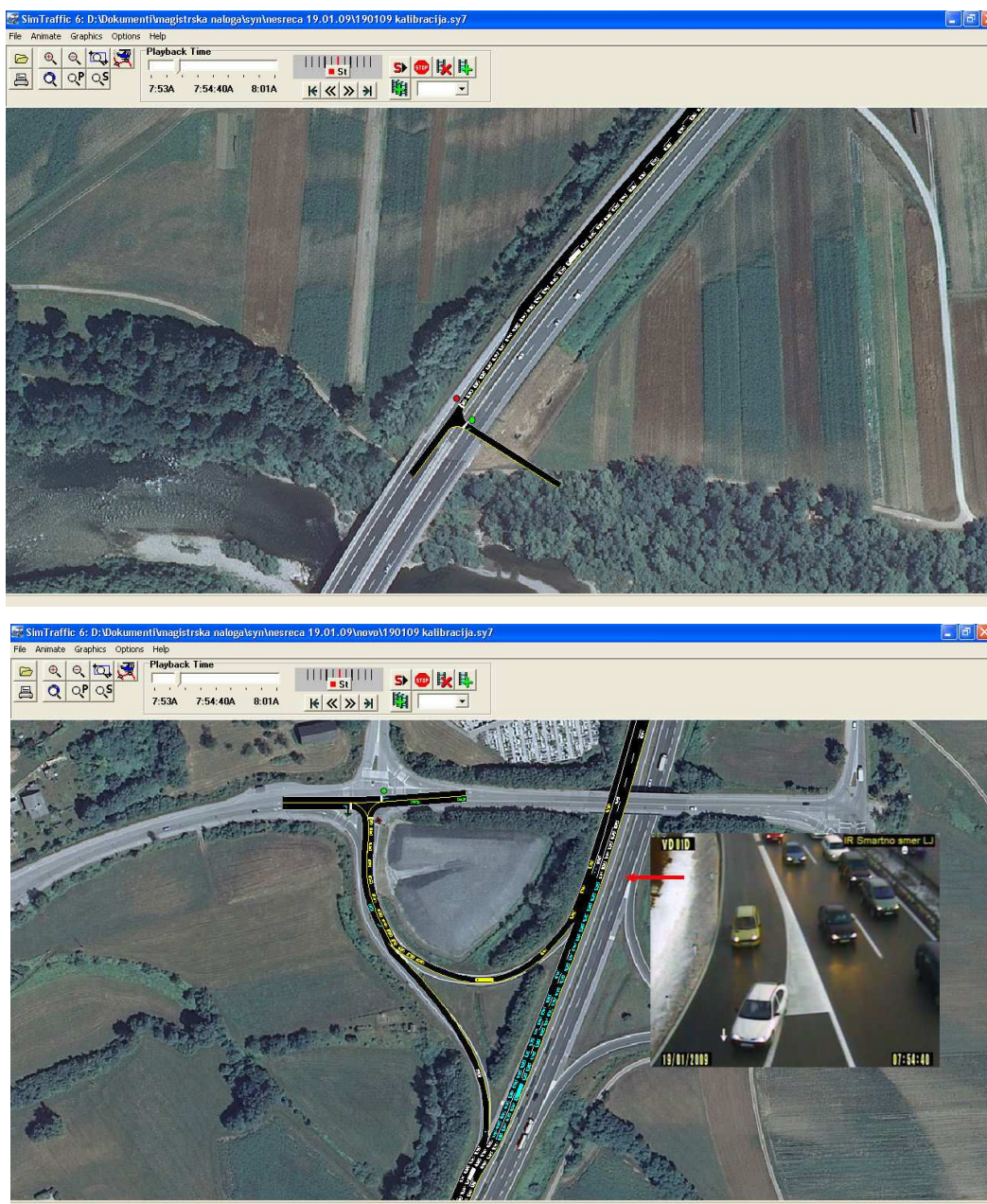


Slika 30: Prometna nesreča 19.01.2009, simulacijski model mreže

Figure 30: Traffic accident 19th Jan. 2009, simulation network model

### Kalibracija ozkega grla na lokaciji prometne nesreče:

Iztočnica iz posnetka video detekcijske kamere VD 01D je kolona vozil, ki ob 07:54:40 sega do izvoza Lj.-Šmartno. Na koncu zožitve modeliram semaforizirano križišče in spreminjam dolžino posamezne faze, dokler se ne približam realnemu stanju iztočnice.

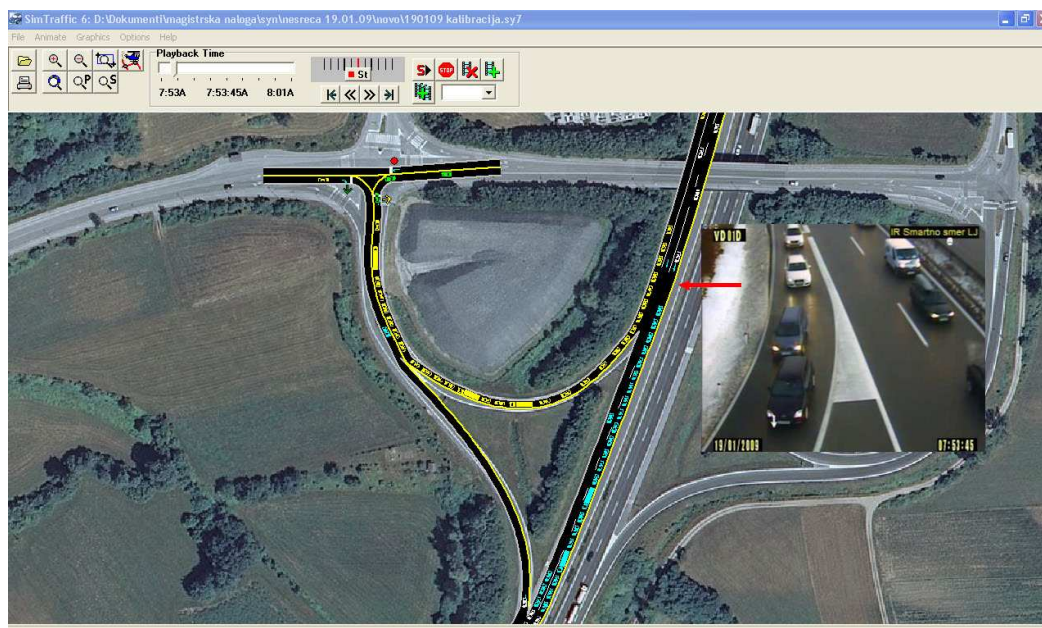


Slika 31: Prometna nesreča 19.01.2009, kalibracija ozkega grla

Figure 31: Traffic accident 19th Jan. 2009, calibration of the bottle neck

### Kalibracija izvozne rampe Lj.-Šmartno:

Iztočnica iz posnetka video detekcijske kamere VD 01D je kolona vozil na izvozni rampi priključka Lj.-Šmartno, ki ob 07:53:45 sega do konca zaviralnega pasu. Na koncu zožitve modeliram semaforizirano križišče in spreminjam dolžino posamezne faze, dokler se ne približam realnemu stanju iztočnice.



Slika 32: Prometna nesreča 19.01.2009, kalibracija izvozne rampe Lj.-Šmartno  
Figure 32: Traffic accident 19th Jan. 2009, calibration of the exit ramp Lj.-Šmartno

#### 2.3.3.1.2 Simulacija stanja s prikazom sporočila na portalu (realno stanje)

Časovni interval: 1 h, začetni čas: 07:53:00 – prikaz sporočila 1 na portalu SPIS 01D.

Prometni podatki: povprečni prometni podatki po prikazu sporočila na portalu.

Preglednica 38: Prometna nesreča 19.01.2009, prometni podatki za stanje z ukrepom

Table 38: Traffic accident 19th Jan. 2009, traffic data for the conditions with the measure

Merilnik	Lokacija	Qsk [voz/h]
MD 01D	Povodje – Lj.-Šmartno	2085
VD 01D	Izvozna rampa Lj.-Šmartno	698
VD 02D	Uvozna rampa Lj.-Šmartno	210

### Rezultati simulacije:

Preglednica 39: Prometna nesreča 19.01.2009, rezultati simulacije, sporočilo na portalu SPIS

Table 39: Traffic accident 19th Jan. 2009, simulation results, message on the WMS gantry

Stanje	Sporočilo na portalu SPIS			
	1	2	3	<b>Povpr.</b>
Št. simulacije				
Zamuda [h]	1003,6	1000,8	987,7	<b>997,4</b>
Zamuda/voz [s]	6641,7	6377	6271,4	<b>6446,4</b>
Zamuda ustavitvev [h]	997,6	994,2	980,9	<b>990,9</b>
Zamuda ustavitvev/ voz [s]	6602	6334,4	6227,7	<b>6404,3</b>
Število ustavitvev	2598	2881	2985	<b>2821</b>
Št. ustavitvev/voz	4,78	5,1	5,26	<b>5,06</b>
Potovalna razdalja [km]	615,4	656,2	648,8	<b>640,1</b>
Potovalni čas [h]	1014,8	1012,5	999,4	<b>1008,9</b>
Povprečna hitrost [km/h]	2	2	2	<b>2</b>
Poraba goriva [l]	2331	2329,9	2301,6	<b>2320,8</b>
Izkoristek goriva [km/l]	0,3	0,3	0,3	<b>0,3</b>
Emisije HC [g]	1525	1488	1524	<b>1512</b>

2.3.3.1.3 Simulacija stanja brez ukrepa (predpostavljeno stanje)

Časovni interval: 1 h, začetni čas: 07:53:00 – prikaz sporočila 1 na portalu SPIS 01D.

Prometni podatki: predpostavljene prometni podatki po dogodku prometne nesreče.

Preglednica 40: Prometna nesreča 19.01.2009, prometni podatki za stanje brez ukrepa

Table 40: Traffic accident 19th Jan. 2009, traffic data for the conditions with no measure

Merilnik	Lokacija	Qsk [voz/h]
MD 01D	Povodje – Lj.-Šmartno	2085
VD 01D	Izvozna rampa Lj.-Šmartno	750*
VD 02D	Uvozna rampa Lj.-Šmartno	210

\*Vrednost pretoka na izvozu pred prikazom sporočila.

Rezultati simulacije:

Preglednica 41: Prometna nesreča 19.01.2009, rezultati simulacije, brez ukrepa

Table 41: Traffic accident 19th Jan. 2009, simulation results, with no measure

Stanje	Brez ukrepa			
	1	2	3	Povpr.
Št. simulacije				
Zamuda [h]	980,6	922,4	944,1	<b>949</b>
Zamuda/voz [s]	6204,2	5262,2	5627,4	<b>5684,7</b>
Zamuda ustavitv [h]	973,9	914,4	936,9	<b>941,7</b>
Zamuda ustavitv/ voz [s]	6161,6	5216,9	5584,4	<b>5641</b>
Število ustavitv	2639	3106	3023	<b>2921</b>
Št. ustavitv/voz	4,64	4,92	5	<b>4,86</b>
Potovalna razdalja [km]	657,8	728,2	682,4	<b>689,5</b>
Potovalni čas [h]	992,4	935,5	956,5	<b>961,5</b>

se nadaljuje...



...nadaljevanje

Povprečna hitrost [km/h]	2	2	2	<b>2</b>
Poraba goriva [l]	2285,2	2189,6	2194,8	<b>2223,2</b>
Izkoristek goriva [km/l]	0,3	0,3	0,3	<b>0,3</b>
Emisije HC [g]	1465	1387	1422	<b>1425</b>

#### 2.3.3.1.4 Primerjava rezultatov simulacije

V sledeči preglednici so navedeni rezultati simulacije za realno in predpostavljeno stanje pri obravnavanem izrednem dogodku. Zamude se nekoliko povečajo v stanju z ukrepom. Vzrok za to je vsebina prikazanega sporočila, ki je podrobneje obravnavana v nadaljevanju naloge pri oceni učinkovitosti ukrepov SNVP.

Preglednica 42: Prometna nesreča 19.01.2009, primerjava rezultatov simulacije

Table 42: Traffic accident 19th Jan. 2009, simulation results comparison

Stanje	Ni ukrepa	Ukrep: portali
Zamuda [h]	949	997,4
Zamuda/voz [s]	5684,7	6446,4
Zamuda ustavitv [h]	941,7	990,9
Zamuda ustavitv/ voz [s]	5641	6404,3
Število ustavitv	2921	2821
Št. ustavitv/voz	4,86	5,06
Potovalna razdalja [km]	689,5	640,1
Potovalni čas [h]	961,5	1008,9
Povprečna hitrost [km/h]	2	2
Poraba goriva [l]	2223,2	2320,8
Izkoristek goriva [km/l]	0,3	0,3
Emisije HC [g]	1425	1512

### 3 VPLIV UKREPOV SNVP PO MNENJU VOZNIKOV

V sklopu raziskave sem pripravila anketo z naslovom »Učinkovitost ukrepov sistema za nadzor in vodenje prometa«. Namen anketiranja je bil pridobitev mnenja voznikov o učinkovitosti ukrepov SNVP in o njihovem zadovoljstvu z načinom obveščanja preko SPIS. Iz prometnih podatkov je sicer mogoče razbrati obnašanje voznikov v primeru prikaza različnih sporočil preko SPIS, ni pa mogoče ugotoviti, kako so vozniki interpretirali prikazana sporočila in kakšno mnenje so si pri tem ustvarili. Odgovor na to vprašanje lahko dobimo le, če se obrnemo direktno na voznike.

V raziskavi sem se želela osredotočiti tudi na človeški faktor, ki igra veliko vlogo pri učinkovitem vodenju prometa. Kajti le s poznavanjem splošnega razmišljanja in reakcije voznikov na ukrepe SNVP je mogoče v bodoče oblikovati sporočila, ki jih bodo vozniki razumeli in upoštevali. Na ta način bo doseženo optimalno vodenje prometa v potencialno nevarnih situacijah na cesti in s tem tudi večja prometna varnost.

#### 3.1 Opis metode anketiranja

Anketo sem oblikovala preko spletnega portala MySurvs.com, ki omogoča izbiro različnih tipov vprašanj in prikaz statistične obdelave zbranih podatkov. Anketiranci so na vprašanja odgovarjali preko povezave na omenjeni internetni portal. Omejitev ciljne skupine je predstavljal dostop do interneta. Če bi želeli zajeti tudi ostale voznike, bi morali anketiranje izvesti na terenu, npr. na enem izmed avtocestnih postajališč. Tako anketiranje bi zahtevalo časovno in ekipno obsežnejše delo, zato sem pri izdelavi naloge izbrala le anketiranje preko interneta. Iz rezultatov je razvidno, da je bila velika večina in sicer kar 98 % anketirancev voznikov, tako da lahko kljub temu njihove odgovore štejemo za popolnoma verodostojne.

Anketa je izvedena v slovenskem in angleškem jeziku. Na ta način so na vprašanja lahko odgovarjali tudi tuji državljani, ki so prejeli povabilo preko elektronske pošte. Ciljna skupina

torej vsebuje tudi manjši delež tujcev, tako da se čim bolj približa realni strukturi voznikov na slovenskih avtocestah.

Vprašanja v anketi so razdeljena v štiri tematske sklope:

- 1. – 5. vprašanje: Osnovni podatki o voznikih,
- 6. – 7. vprašanje: Razbremenitev kritičnega avtocestnega odseka,
- 8. – 11. vprašanje: Prometna varnost,
- 12. – 17. vprašanje: Zadovoljstvo voznikov.

V anketo sem vključila vprašanja o enakih ali podobnih ukrepih v SNVP, kot so bili izvedeni v izrednih dogodkih, obravnavanih v prejšnjem poglavju naloge. Na ta način sem lahko rezultate ankete primerjala z rezultati, pridobljenimi z analizo prometnih podatkov. Poleg tega sem v anketo vključila še nekaj drugih vprašanj, ki so se mi zdela smiselna za pridobitev splošnega mnenja o sistemu.

Interpretacija odgovorov anketirancev je podana v posebnem poglavju. Primerjava rezultatov ankete in analize prometnih podatkov pa se nahaja v poglavju Zaključki in ugotovitve in sicer v posameznih podpoglavjih, ki ustrezajo različnim tematskim sklopom.

### 3.2 Anketa o učinkovitosti ukrepov SNVP

V nadaljevanju sledi prikaz ankete »Učinkovitost ukrepov sistema za nadzor in vodenje prometa«. Poleg posameznega vprašanja so prikazani tudi statistično obdelani rezultati.

#### Anketa "Učinkovitost ukrepov sistema za nadzor in vodenje prometa / Efficiency of measures in traffic control and management system"

Anketa je del študije, ki raziskuje vpliv informacij, podanih v sistemu za nadzor in vodenje prometa (SNVP), na obnašanje voznikov.

The survey is a part of a study that examines impact of information, given in the traffic control and management system (TCMS), on the drivers' behaviour.



#### Prosim vstavite vaše informacije:

Spol	Ženski	Total respondents	200
		Male:	130
Starost	33	Female:	70
		Average age:	38.1 years

#### 1. Vaše bivališče:

##### Your residence:


v Sloveniji / in Slovenia	193	97%
v drugi državi / in other country	7	4%
Total answers	200	

##### Other answers:

- USA
- United States
- Belgium
- Nizozemska
- Germany
- Maynooth, Ireland
- The Netherlands

**2. Vaš pogovorni jezik:**

Your spoken language:



slovenščina / Slovenian	195		98%
drugo / other	5		3%
Total answers	200		

Other answers:

- English
- French
- german
- Slovenian/English
- Hrvatski, Nizozemski





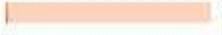
**3. Ali ste voznik?**

Are you a driver?

Da / Yes	196		98%
Ne / No	4		2%
Total answers	200		

**4. Tip vašega vozila:**

Type of your vehicle:



motor / motorcycle	3		2%
osebni avto / personal car	188		96%
tovornjak / truck	1		1%
avtobus / bus	2		1%
drugo / other	2		1%
Total answers	196		

Other answers:

- nimam avta
- motor in osebni avto

**5. Kakšen tip voznika ste?**

What type of driver are you?

občasni voznik / occasional driver	42		21%
redni voznik ali službeni voznik / habitual or professional driver	154		79%
Total answers	196		

6. Vozite se po avtocesti iz Ljubljane proti Kranju. Na spremenljivem prometno-informativnem znaku tik pred izvozom Lj.-Brod zagledate eno izmed spodnjih sporočil. Sporočilo utripa, zgornji del slike je prvi prikaz, spodnji del pa drugi prikaz. Odkljukajte sporočila, zaradi katerih bi se odločili, da bi zapustili avtocesto na izvozu Lj.-Brod. Lahko odkljukate več sporočil.

You are driving on the highway from Ljubljana to Kranj. On the variable message sign just before the exit Lj.-Brod you can see one of the following messages. The message is blinking, the upper part of the picture is the first display, the lower part is the second display. Mark the messages upon which you would decide to leave the highway on the exit Lj.-Brod. You can mark more than one message. (many answers possible)



7. Vozite se po glavni cesti, na priključku Lj.-Brod pa se nameravate vključiti na avtocesto proti Kranju. Nato na spremenljivem prometno-informativnem znaku nad cesto zagledate spodnje sporočilo. Kaj boste storili?

You are driving on the main road and you intend to enter the highway in direction Kranj on the junction Lj.-Brod. Then you notice the following message on the variable message sign over the road. What will you do?



Vseeno se bom vključil na avtocesto. / I will enter the highway anyway.	78		39%
Ne bom se vključil na avtocesto, pot bom nadaljeval po glavni cesti. / I will not enter the highway, I will continue my journey on the main road.	122		61%
Total answers	200		

8. Kako bi ukrepali, če bi videli sledeče sporočilo?

How would you react if you would see the following message?



Zmanjšal bi hitrost. / I would reduce speed.	163		82%
Povečal bi hitrost. / I would increase speed.	0		0%
Hitrosti ne bi spreminjal, vendar bi postal bolj pozoren. / I would not change the speed, but I would become more watchful.	36		18%
V ničemer ne bi spremenil načina vožnje. / I would not change my way of driving.	1		1%
Total answers	200		

## 9. Kako bi ukrepali, če bi videli sledeče sporočilo?

How would you react if you would see the following message?



Zmanjšal bi hitrost. / I would reduce speed.	168	84%
Povečal bi hitrost. / I would increase speed.	0	0%
Hitrosti ne bi spreminjal, vendar bi postal bolj pozoren. / I would not change the speed, but I would become more watchful.	31	16%
V ničemer ne bi spremenil načina vožnje. / I would not change my way of driving.	1	1%
Total answers	200	

## 10. Kako bi ukrepali, če bi videli sledeče sporočilo?

How would you react if you would see the following message?



Zmanjšal bi hitrost. / I would reduce speed.	181	91%
Povečal bi hitrost. / I would increase speed.	0	0%
Hitrosti ne bi spreminjal, vendar bi postal bolj pozoren. / I would not change the speed, but I would become more watchful.	18	9%
V ničemer ne bi spremenil načina vožnje. / I would not change my way of driving.	1	1%
Total answers	200	



11. Vozite po prehitevalnem (levem) pasu. Kako bi ukrepali, če bi videli sledeče sporočilo?  
(možnih je več odgovorov)

You are driving on the left lane. How would you react if you would see the following message?  
(more answers possible) (many answers possible)



Nadaljeval bi vožnjo po prehitevalnem (levem) pasu. / I would continue driving on the left lane.

7 2%

Čim prej bi se preusmeril na vozni (desni) pas. / I would divert to the right lane as soon as possible.

174 60%

Zmanjšal bi hitrost. / I would reduce speed.

103 36%

Povečal bi hitrost. / I would increase speed.

0 0%

Hitrosti ne bi spreminjal, vendar bi postal bolj pozoren. / I would not change the speed, but I would become more watchful.

6 2%

V ničemer ne bi spremenil načina vožnje. / I would not change my way of driving.

0 0%

Total answers 290

12. Ali ste se že vozili po katerem od slovenskih avtocestnih odsekov, na katerem so nameščeni spremenljivi prometno-informativni znaki?

Did you already drive on any of the Slovenian highway sections, equipped with the variable message signs?



Da / Yes 191 96%

Ne / No 9 5%

Total answers 200

13. Ali ste na spremenljivih prometno-informativnih znakih v Sloveniji že videli prikazano kakšno informacijo?

Did you already see any information displayed on the variable message signs in Slovenia?

Da / Yes	184		96%
Ne / No	7		4%
Total answers	191		

14. Ali se vam je zdela informacija razumljiva?

Did you find the information understandable?

Da / Yes	174		95%
Ne / No	10		5%
Total answers	184		

15. Ali se vam je zdela informacija koristna?

Did you find the information useful?

Da / Yes	167		91%
Ne / No	17		9%
Total answers	184		

16. Ocenite svoje zadovoljstvo od 1 do 5, če bi bili preko spremenljivih prometno-informativnih znakov obveščeni o izrednem dogodku na cesti in bi lahko še pravočasno zapustili avtocesto. Na ta način bi se lahko izognili čakanju v koloni.

Evaluate your satisfaction from 1 to 5 if you would be informed by the variable message signs about an incident on the road and you could exit the highway before. In this way you could avoid waiting in the queue.



17. Ocenite svoje zadovoljstvo od 1 do 5, če bi bili preko spremenljivih prometno-informativnih znakov obveščeni o izrednem dogodku na cesti in bi imeli možnost pravočasno prilagoditi način vožnje ter se tako bolj varno peljati mimo lokacije dogodka.

Evaluate your satisfaction from 1 to 5 if you would be informed by the variable message signs about an incident on the road and you would have a chance to adjust your way of driving and thus pass the incident location more safely.

Slabo / Poor  Zelo dobro / Great

4.44 / 5

18. Hvala za sodelovanje!

Thank you for your cooperation!

### **3.3 Interpretacija rezultatov ankete**

#### **3.3.1 Osnovni podatki o anketirancih**

Osnovni podatki o anketirancih so bili zbrani v prvem tematskem sklopu ankete, ki zajema pet vprašanj. Osebni podatki, ki so jih anketiranci podali, so spol, starost, bivališče in pogovorni jezik. Poleg tega so anketiranci odgovarjali na vprašanje, ali so vozniki, kakšen tip vozila vozijo in v katero skupino voznikov sodijo.

V anketi je sodelovalo 200 anketirancev, od tega 130 moških in 70 žensk s skupno povprečno starostjo 38,1 leta. 65 % anketirancev je bilo moškega spola, kar se mi zdi povsem primerljivo z realno strukturo voznikov glede na spol. Kadar so v vozilu prisotni sopotniki različnih spolov, se po mojem mnenju za volanom večinoma znajde moški voznik. Morda je to posledica, da imajo moški še vedno glavno vlogo pri upravljanju z vozilom. Nekoliko pa se mi zdi nizka povprečna starost, ki bi na terenu najbrž dosegla višjo vrednost. To je verjetno posledica omejenosti ankete na dostop do interneta, ki ga starejši prebivalci pogosto nimajo ali pa ga le občasno koristijo.

97 % anketirancev živi v Sloveniji, preostanek pa v drugi državi. Ta delež je precej primerljiv s strukturo voznikov na ljubljanskem avtocestnem obroču in na vpadnih avtocestnih krakih v času izven turistične sezone. Avtocestni obroč namreč v veliki meri uporabljajo vsakodnevni vozniki, ki prebivajo v okolici Ljubljane ali se vanjo vozijo na delo iz drugih koncev Slovenije. Nekaj pa je tudi tranzitnega prometa tujih državljanov. Nekoliko je večji delež anketirancev, ki govorijo slovenski jezik. To je posledica, da so na vprašanja odgovarjali nekateri slovenski državljani, ki trenutno živijo v tujini.

Med 200 anketiranci je bilo 196 voznikov, kar predstavlja 98 % celotne skupine. Od tega jih velika večina in sicer 96 % vozi osebni avto. Le 1 % anketirancev je voznikov tovornega vozila. Ta delež bi bil na terenu sigurno precej večji, ocenjeno v povprečju na 10 % na običajen delovni dan. To je manjša pomankljivost ankete, ki pa jo je bilo mogoče pričakovati, saj je večina voznikov tovornih vozil v službenem času na terenu in nima dostopa do

interneta. Izmed 196 voznikov je 79 % rednih ali službenih voznikov, ostalih 21 % pa občasnih voznikov. Menim, da je ta razporeditev primerljiva z realno strukturo voznikov na slovenskih avtocestah.

### 3.3.2 Razbremenitev kritičnega avtocestnega odseka

Šesto vprašanje ankete se nanaša na odločanje voznikov o uporabi izvoza zaradi sporočil, prikazanih na zadnjem portalu SPIS pred izvozom, kar posledično vpliva na razbremenitev kritičnega avtocestnega odseka. Na krajnih poljih vseh sporočil se izmenjujeta prometna znaka za prometno nesrečo in omejitev hitrosti 80 km/h, zato na odločanje voznikov o uporabi izvoza vplivajo le informacije, prikazane v osrednjem polju.

Vozniki so bili vprašani, v primeru katerega izmed naštetih sporočil bi se odločili za uporabo izvoza. Najmanj glasov, to je 21 od skupnih 455, je prejelo sporočilo, ki vsebuje le splošen napotek o varni vožnji in nobene druge informacije o izrednem dogodku. Pri takem sporočilu vozniki sklepajo, da med nadaljevanjem poti po avtocesti ne bodo naleteli na nobeno posebno motnjo, ki bi se ji bilo dobro izogniti. Nekoliko presenetljivo je takoj na drugem mestu s 25 glasovi sporočilo, ki vsebuje informacijo o zaprtju enega izmed prometnih pasov. Vozniki se očitno kljub ozkemu grlu ne odločajo za izogib kritičnemu avtocestnemu odseku, temveč raje nadaljujejo pot mimo ovire. Več voznikov bi se odločilo za uporabo izvoza v primeru sporočila, ki vsebuje informacijo o lokaciji izrednega dogodka.

Preostala tri sporočila so po pričakovanjih zbrala največ glasov. Ta sporočila vsebujejo dve vrsti informacije. Dve sporočili vsebujeta posamezno informacijo o zaprtem avtocestnem odseku oziroma o napotku za uporabo izvoza, v tretjem sporočilu pa sta združeni obe informaciji. Pričakovali bi, da bo to sporočilo dobilo največ glasov, vendar se je s 123 glasovi znašlo na drugem mestu. Največ glasov in sicer 154 od 455 je prejelo sporočilo z napotkom o uporabi konkretnega izvoza. Očitno je ta napotek najbolj učinkovit pri doseganju razbremenitve kritičnega avtocestnega odseka. Kajti sporočilo, ki opozarja le na zaprt avtocestni odsek, je samo 97 voznikov prepričalo o izbiri alternativne poti.

Iz odgovorov na sedmo vprašanje v anketi je razvidno, kako pomembno vlogo pri razbremenitvi kritičnega avtocestnega odseka igrajo sporočila, prikazana na polportalih SPIS. Kar 61 % voznikov se ne bi vključilo na avtocesto, če bi na regionalni cesti pred priključnim križiščem prejeli informacijo o vrsti in lokaciji izrednega dogodka.

### **3.3.3 Prometna varnost**

Rezultati odgovorov na vprašanja v anketi pod zaporednimi številkami od 8 do 10 so pokazatelji, kako prikazana sporočila vplivajo na prometno varnost v smislu prilagoditve hitrosti. Vsa sporočila vsebujejo prometni znak za prometno nesrečo in besedilo, ki opozarja na previdnejšo vožnjo. Razlika pa je v omejitvi hitrosti, ki je v vsakem naslednjem sporočilu bolj stroga. Bolj kot je stroga omejitev hitrosti, več voznikov bi zmanjšalo hitrost in sicer pri 100 km/h 163 voznikov, pri 80 km/h 168 voznikov in pri 60 km/h 181 voznikov, kar predstavlja kar 91 % od skupnega števila anketirancev. Obratnosorazmerno pa pada število voznikov, ki bi vozili z enako hitrostjo, vendar bolj previdno.

Enajsto vprašanje omogoča več možnih odgovorov o načinu prilagoditve vožnje pri prikazanem sporočilu, ki vsebuje prometni znak za prometno nesrečo, omejitev hitrosti 60 km/h in informacijo o zaprtem prehitevalnem pasu. Večina anketirancev je navedla, da bi se v primeru takega sporočila čim prej preusmerila na odprt vozni pas. Precej majhen delež glasov in sicer 36 % glede na strogo omejitev hitrosti in nevarnost na cesti zaradi prometne nesreče je dobil odgovor o zmanjšanju hitrosti. Morda je to posledica tega, da se je večina anketirancev zadovoljila z enim izmed naštetih odgovorov. Anketirancev je bilo namreč skupaj 200, odgovorov pa 290.

### **3.3.4 Zadovoljstvo voznikov**

Zadnjih šest vprašanj v anketi se nanaša na zadovoljstvo voznikov z ukrepi SNVP. Vprašanje ali so vozniki že vozili po katerem izmed slovenskih avtocestnih odsekov z nameščenim SNVP je izključujoče. Zato so na nadaljna vprašanja odgovarjali le tisti anketiranci, ki so se

že vozili po enem izmed odsekov s sitemom. Velika večina teh voznikov in sicer 96 % je preko SPIS že prejela neko informacijo. Tem voznikom se je v 95 % zdela informacija razumljiva, v 91 % pa koristna. Ta delež je sicer velik, vendar mora biti tudi v bodoče glavni cilj sestavljanje nedvoumnih sporočil, ki prispevajo k ustrezni obveščenosti voznikov.

Povprečna ocena zadovoljstva voznikov, ki bi se lahko na podlagi prikazanega sporočila izognila kritičnemu odseku in čakanju v koloni, je od maksimalne vrednosti 5 dosegla vrednost 4,36. Še nekoliko višje z oceno 4,44 so vozniki ocenili svoje zadovoljstvo v primeru, ko bi lahko zaradi prikazanega sporočila pravočasno prilagodili način vožnje in se varno izognili oviri na cesti.

## **4 OCENA UČINKOVITOSTI UKREPOV SNVP**

Za ocenjevanje učinkovitosti ukrepov SNVP so bili uporabljeni različni računski modeli, ki se najbolj približajo realnemu stanju. Vhodni podatki so rezultati analize prometnih podatkov in simulacije. Kjer je mogoče, je narejena tudi primerjava z rezultati ankete. Ocena učinkovitosti je narejena za štiri različna področja: prometna varnost, mobilnost, energija in okolje ter zadovoljstvo uporabnikov.

### **4.1 Prometna varnost**

#### **4.1.1 Prilagoditev vozne hitrosti**

Prilagoditev vozne hitrosti je zelo pomemben dejavnik, ki vpliva na povečanje prometne varnosti. Omejitev hitrosti in prometni znak za nevarnost v sporočilu, prikazanem preko SPIS, voznike poziva, naj zmanjšajo hitrost vožnje. Prilagojen način vožnje v potencialno nevarni situaciji na cesti zagotavlja manjšo nevarnost pojava sekundarnih izrednih dogodkov in harmonizira prometni tok pred kritičnim odsekom. V okviru posameznega področja so obravnavani različni dejavniki, pri katerih je mogoče razbrati in oceniti vpliv delovanja sistema.

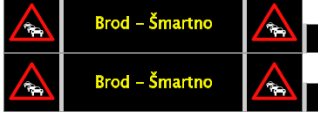

##### **4.1.1.1 Redukcija hitrosti**

Pokazatelj prilagoditve hitrosti, ki ga je mogoče razbrati iz prometnih podatkov, je redukcija hitrosti. Le-ta predstavlja razliko med hitrostjo pred prikazom sporočila in po njem. V nadaljevanju so obravnavani primeri iz analize vozne hitrosti pri posameznem izrednem dogodku, pri katerih je iz prometnih podatkov razvidno, da so vozniki zmanjšali hitrost zaradi prikazanega sporočila in ne zaradi kakšnega drugega dejavnika (npr. vidnost kolone, gost promet).



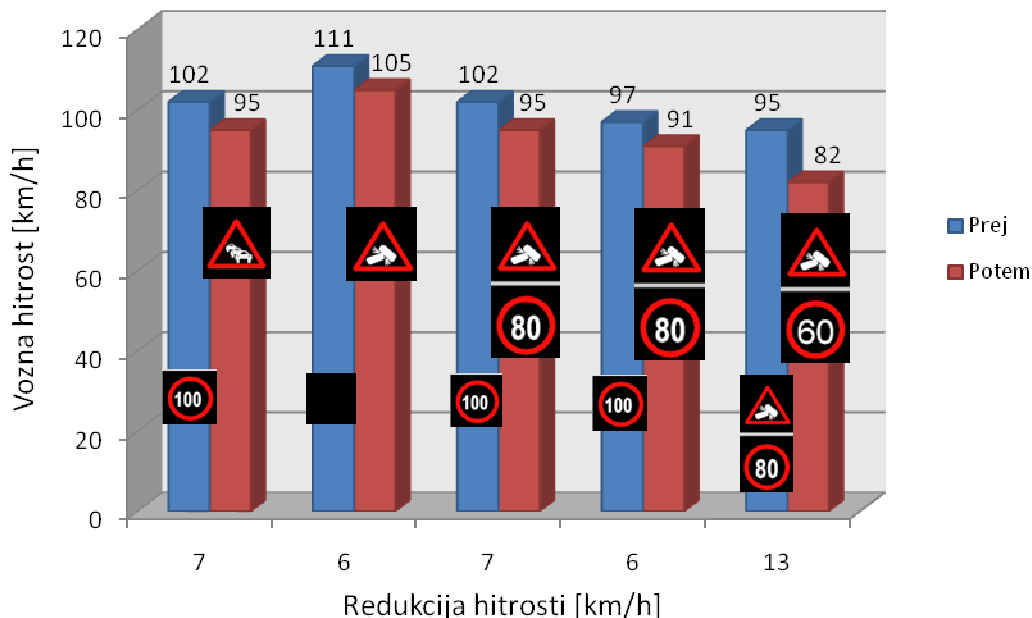
Preglednica 43: Redukcija hitrosti zaradi ukrepa SNVP

Table 43: Velocity reduction due to the TCMS measure

Sporočilo na SPIS		Vozna hitrost [km/h]		Redukcija hitrosti [km/h]
Prej	Potem	Prej	Potem	
		102	95	7
		111	105	6
		102	95	7
		97	91	6
		95	82	13

V treh primerih so sporočila vsebovala omejitev hitrosti 60 oziroma 80km/h, pri čemer je bila predhodno prikazana omejitev hitrosti povsod za 20 km/h višja. Najbolj se je povprečna vozna hitrost zmanjšala po prikazu sporočila z omejitvijo hitrosti 60 km/h in sicer za 13 km/h. To je razumljivo, saj stroga omejitev hitrosti za avtocesto v kombinaciji s prometnim znakom za nevarnost in informacijo o zaprtem voznem pasu voznike prepriča, da morajo za zagotavljanje lastne varnosti zmanjšati hitrost. Pred tem je bilo na istem portalu SPIS prikazano sporočilo z omejitvijo hitrosti 80 km/h, tako da je bila povprečna vozna hitrost že prej manjša od hitrosti v normalnem stanju. Če ne bi bilo te predhodne omejitve hitrosti, oziroma če bi bila le-ta še višja, bi bila razlika med hitrostjo prej in potem sigurno še večja.

### Redukcija vozne hitrosti zaradi sporočila na SPIS



Grafikon 19: Redukcija hitrosti zaradi ukrepa SNVP

Diagram 19: Velocity reduction due to the TCMS measure

V primerih, ko je sporočilo vsebovalo omejitve hitrosti 80 km/h, se je povprečna vozna hitrost zmanjšala za 6 – 7 km/h. Enaka vrednost je bila dosežena tudi v primeru, ko je sporočilo vsebovalo le prometni znak za nevarnost brez omejitve hitrosti. Vozniki so torej na podlagi informacije o dogodku prometne nesreče oziroma o zastoju prilagodili hitrost, saj pričakujejo bližino repa kolone, kjer obstaja velika nevarnost naletov. Omejitev hitrosti 80 km/h pa očitno ni dovolj stroga, tako da voznikov ne prepriča na enak način, kot omejitev hitrosti 60 km/h.






K zmanjšanju hitrosti lahko do določene mere prispeva tudi informacija, ki je prikazana v osrednjem delu sporočila, vendar za tovrstno analizo ni zbranih dovolj podatkov. V vseh primerih je bila povprečna hitrost višja od prikazane omejitve. Ocena upoštevanja omejitve hitrosti je narejena v sledečem poglavju.

#### 4.1.1.2 Prekoračitev omejitve hitrosti

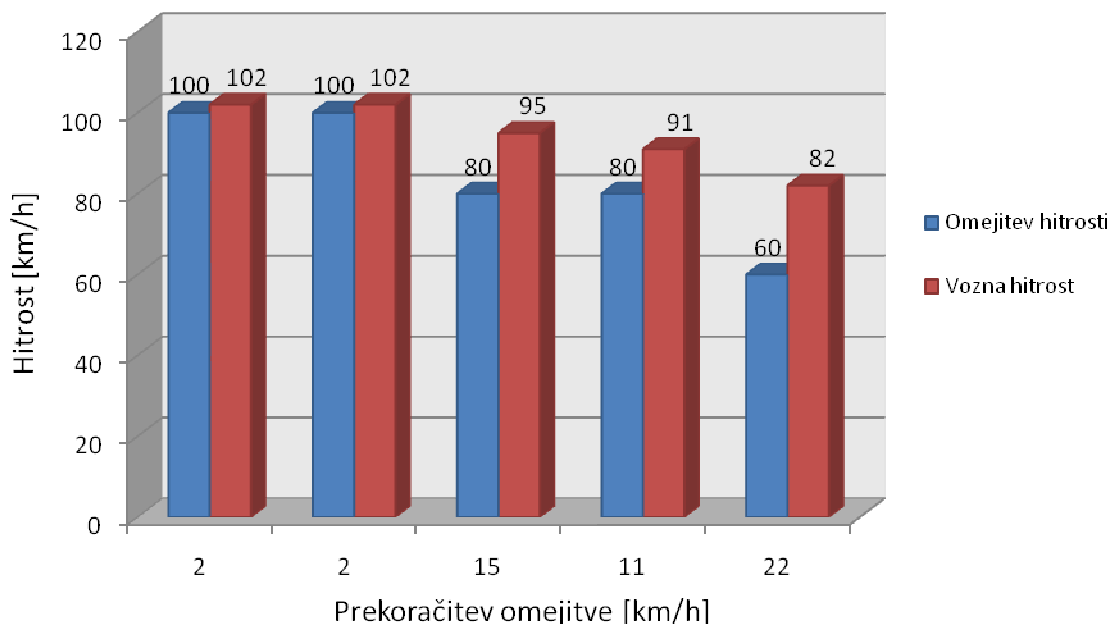
V potencialno nevarnih situacijah na cesti se preko SPIS avtomatsko ali ročno prikažejo ustrezne omejitve hitrosti, ki zagotavljajo varno vožnjo v danih razmerah na cesti. Vendar sama omejitev hitrosti še ne pomeni večje prometne varnosti, temveč je le-ta odvisna od upoštevanja omejitve s strani voznikov. V nadaljevanju so predstavljeni podatki o vozni hitrosti pri prikazu sporočila z določeno omejitvijo hitrosti. Izmed nabora sporočil so izbrana tista sporočila, pri katerih je bila omejitev hitrosti izbrana ročno in ne kot posledica avtomatskega določanja prometnega stanja znotraj sistema.

Preglednica 44: Prekoračitev omejitve hitrosti

Table 44: Exceeding the speed limit

Sporočilo na SPIS	Hitrost [km/h]		Prekoračitev omejitve [km/h]
	Omejitev	Vozna hitrost	
	100	102	2
	100	102	2
	80	95	15
	80	91	11
	60	82	22

### Prekoračitev omejitve hitrosti



Grafikon 20: Prekoračitev omejitve hitrosti

Diagram 20: Exceeding the speed limit

Iz podatkov o vozni hitrosti je razvidno, da je odstopanje od omejitve hitrosti tem večje, čim strožja je omejitev hitrosti. Pri omejitvi hitrosti 100 km/h je v obeh primerih povprečna vozna hitrost znašala 102 km/h. Res je, da je bilo sporočilo s to omejitvijo hitrosti prikazano v normalnem stanju, tako da poleg omejitve ne vsebuje drugih informacij. Vendar bi bilo pričakovati, da bi v primeru dodane informacije o izrednem dogodku vozniki kvečjemu še bolj prilagodili hitrost kot v normalnem stanju. V primeru prikaza sporočila z omejitvijo hitrosti 80 km/h so vozniki v povprečju vozili od 11 do 15 km/h hitreje od prikazane omejitve. Še večja razlika pa se je pokazala pri omejitvi 60 km/h, ko je povprečna vozna hitrost omejitev presegla za 22 km/h. Rezultati analize so precej pričakovani, saj vozne hitrosti na avtocesti v normalnih razmerah dosegajo visoke vrednosti. Omejitev hitrosti 100 km/h zahteva le majhno zmanjšanje hitrosti, medtem ko je pri strožjih omejitvah potrebno bistveno zmanjšati hitrost, kar se odraža v nižji meri upoštevanja omejitev.

#### 4.1.1.3 Primerjava z anketo

V anketi je bilo v treh zaporednih vprašanjih obravnavano enako sporočilo, v katerem se je spreminjala le omejitev hitrosti. Informacija o izrednem dogodku je bila v sporočilu podana na čim bolj nevtralen način in vsakič enako, tako da ni vplivala na odločanje o načinu prilagajanja vožnje. Vsakič so anketiranci zbirali med tremi različnimi odgovori o prilagoditvi vožnje zaradi sporočila. Rezultati ankete so prikazani v sledečem grafikonu.

#### Prilagoditev vožnje zaradi omejitve hitrosti (anketa)



Grafikon 21: Prilagoditev vožnje zaradi omejitve hitrosti (anketa)

Diagram 21: Driving adjustment due to the speed limit (survey)

V vseh treh primerih se je velika večina anketirancev in sicer od 81,5 do 90,5 % odločila za zmanjšanje hitrosti, vendar se je delež odgovorov povečeval z večanjem strogosti omejitve hitrosti. Ti rezultati se ujemajo z rezultati analize prometnih podatkov, po katerih se je povprečna vozna hitrost najbolj zmanjšala pri najstrožji omejitvi hitrosti. Še vedno prevelik delež voznikov od 9 do 18 % bi nadaljeval vožnjo z enako hitrostjo in postal le bolj pozoren. To vsekakor kaže na premajhno osveščenost o nevarnosti prehitre vožnje, še posebej v primeru izrednih dogodkov na cesti. En voznik izmed 200 anketiranih se je celo odločil, da ne bo prav na noben način prilagodil načina vožnje.

#### **4.1.1.4 Končna ugotovitev in ukrepi za izboljšavo**

Na podlagi analize podatkov o povprečni vozni hitrosti so vozniki tem bolj prilagodili hitrost, čim bolj stroga je bila omejitev hitrosti, hkrati pa se je povečalo tudi odstopanje od omejitve. Pri omejitvi hitrosti 80 km/h so vozniki v povprečju zmanjšali hitrost za 6 – 7 km/h, odstopanje od omejitve pa je znašalo 11 – 15 km/h. Strožja omejitev 60 km/h je povzročila zmanjšanje povprečne vozne hitrosti za 13 km/h s prekoračitvijo za 22 km/h. Rezultati analize kažejo, da omejitve hitrosti v sporočilih, prikazanih preko SPIS, vplivajo na zmanjšanje hitrosti in posledično na povečanje prometne varnosti. Ta podatek je razveseljujoč, čeprav nanj pada senca prekomerne prekoračitve prikazane omejitve hitrosti. Tudi rezultati ankete kažejo podobno stanje. Na žalost se še vedno določen delež voznikov ne zaveda, kako pomembno vlogo pri prometni varnosti igra primerno prilagojena hitrost vožnje.

Če ozaveščenost voznikov ni na dovolj visoki ravni je potrebno za doseganje upoštevanja omejitev hitrosti izvesti določene ukrepe, kot so policijske akcije kontrole hitrosti. Premični ali stacionarni radarji in primerno visoke kazni lahko bistveno pripomorejo k zmanjšanju vozne hitrosti in doslednemu upoštevanju omejitev. V prihodnosti bi bilo potrebno razmisliti o pogostih akcijah kontrole hitrosti na odsekih, pokritih s SNVP in sicer v primeru prikaza sporočil, ki vsebujejo omejitve hitrosti. Da bi dosegli višjo raven kulture vožnje je poleg tega potrebno poskrbeti za boljšo informiranost voznikov. Preko različnih medijev bi bilo potrebno izvesti obveščanje voznikov o pomembnosti prilagojene vožnje v potencialno nevarnih situacijah na cesti, še posebej v povezavi z upoštevanjem navodil, ki so posredovana preko SNVP.

#### 4.1.2 Krajši odzivni čas

Pri prometni varnosti v primeru pojava nepredvidenega izrednega dogodka na cesti igra veliko vlogo odzivni čas. To je čas od pojava izrednega dogodka do ukrepa, ki zavaruje udeležence v dogodku in voznike na kritičnem avtocestnem odseku. Čim hitrejša reakcija lahko prepreči nastanek sekundarnih izrednih dogodkov, kot so naleti, ki nastanejo ob nenadnem zaviranju zaradi nepričakovane ovire na cesti.

##### 4.1.2.1 Primerjava odzivnega časa vzdrževalne službe in SNVP

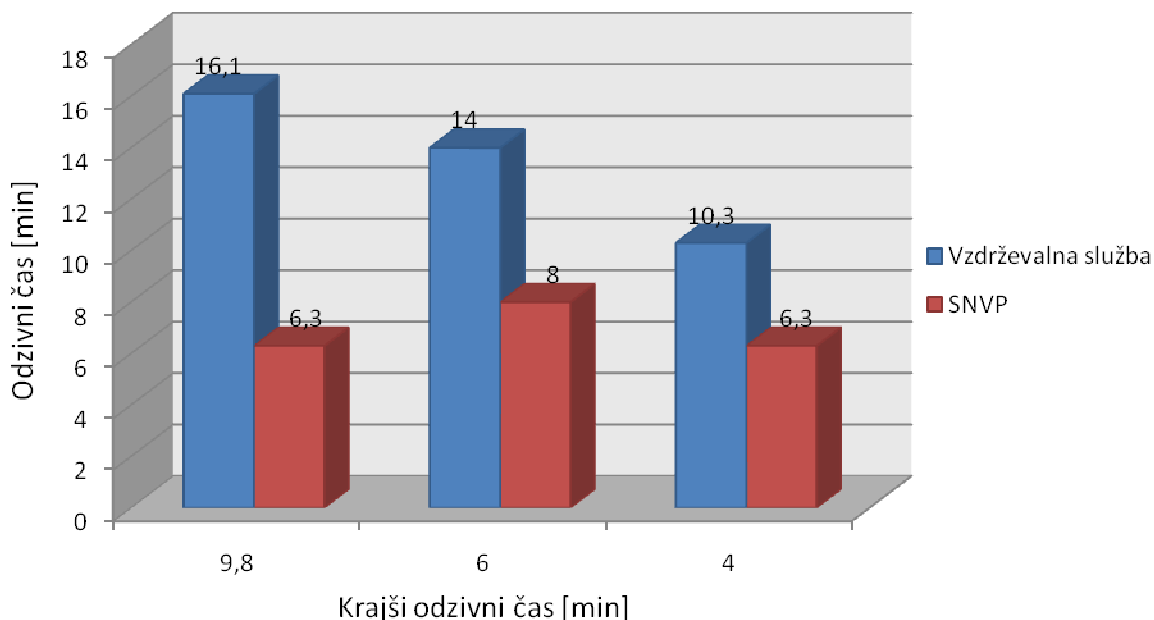
Na odsekih, kjer ni nameščenega sistema lahko kraj izrednega dogodka in morebitno oviro na cesti fizično zavaruje le vzdrževalna služba s pomočjo svetlobnih prikolic in drugih označb. V okviru SNVP je prvi ukrep po pojavu izrednega dogodka izveden s pomočjo prikaza sporočila preko SPIS, ki vsebuje informacije o pojavu izrednega dogodka in ustrezno vodi promet na kritičnem avtocestnem odseku. Prednost sistema je možnost hitre reakcije, ki jo izvede operater v nadzornem centru takoj za tem, ko zazna pojav izrednega dogodka bodisi preko kamer video nadzornega sistema ali pa preko drugega vira. V nadaljevanju so v preglednici in grafikonu predstavljeni podatki o odzivnem času za tri obravnavane izredne dogodke in sicer ločeno za vzdrževalno službo ter SNVP.

Preglednica 45: Primerjava odzivnega časa vzdrževalne službe in SNVP

Table 45: Comparison of the response time of the maintenance service and the TCMS

Izredni dogodek	Odzivni čas [min]		Krajši odzivni čas [min]
	Vzdrževalna služba	SNVP	
30.12.2008	16,1	6,3	9,8
05.10.2008	14,0	8,0	6,0
19.01.2009	10,3	6,3	4,0

### Primerjava odzivnega časa vzdrževalne službe in SNVP



Grafikon 22: Primerjava odzivnega časa vzdrževalne službe in SNVP

Diagram 22: Comparison of the response time of the maintenance service and the TCMS

V vseh treh primerih je bil ukrep SNVP izveden pred prihodom vzdrževalne službe na kraj dogodka. Prvo sporočilo o izrednem dogodku je bilo v dveh primerih preko SPIS prikazano 6,3 minut po pojavu izrednega dogodka, v tretjem primeru pa 8 minut kasneje. Vzdrževalna služba je na kraj dogodka prišla po 10,3 do 16,1 minutah, kar je za 4 do 9,8 minut kasneje od ukrepa SNVP. Pri vseh treh izrednih dogodkih je bil odzivni čas sistema za nadzor in vodenje prometa precej krajši kot odzivni čas vzdrževalne službe. Nekaj minut na cesti je v primeru izrednega dogodka lahko usodnih. S hitro reakcijo obveščanja voznikov se prometna varnost v potencialno nevarni situaciji na cesti bistveno poveča.



#### 4.1.2.2 Končna ugotovitev in ukrepi za izboljšavo

V vseh treh obravnavanih primerih je bil prvi ukrep SNVP izveden hitreje, kot je na kraj prometne nesreče prispelo vzdrževalno vozilo. Odzivni čas sistema je bil od 4 do 9,8 minut krajši kot odzivni čas vzdrževalne službe. To pomeni veliko prednost pri izboljšanju prometne varnosti v primeru nenapovedanih izrednih dogodkov na avtocestnih odsekih, na katerih je nameščen SNVP. Kljub temu od pojava izrednega dogodka do prikaza prvega sporočila preko SPIS mine kar nekaj časa, ko vozniki niso obveščeni o dogajanju na cesti. V obravnavanih primerih je bilo to minimalno 6,3 minute. Upoštevati je potrebno tudi dejstvo, da je bila lokacija izrednih dogodkov v vseh treh primerih zelo blizu lokacije AC baze na Griču, tako da je vzdrževalna služba lahko v relativno kratkem času prišla na kraj prometne nesreče. Na bolj oddaljenih AC odsekih bi bila razlika med odzivnim časom vzdrževalne službe in SNVP še precej večja.

V pomoč operaterjem pri zazanavanju izrednih dogodkov se v okviru sistema avtomatsko določa pojav zastoja. Za določitev zastoja mora biti izpolnjen vsaj eden izmed treh kriterijev, ki temeljijo na podlagi prometnih algoritmov. Prvi kriterij se nanaša na prekoračitev meje za zasedenost merilnega območja mikrovalovnega detektorja ob dovolj majhni hitrosti osebnih vozil. Drugi kriterij določa zastoj, kadar je doseženo zgoščeno stanje prometnega toka, hkrati pa je hitrost osebnih vozil manjša od mejne vrednosti. Tretji kriterij pa predstavlja alarm za stoječe vozilo, ki ga javi mikrovalovni detektor ali video detekcijska kamera. Vendar lahko od pojava izrednega dogodka do nastanka stoječe kolone vozil mine veliko časa, zato avtomatsko javljanje alarmov o zastoju ne zadostuje.

V prihodnosti bi bilo potrebno izvesti ukrepe, ki bi prispevali k skrajšanju odzivnega časa operaterjev. Na prvem mestu je to izobraževanje operaterjev v nadzornem centru o pomembnosti hitre reakcije v primeru nenadne motnje v prometnem toku. Večja ozaveščenost in bolj pozorno spremljanje dogajanja na cesti preko sistema video nadzornih kamer pripomore k hitrejši zaznavi pojava izrednega dogodka na cesti. Pri dolžini odzivnega časa igra ključno vlogo tudi hitrost oblikovanja ustreznega sporočila za prikaz preko SPIS. Operaterji bi morali biti izurjeni za hitro sestavljanje razumljivih in učinkovitih prometnih

vsebin, ki bi v primeru izrednih dogodkov primerno obveščale voznike in vodile promet. Šolanje operaterjev bi moralo vključevati praktične vaje na simulatorju, kjer bi lahko ob realnih dogodkih vadili hitro in učinkovito odzivanje v kritičnih situacijah.

### 4.1.3 Zmanjšanje števila sekundarnih izrednih dogodkov

#### 4.1.3.1 Število prometnih nesreč

Po statističnih podatkih policije se v Sloveniji prometna varnost iz leta v leto izboljšuje. Skupno število prometnih nesreč na slovenskih cestah se je v letu 2009 v primerjavi z letom 2003 zmanjšalo za polovico. Največji padec se je zgodil v letu 2005, k čemer so po vsej verjetnosti pripomogle spremembe Zakona o varnosti cestnega prometa, s katerimi so pričele veljati občutno višje kazni za prometne prekrške. Prometna varnost se deloma izboljšuje zaradi vse bolj izpopolnjene tehnologije izdelave vozil. Vendar ta delež v šestih letih ni tako bistveno vplival na manjše število prometnih nesreč, kot je vplivala bolj varna vožnja udeležencev v prometu.

Preglednica 46: Število prometnih nesreč v cestnem prometu RS v letih 2003-2009

Table 46: Number of road traffic accidents in the Republic of Slovenia (RS) for the years 2003-2009

Leto	Število prometnih nesreč v cestnem prometu RS
2003	41173
2004	43136
2005	31669
2006	32130
2007	31001
2008	23310
2009	20833

Za odsek severne in zahodnje ljubljanske obvoznice ter del gorenjskega priključnega avtocestnega kraka, na katerem je nameščen SNVP, so v sledeči preglednici zbrani podatki za število prometnih nesreč od leta 2003 do 2009 (Vir: Direkcija Republike Slovenije za ceste). V primerjavi s podatki za celotno Slovenijo se največji padec ni zgodil leta 2005, temveč dve

leti kasneje. Leta 2007 in v prvi polovici leta 2008 so potekala obsežna dela na področju novega avtocestnega razcepa Koseze, zaradi česar se je prometna ureditev na zahodni ljubljanski obvoznici večkrat spreminjala. Spremljajoče omejitve hitrosti in izmenično zapiranje prometnih pasov je prispevalo k bolj varni vožnji na tem odseku. Istočasno se je promet umiril zaradi del na takratnem koncu gorenjske avtoceste v smeri proti Ljubljani pred galerijo Šentvid. Prva faza SNVP je bila implementirana januarja 2008, sistem pa je v celoti začel delovati od 01.07.2008 dalje, ko je bil z otvoritvijo predora Šentvid odprt nov avtocestni odsek od razcepa Koseze do priključka Lj.-Šentvid.

Preglednica 47: Število prometnih nesreč na odseku Lj. obvoznice s SNVP v letih 2003-2009

Table 47: Number of accidents on the Lj. ring with TCMS in the years 2003-2009

Leto	Število prometnih nesreč na odseku Lj. obvoznice s SNVP
2003	151
2004	169
2005	158
2006	177
2007	96
2008	84
2009	84

Po začetku delovanja SNVP se je število prometnih nesreč ustalilo. V primerjavi z letom 2007 se je zmanjšalo za 12,5 %. Vendar ta podatek kot že rečeno ni merodajen zaradi del in spremenjene prometne ureditve. V primerjavi s predhodnimi leti se je število prometnih nesreč zmanjšalo približno za polovico. Prispevka ukrepov SNVP k zmanjšanju števila prometnih nesreč zato ni mogoče popolnoma natančno oceniti. Vendar podatki kažejo na dejstvo, da se je po implementaciji SNVP prometna varnost bistveno izboljšala. Na podlagi ustreznega obveščanja in vodenja prometa preko SPIS v primeru izrednih dogodkov se število sekundarnih izrednih dogodkov zmanjša. Tukaj so mišljeni predvsem naleti v območju repa kolone vozil. Poleg tega k večji prometni varnosti prispevajo tudi ukrepi SNVP v drugih

potencialno nevarnih situacijah na cesti, kot so harmonizacija prometa v zgoščenem prometnem stanju in umirjanje prometa v neugodnih vremenskih razmerah.

Preglednica 48: Število smrtnih žrtev prometnih nesreč na odseku Lj. obvoznice s SNVP

Table 48: Number of death victims on the Lj. ring with TCMS in the years 2003-2009

Leto	Število smrtno ponesrečenih na odseku Lj. obvoznice s SNVP
2005	2
2006	2
2007	3
2008	1
2009	0

Podatki o smrtnih žrtvah prometnih nesreč v zadnjih petih letih kažejo na izboljšanje stanja po implementaciji SNVP. Leta 2008 je v prometnih nesrečah umrla le ena oseba, v prejšnjem letu pa ni bilo nobene žrtve.

#### 4.1.3.2 Končna ugotovitev in ukrepi za izboljšavo

Po implementaciji SNVP na odseku Lj. obvoznice je prišlo do občutnega zmanjšanja števila prometnih nesreč in smrtnih žrtev. Pokazatelji izboljšanja prometne varnosti se torej nagibajo v prid sistemu, ki pa še ne deluje dovolj dolgo, da bi bilo mogoče potegniti zaključno ugotovitev. Šele podrobnejše analize v prihodnosti bodo pokazale, ali ukrepi SNVP zares občutno prispevajo k povečanju prometne varnosti in uspejo rešiti kakšno človeško življenje, ki je samo po sebi neprecenljivo.

## 4.2 Mobilnost




### 4.2.1 Razbremenitev kritičnega avtocestnega odseka

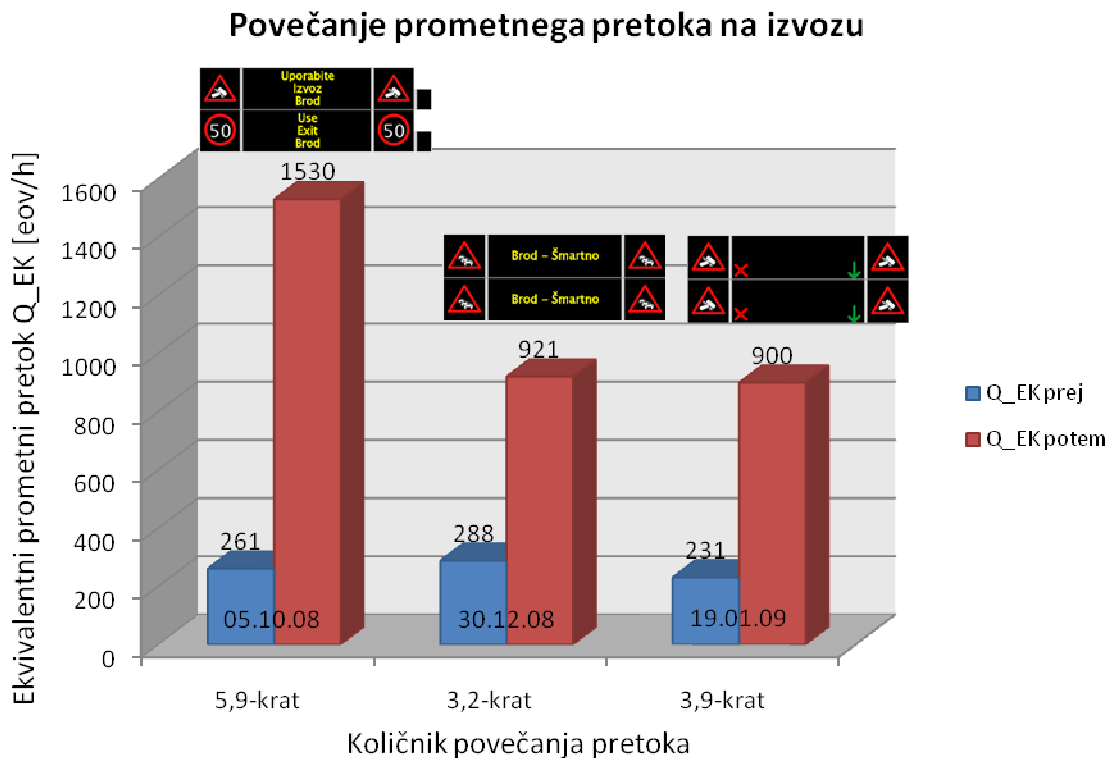
#### 4.2.1.1 Ocena povečanja prometnega pretoka na izvozu

V vseh treh primerih izrednih dogodkov so bila na portalu SPIS pred zadnjim priključkom pred lokacijo izrednega dogodka prikazana sporočila z informacijami o izrednem dogodku. Podatki o prometnem pretoku pred in po prikazu sporočil so prikazani v spodnji tabeli in grafikonu. Analiza je pokazala občutno povečanje ekvivalentnega prometnega pretoka na izvozu po tem, ko so bili vozniki obveščeni o dogajanju na cesti. Povečana uporaba izvoza je prispevala k razbremenitvi kritičnega avtocestnega odseka. Na ta način se je zmanjšala možnost zastojev. Posledično se je zmanjšal tudi negativen vpliv na okolje zaradi manjše količine emisij škodljivih plinov, povečalo pa se je zadovoljstvo voznikov, ki so se izognili kritičnemu avtocestnemu odseku.

Preglednica 49: Povečanje prometnega pretoka na izvozu

Table 49: Traffic flow increase on exit

Izredni dogodek	Sporočilo na zadnjem portalu pred izvozom	Q_EK [eov/h] na izvozu		Količnik povečanja pretoka
		Prej	Potem	
05.10.2008		261	1530	5,9-krat
30.12.2008		288	921	3,2-krat
19.01.2009		231	900	3,9-krat



Grafikon 23: Povečanje prometnega pretoka na izvozu

Diagram 23: Equivalent traffic flow increase on exit


Kljub temu, da se je v vseh treh primerih prometni pretok na izvozu povečal, se količnik povečanja pretoka razlikuje. Vzrok za to so različne informacije o izrednem dogodku, ki so jih vsebovala sporočila v posameznem primeru. Količnik povečanja pretoka je največji v primeru sporočila, ki voznike nagovarja, naj uporabijo konkreten izvoz. Vozniki so prejeli nedvoumno navodilo, ki ga v veliki meri tudi upoštevajo. Ostali dve sporočili vsebujeta informacije, ki dajejo voznikom možnost, da se na podlagi lastne presoje odločijo za nadaljevanje poti po avtocesti ali za uporabo izvoza. V nekoliko večji meri se vozniki odločijo za uporabo izvoza v primeru sporočila, ki vsebuje informacijo o zaprtju enega izmed prometnih pasov. Verjetno jih podatek o zmanjšani pretočnosti ceste zaradi prometne nesreče prepriča, da izberejo alternativno pot. Drugo sporočilo vsebuje podatek o lokaciji zastoja, ki za voznike očitno predstavlja nekoliko manjšo motnjo. Kljub temu med količnikoma povečanja pretoka v obeh primerih ni bistvene razlike, zato nobena izmed informacij ni tako prevladujoča kot napotek o uporabi konkretnega izvoza.

#### 4.2.1.1.1 Manjša razbremenitev kritičnega avtocestnega odseka zaradi informacije o delni pretočnosti

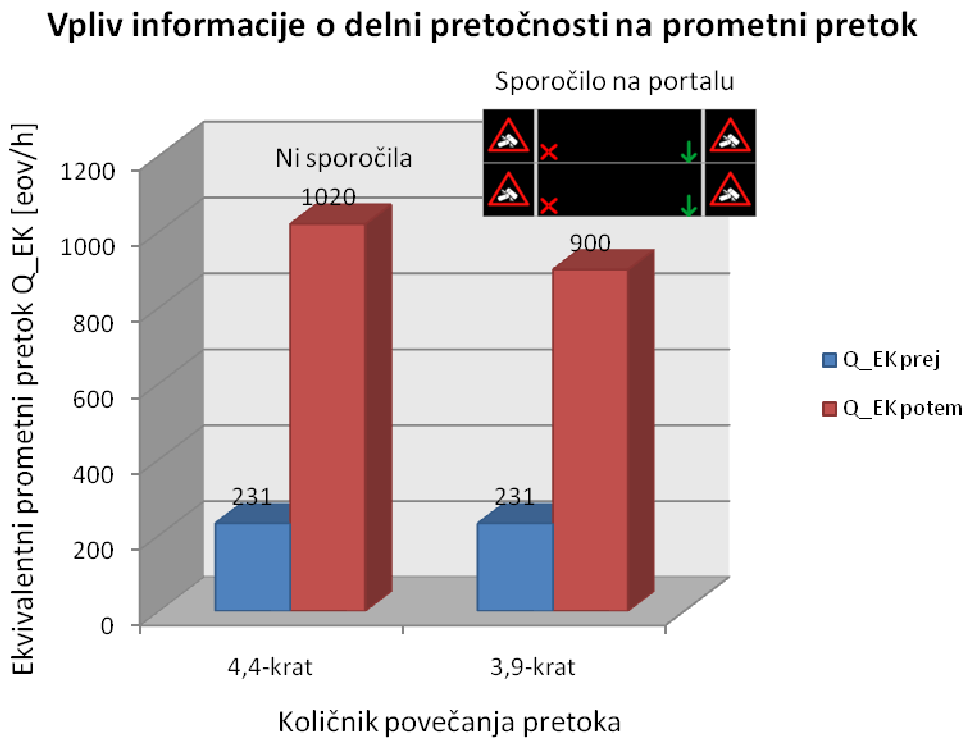
V primeru prometne nesreče 19.01.2009 je ob prikazu sporočila na portalu SPIS pred izvozom prometni pretok na izvozu 3,9-krat večji kot pred izrednim dogodkom. Vendar se v primerjavi z obdobjem tik pred prikazom sporočila ekvivalentni prometni pretok na izvozu zmanjša s 1020 na 900 eov/h, to je za 11,8% manjša vrednost. Vzrok za to je informacija, ki jo prejmejo vozniki preko SPIS. Pred prikazom sporočila so vozniki z odseka tik pred priključkom opazili rep kolone vozil, niso pa poznali vzroka in dolžine nastale kolone. Zaradi tega so se v veliki meri odločali za uporabo izvoza, tako da je prometni pretok narasel na 4,4- krat višjo vrednost kot pred izrednim dogodkom. Po prikazu sporočila so vozniki dobili informacijo o vrsti izrednega dogodka in o zaprtju prehitevalnega pasu zaradi ovire. Zaradi obveščenosti o delni pretočnosti kritičnega avtocestnega odseka se je večji delež voznikov odločil, da bo nadaljeval pot po avtocesti. Predvidevali so lahko, da se takoj za kritičnim odsekom promet zopet sprosti in zastoj nima večjih razsežnosti. Na ta način se je razbremenitev kritičnega avtocestnega odseka nekoliko zmanjšala.

Preglednica 50: Vpliv informacije o delni pretočnosti na prometni pretok

Table 50: Influence of the information about partial permeability on traffic flow

Izredni dogodek	Sporočilo na zadnjem portalu pred izvozom	Q_EK [eov/h] na izvozu		Količnik povečanja pretoka
		Prej	Potem	
19.01.2009	Ni sporočila	231	1020	4,4-krat
		231	900	3,9-krat





Grafikon 24: Vpliv informacije o delni pretočnosti na prometni pretok

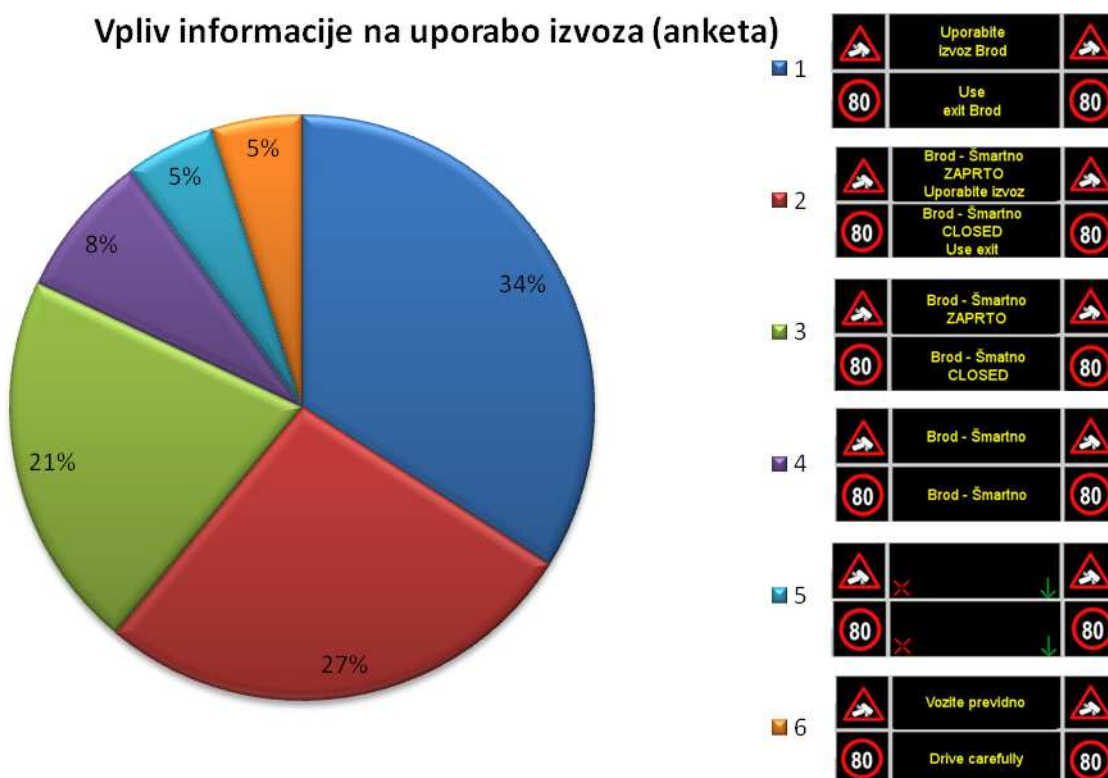
Diagram 24: Influence of the information about partial permeability on traffic flow

#### 4.2.1.1.2 Primerjava z rezultati ankete

V anketi se 6. vprašanje nanaša na razbremenitev kritičnega AC odseka. Vanj so vključena sporočila z enako vsebino v osrednjem delu kot v obravnavanih izrednih dogodkih. Anketiranci so podali mnenje, na podlagi katere informacije v sporočilu bi se odločili za uporabo izvoza. Delež odgovorov, ki jih je prejelo posamezno sporočilo, je prikazan v spodnjem grafikonu.

Največ anketirancev bi se odločilo za uporabo izvoza, če bi v sporočilu na portalu SPIS prejeli napotek o uporabi konkretnega izvoza. To sporočilo je prejelo 34 % vseh glasov. Rezultat se ujema z rezultatom analize prometnih podatkov, kjer se je prometni pretok na izvozu v največji meri povečal v primeru sporočila z enako informacijo. Ta rezultat je

pričakovan, saj je napotek »Uporabite izvoz Brod« nedvoumen in razumljiv. Vozniki, ki zaupajo sistemu, se bodo v tem primeru brez odlašanja odločili za uporabo izvoza.



Grafikon 25: Vpliv informacije na uporabo izvoza (anketa)

Diagram 25: Influence of the information on exit use (survey)


Ostala sporočila z informacijami o izrednem dogodku, kot so lokacija, podatek o delni pretočnosti kritičnega odseka in drugo, voznikom dajo možnost lastne presoje o izbiri poti. Sporočilo z informacijo o lokaciji izrednega dogodka je bilo v anketi izbrano le v 8 % odgovorov, v še manjši meri in sicer v 5 % pa bi se anketiranci odločili za uporabo izvoza pri prikazu sporočila z informacijo o zaprtem prehitevalnem pasu. V primerjavi z rezultati analize prometnih podatkov je razlika v vrstnem redu, čeprav sta si tudi v tem primeru vrednosti količnika povečanja pretoka na izvozu zelo blizu. Sporočilo ob dejanskem izrednem dogodku vsebuje prometni znak za zastoj, ki voznikom morda predstavlja nekoliko manjšo nevarnost kot prometna nesreča. Sicer pa je v realni situaciji na cesti prisotnih še mnogo drugih faktorjev, ki pri teoretičnih odgovorih v anketi ne pridejo do izraza.

#### 4.2.1.2 Ocena zmanjšanja prometnega pretoka na uvozu

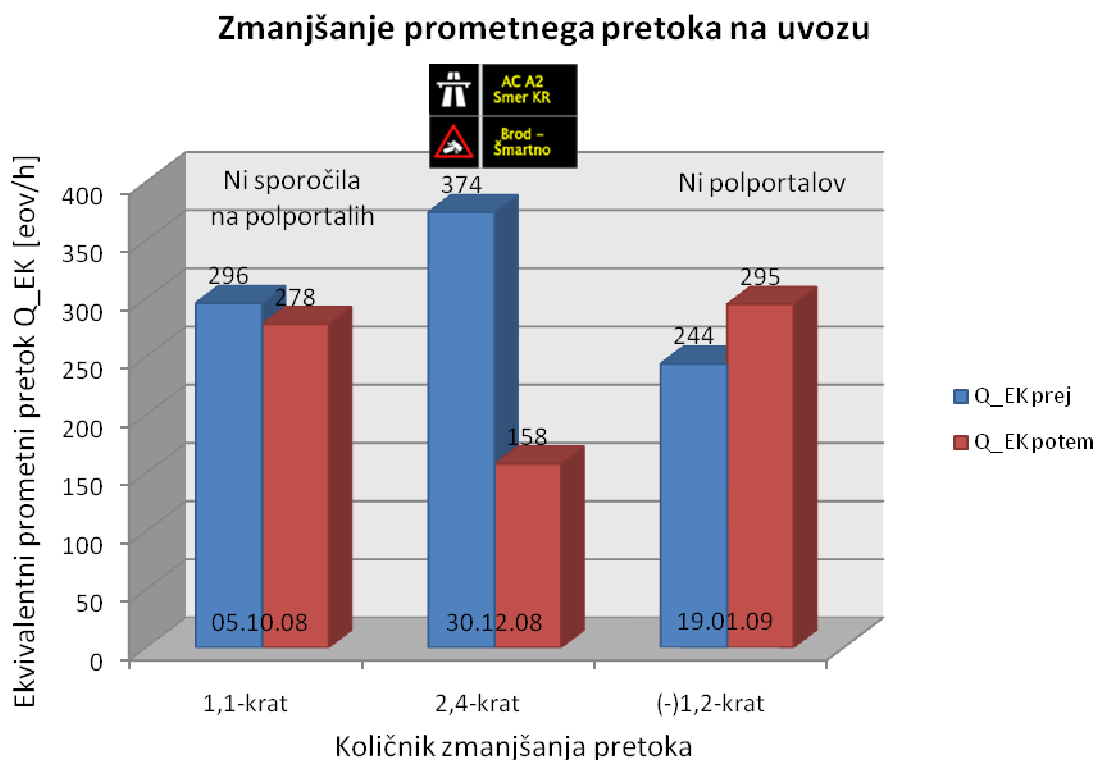
Razbremenitev kritičnega avtocestnega odseka je mogoče doseči tudi z obveščanjem voznikov na vzporednem cestnem omrežju preko sporočil na polportalih SPIS. Vozniki, ki se nameravajo vključiti na avtocesto, imajo na podlagi informacije o izrednem dogodku na avtocesti možnost izbire nadaljne poti. Lahko se kljub vsemu odločijo za vključitev na avtocesto ali pa raje svojo pot nadaljujejo po vzporednem cestnem omrežju. Na polportalih SPIS so bila ustrezna sporočila prikazana le v enem izmed treh obravnavanih izrednih dogodkov in sicer pri prometni nesreči dne 30.12.2008. Na priključnem križišču pred lokacijo prometne nesreče dne 19.01.2009 ni nameščenih polportalov, zato v tem primeru voznikov ni bilo mogoče obveščati o izrednem dogodku na avtocesti. Pri izrednem dogodku dne 05.10.2008 pa so polportali kljub možnosti prikaza ustreznega sporočila ostali prazni. V sledeči preglednici in na grafikonu so podani podatki o ekvivalentnem prometnem pretoku pred in po izrednem dogodku oziroma prikazu ustreznega sporočila.

Preglednica 51: Zmanjšanje prometnega pretoka na uvozu

Table 51: Equivalent traffic flow decrease on entry

Izredni dogodek	Sporočilo na polportalih pred priključkom	Q_EK [eov/h] na uvozu		Količnik zmanjšanja pretoka
		Prej	Potem	
05.10.2008	Ni sporočila	296	278	1,1-krat
30.12.2008		374	158	2,4-krat
19.01.2009	Ni polportalov	244*	295	-1,2-krat

\*Opomba: V primeru izrednega dogodka z dne 19.01.2009 je za primerjavo vzeta povprečna vrednost prometnega pretoka po koncu izrednega dogodka. Pred dogodkom je zaradi jutranje konice prometni pretok na uvozu dosegal mnogo večje vrednosti in se v času pojava izrednega dogodka ustalil na določeni ravni.



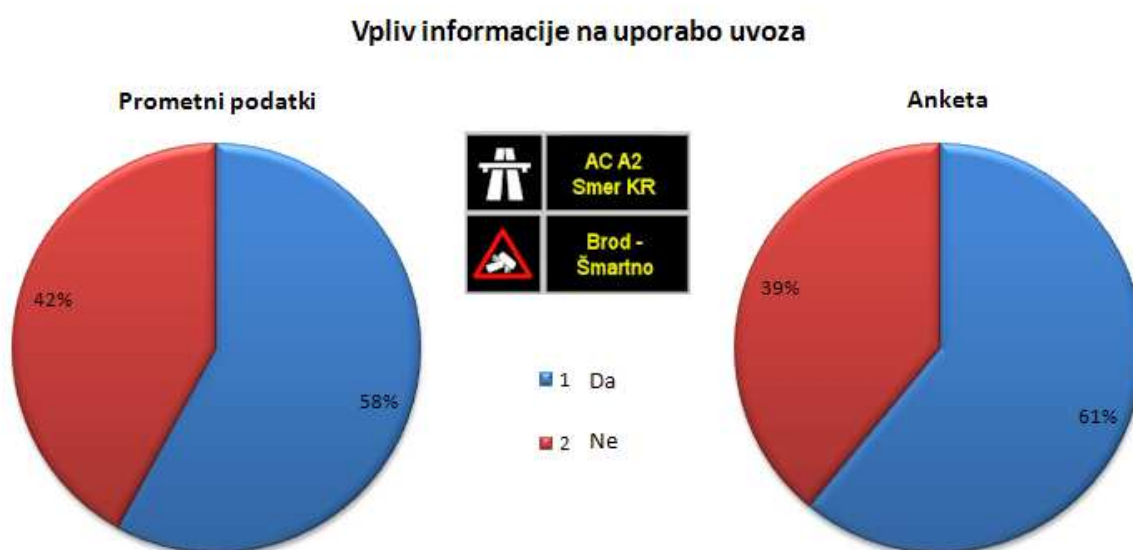
Grafikon 26: Zmanjšanje prometnega pretoka na uvozu

Diagram 26: Equivalent traffic flow decrease on entry

Kot je razvidno iz grafikona je v primeru, ko na polportalih SPIS ni bilo prikazanega nobenega sporočila oziroma polportalov ni na voljo, ekvivalentni prometni pretok na uvozu pred in po pojavu izrednega dogodka približno enak. Nekoliko večja razlika je v primeru prometne nesreče dne 19.01.2009 in sicer zaradi upadanja prometnega pretoka na uvozu z iztekanjem jutranje prometne konice (glej poglavje 2.3.2.3 Analiza prometnih podatkov na uvozu Lj.-Šmartno). V primeru izrednega dogodka, pri katerem je bilo na polportalih SPIS prikazano ustrezno sporočilo, se je po prikazu sporočila ekvivalentni prometni pretok na uvozu 2,4-krat zmanjšal. Zaradi informacije o prometni nesreči na avtocesti se je kar 58 % voznikov odločilo, da se bo izognilo kritičnemu avtocestnemu odseku in pot nadaljevalo po vzporednem cestnem omrežju. Ustrezen ukrep v SNVP je na ta način prispeval k občutni razbremenitvi kritičnega avtocestnega odseka.

#### 4.2.1.2.1 Primerjava z rezultati ankete

V anketi je bilo v 7. vprašanju uporabljeno enako sporočilo na polportalih SPIS kot pri izrednem dogodku dne 30.12.2008. Rezultati ankete so pokazali, da bi se na podlagi prikazane informacije kar 61 % voznikov raje odločilo za nadaljevanje poti po vzporednem avtocestnem omrežju. Ta rezultat je primerljiv z rezultati analize prometnih podatkov, pri kateri se je 58 % voznikov izognilo kritičnemu avtocestnemu odseku.



Grafikon 27: Vpliv informacije na uporabo uvoza

Diagram 27: Influence of the information on entry use

#### 4.2.1.3 Končna ugotovitev in ukrepi za izboljšavo

Prikaz ustreznih sporočil na portalih in polportalih SPIS lahko občutno prispeva k razbremenitvi kritičnega avtocestnega odseka. Izvozni prometni tok se je kar za 5,9-krat povečal v primeru prikaza sporočila na portalih SPIS, ki je vsebovalo napotek o uporabi izvoza. Nekoliko manj, a še vedno v precej veliki meri so se vozniki odločali za uporabo izvoza v primeru informacij, kot so vrsta in lokacija izrednega dogodka. Na podlagi ustrezne informacije na polportalih SPIS se je več kot polovica voznikov odločila, da se izogne kritičnemu avtocestnemu odseku. Sporočilo na polportalih SPIS vsebuje le informacijo o vrsti in lokaciji izrednega dogodka in voznikom ne prepoveduje vključitve na avtocesto. Tako imajo vozniki možnost svobodne odločitve za nadaljevanje poti. Težava nastane v primeru, če določen avtocestni odsek nima vzporedne cestne povezave, ki bi omogočala razbremenitev kritičnega avtocestnega odseka.

Tako rezultati analize prometnih podatkov kot tudi rezultati ankete so pokazali, kako pomembno vlogo pri razbremenitvi kritičnega avtocestnega odseka igra vrsta informacije v sporočilu. To dejstvo je v bodoče potrebno upoštevati pri oblikovanju sporočil, pri čemer imajo glavno vlogo operaterji v nadzornem centru SNVP.

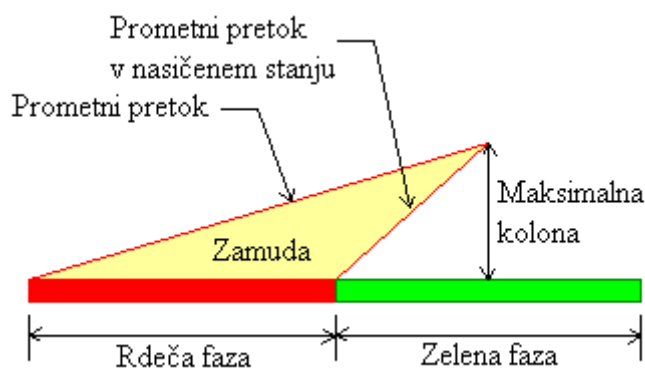
Pri preusmerjanju prometa na izvoz ali zmanjšanju uvoznega toka je potrebno poznati tudi kapaciteto vzporednega cestnega omrežja. Lahko se zgodi, da se zaradi prekoračitve kapacitete vzporednega cestnega omrežja pojavijo zastoji. Zaradi tega je v času preusmeritve zelo pomembno spremljanje stanja tako na avtocesti kot tudi na vzporednem cestnem omrežju. Na avtocestnem odseku, kjer je nameščen SNVP, je mogoče spremljati prometno stanje preko številnih senzorjev. Težava nastane na vzporednih cestah, ki niso pokrite z merilnimi napravami. V bodoče bi bilo potrebno na kritičnih odsekih vzporednega cestnega omrežja, kjer so predvidene pogoste preusmeritve prometa (npr. v območju predorov), razmisliti o namestitvi ustreznih senzorjev za zbiranje prometnih podatkov. Šele na podlagi nadzora nad dogajanjem v širšem cestnem omrežju lahko operaterji v nadzornem centru SNVP učinkovito vodijo promet.

## 4.2.2 Redukcija zamude

### 4.2.2.1 Prometni model za izračun zamude

V prometnem modelu mikrosimulacijskega orodja SimTraffic 6 se zamuda izračunava po percentilni metodi, ki upošteva rezultate petih različnih scenarijev, tako da so sproženi signali obravnavani pri različnih prometnih obremenitvah. V izbranem časovnem intervalu npr. 15 minut promet ne prihaja enakomerno do križišča. Nekaj ciklov bo imelo več prometa, preostali cikli pa manj. Percentilna metoda temelji na osnovni predpostavki, da so prihodi vozil razporejeni po Poissonovi porazdelitvi. To je diskretna (nezvezna) porazdelitev, ki služi kot model za število redkih dogodkov, ki se pojavljajo v mnogih ponavljanjih. Izračun zamude je izveden za pet različnih scenarijev: 10., 30., 50., 70., in 90. percentila. Pri 100 opazovanih cikli je 90. percentilni cikel 90. najbolj zaseden cikel. Posamezen scenarij je zastopan pri 20 % vseh ciklov, ki se dejansko zgodijo. Končni rezultat za zamudo je povprečje rezultatov vseh scenarijev, uteženo s prometnim pretokom.

Zamuda vozil pri rdeči luči (Povzeto po: SimTraffic 6 User Guide. 2004.)



Zamuda vozil v enem ciklu predstavlja površino trikotnika na zgornji sliki. Širina trikotnika je enaka dolžini efektivnega časa rdeče faze. Naklon leve stranice določa stopnja prihodov vozil, izražena v številu vozil na sekundo. Naklon desne stranice pa je določen s stopnjo odhodov oziroma s prometnim pretokom v nasičenem stanju, izraženim v številu vozil na sekundo.

Višina trikotnika ponazarja maksimalno kolono vozil, podano s številom vozil, ki je določena po sledeči enačbi:

$$K = \frac{q}{\left(1 - \frac{q}{q_n}\right) * 3600} * R \quad (1)$$

kjer je:

- K maksimalna kolona vozil (voz)
- q prometni pretok (voz/h)
- q<sub>n</sub> prometni pretok v nasičenem stanju (voz/h)
- R dolžina rdeče faze (s)

Zamuda vozil v ciklu je enaka površini trikotnika, zamuda na vozilo določenega scenarija pa je površina deljena s številom vozil v ciklu.

$$ZV = \frac{q}{\left(1 - \frac{q}{q_n}\right) * 3600} * \frac{R^2}{2} \quad (2)$$

$$Z_P = \frac{ZV}{C * \frac{q}{3600}} = \frac{0,5}{\left(1 - \frac{q}{q_n}\right)} * \frac{R^2}{C} \quad (3)$$

kjer je:

- ZV zamuda vozil v ciklu (voz-s)
- Z<sub>P</sub> zamuda na vozilo scenarija percentile P (voz/s)
- q prometni pretok (voz/h)
- q<sub>n</sub> prometni pretok v nasičenem stanju (voz/h)
- R dolžina rdeče faze (s)
- C dolžina cikla (s)

Prometni pretoki, prilagojeni za posamezen scenarij, so regulirani navzgor ali navzdol glede na sledeče izračune.



Pričakovano število vozil je urni pretok deljen s številom ciklov v eni uri. Standardni odklon v prometu pa je kvadratni koren pričakovanega števila vozil za Poissonove prihode.

$$\lambda = q * \frac{C}{3600} \quad (4)$$

$$\sigma = \sqrt{\lambda} \quad (5)$$

kjer je:

- $\lambda$  pričakovano število vozil (voz)
- $q$  prometni pretok (voz/h)
- $C$  dolžina cikla (s)
- $\sigma$  standardni odklon pričakovanih prihodov na cikel

Pričakovano število vozil za določeno percentilo je izračunano na podlagi Poissonove porazdelitve. Normalno porazdelitev je mogoče uporabiti, če je pričakovano število vozil večje od 6, potem sledi:

$$q_p = (\lambda + z_\sigma) * \frac{3600}{C} \quad (6)$$

kjer je:

- $q_p$  prometni pretok P-te percentile (voz/h)
- $C$  dolžina cikla (s)
- $z_\sigma$  število standardnih odklonov, potrebnih za doseg določene percentile od povprečja, ki ga je mogoče določiti iz sledeče preglednice (SimTraffic 6 User Guide. 2004.)

Percentila	$z_\sigma$
10	-1,28
30	-0,52
50	0
70	0,52
90	1,28

Poenostavljena enačba za izračun prilagojenih prometnih pretokov je torej sledeča:

$$q_p = q + \left[ z_\sigma * \sqrt{q * C / 3600} \right] * \frac{3600}{C} \quad (7)$$

kjer je  $q_p \geq 0$ .

Izračun zamude:

$$Z = \frac{ZV10 + ZV30 + ZV50 + ZV70 + ZV90}{(q10 + q30 + q50 + q70 + q90) * \frac{C}{3600}} \quad (8)$$

kjer je:

Z povprečna zamuda po percentilni metodi (h)

q10 prometni pretok 10. percentile (voz/h), izračunan po predhodnih enačbah

ZV10 zamuda vozil 10. percentile na uro (h), izračunana po sledeči enačbi:

$$ZV10 = 0,5 * \frac{q10}{\left(1 - \frac{q10}{q_n}\right) * 3600} * \frac{R^2}{C} * 3600 \quad (9)$$

Če prometni pretok pri določeni percentili preseže kapaciteto, se zamuda izračuna po sledeči enačbi:




$$ZV10 = 0,5 * \frac{q_n}{3600} * \frac{R^2}{C} \quad (10)$$

#### 4.2.2.2 Ocena redukcije zamude

Pri ugotavljanju vpliva ukrepov SNVP na zamudo sem primerjala rezultate simulacije za obravnavane izredne dogodke. V prvem primeru sem za ukrep SNVP predpostavila prikaz sporočila na polportalih in rezultate primerjala z realnim stanjem, v katerem na polportalih ni bilo prikazanega nobenega sporočila. Pri drugem izrednem dogodku je bilo v realnem stanju sporočilo prikazano tako na zadnjem portalu pred izvozom kot na polportalih SPIS, simulirala pa sem tudi stanja s prikazom sporočila le na eni vrsti SPIS. V tretjem primeru pa je bilo sporočilo prikazano le na zadnjem portalu SPIS pred izvozom. Rezultati primerjave redukcije zamude v stanju z ukrepom in brez njega so navedeni v sledeči preglednici in grafikonu.

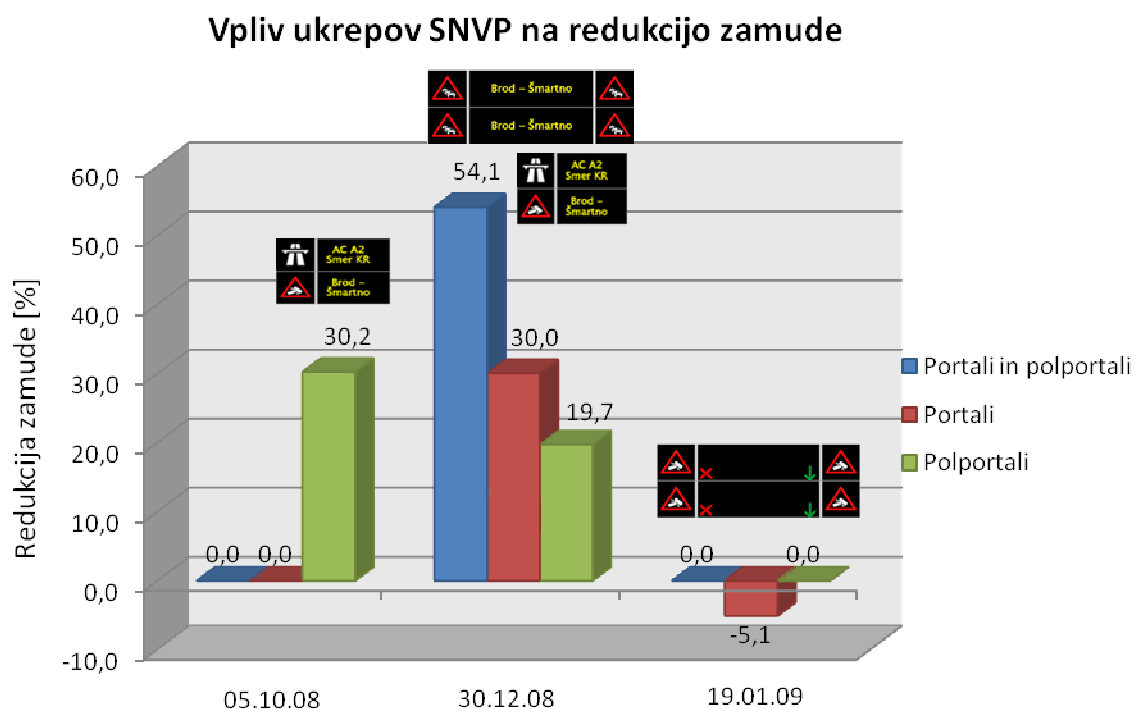
Preglednica 52: Vpliv ukrepov SNVP na redukcijo zamude

Table 52: Impact of the TCMS measures on reduction of delay

Izredni dogodek	Zamuda [h]				Redukcija zamude ob ukrepu [%]		
	Ni ukrepa	Ukrep			Ukrep		
		P+PP	P	PP	P+PP	P	PP
05.10.2008 	308,9	–	–	215,5	–	–	30,2
30.12.2008 	560,8	257,4	392,3	450,1	54,1	30,0	19,7
19.01.2009 	949	–	997,4	–	–	-5,1	–

Opomba: Podatki so izračunani za 1h trajanje izrednega dogodka.

Prikaz sporočila na vrsti SPIS: P+PP (portali in polportali), P (portali), PP (polportali).



Grafikon 28: Vpliv ukrepov SNVP na redukcijo zamude

Diagram 28: Impact of the TCMS measures on reduction of delay

V prvem primeru, ko je bilo ustrezno sporočilo prikazano le na polportalih SPIS, se je skupna zamuda zmanjšala kar za 30,2 %. Na podlagi informacije o vrsti in lokaciji izrednega dogodka se je namreč občutno zmanjšala uporaba uvoza na avtocesto. Posledica tega je razbremenitev kritičnega avtocestnega odseka in zmanjšanje zamude.

Še večja razlika med zamudo v stanju brez in z ukrepom SNVP se je pokazala v drugem primeru, ko so bila ustrezna sporočila prikazana tako na portalu kot na polportalih SPIS. Poleg tega, da se je zaradi sporočila na polportalih zmanjšal uvozni tok, se je kritični avtocestni odsek razbremenil tudi zaradi povečane uporabe izvoza. Obveščenost voznikov tako na avtocesti kot na vzporednem cestnem omrežju je pripeljala do zmanjšanja skupne zamude za kar 54,1 %. Za dogodek 30.12.2008 sem simulirala tudi stanje, v katerem sem predpostavila prikaz ustreznega sporočila na posamezni vrsti SPIS. Izkazalo se je, da je v primeru prikaza sporočila na portalih SPIS prišlo do nekoliko večjega zmanjšanja zamude in

sicer 30 %, kot ob prikazu sporočila na polportalih SPIS. V slednjem primeru je redukcija zamude znašala 19,7 %, kar je še vedno visok delež.

Tretji primer pa je pokazatelj vpliva vsebine v sporočilu na zamudo. Pred ukrepom so vozniki v večji meri uporabljali izvoz pred lokacijo prometne nesreče, ker so v nadaljevanju opazili kolono vozil, za katero niso poznali vzroka. Ko je bilo na zadnjem portalu SPIS pred izvozom prikazano sporočilo z informacijo o delni pretočnosti kritičnega avtocestnega odseka, se je izvozni tok zmanjšal. Vozniki so se na podlagi informacije o vzroku kolone in odprtem enem izmed prometnih pasov v večji meri odločali za nadaljevanje poti po avtocesti. V tem primeru se je zamuda povečala za 5,1 %.

#### **4.2.2.3 Prihranek pri vrednosti izgubljenega časa**

V evropskih kot tudi izvenevropskih državah je bilo izvedenih več različnih raziskav o vrednosti časa za vrednotenje prometnih projektov. Rezultati o vrednosti časa so večinoma pridobljeni na podlagi obdelave podatkov o povprečnem dohodku. Vrednost časa je običajno obravnavana za različne kategorije, kot so delovni in nedelovni čas, vrsta vozila, namen potovanja, izbira prometnega sredstva, dolžina potovanja.

V Sloveniji je bila najnovejša raziskava o vrednosti časa za udeležence v prometu nedavno izvedena na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani (»Vrednost časa za vse udeležence v prometu. 2007. Raziskovalna naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, FGG.« in »Marsetič, R. 2008. Modeliranje vpliva cestnine na izbiro poti v cestni mreži.«) Vrednosti časa različnih udeležencev v prometu so bile izračunane na podlagi analize podatkov, pridobljenih s pomočjo ankete. Ankete so bile izvedene na bencinskih servisih na vseh štirih krakih slovenskih avtocest. Na vsakem AC kraku je bilo izvedenih 400 anket, vsega skupaj 1600 anket. V analizi so bili obravnavani podatki o višini mesečnega dohodka, izobrazbi, zasedenosti osebnih vozil in statusu anketirancev.

Rezultati o vrednosti časa so razdeljeni v kategorije glede na vrsto vozila in namen potovanja. Od službene poti so ločeno obravnavana potovanja dnevnih migrantov od doma do službe ali

šole. Večina potovanj se zgodi v prostem času udeležencev v prometu. V kategoriji prostega časa je izpostavljen namen potovanja s ciljem nakupovanja, preostali nameni pa so združeni v isti skupini. Vrednosti časa za potovanja, ki niso izvedena v službenem času, so ocenjena nižje. Ljudje namreč v svojem prostem času ravnajo varčneje in se raje odločajo za bolj ekonomična, daljša potovanja kot za krajša in dražja. Najvišja vrednost časa je dosežena pri tovornih vozilih, saj imajo v primeru zamud pri dostavi blaga prevozniki veliko škode.

V sledeči preglednici so predstavljeni rezultati log-normalne analize podatkov, pridobljenih preko anket. Za vsako vrsto vozila in namen potovanja je poleg vrednosti časa podan tudi delež udeležencev v prometu.

Vrednosti časa in delež anketiranih na AC (Marsetič, R. 2008. Modeliranje vpliva cestnine na izbiro poti v cestni mreži: str. 55, 61.)

Vrsta vozila	Namen potovanja	Vrednost časa VT [€/h]	Delež anketiranih na AC [%]
Osebna vozila	Dom-služba	6,33	18
Osebna vozila	Dom-šola	6,28	9
Osebna vozila	Nakupi	7,70	11
Osebna vozila	Službena pot	7,77	4
Osebna vozila	Ostalo	7,74	27
Osebna vozila	Tuja	8,00	20
Lahka tovorna vozila	Prevoz	17,36	4
Težka tovorna vozila	Prevoz	23,73	7

V analizi učinkovitosti ukrepov SNVP sem želela ugotoviti, kakšen strošek predstavlja količina izgubljenega časa zaradi izrednih dogodkov. Za primerjavo potrebujemo podatek o skupni vrednosti časa za vse udeležence v prometu, ki je izračunan po sledeči enačbi:

$$VT_{sk} = \sum \left[ \frac{VT_n * D}{100} \right] = 8,91\text{€/h} \quad (11)$$

kjer je:

$VT_{sk}$  skupna vrednost časa za vse udeležence v prometu [€/h]

$VT_n$  vrednost časa za posamezno vrsto vozila in namen potovanja [€/h]

D delež anketiranih na AC

Vrednost izgubljenega časa je produkt zamude in skupne vrednosti časa. Za primerjavo vrednosti izgubljenega časa pri različnih ukrepih SNVP je izbran izredni dogodek dne 30.12.2008, za katerega so bila simulirana stanja s prikazom sporočila na različnih vrstah SPIS. Vrednosti izgubljenega časa za različna stanja ter prihrank ob ukrepih SNVP s prikazom sporočila na posamezni vrsti SPIS so podane v sledeči preglednici.

Preglednica 53: Prihranek pri vrednosti izgubljenega časa

Table 53: Savings of lost time

Ukrep: sporočilo na SPIS	Zamuda [h]	Vrednost izgubljenega časa [€]	Prihranek ob ukrepu SNVP [€]
Ni ukrepa	560,8	4997	–
Polportali	450,1	4010	986
Portali	392,3	3495	1501
Portali in polportali	257,4	2293	2703

Opomba: Podatki so izračunani za 1h trajanje izrednega dogodka.

Izgubljene produktivne ure službenega časa predstavljajo izgubo za podjetja, v katerih so zaposleni udeleženci v prometu. Po podatkih iz ankete je le 4 % udeležencev v prometu, ki se vozijo v osebnih vozilih, na službeni poti. Večji delež in sicer 11 % zavzemajo vozniki lahkih in težkih tovornih vozil, pri katerih se zaradi zamud pri izrednih dogodkih na cesti pojavijo zamude pri dostavi blaga. Preostalih 75 % udeležencev se vozi v svojem prostem času, zato je tudi velika večina prihranka ob ukrepu SNVP porazdeljena po posameznikih.

#### 4.2.2.4 Končna ugotovitev in ukrepi za izboljšavo

Iz rezultatov je razvidno, kako velik vpliv na zamudo ima primeren ukrep SNVP. S prikazom ustreznega sporočila na posamezni vrsti SPIS se je zamuda zmanjšala skoraj za tretjino. Redukcija zamude je dosegla največji delež in sicer več kot 50 % v primeru kombinacije prikaza sporočila tako na portalih kot na polportalih SPIS. Ti rezultati kažejo, kako pomemben vpliv ima obveščenost voznikov na razbremenitev kritičnega avtocestnega odseka in posledično na zmanjšanje zamude. Iz rezultatov je razvidno, da ima pomemben vpliv na zamudo tudi vsebina prikazanega sporočila. Na odločitve o izbiri alternativne poti vpliva vrsta in način podajanja informacij o izrednem dogodku. Pomembnosti vsebine sporočila bi se morali še posebej zavedati operaterji v nadzornem centru, ki imajo največjo vlogo pri oblikovanju in prikazu sporočil na SPIS.

Potrebno pa se je zavedati, da bi bilo za oceno zamude na celotnem cestnem omrežju potrebno obravnavati tudi ceste nižjih kategorij, ne le kritičnega avtocestnega odseka s priključnimi rampami. Zaradi povečane uporabe izvoza se tudi na vzporednem cestnem omrežju prometni pretok poveča. V primeru majhne kapacitete se lahko v takem primeru pojavijo zastoji tudi na vzporednem cestnem omrežju. Namen naloge je ocena vpliva ukrepov SNVP na zamudo v okviru kritičnega avtocestnega odseka. Za bolj podrobne študije dogajanja na širšem cestnem omrežju pa bi bilo potrebno upoštevati navedeno dejstvo.



### 4.3 Energija in okolje

#### 4.3.1 Manjša poraba goriva

##### 4.3.1.1 Prometni model za izračun porabe goriva

Poraba goriva je v prometnem modelu mikrosimulacijskega orodja SimTraffic 6 izračunana na podlagi podatkov o vozni hitrosti, potovalni razdalji in zamudah. Skupna poraba goriva je vsota produktov posameznih prometnih količin s pripadajočimi koeficienti. Rezultat je podan v galonah, ameriški prostorninski enoti, ki je za evropske potrebe pretvorjena v litre.

$$F = D * k_1 + Z * k_2 + S * k_3 \quad (12)$$

kjer je:

$$k_1 = 0,075283 - 0,0015892 * V + 0,000015066 * V^2$$

$$k_2 = 0,7329$$

$$k_3 = 0,0000061411 * V^2$$

F poraba goriva (gal)

V potovalna hitrost (milje/h)

D potovalna razdalja (milje)

Z zamuda (h)




S število ustavitvev

#### 4.3.1.2 Ocena zmanjšanja porabe goriva

Poraba goriva predstavlja pomembno komponento pri oceni učinkovitosti ukrepov SNVP, saj manjša poraba goriva predstavlja manjše stroške, poleg tega pa tudi manjše obremenjevanje okolja z emisijami škodljivih plinov. Rezultati simulacije so pokazali, da se je pri dveh izrednih dogodkih v stanju z ukrepom SNVP poraba goriva občutno zmanjšala v primerjavi s stanjem brez ukrepa, pri enem dogodku pa se je poraba nekoliko povečala. Podatki o manjši porabi goriva ob ukrepu SNVP so zbrani v sledeči preglednici.

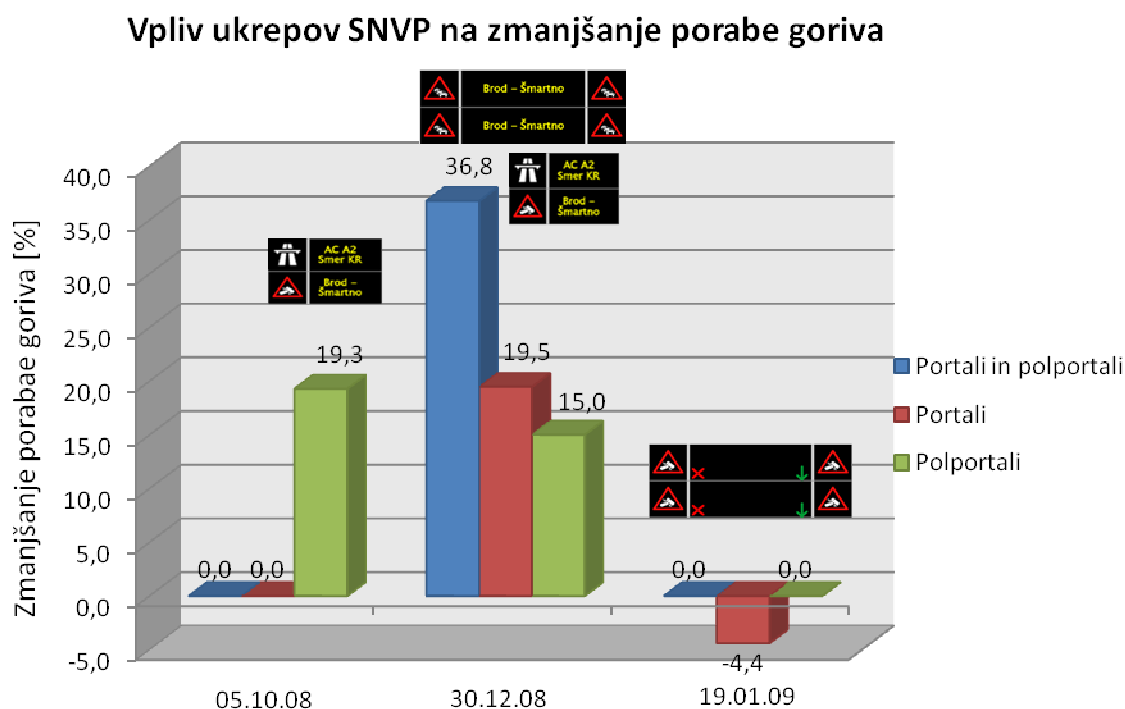
Preglednica 54: Manjša poraba goriva ob ukrepu SNVP

Table 54: Decrease of the fuel consumption due to the TCMS measure

Izredni dogodek	Poraba goriva [l]				Manjša poraba goriva ob ukrepu [%]		
	Ni ukrepa	Ukrep			Ukrep		
		P+PP	P	PP	P+PP	P	PP
05.10.2008 	827,8	–	–	668,1	–	–	19,3
30.12.2008 	1409,2	890,7	1134,7	1197,5	36,8	19,5	15,0
19.01.2009 	2223,2	–	2320,8	–	–	-4,4	–

Opomba: Podatki so izračunani za 1h trajanje izrednega dogodka.

Prikaz sporočila na vrsti SPIS: P+PP (portali in polportali), P (portali), PP (polportali).



Grafikon 29: Manjša poraba goriva ob ukrepu SNVP

Diagram 29: Decrease of the fuel consumption due to the TCMS measure

Zaradi razbremenitve kritičnega avtocestnega odseka in posledično manjših zastojev se je pri prvih dveh izrednih dogodkih poraba goriva občutno zmanjšala. V primeru prikaza ustreznih sporočil preko portalov in polportalov SPIS se je poraba goriva zmanjšala za 36,8 % v primerjavi s stanjem brez ukrepa. Nekoliko manj se je kritični avtocestni odsek razbremenil v primeru prikaza sporočila le na eni vrsti SPIS, zato je tudi razlika v porabi goriva v stanju brez ukrepa in z ukrepom manjša. V primeru prikaza sporočila na portalih SPIS se je poraba goriva zmanjšala za 19,5 %. Ob zmanjšanju uvoznega toka zaradi sporočil na polportalih SPIS pa so vozila skupno porabila od 15,0 – 19,3 % manj goriva.

V primeru izrednega dogodka dne 19.01.2009 se je zaradi informacije o delni pretočnosti več voznikov odločilo za nadaljevanje poti po avtocesti kot pred prikazom sporočila, ko še niso bili seznanjeni z vzrokom nastale kolone. Posledica tega so večji zastoji in povečanje porabe goriva za 4,4 %.

### 4.3.1.3 Prihranek pri porabi goriva

Za izračun prihranka zaradi manjše porabe goriva ob ukrepu SNVP potrebujemo ceno goriva in delež vozil, ki uporablja posamezno vrsto goriva. V cestnem prometu so v uporabi tri vrste goriv in sicer neosvinčen motorni bencin 95. okt. (NMB95), neosvinčen motorni bencin 98. okt. (NMB98) in dizel. Alternativne vrste goriv zaenkrat uporablja zanemarljiv delež vozil. Povprečne cene posamezne vrste pogonskih goriv za časovno obdobje dveh let in pol so navedene v sledeči preglednici.

Preglednica 55: Povprečna cena goriva v časovnem obdobju 01.01.2008 – 28.06.2010

Table 55: Mean fuel costs in the time period 1st Jan. 2008 – 28th June 2010

Časovno obdobje	Povprečna cena goriva [€/l]		
	NMB95	NMB98	Dizel
01.01.2008 – 28.06.2010	1,081	1,103	1,077

Po podatkih raziskave iz Velike Britanije se delež osebnih vozil, ki kot pogonsko gorivo uporabljajo dizel, povečuje. V preglednici so navedeni na podlagi prognoze pridobljeni podatki o deležu vozil glede na vrsto goriva.

Delež osebnih vozil glede na uporabo vrste goriva (Values of Time and Operating Costs. 2004: str. 15)

Leto	Delež osebnih vozil glede na uporabo vrste goriva [%]	
	Bencin	Dizel
2002	79	21
2003	78	22
2004	77	23
2005	76	24
2006	75	25

se nadaljuje...

...nadaljevanje

2007	74	26
2008	72	28
2009	71	29

Rezultati britanske raziskave se ujemajo s podatki iz Slovenije. Po podatkih iz Matičnega registra vozil in listin, ki ga vodi Ministrstvo za notranje zadeve – Direktorat za upravne notranje zadeve, tudi v Sloveniji delež osebnih vozil, ki kot pogonsko gorivo uporabljajo dizel, raste. V letu 2008 30 % v Sloveniji prvič registriranih osebnih vozil kot pogonsko gorivo uporablja dizel, kar je za skoraj 6 % več kot konec leta 2007. Preostali delež osebnih vozil in sicer skoraj 70 % deluje na bencin, samo 0,1 % osebnih vozil pa uporablja alternativne vrste goriva. Delež biogoriva je tako zaenkrat na žalost še zanemarljiv, čeprav se postopoma povečuje na podlagi Uredbe o pospeševanju uporabe biogoriv in drugih obnovljivih goriv za pogon motornih vozil (Uradni list RS, št. 103/07), ki je nastala po direktivi Evropskega parlamenta in Sveta.

Pri izračunu deleža vozil glede na vrsto goriva so upoštevani podatki iz leta 2008, po katerih 30 % osebnih vozil uporablja dizel, 70 % pa bencin. Povprečni delež tovornih vozil na slovenskih avtocestah je privzet iz rezultatov ankete za izračun vrednosti časa (poglavje 4.2.2.3 Prihranek pri vrednosti izgubljenega časa). Dizelsko gorivo torej uporabljajo po predpostavki vsa tovorna vozila, to je 11 % od vseh vozil, poleg tega pa še 30 % od 89 odstotnega deleža osebnih vozil.

Preglednica 56: Delež vozil glede na uporabo vrste goriva

Table 56: Proportion of vehicles using different types of fuel

Delež vozil glede na uporabo vrste goriva [%]	
Bencin	Dizel
62,3	37,7%

Neosvinčen motorni bencin 95. okt. (NMB95) in neosvinčen motorni bencin 98. okt. (NMB98) se ločita po oktanskem številu, ki izraža odpornost goriva proti samovžigu v motorju (klenkanje). Zahteva po oktanskem številu je podana s strani proizvajalca motorja. Za večino motorjev je primeren NMB95, le nekateri redki modeli motorjev z visokimi kompresijskimi razmerji zahtevajo uporabo 98 oktanskega bencina. Količina 95 in 98 oktanskega bencina, ki je bila po podatkih Statističnega urada Republike Slovenije prodana v letih 2006 - 2008, je navedena v spodnji preglednici.

Preglednica 57: Količina prodanega 95 in 98 oktanskega bencina v letih 2006 - 2008

Table 57: Amount of the 95 and 98 octane petrol sold in the years 2006 - 2008

Leto	Količina prodanega bencina (kg)			Delež
	NMB95	NMB98	Skupaj	NMB98 [%]
2006	582.365.690	57.073.040	639.438.730	8,9
2007	559.246.050	60.643.890	619.889.940	9,8
2008	580.782.000	70.908.000	651.690.000	10,9
			Povprečni delež:	9,9

Iz podatkov o prodaji bencina sem privzela predpostavko, da od vozil, ki kot pogonsko gorivo uporabljajo bencin, približno 9,9 % uporablja NMB98. Iz zbranih podatkov sledi izračun skupne cene goriva:

$$C_{sk} = D_d * C_d + D_b (D_{95} * C_{95} + D_{98} * C_{98}) = 1,081 \text{ €/l} \quad (13)$$

kjer je:

- $C_{sk}$  skupna cena goriva
- $C_d$  povprečna cena dizelskega goriva
- $C_{95}$  povprečna cena NMB95
- $C_{98}$  povprečna cena NMB98
- $D_d$  delež vozil, ki uporablja dizel
- $D_b$  delež vozil, ki uporablja bencin
- $D_{95}$  delež vozil, ki uporablja NMB95

D<sub>98</sub> delež vozil, ki uporablja NMB98

Prihranek ob ukrepu SNVP je produkt manjše porabe goriva in skupne cene goriva. Rezultati izračuna za dogodek dne 30.12.2008 za prikaz sporočila na različnih vrstah SPIS so podani v sledeči preglednici.

Preglednica 58: Prihranek pri porabi goriva

Table 58: Decrease in fuel consumption

Ukrep: sporočilo na SPIS	Poraba goriva [l]	Manjša poraba goriva ob ukrepu [l]	Prihranek ob ukrepu SNVP [€]
Ni ukrepa	1409,2	–	–
Polportali	1197,5	211,7	228,8
Portali	1134,7	274,5	296,7
Portali in polportali	890,7	518,5	560,5

Opomba: Podatki so izračunani za 1h trajanje izrednega dogodka.

Skupen prihranek zaradi manjše porabe goriva se na prvi pogled morda zdi nizek. Vendar je potrebno upoštevati, da je izračun narejen za en sam izredni dogodek za eno uro trajajočo motnjo v prometnem toku. Če bi želeli dobiti celostno sliko letnih prihrankov zaradi manjše porabe goriva, bi morali sešteti posamezne prihranke za vse ukrepe SNVP v enem letu. Pri tem bi bilo potrebno zajeti vse vrste potencialno nevarnih situacij na cesti, kot so izredni dogodki (napovedani in nenapovedani), povečane prometne obremenitve, neugodne vremenske razmere.

#### 4.3.1.4 Končna ugotovitev in ukrepi za izboljšavo

Prikaz ustreznega sporočila na SPIS posredno vpliva na zmanjšanje porabe goriva. V primerjavi s stanjem brez ukrepa se poraba goriva zmanjša od 15,0 % pri prikazu sporočila na posamezni vrsti SPIS do 38,6 % pri informiranju tako preko portalov kot tudi polportalov

SPIS. Posledično se zaradi tega zmanjšajo tudi negativni vplivi na okolje in sicer v smislu prihranka zalog goriva kot tudi manjših količin emisij škodljivih plinov.

V primeru informacije o delni pretočnosti kritičnega avtocestnega odseka so se zaradi manjše uporabe izvoza povečali zastoji in posledično tudi poraba goriva. Poskrbeti bi bilo potrebno za večjo ozaveščenost operaterjev o pomembnosti vsebine sporočila, ki posredno vpliva tudi na porabo goriva. Prav tako bi se morali vozniki zavedati, da lahko z izbiro alternativne poti prihranijo ne samo na času, temveč tudi pri porabi goriva.

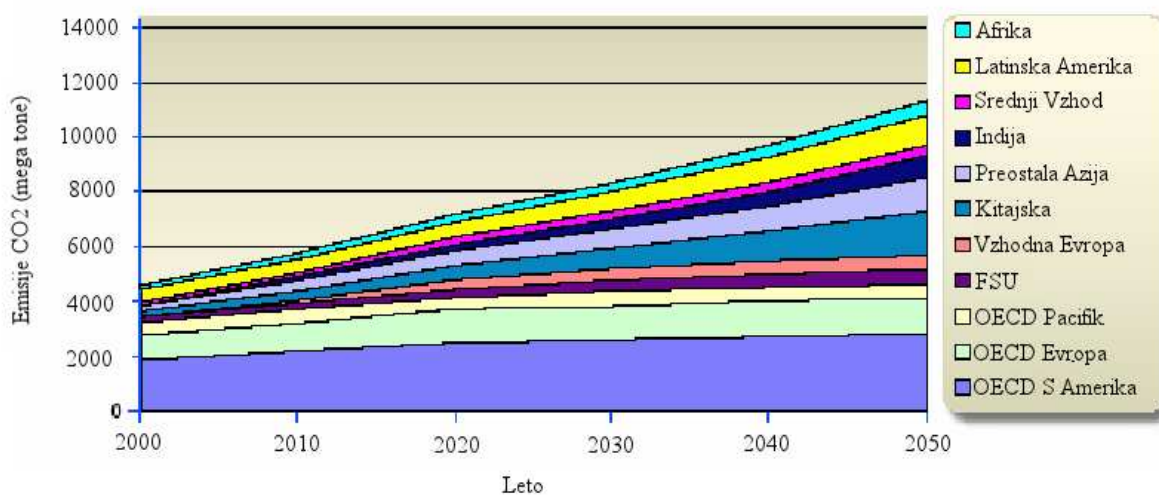


### 4.3.2 Zmanjšanje emisij škodljivih plinov

#### 4.3.2.1 Zmanjšanje emisij CO<sub>2</sub>

Mednarodne študije vplivov na okolje kažejo, da je cestni promet največji onesnaževalec ozračja, ki neposredno vpliva na podnebne spremembe in zdravje živih bitij. Poleg tega je v prometnem sektorju najtežje omejiti izpuste toplogrednih plinov. Zavzema namreč mnogo majhnih virov (vozila), hkrati pa je močno povezan z ekonomskim razvojem. Evropske države so 3. največji onesnaževalec ozračja s toplogrednimi plini, takoj za ZDA in Kitajsko. Učinek tople grede v največji meri povzročajo emisije ogljikovega dioksida (CO<sub>2</sub>). Na sledeči sliki je predstavljena porast emisij CO<sub>2</sub> v cestnem prometu po svetovnih regijah, po napovedi prognoze za bližnjo prihodnost.

Prognoza rasti emisij CO<sub>2</sub> v cestnem prometu po svetovnih regijah (The potential of ITS for reducing road transport related greenhouse gas emissions. 2009: str. 17)



V EU so se v časovnem obdobju od leta 1990 do 2005 emisije toplogrednih plinov zmanjšale za 7,9 %. V istem obdobju pa so se emisije prometnega sektorja povečale kar za 26 % in leta 2005 predstavljale 22 % skupne količine emisij. Za zaščito okolja pred škodljivimi vplivi emisij bo v prihodnosti potrebno uvesti korenite spremembe v prometnem sektorju.

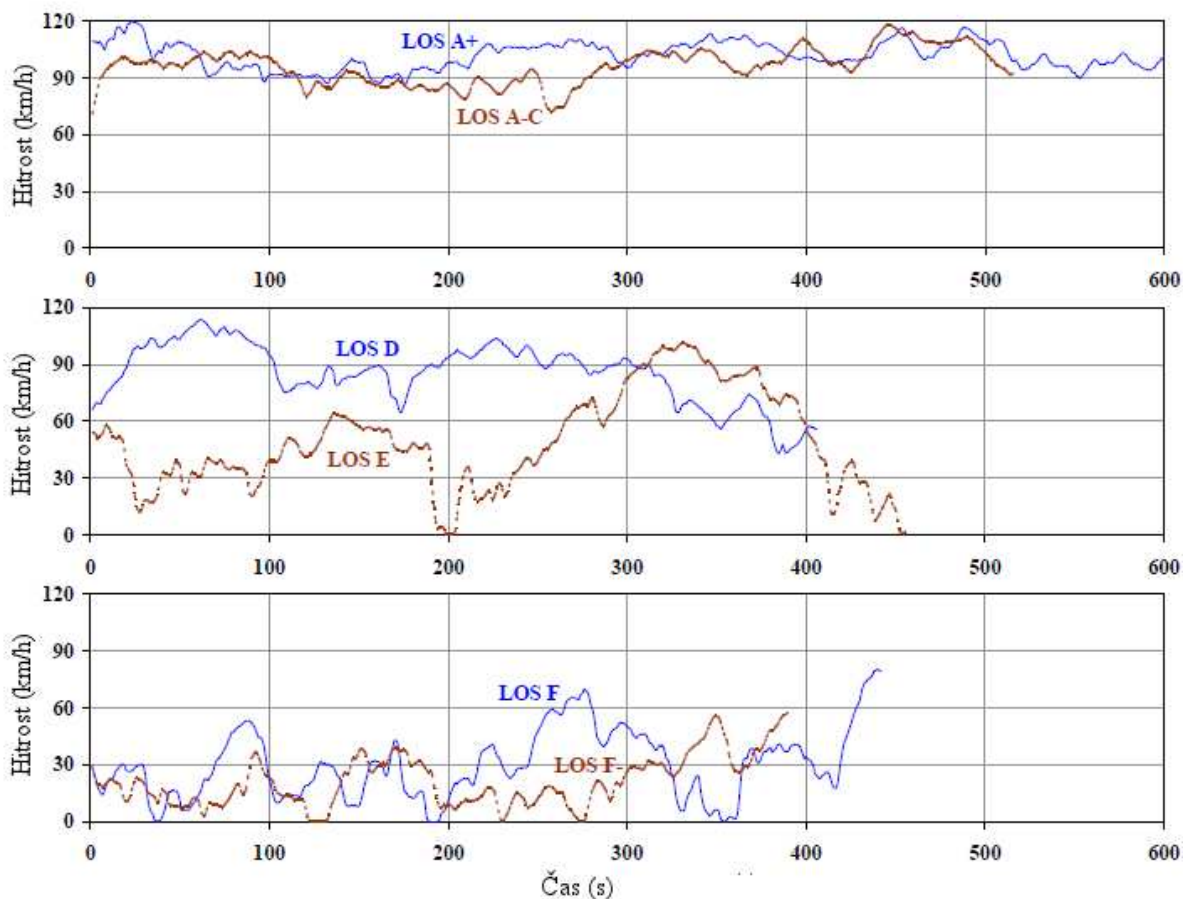
#### 4.3.2.1.1 Prometni model za izračun emisij CO<sub>2</sub>

Pri oceni zmanjšanja emisij CO<sub>2</sub> zaradi ukrepov SNVP sem uporabila model CMEM (Comprehensive Modal Emission Model), ki so ga od leta 1996 dalje na Univerzi v Kaliforniji, ZDA razvijali v okviru Nacionalnega avtocestnega raziskovalnega programa (National Cooperative Highway Research Program) v sodelovanju z Agencijo za zaščito okolja (U.S. Environmental Protection Agency - EPA). Model je široko uporabljen pri določevanju in evalvaciji emisij v prometni politiki. V zadnjih letih je bil model CMEM integriran v številna programska orodja, ki so namenjena analiziranju vplivov inteligentnih transportnih sistemov (Corsim, Paramics, itd.). Model CMEM je vsestransko uporaben, ker s širokim spektrom več kot 30 kategorij vozil zajema praktično vse vrste vozil, ki se v današnjem času pojavljajo v cestnem prometu.

Ocena emisij CO<sub>2</sub> v modelu CMEM je narejena na podlagi opazovanja vzorcev hitrosti vozil pod vplivom različnih stopenj prometnega stanja za določeno vrsto vozila. Primerjava trajektorij hitrosti posameznih vozil v prometnih stanjih z različnimi nivojih uslug (LOS – »Level of service«) je prikazana na sledeči sliki. Vozila v prometnem stanju z nivojem uslug A vozijo brez večjih odstopanj blizu hitrosti prostega prometnega toka. Z nižanjem nivoja uslug (od B do F) se povprečna hitrost vozil niža, hkrati pa se v trajektorijah hitrosti pojavlja vedno več motenj in nestabilnosti, ki so posledica dogodkov zaviranja in pospeševanja. S pomočjo modela CMEM je mogoče za vsako trajektorijo hitrosti oceniti emisije CO<sub>2</sub>.

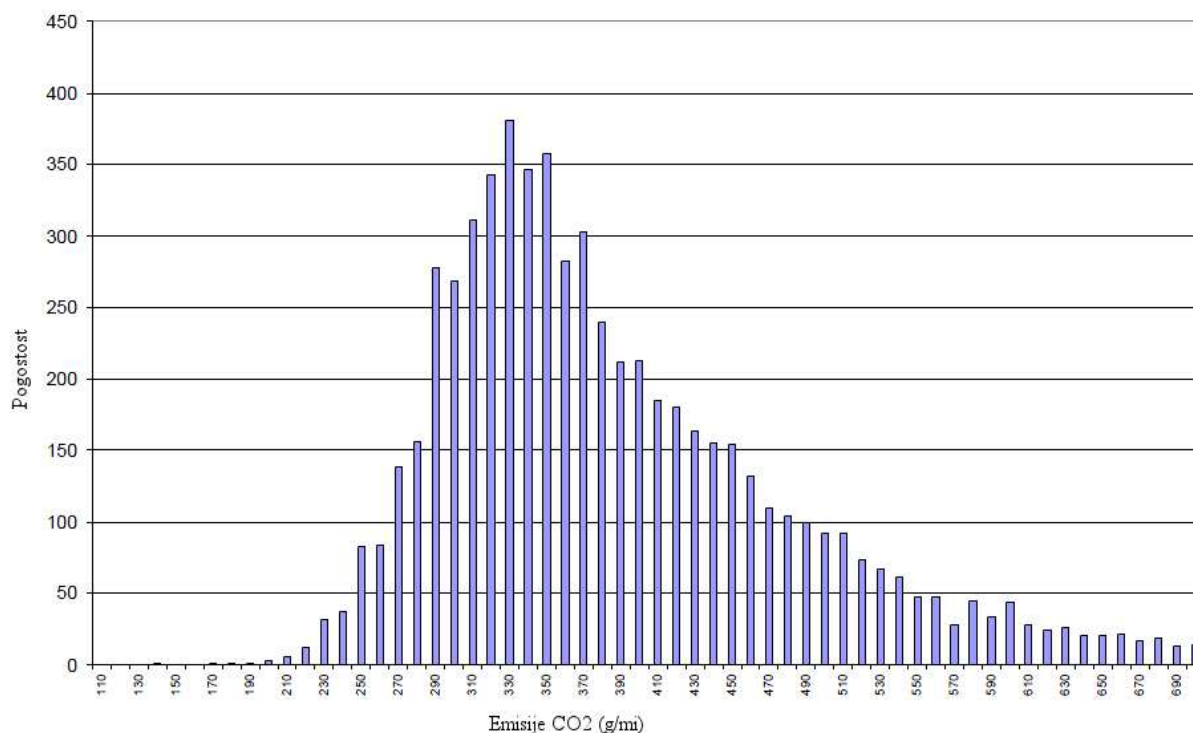
Emisije CO<sub>2</sub> v odvisnosti od vzorca hitrosti občutno variirajo. V okviru razvoja modela za izračun emisij CO<sub>2</sub> je bila narejena analiza prometnih podatkov, pridobljenih v prometni raziskavi na področju Južne Kalifornije. Obravnavana baza podatkov vsebuje vzorce hitrosti 627 vozil, ki so bila opremljena z GPS napravo in so skupaj prevozila okoli 28000 milj. Ta reprezentančna potovanja so bila nato skalibrirana za tipično osebno vozilo. Na podlagi vseh potovanj je bil izdelan histogram emisij CO<sub>2</sub>, ki je prikazan na sliki v nadaljevanju. Pri večini potovanj je bilo na miljo v ozračje izpuščenih okoli 330 g emisij CO<sub>2</sub>. Ostala potovanja so imela precej manj ali precej več izpustov glede na vzorec spreminjanja hitrosti.

Trajektorije hitrosti za različna prometna stanja (Barth, M., Boriboonsomsin, K. 2008. Real-World CO<sub>2</sub> Impacts of Traffic Congestion: str. 16)



Ocena emisij CO<sub>2</sub> v modelu CMEM temelji na povprečni hitrosti potovanja. V raziskavi je bila obravnavana baza podatkov trajektorij hitrosti za 28 različnih kategorij vozil in sicer za potovanja po avtocestnem omrežju. Za posamezno potovanje so bili preko sistema senzorjev zbrani tudi podatki o nivojih uslug v prometnem stanju. Prometni podatki senzorjev so se osveževali vsakih 30 sekund, zato so bili posamezni vrsti prometnega stanja na ustrezni lokaciji pripisane trajektorije hitrosti (hitrost določena vsako sekundo) za pripadajoče časovno obdobje 30 sekund. Trajektorije hitrosti za daljše časovno obdobje so bile nato razdeljene na izseke z nespremenjenim nivojem uslug. Ocena emisij CO<sub>2</sub> je bila izdelana na podlagi analize 241 izsekov trajektorij. Z namenom poiskati povprečje za mešano skupino različnih tipov vozil so bili podatki za različne kategorije vozil ustrezno uteženi.

Histogram emisij CO<sub>2</sub> (Barth, M., Boriboonsomsin, K. 2008. Real-World CO<sub>2</sub> Impacts of Traffic Congestion: str. 17)



V sledečem grafikonu so prikazani podatki o emisijah CO<sub>2</sub> v odvisnosti od povprečne hitrosti potovanja. Vsakemu izmed 241 izsekov potovanj pripada ena točka oziroma par podatkov na grafikonu. Povezavo med točkami najbolje predstavlja krivulja, podana s polinomom 4. stopnje:

$$\ln y = b_0 + b_1 * x + b_2 * x^2 + b_3 * x^3 + b_4 * x^4 \quad (14)$$

kjer je:

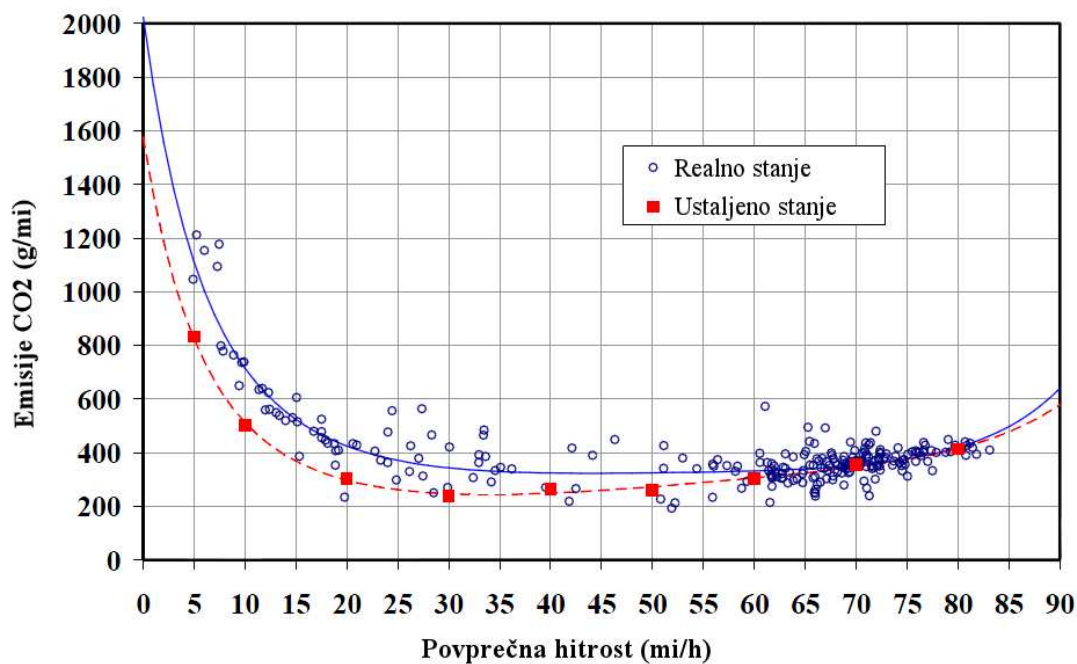
y emisije CO<sub>2</sub> (g/mi)

x povprečna potovalna hitrost (mi/h)

b<sub>0</sub> do b<sub>4</sub> koeficienti, podani v sledeči tabeli (Barth, M., Boriboonsomsin, K. 2008. Real-World CO<sub>2</sub> Impacts of Traffic Congestion: str. 15)

Koeficient	Realno potovanje s spremenljivim vzorcem hitrosti	Ustaljeno potovanje pri konstantni hitrosti
$b_0$	7,613534994965560	7,362867270508520
$b_1$	-0,138565467462594	-0,149814315838651
$b_2$	0,003915102063854	0,004214810510200
$b_3$	-0,000049451361017	-0,000049253951464
$b_4$	0,000000238630156	0,000000217166574

Emisije CO<sub>2</sub> v odvisnosti od povprečne hitrosti (Barth, M., Boriboonsomsin, K. 2008. Real-World CO<sub>2</sub> Impacts of Traffic Congestion: str. 18)



V grafikonu in tabeli je poleg realnega stanja za potovanja s spremenljivim vzorcem hitrosti prikazano tudi stanje za ustaljena potovanja pri konstantni hitrosti, ki prispevajo manj emisij CO<sub>2</sub>. V realnem stanju so vozila namreč izpostavljena motnjam, zaradi katerih je potrebno zavirati in pospeševati. Še posebej se to odraža pri nizkih povprečnih hitrostih, ko se v počasi premikajoči koloni pojavi »stop&go« način vožnje z velikimi količinami emisij CO<sub>2</sub>. Ravno tako se količina emisij povečuje pri visokih hitrostih, ko je motor bolj obremenjen. Nekaj točk realnega stanja pade pod krivuljo ustajenega stanja. Te točke pripadajo izsekom potovanj, v katerih je bilo prisotno rahlo zaviranje, ki posledično prinaša manj izpustov škodljivih plinov.

#### 4.3.2.2 Ocena zmanjšanja emisij CO<sub>2</sub>

Ocena emisij CO<sub>2</sub> je izvedena s pomočjo modela CMEM, ki je opisan v prejšnjem poglavju. Za vsak izredni dogodek za stanje z ukrepom in brez ukrepa je na podlagi povprečne potovalne hitrosti, pridobljene s pomočjo simulacije, izračunana količina emisij CO<sub>2</sub>. Izračun je izveden po enačbi (14), navedeni v prejšnjem poglavju. Koeficienti b<sub>0</sub> do b<sub>4</sub> so izbrani za realno potovanje s spremenljivim vzorcem hitrosti, v katerem je upoštevan tudi vpliv zaviranja in pospeševanja vozil.


Preglednica 59: Povprečna hitrost za posamezen izredni dogodek

Table 59: Average speed for a specific incident

Izredni dogodek	Povprečna hitrost [km/h]			
	Ni ukrepa	Ukrep		
		P+PP	P	PP
05.10.2008	3	–	–	5
30.12.2008	3	6	4	4
19.01.2009	2	–	2	–



Preglednica 60: Manj emisij CO<sub>2</sub> ob ukrepu SNVP

Table 60: Decrease of the CO<sub>2</sub> emissions due to the TCMS measure

Izredni dogodek	Emisije CO <sub>2</sub> [g/mi] (g/km; 1 milja = 1,609344 km)				Manj emisij CO <sub>2</sub> ob ukrepu [%]		
	Ni ukrepa	Ukrep			Ukrep		
		P+PP	P	PP	P+PP	P	PP
05.10.2008 	1585 (985)	–	–	1366 (849)	–	–	13,8

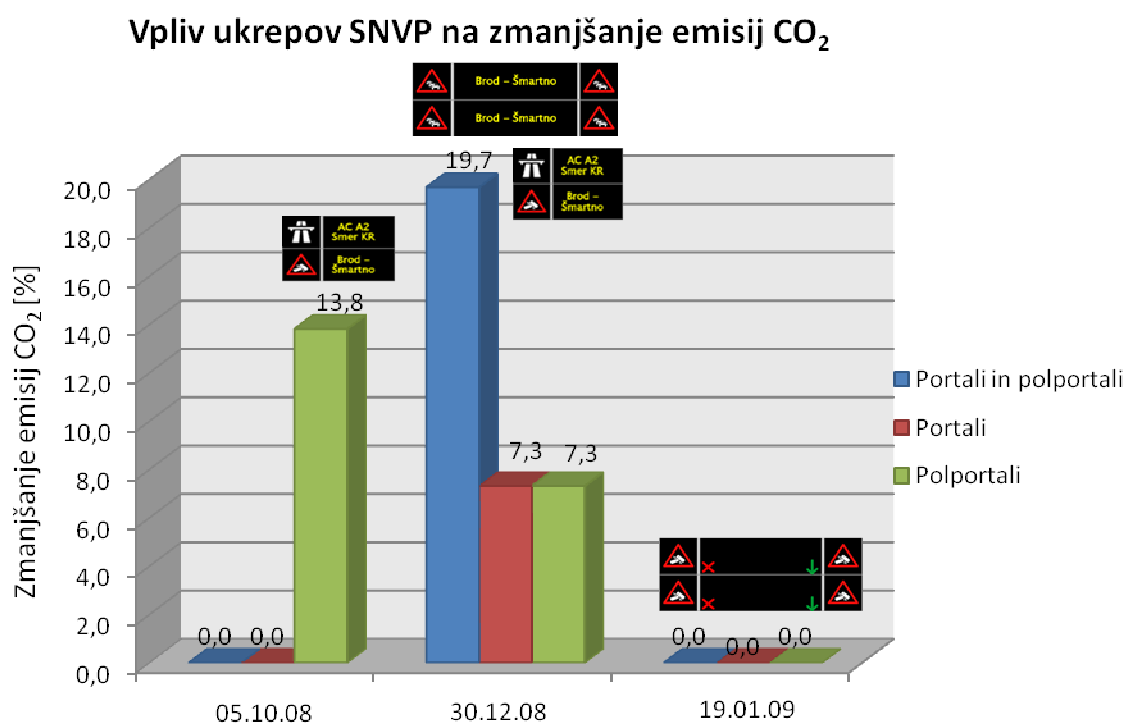
se nadaljuje...

...nadaljevanje

30.12.2008 	1585 (985)	1273 (791)	1469 (913)	1469 (913)	19,7	7,3	7,3
19.01.2009 	1715 (1066)	–	1715 (1066)	–	–	0	–

Opomba: Podatki so izračunani za 1h trajanje izrednega dogodka.

Prikaz sporočila na vrsti SPIS: P+PP (portali in polportali), P (portali), PP (polportali).

Grafikon 30: Manj emisij CO<sub>2</sub> ob ukrepu SNVPDiagram 30: Decrease of the CO<sub>2</sub> emissions due to the TCMS measure

Zaradi povečanja povprečne hitrosti potovanja so se v primeru prikaza sporočil na portalih in polportalih SPIS emisije CO<sub>2</sub> zmanjšale za 19,7 % v primerjavi s stanjem brez ukrepa SNVP. Pri izrednem dogodku dne 30.12.2008 je ob prikazu sporočil na posamezni vrsti SPIS povprečna hitrost dosegla isto vrednost, zato so se tudi emisije v obeh primerih zmanjšale za

7,3 %. Nekoliko večjo redukcijo emisij je povzročil prikaz sporočila na polportalih SPIS pri izrednem dogodku 05.10.2008, ko je v ozračje prešlo za 13,8 % manj emisij CO<sub>2</sub> kot v stanju brez prikaza sporočila. Pri izrednem dogodku dne 19.01.2009 je povprečna hitrost v stanju brez ukrepa in z ukrepom enaka, zato tudi pri količini emisij CO<sub>2</sub> ni prišlo do sprememb.

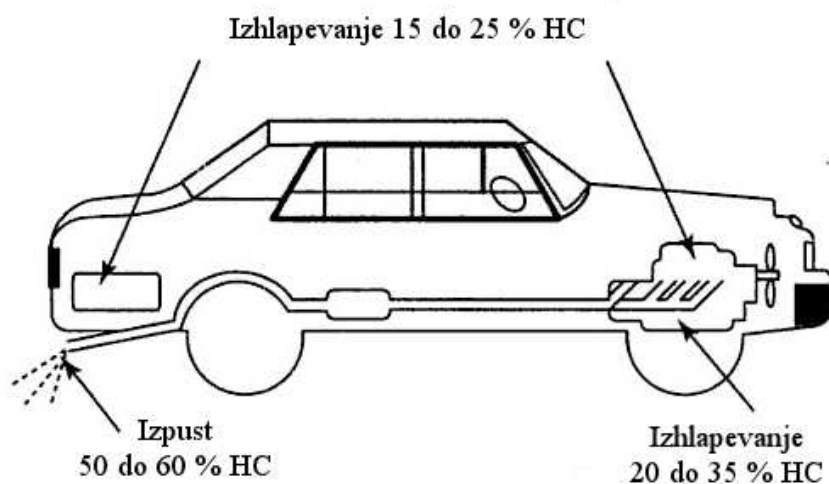


### 4.3.3 Zmanjšanje emisij HC

Ogljikovodiki (HC) so zelo hlapljive snovi, ki so posledica nepopolnega izgorevanja in izhlapevanja goriva ter v največji meri prispevajo k nastanku smoga. Po podatkih ameriške agencije za zaščito okolja (EPA - Environmental Protection Agency) kar 47 % emisij ogljikovodikov prispeva cestni promet. Ogljikovodike lahko prepoznamo po močnem vonju, ki je značilen za izpušne pline dieselskih goriv. V gosto naseljenih področjih z veliko cestnega prometa smog pogosto onesnažuje ozračje in negativno vpliva na zdravje ljudi. Emisije HC prispevajo tudi k nastanku ozona v spodnji plasti atmosfere, kar povzroča še dodatno obremenitev za respiratorni sistem. Nekatere vrste HC pa so celo karcenogene.

Za razliko od emisij ostalih plinov, ki prehajajo v ozračje le preko izpušnega sistema, del HC preide v ozračje preko izhlapevanja. Okoli 50 – 60 % skupne količine emisij HC na vozilo preide v ozračje preko izpušnega sistema, 15 – 25 % HC izhlapi iz rezervoarja za gorivo in uplinjača, 20 – 30 % pa preide v ozračje preko ventilatorja za hlajenje motorja. Pri vozilih, ki uporabljajo dizelsko gorivo, je delež neizpušnega HC zanemarljiv.

Porazdelitev emisij HC (Internal combustion engines. 2008: str. 500)



#### 4.3.3.1 Prometni model za izračun emisij HC



Prometni model za izračun emisij HC v simulacijskem orodju SimTraffic 6 temelji na neobjavljeni raziskavi laboratorijev »Oak Ridge National Labs«, ki jo je podprla ameriška organizacija za avtoceste »Federal Highway Administration«. Emisije HC so izračunane na podlagi porabe goriva in drugih faktorjev, ki vplivajo na količino izpušnih plinov (karakteristike emisij, zaviranje, pospeševanje, itd.). Popolnoma linearna povezava med porabo goriva in količino izpušnih plinov velja le za emisije CO<sub>2</sub>, ki nastane kot končni produkt izgorevanja goriva. Količina emisij HC je izračunana za zmerno temperaturo ozračja, saj se pri visokih temperaturah količina emisij HC poveča zaradi povečanega izhlapevanja.

#### 4.3.3.2 Ocena zmanjšanja emisij HC

V sledeči preglednici in grafikonu so zbrani podatki o emisijah HC, ki so bili izračunani s pomočjo simulacijskega orodja SimTraffic 6.0 za vse tri izredne dogodke v stanju brez in z ukrepom SNVP. Za primerjavo vplivov prikaza sporočil na posamezni vrsti SPIS je izračunan delež zmanjšanja emisij HC ob ukrepu.



Preglednica 61: Manj emisij HC ob ukrepu SNVP

Table 61: Decrease of the HC emissions due to the TCMS measure

Izredni dogodek	Emisije HC [g]				Manj emisij HC ob ukrepu [%]		
	Ni ukrepa	Ukrep			Ukrep		
		P+PP	P	PP	P+PP	P	PP
05.10.2008  	573	–	–	493	–	–	14,0

se nadaljuje...

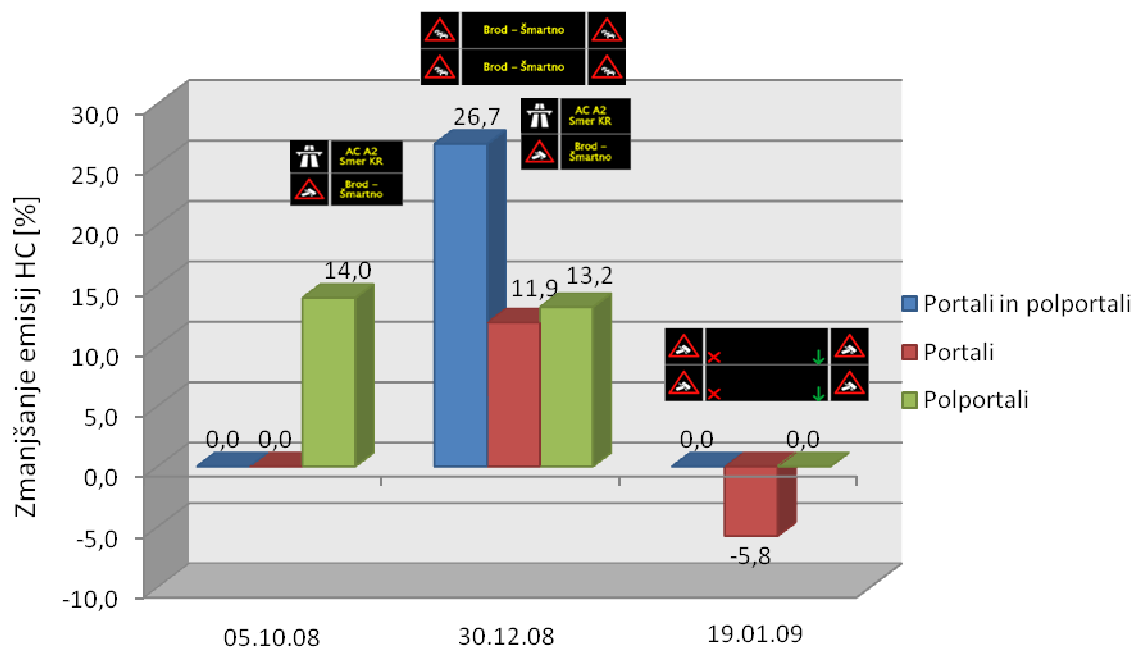
...nadaljevanje

30.12.2008 	940	689	828	816	26,7	11,9	13,2
19.01.2009 	1425	–	1512	–	–	-5,8	–

Opomba: Podatki so izračunani za 1h trajanje izrednega dogodka.

Prikaz sporočila na vrsti SPIS: P+PP (portali in polportali), P (portali), PP (polportali).

### Vpliv ukrepov SNVP na zmanjšanje emisij HC



Grafikon 31: Manj emisij HC ob ukrepu SNVP

Diagram 31: Decrease of the HC emissions due to the TCMS measure

Največji delež zmanjšanja emisij HC je prinesel kombiniran prikaz sporočil na obeh vrstah SPIS in sicer kar 26,7 %. Za približno polovico manj so se zmanjšale emisije v primeru

prikaza sporočila na posamezni vrsti SPIS. Prikaz sporočila na polportalnih spis je prispeval k 13,2 do 14,0 % manjši količini emisij HC, pri prikazu sporočila na portalnih SPIS pa se je količina emisij zmanjšala za 11,9 %.

Pri izrednem dogodku dne 19.01.2009 se je količina emisij HC ob ukrepu SNVP povečala v primerjavi s stanjem brez ukrepa. Na podlagi informacije o delni pretočnosti kritičnega AC odseka se je namreč manj voznikov odločilo za uporabo izvoza in tako prispevalo k povečanju zastojev, kar povzroča večji negativen vpliv na okolje.

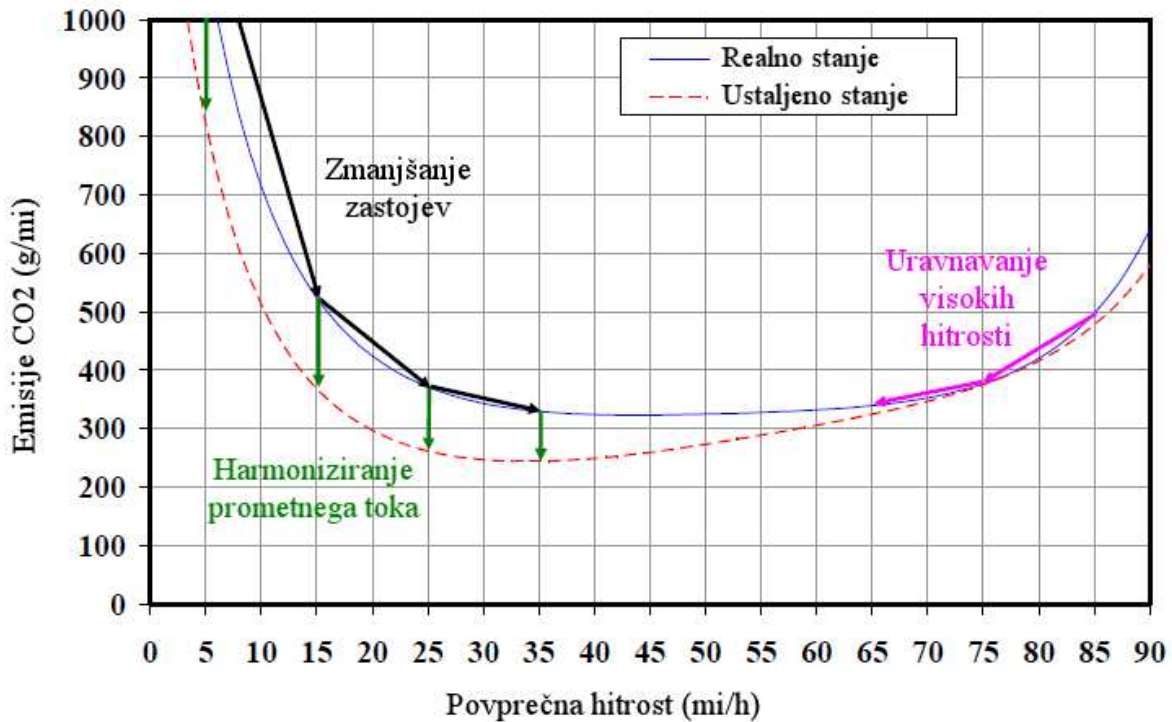
#### **4.3.3.3 Končna ugotovitev in ukrepi za izboljšavo**

Ocena emisij škodljivih plinov je pokazala, da so ukrepi SNVP občutno prispevali k zmanjšanju negativnih vplivov na okolje. Ob prikazu ustreznega sporočila na SPIS se je tako količina toplogrednih plinov kot tudi količina ogljikovodikov zmanjšala. Najboljše rezultate je dosegel kombiniran prikaz sporočil na obeh vrstah SPIS in sicer 19,7 % zmanjšanje emisij CO<sub>2</sub> ter 26,7 % zmanjšanje emisij HC. Prikaz sporočil na posamezni vrsti SPIS sicer nekoliko manj, vendar še vedno nezanemarljivo vpliva na zmanjšanje emisij. Vrednosti se gibljejo od 7,3 do 13,8 % pri emisijah CO<sub>2</sub> in 11,9 do 14,0 pri emisijah HC.

V raziskavi vpliva zastojev na emisije CO<sub>2</sub> so omenjeni trije poglavitni načini vpliva na prometni tok, ki vplivajo na zmanjšanje emisij škodljivih plinov in jih je mogoče doseči s pomočjo ustreznega vodenja prometa:

- Zmanjšanje zastojev: cilj je povečanje hitrosti stoječe ali počasi vozeče kolone vozil in ga je mogoče doseči z ustreznim vodenjem prometa v primeru izrednih dogodkov.
- Uravnavanje visokih hitrosti: cilj je zmanjšanje prekomerno visokih hitrosti, pri katerih se poveča količina emisij škodljivih plinov. To je mogoče doseči z akcijami kontrole vozne hitrosti (policija, radar).
- Harmoniziranje prometnega toka: s preprečevanjem motenj in nestabilnosti v prometnem toku se zmanjša pogostost zaviranj in pospeševanj. Harmonizacijo prometnega toka je mogoče doseči z ustrezno kalibriranim prometnim modelom, ki na podlagi določanja trenutnega prometnega stanja sproži prikaz ustreznih omejitev hitrosti.

Strategije za zmanjšanje emisij CO<sub>2</sub> (Barth, M., Boriboonsomsin, K. 2008. Real-World CO<sub>2</sub> Impacts of Traffic Congestion: str. 19)



Kljub vsem strategijam, ki jih za zmanjšanje količine emisij omogoča SNVP, bo potrebno za preprečevanje povečevanja negativnih vplivov na okolje uvesti korenite spremembe v prometnem sektorju. Ministrstvo za okolje, prostor in energijo RS je v Operativnem programu zmanjševanja emisij toplogrednih plinov (sprejet na Vladi RS 31. 7. 2003) po direktivah EU opredelilo pravne akte, ki se nanašajo na zmanjševanje emisij toplogrednih plinov iz prometa. Najpomembnejši ukrepi, so sledeči:

- Obveščanje potrošnikov o emisiji CO<sub>2</sub> motornih vozil: Predlog pravilnika o obveščanju potrošnikov o varčni rabi goriv in emisijah CO<sub>2</sub> novih osebnih vozil (2004) določa vsebino informacij in način obveščanja potrošnikov o varčni rabi goriv in emisijah CO<sub>2</sub> za nova osebna vozila, ki so prvič dana v promet za prodajo ali najem na območju RS. Pravilnik nalaga bodisi dobavitelju bodisi trgovcu na drobno, da na prodajnem mestu na opazen način pritrudi oznako o varčni rabi goriva in emisijah CO<sub>2</sub>.

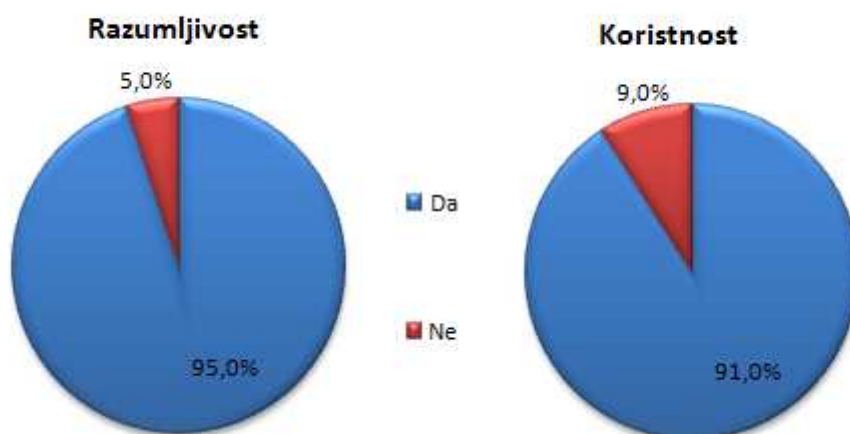
- Spodbujanje rabe biogoriv: Biogoriva kot pogonska goriva so pridobljena s predelavo rastlinskih olj ali s predelavo drugih obnovljivih virov energije. Evropska direktiva vključuje obveznost držav članic EU, da zakonsko zagotovijo izvedbo ukrepov, ki bodo omogočali tržni delež biogoriv med vsemi pogonskimi gorivi v višini 5,75% do konca leta 2010 ter na kar 20% v letu 2020.
- Zmanjšanje onesnaženosti zunanjih plasti atmosfere zaradi prometa: Glavni vir emisij prometa v urbanih središčih predstavljajo dnevne migracije prebivalstva, zato je njihova preusmeritev na sredstva javnega prevoza eden ključnih ukrepov za zmanjšanje emisij toplogrednih plinov. Z omejevanjem osebnega cestnega prometa bo posledično na voljo več infrastrukturnih površin za javni prevoz, zagotoviti pa je potrebno tudi, da bo uporaba javnega prevoznega sredstva po kriterijih dostopnosti, cene, udobja in časa prevoza za uporabnika najsmotrnejša odločitev.

## 4.4 Zadovoljstvo uporabnikov

### 4.4.1 Pozitiven odziv voznikov

Zadovoljstvo uporabnikov je dejavnik, ki ga je težko oceniti. Poleg tega, da je zadovoljstvo samo subjektivne narave, ga iz prometnih podatkov ni mogoče razbrati. Splošno mnenje o učinkovitosti SNVP je mogoče pridobiti le preko direktne komunikacije z udeleženci v prometu. V ta namen so bila oblikovana vprašanja v zaključnem delu ankete, ki razkrivajo pogled voznikov na primernost in koristnost prikazanih informacij. Rezultati odgovorov so podani v sledečem grafikonu. Kar 95 % voznikom, ki so med vožnjo po slovenskih avtocestah preko SPIS že videli prikazano sporočilo, se je podana informacija zdela razumljiva, 91 % pa tudi koristna. V obeh primerih je delež zelo visok, kar je zelo spodbuden podatek, ki kaže na visoko zadovoljstvo uporabnikov sistema. Prikazane informacije so očitno predstavljene na tak način, da lahko velika večina voznikov brez težav razbere namen sporočila. Tudi pri še tako razumljivo podanih informacijah se vedno najde peščica uporabnikov, ki sporočila bodisi ne razume popolnoma ali pa ga noče razumeti, ker se mu zdi popolnoma odveč in nekoristno.

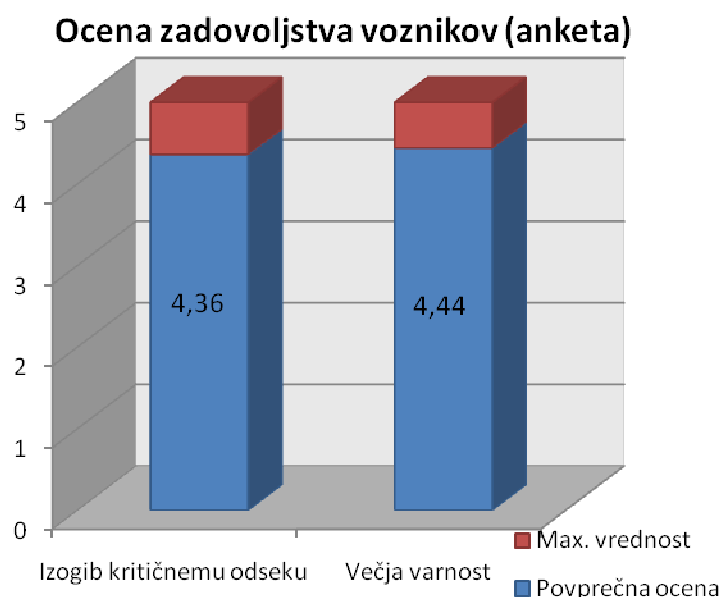
#### Mnenje voznikov o prikazanih informacijah (anketa)



Grafikon 32: Mnenje voznikov o prikazanih informacijah (anketa)

Diagram 32: Drivers' opinion about the displayed information (survey)

V zaključnem delu ankete so vozniki podali oceno svojega zadovoljstva, ki je lahko zavzela vrednost med 1 (slabo) in 5 (zelo dobro). V prvem primeru so ocenjevali zadovoljstvo zaradi obvestila o izrednem dogodku, na podlagi katerega bi se lahko odločili za alternativno pot in se na ta način izognili kritičnemu avtocestnemu odseku. Visoka povprečna ocena 4,36 kaže na veliko zadovoljstvo voznikov, ki prihranijo čas in napetost zaradi čakanja v koloni. S še višjo povprečno oceno 4,44 je ocenjeno zadovoljstvo v primeru povečanja prometne varnosti zaradi prikazanega sporočila. Prometna varnost je postavljena pred prihranek časa, kar je zelo spodbuden rezultat.



Grafikon 33: Ocena zadovoljstva voznikov (anketa)

Diagram 33: Evaluation of the drivers' satisfaction (survey)

Nekoliko manj spodbuden je rezultat 11. vprašanja ankete, ki kaže, da se nekaterih napotkov za vodenje prometa vozniki žal ne držijo. Podan je bil primer sporočila, ki poleg drugih informacij o izrednem dogodku vsebuje rdeč križ nad zaprtim prehodevalnim pasom. Anketiranci so bili vprašani, kako bi prilagodili način vožnje ob prikazanem sporočilu. Možnih je bilo sicer več odgovorov, vendar se je od 200 vprašanih za preusmeritev z zaprtega na odprt prometni pas odločilo le 174 anketirancev. To je sicer še vedno velika večina in sicer 73,5 %, vendar bi pričakovali višji delež voznikov, ki upoštevajo tako restriktiven napotek.



#### **4.4.1.1 Končna ugotovitev in ukrepi za izboljšavo**

Rezultati ankete, ki je bila izvedena v namen te naloge, kažejo na visoko oceno zadovoljstva voznikov z ukrepi SNVP. Rezultati vprašanja, ki se nanaša na upoštevanje napotkov vodenja prometa sicer meče rahlo senco na zelo vzpodbudne rezultate. Vendar gre tukaj bolj za vprašanje kulture vožnje in zavedanja nevarnosti ob neupoštevanju restriktivnih napotkov kot na zaupanje in zadovoljstvo voznikov.

Koncept podajanja informacij v sporočilih za prikaz preko SNVP je očitno dobro zastavljen, saj voznikom na razumljiv način podaja koristne informacije. Ker pa je SNVP tako kompleksen sistem z zelo velikim naborom funkcij, je potrebna velika pozornost pri oblikovanju sporočil in časovni ustreznosti prikaza preko SPIS. Le z ažurnimi in primerno podanimi informacijami je mogoče ohraniti zaupanje voznikov.

Namen naloge je bil pridobiti splošno mnenje voznikov o ukrepih SNVP. Za bolj podrobne študije ocene zadovoljstva voznikov bi bilo potrebno izvesti ankete, ki bi zajele veliko število voznikov na konkretnem avtocestnem odseku v različnih izrednih dogodkih na cesti.

## 5 ZAKLJUČKI IN UGOTOVITVE

V raziskavi učinkovitosti ukrepov SNVP so bila posebej obravnavana različna področja, na katerih je mogoče opaziti vplive, ki so posledica nadzora in vodenja prometa. V prilogi so v preglednici zbrani rezultati ocene učinkovitosti ukrepov SNVP, do katerih je pripeljala analiza različnih podatkov v tej nalogi. Za primerjavo so v zadnjem stolpcu preglednice navedeni rezultati raziskav iz tujine, ki so v veliki meri zbrani v poročilu ameriškega ministrstva za promet (Intelligent Transportation Systems Benefits, Costs, Deployment, and Lessons Learned: 2008.). Pri nekaterih področjih rezultatov ni mogoče direktno primerjati, ker so bile raziskave osredotočene na različne dejavnike. Vendar je v splošnem mogoče razbrati, da rezultati raziskav tako doma kot v tujini kažejo na velik pozitiven vpliv ukrepov SNVP na vseh obravnavanih področjih.

Le v dveh primerih ima ocena vpliva poleg pozitivnega tudi negativni predznak. Pri analizi vozne hitrosti se je izkazalo, da vozniki sicer upoštevajo prikazane spremenljive omejitve hitrosti, vendar žal še vedno ne v zadostni meri. Podatki o prekoračitvi hitrosti kažejo, da se tako doma kot v tujini določen delež voznikov ne ozira na omejitve. Tukaj nastopi v ospredje vprašanje o kulturi vožnje oziroma o ozaveščenosti voznikov glede prometne varnosti v primeru izrednih dogodkov na cesti. Mešana ocena je dodeljena tudi vplivu ukrepov SNVP na področju razbremenitve kritičnega avtocestnega odseka, kjer se je v primeru informacije o delni pretočnosti kritičnega avtocestnega odseka izvozni pretok zmanjšal. To dejstvo kaže na pomembnost ustreznega obveščanja in vodenja prometa z jasno zastavljenim ciljem.

Na vseh področjih bi bilo s pomočjo ukrepov za izboljšavo mogoče dodatno povečati obseg pozitivnih vplivov SNVP na različne dejavnike. V nadaljevanju so navedeni ukrepi za izboljšavo, do katerih je pripeljala analiza učinkovitosti ukrepov SNVP po posameznih področjih v tej nalogi. Nadaljne večletne izkušnje in podrobnejše analize učinkovitosti SNVP, ki bodo poleg izrednih dogodkov vključevale tudi druge potencialno nevarne situacije na cesti, bodo lahko sledeč seznam le še utemeljile in dopolnile.

#### Ukrepi za izboljšavo:

- Razširitev sistema za nadzor in vodenje prometa na vzporedno cestno omrežje in povezava s krmiljenjem semaforiziranih križišč na izvozih;  
Ta ukrep bi omogočal pregled stanja na cestnem omrežju, ki je preko priključkov povezano z avtocesto. Usklajeno vodenje prometa na avtocesti in na cestah nižjih kategorij bi omogočilo optimalno razporeditev prometnih tokov po širšem cestnem omrežju in preprečevanje zastojev v potencialno nevarnih situacijah na cesti.
- Pravilnik o prometnih vsebinah za prikaz preko SPIS;  
Zaenkrat obstajajo le Smernice za sistem nadzora in vodenja prometa na avtocestah v Republiki Sloveniji (2003. Maribor, CPI.), ki vključujejo zelo splošna navodila za oblikovanje prometnih vsebin. V Pravilniku o prometni signalizaciji in prometni opremi na javnih cestah pa se nahaja le kratko poglavje o spremenljivi prometni signalizaciji. Na podlagi dosedanjih izkušenj bi bilo potrebno zasnovati pravilnik, ki bi upravljalcem s sistemom podajal jasna in dobro definirana navodila za oblikovanje sporočil na vseh vrstah SPIS. Na ta način bi bilo omogočeno poenoteno obveščanje voznikov in vodenje prometa na vseh slovenskih avtocestnih odsekih, pokritih s SNVP.
- Kontinuirano izobraževanje upravljalcev s sistemom in vseh sodelujočih služb;  
SNVP je s svojo široko paleto funkcij zasnovan zelo kompleksno in omogoča ogromno kombinacij pri oblikovanju ukrepov za nadzor in vodenje prometa. Vendar kljub svoji dovršenosti lahko uspešno opravlja svojo vlogo le pod razumnim človeškim vodstvom. Glavno vlogo pri reagiranju na pojav izrednih dogodkov na cesti imajo operaterji v nadzornem centru. Samo primerna izobrazba in nenehno izobraževanje na podlagi izkušenj lahko zagotovi strokovno usposobljen kader, ki bo v kritičnih trenutkih sposoben hitro odreagirati in sprejemati učinkovite ukrepe za zagotavljanje prometne varnosti in vzpostavitev optimalnega prometnega stanja v dani situaciji. Za usklajeno delovanje vseh služb, ki sodelujejo pri odpravljanju posledic izrednih dogodkov na cesti (SNVP, vzdrževalna služba, reševalci, gasilci, policija,

itd.), bi bilo potrebno uvesti tudi redna izobraževanja, na katerih bi bilo predstavljeno delo posamezne ekipe in pomembnost medsebojnega sodelovanja.

- Ozaveščanje voznikov o pomembnosti upoštevanja ukrepov SNVP;

Še tako primeren ukrep SNVP ne more imeti pozitivnega učinka, če vozniki ne upoštevajo podanih omejitev, prepovedi in drugih napotkov v kritičnih situacijah na cesti. Potrebno bi bilo zasnovati dolgoročni plan različnih dejavnosti, ki bi pripomogle k večji ozaveščenosti in informiranju voznikov o pomembnosti upoštevanja sporočil na SPIS. V ta namen obstajajo številne možnosti informiranja (internet, TV, radio, zloženke, itd.).

- Akcije za zagotavljanje večje prometne varnosti in kulture vožnje;

Kot je pokazala analiza hitrosti, vozniki v premajhni meri upoštevajo omejitve hitrosti, ki so prikazane preko SPIS. To kaže na žal še ne dovolj visoko kulturo vožnje oziroma premajhno zavednje o pomembnosti vpliva prilagojene vožnje na prometno varnost. Zaradi tega bi bilo potrebno izvesti strožje ukrepe, ki bi voznike primorali k primerno prilagojeni hitrosti in načinu vožnje. Redne policijske kontrole bi z gotovostjo lahko uspešno pripomogle k večjemu upoštevanju prepovedi in omejitev.

Za varna in udobna potovanja sodobnega človeka, ki se na osebnem in poslovnem področju širijo tako po številu kot po obsegu, je ključnega pomena ustrezna informiranost o stanju na prometnem omrežju. Na potovanjih, ki pogosto segajo preko državnih meja, želijo vozniki kontinuirano prejemati čim bolj jasna in razumljiva sporočila o prometnem stanju. Skupen cilj poenotenosti nadzora in vodenja prometa na prometnem omrežju, ki presega državne meje, bo v prihodnosti mogoče doseči le s povezovanjem med inteligentnimi transportnimi sistemi in s strokovno izmenjavo izkušenj na mednarodni ravni. Mednarodni projekti, kot je npr. PROMET (PROject for the Management of European Traffic), pri katerem so sodelovali tako italijanski kot slovenski prometni strokovnjaki, v prihodnosti ne bi smeli biti redkost. Kljub raznolikosti sistemov v različnih državah evropske unije bo v prihodnosti koncept obveščanja voznikov in vodenja prometa potrebno prilagoditi skupnim smernicam na tem področju.

## 6 POVZETEK

SNVP je trenutno nameščen na petih kritičnih avtocestnih odsekih slovenskega avtocestnega omrežja, na katerih zagotavlja vzpostavljanje optimalnih prometnih razmer v potencialno nevarnih situacijah na cesti. S sistemom je pokrit del primorske in štajerske avtoceste, avtocestni odsek pred predorom Karavanke ter zahodna ljubljanska obvoznica vključno z delom severne obvoznice in delom gorenjskega avtocestnega kraka. Namen naloge je bil ugotoviti, kakšne vplive imajo ukrepi SNVP na različne dejavnike.

Obravnavani so bili trije izredni dogodki, ki so se zgodili na delu gorenjske avtoceste, na katerem je nameščen SNVP. Za vsak dogodek so bili zbrani podatki, ki so omogočali nadaljno analizo. Vrsta, lokacija in čas izrednega dogodka so identificirani s pomočjo pregleda poročil iz sistema Kažipot. Podrobnosti o dogajanju na cesti razkrivajo posnetki kamer video nadzornega sistema. Prometni podatki in podatki o prikazu sporočil, ki so bili v času trajanja izrednega dogodka prikazani na SPIS, so bili vzeti iz baze podatkov SNVP. V analizi prometnih podatkov je bilo obravnavano časovno spreminjanje vrednosti ekvivalentnega prometnega pretoka in skupne povprečne hitrosti za glavni, uvozni in izvozni prometni tok. Na podlagi podatkov o vsebini in času prikaza sporočil na SPIS je bilo mogoče ugotoviti, v katerih primerih in na kakšen način so prikazana sporočila vplivala na spremembe prometnih parametrov. Za primere, iz katerih je bilo mogoče razbrati največji vpliv prikaza sporočil, je bila izvedena simulacija s pomočjo ustreznega programskega orodja. Za vsak izredni dogodek je bila izvedena simulacija za stanje, v katerem je bilo sporočilo prikazano na SPIS in za stanje, ki ni vsebovalo nobenega sporočila. Eno izmed stanj je bilo realno, drugo pa predpostavljeno. Rezultati simulacije so bili uporabljeni v oceni učinkovitosti ukrepov SNVP.

Za raziskavo mnenja voznikov o sistemu je bila izdelana spletna anketa. V prvem delu ankete so vozniki odgovarjali na vprašanja, ki so se nanašala na razumevanje in odziv na izbrana sporočila, prikazana preko SPIS. Vprašanja v drugem delu ankete so se nanašala na zadovoljstvo voznikov s storitvami sistema.

V zaključnem delu naloge je bila izdelana ocena učinkovitosti sistema za štiri področja, na katerih je mogoče razbrati vplive ukrepov SNVP. Ta področja so prometna varnost, mobilnost, energija in okolje ter zadovoljstvo uporabnikov. V okviru posameznega področja je obravnavanih več dejavnikov, katerih vplivi sodijo v isto skupino. Pri oceni učinkovitosti so uporabljeni računski modeli, ki se najbolj prilagajajo realnemu stanju. Za vhodne podatke so bili uporabljeni rezultati predhodne analize prometnih podatkov in simulacije.

Rezultati ocene učinkovitosti ukrepov SNVP so pokazali pozitivne vplive na vseh obravnavanih področjih. Rezultati naloge so primerljivi z rezultati tovrstnih analiz iz tujine. K izboljšanju prometne varnosti v primeru izrednih dogodkov so prispevale omejitve hitrosti, prikazane preko SPIS. Omejitve so vplivale na redukcijo vozne hitrosti, čeprav jih vozniki niso dosledno upoštevali. Poleg tega se je skrajšal odzivni čas in zmanjšalo število sekundarnih izrednih dogodkov. K večji mobilnosti je prispevala razbremenitev kritičnega avtocestnega odseka in posledično zmanjšanje zamud. Manjša obremenitev okolja je posledica manjše porabe goriva in zmanjšanja emisij CO<sub>2</sub> ter HC. Visoka ocena zadovoljstva voznikov s prikazanimi informacijami kaže na zaupanje, ki ga imajo vozniki v sistem.

Del slovenskega avtocestnega omrežja je bil pokrit s SNVP šele pred nekaj leti. Dolgoročne vplive sistema bo zato mogoče oceniti šele po daljšem časovnem obdobju delovanja sistema.

## 7 SUMMARY

The Traffic Control and Management System (TCMS) is currently implemented on the five most critical sections of Slovenian highways where it ensures the reestablishment of the optimal traffic conditions in the potentially dangerous situations on the road. The five sections include a section of “primorska” and “štajerska” highway, a highway section before tunnel Karavanke and a western part of the Ljubljana highway ring consisting of a part of the northern ring and a section of “gorenjska” highway. The aim of this study is to evaluate the impact of the TCMS measures on variable factors.

We evaluated three traffic incidents in this work – all of which occurred at the specific section of the »gorenjska« highway, which is equipped with the TCMS system. For each incident various types of data have been acquired and analysed. For each incident, we determined the type, the location and the time of the incident based on the »Kažipot« reports. Furthermore, details about the situation on the road have been recorded using a video surveillance system. Finally, we used traffic data and the data about the messages displayed on the Variable Message Signs (VMS) during the incident duration, both of which were recorded in the TCMS data base. In the traffic data analysis the variation in time of the equivalent traffic flow and the average speed for all vehicles for the main, entry and exit traffic flow has been examined. The data about the content of the messages and the display time on the VMS identified the cases in which the messages influenced the variation in the traffic parameters. In cases that showed the highest influence of the displayed messages a simulation has been made. For each incident a simulation has been performed for the condition in which a message has been displayed on the VMS and for the condition without any message. One of the conditions was real and the other imaginary. Simulation results were then used in the evaluation of the efficiency of the TCMS measures.

For the research of the drivers' opinion about the system a web survey has been made. The first part of the survey included questions about the understanding of and reaction to selected messages, displayed on the VMS. The questions in the second part of the survey measured drivers' satisfaction with the system service.

As the last step in this study, we evaluated the effect of TCMS measures in four areas: traffic safety, mobility, energy and environment and drivers' satisfaction. There are different factors that cause similar influence on each of these four areas. In the efficiency evaluation various calculation models, based on the real conditions, were used. The input data were results from the above-mentioned simulation.

The results of the evaluation of the TCMS measures indicate positive impacts in all four areas. Study results are comparable with the results of similar analyses in other countries. Traffic safety in case of incidents has increased because of the speed limits, displayed on the VMS. The speed limits caused a reduction in the travel speed, in spite of the fact that the drivers did not respect them completely. Additionally, we observed a decrease in the response as well as in the number of secondary incidents. The discharge of the critical highway section and consequentially the reduction of the delay contributed to a better mobility. We also observed a decrease in fuel consumption, which consequently leads to less pollution, as there is less CO<sub>2</sub> and HC emitted into the environment. Finally, a high estimation of the drivers' satisfaction with the displayed information indicates the drivers' confidence in the system.

The TCMS was introduced into the Slovenian highway network only a few years ago. Therefore, although our results are promising, a full scale evaluation of the longterm influence of TCMS will only be possible after the system is in place for a longer time than at present.



## VIRI

Barth, M., Boriboonsomsin, K. 2008. Real-World CO<sub>2</sub> Impacts of Traffic Congestion. Riverside, University of California, College of Engineering - Center for Environmental Research and Technology: 23 str.

<http://www.uctc.net/papers/846.pdf> (17.08.2010)

Cene goriv v Sloveniji:

[http://www.transportal.si/Cene\\_goriv\\_v\\_Sloveniji.html](http://www.transportal.si/Cene_goriv_v_Sloveniji.html) (13.08.2010)

Emisije ogljikovodikov:

<http://www.epa.gov/otaq/rfgecon.htm> (18.08.2010)

Intelligent Transportation Systems Benefits, Costs, Deployment, and Lessons Learned: 2008 Update. 2008. Washington, Department of Transportation, Research and Innovative Technology Administration: 348 str.

Internal combustion engines. 2008. New Delhi, Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited: 732 str.

Marsetič, R. 2008. Modeliranje vpliva cestnine na izbiro poti v cestni mreži. Mag. delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, FGG, Oddelek za gradbeništvo, Prometna smer: 76 str.

Policija, statistični podatki o prometnih nesrečah:

<http://www.policija.si/index.php/statistika/prometna-varnost> (02.10.2010)

Smernice za sistem nadzora in vodenja prometa na avtocestah v Republiki Sloveniji. 2003. Maribor, Cestno prometni institut: 130 str.

SimTraffic 6 User Guide. 2004. Albany, Trafficware: 215 str.

The potential of Intelligent Transport Systems for reducing road transport related greenhouse gas emissions. 2009. Madrid, SE Consult. European Commission, Enterprise & Industry Directorate: 83 str.

Varčna raba goriv in emisije CO<sub>2</sub>: <http://co2.temida.si/vstop.htm> (19.08.2010)

Values of Time and Operating Costs. 2004. London, Department for Transport: 21 str.

Vrednost časa za vse udeležence v prometu. 2007. Raziskovalna naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 42 str.

## **PRILOGA**


Priloga A: Preglednica rezultatov ocene učinkovitosti ukrepov SNVP doma in v tujini po področjih

- A 1 Prometna varnost
- A 2 Mobilnost
- A 3 Energija in okolje
- A 4 Zadovoljstvo uporabnikov

Appendix A: Table of the TCMS measures efficiency evaluation results on various fields at home and in other countries


- A 1 Traffic safety
- A 2 Mobility
- A 3 Energy and environment
- A 4 Drivers' satisfaction

**Priloga A1: Preglednica rezultatov ocene učinkovitosti ukrepov SNVP doma in v tujini po področjih - prometna varnost**

Področje	Vpliv ukrepa	Ocena	Opis	Podatki iz tujine
Prometna varnost 	Redukcija vozne hitrosti	+	Vozna hitrost se zmanjša za 13 km/h pri omejitvi 60 km/h in za 6 – 7 km/h pri omejitvi 80 km/h ali prometnem znaku za nevarnost.	Po raziskavah iz Kopenhagna se ob prikazu spremenljivih omejitev hitrosti povprečna vozna hitrost zmanjša za 5 km/h.
	Prekoračitev omejitve hitrosti	±	Omejitev hitrosti 100 km/h je v povprečju prekoračena za 2 km/h, omejitev 80 km/h za 11 – 15 km/h in omejitev 60 km/h za 22 km/h.	Po prometnih podatkih z obvoznice okoli Münchna omejitev hitrosti 100 km/h upošteva 68% voznikov, omejitev 60 km/h 65% voznikov, omejitev 80 km/h pa le 38%.
	Krajši odzivni čas	+	Odzivni čas SNVP je za 4 do 9,8 minut krajši od odzivnega časa vzdrževalne službe.	Na avtocestah v Marylandu, ZDA se trajanje izrednih dogodkov zmanjša za 29%.
	Zmanjšanje števila sekundarnih izrednih dogodkov	+	Občutno zmanjšanje števila prometnih nesreč in števila smrtnih žrtev po implementaciji SNVP.	Na obvoznici okoli Münchna se število prometnih nesreč zmanjša za 35%, število poškodovancev pa za 30%. V Angliji se število naletov v repu kolone zmanjša za 25 – 30%.


Ocena: + pozitiven vpliv, ± mešan vpliv, – negativen vpliv.

**Priloga A2: Preglednica rezultatov ocene učinkovitosti ukrepov SNVP doma in v tujini po področjih - mobilnost**

Področje	Vpliv ukrepa	Ocena	Opis	Podatki iz tujine
Mobilnost 	Razbremenitev kritičnega odseka	±	Prometni pretok na izvozu se po prikazu sporočila na portalu SPIS poveča za 3,2 do 5,9-krat. Ob informaciji o delni pretočnosti kritičnega odseka se izvozni pretok zmanjša za 11,8%. Po prikazu sporočila na polportalu SPIS pa se uvozni tok zmanjša za 2,4-krat.	V Angliji se zaradi prometnih informacij, ki nastopajo v kombinaciji s spremenljivimi omejitvami hitrosti kapaciteta avtocest poveča za 5 – 10%.
	Redukcija zamude	+	Zamuda se ob prikazu sporočil na polportalih SPIS zmanjša za 19,7 – 30,2%, na portalih SPIS za 30% in na obeh vrstah SPIS hkrati za 54,1 %.	V ZDA je po podatkih iz Minnesote, Denverja, Colorada, Northwest Indiane in Oregona zamuda manjša za 15 – 65%.


Ocena: + pozitiven vpliv, ± mešan vpliv, – negativen vpliv.

**Priloga A3: Preglednica rezultatov ocene učinkovitosti ukrepov SNVP doma in v tujini po področjih - energija in okolje**

Področje	Vpliv ukrepa	Ocena	Opis	Podatki iz tujine
Energija in okolje 	Manjša poraba goriva	+	Poraba goriva je pri prikazu sporočil na polportalih SPIS manjša za 15,0 – 19,3%, na portalih SPIS za 19,5 % in na obeh vrstah SPIS hkrati za 36,8 %.	Analiza stroškov in koristi na Floridi je pokazala prihranek 6,4 milijonov litrov goriva po državi v letu 2004.
	Zmanjšanje emisij CO <sub>2</sub>	+	V primeru prikaza sporočil na portalih SPIS se emisije CO <sub>2</sub> zmanjšajo za 7,3%, na polportalih SPIS za 7,3 – 13,8 % in na obeh vrstah SPIS hkrati za 19,7%.	Po podatkih študije iz Univerze v Kaliforniji se po uvedbi sistema spremenljivih omejitev hitrosti emisije CO <sub>2</sub> zmanjšajo za 12 %.
	Zmanjšanje emisij HC	+	Emisije HC se ob prikazu sporočila na portalih SPIS zmanjšajo za 11,9 %, na polportalih SPIS za 13,2 – 14,0 % in na obeh vrstah SPIS hkrati za 26,7%.	Po zgoraj omenjeni študiji se emisije HC zmanjšajo kar za 41 %.

Ocena: + pozitiven vpliv, ± mešan vpliv, – negativen vpliv.

**Priloga A4: Preglednica rezultatov ocene učinkovitosti ukrepov SNVP doma in v tujini po področjih - zadovoljstvo uporabnikov**

Področje	Vpliv ukrepa	Ocena	Opis	Podatki iz tujine
Zadovoljstvo uporabnikov 	Pozitiven odziv voznikov	+	O informacijah prikazanih preko SPIS 95% voznikov meni, da so razumljive in 91% da so koristne. Povprečna ocena zadovoljstva voznikov doseže vrednost 4,36 od 5 v primeru možnosti izogiba kritičnemu odseku in vrednost 4,44 zaradi večje prometne varnosti.	Po podatkih ankete iz Kopenhagna je 80% voznikov naklonjenih sistemu za prikaz spremenljivih omejitev hitrosti in prometnih informacij. V Angliji 70% anketirancev meni, da avtomatsko prilagajanje omejitev hitrosti lahko zmanjša število prometnih nesreč in poškodovancev.

Ocena: + pozitiven vpliv, ± mešan vpliv, – negativen vpliv.