



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA STAVEBNÍ**  
**ÚSTAV ŽELEZNIČNÍCH KONSTRUKCÍ A STAVEB**

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING  
INSTITUTE OF RAILWAY STRUCTURES AND CONSTRUCTIONS

# **ZVÝŠENÍ TRAŽOVÉ RYCHLOSTI V ÚSEKU SKALICE NAD SVITAVOU - VELKÉ OPATOVICE**

SPEED INCREASING OF THE SKALICE NAD SVITAVOU - VELKÉ OPATOVICE SECTION

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**  
BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**  
AUTHOR

Filip Grenar

**VEDOUCÍ PRÁCE**  
SUPERVISOR

Ing. MIROSLAVA HRUZÍKOVÁ

BRNO 2012



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

**Studijní program** B3607 Stavební inženýrství  
**Typ studijního programu** Bakalářský studijní program s prezenční formou studia  
**Studijní obor** 3647R013 Konstrukce a dopravní stavby  
**Pracoviště** Ústav železničních konstrukcí a staveb

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

**Student** Filip Grenar

**Název** Zvýšení traťové rychlosti v úseku Skalice nad Svitavou - Velké Opatovice

**Vedoucí bakalářské práce** Ing. Miroslava Hruzíková

**Datum zadání bakalářské práce** 30. 11. 2011

**Datum odevzdání bakalářské práce** 27. 5. 2012

V Brně dne 30. 11. 2011

.....  
doc. Ing. Otto Plášek, Ph.D.  
Vedoucí ústavu

.....  
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc.  
Děkan Fakulty stavební VUT

## **Podklady a literatura**

Nákresný přehled železničního svršku zadaného úseku

ČSN 73 6360-1

a další platné předpisy a normy

## **Zásady pro vypracování**

Pro traťový úsek Skalice nad Svitavou - Velké Opatovice prověřte možnost zvýšení rychlosti.

Zvýšení rychlosti posuzujte:

- se současnými geometrickými parametry koleje;
- s navrhovanými změnami geometrických parametrů koleje. Navrhované změny nesmí způsobit výrazné zásahy do tělesa tratě.

V obou případech je potřeba brát ohled na omezení rychlosti v místech železničních přejezdů, kolejových rozvětvení, poloh návěstidel apod.

## **Předepsané přílohy**

Licenční smlouva o zveřejňování vysokoškolských kvalifikačních prací

1. Průvodní zpráva s výpočty navrhovaného stavu
2. Grafy průběhu stávající a navrhované rychlosti

.....  
Ing. Miroslava Hruzíková  
Vedoucí bakalářské práce

**Abstrakt**

Cílem práce je navrhnout zvýšení traťové rychlosti v úseku Skalice nad Svitavou - Velké Opatovice. Zvýšení rychlosti je posuzováno se současnými geometrickými parametry koleje, dále s navrhovanými změnami geometrických parametrů koleje, které nevyvolají výrazné zásahy do tělesa tratě. Je brán ohled na omezení rychlosti v místech železničních přejezdů, poloh návěstidel atd.

**Klíčová slova**

geometrické parametry koleje, traťová rychlost, zvýšení rychlosti, železniční přejezdy

**Abstract**

The objective of this bachelor thesis is to suggest the speed increasing on the Skalice nad Svitavou - Velké Opatovice railway track. Speed increasing is assessed with the actual track geometrical parameters, as well as to the adjusted track geometrical parameters, which do not imply the need of major modifications to the track. Speed limitations in relation to railway crossings, signals etc. are taken into account.

**Keywords**

track geometry parameters, track speed, speed increasing, railway crossings

## **Bibliografická citace VŠKP**

GRENDAR, Filip. *Zvýšení traťové rychlosti v úseku Skalice nad Svitavou - Velké Opatovice*. Brno, 2012. 37 s., 1 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav železničních konstrukcí a staveb. Vedoucí práce Ing. Miroslava Hružíková.

**Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 23. 5. 2012

.....  
podpis autora

**Poděkování:**

Děkuji vedoucí své bakalářské práce Ing. Miroslavě Hruzíkové za odbornou pomoc a cenné připomínky.

# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod a cíl práce</b>	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>Popis řešeného traťového úseku</b>	<b>11</b>
2.1	Základní popis tratě .....	11
2.1.1	Obecný popis tratě.....	11
2.1.2	Mosty, propustky.....	12
2.1.3	Kolejové lože, pražce, kolejnice .....	12
2.1.4	Směrové poměry .....	12
2.1.5	Sklonové poměry .....	12
2.2	Posouzení současných geometrických parametrů koleje.....	13
2.2.1	Vzorce použité při výpočtu .....	16
2.2.2	Vlastní posouzení geometrických parametrů koleje .....	19
2.3	Vyhodnocení stávajícího stavu .....	21
2.3.1	Návrh řešení nevyhovujícího stávajícího stavu.....	21
<b>3</b>	<b>Návrh zvýšení traťové rychlosti</b>	<b>22</b>
3.1	Varianta 1 .....	22
3.1.1	Krok 1.....	22
3.1.2	Krok 2.....	24
3.1.3	Krok 3.....	24
3.2	Varianta 2 .....	27
3.3	Omezující prvky .....	29
3.3.1	Inflexní motiv.....	29
3.3.2	Složené oblouky .....	29
3.3.3	Délky přechodnic .....	29
3.3.4	Délka kružnicových části oblouků a přímých mezi vzestupnicemi .....	30
3.3.5	Sklonové poměry .....	30
3.3.6	Návěstidla.....	30
3.3.7	Přejezdy .....	30
3.3.8	Nástupiště.....	31
3.3.9	Výhybky.....	31



3.3.10	Mosty.....	31
<b>4</b>	<b>Závěr</b>	<b>32</b>
<b>5</b>	<b>Seznam tabulek</b>	<b>33</b>
<b>6</b>	<b>Seznam použitých zdrojů</b>	<b>34</b>
<b>7</b>	<b>Citace</b>	<b>35</b>
<b>8</b>	<b>Seznam zkratk a symbolů</b>	<b>36</b>
<b>9</b>	<b>Seznam příloh</b>	<b>37</b>

# 1 Úvod a cíl práce

Tato práce se zabývá možnostmi zvýšení traťové rychlosti v úseku Skalice nad Svitavou – Velké Opatovice. Jako podklad slouží nákresný přehled železničního svršku. Nejdříve se práce věnuje stávajícímu stavu, konkrétně posouzení geometrických parametrů koleje podle ČSN 73 6360-1 z roku 2008. [1] Následuje návrh zvýšení traťové rychlosti bez jakýchkoliv zásahů do geometrie trati. Tato varianta je výhodná z ekonomického hlediska a také z hlediska malé náročnosti na provedení. Nevýhodou jsou omezené výsledky zvýšení rychlosti. Je navrženo zvýšení rychlosti se změnami geometrických parametrů koleje. Požadavkem je, aby navrhované změny nezpůsobily výrazné zásahy do tělesa trati. Nejvíce se bude pracovat se změnami převýšení, v případě nutnosti se budou upravovat délky vzestupnic.

Zvýšení rychlosti bez výraznějších zásahů do tělesa trati je kompromis mezi celkovou modernizací tratě a současným stavem. Snahou je především minimalizovat náklady na zvýšení traťové rychlosti. Toho je docíleno využitím mezních hodnot návrhových parametrů směrových oblouků. [1]

Je brán ohled na omezení rychlosti v místech železničních přejezdů, kolejových rozvětvení, poloh návěstidel apod.

## 2 Popis řešeného trat'ového úseku

### 2.1 Základní popis tratě

Návrh zvýšení rychlosti je řešen v trat'ovém úseku Skalice nad Svitavou – Velké Opatovice. Jedná se o jednokolejnou trať délky 20,719 km. Železniční stanice Skalice nad Svitavou je součástí prvního železničního koridoru a slouží jako přestupní stanice pro cestující okolních obcí směřující převážně do Brna. Železniční stanice Skalice nad Svitavou je stanicí odbočnou pro trať Velké Opatovice – Skalice nad Svitavou.

Dráha začíná na nádraží ve Velkých Opatovicích, odkud vychází jako pokračování tratě z Chornic. Za nádražím se stáčí obloukem vlevo a stoupá až do zastávky Cetkovice, kde byla původně zřízena manipulační kolej pro nakládku zemědělských produktů. Dále pokračuje mírným stoupaním až do nejvyššího místa tratě, kde byla v roce 1952 dodatečně zřízena zastávka Světlá u Boskovic. Odtud pak klesá do stanice Šebetov-Vanovice, která je vybavena dvěma dopravními a jednou manipulační kolejí. Za Šebetovem klesá obloukem vpravo až k místu, kde byla zřízena vlečka parní pily. Trať dále stoupá kolem obce Knínice, stáčí se vlevo a klesá až do zastávky Knínice u Boskovic, zřízené na konci obce. Tato zastávka dodnes funguje jako nákladiště a je vybavena manipulační kolejí pro nakládku dřeva a zemědělských produktů. Za zastávkou se trať stáčí vpravo a pokračuje přes obec Vážany. Mírné klesání pokračuje až k Červenému vrchu před Boskovicemi. V tomto místě byla původně zřízena zastávka Sudice. Po překonání Červeného vrchu se trať stáčí vlevo a klesá do stanice Boskovic, vybavené dvěma dopravními a jednou manipulační kolejí. Ihned za stanicí Boskovic trať prudce klesá a stáčí se do Pilského údolí, kterým se dostává do údolí řeky Svitavy. Tu překonává po mostě těsně před souběhem s hlavní tratí a končí ve stanici Skalice nad Svitavou.[2]

Z Velkých Opatovic trať vede druhým směrem do Chornice, odtud pokračuje dvěma směry: do Dzbelu a do Moravské Třebové. Bohužel nyní je osobní doprava z Velkých Opatovic směrem do Chornice zastavena, taktéž veškerá osobní doprava vedoucí z Chornice do Dzbelu a Moravské Třebové byla z ekonomických důvodů pozastavena.

#### 2.1.1 Obecný popis tratě

Úsek Velké Opatovice – Skalice nad Svitavou slouží převážně k přepravě osob směřujících do Skalice nad Svitavou na vlakové spoje. Osobní vlak, který na této trase jezdí, obsluhuje sedm zastávek: Skalice nad Svitavou, Boskovic, Knínice u Boskovic, Šebetov, Světlá u Boskovic, Cetkovice, Velké Opatovice. Cestovní doba činí 34 minut. Pro srovnání - autobus stejnou trasu ujede za 58 minut. Autobus najede o 3 km více, objíždí stejné obce, až na Vážany, kde není zřízena vlaková zastávka. Motorový vlak jezdí podle Integrovaného dopravního systému Jihomoravského kraje (dále jen IDS JMK), takže navazuje na ostatní spoje. Zvýšení rychlosti je mimo jiné požadováno z důvodu lepší návaznosti v rámci IDS JMK. Linka je hojně využívaná, lidé cestují za prací a do školy do Boskovic a do Brna.

Zvýšení rychlosti zabezpečí konkurenceschopnost tratě. Jedna z variant zvýšení rychlosti počítá se změnou geometrických parametrů koleje. Tento návrh zvýšení rych-

losti je řešen úpravou směrové a výškové polohy koleje v rozsahu odpovídající pravidelné údržbě. Veškerý objem prací se vykoná běžnou strojní mechanizací. To zajistí požadavek na omezení výrazných změn do tělesa tratě.

Na zvýšení rychlosti mají omezující vliv přejezdy, kolejová rozvětvení, polohy návěstidel, mosty.

### **2.1.2 Mosty, propustky**

Na trati se nachází jeden ocelový most s průběžným kolejovým ložem. Staničení středu mostu je 31, 576 km. Most překonává přírodní překážku – řeku Svitavu. Na trati je situováno 61 propustků.

### **2.1.3 Kolejové lože, pražce, kolejnice**

Kolejové lože tvoří štěrk. V celém úseku jsou použity kolejnice S49. Rozchod koleje je 1435 mm. Pražce jsou převážně betonové typu PB2 nebo SB8 z roku 1984, rozdělení pražců typ c. Na několika místech byly nalezeny pražce s podélnými trhlinami. Před úpravami doporučuji vadné pražce vyměnit a překontrolovat upevnění.

### **2.1.4 Směrové poměry**

V úseku se nachází 49 oblouků: 11 oblouků prostých kružnicových, bez přechodnic, 38 oblouků s krajními přechodnicemi. Z nich jsou 3 složené oblouky bez mezilehlých přechodnic. Na úseku se nachází jeden inflexní motiv. Na inflex jsou napojeny protisměrné kružnicové oblouky s krajními přechodnicemi číslo 31 a 32. Pravostranných oblouků je 25, levostranných 24. Pro větší přehlednost mají oblouky v tabulce číslo (po směru staničení).

### **2.1.5 Sklonové poměry**

Sklony nivelety se pohybují v rozsahu od +21,20 ‰ až po -23,00 ‰. Těchto krajních hodnot je však dosahováno jen na krátkých úsecích, většina trati leží ve sklonu do 10 ‰.

## 2.2 Posouzení současných geometrických parametrů koleje

Při posuzování současných geometrických parametrů se vycházelo z nákresného přehledu. Geometrické parametry uvedené v nákresném přehledu železničního svršku jsou shrnuty v následující tabulce číslo 1. V tabulce číslo 2 jsou dle vzorců 1-11 dopočítány zbývající parametry koleje. V tabulce číslo 3 se nachází posouzení geometrických parametrů a vyhodnocení, zda vyhovují limitním, mezním, maximálním či minimálním hodnotám.

Tab. 1 Geometrické parametry koleje vyčtené z nákresného přehledu

<i>Geometrické parametry koleje z nákresného přehledu</i>								
oblouk č.	staničení	R	V	D	L <sub>k1</sub>	L <sub>k2</sub>	n <sub>1</sub>	n <sub>2</sub>
1	11 156-11 205	280	40	0	0	0		
2	11 223-11 750	180	40	71	29	29	408	408
3	11 969-12 372	349	50	57	30	30	526	526
4	12 402-12 659	235	50	85	44	44	518	518
5	12 870-13 103	200	50	100	50	50	500	500
6	13 711-13 781	800	50	0	0	0		
7	13 870-14 132	780	50	0	0	0		
8	14 220-14 340	370	50	54	30	30	556	556
9	14 371-14 546	400	50	20	26	26	1300	1300
10	14 611-14 751	200	50	60	32	32	533	533
11	15 210-15 355	300	50	67	34	34	507	507
12	15 509-15 705	1000	50	0	0	0		
13	15 756-15 932	358	50	56	30	30	536	536
14	16 204-16 470	1000	50	0	0	0		
15	16 952-17 048	585	50	56	20	20	357	357
16	17 793-17 909	570	50	34	20	20	588	588
17	18 152-18 275	200	50	80	40	40	500	500
18	18 384-18 554	195	50	51	23	26	451	510
19	18 663-18 913	200	50	80	34	34	425	425
20	19 017-19 252	500	50	40	30	30	750	750
21	19 454-19 648	400	50	50	30	30	600	600
22	20 244-20 465	200	50	100	50	50	500	500
23	20 558-20 748	200	50	100	52	52	520	520
24	20 834-21 137	198	50	81	51	51	630	630
25	21 436-21 583	200	50	80	40	40	500	500
26	21 760-21 933	300	50	67	46	46	687	687
27	22 333-22 398	800	50	0	0	0		
28	22 461-22 654	1030	50	0	0	0		
29	22 721-22807	850	50	0	0	0		

Tab. 1 Geometrické parametry koleje vyčtené z nákresného přehledu - pokračování

<b>30</b>	23 225-23 326	200	50	100	40	40	400	400
<b>31</b>	23 360-23 671	273	50	73	30	35	411	479
<b>32</b>	23 671-23 819	240	50	83	39	34	470	410
<b>33</b>	24 054-24 274	495	50	41	21	21	512	512
<b>34</b>	24 996-25 245	245	50	82	42	42	512	512
<b>35</b>	25 313-25 666	250	50	80	40	40	500	500
<b>36</b>	25 886-26 283	301	50	67	34	34	507	507
<b>37</b>	27 263-27 400	199	50	49	33	20	673	408
<b>38</b>	27 686-27 874	500	50	40	36	36	900	900
<b>39</b>	27 998-28 222	365	50	24	36	0	1500	
<b>39</b>	28 222-28 792	700	50	24	0	40		1667
<b>40</b>	28 892-29 069	2000	50	0	0	0		
<b>41</b>	29 369-29 517	290	50	80	46	0	575	
<b>41</b>	29 517-29 625	305	50	80	0	0		
<b>41</b>	29 625-29 865	201	50	80	0	40		500
<b>42</b>	29 918-30 034	285	50	70	40	40	571	571
<b>43</b>	30 302-30 369	480	50	34	28	0	824	
<b>43</b>	30 369-30 578	590	50	34	0	24		706
<b>44</b>	30 598-30 783	197	50	102	41	41	402	402
<b>45</b>	30 862-31 210	494	50	41	28	28	683	683
<b>46</b>	31 273- 31 360	1080	50	0	0	0		
<b>47</b>	31 375-31 560	194	40	66	42	42	636	636
<b>48</b>	31 577-31 772	172	40	74	40	40	541	541
<b>49</b>	31 798-31 839	630	40	0	0	0		

Legenda:

- R..... poloměr kružnicového oblouku (m)
- V..... rychlost (km/h)
- D..... převýšení koleje (mm)
- Lk1,Lk2..... délka krajní přechodnice (m)
- n1, n2..... součinitel sklonu vzestupnice (-)

Tab. 2 Dopočítané geometrické parametry koleje

<i>Dopočítané geometrické parametry</i>									
oblouk č.	$D_{eq}$	D	$D_n$	l	$n_{min}$	$n_{lim}$	$a_q$	$a_{q,max}$	$\Delta l$
1	68	153	41	68	400	445	0,440917	0,65359	67
2	105	87	64	34	400	445	0,22169	0,65359	
3	85		51	28	400	445	0,180073	0,65359	
4	126	123	76	41	400	445	0,265146	0,65359	
5	148	100	89	48	400	445	0,31073	0,65359	
6	37		23	37	400	445	0,241127	0,65359	37
7	38		23	38	400	445	0,247309	0,65359	38
8	80		48	26	400	445	0,168315	0,65359	
9	74		45	54	400	445	0,351498	0,65359	
10	148	100	89	88	400	445	0,57224	0,65359	
11	99		60	32	400	445	0,204974	0,65359	
12	30		18	30	400	445	0,192901	0,65359	30
13	83		50	27	400	445	0,172715	0,65359	
14	30		18	30	400	445	0,192901	0,65359	30
15	51		31	-5	400	445	-0,036369	0,65359	
16	52		32	18	400	445	0,116139	0,65359	
17	148	100	89	68	400	445	0,441485	0,65359	
18	150	97	92	99	400	445	0,655811	0,65359	
19	148	100	89	68	400	445	0,441485	0,65359	
20	59		36	19	400	445	0,124292	0,65359	
21	74		45	24	400	445	0,155365	0,65359	
22	148	100	89	48	400	445	0,31073	0,65359	
23	148	100	89	48	400	445	0,31073	0,65359	
24	149	99	90	68	400	445	0,44469	0,65359	
25	148	100	89	68	400	445	0,441485	0,65359	
26	99		60	32	400	445	0,204974	0,65359	
27	37		23	37	400	445	0,241127	0,65359	37
28	29		18	29	400	445	0,187283	0,65359	29
29	35		21	35	400	445	0,226943	0,65359	35
30	148	100	89	48	400	445	0,31073	0,65359	
31	109	149	66	36	400	445	0,229341	0,65359	
32	123	127	74	40	400	445	0,261121	0,65359	
33	60		36	19	400	445	0,121651	0,65359	
34	121	130	73	39	400	445	0,251255	0,65359	
35	118	133	71	38	400	445	0,248584	0,65359	
36	99		59	32	400	445	0,202838	0,65359	
37	149	99	90	100	400	445	0,649002	0,65359	

Tab. 2 Dopočítané geometrické parametry koleje - pokračování

38	59		36	19	400	445	0,124292	0,65359	
39	81		49	57	400	445	0,37159	0,65359	39
39	43		26	19	400	445	0,118667	0,65359	
40	15		9	15	400	445	0,096451	0,65359	15
41	102	160	62	22	400	445	0,142155	0,65359	
41	97		59	17	400	445	0,109442	0,65359	5
41	147	101	89	67	400	445	0,436686	0,65359	50
42	104	157	63	34	400	445	0,219203	0,65359	
43	62		37	28	400	445	0,179594	0,65359	11
43	50		31	16	400	445	0,104667	0,65359	
44	150	98	91	48	400	445	0,312342	0,65359	
45	60		36	19	400	445	0,12244	0,65359	
46	28		17	28	400	445	0,178612	0,65359	27
47	98	96	59	32	400	445	0,204883	0,65359	
48	110	81	67	36	400	445	0,233977	0,65359	
49	30		19	30	400	445	0,195963	0,65359	30

### 2.2.1 Vzorce použité při výpočtu

Vzorce použité při výpočtu geometrických parametrů koleje jsou převzaty z normy ČSN 73 63 60-1 z roku 2008.(1) Pro větší přehlednost jsou uvedeny níže.

#### Výpočet teoretického převýšení $D_{eq}$ :

$$D_{eq} = \frac{11,8 \cdot V^2}{R} \quad (1)$$

- $D_{eq}$ ..... teoretické převýšení (mm)
- $V$ ..... rychlost (km/h)
- $R$ ..... poloměr kružnicového oblouku (m)

#### Výpočet převýšení pro oblouky s $R < 290$ m:

Pozn. V tabulce číslo 2 označení D

$$D \leq \frac{R-50}{1,5} \quad (2)$$

- $D_{eq}$ ..... převýšení (mm)
- $R$ ..... poloměr kružnicového oblouku (m)



### Výpočet doporučeného převýšení $D_n$ pro $V \leq 120 \text{ km/h}$ :

$$D_n = \frac{7,1 \cdot V^2}{R} \quad (3)$$

- $D_n$ ..... doporučené převýšení (mm)
- $V$ ..... rychlost (km/h)
- $R$ ..... poloměr kružnicového oblouku (m)

### Výpočet nedostatku převýšení $I$ :

$$I = \frac{11,8 \cdot V^2}{R} - D > 0 \quad (4)$$

- $I$ ..... nedostatek převýšení (mm)
- $D_n$ ..... navržené převýšení (mm)
- $V$ ..... rychlost (km/h)
- $R$ ..... poloměr kružnicového oblouku (m)

### Výpočet nevyrovnaného příčného zrychlení $a_q$ :

$$a_q = \frac{V^2}{12,96 \cdot R} - \frac{g \cdot D}{1500} \leq a_{q,max} \quad (5)$$

$$a_{q,max} = \frac{I_{max}}{153} \quad (6)$$

$$a_{q,lim} = \frac{I_{lim}}{153} \quad (7)$$

- $a_q$ ..... nevyrovnané příčné zrychlení (m/s<sup>2</sup>)
- $V$ ..... rychlost (km/h)
- $R$ ..... poloměr kružnicového oblouku (m)
- $G$ ..... tíhové zrychlení, uvažováno - 9,80665 (m/s<sup>2</sup>)
- $D$ ..... převýšení koleje (mm)
- $a_{q,max}$ ..... maximální hodnota nevyrovnaného příčného zrychlení (m/s<sup>2</sup>)
- $I_{max}$ ..... hodnota maximálního nedostatku převýšení (mm)
- $a_{q,lim}$ ..... mezní hodnota nevyrovnaného příčného zrychlení (m/s<sup>2</sup>)
- $I_{lim}$ ..... mezní hodnota nedostatku převýšení (mm)

### Výpočet náhlé změny nedostatku převýšení $\Delta I$ :

a) Napojení kružnicového oblouku poloměru R a přímé:

$$\Delta I = \frac{11,8 * V^2}{R} \quad (8)$$

b) Napojení dvou kružnicových oblouků poloměru  $R_1$  a  $R_2$  stejného směru:

$$\Delta I = I_2 - I_1 = \frac{11,8 * V^2 * (R_1 - R_2)}{R_1 * R_2} \quad (9)$$

Pozn.  $R_1 > R_2$

- $\Delta I$ ..... náhlá změna nedostatku převýšení (mm)
- V..... rychlost (km/h)
- $R_1, R_2$  ..... poloměry kružnicových oblouků (m)

### Výpočet minimální délky přechodnice $L_k$ :

$$L_k \geq \frac{n_i * I}{1000} \quad (10)$$

$$L_k \geq 0,7 * \sqrt{R} \quad (11)$$

- $L_k$  ..... délka přechodnice (m)
- $n_i$ ..... součinitel změny nedostatku převýšení (-)
- I ..... nedostatek převýšení (mm)
- R..... poloměr kružnicového oblouku (m)

## 2.2.2 Vlastní posouzení geometrických parametrů koleje

Geometrické parametry jsou porovnány s hodnotami z normy ČSN 73 63 60-1.[1]

- *Nedostatek převýšení I*:  $I_{lim} = 100$  mm pro  $V \leq 80$  km/h,  $I_{max} = 130$  mm pro  $V \leq 80$  km/h.  $I_{max} = 130$  mm lze pouze pro poloměry směřového oblouku  $R \geq 250$  m. V poloměrech  $R < 250$  m lze projektovat  $I_{max} = 130$  mm pouze pro vozidla s omezenými silovými účinky na trať (maximální hmotnost na nápravu 18t).
- *Náhlá změna nedostatku převýšení  $\Delta I$* :  $\Delta I_{lim} = 85$  mm pro  $V \leq 80$  km/h.
- U *převýšení koleje D* je kontrolováno, zda vyhoví požadavkům na převýšení. Mezní hodnota převýšení může být 150 mm pro zatížení do 20 milionů t/rok. Navíc u oblouků s poloměrem menším jak 290 m je kontrolováno, zda hodnota převýšení vyhoví podle vzorce 2.
- *Nevyrovanané příčné zrychlení  $a_q$*  je porovnáno s mezním v první variantě a s maximálním dovoleným nevyrovananým příčným zrychlením ve variantě druhé a čtvrté. Hodnota mezního/maximálního příčného zrychlení je vypočtena ze vzorce 6, 7.
- *Délka přechodnice  $L_{k1}$*  je porovnána s hodnotou vypočtenou podle vzorce 10, 11. Pro rychlosti  $V \geq 60$  km/h musí být  $L_k \geq 20$  m.
- *Součinitel sklonu vzestupnice  $n$* :  $n_{lim} = 6 \cdot V$  a současně nesmí být větší než 1:445.  $n_{min} = 6 \cdot V$  a současně nesmí být větší než 1:400. Pro  $V \leq 80$  km/h.

Tab. 3 Posouzení geometrických parametrů koleje na mezní hodnoty

Posouzení geometrických parametrů koleje											
oblouk č.	I	$\Delta I$	D (R<290 m)	D <sub>min</sub>	$a_q$	L <sub>k1</sub>	L <sub>k2</sub>	$n_{1,lim}$	$n_{2,lim}$	$n_{1,min}$	$n_{2,min}$
1	✓	✓	✓	✓	✓						
2	✓		✓	✓	✓	✓	✓	X	X	✓	✓
3	✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
4	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
5	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
6	✓	✓		✓	✓						
7	✓	✓		✓	✓						
8	✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
9	✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
10	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
11	✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
12	✓	✓		✓	✓						
13	✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
14	✓	✓		✓	✓						
15	✓			✓	✓	✓	✓	X	X	X	X
16	✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
17	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
18	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Tab 3. Posouzení geometrických parametrů koleje na mezní hodnoty - pokračování

19	√		√	√	√	√	√	√	X	X	√	√
20	√			√	√	√	√	√	√	√	√	√
21	√			√	√	√	√	√	√	√	√	√
22	√		√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
23	√		√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
24	√		√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
25	√		√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
26	√			√	√	√	√	√	√	√	√	√
27	√	√		√	√							
28	√	√		√	√							
29	√	√		√	√							
30	√		√	√	√	√	√	√	X	X	√	√
31	√		√	√	√	√	√	√	X	√	√	√
32	√		√	√	√	√	√	√	√	X	√	√
33	√			√	√	√	√	√	√	√	√	√
34	√		√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
35	√		√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
36	√			√	√	√	√	√	√	√	√	√
37	√		√	√	√	√	√	√	√	X	√	√
38	√			√	√	√	√	√	√	√	√	√
39	√	√		√	√	√		√			√	
39	√			√	√		√			√		√
40	√			√	√							
41	√		√	√	√	√		√			√	
41	√	√		√	√							
41	√	√	√	√	√		√			√		√
42	√		√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
43	√	√		√	√	√		√			√	
43	√			√	√		√			√		√
44	√		X	√	√	√	√	√	X	X	√	√
45	√			√	√	√	√	√	√	√	√	√
46	√	√		√	√							
47	√		√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
48	√		√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
49	√	√		√	√							

## 2.3 Vyhodnocení stávajícího stavu

Při posouzení geometrických parametrů koleje bylo zjištěno, že parametry nedostatek převýšení I, náhlá změna nedostatku převýšení  $\Delta I$ , převýšení koleje D, délka přechodnic a nevyrovnané příčné zrychlení  $a_q$  vyhoví. Podmínce dle vzorce číslo 2 nevyhoví oblouk číslo 44. Tato podmínka stanoví, že převýšení nemůže být větší než 98 mm, v oblouku je ale 102 mm.

V posledních 4 sloupcích se zkoumaly vzestupnice, a to z hlediska součinitele sklonu vzestupnic  $n$ . Pro mezní hodnoty nevyhověly vzestupnice v obloucích 2, 15, 19, 30, 31, 32, 37, 44. V obloucích 31, 32, 37 nevyhoví vždy jen jedna vzestupnice. Při kontrole na minimální hodnotu součinitele  $n$  nevyhoví už jen vzestupnice v oblouku 15 (stávající hodnota 357, požadovaná hodnota  $n_{\min} = 400$ ).

### 2.3.1 Návrh řešení nevyhovujícího stávajícího stavu

Problém v oblouku číslo 44 s převýšením je možné vyřešit dvěma způsoby. Prvním je snížením převýšení o 4 mm. Druhá možnost obnáší zvýšení poloměru oblouku alespoň o 5 m.

Problémy se vzestupnicemi jsou dvojího rázu: problém se součinitelem sklonu vzestupnic a s délkou vzestupnic. Jsou dvě možnosti úpravy geometrických parametrů koleje, aby součinitel  $n$  vyhověl. První variantou je zvětšení délky vzestupnice, v případě oblouku číslo 15 zvýšení délky o 3 m způsobí, že součinitel  $n$  vyhoví na minimální hodnotu, při zvýšení o další 2 m už vyhoví i na mezní hodnotu. Ve druhém případě by se muselo snížit převýšení D, např. u oblouku číslo 15 o 6 mm, aby součinitel  $n$  vyhověl na minimální hodnotu. Minimální délka mezipřímých a kružnicových částí se podrobněji řeší v kapitole 3.5.4.

### 3 Návrh zvýšení traťové rychlosti

Návrh zvýšení traťové rychlosti spočívá v možnosti připustit využití mezních, případně maximálních/minimálních hodnot nedostatku převýšení a dalších parametrů. Byly vypracovány 2 varianty. První zahrnuje zvýšení rychlosti při využití mezní hodnoty nedostatku převýšení  $I = 100$  mm. V místech, kde dochází k neefektivnímu poklesu rychlosti, byla prověřena možnost zvýšit rychlost překročením mezních hodnot a využitím maximálních hodnot nedostatku převýšení a minimálních hodnot strmosti vzestupnice. V třetím kroku je prozkoumána možnost dalšího zvýšení rychlosti se změnou geometrických parametrů koleje. Druhá varianta navrhuje rychlost  $V_{130}$ , to znamená rychlost s využitím nedostatku převýšení  $I = 130$  mm. Tato varianta je možná jen pro poloměry směrového oblouku  $R \geq 250$  m. V poloměrech  $R < 250$  m lze projektovat  $I_{\max} = 130$  mm pouze pro vozidla s omezenými silovými účinky na trať (maximální hmotnost na nápravu 18 t.[1])

#### 3.1 Varianta 1

##### 3.1.1 Krok 1

V kroku 1 byla prozkoumána možnost zvýšení rychlosti bez změny geometrických parametrů koleje. Stanovena byla rychlost s využitím mezní hodnoty nedostatku převýšení  $I_{\lim} = 100$  mm. Následně byla rychlost vhodně upravena, aby byla dodržena jednotná rychlost na co nejdelším úseku.

Tab. 4 Návrh rychlosti v kroku 1

Zvýšení rychlosti varianta 1					Vyhodnocení	
oblouk č.	$V (I_{\lim} = 100 \text{ mm})$	Návrh $V$	min $L_{k1}$	min $L_{k2}$	$L_{k1}$	$L_{k2}$
1	45	45	15	15	V	V
2	50	50	19	19	V	V
3	65	60	22	22	V	V
4	60	60	23	23	V	V
5	55	55				
6	80	80				
7	80	80	26	26	V	V
8	65	60	21	21	V	V
9	60	60	21	21	V	V
10	50	50	18	18	V	V
11	65	65				
12	90	65	20	20	V	V
13	65	65				
14	90	65	13	13	V	V
15	85	70	8	8	V	V

Tab. 4 Návrh rychlosti v kroku 1

16	80	70	32	32	V	V
17	55	55	22	22	V	V
18	50	50	13	13	V	V
19	55	55	22	22	V	V
20	75	70	28	28	V	V
21	70	70	26	26	V	V
22	55	55	17	17	V	V
23	55	55	17	17	V	V
24	55	55	22	22	V	V
25	55	55	22	22	V	V
26	65	55				
27	80	80				
28	90	80				
29	80	80	28	28	V	V
30	55	55	17	17	V	V
31	60	60	20	20	V	V
32	60	60	21	21	V	V
33	75	60	28	28	V	V
34	60	60	22	22	V	V
35	60	60	22	22	V	V
36	65	60	26	26	V	X
37	50	50	20	20	V	V
38	75	75	28		V	
39	60	60		22		V
39	85	60				
40	130	60	12		V	
41	65	55				
41	65	55	22	22		V
41	55	55	21	21	V	V
42	60	55	19		V	
43	70	70		24		V
43	80	70	30	30	V	V
44	55	55	17	17	V	V
45	75	55				
46	95	55	37	37	V	V
47	50	50	17	17	V	V
48	50	50				
49	70	50				

### 3.1.2 Krok 2

Krok dva se zabývá úseky, kde se nepodařilo zvýšit rychlost v kroku 1. Jedná se o oblouky 5, 10, 18, 30, 37, 41, 44. Rychlost se v kroku 2 zvyšovala použitím maximálních/minimálních hodnot parametrů. Viz následující tabulka:

Tab. 5 Návrh rychlost pro krok 2

<b>Rychlost pro <math>l=130</math> mm</b>			
<b>oblouk č.</b>	<b>R</b>	<b>V ( <math>l_{lim} = 100</math> mm )</b>	<b>V ( <math>l=130</math> mm )</b>
5	200	55	60
10	200	50	55
17	200	55	60
18	195	50	55
19	200	55	60
22	200	55	60
23	200	55	60
24	198	55	60
25	200	55	60
30	200	55	60
37	199	50	55
41	201	55	60
44	197	55	60

Rychlost se v kritických místech dala zvýšit o 5 km/h.

### 3.1.3 Krok 3

Krok 3 zkoumá možnost dalšího zvýšení rychlosti, a to změnou geometrických parametrů koleje, zejména změnou převýšení. Hodnoty převýšení vychází ze vzorců 1, 2 a 3. V tabulce číslo 7 je posouzen součinitel strmosti vzestupnic. Součinitel sklonu vzestupnic nevyhověl na mezní hodnotu už ve stávajícím stavu v obloucích 2, 15, 19, 30, 31, 32, 37, 44. V těchto obloucích bylo ponecháno stávající převýšení. Na trase se nachází jeden inflexní motiv, a to mezi oblouky 31 a 32. Ani v jednom oblouku se nemění převýšení. V tabulce jsou uvedeny konkrétní hodnoty.



Tab. 6 Návrh rychlosti pro krok 3

<i>Rychlost pro variantu 3</i>								
oblouk č.	R	D	D <sub>eq</sub>	D <sub>(R&lt;290 m)</sub>	D <sub>n</sub>	Návrh D	návrh V	zvýšení D
5	200	100	148	100	89	100	55	0
10	200	60	148	100	89	80	55	20
17	200	80	148	100	89	80	55	0
18	195	51	151	97	92	51	50	0
19	200	80	148	100	89	80	55	0
22	200	100	148	100	89	100	55	0
23	200	100	148	100	89	100	55	0
24	198	81	149	99	90	81	55	0
25	200	80	148	100	89	80	55	0
30	200	100	148	100	89	100	55	0
37	199	49	149	99	90	49	50	0
41	290	80	102	160	62	99	55	19
41	305	80	97		59	90	55	10
41	201	80	147	101	89	80	55	0
44	197	102	150	98	91	102	55	0

Tab. 7 Posouzení zvýšení rychlosti pro krok 3

<i>Posouzení zvýšení rychlosti pro variantu 3</i>							
oblouk č.	l	a <sub>q</sub>	a <sub>q, lim</sub>	n <sub>1, lim</sub>	n <sub>1, lim</sub>	n <sub>1, min</sub>	n <sub>1, min</sub>
5	78	0,512908	√	√	√	√	√
10	98	0,643627	√	X	X	√	√
17	98	0,643627	√	√	√	√	√
18	96	0,629294	√	√	√	√	√
19	98	0,643627	√	X	X	√	√
22	78	0,512908	√	√	√	√	√
23	78	0,512908	√	√	√	√	√
24	99	0,648874	√	√	√	√	√
25	98	0,643627	√	√	√	√	√
30	78	0,512908	√	X	X	√	√
36	99	0,644649	√	√	√	√	√
37	99	0,648635	√	√	X	√	√
41	100	0,653595	√	√		√	
41	100	0,653595	√				
41	98	0,637824	√		√		√
42	85	0,555097	√	X	X	√	√
44	79	0,517601	√	X	X	√	√

Součinitel sklonu v zestupnic nevyhoví na mezní hodnoty oproti stávajícímu stavu navíc v obloucích 10 a 42. Číselné porovnání jednotlivých kroků je v tabulce 8. Grafické vyjádření je uvedeno v příloze.

Tab. 8 Porovnání zvýšení rychlosti

<i>Porovnání zvýšení rychlosti</i>			
Oblouk č.	Krok 1 (km/h)	Krok 2 (km/h)	Krok 3 (km/h)
5	55	60	55
10	50	55	55
17	55	60	55
18	50	55	50
19	55	60	55
22	55	60	55
23	55	60	55
24	55	60	55
25	55	60	55
30	55	60	55
37	50	55	55
41	55	60	55
<b>41</b>	55	60	55
<b>41</b>	55	60	55
44	55	60	55

Jak je vidět z tabulky 8, zvyšování převýšení nepřinese zvýšení rychlosti.

### 3.2 Varianta 2

Ve variantě 2 se rychlost zvyšuje za použití  $I_{\max} = 130$  mm. Tato varianta je možná jen pro poloměry směřového oblouku  $R \geq 250$  m. V poloměrech  $R < 250$  m lze projektovat  $I_{\max} = 130$  mm pouze pro vozidla s omezenými silovými účinky na trať (maximální hmotnost na nápravu 18 t.[1])

Tab. 9 Rychlost pro variantu 2

Zvýšená rychlost						Vyhodnocení	
oblouk č.	V pro $I_{\max} = 130$ mm	$L_{k1}$	$L_{k2}$	min $L_{k1}$	min $L_{k2}$	$L_{k1}$	$L_{k2}$
1	55	29	29	28	28	√	√
2	55	30	30	28	28	√	√
3	70	44	44	30	30	√	√
4	65	50	50	33	33	√	√
5	60			27	27		
6	75			25	25		
7	75	30	30	26	26	√	√
8	65	26	26	21	21	√	√
9	65	32	32	27	27	√	√
10	55	34	34	26	26	√	√
11	70			35	35		
12	75	30	30	20	20	√	√
13	75			39	39		
14	75	20	20	20	20	√	√
15	75	20	20	17	17	√	√
16	75	40	40	25	25	√	√
17	60	23	26	22	22	√	√
18	55	34	34	29	29	√	√
19	60	30	30	22	22	√	√
20	75	30	30	28	28	√	√
21	75	50	50	35	35	√	√
22	60	52	52	27	27	√	√
23	60	51	51	27	27	√	√
24	60	40	40	22	22	√	√
25	60	46	46	22	22	√	√
26	70			35	35		
27	80			30	30		
28	80			23	23		
29	80	40	40	28	28	√	√
30	60	30	35	27	27	√	√
31	65	39	34	29	29	√	√
32	60	21	21	17	17	√	√

Tab. 8 Rychlost pro variantu 4 - pokračování

33	80	42	42	36	36	√	√
34	65	40	40	32	32	√	√
35	65	34	34	31	31	√	√
36	60	33	20	18	18	√	√
37	55	36	36	20	20	√	√
38	80	36		36	36	√	
39	65		40	29	29		√
39	65			27	27		
40	70	46		8	8	√	
41	60			33	33		
41	60		40	31	31		√
41	60	40	40	21	21	√	√
42	65	28		27	27	√	
43	65		24	18	18		√
43	65	41	41	30	30	√	√
44	60	28	28	27	27	√	√
45	80			36	36		
46	80	42	42	22	22	√	√
47	55	40	40	26	26	√	√
48	50						
49	80						

Rychlost se podařilo zvýšit v celém úseku tratě.

### 3.3 Omezující prvky

Zvýšení rychlosti je omezeno následujícími prvky:

- Inflexní motivy
- Složené oblouky
- Délky přechodnic
- Délka kružnicových částí oblouků a přímých mezi vzestupnicemi
- Sklonové poměry
- Návěstidla
- Přejezdy
- Nástupiště
- Výhybky
- Mosty

Omezení rychlosti se vztahuje oběma variantám.

#### 3.3.1 Inflexní motiv

Na trati se nachází jeden inflexní motiv, a to mezi oblouky 31 a 32. Ani u jednoho z oblouků se v žádné z variant nijak nemění geometrické parametry koleje, zůstává zachován poměr délek vzestupnic a převýšení.

#### 3.3.2 Složené oblouky

Ve všech třech složených obloucích je navržena taková rychlost, která nezpůsobí zásahy do geometrických parametrů koleje. Složené oblouky vyhoví na mezní hodnotu náhlé změny nedostatku převýšení. Rychlost se upravila tak, aby byla stejná ve všech částech oblouku.

Tab. 10 Posudek na  $\Delta l$  u složených oblouků

Oblouk č.	R (m)	V1 (km/h)	$\Delta l$ (mm)	V3 (km/h)	$\Delta l$ (mm)	V4 (km/h)	$\Delta l$ (mm)
39a	365	60	56	70	76	65	65
39b	700	60		70		65	
41a	290	55	7	55	7	60	7
41b	305	55	61	55	61	60	72
41c	201	55		55		60	
43a	480	70	22	70	22	65	19
43b	590	70		70		65	

#### 3.3.3 Délky přechodnic

Délky přechodnic po zvýšení rychlosti vyhoví ve všech případech. Posudek pro každou variantu je udělán vždy rovnou při zvyšování rychlosti.

### 3.3.4 Délka kružnicových části oblouků a přímých mezi vzestupnicemi

Pro rychlosti  $V \leq 80$  km/h je mezní hodnota délky  $L_{lim} = 20$  m a minimální hodnota  $L_{min} = 15$  m. Na minimální hodnotu vyhoví všechny délky. Na mezní hodnotu nevyhoví délka přímých mezi vzestupnicemi ve 2 případech. U přilehlých oblouků nedochází k žádné změně geometrických parametrů koleje. Řešením je navrhnout inflex prodloužením obou přechodnic. Ale přímá mezi oblouky 46 a 47 se nachází na mostě. Most má přímo pojižděnou mostovku, změna délek přechodnice by vyvolala příčné posuny, proto navrhuji v tomto případě nezřizovat inflex, ale nechat mezipřímou délky 17 m.

### 3.3.5 Sklonové poměry

Se změnou rychlosti dochází ke změně poloměru zaoblení lomu sklonu a vzdálenosti lomu sklonu. Z nákrešného přehledu železničního svršku nelze zjistit poloměr zaoblení lomu sklonu. Vzdálenost lomu sklonu má být větší než  $4 \cdot V$ , nejméně však  $L_{n,min} = 200$  m. Poloměr zaoblení lomu sklonu mají být  $R_{v,lim} \geq 0$ ,  $L_{n,lim} = 40 \cdot V^2$  a nesmí být menší než  $R_{v,min} \geq 0,25 \cdot V^2$ . Pro rychlost  $V < 80$  km/h nemá být poloměr zaoblení menší než  $R_{v,lim} = 2000$  m a ve stísněných poloměrech nesmí být menší než  $R_{v,min} = 1000$  m.[1] Rychlost se podařilo nejvíce zvýšit z 50 km/h na 80 km/h. Vzdálenost lomu sklonu pro 50 km/h musí být větší než  $L_{n,lim} = 4 \cdot V = 4 \cdot 50 = 200$  m. Pro rychlost 80 km/h  $L_{n,lim} = 4 \cdot V = 4 \cdot 80 = 320$  m. Poloměr zaoblení lomu sklonu má být  $R_{v,lim} \geq 0,40 \cdot V^2$ . Pro rychlost 50 km/h  $R_{v,lim} \geq 0,40 \cdot 50^2 = 1000$  m, ale  $R_{v,lim} = 2000$  m. Pro rychlost 80 km/h  $R_{v,lim} \geq 0,40 \cdot 80^2 = 2560$  m. Zvýšení rychlosti způsobí, že mezní vzdálenost lomu sklonu se zvětší o 120 m. Mezní poloměr lomu sklonu se zvýší o 560 m.

### 3.3.6 Návěstidla

Vzdálenost návěstidel se řídí „SŽDC (ČD) D 1 Předpisem pro používání návěstidel při organizování a provozování drážní dopravy“. Dle tohoto předpisu musí být zábrzdňá vzdálenost, tj. vzdálenost mezi hlavními závislými návěstidly nebo mezi samostatnou předvěstí a hlavním návěstidlem, nejméně:

- 400 m – pro tratě s rychlostí do 60 km/h
- 700 m – pro tratě s rychlostí vyšší než 60 km/h do rychlosti 100 km/h
- 1000 m – pro tratě s rychlostí vyšší než 100 km/h do rychlosti 160 km/h [3]

Tato podmínka je splněna v celém úseku tratě.

### 3.3.7 Přejezdy

Navrhované změny rychlosti je potřeba upravit s ohledem na omezení rychlosti na přejezdech, a to z důvodu rozhledových poměrů. Na trati je situováno 31 přejezdů. Z toho 11 je vybavených světelným zabezpečovacím zařízením, 7 dopravní značkou „Stůj, dej přednost v jízdě!“ a 13 je zabezpečeno pouze výstražným křížem. Přejezdy na komunikaci 3. třídy se vyskytují v 11 případech, všechny tyto přejezdy jsou zabezpečeny světelným výstražným zařízením. Zbývajících 20 přejezdů kříží polní a lesní cesty malého významu a s minimálním provozem. Ve směru Skalice nad Svitavou – Velké Opatovice se musí snížit rychlost na přejezdech ve čtyřech případech. Ve směru Velké Opatovice – Skalice nad Svitavou je nutné snížit rychlost na jednom přejezdu. Čísla přejezdů, staničení a omezená rychlost jsou uvedeny v tabulkách 11 a 12.

Důvodem snížení rychlosti jsou nedostatečné rozhledové poměry na přejezdu nebo nedostatečná délka přibližovacího úseku.

Tab. 11 Omezení rychlosti směr Skalice nad Svitavou – Velké Opatovice

<i>Číslo přejezdu</i>	<i>Staničení</i>	<i>Rychlost</i>
<b>P6953</b>	12,688	35
<b>P6958</b>	16,217	20
<b>P6965</b>	20,349	15
<b>P6970</b>	23,671	20

Tab. 12 Omezení rychlosti směr Velké Opatovice – Skalice nad Svitavou

<i>Číslo přejezdu</i>	<i>Staničení</i>	<i>Rychlost</i>
<b>P6965</b>	20,349	10

Přejezdy snižují výrazně rychlost. Možné úpravy kritických přejezdů:

- Přidat přejezdová zabezpečovací zařízení.
- Zrušit přejezdy.
- Upravit rozhledové poměry a délky přibližovacích úseků.

Stávající snížení rychlosti je do návrhu zvýšení rychlosti zapracované.

### 3.3.8 Nástupiště

Jediné nástupiště v oblouku se nachází v zastávce Boskovice. Konkrétně v oblouku číslo 37. V tomto oblouku není navrhována úprava směrových a výškových poměrů.

### 3.3.9 Výhybky

Výhybky sníží rychlost na dvou místech. Viz tabulka 13:

Tab. 13 Omezení rychlosti kvůli výhybkám

<i>Staničení</i>	<i>Rychlost</i>	<i>Důvod snížení rychlosti</i>
<b>11 156 – 11 750</b>	40	v bez z, přev
<b>21 124 – 21 340</b>	40	z v

Legenda:

- v bez z – výhybky nezávislé na hlavních návěstidlech
- přev – nedostatečné nebo chybějící převýšení
- z v – zabezpečení výhybek nevyhovuje největší traťové rychlosti

### 3.3.10 Mosty

Na úseku se nachází jeden most. V úseku mostu je navrženo zvýšení rychlosti o 10 km/h. Zvýšení rychlosti způsobí změnu dynamických účinků na mostní konstrukci. Je doporučeno před zavedením zvýšení rychlosti stávající mostní konstrukci přepočítat s ohledem na změnu zatížení.

## 4 Závěr

Cílem práce bylo navrhnout zvýšení traťové rychlosti v úseku Skalice nad Svitavou – Velké Opatovice. Byly vypracovány dvě varianty řešení. Zvyšování rychlosti se u první varianty provedlo ve třech krocích:

- Krok 1 – Návrh zvýšení rychlosti s využitím mezních hodnot parametrů.
- Krok 2 – V úsecích, kde se nepodařilo zvýšit rychlost v kroku 1, se rychlost zvyšovala použitím maximálních/minimálních hodnot parametrů.
- Krok 3 – Zkoumá možnost dalšího zvyšování rychlosti změnou geometrických parametrů koleje.

V prvním kroku se podařilo zvýšit rychlost téměř v celém úseku tratě, kromě oblouků 5, 10, 18, 30, 37, 41, 44. Zvýšením rychlosti v těchto obloucích se zabývá krok 2. V těchto obloucích se podařilo dosáhnout zvýšení rychlosti o 5km/hod. V kroku 3 se zjišťovala možnost dalšího zvýšení rychlosti ve výše uvedených obloucích pomocí změn geometrických parametrů koleje. Krokem 3 se další zvýšení rychlosti už nepovedlo. Nejvyšší a nejplynulejší rychlosti v celém úseku tratě se dosáhlo již ve druhém kroku.

Ve druhé variantě se rychlost zvyšovala za použití nedostatku převýšení  $I = 130$  mm. Orientačním výpočtem doby jízdy se zjistilo, že nejrychlejší je druhá varianta, ale rozdíl oproti první variantě je nepatrný.

Časová úspora je patrná z tabulky číslo 14 – oproti stávajícímu stavu se doba zkrátila cca o 6 minut v obou variantách. Doba jízdy se zkrátila o 24 %. Časy jsou pouze orientační. Není brána v úvahu akcelerace a decelerace vlaku, stání ve stanicích apod. Vlak ve skutečnosti jede 33 minut místo uváděných 25,41 min. V obou variantách jsou zohledněna všechna omezení vyplývající z kapitoly 3.5.

Tab. 14 Časová úspora

Časová úspora		
Původní čas	Varianta 1	Varianta 2
25,41 min	19,34 min	19,12 min

Rychlost snižují hlavně přejezdy. Aby zvýšení rychlosti bylo efektivní, bylo by potřeba provést ještě další úpravy trati.



## **5 Seznam tabulek**

<b>Tab. 1</b>	<b>Geometrické parametry koleje vyčtené z nákresného přehledu</b>	<b>13</b>
<b>Tab. 2</b>	<b>Dopočítané geometrické parametry koleje</b>	<b>15</b>
<b>Tab. 3</b>	<b>Posouzení geometrických parametrů koleje na mezní hodnoty</b>	<b>19</b>
<b>Tab. 4</b>	<b>Návrh rychlosti v kroku 1</b>	<b>22</b>
<b>Tab. 5</b>	<b>Návrh rychlost pro krok 2</b>	<b>24</b>
<b>Tab. 6</b>	<b>Návrh rychlosti pro krok 3</b>	<b>25</b>
<b>Tab. 7</b>	<b>Posouzení zvýšení rychlosti pro krok 3</b>	<b>25</b>
<b>Tab. 8</b>	<b>Porovnání zvýšení rychlosti</b>	<b>26</b>
<b>Tab. 9</b>	<b>Rychlost pro variantu 2</b>	<b>27</b>
<b>Tab. 10</b>	<b>Posudek na <math>\Delta I</math> u složených oblouků</b>	<b>29</b>
<b>Tab. 11</b>	<b>Omezení rychlosti směr Skalice nad Svitavou – Velké Opatovice</b>	<b>31</b>
<b>Tab. 12</b>	<b>Omezení rychlosti směr Velké Opatovice – Skalice nad Svitavou</b>	<b>31</b>
<b>Tab. 13</b>	<b>Omezení rychlosti kvůli výhybkám</b>	<b>31</b>
<b>Tab. 14</b>	<b>Časová úspora</b>	<b>32</b>

## 6 Seznam použitých zdrojů

ČSN 73 6360-1 - *Konstrukční a geometrické uspořádání koleje železničních drah a její prostorová poloha – Část 1: Projektování*. ČNI, Praha, 2008.

ČSN 73 6380 – *Železniční přejezdy a přechody*. ČNI, Praha, 2004.

Nákresný přehled železničního svršku Velké Opatovice – Skalice nad Svitavou.

ŘÍHA, Marek. *100 let místní dráhy Skalice nad Svitavou – Velké Opatovice*. Praha: Gradis Bohemia, s.r.o., 2008. 191 str. ISBN 80-86925-04-8.

SŽDC (ČD) D 1: *Předpis pro používání návěstidel při organizování a provozování drážní dopravy*. České dráhy s. o., Praha, 1997. Úprava z roku 2008.

## 7 Citace

[1] ČSN 73 6360-1: *Konstrukční a geometrické uspořádání koleje železničních drah a její prostorová poloha – Část 1: Projektování*. Český normalizační institut, Praha, 2008.

[2] ŘÍHA, Marek. *100 let místní dráhy Skalice nad Svitavou – Velké Opatovice*. Praha: Gradis Bohemia, s.r.o., 2008. 191 str. ISBN 80-86925-04-8.

[3] SŽDC (ČD) D 1: *Předpis pro používání návěstidel při organizování a provozování drážní dopravy*. České dráhy s. o., Praha, 1997. Úprava z roku 2008.

## 8 Seznam zkratek a symbolů

$a_q$	nevyrovnané příčné zrychlení ( $m/s^2$ )
$a_{q,lim}$	mezí hodnota nevyrovnaného příčného zrychlení ( $m/s^2$ )
$a_{q,max}$	maximální hodnota nevyrovnaného příčného zrychlení ( $m/s^2$ )
D	převýšení koleje (mm)
$D_{eq}$	teoretické převýšení (mm)
$D_n$	doporučené převýšení (mm)
g	tíhové zrychlení, uvažováno - 9,80665 ( $m/s^2$ )
I	nedostatek převýšení (mm)
$I_{lim}$	mezí hodnota nedostatku převýšení (mm)
$I_{max}$	hodnota maximálního nedostatku převýšení (mm)
$\Delta I$	náhlá změna nedostatku převýšení (mm)
$L_k$	délka krajní přechodnice (m)
$L_n$	délka svislého průmětu vloženého přímkového sklonu do vodorovné (m)
$L_{n,lim}$	mezí délka svislého průmětu vloženého přímkového sklonu do vodorovné (m)
$L_{n,min}$	minimální délka svislého průmětu vloženého přímkového sklonu do vodorovné (m)
n	součinitel sklonu vzestupnice (-)
přev	nedostatečné nebo chybějící převýšení
R	poloměr kružnicového oblouku (m)
$R_v$	poloměr zaoblení lomu sklonu (m)
$R_{v,lim}$	mezí poloměr zaoblení lomu sklonu (m)
$R_{v,min}$	minimální poloměr zaoblení lomu sklonu (m)
V	rychlost (km/h)
v bez z	výhybky nezávislé na hlavních návěstidlech
z v	zabezpečení výhybek nevyhovuje největší traťové rychlosti

## **9 Seznam příloh**

Graf zvýšení rychlosti pro variantu 1 a 2