



**15. SLOVENSKI
KONGRES**

**O PROMETU
IN PROMETNI
INFRASTRUKTURI**



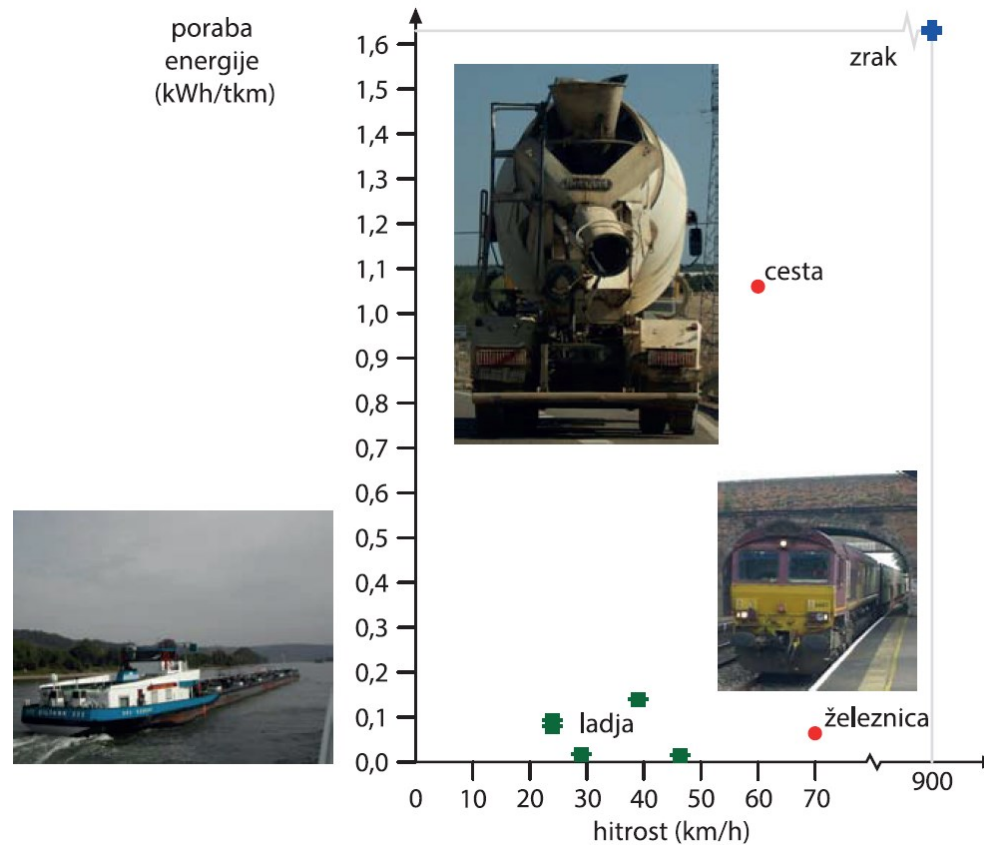
Multimodalni pristop k prometnemu in ekonomskemu vrednotenju železniških projektov

mag. Franci Šoba, univ. dipl. inž. tehnol. prom.

VSEBINA PREDSTAVITVE

- a) **Uvod in izhodišča**
- b) **Opis modela prometno-ekonomskega vrednotenja projektov prometne infrastrukture**
- c) **Zaključki in priporočila**

„Številke, ne pridevniki.“ –David J. C. MacKay



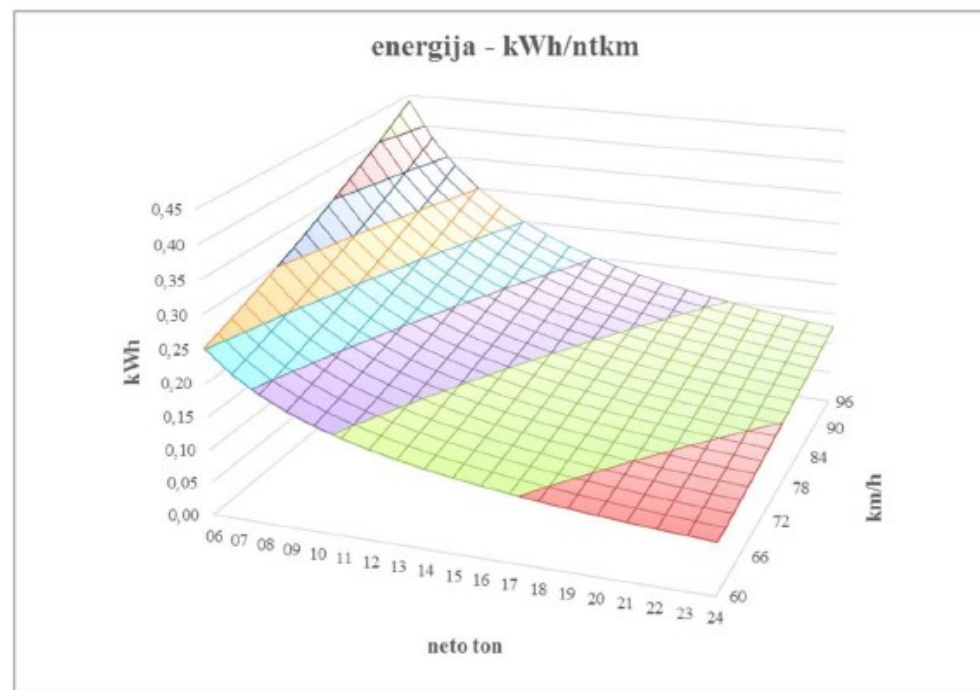
Vir: Trajnostna energija - brez pregretega ozračja, MacKay, 2013, str. 92

Poraba energije (kWh/ntkm) – cesta

Tabela 9. Energija v enoti kWh/ntkm v cestnem prometu

		tovor [neto ton]																		
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
hitrost [km/h]	60	0,25	0,22	0,19	0,17	0,16	0,15	0,14	0,13	0,12	0,11	0,11	0,10	0,10	0,09	0,09	0,09	0,08	0,08	0,08
	62	0,26	0,23	0,20	0,18	0,16	0,15	0,14	0,13	0,12	0,12	0,11	0,10	0,10	0,10	0,09	0,09	0,09	0,08	0,08
	64	0,27	0,23	0,21	0,19	0,17	0,16	0,14	0,13	0,13	0,12	0,11	0,11	0,10	0,10	0,09	0,09	0,09	0,08	0,08
	66	0,28	0,24	0,21	0,19	0,17	0,16	0,15	0,14	0,13	0,12	0,12	0,11	0,11	0,10	0,10	0,09	0,09	0,09	0,08
	68	0,29	0,25	0,22	0,20	0,18	0,16	0,15	0,14	0,13	0,13	0,12	0,11	0,11	0,10	0,10	0,10	0,09	0,09	0,09
	70	0,29	0,26	0,23	0,20	0,18	0,17	0,16	0,15	0,14	0,13	0,12	0,12	0,11	0,11	0,10	0,10	0,10	0,09	0,09
	72	0,30	0,26	0,23	0,21	0,19	0,18	0,16	0,15	0,14	0,13	0,13	0,12	0,12	0,11	0,11	0,10	0,10	0,09	0,09
	74	0,31	0,27	0,24	0,22	0,20	0,18	0,17	0,16	0,15	0,14	0,13	0,12	0,12	0,11	0,11	0,10	0,10	0,10	0,09
	76	0,32	0,28	0,25	0,22	0,20	0,19	0,17	0,16	0,15	0,14	0,13	0,13	0,12	0,12	0,11	0,11	0,10	0,10	0,10
	78	0,33	0,29	0,26	0,23	0,21	0,19	0,18	0,17	0,16	0,15	0,14	0,13	0,13	0,12	0,12	0,11	0,11	0,10	0,10
	80	0,34	0,30	0,26	0,24	0,22	0,20	0,18	0,17	0,16	0,15	0,14	0,14	0,13	0,12	0,12	0,11	0,11	0,11	0,10
	82	0,36	0,31	0,27	0,24	0,22	0,20	0,19	0,18	0,16	0,16	0,15	0,14	0,13	0,13	0,12	0,12	0,11	0,11	0,11
	84	0,37	0,32	0,28	0,25	0,23	0,21	0,19	0,18	0,17	0,16	0,15	0,14	0,14	0,13	0,13	0,12	0,12	0,11	0,11
	86	0,38	0,33	0,29	0,26	0,24	0,22	0,20	0,19	0,17	0,16	0,16	0,15	0,14	0,13	0,13	0,12	0,12	0,11	0,11
	88	0,39	0,34	0,30	0,27	0,24	0,22	0,21	0,19	0,18	0,17	0,16	0,15	0,14	0,14	0,13	0,13	0,12	0,12	0,11
	90	0,40	0,35	0,31	0,28	0,25	0,23	0,21	0,20	0,19	0,17	0,16	0,16	0,15	0,14	0,14	0,13	0,13	0,12	0,12
	92	0,41	0,36	0,32	0,28	0,26	0,24	0,22	0,20	0,19	0,18	0,17	0,16	0,15	0,15	0,14	0,13	0,13	0,12	0,12
94	0,43	0,37	0,33	0,29	0,27	0,24	0,22	0,21	0,20	0,18	0,17	0,17	0,16	0,15	0,14	0,14	0,13	0,13	0,12	
96	0,44	0,38	0,34	0,30	0,27	0,25	0,23	0,22	0,20	0,19	0,18	0,17	0,16	0,15	0,15	0,14	0,14	0,13	0,13	

Vir: (obdelal avtor)



Vir: (obdelal avtor)

Graf 11. Energija v kWh/ntkm v cestnem prometu

CO₂ (g/ntkm) – cesta

Tabela 10. Emisije CO₂ v enoti g/ntkm v cestnem prometu

CO ₂		tovor [neto ton]																		
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
hitrost [km/h]	60	62	54	48	43	39	36	34	31	30	28	26	25	24	23	22	21	21	20	19
	62	64	56	50	45	41	37	35	32	30	29	27	26	25	24	23	22	21	20	20
	64	67	58	51	46	42	39	36	33	31	30	28	27	26	24	23	23	22	21	20
	66	69	60	53	47	43	40	37	34	32	30	29	27	26	25	24	23	22	22	21
	68	71	61	54	49	45	41	38	35	33	31	30	28	27	26	25	24	23	22	22
	70	73	63	56	50	46	42	39	37	34	32	31	29	28	27	26	25	24	23	22
	72	76	65	58	52	47	44	40	38	35	33	32	30	29	27	26	25	24	24	23
	74	78	68	60	54	49	45	42	39	36	34	32	31	29	28	27	26	25	24	23
	76	80	70	62	55	50	46	43	40	37	35	33	32	30	29	28	27	26	25	24
	78	83	72	64	57	52	48	44	41	39	36	34	33	31	30	29	28	27	26	25
	80	86	74	66	59	54	49	45	42	40	37	35	34	32	31	29	28	27	26	25
	82	88	77	68	61	55	51	47	44	41	39	37	35	33	32	30	29	28	27	26
	84	91	79	70	63	57	52	48	45	42	40	38	36	34	33	31	30	29	28	27
	86	94	81	72	64	59	54	50	46	43	41	39	37	35	33	32	31	30	29	28
	88	97	84	74	66	60	55	51	48	45	42	40	38	36	34	33	32	30	29	28
	90	100	86	76	68	62	57	53	49	46	43	41	39	37	35	34	33	31	30	29
92	103	89	79	71	64	59	54	51	47	45	42	40	38	36	35	33	32	31	30	
94	106	92	81	73	66	60	56	52	49	46	43	41	39	37	36	34	33	32	31	
96	109	95	83	75	68	62	58	54	50	47	45	42	40	38	37	35	34	33	32	

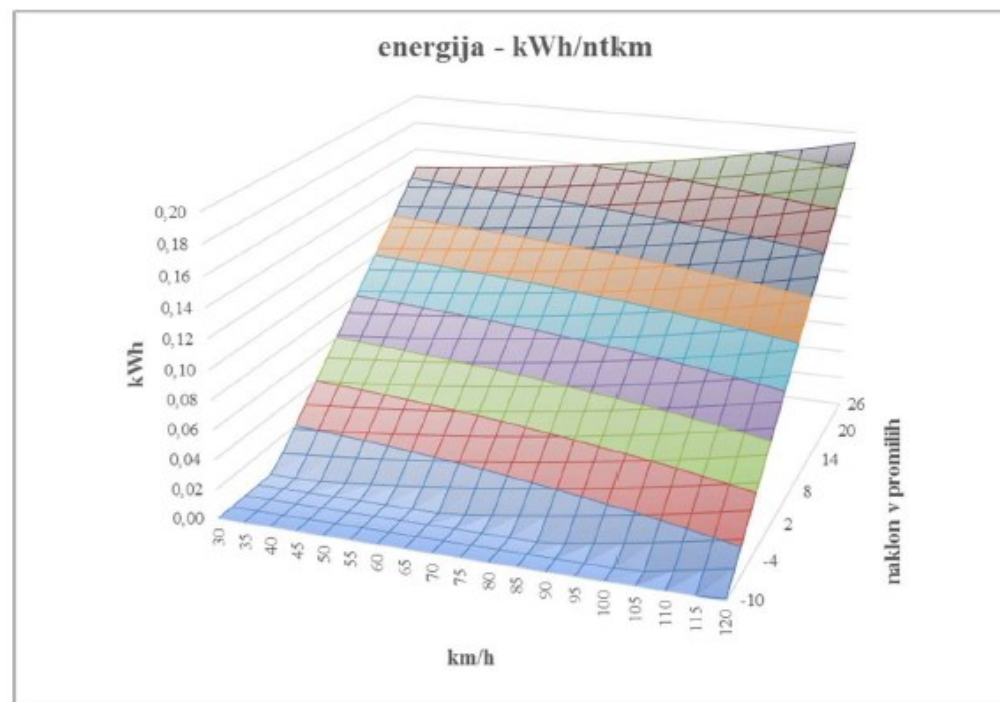
Vir: (obdelal avtor)

Poraba energije (kWh/ntkm) – železnica

Tabela 15. Energija v enoti kWh/ntkm za tovorni vlak neto mase 840 ton

		naklon																		
		-10	-8	-6	-4	-2	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26
hitrost	30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11	0,12	0,14	0,15
	35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15
	40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,09	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15
	45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15
	50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15
	55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15
	60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11	0,12	0,14	0,15	0,16
	65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16
	70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16
	75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16
	80	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14	0,16	0,17
	85	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17
	90	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17
	95	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17
	100	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18
	105	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,08	0,09	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18
110	0,00	0,00	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17	0,19	
115	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	
120	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	

Vir: (obdelal avtor)



Vir: (obdelal avtor)

Graf 19. Energija v kWh/ntkm za tovorni vlak neto mase 840 ton

CO₂ (g/ntkm) – železnica

Tabela 16. Emisije CO₂ v enoti g/ntkm za tovorni vlak neto mase 840 ton

		naklon																		
		-10	-8	-6	-4	-2	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26
hitrost	30	0	0	0	0	0	3	6	10	13	16	20	23	27	30	34	37	41	44	47
	35	0	0	0	0	0	3	7	10	13	17	20	24	27	31	34	38	41	44	48
	40	0	0	0	0	0	4	7	10	14	17	21	24	28	31	35	38	42	45	48
	45	0	0	0	0	1	4	8	11	14	18	21	25	28	32	35	39	42	46	49
	50	0	0	0	0	1	5	8	12	15	19	22	25	29	32	36	39	43	46	50
	55	0	0	0	0	2	5	9	12	16	19	23	26	29	33	36	40	43	47	50
	60	0	0	0	0	3	6	9	13	16	20	23	27	30	34	37	41	44	47	51
	65	0	0	0	0	3	7	10	14	17	21	24	27	31	34	38	41	45	48	52
	70	0	0	0	1	4	7	11	14	18	21	25	28	32	35	39	42	45	49	52
	75	0	0	0	1	5	8	12	15	19	22	26	29	32	36	39	43	46	50	53
	80	0	0	0	2	6	9	13	16	19	23	26	30	33	37	40	44	47	51	54
	85	0	0	0	3	7	10	13	17	20	24	27	31	34	38	41	45	48	51	55
	90	0	0	1	4	8	11	14	18	21	25	28	32	35	39	42	46	49	52	56
	95	0	0	2	5	9	12	15	19	22	26	29	33	36	40	43	47	50	53	57
	100	0	0	3	6	10	13	16	20	23	27	30	34	37	41	44	48	51	54	58
105	0	0	4	7	11	14	18	21	24	28	31	35	38	42	45	49	52	56	59	
110	0	1	5	8	12	15	19	22	26	29	33	36	39	43	46	50	53	57	60	
115	0	3	6	10	13	16	20	23	27	30	34	37	41	44	48	51	54	58	61	
120	0	4	7	11	14	18	21	25	28	32	35	38	42	45	49	52	56	59	63	

Vir: (obdelal avtor)

Uvod in izhodišča

Namen: prikaz modela prometno-ekonomskega vrednotenja projektov prometne infrastrukture

Prikaz medsebojnega vpliva prostorskih, okoljskih, tehničnih, prometnih in ekonomskih vidikov.

Cilj: prikaz izračuna ekonomske upravičenosti za projekt nadgradnje železniške infrastrukture na poenostavljenem primeru.

Prostorski vidik

Območje obdelave v modelu:

cesta – 100 km, ravninski teren

železnica – 100 km, ravninski teren

Dve varianti prometnega omrežja:

V1: AC + železnica (omejena zmogljivost)

V2: AC + nadgradnja železniške proge



Tehnični vidik

Obe varianti enake tehnične elemente – ukrep v povečanje kapacitet!

Varianta 1 in 2:

- **4-pasovna AC:** hitrost osebna vozila 130 km/h, tovorna vozila 80 km/h
- **dvotirna železniška proga:** hitrost potniških vlakov 100 km/h tovornih vlakov 80 km/h

Prometni vidik – zmogljivost

- **4-pasovna AC:** zmogljivost **80.000 vozil/dan** v enoti PLDP, od tega 10.000 priklopnikov (150.000 nton/dan; 330 dni; 49,5 mio nton/leto)
- **dvotirna železniška proga:** zmogljivost **150 vlakov na dan**, 50 potniških in 100 tovornih (50.000 nton/dan; 330 dni; 16,5 mio nton/leto)
- Po **nadgradnji proge** – povečana zmogljivost na **300 vlakov na dan**, 100 potniških in 200 tovornih (100.000 nton/dan; 33,0 mio nton/leto)
- število dni na leto: 330
- neto masa vlaka: 500 neto ton
- neto masa priklopnika: 15 neto ton

Prometni vidik – obseg prometa

- **4-pasovna AC:** 50.000 osebnih vozil/dan v enoti PLDP in 8.000 priklopnikov (110.000 nton/dan oz. 39,6 mio nton/leto)
- **dvotirna železniška proga:** 50 potniških vlakov/dan in 100 tovornih (50.000 nton/dan oz. 16,5 mio nton/leto); skupaj 56,1 mio nton

Po **nadgradnji proge** – povečana zmogljivost, porazdelitev prometa:

- **4-pasovna AC:** 45.000 osebnih vozil/dan v enoti PLDP in 6.000 priklopnikov (90.000 nton/dan oz. 29,7 mio nton/leto)
- **dvotirna železniška proga:** 80 potniških vlakov/dan in 160 tovornih (80.000 nton/dan; 330 dni; 26,4 mio nton/leto); skupaj 56,1 mio nton

Ekonomski vidik – poraba energije (tovor)

- **avtocesta**: energija za 1 ntkm = 0,15 kWh/ntkm
39,6 mio ntkm * **0,15 kWh** = 5,94 mio kWh oz. 6 GWh (0,56 mio litrov)
- **železnica**: energija za 1 ntkm = 0,028 kWh/ntkm (5,4 krat manj od AC)
16,5 mio ntkm * **0,028 kWh** = 0,462 mio kWh oz. 0,5 GWh elektrike
Skupaj **6,4 GWh** energije na obstoječem omrežju. Po **nadgradnji** proge pa:
- **avtocesta**: energija za 1 ntkm = 0,15 kWh/ntkm
29,7 mio ntkm * **0,15 kWh** = 4,45 mio kWh oz. 4,5 GWh (0,42 mio litrov)
- **železnica**: energija za 1 ntkm = 0,028 kWh/ntkm (5,4 krat manj od AC)
26,4 mio ntkm * **0,028 kWh** = 0,739 mio kWh oz. 0,74 GWh elektrike
Skupaj **5,2 GWh** energije oz. prihranek 1,2 GWh na leto.

Ekonomski vidik – izračun koristi

- Vrednost energije: električna energija in dizel gorivo (cena dinamična!).
- Električna energija: 0,125 eur/kWh (brez DDV)
- Dizel gorivo: 1,7 eur/liter z dajatvami.
- 1 liter dizel goriva = 10,7 kWh energije
- Ekonomske koristi so razlika med skupnimi stroški dveh variant prometnega omrežja, v tem primeru razlika med stroški variante v1 in v2.

Povzetek članka – cestni promet

Varianta	Leto	Osebna vozila	Avtobusi	Lahka tovorna vozila	Težka tovorna vozila	Skupaj
v1	2030	64.417	305	7.530	8.096	80.348
v1	2050	78.601	372	10.142	12.921	102.036
v2	2030	58.433	305	7.530	7.714	73.982
v2	2050	71.656	372	10.142	10.931	93.101

Povzetek članka – železniški promet

Varianta	Leto	Potniški vlaki	Tovorni vlaki	Vlaki skupaj	Število potnikov	Tovor (mio neto ton)
v1	2030	80	120	200	2.867	25,4
v1	2050	80	120	200	3.340	25,4
v2	2030	120	130	250	11.245	27,5
v2	2050	120	171	291	13.535	36,3

Izračun stroškov uporabnikov – cestni promet

- neposredni stroški uporabnikov: stroški porabe, časovni stroški, režijski stroški;
- posredni (eksterni) stroški uporabnikov: zrak, podnebne spremembe, izpusti, hrup;
- stroški vzdrževanja cestne infrastrukture;
- stroški prometnih nesreč.

Uporabljena metodologija in program OPCOST.

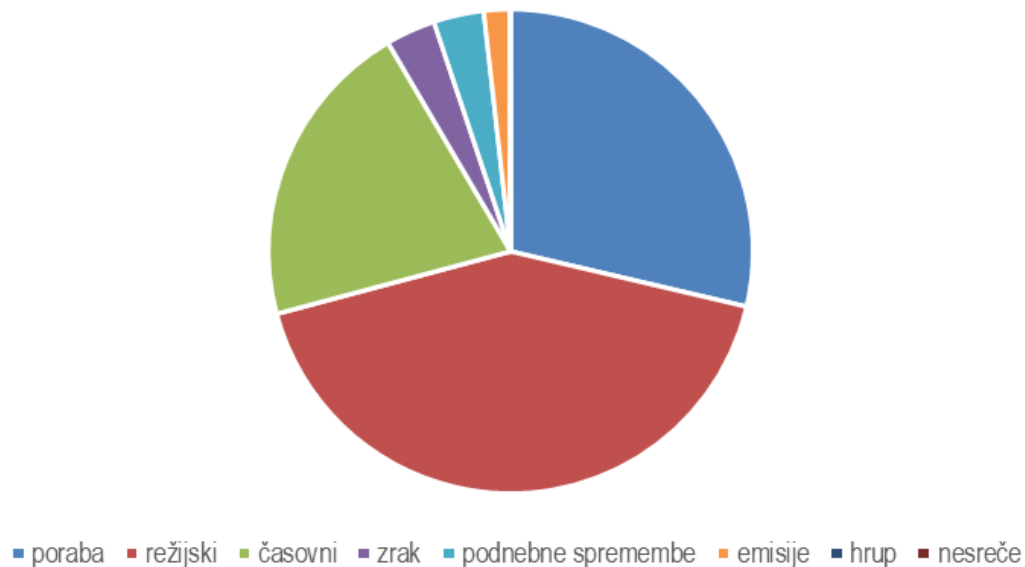
Izračun stroškov uporabnikov – železnica

- operativni stroški vlakov (osnova 102,48 EUR/h obratovanja),
- porabljena energija (osnova 0,023 kWh/ntkm),
- strošek energije – tovor (0,00115 EUR/ntkm),
- časovni stroški – tovor (0,20 EUR/ntkm),
- časovni stroški – potniki (5,5 EUR/h),
- eksterni stroški – tovor (0,0069312 EUR/ntkm).

Koristi uporabnikov – cesta

Leto	Stroški porabe	Režijski stroški	Časovni stroški	Zrak	Podnebne spremembe	Izpusti	Hrup	Nesreče	Stroški SKUPAJ
2030	15.297.530	22.514.041	11.047.194	1.773.308	1.792.290	919.949	28.786	0	53.373.097
2050	36.003.704	37.156.835	36.517.551	2.500.397	4.530.769	1.832.448	90.304	0	118.632.008

Struktura koristi v cestnem prometu v letu 2030

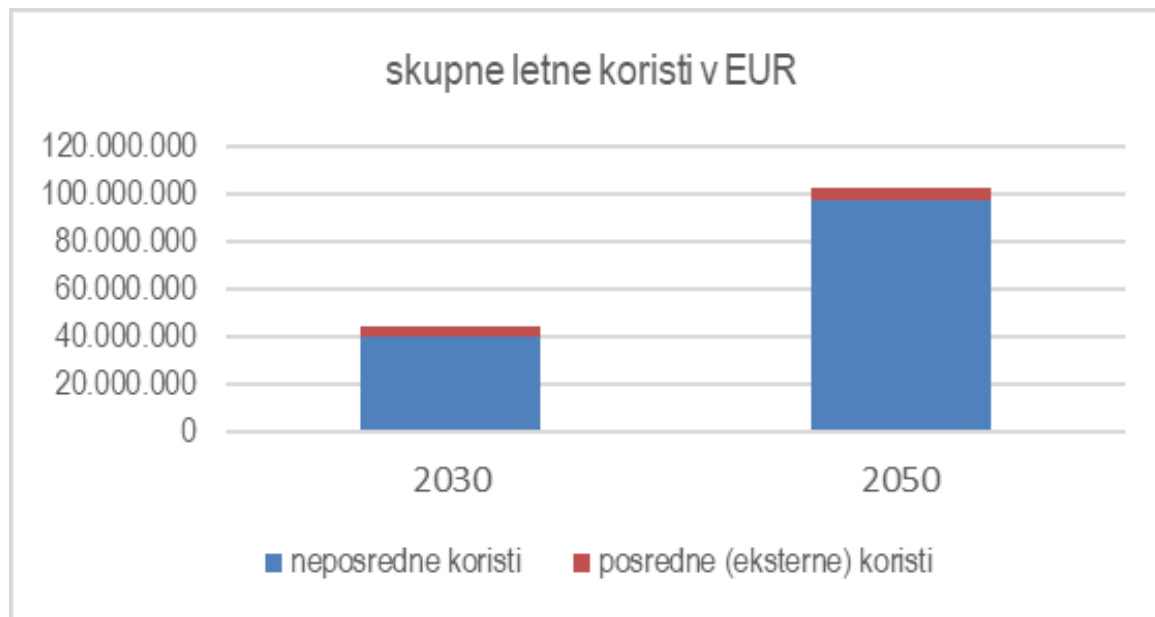


Koristi uporabnikov – železnica

Leto	Operativni stroški vlakov	Poraba energije	Časovni stroški – tovor	Eksterni stroški	Časovni stroški – potniki	Stroški SKUPAJ
2030	-908.273	-120.750	-262.500	-727.776	-7.602.375	-9.623.704
2050	-1.880.066	-626.750	-1.362.500	-3.777.504	-8.823.375	-16.470.195

Skupne letne koristi v eur

Leto	Neposredne koristi	Posredne (eksterne) koristi	Koristi SKUPAJ
2030	39.964.866	3.786.556	43.751.423
2050	96.985.399	5.176.414	102.161.813



Hvala za pozornost.