

UNIVERZITA PARDUBICE
DOPRAVNÍ FAKULTA JANA PERNERA

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2008

David Hanák

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera

Jízdní obrysy železničních vozidel
David Hanák

Bakalářská práce
2008

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **David HANÁK**
Studijní program: **B3709 Dopravní technologie a spoje**
Studijní obor: **Dopravní prostředky-Kolejová vozidla**

Název tématu: **Jízdní obrysy železničních vozidel**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Vypracujte všeobecný popis funkce jízdního obrysu kola dvojkolí, vývoj tvarů jízdních obrysů a matematické vyjádření křivek jízdních obrysů dle platné normy.

1. Důvodovou zprávu.
2. Historický vývoj tvarů jízdních obrysů.
3. Matematický popis používaných jízdních obrysů.
4. Porovnání jednotlivých jízdních obrysů.
5. Sestavení souborů vstupních dat používaných jízdních obrysů pro výpočet charakteristik kontaktní geometrie dvojkolí-kolej.

Rozsah grafických prací: podle pokynů vedoucího BP
Rozsah pracovní zprávy: 40 stran
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná

Seznam odborné literatury:

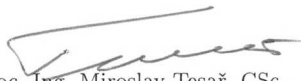
- [1] IZER J., JANDA J., MARUNA Z., ZDRŮBEK S.: Kolejové vozy. Bratislava: Nakladatelství Alfa Bratislava, 1. vydání, 1986, 380 s., ISBN 63-870-84.
- [2] ČSN EN 13715: Železniční aplikace – Dvojkolí a podvozky – Kola – Jízdní obrysy kol.
- [3] ZELENKA J.: Geometrické poměry mezi kolem a kolejnicí. Diplomová práce, VŠDS Žilina, květen 1981.
- [4] IZER J., ZELENKA J.: Charakteristiky kontaktní geometrie. Scientific Papers of the University of Pardubice, Series B, The Jan Perner Transport Faculty, 2/1996, Univerzita Pardubice, 1996, s. 39-62.

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Jaromír Zelenka, CSc.
Katedra dopravních prostředků a diagnostiky

Datum zadání bakalářské práce: 18. února 2008
Termín odevzdání bakalářské práce: 26. května 2008


prof. Ing. Bohumil Culek, CSc.
děkan

L.S.


doc. Ing. Miroslav Tesař, CSc.
vedoucí katedry

dne

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu své bakalářské práce panu doc. Ing. Jaromíru Zelenkovi, CSc. za užitečné připomínky, informace a spolupráci, které mi byly velkým přínosem, pomohly mi dostat se hlouběji do této problematiky.

Dále bych chtěl poděkovat své rodině a přátelům za podporu a pochopení při vytváření této bakalářské práce.

SOUHRN

V bakalářské práci jsem se zabýval problematikou jízdních obrysů železničních vozidel. Popsal jsem jejich funkci, historický vývoj. Matematicky jsem vyjádřil současné jízdní obrysy, datové údaje zpracoval a vytvořil jejich grafy a tabulky ASCI.

KLÍČOVÁ SLOVA

Jízdní obrysy, S1002, EPS, 1/40, ZI – 3, vývoj, funkce, grafy jízdních obrysů. ASCI tabulky.

TITLE

The Wheel's Contours of Railway Vehicles.

ABSTRACT

I have concentrated on the wheel's contours of railway vehicles. I have described the functions of them, the historic development. I have formulized all types of current wheel's contours. I have made graphs and ASCI tabs from data made by these formulas.

KEYWORDS

The wheel's contours, S1002, EPS, 1/40, ZI – 3, development, function, graphs, ASCI tabs.

Obsah

1.	Úvod.....	10
2.	Popis jízdního obrysu.....	11
2.1.	Jízdní plocha	11
2.2.	Okolek.....	11
2.2.1.	Výška okolku	11
2.2.2.	Šířka okolku	11
3.	Funkce jízdního obrysu.....	12
3.1.	Přenos sil mezi kolem a dvojkolím.....	12
3.1.1.	Dotyková ploška	12
3.1.2.	Průběh napětí a tečných sil v dotykové plošce	13
3.2.	Geometrická poloha dvojkolí vůči koleji.....	15
3.2.1.	Rozchod koleje a dvojkolí	15
3.2.2.	Pohyb dvojkolí, sinusový pohyb.....	16
3.2.3.	Bezpečnost proti vykolejení.....	20
4.	Používané jízdní obrysy	22
4.1.	Definice jízdních obrysů	22
4.2.	Konstrukční metoda	22
4.3.	Základní jízdní obrys	23
4.4.	Jízdní obrysy se změněnou šířkou okolku	23
4.4.1.	Okolek.....	23
4.4.2.	Přechodové oblasti D1 – C1 – D0 u obrysu 1/40 a S1002.....	24
4.4.3.	Oblast D1 – C1 -D0 u obrysu EPS	24
4.4.4.	Oblast D0 - B1 (B1a nebo B1b).....	24
4.4.5.	Sklon a zkosená hrana.....	24
4.5.	Matematické vyjádření okolku s výškou 28 mm a tloušťkou 32,5 mm.....	25
4.5.1.	Oblast D1 – E1	26
4.5.2.	Úsek E1 – F1	27

4.5.3.	Úsek G1 – F1	28
4.5.4.	Úsek H1 – G1.....	28
4.5.5.	Úsek H1 – H2.....	28
4.6.	Matematické vyjádření okolku o výšce 30 mm a tloušťce 32,5 mm	29
4.6.1.	Oblast E1 – D1	30
4.6.2.	Oblast F1 – E1	30
4.6.3.	Oblast G1 – F1	30
4.6.4.	Oblast H1 – G1	31
4.6.5.	Oblast H2 – H1	31
4.7.	Matematické vyjádření okolku o výšce 32 mm a šířce 32,5 mm.....	31
4.7.1.	Úsek E1 – D1	32
4.7.2.	Úsek F1 – E1.....	32
4.7.3.	Úsek G1 – F1	32
4.7.4.	Úsek H1 – G1.....	33
4.7.5.	Úsek H2 – G1.....	33
4.8.	Matematické vyjádření okolku s šířkou menší než 32,5 mm.....	33
4.8.1.	Úsek E1 – D1	34
4.8.2.	Úsek F1 – E1.....	35
4.8.3.	Úsek G1 – F1	35
4.8.4.	Úsek S – G1	37
4.8.5.	Úsek H1 – S	39
4.8.6.	Úsek H2 – H1.....	39
4.9.	Jízdní obrys 1/40 s referenční šířkou okolku 32,5 mm.....	40
4.9.1.	Úsek A1 – I.....	40
4.9.2.	Úsek A1 – B1a.....	41
4.9.3.	Úsek C11a – B1a	41
4.9.4.	Úsek D1a – C11a	42
4.9.5.	Úsek D1 – D1a.....	42

4.9.6.	Úsek H2 – D1.....	43
4.10.	Jízdní obrys 1/40 s šířkou okolku menší než 32,5 mm.....	43
4.10.1.	Oblast D0 - A1 - I.....	43
4.10.2.	Oblast T1 – D0	43
4.10.3.	Oblast C11a – T1.....	43
4.10.4.	Úsek D1a – C11a.....	44
4.10.5.	Úsek D1 – D1a	45
4.11.	Jízdní obrys S1002 s referenčním rozměrem okolku.....	46
4.11.1.	Úsek I – A1.....	47
4.11.2.	Úsek B1 – A1	47
4.11.3.	Úsek B1 – D0	48
4.11.4.	Úsek D1 – D0.....	48
4.12.	Jízdní obrys S1002 s šířkou okolku menší než 32,5 mm.....	48
4.12.1.	Úsek D0 – B1 – A1 – I.....	48
4.12.2.	Úsek T1 – D0.....	48
4.12.3.	Úsek D1 – T1.....	49
4.13.	Jízdní obrys EPS s referenční šířkou okolku $e = 32,5$ mm.....	49
4.13.1.	Úsek A1 – I.....	50
4.13.2.	Úsek B1b – A1	50
4.13.3.	Úsek C12 – B1b.....	51
4.13.4.	Úsek C11b – C12.....	51
4.13.5.	Úsek C1b – C11b.....	51
4.13.6.	Úsek D1 – C1b	52
4.14.	Jízdní obrys EPS s šířkou okolku menší jak 32,5 mm.....	53
4.14.1.	Oblast C1b – D1 pro šířku okolku 32 mm	53
4.14.2.	Oblast C1b – D1 pro šířku okolku 31,5 mm	53
4.14.3.	Oblast C1b – D1 pro šířku okolku 31 mm	54
4.14.4.	Oblast C1b – D1 pro šířku okolku 30,5 mm	55

4.14.5.	Oblast C1b – D1 pro šířku okolku 30 mm	55
4.14.6.	Oblast C1b – D1 pro šířku okolku 29,5mm	56
4.14.7.	Oblast C1b – D1 pro šířku okolku 29 mm	57
4.14.8.	Oblast C1b – D1 pro šířku okolku 28,5 mm	57
5.	Porovnání jednotlivých jízdních obrysů	59
5.1.	Oblast od vnitřního okraje kola až po styčnou kružnici	59
5.2.	Oblast mezi styčnou kružnicí a okolkem (přechodová).....	60
6.	Historický vývoj jízdních profilů.....	62
6.1.	Kuželový jízdní obrys	62
6.2.	Jízdní obrys BR P8.....	63
6.3.	Jízdní obrys KKVMZ	64
6.4.	Jízdní obrys ZI – 3 a ZI – 4.....	64
7.	Závěr	65
8.	Literatura.....	66
9.	Seznam příloh	67

UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	Stránka 10
---	------------------	------------

1. Úvod

Úkolem této bakalářské práce je rozbor jízdních obrysů železničních kol.

V části teoretické se tato práce zaměřuje na hlavní funkce jízdního obrysu, mezi něž patří přenos tečných sil, zajištění bezpečnosti proti vykolejení, sinusový pohyb dvojkolí při jízdě a s tím související centrování dvojkolí při pohybu.

V části praktické a konstrukční se tato práce zabývá rozbohem jednotlivých jízdních obrysů. V rámci vzájemné interoperability mezi jednotlivými železničními správami byla přijata norma EN 13 715:2006, která povoluje používání tří základních jízdních obrysů, obrysu S1002 (UIC-ORE), EPS a 1/40. Tomuto dokumentu musel být dán nejpozději do konce srpna roku 2006 status národní normy a předchozí národní normy musely být zrušeny. Tuto normu musely převzít tyto země: Belgie, Česká republika, Dánsko, Estonsko, Finsko, Francie, Irsko, Island, Itálie, Kypr, Litva, Lotyšsko, Lucembursko, Maďarsko, Malta, Německo, Nizozemsko, Norsko, Polsko, Portugalsko, Rakousko, Rumunsko, Řecko, Slovensko, Spojené království, Španělsko, Švédsko a Švýcarsko. Česká republika ji používá pod označením ČSN EN 13 715.

Dále se tato práce zabývá stručnou historií jízdních obrysů, které se používaly na síti ČD resp. bývalých ČSD. Pozornost je i věnována možné variantě k jízdnímu obrysu S1002, jízdnímu obrysu ZI-3 a ZI-4.

Jednotlivé jízdní obrysy jsou následně matematizovány, matematické vztahy jsou pak použity pro přesné vykreslení jízdních obrysů a použity pro ASCII tabulky, v kterých jsou zaneseny souřadnice bodů jednotlivých obrysů.

Problém je řešen zejména proto, aby se následně jednotlivé matematické vztahy vyjadřující jízdní obrysy daly použít pro výpočet kontaktních charakteristik kolo-kolejnice.

2. Popis jízdního obrysu

Jízdní obrys kol je přesně stanoven normou ČSN EN 13 715. Dříve se používal jízdní obrys kuželový, v dnešní době se používá hlavně jízdní obrys podle opotřebení.

Každý jízdní obrys se dá rozdělit na tři části:

- Jízdní plocha
- Přechodová oblast
- Okolek

2.1. Jízdní plocha

Jízdní plocha železničního kola je jedinečná pro každý typ jízdního obrysu. Jízdní plocha má pro kolo o šířce 140 mm koncové body ve vzdálenosti 70 mm ve směru kladné osy y (směrem k vnitřnímu čelu kola) a 35 mm ve směru záporné osy y (**Obr. 11**). U kola o šířce 135 mm, která je taktéž povolena normou ČSN EN 13715, je koncový bod jízdního obrysu definován ve vzdálenosti 65 mm od počátku ve směru kladné osy y .

Na jízdní ploše je významný bod D_0 , který je totožný s průsečíkem styčné kružnice a tvoří počátek souřadnicových os y a z .

2.2. Okolek

Okolek u normovaných referenčních jízdních obrysů má koncové body 35 mm a 70 mm od počátku souřadnicové osy směrem k vnitřnímu čelu kola.

2.2.1. Výška okolku

Výška okolku se měří od roviny osy y ve směru kladné osy z . Norma ČSN EN 13715 povoluje výšku okolku h v hodnotách 28, 30 a 32 mm. Tyto hodnoty jsou platné pro všechny typy jízdních obrysů.

2.2.2. Šířka okolku

Šířka okolku y se zjistí ve výšce 10 mm nad osou y , přičemž norma povoluje hodnoty e v mezích 28,5 až 32,5 mm s krokováním 0,5 mm. Tyto povolené hodnoty jsou opět směrodatné pro všechny typy jízdních obrysů bez výjimky.

Z výše uvedeného tudíž vyplývá, že rozměry okolku nejsou odvislé od typu jízdního obrysu a můžou se použít bez omezení u všech třech typů.

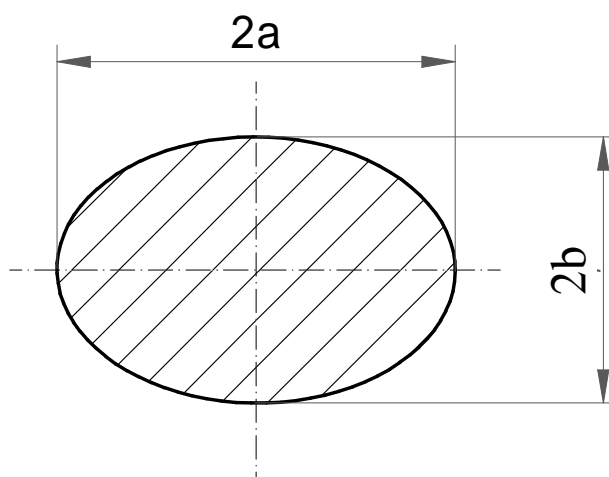
3. Funkce jízdního obrysu

3.1. Přenos sil mezi kolem a dvojkolím

3.1.1. Dotyková ploška

Styk železničního kola s kolejnicí můžeme považovat za styk dvou válcových kol, jeden válec představuje kolo, druhý válec hlava kolejnice, přičemž výsledná dotyková ploška má tvar elipsy s hlavní poloosou a a vedlejší poloosou b . Toto řešení, nazývané Hertzovo podle svého objevitele, vychází z několika idealizovaných předpokladů:

- Látky jsou homogenní.
- Materiál má elastické účinky.
- Dotyková ploška je vzhledem k povrchu vozidla dostatečně malá.
- Neexistuje tu spin ani prokluz.



Obr. 1 Dotyková ploška

Přestože v reálném provozu nelze dosáhnout těchto faktorů, bylo dokázáno experimenty, že se Hertzova teorie kontaktní problematiky blíží svými výsledky reálným hodnotám.

Poloosy dotykové plošky vypočítáme dle empirických vztahů:

$$a = \sqrt{\frac{3 \cdot Q \cdot (1 - \nu^2)}{E \cdot \left(\frac{1}{r_d} + \frac{1}{r_k} \right)}} \quad (1)$$

$$b = \beta \cdot \sqrt{\frac{3 \cdot Q \cdot (1 - \nu^2)}{E \cdot \left(\frac{1}{r_d} + \frac{1}{r_k}\right)}} \quad (2)$$

kde Q je svislá kolová síla,
 E je modul pružnosti,
 ν je Poissonovo číslo,
 r_d je poloměr kola,
 r_k je poloměr hlavy kolejnice.

Konstanty α a β z rovnic závisí na úhlu δ , který získáme pomocí vztahu:

$$\delta = \arccos \frac{r_d - r_k}{r_d + r_k} \quad (3)$$

Svislá kolová síla se přenáší přes plochu dotykové plošky, její velikost se dá vyjádřit vztahem:

$$Q = \int \sigma \, dS,$$

kde σ je normálové napětí.

V případě klidového stavu vozidla je rozložení normálového napětí symetrické v celé ploše dotykové plošky a svislá kolová síla Q směřuje do středu této plochy, při jízdě vozidla tato se posouvá ve směru jízdy vlaku a působí momentem síly na rameni e proti pohybu vozidla.

Střední zatížení v dotykové plošce se zjistí pomocí vztahu

$$p_{stř} = \frac{Q}{\pi \cdot a \cdot b} \quad (4)$$

Velikost poloos dotykové plošky se pohybuje většinou rozmezí $a = 6 - 8 \text{ mm}$, $b = 4,5 - 5,5 \text{ mm}$. Celková plocha poté činí $1 - 1,5 \text{ cm}^2$. Velikost středního tlaku v dotykové plošce tudíž je $p_{stř} = 1000 - 1500 \text{ MPa}$.

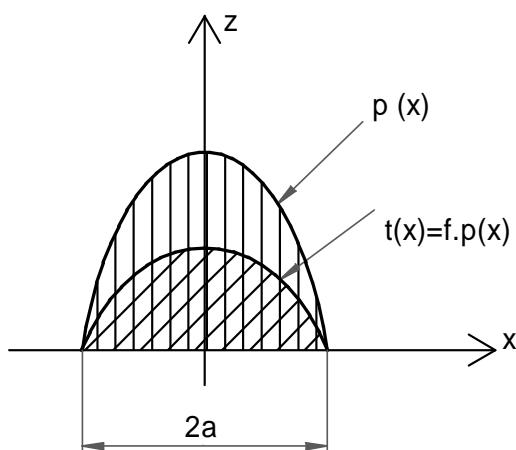
3.1.2. Průběh napětí a tečných sil v dotykové plošce

Normálové napětí má v dotykové plošce parabolický průběh, největšího napětí je dosahováno ve středu plošky. Z tohoto lze odvodit měrnou tečnou sílu, která je:

$$t(x) = f \cdot p(x),$$

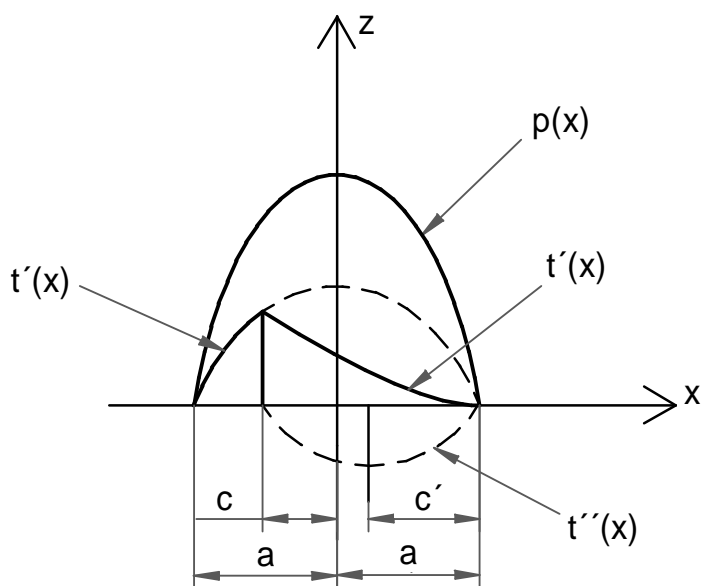
kde f je součinitel tření.

Vyšrafovaná plocha vyjadřuje velikost této limitní tečné měrné síly, hranice této plochy však už platí pro případ, kdy je kolo a kolejnice ve vzájemném prokluzu.

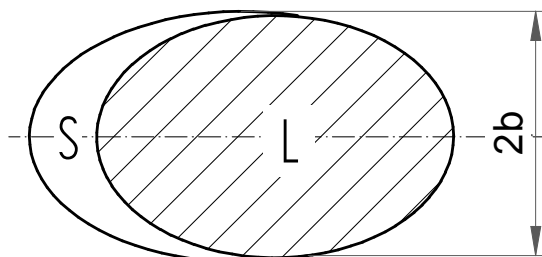


Obr. 2 Napětí v dotykové plošce

V oblasti dotykové plošky se vyskytují dvě oblasti, oblast lpění L a oblast prokluzu S . Oblast lpění se nachází na náběžné straně dotykové plošky. V této oblasti je kolo vystaveno povrchové deformaci a tyto deformované povrchy kola i kolejnice se vůči sobě odvalují bez vzájemného prokluzu. V oblasti skluzu již k prokluzu těchto povrchů dochází.



Obr. 3 Úbytek tečné síly



Obr. 4 Oblast skluzu a lpění v dotykové plošce

V oblasti lpění předpokládáme negativní tečnou sílu $t''(x)$, výsledná měrná tečná síla poté bude dána výrazem

$$t'(x) = t(x) - t''(x) ..$$

V oblasti skluzu tato síla dosahuje limitní síly $t(x)$.

Když zvolíme obdélníkovou dotykovou plošku, která bude mít velikost $2a \cdot l$, kde $l = l$, je pak rozdělení normálního zatížení dáno

$$p(x) = p_0 \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{x}{a}\right)^2},$$

po dosazení dostáváme:

$$T'(x) = \frac{2 \cdot f \cdot Q}{\pi \cdot a} \left[\sqrt{1 - \left(\frac{x}{a}\right)^2} - \left(\frac{a'}{a}\right)^2 \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{x+c}{a}\right)^2} \right],$$

$$T(x) = f \cdot p(x) = \frac{2 \cdot f \cdot Q}{\pi \cdot a} \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{x}{a}\right)^2}. \quad (5)$$

Výsledná tečná síla pak vznikne součtem sil v oblasti prokluzu a lpění.

$$T = T'(x) + T(x)$$

Z předchozích vztahů je jasné, že dotyková ploška přenáší maximální sílu v případě, že se oblast skluzu rozšíří na celou délku dotykové plošky.

3.2. Geometrická poloha dvojkolí vůči koleji

3.2.1. Rozchod koleje a dvojkolí

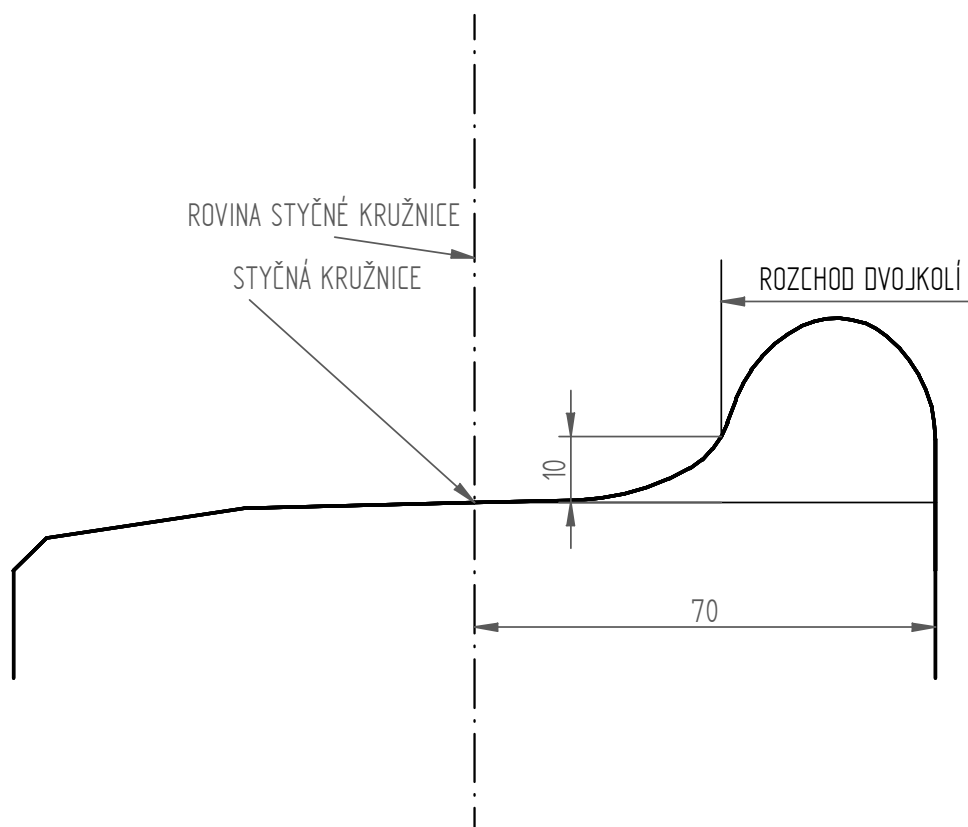
Rozchod koleje se měří na poloměru o 10 mm větším než je poloměr styčné kružnice. Poloha styčné kružnice je 70 mm od vnějšího čela kola. Hodnota rozchodu koleje činí 1435 mm, hodnota rozchodu dvojkolí je 1426 mm. Z rozměrů koleje a dvojkolí nutně vyplývá,

že se dvojkolí musí pohybovat v mezích, která je vymezena vřítí mezi rozchodem koleje a rozchodem dvojkolí, jež se nazývá kanálem koleje. Tento údaj je roven

$$2\sigma = 1435 - 1426 + 2 = 11 \text{ mm.} \quad (6)$$

kde 2σ je teoretická šířka volného kanálu koleje,

2 mm je přídavek na opravu vznikající důsledkem toho, že hodnota rozchodu koleje a dvojkolí se měří v nestejně úrovni.

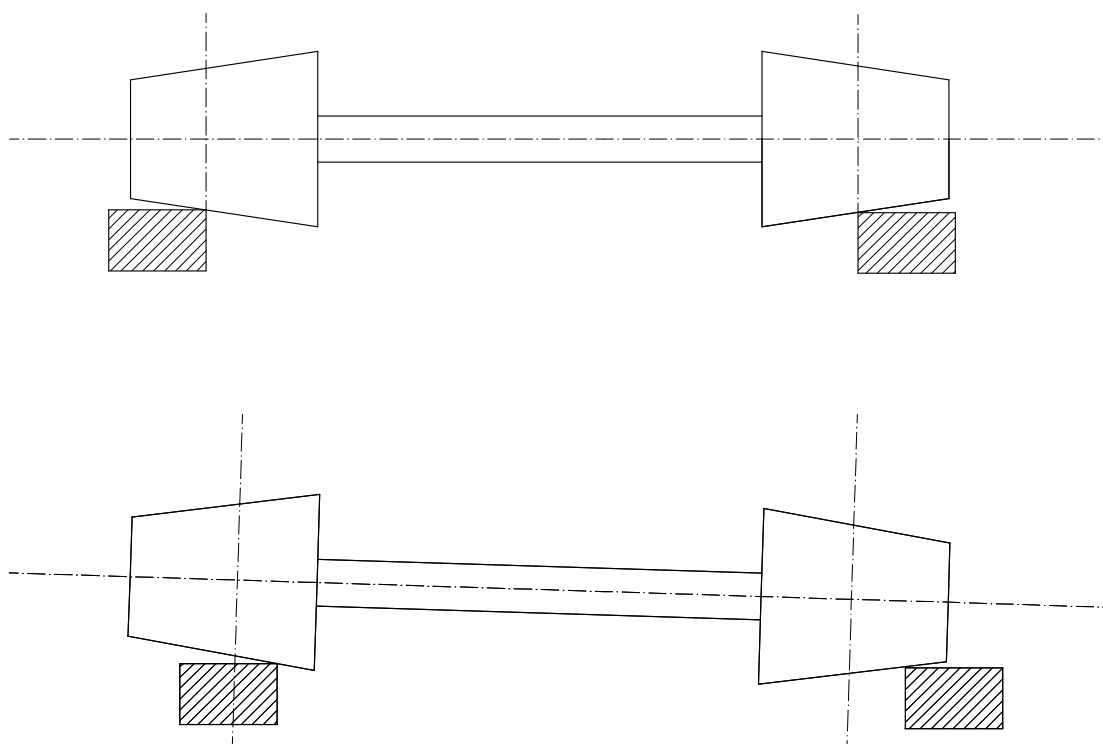


Obr. 5 Rozchod dvojkolí

Vozidlo resp. dvojkolí vykonává při pohybu sinusový pohyb, který je limitován právě volným kanálem vozidla.

3.2.2. Pohyb dvojkolí, sinusový pohyb

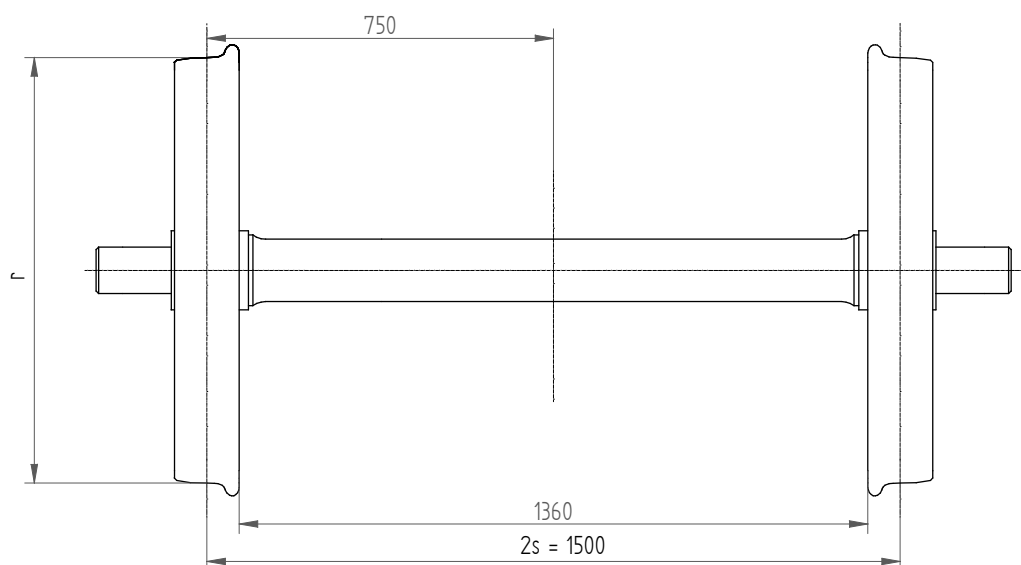
Pro zjednodušení vztahů si můžeme představit plochu kolejnice jako plochu válce a plochu kola jako kuželovitý útvar. Představme si též dvojkolí jako dvojkužel, který se valí po přímkách schematicky znázorňující koleje. Díky těmto specifickým vlastnostem bude dvojkolí uskutečňovat při valení vlnivý pohyb. Při vychýlení na jednu stranu se bude dvojkolí odvalovat po dotykových kružnicích o různých poloměrech, což bude dvojkolí vracet zpět do středu (*Obr. 6*).



Obr. 6 Naklonění dvojkolí

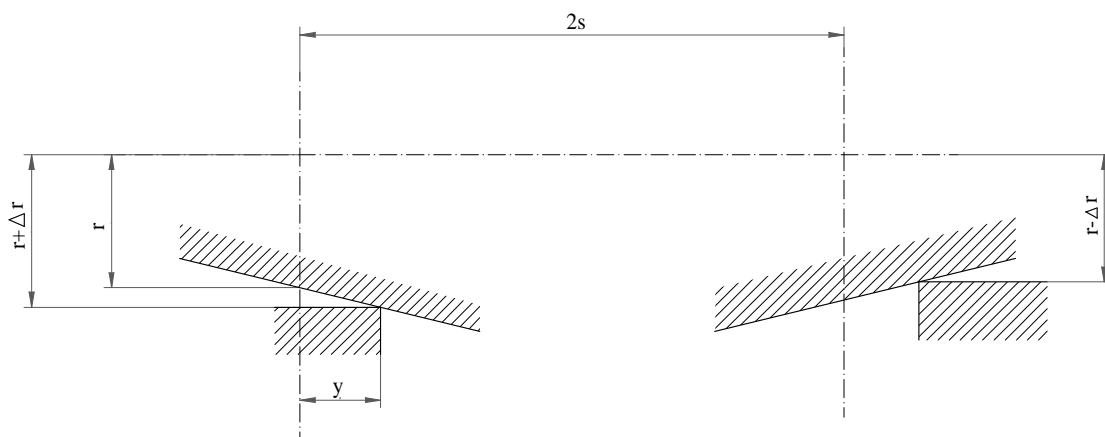
Dvojkolí má tyto rozměry:

- $2s$ - vzdálenost styčných kružnic
- r - poloměr styčných kružnic kol
- γ - úhel kuželovitosti jízdny plochy
- $tg\gamma$ - kuželovitost obrysu.



Obr. 7 Rozměry dvojkolí

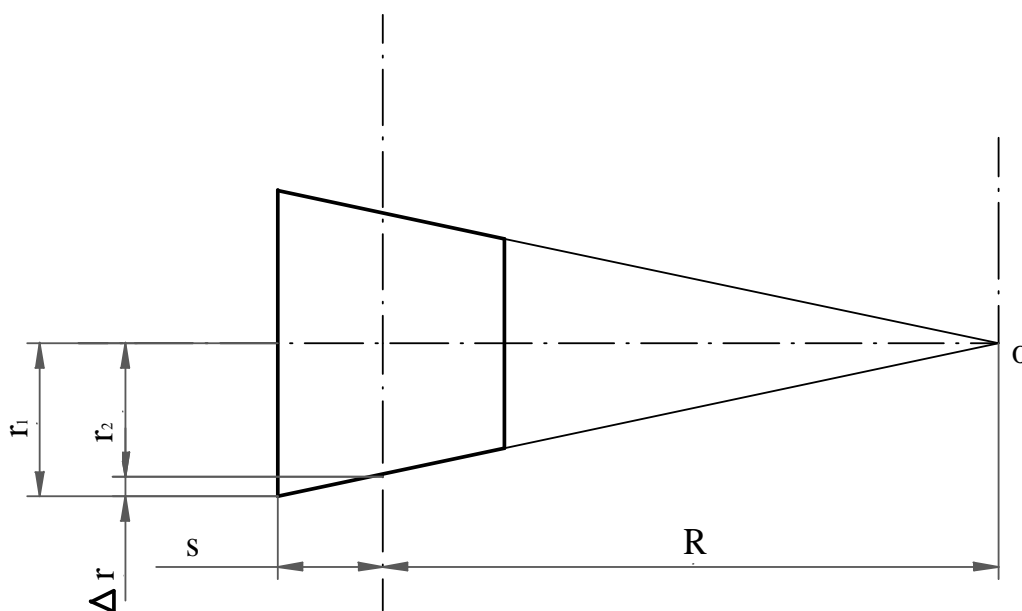
Dvojkolí a styk dvojkolí a kolej si můžeme schematicky znázornit dle **Obr. 8**.



Obr. 8 Odvození rovnice sinusového pohybu

Hodnota Δr , o kterou se liší skutečné poloměry styčných kružnic od střední, zjistíme dle vztahu

$$\Delta r = y \cdot \operatorname{tg} \gamma.$$



Obr. 9 Náhradní kužel

Z Obr. 9 je zřejmé, že valení dvojkolí probíhá kolem bodu O, z podobnosti trojúhelníků pak dostaneme

$$\begin{aligned} \frac{r}{R} &= \frac{\Delta r}{s} \\ \frac{1}{R} &= \frac{\Delta r}{r \cdot s} = \frac{y \cdot \operatorname{tg} \gamma}{r \cdot s} \end{aligned} \quad (7)$$

Známe vztah vyjadřující křivost, v němž existují derivace y' , y''

$$\rho = \frac{y''}{(1 + y'^2)^{\frac{3}{2}}}.$$

Víme, že křivka popisující vlnivý pohyb dvojkolí je velmi plochá, proto můžeme provést zanedbání $y'^2 \doteq 0$

$$y'' = \rho = -\frac{1}{R} = -\frac{y \cdot \operatorname{tg} \gamma}{r \cdot s}. \quad (8)$$

Z tohoto vztahu dostaneme diferenciální rovnici

$$y'' + \frac{\operatorname{tg} \gamma}{r \cdot s} \cdot y = 0.$$

Řešení se předpokládá ve tvaru:

$$y = A \cdot \sin B \cdot x$$

$$A = y_0$$

$$B^2 = \frac{tg\gamma}{r \cdot s}$$

Výsledná trajektorie bude dána vztahem

$$y = y_0 \cdot \sin\left(\sqrt{\frac{tg\gamma}{r \cdot s}} \cdot x\right).$$

Z tohoto vztahu je zřejmé, že trajektorie vlnivého pohybu dvojkolí má sinusový pravidelný průběh, toho lze pak využít při zjištění délky vlny L , kdy víme, že při změně souřadnice x o L se velikost argumentu \sin zvětší o 2π :

$$\sqrt{\frac{tg\gamma}{r \cdot s}} \cdot (x + L) = \sqrt{\frac{tg\gamma}{r \cdot s}} \cdot x + 2\pi. \quad (9)$$

Z tohoto vztahu získáme

$$\begin{aligned} \sqrt{\frac{tg\gamma}{s \cdot r}} \cdot L &= 2\pi \\ L &= 2\pi \cdot \sqrt{\frac{s \cdot r}{tg\gamma}}. \end{aligned} \quad (10)$$

Volné dvojkolí tudíž vykonává vlnivý pohyb, mezi jehož vlastnosti patří:

- nezávislost délky vlny na velikosti volného kanálu
- nezávislost délky vlny na rychlosti vozidla, s vyšší rychlostí se tudíž mění frekvence vlnivého pohybu dle vztahu

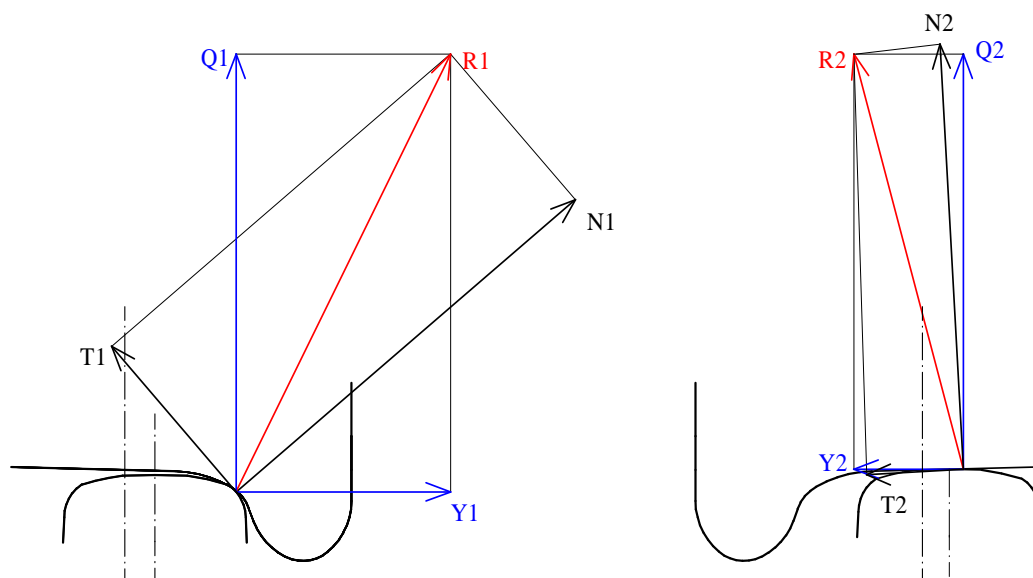
$$f = \frac{v}{L} = \frac{V}{3,6 \cdot L}$$

- malá závislost na parametrech kol, zejména na průměru r , jelikož tato hodnota se nachází pod odmocninou

3.2.3. Bezpečnost proti vykolejení

Jednou z hlavních funkcí jízdního obrysu a jeho tvaru je zajištění co největší bezpečnosti proti vykolejení. Tohoto se dosahuje vhodným tvarem okolku. Dříve se běžně používal okolek se sklonem 60° , v současné době se preferuje sklon kolem 70° , kdy se bezpečnost proti vykolejení zvýší o několik desítek procent.

Na následujícím obrázku je vidět, jak se chová dvojkolí v případě decentralizované polohy. Levé kolo se nachází v krajní pozici, kdy se okolková část dotýká kolejnice, vodící síla $Y1$ dosahuje velkých hodnot a nutí dvojkolí vrátit se zpět, jelikož síla $Y2$ je mnohem menší.



Obr. 10 Bezpečnost proti vykolejení

Pro dodržení bezpečnosti proti vykolejení musí být poměr kolové svislé síly Q a vodící síly Y menší než daná kritická hodnota:

$$\left(\frac{Q}{Y}\right) \leq \left(\frac{Q}{Y}\right)_{krit}$$

$$\left(\frac{Q}{Y}\right)_{krit} = 1,2$$

4. Používané jízdní obrysy

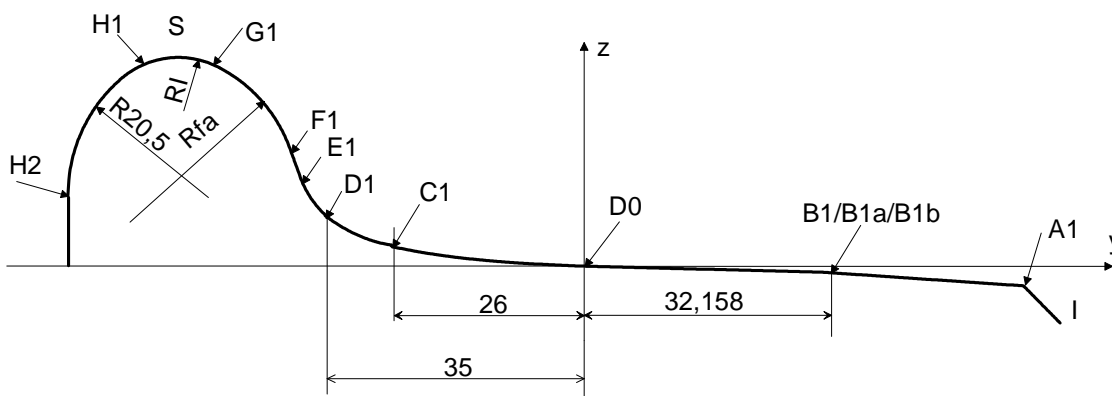
Norma ČSN EN 13175 povoluje používání tří základních typů jízdních obrysů a jejich modifikací a to:

- S1002
- 1/40
- UIC ORE.

4.1. Definice jízdních obrysů

Jízdní obrysy se z hlediska konstrukce skládají z několika částí:

- Ze dvou oblastí $H2-S$ a $S-D1$, kde je přesně daná geometrie
- Z přechodové oblasti $C1-D1$, je unikátní pro každý typ jízdního obrysu, slouží k tangenciálnímu propojení v bodě $C1$
- Z jízdní plochy obrysu $C1-B1$ ($B1a$ nebo $B1b$), která je taktéž unikátní pro každý jízdní obrys
- Z oblasti $B1$ ($B1a$ nebo $B1b$)- $A1-I$, která zahrnuje sklon a zkosenou hranu, je opět unikátní pro každý referenční jízdní obrys, sklon musí být v rozmezí 6,7 % - 15 %



Obr. 11 Jízdní obrys

4.2. Konstrukční metoda

Počátek os souřadnic se nachází 70 mm od vnitřního čela kola v bodě $D0$, který je totožný s místem, kde se nachází styčná kružnice jízdního kola. Osa y je rovnoběžná s osou otáčení jízdního kola, její kladné hodnoty směřují k vnějšímu čelu kola, osa z je na tuto osu kolmá, kladné hodnoty os směřují k vnitřní části kola.

4.3. Základní jízdní obrys

Základní (referenční) jízdní obrys má u každého typu jízdního obrysu okolek o tloušťce 32,5 mm a o výšce 28 mm. Ostatní jízdní obrisy vychází z tohoto základního.

4.4. Jízdní obrisy se změnou šířkou okolku

Norma povoluje též obrys s jinou než referenční tloušťkou okolku $e = 32,5 \text{ mm}$.

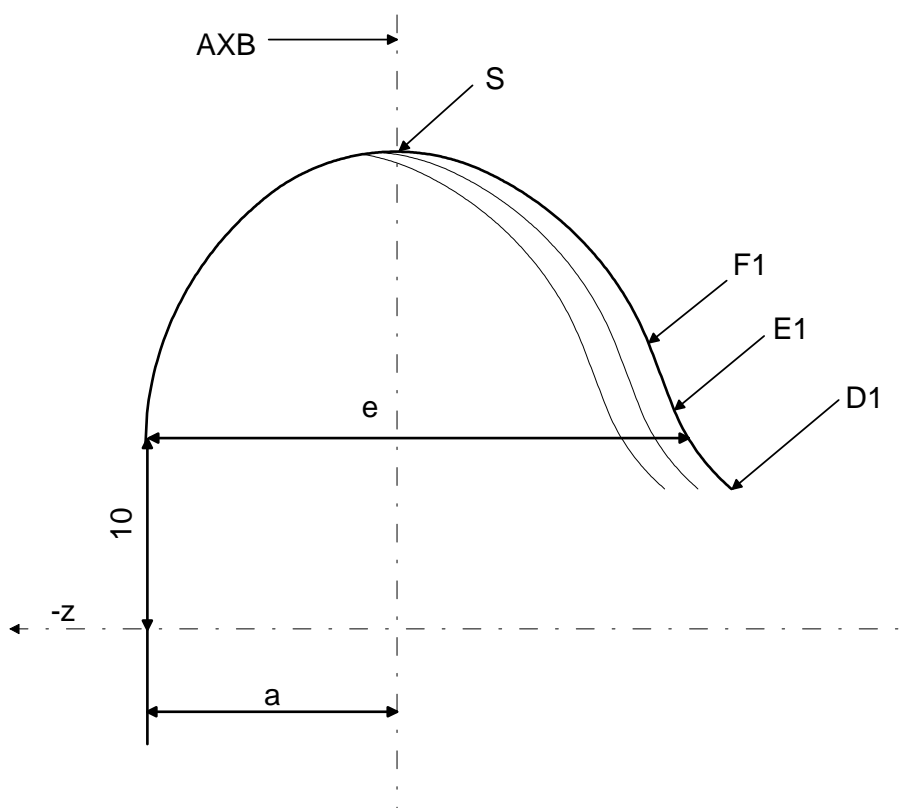
4.4.1. Okolek

Základní tloušťka okolku je 32,5 mm, další tloušťky okolku se dosáhne posunem oblasti $S-D1$ rovnoběžně s osou y směrem k vnitřnímu čelu kola (**Obr. 12**). Tloušťka okolku se pohybuje rozmezí 28,5 mm až 32,5 mm s krokováním 0,5 mm.

Po změně tloušťky okolku ze základní hodnoty 32,5 mm bude propojovací osa AXB , která prochází vrcholkem okolku, mít od vnitřního čela kola vzdálenost

$$a = 15 - \left(\frac{32,5 - e}{2} \right), \quad (11)$$

kde e je tloušťka okolku v mm.

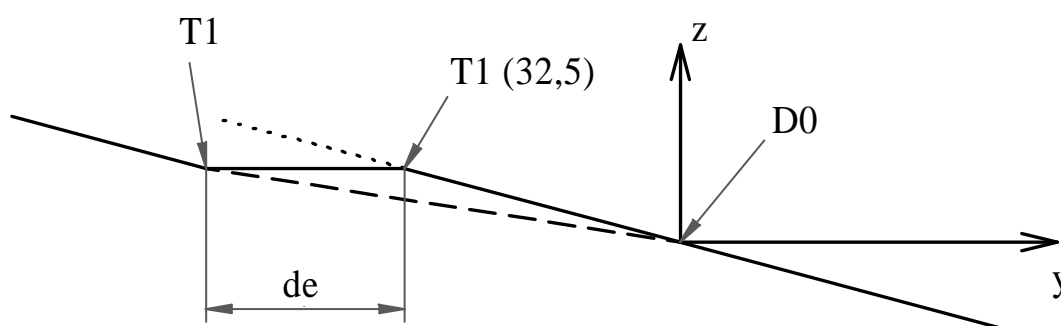


Obr. 12 Okolek

Vrchol okolku se proto nebude posouvat o stejnou hodnotu e jako celá část obrysu $S-D1$, ale jen o polovinu této hodnoty. Tangenta úhlu nebude pro šířku okolku e menší jak 32,5 mm mít kontinuální přechod v bodě S , ale bude docházet k určitému zlomu.

4.4.2. Přechodové oblasti $D1 - C1 - D0$ u obrysu 1/40 a S1002

Při zmenšení šířky okolku e o hodnotu de dojde k posunutí celé oblasti $D1 - C - T1$ o tutéž hodnotu, přičemž bod $T1$ je dán pro všechny tloušťky ve směru záporném osy z , tvar této křivky zůstane zachován. Bod $T1 - D0$ pak lze propojit přímkou. Poloha bodu $T1$ (32,5) je přesně definována a je neměnná pro všechny šířky okolku e .



Obr. 13 Význačný bod $T1$ při změně tloušťky okolku

4.4.3. Oblast $D1 - C1 - D0$ u obrysu EPS

Oblast $D1 - C1 - D0$ se při změně tloušťky jízdního obrysu neposouvá, ale mění se jeho tvar. Tento obrys při jakékoliv tloušťce okolku začíná v bodě $D0$, o hodnotu de se posouvá jen koncový bod $D1$.

4.4.4. Oblast $D0 - B1$ ($B1a$ nebo $B1b$)

Tato oblast se změnou tloušťky okolku nemění, je definována pro každý jízdní obrys zvlášť. Bod $B1$ je koncový bod tohoto úseku pro jízdní obrys S1002, bod $B1b$ pro EPS, bod $B1a$ pro 1/40.

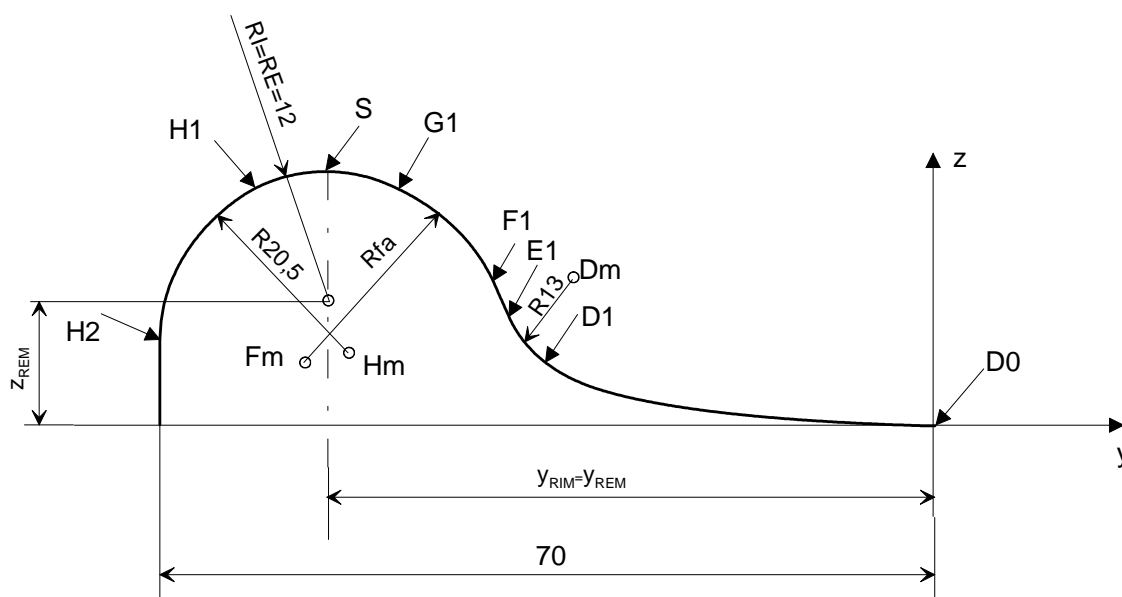
4.4.5. Sklon a zkosená hrana

Bod $B1$ jízdního obrysu S1002 má vždy vzdálenost 102,158 mm od vnitřního čela jízdního kola, bod $B1a$ jízdního obrysu 1/40 a $B1b$ jízdního obrysu EPS mají hodnotu jinou, přesně definovanou.

4.5. Matematické vyjádření okolku s výškou 28 mm a tloušťkou 32,5 mm

Okolek je stejný pro všechny normované typy jízdních obrysů, proto bude detailně probrán zde a dále se mu budeme věnovat jen okrajově. Standardní okolek má výšku h o velikosti 28 mm a tloušťku 32,5 mm. Výška okolku se měří od osy z , jeho tloušťka se měří 10 mm nad touto osou (**Obr. 12**). Norma připouští i další rozměry okolku, které si rozeberme později, konkrétně tloušťka okolku je povolena v mezích 28,5 mm až 32,5 mm, jeho výška je určena rozměry 28 mm, 30 mm a 32 mm.

Jízdní obrys je nutné rozdělit z matematického hlediska na několik částí (**Obr. 14**).



Obr. 14 Významné body konstrukce okolku

- Úsek $D0 - D1$ je jedinečný pro každý typ jízdního profilu, není součástí okolku.
- Úsek $D1 - E1$ je část kružnice s poloměrem o velikosti 13 mm a středem v bodě Dm .
- Úsek $E1 - F1$ je úsečka se sklonem 70° .
- Úsek $F1 - G1$ je část kružnicového oblouku s poloměrem R_{fa} a se středem v bodě Fm .
- Úsek $G1 - H1$ je část kružnicového oblouku s poloměrem $R_{I=RE} = 12$ mm a se středem v bodě RIm .
- Úsek $H1 - H2$ je část kružnicového oblouku s poloměrem 20,5 mm se středem v bodě Hm .

S je vrchol okolku, bod $D0$ místo, kde se nachází styčná kružnice. Velikost poloměru R_{fa} činí 20 mm.

Souřadnice významných bodů okolku, získaných z normy ČSN EN 13715, jsou uvedeny v následující tabulce:

Tab. 1 Významné body okolku o šířce 32,5 mm a výšce 28 mm [4]

Bod	y [mm]	z [mm]
<i>D1</i>	-35,000	6,867
<i>E1</i>	-38,427	12,000
<i>Dm</i>	-26,211	16,446
<i>F1</i>	-39,765	15,675
<i>G1</i>	-49,663	26,748
<i>S</i>	-55,000	28,000
<i>H1</i>	-62,765	25,149
<i>H2</i>	-70,000	9,519
<i>Hm</i>	-49,500	9,519
<i>R1m</i>	-55,000	16
<i>REm</i>	-55,000	16

4.5.1. Oblast *D1 – E1*

Oblast *D1 – E1* je tvořena částí kružnicového oblouku s poloměrem 13 mm, střed této kružnice se nachází v bodě *Dm*. Pro výpočet velikosti souřadnice *z* použijeme obecného vztahu vyjadřující kružnici o poloměru *r*.

$$(y - y_{Dm})^2 + (z - z_{Dm})^2 = R^2 \quad (12)$$

kde y je y-ová souřadnice obrysu v úseku *D1 – E1*,

z je z-ová souřadnice obrysu v úseku *D1 – E1*,

y_{Dm} je y-ová souřadnice středu kružnice v bodě *Dm*,

Z normy ČSN EN 13 715 získáme následující hodnoty:

$$Dm = [-26,211; 16,446]$$

$$R = 13 \text{ mm}$$

Dosadíme a dostaneme:

$$(y_D + 26,211)^2 + (z_D - 16,446)^2 = 13^2 .$$

Po menší úpravě získáme výsledný matematický vztah pro úsek $DI - EI$

$$z = 16,446 + \sqrt{13^2 + (y + 26,211)^2} . \quad (13)$$

Čili:

$$z = z_{Dm} + \sqrt{R_{Dm}^2 + (y - y_{Dm})^2} .$$

Tangenta úhlu pro tento úsek bude mít tvar:

$$z' = \frac{y + y_{Dm}}{\sqrt{R_{Dm}^2 - y_{Dm}^2 - y^2 - 2 \cdot y \cdot y_{Dm}}} . \quad (14)$$

Po dosazení jsem získal:

$$z' = \frac{y + 26,211}{\sqrt{13^2 - 26,211^2 - y^2 - y \cdot 52,422}} \quad (15)$$

4.5.2. Úsek $EI - F1$

Úsek $EI - F1$ je tvořen přímkou se sklonem 70° a s okrajovými body EI a $F1$. Tyto údaje nám stačí k vyjádření matematického vztahu pro tento úsek:

Obecná rovnice přímky má tvar

$$\begin{aligned} z - z_{EI} &= k_E (y - y_{EI}) \\ z &= k_E \cdot (y - y_{EI}) + z_{EI} \end{aligned} \quad (16)$$

kde z_E je z-ová souřadnice obrysu v úseku $E1 - F1$,

k_e je směrnice přímky.

Známe hodnotu EI , jehož souřadnice jsou $EI = [-38,427; 12,000]$.

Tangenta úhlu je:

$$k_E = -tg 70^\circ = z'$$

Známost souřadnici bodu EI dosadíme do vztahu (16) a dostaneme

$$z = -tg 70^\circ \cdot (y + 38,427) + 12 = -tg 70^\circ - 93,578 . \quad (17)$$

Tangenta úhlu má tvar:

$$z' = -tg 70^\circ \quad (18)$$

4.5.3. Úsek G1 – F1

Tento úsek je tvořen kružnicovým obloukem o poloměru R_{fa} se středem v bodě F_m .

Souřadnice získané z [4] jsou následující:

$$R_{fa} = 20 \text{ mm}$$

$$F_m = [8,835; -58,558]$$

Vyjádříme si souřadnici z :

$$z = z_{F_m} + \sqrt{R_{fa}^2 - (y - y_{F_m})^2} \quad (19)$$

Dosaďme souřadnici středu $F_m = [-58,558; 8,835]$, $R_{fa} = 20 \text{ mm}$ a dostaneme:

$$z = 8,835 + \sqrt{20^2 - (y + 58,558)^2} \quad (20)$$

Tangenta úhlu se vyjádří pomocí

$$z' = \frac{y + 58,558}{\sqrt{-3029,03936 - y^2 - y \cdot 117,116}} \quad (21)$$

4.5.4. Úsek H1 – G1

Obrys této části úseku je tvořen kružnicovým obloukem o poloměru 12 mm a se středem v bodě $S = [-55,000; 18,00]$, matematické vyjádření tudíž bude:

$$(y - y_R)^2 + (z - z_R)^2 = R^2.$$

Po dosazení bodu S bude výsledný tvar:

$$z = 18 + \sqrt{12^2 - (y + 55)^2} \quad (23)$$

Tangenta úhlu se získá derivací předchozího vztahu:

$$z' = \frac{y + 55}{\sqrt{-2881 - y^2 - y \cdot 110}} \quad (24)$$

4.5.5. Úsek H1 – H2

Obrys této části úseku je opět tvořen kružnicovým obloukem o poloměru 20,5 mm se středem v bodě H_m .

Z normy ČSN EN 13 715 jsem získal:

$$R_{H_m} = 20,5 \text{ mm}$$

$$H_m = [-49,5; -9,519]$$

Souřadnici z zjistíme ze vztahu:

$$z = z_{Hm} + \sqrt{R_{Hm}^2 - (y - y_{Hm})^2} \quad (25)$$

Po dosazení souřadnice středu Hm získáme vztah pro výpočet souřadnice z :

$$z = -9,519 + \sqrt{20,5^2 - (y + 49,5)^2} \quad (26)$$

Tangenta úhlu je:

$$z' = \frac{y + 49,5}{\sqrt{-2030 - y^2 - y \cdot 99}} \quad (27)$$

4.6. Matematické vyjádření okolku o výšce 30 mm a tloušťce 32,5 mm

Obrys tohoto okolku bude sestaven ze stejných částí jako okolek se standardní výškou 32 mm, lišit se bude poloha bodů $F1$, $G1$, S , $H1$, $H2$, Hm , Fm , RIm , REm a hodnota poloměru Rfa , která činí 21,5 mm.

Tab. 2 Významné body okolku o šířce 32,5 mm a výšce 28 mm [4]

Bod	y [mm]	z [mm]
$D1$	-35,000	6,867
$E1$	-38,427	12,000
Dm	-26,211	16,446
$F1$	-40,530	17,779
$G1$	-47,758	27,568
S	-55,000	30,000
$H1$	-62,765	29,832
$H2$	-70,000	11,519
Hm	-49,500	11,519
RIm	-55,000	18
REm	-55,000	18

Z uvedené tabulky je patrné, že body REm , RIm , Hm , $H2$, S se zvýší stejně jako výška okolku o 2 mm v kladném směru osy z .

4.6.1. Oblast E1 – D1

Tato oblast je tvořena, jako v předešlém případě, kružnicovým obloukem o poloměru 13 mm se středem v bodě Dm .

Matematické vyjádření této části obrysu tudíž bude:

$$z = z_{Dm} + \sqrt{R_{Dm}^2 + (y - y_{Dm})^2} . \quad (28)$$

Po dosazení souřadnice bodu Dm z normy ČSN 13 715 bude rovnice ve tvaru:

$$z = 16,446 + \sqrt{13^2 + (y + 26,211)^2} \quad (29)$$

Tangenta úhlu je vyjádřena pomocí:

$$z' = \frac{y + 26,211}{\sqrt{-518,01652 - y^2 - y \cdot 52,422}} \quad (30)$$

4.6.2. Oblast F1 – E1

Jelikož souřadnice bodu $E1$ jsou stejné jako u okolku s výškou 28 mm a sklon je taktéž stejný, má matematické vyjádření této části obrysu stejný tvar jako vztah (17) a (18):

$$z = -tg 70^0 \cdot y + 93,559$$

$$z' = -tg 70^0$$

4.6.3. Oblast G1 – F1

Oblast $G1 - F1$ je tvořena částí kružnice o poloměru $Rfa = 21,5 \text{ mm}$ a se středem v bodě $Fm = [-60,733; 10,425]$, výsledný vztah vyjádřený z obecné rovnice pro kružnici proto bude:

$$z = z_{Fm} + \sqrt{Rfa^2 - (y - y_{Fm})^2} . \quad (31)$$

Po dosazení konkrétních hodnot dostaneme:

$$z = 10,425 + \sqrt{21,5^2 - (y + 60,733)^2} \quad (32)$$

Tangenta úhlu bude mít tvar:

$$z' = \frac{y + 60,733}{\sqrt{-3226,24729 - y^2 - y \cdot 121,466}} \quad (33)$$

4.6.4. Oblast H1 – G1

Tento úsek je tvořen kružnicovým obloukem o poloměru 12 mm se středem v bodě $S = [-55,00; 30,000]$, rovnice tedy bude mít výsledný tvar:

$$z = 18 + \sqrt{12^2 - (y + 55)^2} \quad (34)$$

Pro vyjádření tangenty úhlu pro tento úsek jsem si odvodil vztah:

$$z' = \frac{y + 55}{\sqrt{-2881 - y^2 - y \cdot 110}} \quad (35)$$

4.6.5. Oblast H2 – H1

Tento úsek tvoří kružnicový oblouk o poloměru 20,5 mm se středem v bodě $Hm = [-49,500; 11,519]$.

Tvar rovnice pro tento úsek po dosazení známých souřadnic je:

$$z = 11,519 + \sqrt{20,5^2 + (y + 49,500)^2} \quad (36)$$

Tangenta úhlu se vyjádří pomocí:

$$z' = \frac{y + 49,5}{\sqrt{-2030 - y^2 - y \cdot 99}} \quad (37)$$

4.7. Matematické vyjádření okolku o výšce 32 mm a šířce 32,5 mm

Obrys tohoto okolku bude sestaven ze stejných částí jako okolek se standardní výškou 32 mm, lišit se bude poloha bodů $F1$, $G1$, S , $H1$, $H2$, Hm , Fm , $R1m$, REm a hodnota poloměru Rfa , která činí 23 mm.

Tab. 3 Významné body okolku o výšce 32 mm a tloušťce 32,5 mm [4]

Bod	y [mm]	z [mm]
$D1$	-35,000	6,867
$E1$	-38,427	12,000
Dm	-26,211	16,446
$F1$	-41,497	20,434
$G1$	-46,153	28,108
S	-55,000	32,000

<i>H1</i>	-62,765	29,149
<i>H2</i>	-70,000	13,519
<i>Hm</i>	-49,500	13,519
<i>RIm</i>	-55,000	20
<i>REm</i>	-55,000	20

4.7.1. Úsek *E1 – D1*

Jelikož hodnota poloměru je stále 13 mm a souřadnice bodu *Dm* se také nezměnila, bude výsledný tvar rovnice:

$$z = z_{Dm} + \sqrt{R_{Dm}^2 + (y - y_{Dm})^2},$$

čili po dosazení konkrétních hodnot dostáváme:

$$z = 16,446 + \sqrt{13^2 + (y + 26,211)^2}. \quad (38)$$

Tangenta

$$z' = \frac{y + 26,211}{\sqrt{-518,016521 - y^2 - y \cdot 52,422}} \quad (39)$$

4.7.2. Úsek *F1 – E1*

I v tomto úseku bude rovnice obrysu stejná ve vztahu (17) a (18), jelikož hraniční bod *E1* i sklon přímky se nemění:

$$z = -tg 70^0 \cdot y + 93,559$$

Tangenta úhlu bude ve tvaru:

$$z' = -tg 70^0$$

4.7.3. Úsek *G1 – F1*

Tento úsek je tvořen kružnicovým obloukem o poloměru $Rfa = 23 \text{ mm}$ se středem v bodě $Fm = [-63,110; 12,558]$, tento úsek tudíž bude po dosazení těchto údajů vyjádřen vztahem

$$z = 12,558 + \sqrt{23^2 - (y + 63,110)^2} \quad (40)$$

Tangenta úhlu pro tento úsek bude mít tvar:

UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	Stránka 33
---	------------------	------------

$$z' = \frac{y + 63,110}{\sqrt{-3453,8721 - y^2 - y \cdot 126,22}} \quad (41)$$

4.7.4. Úsek H1 – G1

Tento úsek je tvořen kružnicovým obloukem o poloměru 12 mm se středem v bodě $S = [-55,00; 20,000]$, rovnice tedy bude mít výsledný tvar:

$$z = 20 + \sqrt{12^2 - (y + 55)^2} \quad (42)$$

Tangenta úhlu pro tento úsek se vyjádří vztahem:

$$z' = \frac{y + 55}{\sqrt{-2881 - y^2 - y \cdot 110}} \quad (43)$$

4.7.5. Úsek H2 – G1

Tento úsek tvoří kružnicový oblouk o poloměru 20,5 mm se středem v bodě $Hm = [-49,500; 13,519]$.

Tvar rovnice pro tento úsek po dosazení známých souřadnic je:

$$z = 13,519 + \sqrt{20,5^2 - (y + 49,500)^2} \quad (44)$$

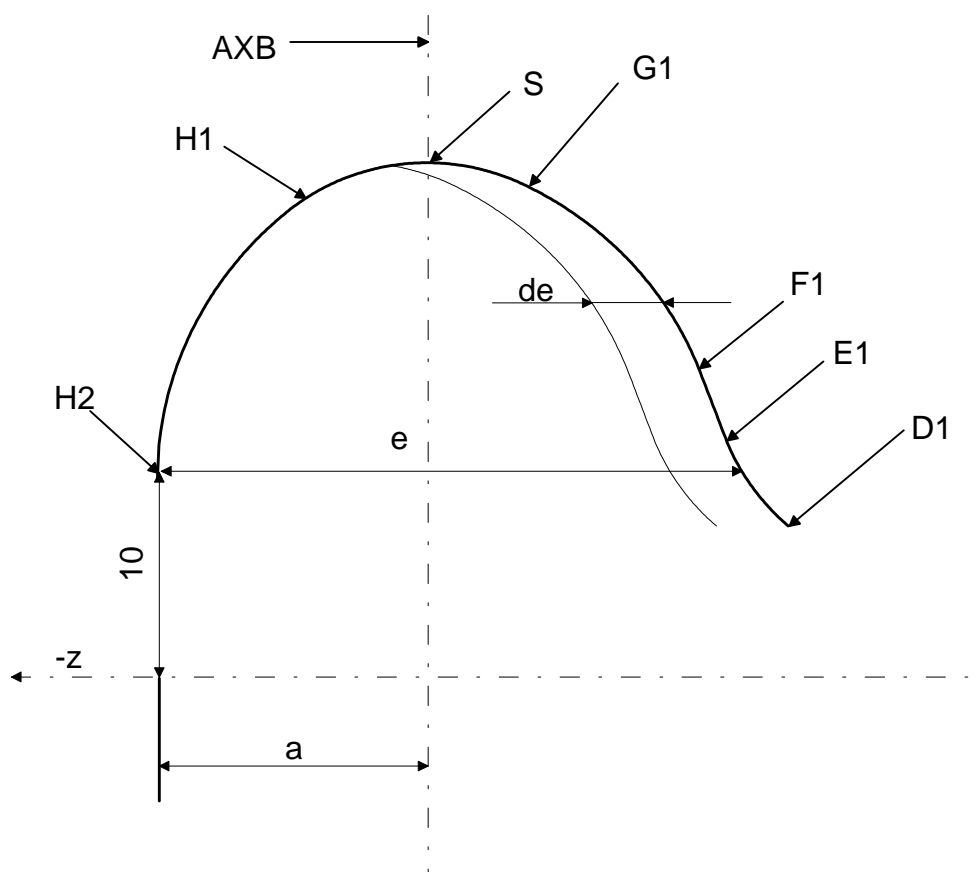
Tangenta úhlu se po zderivování vyjádří pomocí:

$$z' = \frac{y + 49,5}{\sqrt{-2030 - y^2 - y \cdot 99}} \quad (45)$$

4.8. Matematické vyjádření okolku s šířkou menší než 32,5 mm

Norma ČSN 13715 povoluje kromě tloušťku okolku v mezích 28,5 až 32,5 mm.

Označme si rozdíl mezi referenční tloušťkou okolku e a novou tloušťkou okolku jako de . Tato hodnota se tudíž pohybuje v mezích 0 – 4 mm. O tuto hodnotu se bude posouvat obrys okolku v mezích $DI - S$ vodorovně s osou y . Nyní si nově zavedenou hodnotu dosadíme do již získaných vztahů pro matematické vyjádření okolku.



Obr. 15 Zúžení de okolku

4.8.1. Úsek $E1 - D1$

Střed kružnicového oblouku Dm se posune o hodnotu de ve směru osy y doleva, obrys pak bude vyjádřen pomocí:

$$z = z_{Dm} - \sqrt{R_{Dm}^2 - [y - (y_{Dm} - de)]^2} \quad (46)$$

Pro výšku okolku h pak po dosazení číselných hodnot dostáváme pro všechny výšky h okolku vztah:

$$\begin{aligned} z_D &= 16,446 - \sqrt{13^2 - [y - (-26,211 - de)]^2} = \\ &= 16,446 - \sqrt{13^2 - (y + 26,211 + de)^2} \end{aligned} \quad (47)$$

Tangenta bude vyjádřena pomocí:

$$z' = \frac{y + 26,211 + de}{\sqrt{13^2 - (26,211 + de)^2 - y^2 - 2 \cdot y \cdot (26,211 + de)}} \quad (48)$$

4.8.2. Úsek F1 – E1

Po posunutí přímky se sklonem 70° o hodnotu de dostaneme:

$$z = k_E \cdot [y - (y_{E1} - de)] + z_{E1}.$$

Po dosazení číselných hodnot platí pro obrys o všech hodnotách výšky h v tomto úseku vztah:

$$z = -tg 70^\circ \cdot [y + 38,427 + de] + 12 \quad (49)$$

Tangenta úhlu bude pro všechny šířky okolku e stejná, protože posunem přímky se její sklon nemění:

$$z' = -tg 70^\circ$$

4.8.3. Úsek G1 – F1

Tento obrys tvoří posunutý kružnicový oblouk o hodnotu de s poloměrem Rfa . Vyjádří se pomocí

$$z = z_{Fm} + \sqrt{Rfa^2 - (y - y_{Fm} + de)^2}. \quad (50)$$

Derivací získáme tangentu úhlu:

$$z' = \frac{y + y_{Fm}}{\sqrt{Rfa^2 - y_{Fm}^2 - y^2 - 2 \cdot y \cdot y_{Fm}}} \quad (51)$$

K zjednodušení vyjádření vztahů pro jednotlivé šířky okolku použijeme následující vztah:

$$z = z_{Fm} + \sqrt{Rfa^2 + (y + b)^2}, \quad (52)$$

pro tangentu bude tudíž platit

$$z' = \frac{y + b}{\sqrt{Rfa^2 - b^2 - y^2 - 2 \cdot b \cdot y}} \quad (53)$$

kde $b = y_{Fm} + de$ je vyjádření koeficientu pro jednotlivé šířky okolku e .

Tab. 4 Koeficienty b pro výšku okolku 28 mm

e [mm]	R_{fa} [mm]	z_{Fm} [mm]	b [mm]
32,0	20	8,835	59,058
31,5			59,558
31,0			60,058
30,5			60,558
30,0			61,058
29,5			61,558
29,0			62,058
28,5			62,558

Tab. 5 Koeficienty b pro výšku okolku 30 mm

e [mm]	R_{fa} [mm]	z_{Fm} [mm]	b [mm]
32,0	21,5	10,425	61,223
31,5			61,723
31,0			62,223
30,5			62,723
30,0			63,223
29,5			63,723
29,0			64,223
28,5			64,723

Tab. 6 Koeficienty b pro výšku okolku 32 mm

e [mm]	R_{fa} [mm]	z_{Fm} [mm]	b [mm]
32,0	23	12,558	63,610
31,5			64,110
31,0			64,610
30,5			65,110
30,0			65,610
29,5			66,110
29,0			66,610
28,5			67,110

4.8.4. Úsek $S - G1$

Tuto částo obrysu tvoří opět posunutý kružnicový oblouk o hodnotu de , který má poloměr 12 mm:

$$z = z_R + \sqrt{R^2 - (y - y_R + de)^2} \quad (54)$$

Tangenta úhlu se vyjádří vztahem:

$$z' = \frac{y + y_R + de}{\sqrt{R^2 - (y_R + de)^2 - y^2 - 2 \cdot y \cdot (y_R + de)}} \quad (55)$$

kde R je poloměr kružnicového oblouku

de je posunutí okolku

y_R, z_R jsou souřadnice středu kružnicového oblouku.

Následující tabulky ukazují hodnoty jednotlivých koeficientů pro různé normované výšky okolku h .

Tab. 7 Koeficienty b pro výšku okolku 28 mm

e [mm]	R [mm]	z_R [mm]	b [mm]
32,0	16	12	55,5
31,5			56
31,0			56,5
30,5			57
30,0			57,5
29,5			58
29,0			58,5
28,5			59

Tab. 8 Koeficienty b pro výšku okolku 30 mm

e [mm]	R [mm]	z_R [mm]	b [mm]
32,0	18	12	55,5
31,5			56
31,0			56,5
30,5			57
30,0			57,5
29,5			58
29,0			58,5
28,5			59

Tab. 9 Koeficienty b pro výšku okolku 32 mm

e [mm]	R [mm]	z_R [mm]	b [mm]
32,0	20	12	55,5
31,5			56
31,0			56,5
30,5			57
30,0			57,5
29,5			58
29,0			58,5
28,5			59

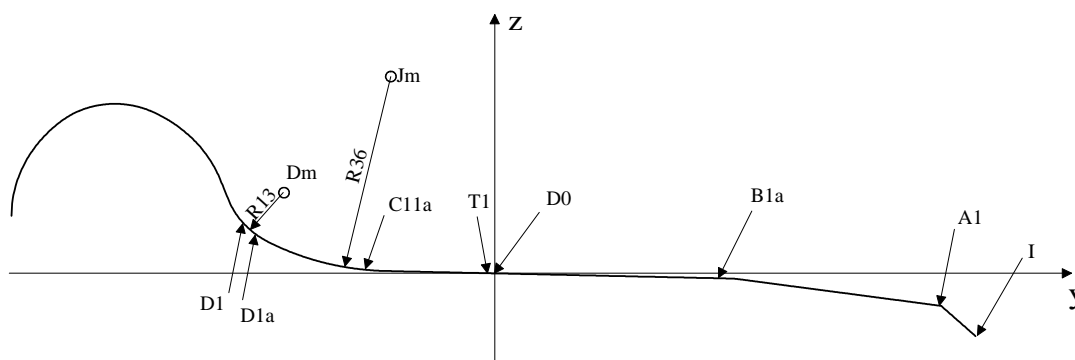
4.8.5. Úsek $H1 - S$

Tento úsek zůstává beze změn, posunutí okolku o hodnotu de nemá na tuto část obrysu vliv, jenom poloha koncového bodu S se posunuje o hodnotu $l = \frac{de}{2}$ ve směru posunutí de .

4.8.6. Úsek $H2 - H1$

Úsek $H2 - H1$ zůstává beze změn, změna šířky okolku e neovlivňuje jeho vlastnosti.

4.9. Jízdní obrys 1/40 s referenční šířkou okolků 32,5 mm



Obr. 16 Obrys 1/40

Tento jízdní obrys si z matematického hlediska rozdělíme opět na několik částí:

- *Oblast A1 – I* - je tvořena zkosenou hranou o rozměrech 5 x 5 mm.
- *Oblast A1 – B1a* - vyjádří se pomocí přímky se sklonem 15 %, přičemž je normou ČSN 13715 povoleno použít sklon od 6,7 % do 15 %.
- *Oblast C11a – B1a* - tuto část tvoří přímka se sklonem 2,5 %.
- *Oblast D1a – C11a* - je tvořena kružnicovým obloukem o poloměru 36 mm se středem v bodě *Jm*.
- *Oblast D1 – D1a* - vyjádří se pomocí kružnicového oblouku o poloměru 13 mm.
- *Oblast H2 – D1* - okolek

4.9.1. Úsek A1 – I

Tento úsek tvoří zkosená hrana 5 x 5 mm, tudíž se vyjádří pomocí vztahu

$$z = k_I \cdot y_I + a,$$

kde y_I, z_I jsou souřadnice obrysu v tomto úseku,

k_I je směrnice přímky v tomto úseku

Jelikož sklon je 45° , je směrnice přímky tohoto úseku $k_I = -1$, rovnice se tudíž zjednoduší na

$$z = -y_I + a.$$

Přesný tvar si vyjádříme z dalšího úseku, kde zjistíme přesné souřadnice krajního bodu A1.

4.9.2. Úsek A1 – B1a

Tato část obrysu je tvořena přímkou se sklonem 15 %.

Znamé hodnoty z normy ČSN EN 13 715:

$$B1 = [35,000; -0,875]$$

$$k_A = -0,15$$

Výsledný vztah pro tento úsek je:

$$z = k \cdot y + a .$$

Po dosazení a úpravě získáme

$$-0,875 = -0,15 \cdot 35 + b$$

$$z = -0,15 \cdot y + 4,375$$

(56)

Vypočteme hodnotu bodu A1:

$$A1 = [65; z_{A1}]$$

Vypočítáme souřadnici A1:

$$z_{A1} = -0,15 \cdot 60 + 4,735 = -4,265$$

Bod A1 = [65; -4,735] dosadíme a dostaneme matematický vztah pro úsek A1 – I:

$$-4,735 = -65 + a$$

$$a = 59,625$$

$$z = -y + 59,625$$

(57)**4.9.3. Úsek C11a – B1a**

Úsek C11a – B1a je tvořen přímkou se sklonem 2,5 % a prochází bodem D0, který leží v počátku souřadnicového systému.

Známe hodnoty:

$$k_B = -0,025$$

$$B1a = [35,000; -0,875]$$

$$D0 = [0; 0]$$

Tento úsek se vyjádří pomocí:

$$z = k_B \cdot y$$

$$z = -0,025 \cdot y$$

(58)

4.9.4. Úsek D1a – C11a

Úsek *D1a – C11a* je tvořen kružnicovým obloukem o poloměru 36 mm se středem v bodě J_m .

Známé hodnoty:

$$J_m = [-14,740; 36,380]$$

$$R_C = 36 \text{ mm}$$

Vyjádříme si vztah pro výpočet souřadnice z :

$$z = z_{J_m} - \sqrt{R_C^2 - (y_C - y_{J_m})^2} \quad (59)$$

$$z = 36,380 - \sqrt{36^2 - (y_C + 14,740)^2}$$

Derivací získáme tangentu úhlu pro tento úsek:

$$z' = \frac{y + y_{J_m}}{\sqrt{R_C^2 - y_{J_m}^2 - y^2 - 2 \cdot y \cdot y_{J_m}}} \quad (60)$$

Dosadíme do (60) a dostaneme:

$$z' = \frac{y + 14,740}{\sqrt{36^2 - 14,740^2 - y^2 - 2 \cdot y \cdot 14,740}} \quad (61)$$

4.9.5. Úsek D1 – D1a

Úsek je tvořen kružnicovým obloukem o poloměru $R_D = 13 \text{ mm}$ se středem v bodě D_m .

Známe tyto údaje:

$$R_D = 13 \text{ mm}$$

$$D_m = [-26,211; 16,446]$$

Vyjádříme si souřadnici z :

$$z = z_{RD} - \sqrt{R_D^2 - (y - y_{RD})^2} \quad (62)$$

Odtud po dosazení číselných hodnot souřadnice a velikosti poloměru R_D dostaneme:

$$z = 16,446 + \sqrt{13^2 - (y + 26,211)^2} \quad (63)$$

Derivací tohoto vztahu dostaneme tangentu úhlu:

$$z' = \frac{y + y_{RD}}{\sqrt{R_D^2 - y_{RD}^2 - y^2 - 2 \cdot y \cdot y_{RD}}} \quad (64)$$

$$z' = \frac{y + 26,211}{\sqrt{13^2 - 26,211^2 - y^2 - 2 \cdot y \cdot 26,211}} \quad (65)$$

4.9.6. Úsek H2 – D1

Jedná se o okolek, byl rozebrán výše.

4.10. Jízdní obrys 1/40 s šířkou okolku menší než 32,5 mm

4.10.1. Oblast D0 - A1 - I

Tato oblast zůstává stejná jako u obrysu s referenční šířkou okolku $e = 32 \text{ mm}$

4.10.2. Oblast T1 – D0

Jízdní obrys 1/40 pro jinou než referenční šířkou okolku e má nový významný bod konstrukce $T0 = [-0,500; 0,0125]$. Tento bod je důležitý pro konstrukci bodu $T1$, který je posunutým bodem $T0$ o hodnotu de vodorovně s osou y . Bod $T1$ je s bodem $D0$ spojen přímkou, čili pak platí:

$$z = k_T \cdot y,$$

$$\text{kde } k_T = \frac{z_{T1}}{y_{T1}},$$

odtud

$$z = \frac{z_T}{y_T} \cdot y = \frac{z_{T0}}{y_{T0} - de} \cdot y = \frac{0,0125}{-0,500 - de} \cdot y \quad (66)$$

Pro šířku okolku $e = 32 \text{ mm}$ po dosazení získám:

$$z = -0,0125 \cdot y$$

$$z' = -0,0125$$

Zúžení okolku de je v rozpětí 0,5 – 4,5 mm s krokováním po 0,5 mm.

4.10.3. Oblast C11a – T1

Vycházíme ze vztahu (58), jehož y -ová složka bude zmenšená o hodnotu de .

$$z = k_C \cdot (y - y_{T1}) + z_{T1} = k_C \cdot [y - (y_{T0} - de)] + z_{T1} \quad (67)$$

Po vyčíslení (67) dostaneme:

$$z = -0,025 \cdot (y + 0,5 + de) + 0,0125 \quad (68)$$

Nahradíme se $b = 0,5 + de$ a dostaneme:

$$y = -0,025 \cdot (y + b) + 0,0125 \quad (69)$$

Tab. 10 Koeficienty úseku C11a-T1 pro různé šířky okolku

e [mm]	b [mm]
32,0	1
31,5	1,5
31,0	2
30,5	2,5
30,0	3
29,5	3,5
29,0	4
28,5	4,5

Směrnice pro všechny normované šířky okolku bude stejná:

$$z' = -0,025$$

4.10.4. Úsek D1a – C11a

Vztah dostaneme z (59), je opět posunutý o hodnotu zúžení okolku de vodorovně s osou y :

$$z = z_{Jm} - \sqrt{R_{Jm}^2 - (y - y_{Jm} + de)^2} \quad (70)$$

Dosadíme číselné hodnoty do (69):

$$z' = \frac{y + y_{Jm} + de}{\sqrt{R_C^2 - (y_{Jm} + de)^2 - y^2 - 2 \cdot y \cdot (y_{Jm} + de)}} \quad (71)$$

kde R_{Jm} je poloměr kružnicového oblouku v úseku D1a – C11a

de je posunutí okolku

y_{Jm}, z_{Jm} jsou souřadnice středu kružnicového oblouku.

Dosaďme koeficient $b = y_{Jm} - de$ a po úpravě dostaneme:

$$z = z_{Jm} - \sqrt{R_{Jm}^2 - (y - b)^2}, \quad (72)$$

$$z' = \frac{y - b}{\sqrt{R_C^2 - b^2 - y^2 - 2 \cdot b \cdot y}}. \quad (73)$$

Hodnoty jednotlivých koeficientů jsou uvedeny pro jednotlivé normované hodnoty šířek okolku e v následující tabulce:

Tab. 11 Hodnoty koeficientů pro úsek D1a – C11a

e [mm]	R [mm]	z_R [mm]	b [mm]
32,0	36	36,380	15,240
31,5			15,740
31,0			16,240
30,5			16,740
30,0			17,240
29,5			17,740
29,0			18,240
28,5			18,740

4.10.5. Úsek D1 – D1a

Vztah získáme z (62) odečtením hodnoty de od y -ové složky tohoto vztahu:

$$z = z_D - \sqrt{R_D^2 - (y - y_D + de)^2}, \quad (74)$$

Tangentu úhlu získáme derivací vztahu vyjadřující tento úsek:

$$z' = \frac{y + y_D + de}{\sqrt{R_D^2 - (y_D + de)^2 - y^2 - 2 \cdot y \cdot (y_D + de)}}, \quad (75)$$

kde R_D je poloměr kružnicového oblouku pro tento úsek,

de je posunutí okolku,

y_D, z_D jsou souřadnice středu tohoto oblouku.

Pro zjednodušení si, jako v předchozích případech, nahradíme $b = y_D - de$ a dostaneme:

$$z = z_D - \sqrt{R_D^2 - (y - b)^2}, \quad (76)$$

$$z' = \frac{y - b}{\sqrt{R_D^2 - b^2 - y^2 - 2 \cdot b \cdot y}} \quad (77)$$

Následující tabulka vyjadřuje hodnoty koeficientů pro jednotlivé šířky okolku e :

Tab. 12 Koeficienty b pro úsek D1 - D1a

e [mm]	R [mm]	z_R [mm]	b [mm]
32,0	13	16,446	26,711
31,5			27,211
31,0			27,711
30,5			28,211
30,0			28,711
29,5			29,211
29,0			29,711
28,5			30,211

4.11. Jízdní obrys S1002 s referenčním rozměrem okolku

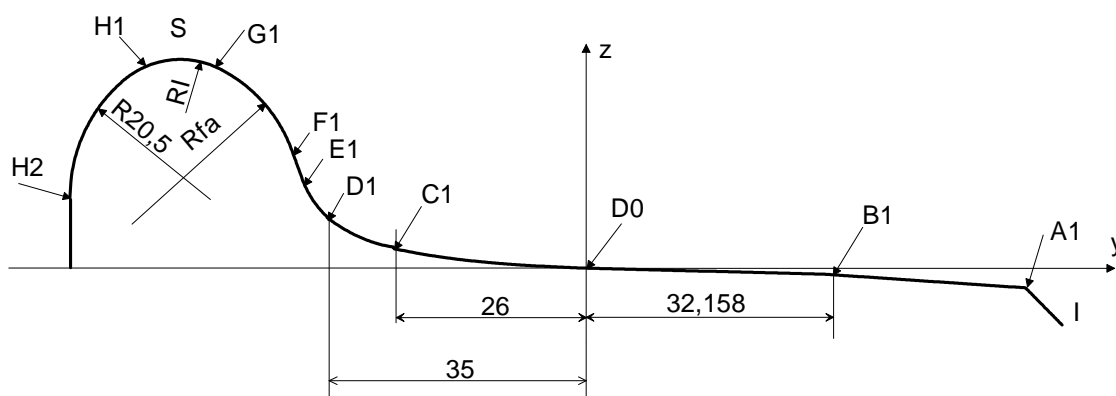
Tento jízdní obrys je nutné z matematického hlediska rozdělit na několik částí:

- Úsek A1 – I – obrys této části je tvořen úsečkou se sklonem 45° a délkou 5 mm.
- Úsek B1 – A1 – obrys je tvořen přímkou se sklonem 6,7 %, přičemž dle [1] je přípustný sklon mezi 6,7 % a 15 %.
- Úsek D1 – B1 – tento obrys vznikl výzkumy a měřeními za provozu, souřadnice jsou uvedeny v [1].
- Úsek H2 – D1 - tvoří obrys okolku.

Významné body tohoto obrusu jsou shrnuty v následující tabulce:

Tab. 13 Významné body obrysu S1002

Bod	y [mm]	z [mm]
B1	32,158	-0,780
C1	-26,000	2,741
D1	-35,000	6,867



Obr. 17 Obrys S1002

4.11.1. Úsek I – A1

Tento úsek je tvořen úsečkou se sklonem 45° a o délce 5 mm, jeho matematické vyjádření tudíž bude následující:

$$z = k_1 \cdot (y - y_{A1}) + z_{A1}.$$

Z výše uvedeného je patrné, že směrnice přímky $z' = -1$, celá rovnice se proto zjednoduší po vyčíslení na tvar:

$$z = -y + 62,01959. \quad (78)$$

4.11.2. Úsek B1 – A1

Tento úsek je tvořen přímkou, která má sklon 6,7 %, jejími hraničními body jsou B1 a D0.

Matematické vyjádření po dosazení těchto údajů bude:

$$z = -0,067 \cdot y + 1,085$$

4.11.3. Úsek B1 – D0

Tento úsek vznikl dlouhodobým měřením a experimenty, není vyjádřen žádnou matematickou funkcí, je proto nutné funkci získat ze zadaných souřadnic v normě ČSN EN 13715. Tento vztah jsem získal z normy UCI – 510-2 [10]:

$$z = -3,3583705810^{-2} \cdot y + 1,56568162410^{-3} \cdot y^2 - 2,81042794410^{-5} \cdot y^3 + 5,84424086410^{-8} \cdot y^4 - 1,56237902310^{-8} \cdot y^5 + 5,30921734910^{-15} \cdot y^6 - 5,95783984310^{-12} \cdot y^7 + 2,64665657310^{-13} \cdot y^8 \quad (79)$$

Tangenta úhlu bude mít tudíž tvar:

$$z' = -3,3583705810^{-2} + 3,13136324810^{-3} \cdot y - 8,43128383210^{-5} \cdot y^2 + 2,33769634610^{-7} \cdot y^3 - 7,81189511510^{-8} \cdot y^4 + 3,18553040910^{-14} \cdot y^5 - 4,1704878910^{-11} \cdot y^6 + 2,11732525810^{-12} \cdot y^7 \quad (80)$$

4.11.4. Úsek D1 – D0

Pro tento úsek je také z [10] dán polynomickým vztahem:

$$z = -4,320221063 \cdot 10^3 - 1,038384026 \cdot 10^3 \cdot y - 1,065501873 \cdot 10^2 \cdot y^2 - 6,051367875 \cdot y^3 - 0,2054332446 \cdot y^4 - 4,169739389 \cdot 10^{-3} \cdot y^5 - 4,687195829 \cdot 10^{-5} \cdot y^6 - 2,252755540 \cdot 10^{-7} \cdot y^7 \quad (81)$$

Tangentu úhlu pro tento úsek dostaneme derivací předešlého vztahu:

$$z' = -1,038384026 \cdot 10^3 - 2,131003746 \cdot 10^2 \cdot y - 18,154103625 \cdot y^2 - 0,821732978 \cdot y^3 - 2,0848696945 \cdot 10^{-3} \cdot y^4 - 2,812317497 \cdot 10^{-4} \cdot y^5 - 1,576928878 \cdot 10^{-6} \cdot y^6 \quad (82)$$

4.12. Jízdní obrys S1002 s šířkou okolku menší než 32,5 mm

4.12.1. Úsek D0 – B1 – A1 – I

Tento úsek je shodný s obrysem pro referenční šířku okolku $e = 32,5 \text{ mm}$.

4.12.2. Úsek T1 – D0

Tento úsek je matematicky shodný se stejným úsekem u jízdního obrysu 1/40, proto ho tu již nebudu opětovně rozvádět.

4.12.3. Úsek $D1 - T1$

Tento úsek vznikne posunutím původního úseku $D0 - D1$ ve směru zúžení okolku o hodnotu de . Výsledná rovnice proto bude mít tvar:

$$\begin{aligned} z = & -4,320221063 \cdot 10^3 - 1,038384026 \cdot 10^3 \cdot (y + de) - \\ & - 1,065501873 \cdot 10^2 \cdot (y + de)^2 - 6,051367875 \cdot (y + de)^3 - \\ & - 0,2054332446 \cdot (y + de)^4 - 4,169739389 \cdot 10^{-3} \cdot (y + de)^5 - \\ & - 4,687195829 \cdot 10^{-5} \cdot (y + de)^6 - 2,252755540 \cdot 10^{-7} \cdot (y + de)^7 \end{aligned} \quad (83)$$

Tangentu úhlu pro tento úsek jsem získal zderivováním tohoto vztahu:

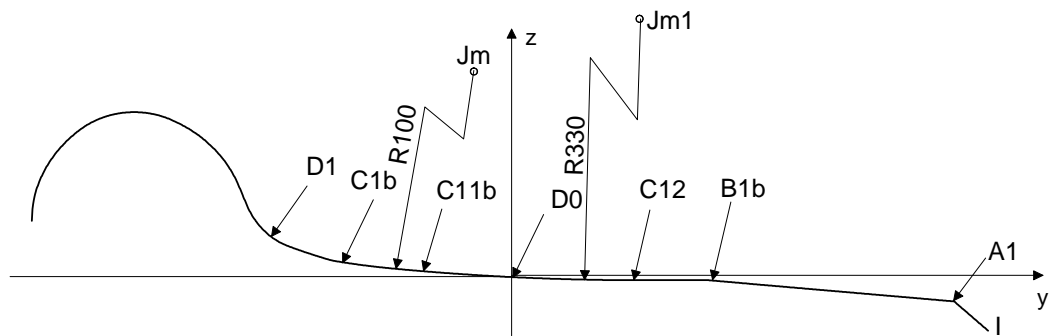
$$\begin{aligned} z' = & -1,038384026 \cdot 10^3 - 2,131003746 \cdot 10^2 \cdot (y + de) - \\ & - 18,154103625 \cdot (y + de)^2 - 0,821732978 \cdot (y + de)^3 - \\ & - 2,0848696945 \cdot 10^{-3} \cdot (y + de)^4 - 2,812317497 \cdot 10^{-4} \cdot (y + de)^5 - \\ & - 1,576928878 \cdot 10^{-6} \cdot (y + de)^6 \end{aligned} \quad (84)$$

Hodnota zúžení okolku de má, jako v předchozích případech, hodnotu mezi 0,5 a 4 mm včetně s krokováním 0,5 mm.

4.13. Jízdní obrys EPS s referenční šířkou okolku $e = 32,5$ mm

Jízdní obrys EPS je nutné z hlediska matematického vyjádření taktéž rozdělit na několik částí (**Obr. 18**):

- Úsek $A1 - I$ – jedná se opět o zkosenou hranu 5 x 5 mm.
- Úsek $B1b - A1$ – tvoří ho přímka se sklonem 10 %, přičemž norma ČSN EN 13715 povoluje sklon od 6,7 % do 15 %.
- Úsek $C12 - B1b$ – je tvořen přímkou, která je rovnoběžná s osou y .
- Úsek $C11b - C12b$ – je tvořen kružnicovým obloukem o poloměru 330 mm se středem v bodě $Jm1$.
- Úsek $C1b - C11b$ – je vyjádřen pomocí kružnicového oblouku o poloměru 100 mm se středem v bodě Jm .
- Úsek $D1 - C1b$ – tento úsek není vyjádřen pomocí jednoduché matematické funkce, přesné souřadnice jsou uvedeny v normě ČSN EN 13715.
- Úsek $H2 - D1$ – jedná se o kolek, který je rozebrán výše.



Obr. 18 Obrys EPS

4.13.1. Úsek A1 – I

Tento úsek je tvořen zkosenou hranou o velikosti 5 x 5 mm, matematické vyjádření tedy bude následující

$$z_I = -y_I + a. \quad (85)$$

Přesný tvar rovnice si vyjádříme z následujícího úseku

4.13.2. Úsek B1b – A1

Tato část jízdního obrysu kola je tvořena přímkou se sklonem 10 %, matematické vyjádření bude

$$z = k_1 \cdot y_A + b$$

Známe z [4]:

$$k_A = -0,1$$

$$B1b = [29,000; -0,547]$$

Ze zadaných údajů si vyjádříme matematický vztah pro tuto část jízdního obrysu

$$-0,547 = -0,1 \cdot 29 + b \quad (86)$$

$$z_A = -0,1 \cdot y_A + 2,353$$

Vypočítáme souřadnice bodu A1 a dosadíme do rovnice pro úsek A1 – I:

$$A1 = [60; z_{A1}]$$

$$z_{A1} = -0,1 \cdot 60 + 2,353 = -3,647$$

$$z_I = -y_I + a \quad (87)$$

$$a = -3,647 + 60 = 56,353$$

$$z_I = -y_I + 56,353$$

4.13.3. Úsek C12 – B1b

Tento úsek je tvořen přímkou rovnoběžnou s osou y , jeho vyjádření bude proto

$$z_B = -0,547$$

4.13.4. Úsek C11b – C12

Úsek C11b – C12 je tvořen kružnicovým obloukem o poloměru 330 mm se středem v bodě $Jm1$.

Známe hodnoty získané z normy ČSN EN 13715 jsou:

$$Jm1 = [19,000; 329,453]$$

$$R_C = 330 \text{ mm}$$

$$D0 = [0; 0]$$

$$C12 = [19,000; -0,547]$$

$$C11b = [-17,587; 1,487]$$

Ze zadaných bodů lze zjistit vztah pro vyjádření obrysu v této části. Budeme opět vycházet z obecného vyjádření kružnice a po dosazení získaných hodnot dostaneme:

$$z = 329,453 - \sqrt{330^2 - (y - 19)^2} . \quad (88)$$

Tangenta úhlu má tvar:

$$z' = \frac{y + 19}{\sqrt{108539 - y^2 - y \cdot 55,422}} \quad (89)$$

4.13.5. Úsek C1b – C11b

Tento úsek je tvořen kružnicovým obloukem o poloměru $R_{C1} = 100 \text{ mm}$ se středem v bodě Jm .

Známe hodnoty odečtené z normy ČSN EN 13715:

$$Jm = [-6,500; 100,871]$$

$$R_{C1} = 100 \text{ mm}$$

$$C1b = [-26,000; 2,790]$$

$$C11b = [-17,587; 1,487]$$

Dosadíme známé hodnoty a dostaneme:

$$z = 100,871 - \sqrt{100^2 - (y + 6,5)^2} . \quad (90)$$

Tangenta úhlu se získá derivací vztahu pro tento úsek:

$$z' = \frac{y + 6,5}{\sqrt{9957,75 - y^2 - y \cdot 6,5}}. \quad (91)$$

4.13.6. Úsek D1 – C1b

Tento úsek není charakterizován žádnou matematickou funkcí, souřadnice lze nalézt v [4] a je nutné si odvodit polynomický vztah pro tento úsek. U tohoto obrysu, jako u jediného, dochází při změně tloušťky okolku nikoliv k posunu obrysu ve směru zúžení okolku, ale ke změně tvaru křivky tohoto úseku, přičemž se posouvá pouze okrajový bod D, bod C1b zůstává na místě. Proto je nutné zjistit vztah pro každou normovanou hodnotu tloušťky okolku zvlášť.

- Pro tloušťku okolku $e = 32,5 \text{ mm}$ známe z normy ČSN tyto souřadnice:

Tab. 14 Body obrysu EPS pro okolek o tloušťce 32,5 mm [4]

y [mm]	z [mm]	y [mm]	z [mm]
-35	6,867	-30	4,222
-34,5	6,466	-29,5	4,028
-34	6,108	-29	3,838
-33,5	5,788	-28,5	3,652
-33	5,507	-28	3,471
-32,5	5,262	-27,5	3,295
-32	5,044	-27	3,122
-31,5	4,832	-26,5	2,954
-31	4,624	-26	2,79
-30,5	4,421		

Z grafického programu Grapher dostaneme po dosazení a grafického vyjádření křivky následující vztah:

$$z = -143859,4085 - 42866,6039 \cdot y - 5528,838752 \cdot y^2 - 403,7187276 \cdot y^3 - 18,27423862 \cdot y^4 - 0,5255077307 \cdot y^5 - 0,009381759182 \cdot y^6 - 9,51182378 \cdot 10^{-5} \cdot y^7 - 4,194836847 \cdot 10^{-7} \cdot y^8 \quad (91)$$

Tangenta úhlu má tvar:

$$z' = -42866,6039 - 11057,6775 \cdot y - 1211,1256183 \cdot y^2 - 73,09695448 \cdot y^3 - 2,627538654 \cdot y^4 - 0,05629055509 \cdot y^5 - 6,658276646 \cdot 10^{-4} \cdot y^6 - 3,355869478 \cdot 10^{-6} \cdot y^7 \quad (92)$$

4.14. Jízdní obrys EPS s šířkou okolku menší jak 32,5 mm

Oblast od vnitřního okraje kola až po bod *C1b* zůstává pro kteroukoli tloušťku okolku stejná, lišit se bude část *C1b-D1*, která ale nevznikne posunem obrysu ve směru zúžení okolku jako u ostatním obrysů. Pro každou normovanou tloušťku *e* je přesně dán normou ČSN 13715 nová, unikátní křivka.

4.14.1. Oblast *C1b – D1* pro šířku okolku 32 mm

Hodnoty získané z normy ČSN EN 13 715 jsou uvedeny v následující tabulce:

Tab. 15 Body obrysu EPS pro okolek o šířce 32 mm [4]

y[mm]	z[mm]	y[mm]	z[mm]
-26,0	2,791	-31,0	4,444
-26,5	2,938	-31,5	4,631
-27,0	3,089	-32,0	4,822
-27,5	3,245	-32,5	5,018
-28,0	3,404	-33,0	5,239
-28,5	3,567	-33,5	5,493
-29,0	3,735	-34,0	5,781
-29,5	3,906	-34,5	6,104
-30,0	4,081	-35,0	6,466
-30,5	4,260	-35,5	6,867

Z těchto souřadnic získáme polynomický vztah 8. stupně, který bude mít tvar:

$$\begin{aligned}
 z = & 566059,6019 + 146766,1225 \cdot y + 16599,89595 \cdot y^2 + \\
 & + 1069,680825 \cdot y^3 + 42,94973679 \cdot y^4 + 1,10025827 \cdot y^5 + \\
 & + 0,01756017382 \cdot y^6 + 0,0001596318519 \cdot y^7 + 6,327924519 \cdot 10^{-7} \cdot y^8
 \end{aligned}
 \tag{93}$$

Tangenta úhlu bude vyjádřena derivací:

$$\begin{aligned}
 z' = & 146766,1225 + 33199,7919 \cdot y + 3209,042475 \cdot y^2 + \\
 & + 171,79897416 \cdot y^3 + 5,500629135 \cdot y^4 + 0,01053610429 \cdot y^5 + \\
 & + 0,001117422963 \cdot y^6 + 5,062339615 \cdot 10^{-6} \cdot y^7
 \end{aligned}
 \tag{94}$$

4.14.2. Oblast *C1b – D1* pro šířku okolku 31,5 mm

Souřadnice uvedené v následující tabulce jsem získal z normy ČSN EN 13 715.

Tab. 16 Body obrysu EPS pro okolek o tloušťce 31,5 mm [4]

y [mm]	z [mm]	y [mm]	z [mm]
-26,0	2,790	-31,5	4,449
-26,5	2,923	-32,0	4,622
-27,0	3,060	-32,5	4,799
-27,5	3,200	-33,0	4,998
-28,0	3,344	-33,5	5,227

-28,5	3,491	-34,0	5,486
-29,0	3,642	-34,5	5,778
-29,5	3,796	-35,0	6,104
-30,0	3,954	-35,5	6,466
-30,5	4,116	-36,0	6,867
-31,0	4,281		

Z těchto souřadnic a následném grafickém vyjádření jsem dostal vztah pro tento úsek:

$$z = 757033,4996 + 197567,562 \cdot y + 22503,8907 \cdot y^2 + 1461,210193 \cdot y^3 + 59,15461812 \cdot y^4 + 1,528892227 \cdot y^5 + 0,02463607656 \cdot y^6 + 0,0002262830657 \cdot y^7 + 9,070601855 \cdot 10^{-7} \cdot y^8 \quad (95)$$

Tangenta úhlu pro tento obrys je:

$$z' = 197567,562 + 45007,7814 \cdot y + 4383,630579 \cdot y^2 + 236,61847248 \cdot y^3 + 7,644461135 \cdot y^4 + 0,14781645936 \cdot y^5 + 0,00158398146 \cdot y^6 + 7,256481484 \cdot 10^{-6} \cdot y^7 \quad (96)$$

4.14.3. Oblast C1b – D1 pro šířku okolku 31 mm

Údaje získané z [1] použiji pro výpočet polynomického vztahu vyjadřující tento konkrétní úsek:

Tab. 17 Body obrysu EPS pro okolek o šířce 31 mm [4]

y [mm]	z [mm]	y [mm]	z [mm]
-26,0	2,790	-31,5	4,286
-26,5	2,910	-32,0	4,442
-27,0	3,033	-32,5	4,602
-27,5	3,160	-33,0	4,781
-28,0	3,289	-33,5	4,987
-28,5	3,422	-34,0	5,221
-29,0	3,558	-34,5	5,484
-29,5	3,697	-35,0	5,778
-30,0	3,840	-35,5	6,105
-30,5	3,985	-36,0	6,467
-31,0	4,134	-36,5	6,867

Z těchto souřadnic jsem dostal následující vztah vyjadřující tento úsek:

$$z = 623951,5222 + 162718,7754 \cdot y + 18520,08193 \cdot y^2 + 1201,535122 \cdot y^3 + 48,59869299 \cdot y^4 + 1,254865327 \cdot y^5 + 0,02019979011 \cdot y^6 + 0,0001853326599 \cdot y^7 + 7,420431814 \cdot 10^{-7} \cdot y^8 \quad (97)$$

Tangenta úhlu se vyjádří pomocí:

$$z' = 162718,7754 + 37040,16386 \cdot y + 3604,605366 \cdot y^2 + 194,394772 \cdot y^3 + 6,274326635 \cdot y^4 + 0,12119874066 \cdot y^5 + 0,001297328619 \cdot y^6 + 5,936345451 \cdot 10^{-6} \cdot y^7 \quad (98)$$

4.14.4. Oblast C1b – D1 pro šířku okolku 30,5 mm

V tabulce jsou uvedené souřadnice tohoto úseku, které jsem opět získal z literatury [4]:

Tab. 18 Body obrysu EPS pro okolek o tloušťce 30 mm [4]

y [mm]	z [mm]	y [mm]	z [mm]
-26,0	2,790	-32,0	4,280
-26,5	2,898	-32,5	4,424
-27,0	3,010	-33,0	4,586
-27,5	3,124	-33,5	4,772
-28,0	3,240	-34,0	4,983
-28,5	3,360	-34,5	5,220
-29,0	3,483	-35,0	5,486
-29,5	3,609	-35,5	5,780
-30,0	3,737	-36,0	6,107
-30,5	3,868	-36,5	6,468
-31,0	4,003	-37,0	6,867
-31,5	4,140		

Z těchto souřadnic jsem pomocí aplikace Grapher 2.0 dostal následující vztah vyjadřující matematicky tento úsek:

$$z = 434762,7143 + 113364,4543 \cdot y + 12898,93825 \cdot y^2 + 836,4667436 \cdot y^3 + 33,81139553 \cdot y^4 + 0,8723344489 \cdot y^5 + 0,01402806093 \cdot y^6 + 0,0001285529695 \cdot y^7 + 5,139857624 \cdot 10^{-7} \cdot y^8 \quad (99)$$

Tangenta úhlu má tvar:

$$z' = 4113364,4543 + 25797,8765 \cdot y + 2509,4002308 \cdot y^2 + 135,24558212 \cdot y^3 + 4,3616722445 \cdot y^4 + 0,08416836558 \cdot y^5 + 0,0008998707865 \cdot y^6 + 4,111886099 \cdot 10^{-6} \cdot y^7 \quad (100)$$

4.14.5. Oblast C1b – D1 pro šířku okolku 30 mm

V tabulce jsou uvedeny souřadnice pro tento úsek získané z [4]:

Tab. 19 Body obrysu EPS pro okolek o tloušťce 30 mm [4]

y [mm]	z [mm]	y [mm]	z [mm]
-26,0	2,790	-32,0	4,176
-26,5	2,891	-32,5	4,310
-27,0	2,994	-33,0	4,454

-27,5	3,100	-33,5	4,619
-28,0	3,209	-34,0	4,806
-28,5	3,321	-34,5	5,016
-29,0	3,435	-35,0	5,251
-29,5	3,552	-35,5	5,513
-30,0	3,671	-36,0	5,802
-30,5	3,793	-36,5	6,122
-31,0	3,918	-37,0	6,476
-31,5	4,046	-37,5	6,867

Ze zadaných souřadnic jsem získal následující polynomický vztah:

$$z = 275983,7658 + 71713,24385 \cdot y + 8129,832509 \cdot y^2 + 525,1577233 \cdot y^3 + 21,14079236 \cdot y^4 + 0,5430721796 \cdot y^5 + 0,008693292955 \cdot y^6 + 7,92819485 \cdot 10^{-5} \cdot y^7 + 3,153852979 \cdot 10^{-7} \cdot y^8 \quad (101)$$

Z tohoto vztahu získáme matematické vyjádření tangenty úhlu:

$$z' = 71713,24385 + 16259,665018 \cdot y + 1575,47317 \cdot y^2 + 84,56316944 \cdot y^3 + 2,715360898 \cdot y^4 + 0,05215975773 \cdot y^5 + 5,549736395 \cdot 10^{-4} \cdot y^6 + 2,523082383 \cdot 10^{-6} \cdot y^7 \quad (102)$$

4.14.6. Oblast C1b – D1 pro šířku okolku 29,5mm

V následující tabulce opět najdeme souřadnice bodů této části obrysu:

Tab. 20 Body obrysu EPS pro okolek o tloušťce 29,5 mm [4]

y [mm]	z [mm]	y [mm]	z [mm]
-26,0	2,790	-32,5	4,121
-26,5	2,878	-33,0	4,252
-27,0	2,969	-33,5	4,404
-27,5	3,062	-34,0	4,576
-28,0	3,157	-34,5	4,769
-28,5	3,254	-35,0	4,985
-29,0	3,354	-35,5	5,225
-29,5	3,456	-36,0	5,490
-30,0	3,561	-36,5	5,785
-30,5	3,668	-37,0	6,110
-31,0	3,777	-37,5	6,469
-31,5	3,889	-38,0	6,867
-32,0	4,003		

Polynomický vztah vyjadřující tento úsek bude ve tvaru:

$$z = 103609,1773 + 27465,51024 \cdot y + 3172,985284 \cdot y^2 + 208,6383956 \cdot y^3 + 8,540105534 \cdot y^4 + 0,2228212307 \cdot y^5 + 0,003618782194 \cdot y^6 + 3,34471819 \cdot 10^{-5} \cdot y^7 + 1,347015541 \cdot 10^{-7} \cdot y^8 \quad (102)$$

Tangenta má tvar:

$$z' = 27465,51024 + 6345,970568 \cdot y + 625,9151868 \cdot y^2 + 34,160422136 \cdot y^3 + 1,1141061535 \cdot y^4 + 0,021712693164 \cdot y^5 + 2,341302733 \cdot 10^{-4} \cdot y^6 + 1,077612433 \cdot 10^{-6} \cdot y^7 \quad (103)$$

4.14.7. Oblast C1b – D1 pro šířku okolku 29 mm

V tabulce jsou uvedeny souřadnice bodů náležících této části:

Tab. 21 Body obrysu EPS pro okolek o tloušťce 29 mm [4]

y [mm]	z [mm]	y [mm]	z [mm]
-26,0	2,790	-32,5	3,990
-26,5	2,870	-33,0	4,109
-27,0	2,951	-33,5	4,245
-27,5	3,035	-34,0	4,400
-28,0	3,121	-34,5	4,575
-28,5	3,209	-35,0	4,769
-29,0	3,299	-35,5	4,986
-29,5	3,391	-36,0	5,226
-30,0	3,485	-36,5	5,491
-30,5	3,582	-37,0	5,784
-31,0	3,680	-37,5	6,108
-31,5	3,781	-38,0	6,468
-32,0	3,884	-38,5	6,867

Z této tabulky dané normou jsem zjistil následující polynomický vztah:

$$z = 15218,2002 + 4728,054241 \cdot y + 620,5583141 \cdot y^2 + 45,32608419 \cdot y^3 + 2,026074577 \cdot y^4 + 0,05696180815 \cdot y^5 + 0,00098617629 \cdot y^6 + 9,631292275 \cdot 10^{-6} \cdot y^7 + 4,068599656 \cdot 10^{-8} \cdot y^8 \quad (104)$$

Tangenta úhlu bude mít proto tvar:

$$z' = 4728,054241 + 1241,1166282 \cdot y + 135,97825257 \cdot y^2 + 8,104298308 \cdot y^3 + 0,28480904075 \cdot y^4 + 0,03550234644 \cdot y^5 + 6,741904593 \cdot 10^{-5} \cdot y^6 + 3,254879725 \cdot 10^{-7} \cdot y^7 \quad (105)$$

4.14.8. Oblast C1b – D1 pro šířku okolku 28,5 mm

V tabulce jsou opět zobrazeny body vyjadřující křivku obrysu:

Tab. 22 Body obrysu EPS pro okolek o šířce 28,5 mm [4]

y [mm]	z [mm]	y [mm]	z [mm]
-26,0	2,790	-33,0	3,978
-26,5	2,862	-33,5	4,101
-27,0	2,935	-34,0	4,241

-27,5	3,011	-34,5	4,398
-28,0	3,088	-35,0	4,573
-28,5	3,167	-35,5	4,768
-29,0	3,248	-36,0	4,985
-29,5	3,332	-36,5	5,224
-30,0	3,417	-37,0	5,488
-30,5	3,503	-37,5	5,780
-31,0	3,592	-38,0	6,104
-31,5	3,683	-38,5	6,464
-32,0	3,776	-39,0	6,867
-32,5	3,871		

Z těchto souřadnic jsem si opět vyjádřil vztah popisující tento úsek:

$$\begin{aligned}
 z = & -31233,21016 - 7175.316032 \cdot y - 710,4738898 \cdot y^2 - 39,49954526 \cdot y^3 - \\
 & -1,343626745 \cdot y^4 - 0,02847991381 \cdot y^5 - 0,0003641949015 \cdot y^6 - \\
 & -2,531004004 \cdot 10^{-6} \cdot y^7 - 7,107589728 \cdot 10^{-9} \cdot y^8
 \end{aligned}
 \tag{106}$$

Tangenta úhlu má tvar:

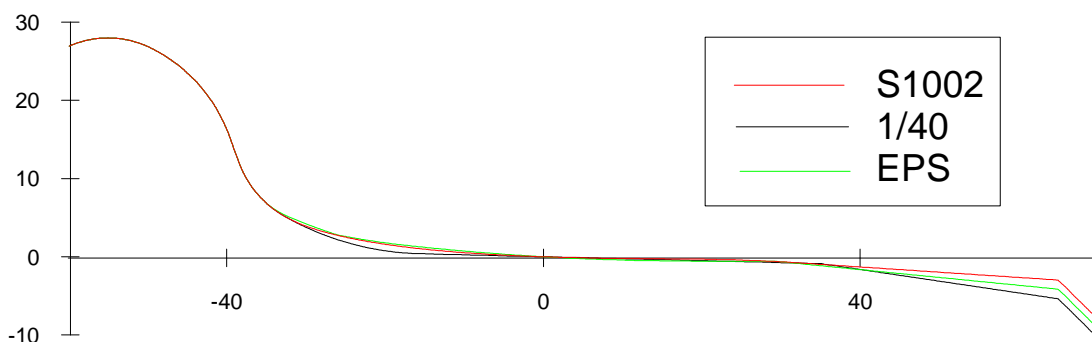
$$\begin{aligned}
 z' = & -7175.316032 - 1420,94778 \cdot y - 118,49863578 \cdot y^2 - 5,37450698 \cdot y^3 - \\
 & -0,14239956905 \cdot y^4 - 0,002185169409 \cdot y^5 - 1,771702803 \cdot 10^{-5} \cdot y^6 - \\
 & -5,686071782 \cdot 10^{-8} \cdot y^7
 \end{aligned}
 \tag{107}$$

5. Porovnání jednotlivých jízdních obrysů

Jak již bylo řečeno dříve, všechny normované jízdní obrysy mají společnou okolkovou část, čili mají totožný úsek $HI - EI$. Jednotlivé jízdní obrysy se liší v oblasti $I - AI - B - DI$.

Okolková část má nově normovaný sklon o hodnotě 70° , což znamená oproti dříve používanému sklonu zvýšení bezpečnosti proti vykolejení přibližně o 50%, přičemž na tratích s velkým počtem oblouků o menších poloměrech je tento sklon ještě strmější díky vlivu opotřebení obrysu během provozu.

Na obrázku (**Obr. 19**) je názorně vidět rozdíl mezi jednotlivými jízdními obrysy.



Obr. 19 Porovnání obrysů

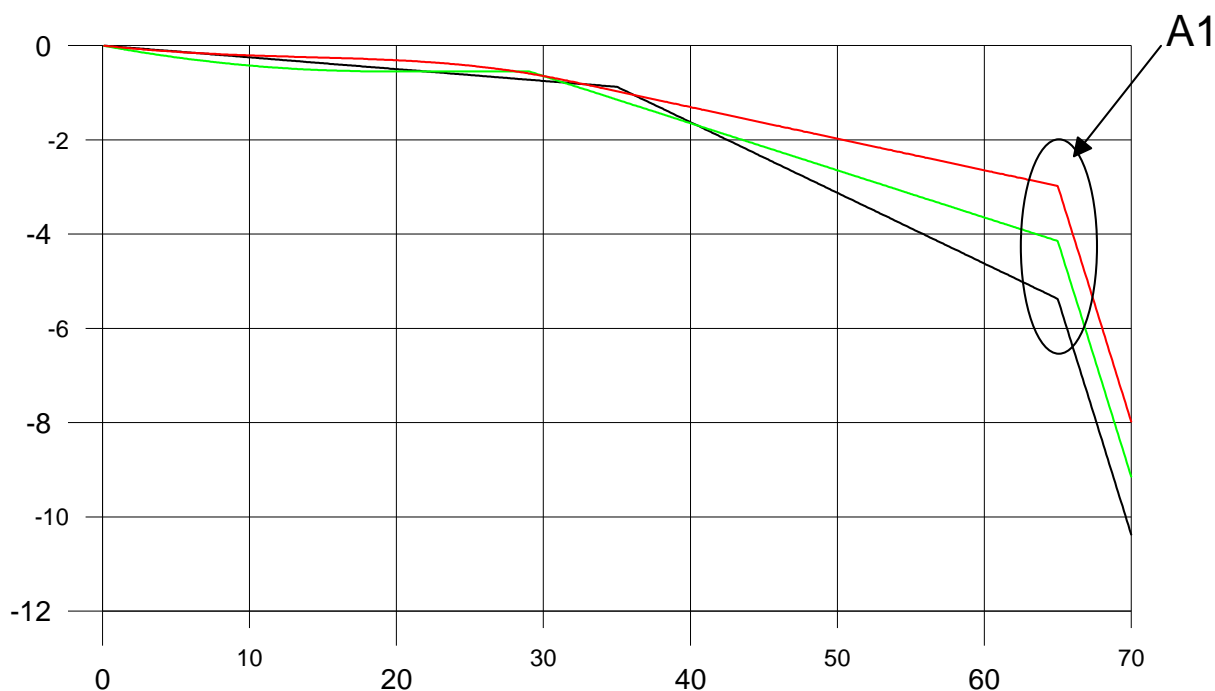
Jízdní obrys 1/40 má ze všech tří normovaných jízdních obrysů nestrmější sklon jak v oblasti vnější, tak v oblasti přechodové mezi jízdní plochou a okolkem. Pro detailní porovnání jednotlivých úseků je opět potřeba si jízdní obrysy rozdělit na několik částí.

5.1. Oblast od vnitřního okraje kola až po styčnou kružnici

Detailní porovnání všech obrysů je zobrazeno v přílohách této práce.

Na této oblasti je patrné, že jízdní obrys 1/40 má ze všech tří normovaných jízdních obrysů nejstrmější sklon, jehož hodnota je 1:12,5. Bod zlomu AI je ve všech třech případech vzdálen 65 mm od styčné kružnice (na kole o šířce 140 mm), sklon přímky až k okraji je také stejný, činí 45 mm, čili přímky v úseku $A1 - I$ jsou všech obrysů rovnoběžné.

Z (**Obr. 20**) je zřejmé, že bod zlomu $B1$ u obrysu S1002 nemá stejné souřadnice jako bod $B1a$ u obrysu 1/40 a $B1b$ u obrysu EPS, ale jsou vzájemně posunuty tak, že z-ová vzdálenost mezi body $B1a$ a $B1b$ činí 6 mm.



Obr. 20 Oblast bodu A1

V okolí zlomového bodu *BI* (resp. *BIa* nebo *BIb*) je vidět nejenom posun bodových zlomů v závislosti na jednotlivých obrysech, ale i skutečnost, že obrys S1002 má plynulý přechod, zatímco u ostatních obrysů dochází ke skokové změně směrnice obrysu.

V oblasti tohoto zlomového bodu je křivka S1002 nejstrmější, její sklon se ale pozvolna zmenšuje a začíná se opět zvyšovat až těsně před styčnou kružnicí.

Obrys 1/40 má v této oblasti lineární průběh.

Obrys EPS má sice bod zlomu v nejvyšším místě, ale poté pokračuje přímkou rovnoběžnou s osou *z*, poté přechází obrys v kružnici o poloměru 100 mm, kde, obdobně jako u obrysu 1/40 dochází ke skokové změně směrnice křivky.

5.2. Oblast mezi styčnou kružnicí a okolcem (přechodová)

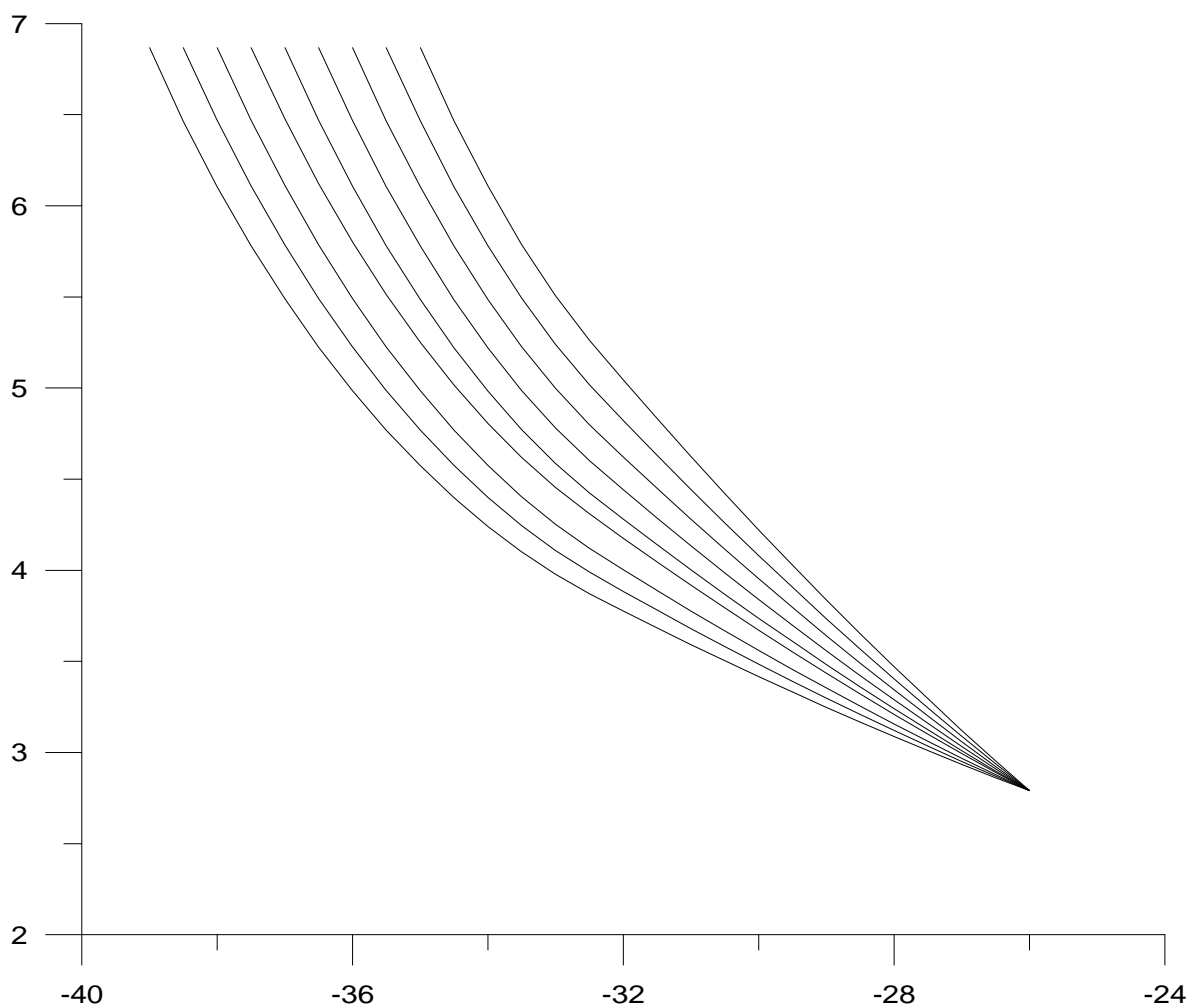
Zde je vidět, že zdaleka nejprudší sklon má obrys 1/40, tento obrys se nachází pod zbývajícimi obrysy. Z toho lze odvodit, že se tento obrys hodí na obloukovité tratě, kde díky této strmosti je zvýšena bezpečnost proti vykolejení.

Obrys S1002 se v tomto úseku celou svou délkou nachází nad zmiňovaným obrysem 1/40, jeho strmost dosahuje nižších hodnot. Obrys S1002 a 1/40 se spojují pod okolkovou částí ve společném bodě níže než obrys EPS.

Obrys EPS má z jízdních obrysů průběh nejvýše, vyskytují se tu dva body, v nichž se směrnice změní nekontinuálně. První bod spojuje kružnicový oblouk a obrys vyjádřený

pomocí polynomické funkce, druhý bod spojuje obrys vyjádřený pomocí polynomické funkce a okolek.

Dále je jízdní obrys EPS (resp. tato část) výjimečný v tom, že jako u jediného obrusu nedojde při zúžení tloušťky okolku k posunu této přechodové části obrusu, pro každou normovanou hodnotu tloušťky okolku existuje jedinečná křivka, její začátek je vždy 26 mm od styčné kružnice směrem k vnější části kola, konečný bod je variabilní dle tloušťky okolku, souhlasí se začátkem obrusu okolkové části:



Obr. 21 Úsek C1 - D1 (přechodná oblast) u obrusu EPS pro různé šířky okolku

UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	Stránka 62
---	------------------	------------

6. Historický vývoj jízdnicích profilů

Již od prvních okamžiků české železnice jsou používány kuželové jízdnicí obrysy, které lze nalézt například již u českobudějovické koněspřežky. Postupným vývojem a experimenty se jízdnicí profily tvarově vyvíjely a jejich sklon se ustálil na hodnotě 1:20. Takovéto jízdnicí profily byly u býv. ČSD používány až do sedmdesátých let, kdy byly postupně nahrazovány jízdnicím profilem křivkovým, který byl dokonalejší. U vozidel pražského metra se kuželové obrysy používaly až do nedávné doby, jenž se v současné době používají jen na posledních vozech sovětské výroby, nové vozy od firmy Siemens a na modernizovaných vozech se již používá jízdnicí obrys UIC – ORE resp. kuželový jízdnicí obrys s kuželem 2A.

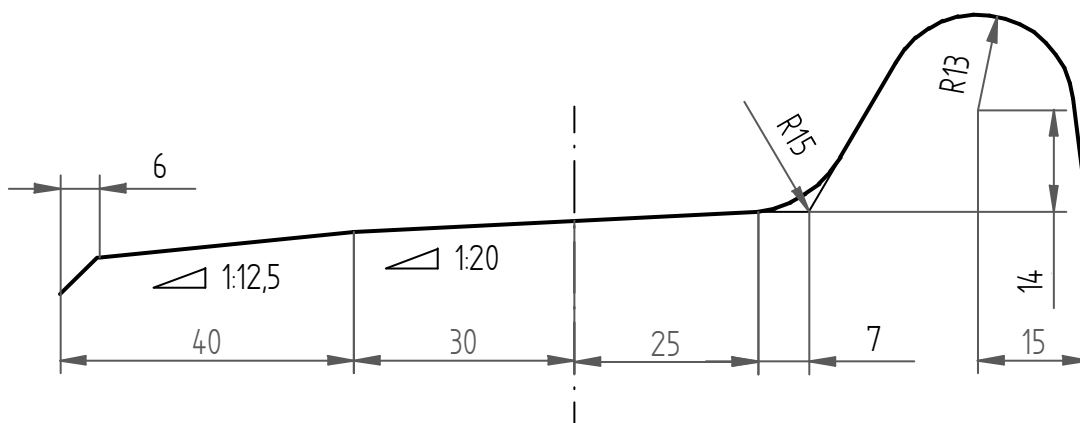
Kuželový jízdnicí obrys je charakteristický tím, že úhel sklonu tohoto jízdnicího profilu je totožný s úhlem úklonu osy kolejnice. Z výše uvedeného tudíž vyplývá, že se tento jízdnicí obrys dá používat jen na kolejnicích s patřičným úklonem 1:20, který se používá hlavně už jen na vedlejších tratích, na hlavních se postupnou modernizací přechází na úklon kolejnic 1:40.

Válcové jízdnicí profily byly pro svou jednoduchost dlouhodobě používány u tramvajových drah, kdy se jejich nepříznivé jízdnicí vlastnosti neprojevovaly při nízkých rychlostech a zátěžích na nápravu tak zřejmě. Tyto profily začaly být nahrazovány s nástupem tramvajů typu T.

Před nástupem platnosti normy ČSN EN 13715 se používaly na tratích býv. ČSD a ČD několik druhů jízdnicích obrysů:

6.1. Kuželový jízdnicí obrys

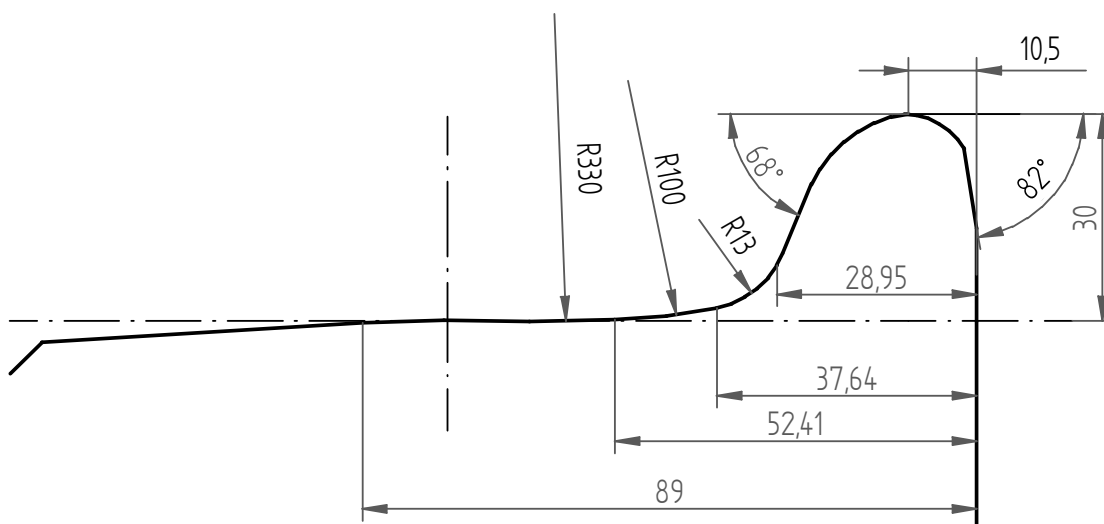
Tento jízdnicí obrys se používal ve velké míře na síti bývalé ČSD až do 70. let 20. století.



Obr. 22 Kuželový jízdni obrys

6.2. Jízdní obrys BR P8

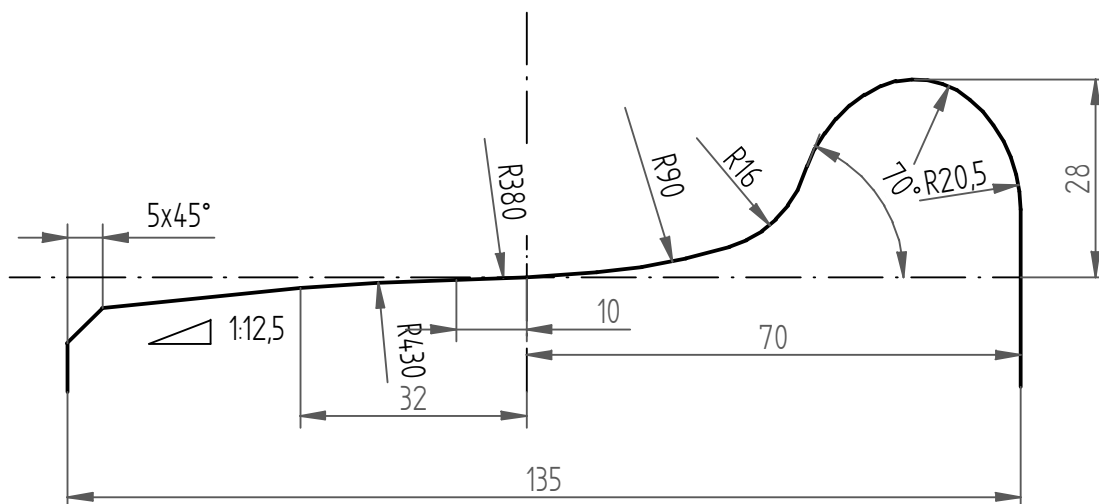
Britské železnice, které se vyznačují sklonem kolejnic 1:20, do nedávné doby běžně používaly jízdni obrys BR P8, tento obrys pak převzaly za své i dánské železnice. Důvodem tohoto rozhodnutí jsou nepříliš dobré zkušenosti s jízdni obrysem S1002 na tamních tratích. V současné době, kdy norma povoluje základní 3 druhy jízdni obrysů, je pro britské železnice určen jízdni obrys EPS, který vychází z již zmiňovaného obrysu BR P8, konkrétně jízdni obrys EPS se šířkou okolku $e = 30 \text{ mm}$ odpovídá přechodovou oblastí původnímu obrysu BR P8.



Obr. 23 Obrys BR P8

6.3. Jízdní obrys KKVMZ

Tento jízdní byl vyvinut na VŠDS v Žilině pro podmínky tratí ČSD, používal se poté na motorových jednotkách dodávaných řeckým železnicím AEG.



Obr. 24 Jízdní obrys KKVMZ

6.4. Jízdní obrys ZI – 3 a ZI – 4

Tyto jízdní obrysy jsou alternativou k normovanému jízdnímu obrysu S1002. Jsou vytvořeny speciálně pro síť ČD po mnohaletých zkušenostech s jízdním obrysem S1002. Bylo totiž zjištěno, že původní obrys S1002 se vlivem provozu velmi rychle opotřebovává a mění svůj tvar. Vzhledem k tomu, že jízdní obrys a jeho tvar má velký vliv na chodové a vodící vlastnosti vozidel, byl vytvořen nový jízdní obrys, který by více vyhovoval poměrům na českých tratích a odrazilo skutečnost dlouhých dob mezi jednotlivými reprofilacemi.

Vnější část obrysu je upravena tak, že křivka obrysu tvoří průměr mezi novým obrysem S1002 a tvarem, který vzniká po ujetí 300 000 až 400 000 km. Oblast vnitřní začínající 20 mm vně styčné kružnice odpovídá ustálenému jízdnímu profilu. Důvodem této úpravy je ta skutečnost, že k hlavnímu kontaktu mezi kolejí a kolejnicí dochází v této části. Vnitřní část obrysu je trochu více nakloněna než obrys S1002, jelikož je opotřebovávána méně a zamezí se tím vzniku žlábků v jízdním obrysu.

Při provozu na hlavních přímých tratích bylo zjištěno nežádoucí tloušťnutí okolků, proto byl navrhnut nový jízdní obrys ZI – 4, který má okolek oproti ZI – 3 tenčí o 1,2 mm.

7. Závěr

V této bakalářské práci byly po teoretickém úvodu postupně matematizovány všechny jízdní obrysy schválené v normě ČSN EN 13 715. Jedná se o obrysy S1002, EPS a 1/40.

V praktické části se nejdřív vyjádřil okolek, jelikož je společný pro všechny schválené jízdní obrysy. Do matematických vztahů byly převeden okolek o všech normovaných výškách a šířkách.

Poté jsem se zabíral jízdním obrysem S1002, který jsem nahradil bez okolkové části pro všechny šířky okolku. Nový jízdní obrys vznikl při zúžení okolku pouhým posunem jízdního obrysu o toto zúžení od styčné kružnice k okolku.

Obrys 1/40 byl taktéž převeden do matematických vztahů, stejně jako u obrysu S1002 zúžení okolku způsobí posun části jízdního obrysu od styčné kružnice k okolku o hodnotu zúžení okolku.

Narozdíl od ostatních jízdní obrys EPS při zúžení okolku nevznikne nový jízdní obrys posunem stávající křivky, ale pro každou šířku okolku je platná nová křivka. Tato zvláštnost má za příčinu to, že nedochází v přechodové oblasti k plynulé změně přechodu směrnice křivky, ale dochází k změně skokové. K této změně nedochází jen při šířce okolku 30 mm, který vychází přímo z původního jízdního obrysu P8 Spojeného království.

Všechny matematické vztahy byly následně použity pro vykreslení všech jízdních obrysů a jejich tangent úhlů. Byly též použity pro tvorbu datových ASCII tabulek se souřadnicemi bodů pro všechny jízdní obrysy. Vzhledem k datové náročnosti tabulek je v příloze v tištěné podobě přiložen vzor jedné z nich, ostatní jsou uloženy na CD.

Tato práce se do budoucna dá použít při řešení charakteristiky kolej-kolejnice, jelikož vzniklé matematické vztahy se dají snadno používat, vkládat do programů a lehce matematicky upravovat.

UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	Stránka 66
---	------------------	------------

8. Literatura

- [1] ČÁP J., FREIBAUER L., HLAVŇA V. *Teorie vozidel* 2. vyd. Žilina: Vysoká škola dopravy a spojů v Žilině, 1991. 257 s. ISBN 80-7100-047-7.
- [2] ZELENKA J. *Geometrické poměry mezi kolem a kolejnic.* Diplomová práce, VŠDS Žilina, květen 1981.
- [3] IZER, J., MARUNA, Z., JANDA J. *Kolejové vozy* 1. vyd. Bratislava: Nakladatelství Alfa Bratislava, 1986. 380 s. ISBN 63-870-84.
- [4] ČSN EN 16715:.. *Železniční aplikace – Dvojkolí a podvozky – Kola – Jízdní obrysy kol.*
- [5] ZELENKA J., IZER J. *Nový jízdní obrys železničního kola a jeho zkušební provoz* [online] . Dostupné z: <http://www.cd rail.cz/VT S/CLANKY/1005.pdf>
- [6] LATA, Z. *Základy dopravní techniky – jízda železničního vozidla* [online], poslední revize 8.08.2007. Dostupné z: http://webak.upce.cz/~lata/ZDT_e-learning/ZDT_kap_4.htm
- [7] IZER, J. *Vozidlo a kolej* [online], poslední revize 3.9.2004. Dostupné z: <http://www.cd rail.cz/VT S/CLANKY/705.pdf>
- [8] IZER J., ZELENKA J. *Charakteristiky kontaktní geometrie. Scientific Papers oh the Univerzity of Pardubice, Series B, The Jan Perner Transport Faculty 2/1996,* Univerzita Pardubice, 1996, s. 39-62.
- [9] MARUNA Z. *Základy pohybu po koleji. Scientific Papers oh the Univerzity of Pardubice, Series B, The Jan Perner Transport Faculty 2/1996,* Univerzita Pardubice, 1996, s. 23-38.
- [10] UIC 510 - 2: *Vozidla tažená – kola a dvojkolí*

9. Seznam příloh

Příloha 1. Vzor ASCI tabulky

Příloha 2. Změna výšky okolku

Příloha 3. Obrys 1/40 při různých šířkách okolku

Příloha 4. Obrys S1002 při různých šířkách okolku

Příloha 5. Obrys EPS při různých šířkách okolku

Příloha 6. Porovnání směrnic obrysů pro šířku okolku $e = 32,5$ mm

Příloha 7. Porovnání směrnic obrysů pro šířku okolku $e = 30,5$ mm

Příloha 8. Porovnání směrnic obrysů pro šířku okolku $e = 30$ mm

Příloha 9. Porovnání směrnic obrysů pro šířku okolku $e = 28,5$ mm

Příloha 10. Obrys 1/40

Příloha 11. Obrys S1002

Příloha 12. Obrys EPS

Příloha 13. Porovnání obrysů

Příloha 14. CD s ASCI tabulkami všech normovaných jízdních obrysů

Pozn.: Není-li uvedeno jinak, je na grafech zobrazen referenční jízdní obrys.

Vzor ASCII tabulky
obrys S1002

e = 32.5 mm h = 28 mm

z [mm]	y [mm]	tan-g
70.0	-7.98041	-1.00000
69.9	-7.88041	-1.00000
69.8	-7.78041	-1.00000
69.7	-7.68041	-1.00000
69.6	-7.58041	-1.00000
69.5	-7.48041	-1.00000
69.4	-7.38041	-1.00000
69.3	-7.28041	-1.00000
69.2	-7.18041	-1.00000
69.1	-7.08041	-1.00000
69.0	-6.98041	-1.00000
68.9	-6.88041	-1.00000
68.8	-6.78041	-1.00000
68.7	-6.68041	-1.00000
68.6	-6.58041	-1.00000
68.5	-6.48041	-1.00000
68.4	-6.38041	-1.00000
68.3	-6.28041	-1.00000
68.2	-6.18041	-1.00000
68.1	-6.08041	-1.00000
68.0	-5.98041	-1.00000
67.9	-5.88041	-1.00000
67.8	-5.78041	-1.00000
67.7	-5.68041	-1.00000
67.6	-5.58041	-1.00000
67.5	-5.48041	-1.00000
67.4	-5.38041	-1.00000
67.3	-5.28041	-1.00000
67.2	-5.18041	-1.00000
67.1	-5.08041	-1.00000
67.0	-4.98041	-1.00000
66.9	-4.88041	-1.00000
66.8	-4.78041	-1.00000
66.7	-4.68041	-1.00000
66.6	-4.58041	-1.00000
66.5	-4.48041	-1.00000
66.4	-4.38041	-1.00000
66.3	-4.28041	-1.00000
66.2	-4.18041	-1.00000
66.1	-4.08041	-1.00000
66.0	-3.98041	-1.00000
65.9	-3.88041	-1.00000
65.8	-3.78041	-1.00000
65.7	-3.68041	-1.00000
65.6	-3.58041	-1.00000

65.5	-3.48041	-1.00000
65.4	-3.38041	-1.00000
65.3	-3.28041	-1.00000
65.2	-3.18041	-1.00000
65.1	-3.08041	-1.00000
65.0	-2.98041	-0.06700
64.9	-2.97371	-0.06700
64.8	-2.96701	-0.06700
64.7	-2.96031	-0.06700
64.6	-2.95361	-0.06700
64.5	-2.94691	-0.06700
64.4	-2.94021	-0.06700
64.3	-2.93351	-0.06700
64.2	-2.92681	-0.06700
64.1	-2.92011	-0.06700
64.0	-2.91341	-0.06700
63.9	-2.90671	-0.06700
63.8	-2.90001	-0.06700
63.7	-2.89331	-0.06700
63.6	-2.88661	-0.06700
63.5	-2.87991	-0.06700
63.4	-2.87321	-0.06700
63.3	-2.86651	-0.06700
63.2	-2.85981	-0.06700
63.1	-2.85311	-0.06700
63.0	-2.84641	-0.06700
62.9	-2.83971	-0.06700
62.8	-2.83301	-0.06700
62.7	-2.82631	-0.06700
62.6	-2.81961	-0.06700
62.5	-2.81291	-0.06700
62.4	-2.80621	-0.06700
62.3	-2.79951	-0.06700
62.2	-2.79281	-0.06700
62.1	-2.78611	-0.06700
62.0	-2.77941	-0.06700
61.9	-2.77271	-0.06700
61.8	-2.76601	-0.06700
61.7	-2.75931	-0.06700
61.6	-2.75261	-0.06700
61.5	-2.74591	-0.06700
61.4	-2.73921	-0.06700
61.3	-2.73251	-0.06700
61.2	-2.72581	-0.06700
61.1	-2.71911	-0.06700
61.0	-2.71241	-0.06700
60.9	-2.70571	-0.06700
60.8	-2.69901	-0.06700
60.7	-2.69231	-0.06700
60.6	-2.68561	-0.06700

60.5	-2.67891	-0.06700
60.4	-2.67221	-0.06700
60.3	-2.66551	-0.06700
60.2	-2.65881	-0.06700
60.1	-2.65211	-0.06700
60.0	-2.64541	-0.06700
59.9	-2.63871	-0.06700
59.8	-2.63201	-0.06700
59.7	-2.62531	-0.06700
59.6	-2.61861	-0.06700
59.5	-2.61191	-0.06700
59.4	-2.60521	-0.06700
59.3	-2.59851	-0.06700
59.2	-2.59181	-0.06700
59.1	-2.58511	-0.06700
59.0	-2.57841	-0.06700
58.9	-2.57171	-0.06700
58.8	-2.56501	-0.06700
58.7	-2.55831	-0.06700
58.6	-2.55161	-0.06700
58.5	-2.54491	-0.06700
58.4	-2.53821	-0.06700
58.3	-2.53151	-0.06700
58.2	-2.52481	-0.06700
58.1	-2.51811	-0.06700
58.0	-2.51141	-0.06700
57.9	-2.50471	-0.06700
57.8	-2.49801	-0.06700
57.7	-2.49131	-0.06700
57.6	-2.48461	-0.06700
57.5	-2.47791	-0.06700
57.4	-2.47121	-0.06700
57.3	-2.46451	-0.06700
57.2	-2.45781	-0.06700
57.1	-2.45111	-0.06700
57.0	-2.44441	-0.06700
56.9	-2.43771	-0.06700
56.8	-2.43101	-0.06700
56.7	-2.42431	-0.06700
56.6	-2.41761	-0.06700
56.5	-2.41091	-0.06700
56.4	-2.40421	-0.06700
56.3	-2.39751	-0.06700
56.2	-2.39081	-0.06700
56.1	-2.38411	-0.06700
56.0	-2.37741	-0.06700
55.9	-2.37071	-0.06700
55.8	-2.36401	-0.06700
55.7	-2.35731	-0.06700
55.6	-2.35061	-0.06700

55.5	-2.34391	-0.06700
55.4	-2.33721	-0.06700
55.3	-2.33051	-0.06700
55.2	-2.32381	-0.06700
55.1	-2.31711	-0.06700
55.0	-2.31041	-0.06700
54.9	-2.30371	-0.06700
54.8	-2.29701	-0.06700
54.7	-2.29031	-0.06700
54.6	-2.28361	-0.06700
54.5	-2.27691	-0.06700
54.4	-2.27021	-0.06700
54.3	-2.26351	-0.06700
54.2	-2.25681	-0.06700
54.1	-2.25011	-0.06700
54.0	-2.24341	-0.06700
53.9	-2.23671	-0.06700
53.8	-2.23001	-0.06700
53.7	-2.22331	-0.06700
53.6	-2.21661	-0.06700
53.5	-2.20991	-0.06700
53.4	-2.20321	-0.06700
53.3	-2.19651	-0.06700
53.2	-2.18981	-0.06700
53.1	-2.18311	-0.06700
53.0	-2.17641	-0.06700
52.9	-2.16971	-0.06700
52.8	-2.16301	-0.06700
52.7	-2.15631	-0.06700
52.6	-2.14961	-0.06700
52.5	-2.14291	-0.06700
52.4	-2.13621	-0.06700
52.3	-2.12951	-0.06700
52.2	-2.12281	-0.06700
52.1	-2.11611	-0.06700
52.0	-2.10941	-0.06700
51.9	-2.10271	-0.06700
51.8	-2.09601	-0.06700
51.7	-2.08931	-0.06700
51.6	-2.08261	-0.06700
51.5	-2.07591	-0.06700
51.4	-2.06921	-0.06700
51.3	-2.06251	-0.06700
51.2	-2.05581	-0.06700
51.1	-2.04911	-0.06700
51.0	-2.04241	-0.06700
50.9	-2.03571	-0.06700
50.8	-2.02901	-0.06700
50.7	-2.02231	-0.06700
50.6	-2.01561	-0.06700

50.5	-2.00891	-0.06700
50.4	-2.00221	-0.06700
50.3	-1.99551	-0.06700
50.2	-1.98881	-0.06700
50.1	-1.98211	-0.06700
50.0	-1.97541	-0.06700
49.9	-1.96871	-0.06700
49.8	-1.96201	-0.06700
49.7	-1.95531	-0.06700
49.6	-1.94861	-0.06700
49.5	-1.94191	-0.06700
49.4	-1.93521	-0.06700
49.3	-1.92851	-0.06700
49.2	-1.92181	-0.06700
49.1	-1.91511	-0.06700
49.0	-1.90841	-0.06700
48.9	-1.90171	-0.06700
48.8	-1.89501	-0.06700
48.7	-1.88831	-0.06700
48.6	-1.88161	-0.06700
48.5	-1.87491	-0.06700
48.4	-1.86821	-0.06700
48.3	-1.86151	-0.06700
48.2	-1.85481	-0.06700
48.1	-1.84811	-0.06700
48.0	-1.84141	-0.06700
47.9	-1.83471	-0.06700
47.8	-1.82801	-0.06700
47.7	-1.82131	-0.06700
47.6	-1.81461	-0.06700
47.5	-1.80791	-0.06700
47.4	-1.80121	-0.06700
47.3	-1.79451	-0.06700
47.2	-1.78781	-0.06700
47.1	-1.78111	-0.06700
47.0	-1.77441	-0.06700
46.9	-1.76771	-0.06700
46.8	-1.76101	-0.06700
46.7	-1.75431	-0.06700
46.6	-1.74761	-0.06700
46.5	-1.74091	-0.06700
46.4	-1.73421	-0.06700
46.3	-1.72751	-0.06700
46.2	-1.72081	-0.06700
46.1	-1.71411	-0.06700
46.0	-1.70741	-0.06700
45.9	-1.70071	-0.06700
45.8	-1.69401	-0.06700
45.7	-1.68731	-0.06700
45.6	-1.68061	-0.06700

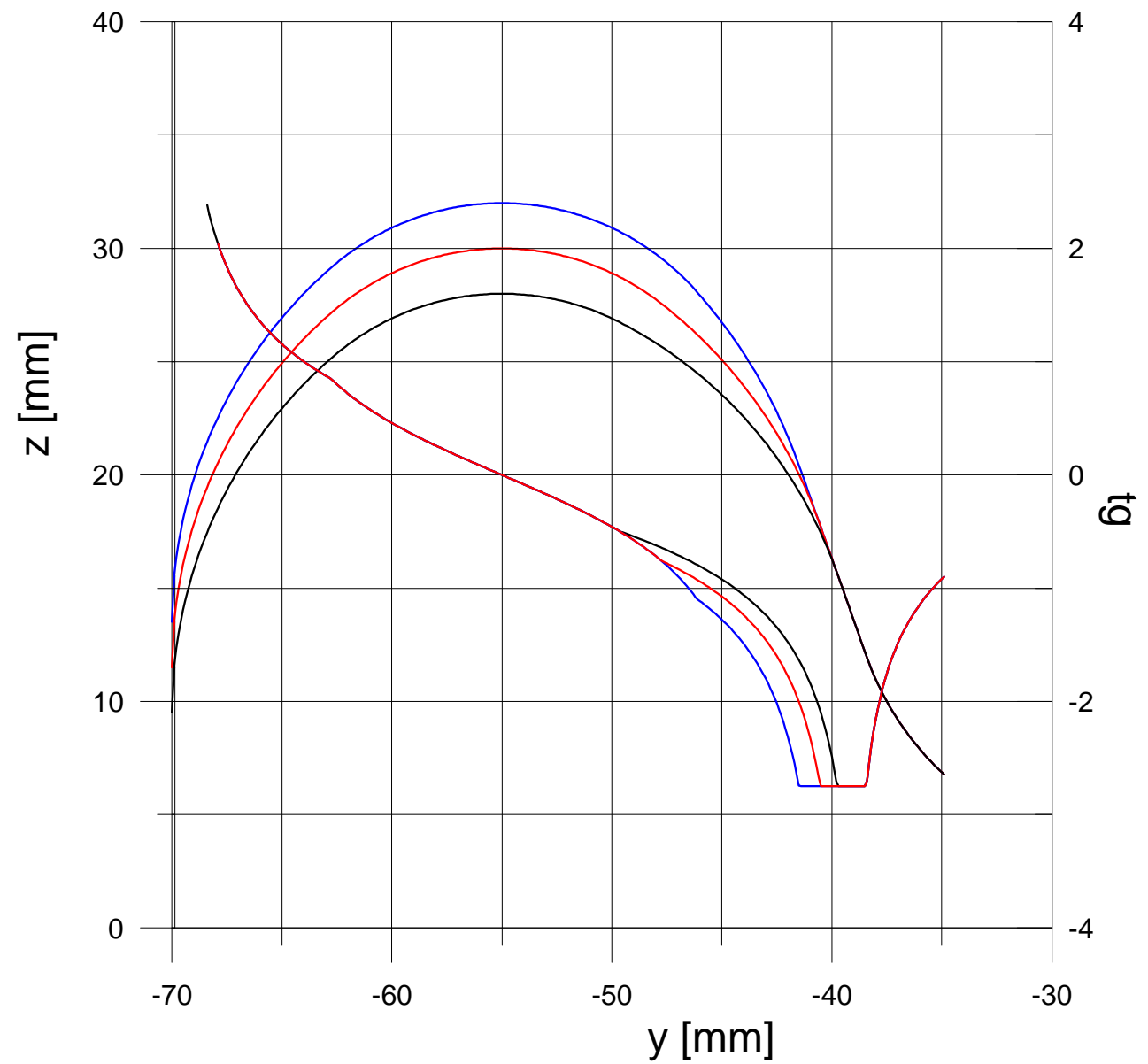
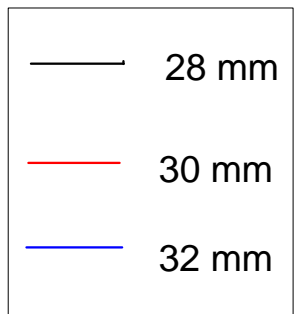
45.5	-1.67391	-0.06700
45.4	-1.66721	-0.06700
45.3	-1.66051	-0.06700
45.2	-1.65381	-0.06700
45.1	-1.64711	-0.06700
45.0	-1.64041	-0.06700
44.9	-1.63371	-0.06700
44.8	-1.62701	-0.06700
44.7	-1.62031	-0.06700
44.6	-1.61361	-0.06700
44.5	-1.60691	-0.06700
44.4	-1.60021	-0.06700
44.3	-1.59351	-0.06700
44.2	-1.58681	-0.06700
44.1	-1.58011	-0.06700
44.0	-1.57341	-0.06700
43.9	-1.56671	-0.06700
43.8	-1.56001	-0.06700
43.7	-1.55331	-0.06700
43.6	-1.54661	-0.06700
43.5	-1.53991	-0.06700
43.4	-1.53321	-0.06700
43.3	-1.52651	-0.06700
43.2	-1.51981	-0.06700
43.1	-1.51311	-0.06700
43.0	-1.50641	-0.06700
42.9	-1.49971	-0.06700
42.8	-1.49301	-0.06700
42.7	-1.48631	-0.06700
42.6	-1.47961	-0.06700
42.5	-1.47291	-0.06700
42.4	-1.46621	-0.06700
42.3	-1.45951	-0.06700
42.2	-1.45281	-0.06700
42.1	-1.44611	-0.06700
42.0	-1.43941	-0.06700
41.9	-1.43271	-0.06700
41.8	-1.42601	-0.06700
41.7	-1.41931	-0.06700
41.6	-1.41261	-0.06700
41.5	-1.40591	-0.06700
41.4	-1.39921	-0.06700
41.3	-1.39251	-0.06700
41.2	-1.38581	-0.06700
41.1	-1.37911	-0.06700
41.0	-1.37241	-0.06700
40.9	-1.36571	-0.06700
40.8	-1.35901	-0.06700
40.7	-1.35231	-0.06700
40.6	-1.34561	-0.06700

40.5	-1.33891	-0.06700
40.4	-1.33221	-0.06700
40.3	-1.32551	-0.06700
40.2	-1.31881	-0.06700
40.1	-1.31211	-0.06700
40.0	-1.30541	-0.06700
39.9	-1.29871	-0.06700
39.8	-1.29201	-0.06700
39.7	-1.28531	-0.06700
39.6	-1.27861	-0.06700
39.5	-1.27191	-0.06700
39.4	-1.26521	-0.06700
39.3	-1.25851	-0.06700
39.2	-1.25181	-0.06700
39.1	-1.24511	-0.06700
39.0	-1.23841	-0.06700
38.9	-1.23171	-0.06700
38.8	-1.22501	-0.06700
38.7	-1.21831	-0.06700
38.6	-1.21161	-0.06700
38.5	-1.20491	-0.06700
38.4	-1.19821	-0.06700
38.3	-1.19151	-0.06700
38.2	-1.18481	-0.06700
38.1	-1.17811	-0.06700
38.0	-1.17141	-0.06700
37.9	-1.16471	-0.06700
37.8	-1.15801	-0.06700
37.7	-1.15131	-0.06700
37.6	-1.14461	-0.06700
37.5	-1.13791	-0.06700
37.4	-1.13121	-0.06700
37.3	-1.12451	-0.06700
37.2	-1.11781	-0.06700
37.1	-1.11111	-0.06700
37.0	-1.10441	-0.06700
36.9	-1.09771	-0.06700
36.8	-1.09101	-0.06700
36.7	-1.08431	-0.06700
36.6	-1.07761	-0.06700
36.5	-1.07091	-0.06700
36.4	-1.06421	-0.06700
36.3	-1.05751	-0.06700
36.2	-1.05081	-0.06700
36.1	-1.04411	-0.06700
36.0	-1.03741	-0.06700
35.9	-1.03071	-0.06700
35.8	-1.02401	-0.06700
35.7	-1.01731	-0.06700
35.6	-1.01061	-0.06700

35.5	-1.00391	-0.06700
35.4	-0.99721	-0.06700
35.3	-0.99051	-0.06700
35.2	-0.98381	-0.06700
35.1	-0.97711	-0.06700
35.0	-0.97041	-0.06700
34.9	-0.96371	-0.06700
34.8	-0.95701	-0.06700
34.7	-0.95031	-0.06700
34.6	-0.94361	-0.06700
34.5	-0.93691	-0.06700
34.4	-0.93021	-0.06700
34.3	-0.92351	-0.06700
34.2	-0.91681	-0.06700
34.1	-0.91011	-0.06700
34.0	-0.90341	-0.06700
33.9	-0.89671	-0.06700
33.8	-0.89001	-0.06700
33.7	-0.88331	-0.06700
33.6	-0.87661	-0.06700
33.5	-0.86991	-0.06700
33.4	-0.86321	-0.06700
33.3	-0.85651	-0.06700
33.2	-0.84981	-0.06700
33.1	-0.84311	-0.06700
33.0	-0.83641	-0.06700
32.9	-0.82971	-0.06700
32.8	-0.82301	-0.06700
32.7	-0.81631	-0.06700
32.6	-0.80961	-0.06700
32.5	-0.80291	-0.06700
32.4	-0.79621	-0.06700
32.3	-0.78951	-0.06700
32.2	-0.78281	-0.06700
32.1	-0.77568	-0.06642
32.0	-0.76906	-0.06600
31.9	-0.76248	-0.06557
31.8	-0.75595	-0.06514
31.7	-0.74946	-0.06469
31.6	-0.74301	-0.06425
31.5	-0.73661	-0.06380
31.4	-0.73025	-0.06334
31.3	-0.72394	-0.06288
31.2	-0.71767	-0.06242
31.1	-0.71146	-0.06195
31.0	-0.70528	-0.06148
30.9	-0.69916	-0.06100
30.8	-0.69308	-0.06052
30.7	-0.68706	-0.06004
30.6	-0.68108	-0.05955

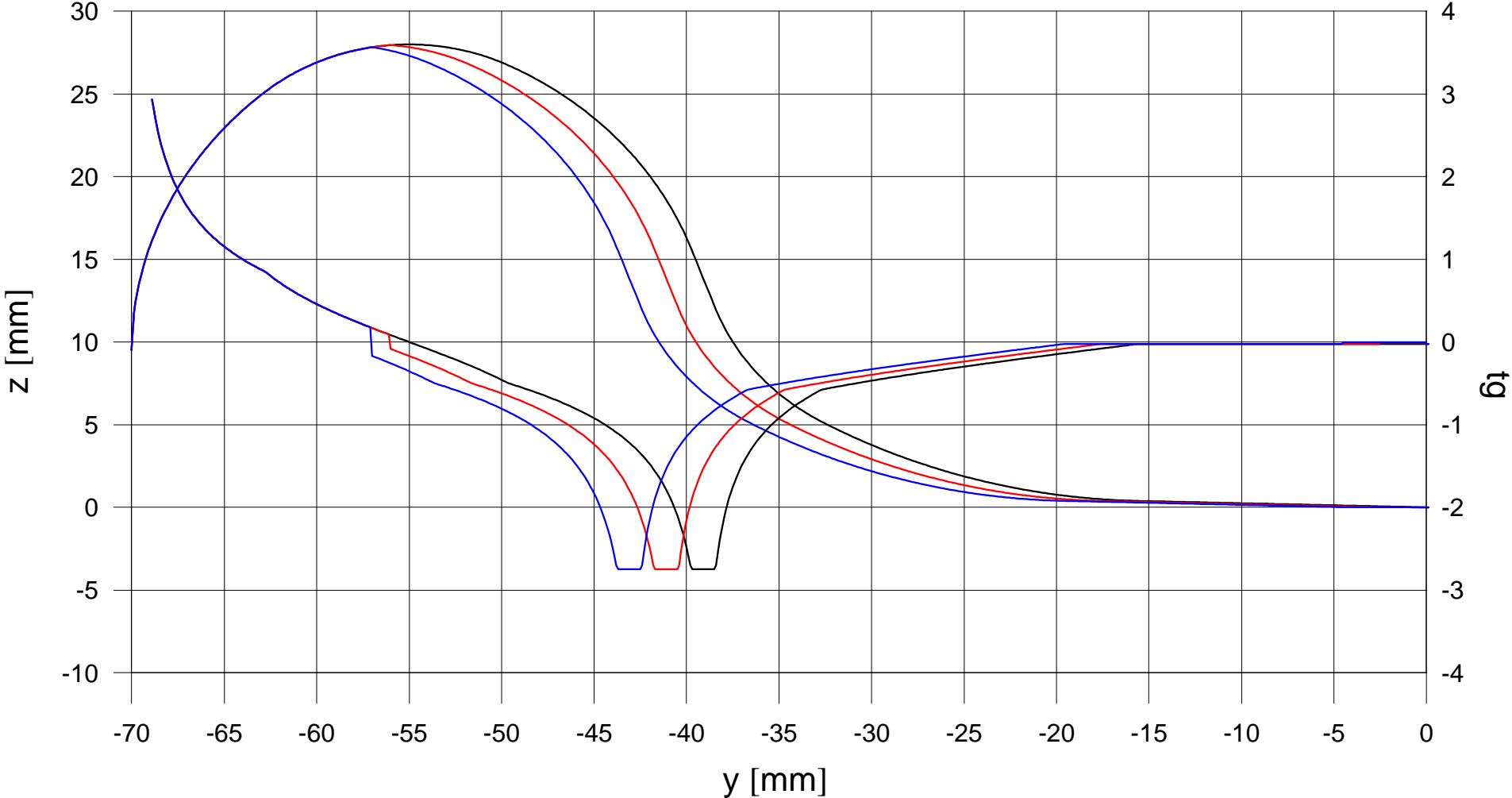
30.5	-0.67515	-0.05907
30.4	-0.66926	-0.05857
30.3	-0.66343	-0.05808
30.2	-0.65765	-0.05758
30.1	-0.65191	-0.05709
30.0	-0.64623	-0.05659
29.9	-0.64060	-0.05609
29.8	-0.63501	-0.05558
29.7	-0.62948	-0.05508
29.6	-0.62400	-0.05457
29.5	-0.61857	-0.05406
29.4	-0.61318	-0.05356
29.3	-0.60785	-0.05305
29.2	-0.60258	-0.05254
29.1	-0.59735	-0.05203
29.0	-0.59217	-0.05152
28.9	-0.58704	-0.05101
28.8	-0.58197	-0.05049
28.7	-0.57695	-0.04998
28.6	-0.57197	-0.04947
28.5	-0.56705	-0.04896
28.4	-0.56218	-0.04845
28.3	-0.55736	-0.04794
28.2	-0.55259	-0.04744
28.1	-0.54787	-0.04693
28.0	-0.54321	-0.04642
27.9	-0.53859	-0.04591
27.8	-0.53402	-0.04541
27.7	-0.52951	-0.04491
27.6	-0.52504	-0.04440
27.5	-0.52063	-0.04390
27.4	-0.51626	-0.04340
27.3	-0.51194	-0.04291
27.2	-0.50768	-0.04241
27.1	-0.50346	-0.04192
27.0	-0.49929	-0.04143
26.9	-0.49518	-0.04094
26.8	-0.49111	-0.04045
26.7	-0.48709	-0.03996
26.6	-0.48312	-0.03948
26.5	-0.47919	-0.03900
26.4	-0.47532	-0.03852
26.3	-0.47149	-0.03804
26.2	-0.46771	-0.03757
26.1	-0.46397	-0.03710
26.0	-0.46029	-0.03663
25.9	-0.45665	-0.03617
25.8	-0.45305	-0.03570
25.7	-0.44951	-0.03525
25.6	-0.44600	-0.03479

Změna výšky okolku

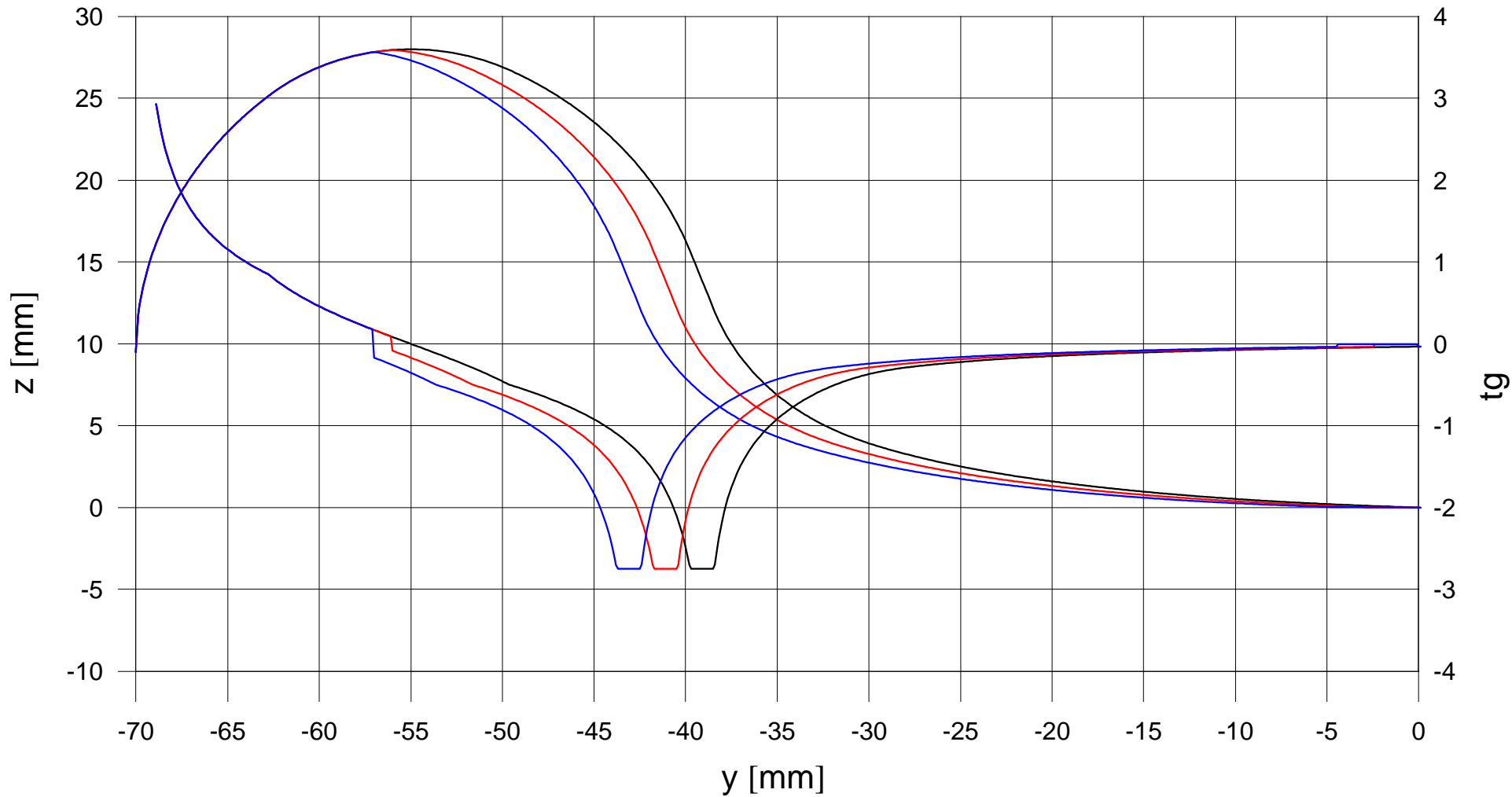
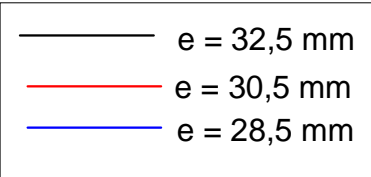


Obrys 1/40 při různých šířkách okolku

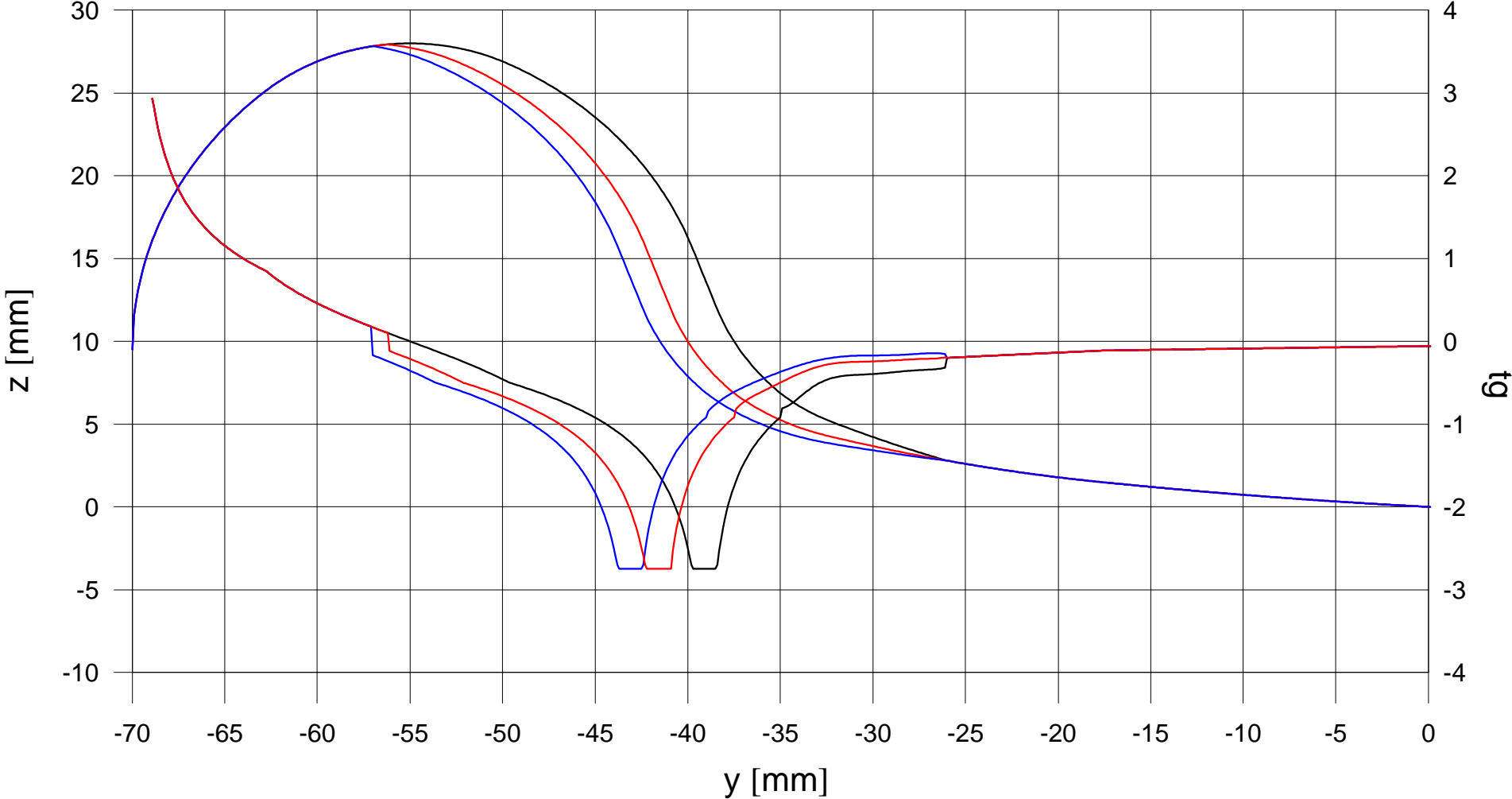
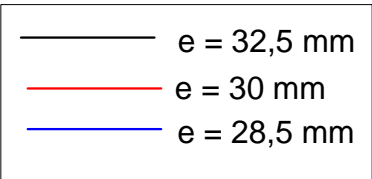
- $e = 32,5$ mm
- $e = 30,5$ mm
- $e = 28,5$ mm



Obrys S1002 při různých tloušťkách okolku

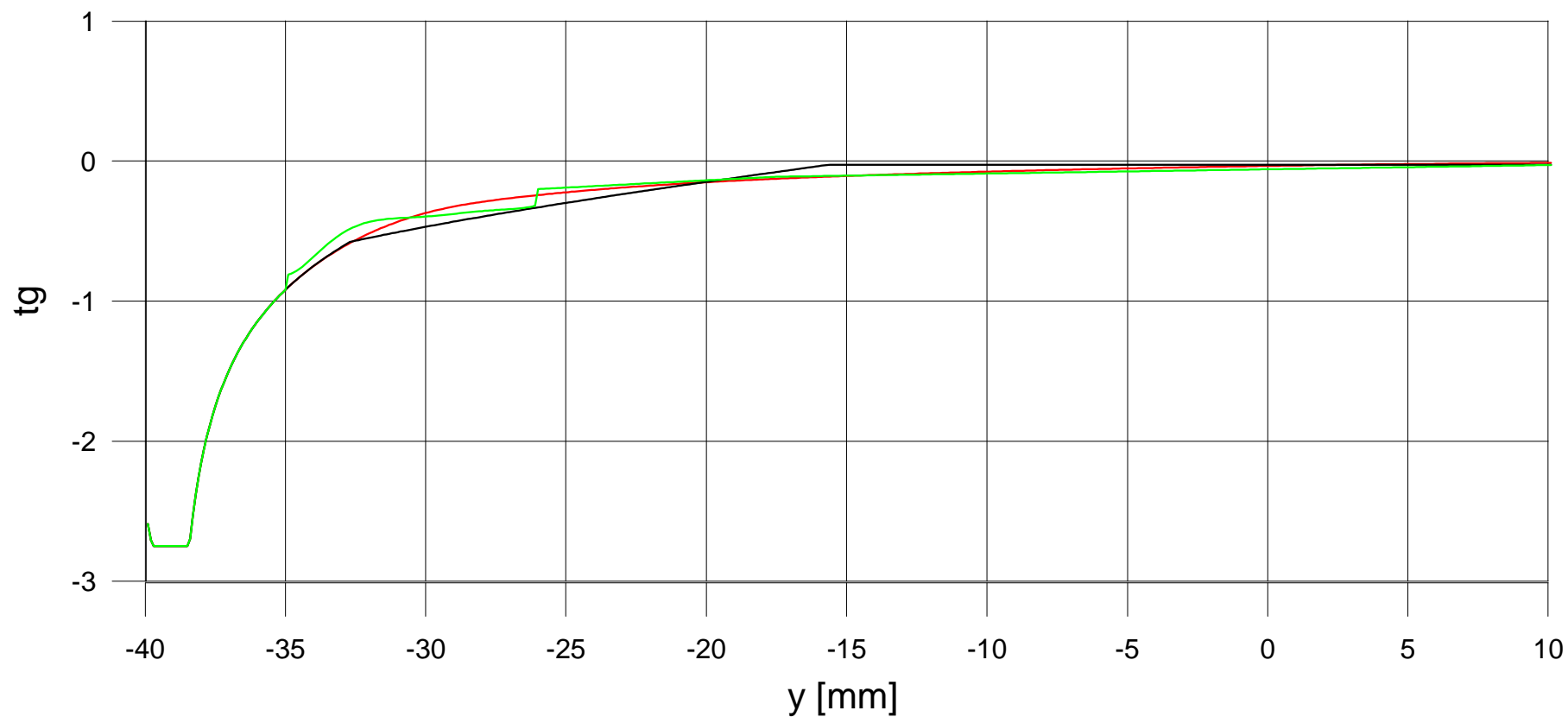


Obrys EPS při různých šířkách okolku



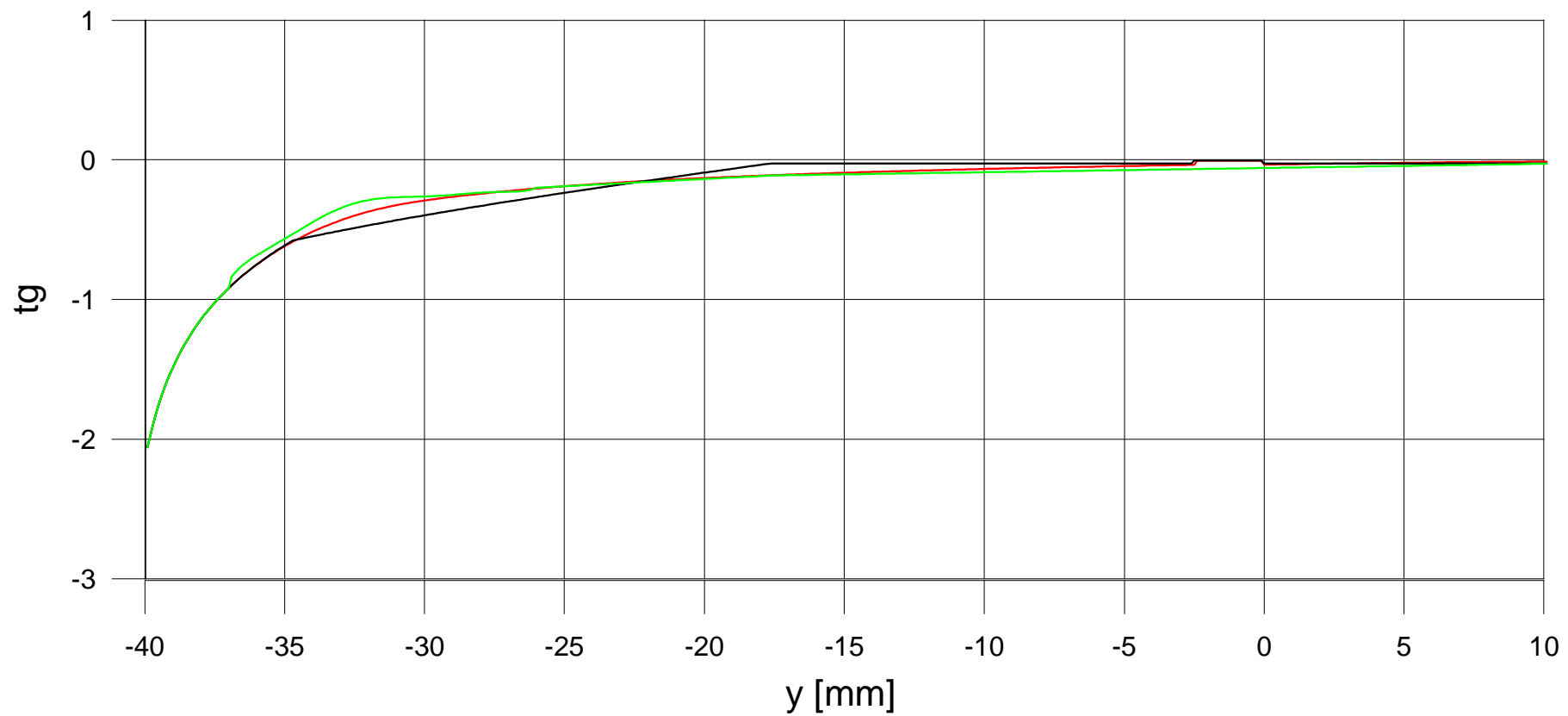
Porovnání směrníc obrysů
pro šířku okolku $e = 32,5$ mm

— S1002
— 1/40
— EPS



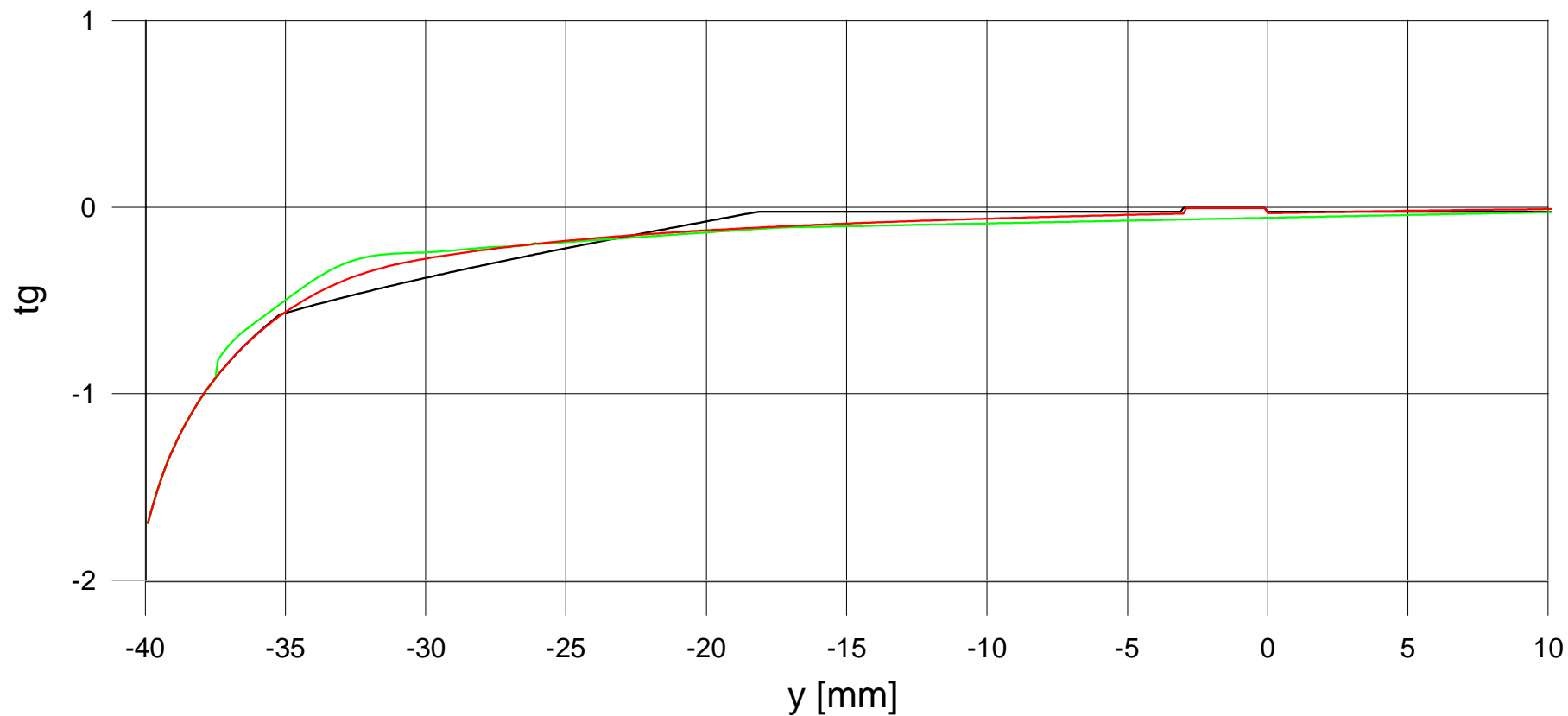
Porovnání směrníc obrysů
pro šířku okolku $e = 30,5$ mm

- S1002
- 1/40
- EPS



Porovnání směrníc obrysů
pro šířku okolku $e = 30$ mm

— S1002
— 1/40
— EPS



Porovnání směrníc obrysů
pro šířku okolku $e = 28,5$ mm

— S1002
— 1/40
— EPS

